

Notes techniques

RÉDUCTION DES VIBRATIONS TRANSMISES AUX ENGINES DE MANUTENTION: NOUVEAU CODE D'ESSAI POUR NIVELEURS DE QUAI

Une étude de l'INRS, consacrée aux dispositifs de transbordement franchis lors du chargement et déchargement des camions, a conduit à un nouveau code d'essai qui pourrait enrichir la normalisation existante. Ces travaux visent à diminuer les vibrations transmises aux conducteurs d'engins de manutention par la réduction des irrégularités rencontrées au sol, sur le parcours. En particulier, les dispositifs de liaison qui permettent de rentrer et sortir de la remorque d'un camion, exposent plus sévèrement les conducteurs à des chocs et des vibrations lors des transferts que lors des circulations sur la plateforme logistique. Différentes configurations d'utilisation de niveleurs de quai ont été analysées. Elles mettent en lumière des préconisations facilement applicables sur le terrain.

JÉRÔME
REBELLE
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

L'enquête Sumer de 2003 révèle que 10% des travailleurs français sont exposés à des vibrations de l'ensemble du corps susceptibles de porter atteinte à leur santé [1]. Les opérateurs d'engins mobiles sont principalement exposés à des chocs et des vibrations transmis par l'intermédiaire d'un siège ou d'une plate-forme de travail [2]. En France, entre 200 000 et 300 000 chariots industriels, dont des transpalettes à conducteur porté (TEP), seraient en circulation, ce qui correspond à une population d'environ 500 000 caristes. Les affections chroniques du rachis lombaire liées à l'exposition aux vibrations sont reconnues en France comme maladies professionnelles depuis 1999. Environ 400 nouveaux cas sont indemnisés chaque année, ce qui représente en moyenne un coût annuel d'indemnisation de 12 millions d'euros [3-4].

De nombreuses situations de travail, dans différents secteurs d'activité, nécessitent l'utilisation d'un véhicule de manutention pour soulever et déplacer des charges. Lorsqu'il est debout sur la plateforme de son transpalette, l'opérateur est exposé aux

vibrations et aux chocs générés par les irrégularités du sol, telles que des obstacles, des débris ou des ruptures de pente. Ces secousses sont ensuite transmises aux roues et roulettes, au châssis du véhicule, puis au poste de travail, isolé par une suspension mécanique plus ou moins efficace.

Aujourd'hui, certains fabricants commercialisent des engins dotés d'une suspension efficace du poste de conduite pour réduire les vibrations transmises aux opérateurs. La norme EN 13059:2002 [5] permet d'estimer les performances d'isolation vibratoire de cette suspension. La valeur issue du test de la norme est la valeur d'émission, qui doit être déclarée conformément à la Directive machine [6] si elle est supérieure à 0,5 m/s². L'INRS considère qu'une valeur située en dessous de 0,65 m/s² correspond à une suspension suffisamment amortie. Pour l'acheteur ou l'utilisateur, l'intérêt de cette valeur (disponible dans la notice d'utilisation), est de permettre de comparer les engins du marché et d'orienter son choix vers le modèle qui protégera au mieux le conducteur. Certains fabricants ont dimensionné des TEP ayant une valeur d'émission de 0,5 m/s², voire 0,40 m/s².

RÉSUMÉ

Les opérateurs de transpalettes électriques à conducteur porté sont très régulièrement exposés à des vibrations et des chocs transmis à l'ensemble du corps. Des mesures effectuées en entreprise ont montré que les opérations de chargement et de déchargement d'un semi-remorque constituaient la tâche la plus critique. En effet, la zone qui intègre un

niveleur de quai contient de nombreuses irrégularités, souvent franchies par le transpalette lors des mouvements aller-retour. Il n'existe pas de code d'essai normalisé pour évaluer l'état (la « sévérité ») des irrégularités du niveleur de quai, ni au stade de sa conception, ni lorsqu'il est installé en entreprise. Cet article présente une

approche expérimentale élaborée pour estimer l'impact vibratoire sur l'engin lorsque qu'il franchit la zone de liaison située entre le bâtiment et la remorque. Sa mise en œuvre dans plusieurs entreprises a donné des résultats intéressants qui ont conduit à des modifications du processus d'installation et d'utilisation du niveleur de quai.

Reduction of vibrations transmitted to handling equipment: new test code for dock levelers

Operators of powered pallet trucks are very regularly exposed to vibrations and shocks transmitted to the whole body. In-house measurements have shown that the loading and unloading of a semi-trailer is the most critical task. Indeed, the area incorporating a dock leveler contains many

irregularities, often crossed by the pallet truck during round-trip movements. There is no standard test code to assess the condition ("severity") of the dock leveler irregularities, either at the design stage or when installed in a company. This article presents an elaborate experimental

approach for estimating the vibratory impact on the vehicle as it crosses the connection zone between the building and the trailer. Its implementation in several companies has yielded interesting results that have led to changes in the process of installation and use of the dock leveler.

Malgré les progrès réalisés par les fabricants, des mesures effectuées par les contrôleurs des Carsat en situation réelle d'utilisation, montrent que les valeurs d'exposition journalières dépassent parfois la valeur limite d'exposition réglementaire de $1,15 \text{ m/s}^2$, notamment lors des phases de chargement – déchargement de semi-remorques. Ainsi, circuler sur des zones comportant des irrégularités avec un engin de manutention ayant une valeur déclarée d'émission faible s'avère nécessaire, mais insuffisant, du point de vue de la prévention des risques liés aux vibrations pour les opérateurs [7]. En ce qui concerne les dispositifs de transbordement (rampes ajustables ou niveleurs de quai), la norme EN 1398:2009 [8] propose des prescriptions de sécurité pour les équipements positionnés entre le quai et la remorque d'un camion. Elle traite de leur conception, de leur construction, des dispositifs de sécurité additionnels, de leur installation, de leur utilisation et de leur entretien, mais les aspects liés aux vibrations ou aux chocs lors des passages successifs sur le dispositif de transbordement ne sont pas évoqués. Dans la littérature, quelques articles s'intéressent

aux dispositifs de transbordement ou à la zone de chargement, mais ceux-ci abordent principalement le risque de chute au sol du chariot élévateur depuis le quai. Cette situation conduit à des accidents graves voire mortels suite au départ intempestif du camion, un manque de visibilité du cariste lors du chargement, un glissement de la remorque vers l'avant ou encore son basculement. Ces situations sont bien identifiées dans l'article de Gauthier *et al.* [9]. Un autre risque majeur, qui peut survenir autour de la zone de transbordement, est l'écrasement du chauffeur ou d'un opérateur entre la remorque et le bâtiment, lors de la phase de recul notamment. Les situations à risques et les mesures de prévention sont bien documentées dans la brochure INRS ED 6059 [10]. Un fabricant a développé un quai équipé d'un dispositif qui bloque la remorque à quai, de telle sorte que les départs intempestifs et les mouvements de la remorque et du dispositif de transbordement (niveleur de quai) sont fortement réduits. Malheureusement, cette conception de quai n'est pas diffusée en Europe et l'efficacité du système n'a pu être démontrée que par le fabricant lui-même [11].



De plus, alors que la valeur déclarée d'émission vibratoire permet aux acheteurs de TEP de choisir un engin de manutention avec une suspension efficace, il n'existe pas d'équivalent pour le choix d'un dispositif de liaison, entre une zone d'entreposage de marchandises et une remorque de camion.

L'étude présentée dans cet article vise à combler ce déficit. Les travaux ont porté sur la définition d'un protocole expérimental permettant de caractériser différents dispositifs de transbordement existants sur le marché, selon l'état (ou « sévérité ») de leurs irrégularités. Un indicateur a été établi pour quantifier l'intensité des chocs et des vibrations. Le protocole a ensuite été appliqué à des zones de transbordement situées sur des plateformes logistiques. L'analyse des résultats et les perspectives en termes de prévention sont abordées en seconde partie.

Protocole expérimental de caractérisation d'un dispositif de transbordement

Une zone de transbordement est une portion de parcours qui comporte souvent une zone intérieure à un bâtiment, avec un revêtement lisse en béton ou bitume, le dispositif de transbordement proprement dit, et une zone à l'intérieur d'un véhicule (plancher en bois, en métal, en résine ou en plastique solide). Pour caractériser le dispositif de transbordement et ses irrégularités, le protocole prévoit d'utiliser un TEP, à la fois comme véhicule pour mettre en mouvement le dispositif de transbordement et comme moyen de mesure pour le caractériser. En effet, lorsqu'un TEP circule, son passage sur le dispositif de transbordement provoque des

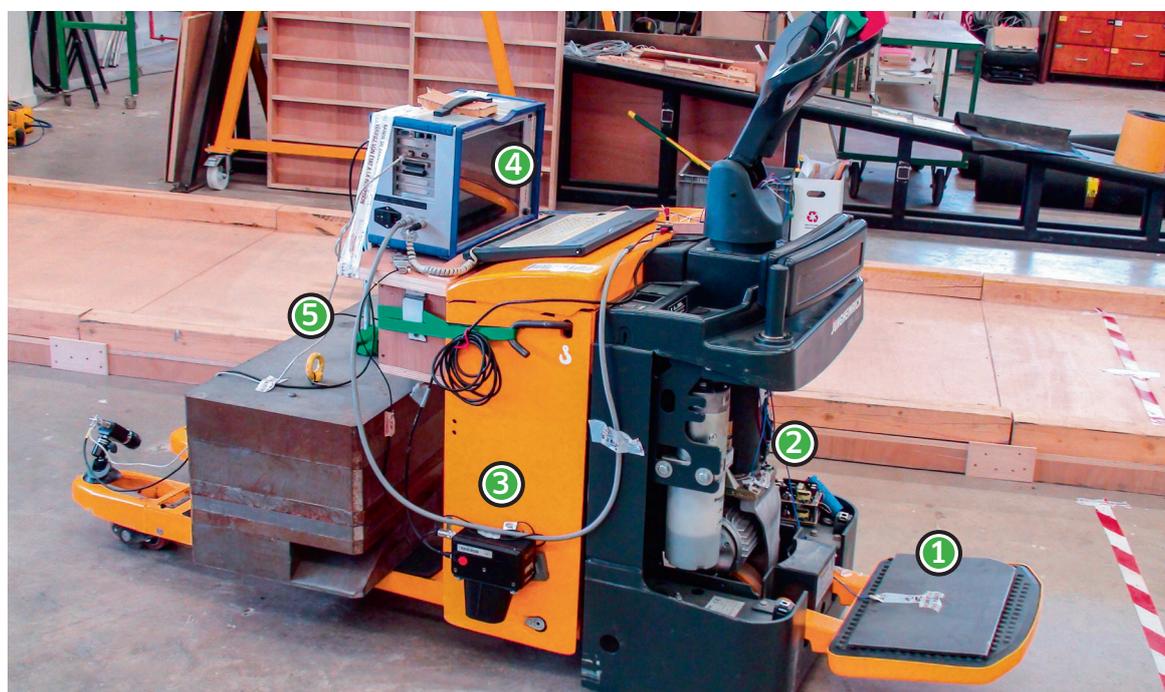
mouvements verticaux et horizontaux et occasionne des vibrations et des chocs, perceptibles à la fois sur le dispositif de transbordement et sur le TEP. Ces informations sont des signatures vibratoires caractéristiques des irrégularités rencontrées par le TEP, notamment suivant l'axe vertical. Seules les accélérations enregistrées selon cet axe sont exploitées dans cette approche. Les informations les plus pertinentes sont recueillies juste au-dessus de la roue motrice du TEP.

Le transpalette électrique instrumenté

Un TEP du marché d'une capacité de deux tonnes a été utilisé pour réaliser les essais. Pour acquérir des données lors d'allers et retours sur la zone de transbordement, le TEP est équipé de deux capteurs d'accélération (cf. Figure 1) : un situé sur la plateforme de l'opérateur (1) et l'autre sur le bloc moteur juste au-dessus de la roue motrice (2). Un capteur de vitesse (3), situé sur le châssis du chariot, permet de vérifier la vitesse de consigne. Une centrale d'acquisition (4), implantée devant le bloc des batteries, permet d'enregistrer les données provenant des différents capteurs. Le TEP circule avec un chargement de 1 200 kg d'acier (5), fixé à sa fourche.

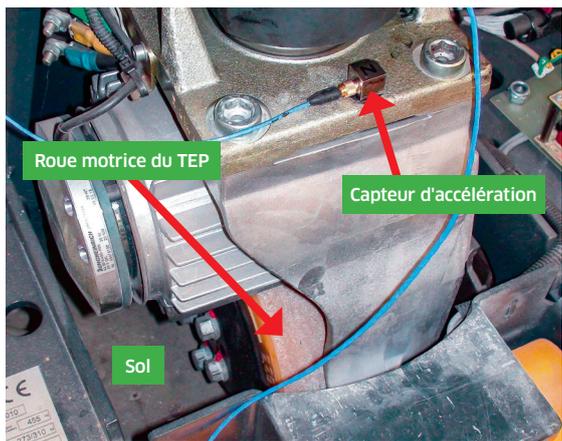
Le protocole expérimental

Le protocole expérimental prévoit de réaliser les essais à 5 km/h avec le TEP chargé, à la fois sur la zone de transbordement, mais aussi sur une piste de référence. Pour définir cette dernière, certaines des conditions ont été reprises de la norme EN 13059:2002 [5]. Les tests nécessitent une piste



↑ FIGURE 1 TEP équipé de capteurs, d'une centrale d'acquisition et chargé de ses masses pour les tests réalisés en laboratoire à l'INRS.

© J. Rebelle / INRS



↑ FIGURE 2 Localisation du capteur d'accélération sur le transpalette électrique à conducteur porté. Le capteur a ainsi été installé au plus proche des informations transmises par cette roue, en lien direct avec le revêtement et les irrégularités du sol.

en béton lisse de 10 m de long, qui comporte deux obstacles de 5 mm d'épaisseur et de 15 cm de largeur, séparés de 3 m. L'indicateur, qui permet de caractériser la zone de transbordement à étudier, est défini comme le rapport de la valeur de dose vibratoire (VDV) mesurée sur la zone de transbordement, divisée par la VDV mesurée sur la piste de référence. L'intérêt de ce mode de calcul est de limiter les effets liés à la conception spécifique du TEP choisi. En effet, l'accélération pondérée mesurée au-dessus de la roue motrice dépend de la géométrie du TEP, de la localisation du capteur, du diamètre de la roue motrice, des inerties de l'engin, etc. En normalisant le VDV de la zone de transbordement par rapport une valeur de référence, l'impact des spécificités du TEP utilisé pour les essais sur le calcul de l'indicateur est limité.

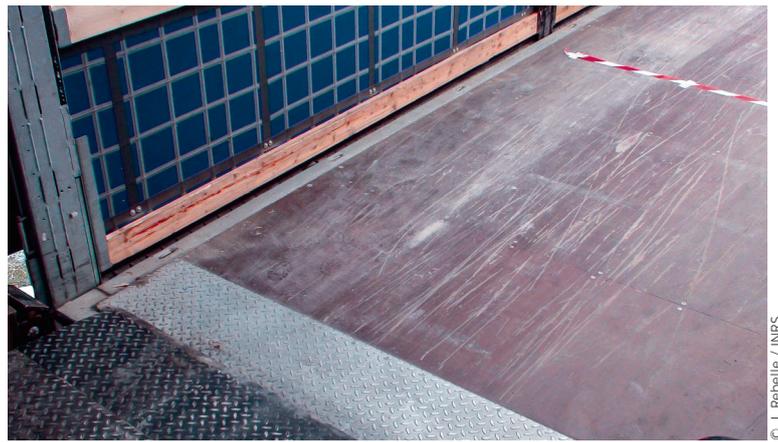
Les essais sur la piste de référence sont réalisés une seule fois pour un modèle de TEP préalablement à la caractérisation de la zone de transbordement. Les situations de déplacement, en charge, dans le sens aller et retour, donnent deux valeurs de référence. La zone de transbordement qui intègre le dispositif de transbordement à caractériser, à l'aller, comprend :

- 0,5 m de béton lisse avant d'aborder le dispositif de transbordement,
- le dispositif de transbordement,
- 3,2 m de plancher de remorque.

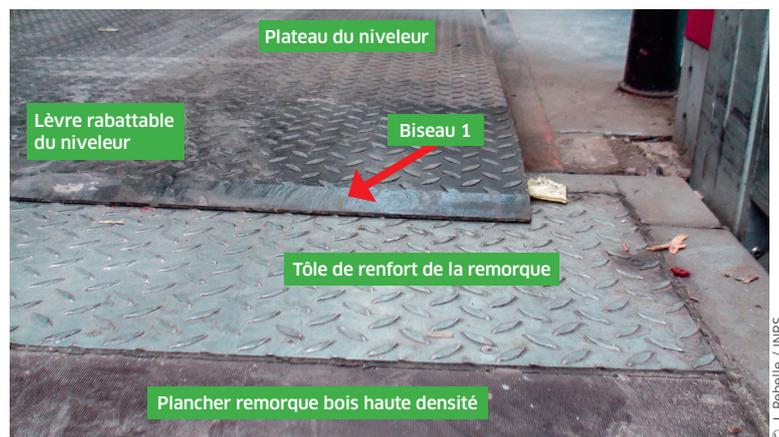
Au retour, la zone de transbordement est constituée de :

- 0,5 m de plancher de remorque,
- le dispositif de transbordement,
- 3,2 m de béton lisse.

La longueur de la zone de transbordement varie (minimum 4 m ; maximum 9 m) en fonction de la longueur du dispositif de transbordement. Une longueur équivalente de la piste de référence est prise en compte pour le calcul de la VDV de référence.



↑ FIGURE 3 Zone de transbordement n° 1 comprenant un quai niveleur à lèvre rabattable.



↑ FIGURE 4 Zoom sur la lèvre du niveleur, à l'entrée de la remorque de la zone de transbordement n° 1.

Les mesures réalisées

Les données sont acquises à une fréquence d'échantillonnage de 500 Hz (suffisante pour décrire correctement les chocs qui se produisent aux franchissements des irrégularités). Le capteur est placé sur le bloc rigide au-dessus de la roue motrice (cf. Figure 2).

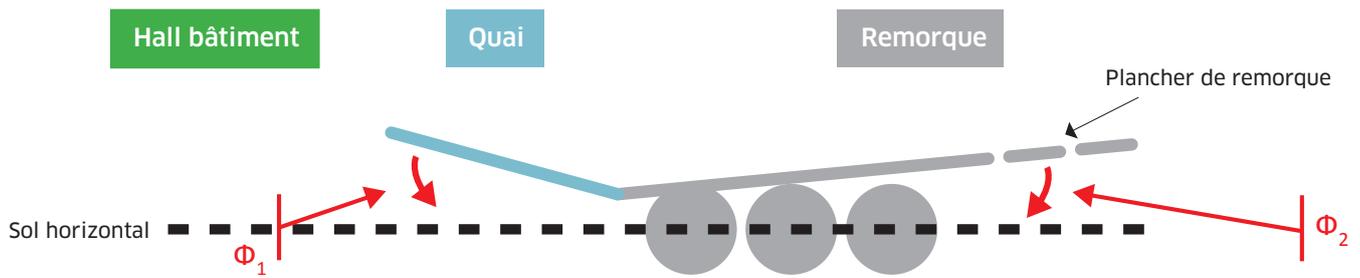
Le capteur a ainsi été installé au plus proche des informations transmises par cette roue, en lien direct avec le revêtement et les irrégularités du sol.

L'indicateur : calcul de la valeur de dose vibratoire (VDV)

À partir des accélérations verticales pondérées par le filtre de pondération W_k [12], 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 :

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T A_w^4(t) dt} \text{ en } (m/s^{1.75})$$





↑ FIGURE 5 Schéma de représentation des angulations du plateau du niveleur par rapport au plancher de la remorque.

La VDV est particulièrement intéressante du fait de son caractère d'accumulation dans le temps et de son adéquation lorsque des événements de type choc sont présents, comme précisé dans la norme ISO 2631-1:1997 [12]. Ainsi, pour deux zones de transbordement ayant exactement le même motif d'irrégularités, la valeur de l'indicateur sera plus élevée pour la zone de transbordement la plus longue. 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, tout en vérifiant que le coefficient de variation de la série est inférieur à 0,15 comme recommandé dans [5], ce qui confère une bonne répétabilité aux mesures et aux calculs de la VDV. La VDV moyenne de référence est aussi calculée pour un temps de parcours équivalent. Le rapport des deux valeurs de VDV correspond à l'indicateur finalement utilisé. Une valeur du rapport égale à 1 indique que le passage sur la zone de transbordement est équivalent à la circulation sur la piste de référence comportant deux obstacles de 5 mm d'épaisseur.

Application du protocole à deux zones de transbordement implantées sur deux plateformes logistiques

Zone de transbordement n°1: influence de l'inclinaison du plateau du niveleur de quai par rapport à la remorque

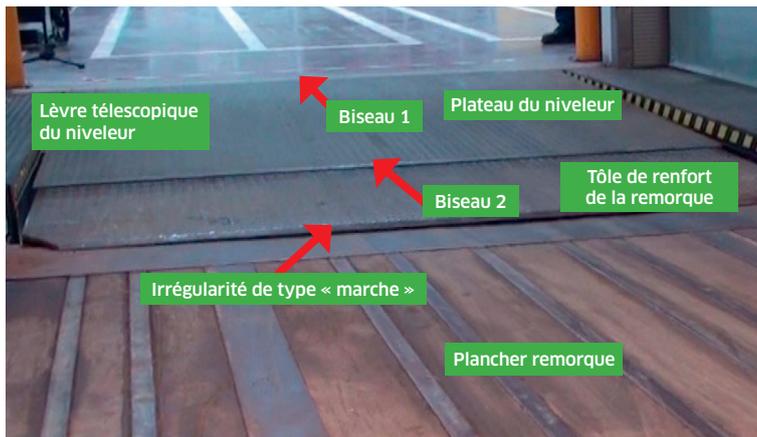
Cette zone n° 1 est constituée d'une « zone bâtiment » en béton lisse en très bon état, d'un niveleur de quai à lèvre rabattable et d'un plancher de remorque de camion en bois haute densité, en bon état (cf. Figure 3). Le plancher de la remorque est renforcé par une plaque en tôle larmée, qui est incrustée dans le plancher et ne crée pas de surépaisseur (cf. Figure 4). Le niveleur et sa lèvre déployée représentent une longueur de 2,7 m. La zone de transbordement mesure 6,4 mètres (= 0,5 m + 2,7 m + 3,2 m). Cette zone de transbordement a permis d'étudier l'influence, sur l'indicateur, de l'angle formé entre le plateau du niveleur et le plancher de la remorque. On appelle Φ_1 l'angle formé par le sol de la plateforme logistique avec le plateau du niveleur et Φ_2 , l'angle formé par le plancher de la remorque avec l'horizontale (cf. Figure 5). Trois configurations de positionnement du plateau du niveleur et de la remorque ont été créées. Ces configurations sont synthétisées dans le tableau 1.

Zone de transbordement n°2: effet du positionnement de la lèvre du niveleur par rapport à une plaque de renfort

La zone n° 2 est constituée d'une « zone bâtiment » en béton lisse en très bon état, d'un niveleur de quai à lèvre télescopique et d'un plancher de remorque de type « bois + métal » en bon état. Le passage du plateau du niveleur à la lèvre télescopique se fait en franchissant un premier biseau. Un second biseau équivalent se trouve à l'extrémité de lèvre télescopique, lors de l'entrée dans la remorque. À l'entrée de la remorque, le plancher est renforcé par une plaque en tôle lisse, non incrustée dans le plancher de la remorque, et qui crée une surépaisseur (cf. Figure 6). Le niveleur et sa lèvre déployée représentent une longueur de 3,57 m, soit près de 0,9 m de plus que le dispositif de transbordement de la zone de transbordement n° 1. La zone

POSITION PLATEAU/REMORQUE	CONFIGURATION	
	Φ_1	Φ_2
	Configuration neutre 0°	$+1,2^\circ$
	Configuration positive $+2^\circ$	$+0,5^\circ$
	Configuration négative $-3,2^\circ$	-2°

↑ TABLEAU 1 Synthèse des configurations de positionnement du plateau du niveleur étudiées lors des essais.



↑FIGURE 6 Zoom sur la lèvre télescopique du quai, à l'entrée de la remorque, dans la zone de transbordement n°2.



↑FIGURE 7 Zoom sur la gorge formée entre la lèvre du niveleur (à droite) et la plaque de renfort à l'entrée de la remorque (à gauche).

de transbordement mesure 7,27 mètres (= 0,5 m + 3,57 m + 3,2 m).

Cette zone de transbordement a permis d'étudier l'influence, sur la valeur de l'indicateur, du positionnement de la lèvre du niveleur vis-à-vis de la plaque de renfort, à l'entrée de la remorque.

- La première configuration étudiée est celle où la lèvre télescopique est positionnée juste avant la plaque de renfort, en laissant un creux de 5 cm de large et de 5 à 8 mm de profondeur, entre ces deux parties (cf. Figure 7).
- La deuxième configuration est obtenue avec la lèvre télescopique qui affleure au plus près de la plaque de renfort, de façon à obtenir le meilleur ajustement possible entre ces deux éléments.
- La troisième configuration est obtenue lorsque la lèvre télescopique est complètement déployée, créant une surépaisseur significative au-dessus de la plaque de renfort. Cette dernière configuration est couramment observée, car elle fait partie des habitudes de positionnement prises par les opérateurs.

Pour les trois configurations décrites ci-dessus, le plateau du niveleur et la remorque avaient des angles $\Phi_1 = -1^\circ$ et $\Phi_2 = -1^\circ$ (cf. Figure 5). Les différentes configurations de zone de transbordement sont synthétisées dans le tableau 2.

Résultats et analyse

Les résultats sont présentés sous la forme du rapport de la valeur de dose vibratoire (VDV) moyenne

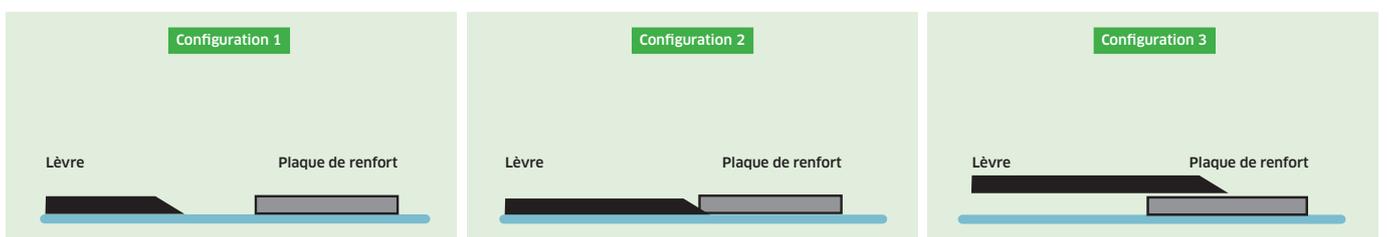
obtenue entre la zone de transbordement et la piste de référence. Ainsi, si une zone de transbordement comporte des irrégularités peu sévères et en nombre réduit, le rapport est alors inférieur à 1, voire à 0,8. Un rapport supérieur à 1 signifie que le passage sur la zone de transbordement est plus sévère que celui sur la piste de référence.

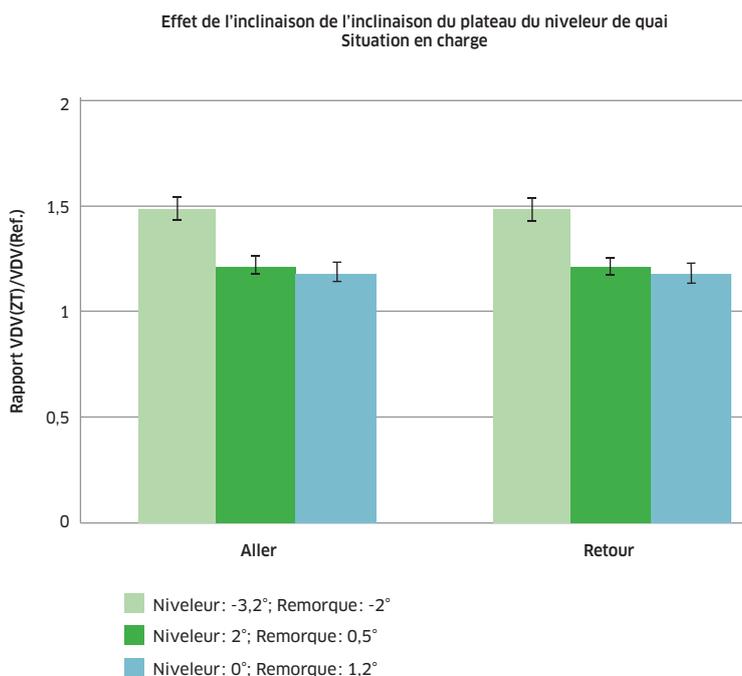
Les résultats des zones de transbordement n°1 et n°2 sont respectivement reportés sur les figures 8 et 9. L'incertitude sur le rapport des valeurs de dose vibratoire (VDV) de chaque série est reportée sur chaque barre graphe. Sur ces figures, on distingue à gauche, la situation de conduite à l'aller, et à droite, la situation de conduite au retour.

Analyse des résultats pour la zone de transbordement n°1

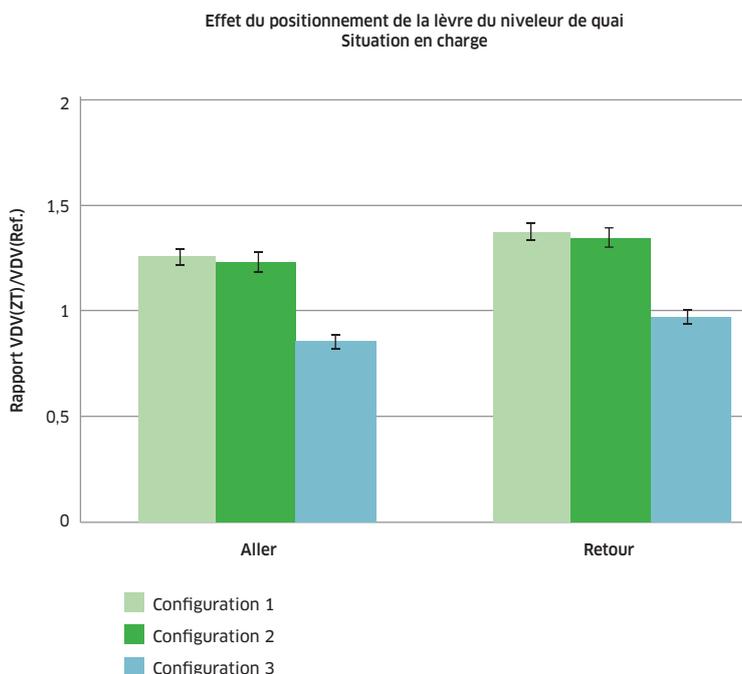
La figure 8 montre clairement que toutes les configurations sont plus sévères que celles issues de la piste de référence, puisque les valeurs de l'indicateur sont supérieures à 1. Il n'y a pas de différence significative entre l'aller et le retour. La situation où le plateau du niveleur est en descente vers la remorque ($\Phi_1 = -3,2^\circ$; $\Phi_2 = -2^\circ$) est la plus défavorable des situations testées. En effet, l'indicateur est proche de 1,5. Les résultats pour les deux autres situations sont équivalents en considérant les incertitudes. L'angle entre le plateau du niveleur et le plancher de la remorque forme une « bosse » si le plateau est en montée vers la remorque mais un « creux » si le plateau est en descente. Dans cette dernière

↓ TABLEAU 2
Synthèse des configurations de zone de transbordement étudiées lors des essais.





↑FIGURE 8
 Comparaison des trois situations d'inclinaison du plateau du quai niveleur pour la zone de transbordement n° 1.



↑FIGURE 9
 Comparaison des trois positionnements de la lèvre du niveleur vis-à-vis de la plaque de renfort à l'entrée de la remorque pour la zone de transbordement n° 2.

situation, la roue motrice a tendance à s'écraser dans le creux et l'accélération mesurée vient s'ajouter à celle de la gravité. Dans le cas du franchissement de l'irrégularité de type « bosse », l'accélération a tendance à s'opposer à la gravité et en conséquence, la composante est plus faible. Ceci explique les différences entre les résultats des deux situations.

La situation où le plateau du niveleur est aligné avec le plancher de la remorque crée des irrégularités équivalentes à celles de la situation en « bosse ». Au regard de cette analyse, il est recommandé d'éviter la situation où le plateau du niveleur est en descente vers la remorque. En pratique, c'est souvent ce qui est observé lorsqu'une remorque arrive vide et est chargée progressivement à l'aide d'un TEP.

Analyse des résultats pour la zone de transbordement n° 2

La figure 9 montre clairement que la configuration n° 2, avec la lèvre qui affleure le bord de la plaque de renfort, est la situation la moins délétère (rapport inférieur à 1), que ce soit à l'aller ou au retour. Les résultats des configurations n° 1 et n° 3 sont proches avec des valeurs de l'indicateur situées entre 1,25 et 1,35. Ces deux dernières situations se distinguent par la nature des irrégularités, en creux ou en surépaisseur, au niveau de la jonction entre la lèvre du niveleur et le bord de la remorque, mais leur potentiel vibratoire est finalement équivalent. Au vu de ces résultats, il est conseillé de faire affleurer le plus possible la lèvre du niveleur avec le bord de la plaque de renfort, sans créer de surépaisseur.

Discussion et conclusions

L'INRS a développé un protocole expérimental permettant de caractériser les irrégularités d'une zone de transbordement équipée d'un dispositif de liaison entre un bâtiment et une remorque de camion. Le protocole est relativement simple à mettre en œuvre et utilise un indicateur basé sur le calcul de la valeur de dose vibratoire. Il exige de réaliser des essais préalables sur une piste spécifique, inspirés de la norme EN 13059 [5], qui permet de déterminer des valeurs de référence utiles au calcul de l'indicateur. Ainsi, la comparaison de différentes configurations pour une même zone de transbordement est possible, de même que des comparaisons entre différentes zones de transbordement situées sur différents sites. L'application de ce protocole a permis de distinguer différents modes d'implantation et d'utilisation d'un quai niveleur. Les résultats obtenus pour deux configurations de quai ont montré d'une part, qu'il était préférable d'installer le plateau du niveleur de quai en montée vers l'entrée de la remorque ou à l'horizontale, plutôt qu'en descente. D'autre part, il a été démontré qu'il était nécessaire d'ajuster la lèvre du niveleur avec le bord de la plaque de renfort, positionnée à l'entrée de la remorque, sans créer de surépaisseur. Ces installations de niveleur de quai permettent de limiter des irrégularités génératrices de chocs et de vibrations lors du franchissement de la zone de transbordement. Des résultats obtenus lors d'interventions sur d'autres sites permettent d'énoncer des préconisations complémentaires:

- le franchissement d'un niveleur de quai à lèvre rabattable semble légèrement plus sollicitant que celui d'un quai niveleur à lèvres télescopiques, même si ce dernier est plus long;
- des solutions simples d'atténuation de l'effet des irrégularités peuvent être mises en place sur un quai niveleur et donnent des gains intéressants. Par exemple, l'ajout d'un « bec adoucissant », composé de fines lames en métal superposées et décalées, permet de réduire l'effet de « marche » à l'abord ou à la sortie de la lèvre du niveleur. Des réductions de la valeur de l'indicateur utilisé dans l'étude, de l'ordre de 5 à 10%, ont ainsi été obtenues. De même, la mise en place d'une bande de matériau amortissant venant combler une irrégularité en creux, sans ajouter de surépaisseur, permet des gains de 15 à 30% par rapport à la situation non traitée;
- le franchissement d'une zone de transbordement est moins délétère lorsque celle-ci s'opère sur une remorque de camion dont le revêtement est lisse (en peinture sablée, revêtement plastifié ou métal avec motif « grain de riz »), plutôt qu'une remorque ayant un plancher en bois renforcé par des longrions en métal.

Pour l'instant, le protocole a été appliqué avec un modèle spécifique de TEP. Des tests complémentaires seront réalisés, pour vérifier que l'indicateur normalisé par des valeurs de référence associées à chaque configuration de circulation permet bien de s'affranchir du modèle d'engin utilisé. Cette méthode expérimentale n'est pas parfaite car des compromis et des simplifications ont dû être effectués (utilisation envisagée en tant que norme dans un futur proche). En particulier, des réflexions et des choix ont déjà été effectués pour limiter les coûts (notamment s'agissant de l'instrumentation), obtenir une simplicité d'exécution, de bonnes répétabilité et répétitivité, ainsi qu'une qualité suffisante de l'indicateur sélectionné malgré le seul capteur utilisé. In fine, ce protocole devrait apporter un certain nombre de pistes d'amélioration pour les préventeurs sur le terrain, en permettant de limiter les chocs et les vibrations lors des franchissements de dispositifs de transbordement. En réduisant à la source l'intensité des phénomènes impulsifs transitoires transmis à l'engin, l'opérateur debout ou assis à son poste de conduite devrait être moins exposé. À l'avenir, la méthode, qui sera proposée au Comité européen de normalisation (CEN), devrait être utilisée par les fabricants de quais niveleurs, de rampes, de ponts, etc. pour qualifier les irrégularités de leurs dispositifs et estimer leur potentiel de nuisance vibratoire. Ainsi, un acheteur ou un préventeur sera en capacité de comparer les différents dispositifs et de choisir celui qui exposera le moins les opérateurs lors de leur franchissement. ●

POUR EN SAVOIR +

- *Conception et rénovation des quais pour l'accostage, le chargement et le déchargement en sécurité des poids lourds*. INRS, ED 6059, 2018. Accessible sur : www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206059

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARNAUDO B. ET AL. – *Les expositions aux risques professionnels. Les ambiances et contraintes physiques - Résultats de l'enquête SUMER 2003*. Document d'étude. Paris, Dares (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques), juillet 2006, n° 115, pp. 194-199 (*Niveaux d'expositions non disponibles dans l'enquête Sumer 2010*).
- [2] DONATI P. ET AL. – *European agency for safety and Health at Work - Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review*. European risk observatory report, 2009.
- [3] CAISSE NATIONALE DE L'ASSURANCE MALADIE DES TRAVAILLEURS SALARIÉS – MISSION STATISTIQUES – *Risque MP 2010: sinistralité détaillée par CTN, n° de risque, n° de tableau MP et syndrome, 2010*. Paris, CNAMTS, Rapport 2011-117, juillet 2011, 38 p.
- [4] *Les maladies professionnelles. Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole de la Sécurité sociale*. INRS, ED 835. Accessible sur : www.inrs.fr
- [5] NORME EUROPÉENNE EN 13059: 2002 – *Safety of industrial trucks. Test methods for measuring vibrations*. Bruxelles, CEN, 2002.
- [6] DIRECTIVE « MACHINES » N° 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil relative aux machines. *Journal officiel de l'Union européenne*, juin 2006.
- [7] REBELLE J., KLINGLER A., POIROT R. – *Analyse vibratoire de six transpalettes électriques du marché - Approche expérimentale*. *Hygiène et Sécurité du Travail*, juin 2011, 223, pp. 135-141. Accessible sur : www.hst.fr
- [8] NORME EUROPÉENNE EN 1398: 2009 – *Dock levellers. Safety requirements*. Bruxelles, CEN, 2009.
- [9] GAUTHIER F. ET AL. – *Development of a loading dock safety evaluation tool*. *Journal of Safety Research*, 2007, 38, pp. 35-51.
- [10] VALLADEAU A.S. ET AL. – *Conception et rénovation des quais pour l'accostage, le chargement et le déchargement en sécurité des poids lourds*. INRS, ED 6059. Accessible sur : www.inrs.fr
- [11] SWIETLIK W. – *Smooth transition dock system background*. Seattle, ASSE Professional Development Conference and Exposition, 11-14 juin 2006, ASSE-06-759E.
- [12] NORME ISO 2631-1: 1997 – *Mechanical Vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. General Requirements*. Genève, ISO, 1997.