

Notes techniques

PRÉVENTION DE L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS DES CARISTES LORS DES PASSAGES SUR QUAIS DE CHARGEMENT

Dans le secteur de la logistique, la zone de liaison située entre un quai et la remorque d'un camion a été clairement identifiée comme étant fortement génératrice de vibrations pour les conducteurs d'engin de manutention. L'INRS est intervenu dans une entreprise afin d'évaluer les réductions de l'exposition vibratoire de caristes, qu'il était possible d'obtenir suite à l'application de différentes mesures de prévention. Ainsi, en agissant sur le niveleur de quai, l'engin de manutention, la remorque ou encore l'organisation du travail, il est possible de réduire significativement l'exposition vibratoire journalière des conducteurs. L'ensemble de ces leviers d'action est détaillé dans cet article.

JÉRÔME
REBELLE,
ALEXANDRE
KLINGLER,
FABIEN
DOFFIN,
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

Les transpalettes électriques à conducteur porté (TEP) ou les gerbeurs sont des moyens de manutention très utilisés, notamment en logistique. Ils permettent de déplacer des palettes de produits conditionnées dans un bâtiment et de charger ou décharger une remorque de camion. Ces engins sont compacts et atteignent des vitesses élevées, jusqu'à 12 km/h. Le conducteur, debout sur une plateforme suspendue, est isolé partiellement des chocs et des vibrations provoquées par les irrégularités du sol lors de ses déplacements.

En 2011, l'INRS a réalisé une étude du comportement vibratoire des TEP présents sur le marché [1]. Celle-ci a montré que la vitesse de circulation est un paramètre dont dépend fortement l'exposition vibratoire journalière des opérateurs. L'étude a aussi montré que, lors d'un achat ou d'une location de TEP, il est bénéfique, pour réduire cette exposition, de choisir un modèle dont la valeur d'émission vibratoire déclarée par le fabricant est la plus faible possible, c'est-à-dire inférieure à $0,65 \text{ m/s}^2$. Mais, même si ce choix a été effectué, lorsque le TEP circule sur des revêtements dégradés, le risque de dépasser la valeur limite d'exposition vibratoire (égale à $1,15 \text{ m/s}^2$) est élevé. L'INRS, la Cramif et plusieurs Carsat (Rhône-Alpes, Sud-Est, Nord-Est, Nord-Picardie) ont montré dans différents essais sur le terrain, que la zone de liaison située entre un quai et une remorque de camion, est très sollicitante pour l'engin, et donc pour le conducteur. Alors que le temps de franchissement de cette zone ne

représente que 20% du temps d'exposition, il génère 80% de l'exposition vibratoire journalière des caristes. À la suite de ce constat, l'INRS a développé un protocole expérimental permettant d'évaluer l'effet des irrégularités du sol sur le niveau des chocs et des vibrations transmis à un TEP [2-3].

À l'issue de ces travaux, plusieurs pistes de prévention ont été proposées. Elles concernent le choix du TEP, l'optimisation de sa conduite et de sa maintenance, ainsi que l'aménagement de la zone de liaison entre le bâtiment et la remorque. Cet article présente les réductions de l'exposition vibratoire journalière de caristes obtenues lorsque des mesures de prévention sont mises en place sur le terrain. Pour obtenir ces données, l'INRS s'est associé à une entreprise de logistique pour procéder, en premier lieu, à l'évaluation de l'exposition vibratoire journalière de trois caristes, dans les conditions de travail habituelles. Le protocole de caractérisation des irrégularités des quais a été appliqué sur deux zones différentes de l'entreprise. Ensuite, les mesures de prévention citées ci-dessus ont été déployées et, pour chaque configuration, l'exposition vibratoire journalière des trois opérateurs a été réévaluée. Ainsi, l'impact et la pertinence de chaque mesure ont pu être quantifiés.

Caractérisation des différentes zones de transfert de l'entreprise

La zone de transbordement, de liaison ou de transfert est située entre le bâtiment et la remorque du véhicule à quai. Sur une plateforme logistique, cette

RÉSUMÉ

En partenariat avec une entreprise de logistique, l'INRS a mis en place différentes mesures de prévention afin de minimiser l'exposition vibratoire journalière de caristes. La première phase de ce travail a consisté à évaluer le niveau des irrégularités des quais de chargement. Pour cela, un protocole spécifiquement développé par l'INRS

dans une étude récente a été appliqué. En parallèle, l'exposition vibratoire journalière des caristes a été évaluée. Ensuite, les conditions de circulation des engins et les modalités de franchissement des niveleurs de quai ont été modifiées et l'effet de ces changements a été mesuré. L'exposition vibratoire a été mesurée

après chaque variation de paramètre. Des réductions de l'ordre de 40 % de l'exposition ont été obtenues en agissant notamment sur le traitement des irrégularités entre le quai et la remorque ou en abaissant la vitesse des engins de 1,5 km/h, soit environ 15 % à 20 % selon l'engin.

Prevention of forklift operators' exposure to vibrations on loading docks

In partnership with a logistics company, INRS has developed several prevention measures to minimise forklift operators' daily exposure to vibration. The first phase of this work consisted in assessing the level of unevenness of loading docks. For that purpose, a protocol specifically designed

by INRS in a recent study was applied. In parallel, forklift operators' daily exposure to vibration was assessed. Afterwards, the conditions under which machines circulated and the way in which operators crossed dock levellers were modified and the effect of those changes was measured.

Exposure to vibration was measured after each parameter variation. A 40% reduction in vibration exposure was achieved particularly by altering the unevenness between the dock and the trailer or by lowering the speed of machines by 1.5 km/h, i.e. approximately 15% to 20% according to the machine.

liaison est très souvent effectuée par un équipement spécialisé, appelé niveleur de quai. Elle se répartit entre le bâtiment (revêtement en béton ou bitume), le dispositif de transbordement et la remorque (souvent conçue avec un plancher en bois, en métal, en résine ou en plastique dur). Le protocole [2] développé par l'INRS permet d'obtenir un indicateur caractéristique des irrégularités de cette portion de parcours (défauts, bosses, creux et rupture de pente). Cet indicateur (Cf. note 1) est construit en comparant l'effet des irrégularités de la portion de parcours à évaluer avec celui observé sur une piste de référence, comportant deux obstacles en métal de 5 mm d'épaisseur ayant un revêtement lisse et d'une longueur équivalente à celle de la zone de transfert. Une valeur de l'indicateur égale à 1 signifie que la zone possède des irrégularités dont les effets sont équivalents à ceux de cette piste de référence. Une valeur supérieure à 1 signifie que les irrégularités sont plus sollicitantes que sur la référence, et inférieure à 1 qu'elles le sont moins. Ainsi, plus la valeur de l'indicateur sera élevée et plus la valeur de l'exposition vibratoire d'un cariste augmentera (pour des paramètres de conduite et de véhicule équivalents) lorsqu'il franchira cette zone de liaison.

Descriptif des zones de transfert de l'entreprise

L'INRS est intervenu sur la zone de réception des colis et sur celle d'expédition des palettes recon-ditionnées. Les niveleurs de quai installés sur ces

deux zones ont une longueur de 3,3 m lorsqu'ils sont déployés et comprennent une lèvre métallique rabattable de 40 cm. Il a été constaté que les lèvres des quais de réception construits en 1993 étaient évidemment plus usées que celles des quais d'expédition utilisés depuis 2003. Des bavures sont apparues avec le temps au niveau de l'extrémité, ce qui empêche la continuité de l'affleurement vertical avec le sol de la remorque. Le chemin de roulement dans le sens du mouvement prend aussi une forme de « goulotte », ce qui ajoute des irrégularités à la tôle du niveleur.

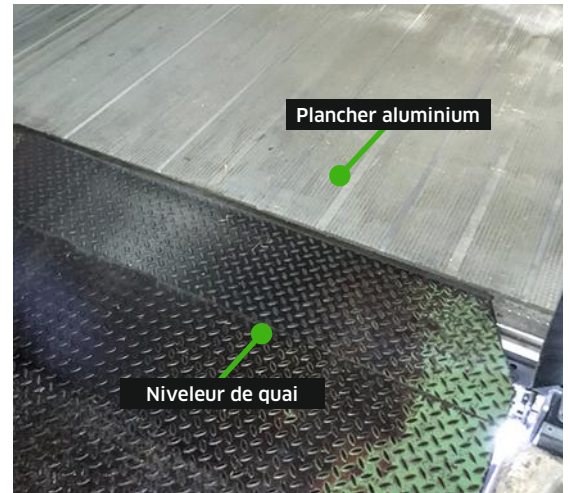
La zone de transfert à caractériser intègre une partie du plancher de la remorque. Une remorque de type « tautliner » est équipée d'un plancher en bois et de renforts métalliques, ou de panneaux de bois compressé haute densité. Ces conceptions de remorque ont une fragilité de leur plancher à l'entrée de celle-ci. En effet, le passage successif de la roue motrice des TEP endommage le bois et peut créer des creux ou même des trous à cet endroit. C'est pour cette raison que l'on trouve souvent une plaque en tôle larmée (motif antidérapant en forme de larme, uniformément réparti sur la tôle, Cf. Figure 1) en surépaisseur, pour renforcer cette zone. Cette tôle constitue un obstacle supplémentaire pour le TEP et un choc pour l'opérateur.

Une remorque de type « frigorifique » est réfrigérée et isolée par une carrosserie en dur. Le plancher est souvent en aluminium avec un motif fin de type « grain de riz » (Cf. Figure 2).





↑ FIGURE 1
Quai niveleur déployé sur un plancher en bois compressé (à gauche) et sur un plancher en bois avec renforts métalliques et une plaque de renfort à l'entrée (à droite).



↑ FIGURE 2
Remorque « frigorifique » avec un plancher en aluminium et un motif fin « grain de riz ».

Lors des investigations, ces deux types de remorque ont été rencontrés, ce qui a permis de faire varier les conditions d'entrée dans celles-ci (présence ou non de plaque, plancher bois ou aluminium). Les conditions de mise à quai ont aussi varié, comme l'inclinaison du plateau du niveleur de quai (à l'horizontale, montante ou descendante vers l'entrée de la remorque). L'effet de solutions de correction des irrégularités a aussi été testé, afin de réduire l'intensité des vibrations et des chocs. Ces solutions prototypes (Cf. Figures 3 et 4) ont consisté à :

- combler le creux formé entre la fin de la lèvre du niveleur et la plaque de renfort avec un matériau amortissant ;
- installer un « bec atténuateur » pour réduire l'effet de marche entre la plaque de renfort et le plancher ;

- installer un matériau amortissant pour réduire l'effet du bourrelet de soudure sur le plateau du niveleur.

Le protocole de l'INRS, détaillé dans un précédent article [2], a été appliqué à chacune des configurations. Il fournit la valeur de l'indicateur caractéristique des irrégularités rencontrées lors du franchissement du quai. Sur la zone des expéditions, la configuration au départ était celle d'un niveleur de quai positionné à plat, face à une remorque type « tautliner » comportant une plaque de renfort. Sur la zone de réception, la configuration initiale était celle d'un niveleur de quai installé en montée vers l'entrée d'une remorque frigorifique, dont le plancher avait un motif fin de type « grain de riz ».



→ FIGURE 3
Traitement des irrégularités sur la zone des expéditions.
À gauche : matériau amortissant de 6 mm d'épaisseur entre la fin de la lèvre et la plaque de renfort.
À droite : bec métallique d'atténuation de l'effet marche (5 mm).



↓ FIGURE 4
Traitement du bourrelet formé par le cordon de soudure sur le plateau du niveleur : matériau amortissant de 2 mm d'épaisseur.



Résultats de la caractérisation des différentes zones de transfert

L'analyse des valeurs moyennes de l'indicateur (entre l'aller et le retour) a permis d'identifier trois groupes de valeurs correspondantes à différentes situations de quai :

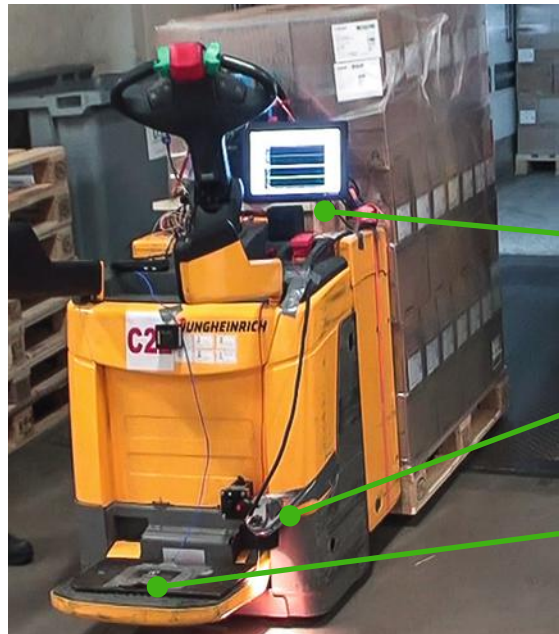
- Dans la situation initiale, sur la zone des expéditions, la présence d'une plaque de renfort en surépaisseur (Cf. Figure 1) conduit à des valeurs d'indicateur situées autour de 1,2. Ces résultats sont le signe d'irrégularités fortes. Des valeurs supérieures à 1 ont également été constatées sur les quais de la zone de réception, avec une remorque frigorifique à quai, face à un niveleur dont l'extrémité de la lèvre fortement dégradée rendait le franchissement de cette zone plus sollicitant. Dans ces cas, la lèvre ne reposait pas correctement sur le plancher de la remorque, créant ainsi une surépaisseur. C'est dans cette situation que la valeur de l'indicateur la plus élevée a été obtenue (soit $1,28 \pm 0,02$). Sur la zone des expéditions, la configuration avec une remorque équipée d'une plaque de renfort et en légère montée a conduit à une valeur d'indicateur très proche de 1. Les vibrations provoquées par la plaque ont été atténuées en installant le plateau du niveleur en pente positive, vers l'entrée de la remorque, ce qui a aussi été démontré lors de l'analyse paramétrique [2].
- Les quais, pour lesquels une valeur d'indicateur strictement inférieure à 1 a été obtenue, étaient soit des quais dont les irrégularités ont été corrigées par les mesures détaillées plus haut, soit des quais en configuration nominale réunissant plusieurs facteurs favorables. L'indicateur le plus faible ($0,69 \pm 0,02$) a été obtenu pour une remorque frigorifique avec un niveleur de quai horizontal, équipé d'une lèvre en très bon état.

Ainsi, si une zone de transfert qui comporte initialement de fortes irrégularités (plaque de renfort en surépaisseur) est corrigée (Cf. Figures 3 et 4), alors une baisse de l'ordre de 40% de la valeur de l'indicateur peut être obtenue. De même, le simple fait de remplacer une remorque de type « tautliner » par une remorque frigorifique (sans plaque de renfort) peut faire chuter la valeur de l'indicateur de 45%. Des réductions comprises entre 30 et 40% sont obtenues dès lors que le creux formé à l'entrée de la remorque frigorifique est comblé, ce qui permet de gommer aussi les dégradations éventuelles de la lèvre du niveleur. Enfin, installer le plateau du niveleur en légère montée vers la remorque plutôt qu'à l'horizontale permet une réduction de l'indicateur de l'ordre de 20%.

Évaluation de l'exposition journalière vibratoire de trois caristes

Méthode

L'exposition journalière vibratoire A(8) de trois opérateurs a été estimée. Pour chacune des mesures, chaque cariste a utilisé le même TEP, sauf lorsque



← FIGURE 5
TEP équipé
pour évaluer
l'exposition
vibratoire
journalière
d'un cariste.

Centrale
d'acquisition
et webcam

Capteur
de vitesse
sans contact

Plaque en acier
et capteur
d'accélération
sur la
plateforme

l'engin a été volontairement remplacé. La méthode normalisée pour évaluer l'exposition journalière vibratoire d'un conducteur [4] consiste à enregistrer les accélérations verticales entre ses pieds, sur sa plateforme de travail (Cf. Figure 5). L'enregistrement des données sur 8 heures n'étant généralement pas possible, il est effectué sur une durée de quelques dizaines de minutes pendant lesquelles l'activité du cariste est représentative de son travail sur une journée. Pour procéder à l'estimation de l'exposition vibratoire journalière, d'autres méthodes existent [5]. En particulier, certaines sont adaptées lorsque les moyens de mesures manquent, ce qui n'était pas le cas lors de cette intervention.

La vitesse du TEP influençant considérablement l'exposition journalière du cariste, un capteur de vitesse instantané a été installé sur le TEP, afin de pouvoir vérifier précisément ce paramètre. De plus, la vitesse a fait l'objet de variations au cours des essais pour évaluer précisément son influence sur la valeur d'exposition journalière du cariste [1].

Paramètres variables lors de l'estimation de l'exposition vibratoire

→ Valeurs de l'émission vibratoire des engins

La valeur d'émission vibratoire, déclarée par le fabricant d'un engin, est réglementairement indiquée dans sa notice d'utilisation. Elle est obtenue selon le code d'essai décrit dans la norme NF EN 13059 [6]. Tous les engins effectuent le même test dans des conditions bien maîtrisées et similaires. Les émissions vibratoires des engins peuvent ainsi être comparées. Plus la valeur de l'émission vibratoire est faible, plus la suspension du poste de conduite est efficace pour filtrer les vibrations. L'INRS recommande l'utilisation de TEP dont la valeur d'émission vibratoire est inférieure à $0,65 \text{ m/s}^2$.



N°	APPARTENANCE / ZONE	ANCIENNETÉ MISE EN SERVICE	VALEUR ÉMISSION VIBRATOIRE (m/s ²)		CONFIGURATION
			Déclarée (fabricant)	Calculée (INRS)	
C28	Entreprise / Gerbeur expédition	2010	0,67	0,88	Nominale « expédition »
C22	Entreprise / TEP réception	2015	0,81	0,73	Nominale « réception »
CXX	Externe / réception	2010	0,67	0,63	Nominale « réception »

↑ TABLEAU 1
Valeurs déclarées et calculées pour les trois engins utilisés.

Il ne faut pas confondre la valeur d'émission vibratoire déclarée avec la valeur d'exposition vibratoire journalière d'un cariste. L'exposition vibratoire d'un cariste dépend de sa posture, de l'engin qu'il utilise, de sa vitesse, des conditions de circulation, des tâches à réaliser, des charges transportées, etc. Ainsi, deux TEP pour lesquels la même valeur d'émission vibratoire est déclarée pourront mener à des valeurs d'exposition vibratoire journalière très éloignées, si les conditions d'utilisation le sont aussi.

Le code d'essai normalisé NF EN 13059 a été appliqué à deux véhicules de l'entreprise, ainsi qu'à un véhicule de remplacement (CXX). Les valeurs sont reportées dans le *Tableau 1*.

→ **Variation de la vitesse maximale**

La vitesse maximale du gerbeur C28 est de 8 km/h, celle du TEP C22, de 10 km/h.

Lorsque l'évaluation de l'effet de la vitesse sur l'exposition vibratoire du cariste a été réalisée, la vitesse maximale de chaque véhicule a été diminuée de 1,5 km/h, soit 8,5 km/h pour le TEP C22 et 6,5 km/h pour le gerbeur C28.

Évaluation de l'exposition aux vibrations des caristes pour les différentes configurations de quai

Pour tous les calculs il a été considéré que, sur une journée de 8 heures, le cariste circulait avec son engin pendant 7 heures et qu'une heure était consacrée à des tâches sans exposition vibratoire. Le calcul du A(8) est alors :

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} [(A_w^{ef})^2] \times 7} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Où A_w^{ef} est la valeur efficace des accélérations verticales mesurées, pondérées par le filtre W_k [4].

Résultats de l'évaluation de l'exposition

Les résultats obtenus pour les différentes configurations sont reportés dans le *Tableau 2*. Les situations nominales sont indiquées sur la première ligne de chaque configuration. Les vitesses moyennes en marches avant et arrière ont été mesurées (troisième colonne du tableau). L'estimation de la valeur de l'exposition vibratoire journalière est reportée dans la quatrième colonne. Dans la mesure du possible, les comparaisons d'exposition journalière ont été

effectuées en conservant le même quai pour limiter les biais d'analyse. Les conditions des essais sont indiquées (première colonne du tableau) et le paramètre qui a varié (dans la deuxième colonne). La réduction d'exposition vibratoire est indiquée dans l'avant-dernière colonne.

Le *Tableau 2* montre que, dans les situations nominales, toutes les expositions vibratoires journalières des caristes ont une valeur au-delà de la valeur d'action égale à 0,5 m/s² (Cf. *Encadré « Rappel de la réglementation »*). Des réductions, comprises entre 29% et 48% de l'exposition vibratoire, sont constatées lorsque des solutions de traitement des irrégularités sont mises en place. Les effets de ces traitements sont perceptibles et ont été confirmés par les caristes qui ont ressenti une nette diminution des chocs et des vibrations, au franchissement de la zone de transfert quand les solutions de traitement « prototype » étaient en place.

Il apparaît également que le fait de réduire la vitesse maximale de roulement de 1,5 km/h permet d'abaisser la vitesse moyenne en déplacement et donc l'exposition vibratoire. Cette réduction est de 47% sur la zone d'expédition et de l'ordre de 15% sur la zone « réception ». Évidemment, la réduction la plus significative est obtenue pour la situation où la vitesse moyenne a le plus baissé. Le remplacement du TEP (passage du modèle C22 au modèle CXX ; baisse de la valeur d'émission vibratoire de l'ordre de 5%) utilisé sur la zone de réception a donné une réduction de l'exposition comprise entre 25 et 30%. Enfin, le réglage de l'inclinaison du plateau du niveau à plat ou en montée vers l'entrée de la remorque (+2° d'inclinaison) a permis, au mieux, une réduction de 15% de l'exposition journalière. Lors d'une autre évaluation, une augmentation de 13% a été obtenue. La variation relativement faible du paramètre d'inclinaison (de ±2° autour de la position à plat) ne permet pas de conclure sur son influence lors de mesures effectuées en activité nominale. En effet, la vitesse a une influence démontrée sur l'exposition vibratoire, et ce paramètre varie continuellement lors de l'activité du cariste, ce qui peut expliquer les différences de tendance constatées pour le paramètre d'inclinaison. Mais, par ailleurs, une analyse paramétrique, menée dans des conditions

CONDITIONS	PARAMÈTRE	VITESSE MOY. (Km/H)		A(8) (m/s ²)	ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION ENTRE LES DEUX CONDITIONS	ZONE
		Av.	Arr.			
« Tautliner » Quai à plat	Non traité	5,3	5,4	0,65	- 32 %	RÉCEPTION
	Traité (x1)	4,9	5,6	0,44		
« Frigo » Quai en montée	Non traité	5,4	4,8	0,62	- 29 %	
	Traité (x1)	5,4	4,9	0,44		
« Frigo » Quai en montée	10 km/h	5,8	5,9	0,93	- 14 %	
	8,5 km/h	5,4	4,8	0,80		
« Tautliner » Bois HD - Quai à plat	C22	5,3	5,4	0,65	- 26 %	
	CXX	5	5	0,48		
« Frigo » Quai en montée	C22	5,4	4,8	0,62	- 32 %	
	CXX	4,6	4,3	0,42		
« Tautliner » Quai à plat	Non traité	5,4	5,3	0,81	- 48 %	EXPÉDITION
	Traité (x3)	5,1	5	0,42		
« Tautliner »	0°	5	5	0,61	+ 13 %	
	+2°	4,8	5,2	0,69		
« Tautliner »	0°	5,4	5,3	0,81	- 15 %	
	+2°	4,8	5,2	0,69		
« Tautliner » Quai à plat	V = 8 km/h	5,4	5,3	0,81	- 47 %	
	V = 6,5 km/h	4,7	4,9	0,43		

maîtrisées [7], a clairement montré que la situation la plus favorable était celle où le plateau du niveleur est en légère montée vers la remorque. *A contrario*, il faut absolument éviter la situation où le plancher de la remorque est plus bas que le sol du bâtiment, configuration pour laquelle le plateau du niveleur est en légère descente vers la remorque. En effet, cette situation crée une rupture de pente significative et un angle « cassant » à la jonction entre le niveleur et la remorque, ce qui génère des niveaux vibratoires importants.

En comparant les valeurs de l'indicateur obtenues avec les valeurs d'exposition vibratoire journalière, il est possible de confirmer qu'une réduction des irrégularités par aménagement de la zone de transbordement réduit de manière significative l'exposition vibratoire journalière. De plus, la limitation de la vitesse et le choix d'un véhicule, dont la valeur déclarée d'émission vibratoire est plus faible, sont deux mesures qui permettent de réduire encore l'exposition.

En partant de situations « nominales » et en agissant seulement sur un paramètre, il a été possible, dans six situations sur neuf, de ramener la valeur de l'exposition vibratoire journalière des caristes en dessous de la valeur d'action de 0,5 m/s².

Recommandations

Les mesures de prévention présentées ici sont classées en quatre catégories qui concernent : le quai, la remorque, l'engin de manutention et l'organisation du travail. Certaines de ces mesures sont issues d'analyses effectuées sur d'autres sites ou en laboratoire. **Les mesures suivantes sont applicables au niveleur**

de quai ou tout autre matériel de liaison entre un bâtiment et une remorque :

- lors du positionnement de la lèvre du niveleur sur le plancher de la remorque, éliminer les débris, renforts ou autres irrégularités, qui peuvent dégrader le bon affleurement de la lèvre ;
- favoriser les situations avec une légère montée vers la remorque. Éviter de positionner le plateau niveleur en descente ;
- lors de l'achat ou du remplacement du matériel de liaison, privilégier les dispositifs comportant le moins de relief possible, de rupture de pente ou de différence de niveau. Bien estimer la capacité de charge maximale que devra supporter le dispositif de liaison, afin de choisir un matériel avec des épaisseurs de tôle les plus faibles possible. Chaque millimètre supplémentaire constitue une « marche » supplémentaire pour un TEP dont les éléments roulants sont en polyuréthane. La lèvre du niveleur devra être la plus plate possible avec un biseau le plus allongé possible, pour limiter l'effet de « marche » ;
- lorsqu'une plaque de renfort est présente à l'entrée de la remorque, faire affleurer la lèvre du niveleur avec le bord de la plaque pour éviter l'effet de creux. Pour cela, un niveleur à lèvre télescopique de type « peigne » est plus adapté (conception ne créant pas de surépaisseur à la jonction entre le plateau du niveleur et sa lèvre). Un niveleur à lèvre télescopique permet aussi de créer une zone de refuge de 500 mm, limitant les risques d'écrasement de l'opérateur entre le bâtiment et la remorque [8] ;
- remplacer la lèvre du niveleur lorsqu'elle est dégradée. La lèvre d'un niveleur est fortement sollicitée

↑ TABLEAU 2
Valeurs de l'exposition journalière des salariés en fonction des conditions de quai, de vitesse et du type d'engin (C28 ; CXX).





© Claude Almodovar pour l'INRS

par les passages successifs d'engins lourds et peut se dégrader dans le temps. Des bavures, des creux ou des bosses peuvent se produire le long de cette lèvre, ce qui est délétère pour le cariste qui franchit ces irrégularités ;

- mettre en place de solutions de traitement des irrégularités en creux ou en surépaisseur à l'aide de matériau élastomère amortissant. Ces solutions n'existent pas actuellement sur le marché et sont à concevoir au cas par cas. La pérennité dans le temps de ces solutions n'a pas été étudiée mais constitue un paramètre important de l'efficacité de ce type de solution.

Les mesures suivantes sont applicables à la remorque :

- éviter les remorques équipées d'une plaque de renfort à l'entrée. Si c'est le cas, exiger que celle-ci soit intégrée dans le même plan que le plancher de la remorque pour éviter toute surépaisseur ;
- privilégier les remorques avec un revêtement de plancher le plus fin possible (aluminium ou bois haute densité) et le moins dégradé possible ;
- demander au chauffeur de gonfler la suspension de la remorque pour qu'elle soit juste au-dessus du niveau du quai ou alignée avec celui-ci. Éviter absolument que le plancher de la remorque soit plus bas que le quai ;
- lors de la mise à quai, favoriser un positionnement du bord arrière de la remorque parallèlement au bord du bâtiment. Ceci limite tout espacement créé entre l'entrée de la remorque et le bord de la lèvre du niveleur ;

- en amont de la création d'une plateforme logistique ou en réaménagement, étudier la possibilité d'intégrer, dans le processus de chargement-déchargement, des remorques à déchargement intégral qui vident directement leurs palettes sur le quai ou encore, des remorques « avec pousoir » qui positionnent leurs palettes toujours à l'entrée de la remorque, évitant ainsi au cariste de franchir la lèvre du quai.

Les mesures suivantes sont applicables au TEP ou au préparateur de commandes :

- abaisser le plus possible la vitesse maximale des engins. Aujourd'hui, différents modes de réglage des engins sont disponibles chez les fabricants et peuvent être configurés à la demande. De plus, des dispositifs additionnels externes existent permettant d'adapter la vitesse des engins par zone géographique. Par exemple, une réduction de la vitesse peut être appliquée automatiquement au franchissement d'un niveleur de quai ;
- choisir un engin de manutention à conducteur porté avec une valeur d'émission vibratoire la plus faible possible. Pour un TEP, une valeur d'émission est considérée faible lorsqu'elle est inférieure à $0,65 \text{ m/s}^2$;
- sur les engins, entretenir les roues ainsi que les éléments de la suspension. En particulier, éviter la formation de méplats sur la roue motrice. Étudier aussi la possibilité du remplacement de la roue motrice par un modèle en caoutchouc plutôt qu'en polyuréthane (matériau plus dur).

ENCADRÉ 1 RAPPEL DE LA RÉGLEMENTATION

La réglementation définit des valeurs seuils d'exposition aux vibrations. Elle oblige l'employeur à évaluer, et parfois à mesurer si nécessaire, les niveaux de vibrations mécaniques auxquels les salariés sont exposés. Les articles R. 4444-1 à R. 4447-1 et l'arrêté du 6 juillet 2005 définissent notamment des valeurs seuils d'exposition aux vibrations. Cette réglementation résulte de la transposition en droit français de la directive européenne « Vibrations » (n° 2002/44/CE du 25 juin 2002).

Concernant les vibrations transmises à l'ensemble du corps, les articles R. 4443-1 et R. 4443-2 du Code du travail fixent deux valeurs seuils d'exposition journalière (pour 8 heures de travail quotidiennes) :

- une valeur d'exposition journalière déclenchant l'action, dite valeur d'action, égale à 0,5 m/s².
Si cette valeur est dépassée, des mesures techniques et organisationnelles doivent être prises afin de réduire au minimum l'exposition ;
- une valeur limite d'exposition journalière égale à 1,15 m/s². Cette valeur ne doit jamais être dépassée.

Les mesures suivantes concernent l'organisation de l'activité :

- envisager la réalisation, par le cariste, d'une tâche additionnelle (sans créer de nouveaux risques ni de distracteur) à la conduite (scan des produits, d'un code barre, saisie informatique sur un clavier à côté du quai, etc.) qui implique une réduction importante de la vitesse ou même l'arrêt de l'engin à l'endroit de la liaison entre la lèvre et l'entrée dans la remorque. Ainsi, les vibrations et les chocs seront considérablement réduits sur cette partie du parcours ;
- réfléchir avec les opérateurs et l'encadrement à une organisation du travail sur la journée, qui implique une diminution importante du temps de présence de l'opérateur sur la plateforme du TEP : changement de poste pour réaliser une tâche administrative, conduite d'un autre engin moins sollicitant ou

en utilisant un transpalette électrique accompagnant, palettisation de produits, préparations de commandes, etc. ●

1. À partir des accélérations verticales pondérées par le filtre de pondération W_k [4], la valeur de dose vibratoire (VDV), qui correspond à la moyenne géométrique d'ordre quatre du signal d'accélération, est calculée à partir de $A_w(t)$ correspondant à l'accélération pondérée au cours du temps, T à la durée de la mesure lors d'un passage sur la zone de transbordement et dt à la variable d'intégration :

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T A_w^4(t) dt} \text{ en (m/s}^{1,75}\text{)}$$

Pour chaque situation de franchissement de la zone de transbordement, l'accélération est enregistrée au cours de dix passages successifs au minimum. Les VDV sont calculées pour chaque passage. La moyenne est calculée pour une configuration. La VDV moyenne de référence obtenue sur un parcours comportant 2 obstacles de 5 mm d'épaisseur est aussi calculée pour un temps de parcours équivalent. Le rapport des deux valeurs de VDV correspond à l'indicateur finalement utilisé.

BIBLIOGRAPHIE

[1] REBELLE J., KLINGLER A., POIROT R. – Analyse vibratoire de six transpalettes électriques du marché : approche expérimentale. *Hygiène et sécurité du travail*, juin 2011, n° 223, pp. 135-141. Accessible sur : www.inrs.fr/publications/hst/

[2] REBELLE J. – Réduction des vibrations transmises aux engins de manutention : nouveau code d'essai pour niveau de quai. *Hygiène et Sécurité du travail*, juin 2019, n° 255, pp. 64-71. Accessible sur : www.inrs.fr/publications/hst/

[3] QUAIS DE LIVRAISONS. Vers une prise en compte des vibrations pour

les équipements de transbordement. *Travail et sécurité*, septembre 2018, n° 797, p. 5. Accessible sur : www.travail-et-securite.fr

[4] NORME ISO 2631-1:1997 – Vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. General Requirements. Genève, ISO, 1997.

[5] INRS – Dossier Web « Vibrations ». Accessible sur : www.inrs.fr/risques/vibration-corps-entier/ce-qu-il-faut-retenir.html

[6] NORME NF EN 13059 – Sécurité des chariots de manutention.

Méthode d'essais pour mesurer les vibrations. Afnor/CEN, juin 2002.

[7] REBELLE J. – Atténuation des vibrations ensemble du corps – Logistique : vibrations et quais niveleurs. In : Communication au Colloque INRS Bruit et Vibrations au travail (9-10 avril 2019, Nancy, France). Accessible sur : www.inrs-bvt2019.fr/fr/presentations/1

[8] VALADEAU A.S. ET AL. – Conception et rénovation des quais pour l'accostage, le chargement et le déchargement en sécurité des poids lourds. INRS, 2019, ED 6059. Accessible sur : www.inrs.fr.