

Zeitschrift:	Technique agricole Suisse
Herausgeber:	Technique agricole Suisse
Band:	70 (2008)
Heft:	2
Artikel:	Systèmes de suspension pour transporteurs agricoles : les transporteurs équipés de suspension qui ont été étudiés satisfont la directive UE
Autor:	Wolfensberger, Ulrich / Schiess, Isidor / Nadinger, Manfred
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1086064

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Systèmes de suspension pour transporteurs agricoles

Les transporteurs équipés de suspension qui ont été étudiés satisfont la directive UE

Ulrich Wolfensberger, Isidor Schiess, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen
E-mail: ulrich.wolfensberger@art.admin.ch

Manfred Nadlinger, Erich Artmüller, Alois Leichtfried, Franz Gruber, BLT-Biomass-Logistics-Technology, Francisco Josephinum, A-3250 Wieselburg, E-mail: manfred.nadlinger@josephinum.at

Des moteurs plus puissants et des vitesses plus élevées se traduisent par des vibrations plus importantes pour celles et ceux qui conduisent les transporteurs. C'est pourquoi la directive 2002/44/CE de l'Union européenne (UE) limite depuis peu les vibrations auxquelles on peut exposer le conducteur pendant une journée de travail de huit heures. Pour améliorer le confort et augmenter la sécurité de la conduite, certains fabricants proposent depuis quelque temps des transporteurs équipés d'essieux, de cabines et de sièges à suspension. Les quatre transporteurs

Aebi TP 88, Lindner Unitrac 95, Reform T9 et Schiltron 2068SF ont été testés à des vitesses différentes sur des pistes accidentées standards; les vibrations ressenties au niveau du siège-conducteur ont été mesurées pendant ces trajets. Par rapport à des transporteurs sans suspension, le taux d'amélioration est compris entre 60 et 80 %. La qualité et le réglage des sièges-conducteurs à suspension pneumatique jouent un grand rôle. Le confort de conduite des transporteurs peut être comparé à celui d'un Unimog ou même d'un VW Touareg et est nettement meilleur que celui

des tracteurs équipés d'une bonne suspension et de sièges bien réglés. Sur la base des présents résultats, les quatre transporteurs remplissent les exigences de la directive UE 2002/44/CE.

Le projet a été réalisé en commun par le BLT-Biomass-Logistics-Technology, Francisco Josephinum, Wieselburg, Autriche et la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Suisse.



Fig. 1: L'exposition de la conductrice ou du conducteur aux vibrations a été évaluée de manière définie et reproductible sur des pistes accidentées normalisées.

Sommaire	Page
Problématique	32
Directives relatives à l'exposition des individus aux vibrations	32
Concept d'essai	32
Véhicules testés	33
Résultats	34
Conclusions	37
Glossaire	38



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de
l'économie DFE
Station de recherche
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Problématique

Les exigences croissantes posées aux machines et outils agricoles se sont traduites par une évolution technologique rapide des tracteurs et des transporteurs: des moteurs de plus en plus puissants, un nombre d'heures de service de plus en plus important et des vitesses autorisées toujours plus élevées. Sur les tracteurs, les systèmes de suspension existent déjà pour les essieux avant, les cabines ainsi que les sièges-conducteurs et ne cessent d'être améliorés. Ces dispositifs réduisent les vibrations auxquelles sont exposés les conductrices et conducteurs et augmentent la sécurité de conduite. Les transporteurs connaissent la même évolution technique avec un léger retard. Plusieurs types de transporteurs équipés de différents systèmes de suspension sont déjà proposés sur le marché. La conduite d'un transporteur est cependant totalement différente de celle d'un tracteur. La répartition du poids entre l'essieu avant et l'essieu arrière dépend énormément du chargement. La cabine est placée sur l'essieu avant et les roues relativement petites avec une pression élevée se traduisent par un comportement complètement différent du véhicule lors de la conduite sur route. De plus, ces véhicules sont souvent utilisés sur des terrains en pente, où l'influence des suspensions peut éventuellement s'avérer négative.

Directives relatives à l'exposition des individus aux vibrations

En 2002, l'UE a édicté une nouvelle directive sur la protection des travailleurs (2002/44/CE)¹ intitulée «Prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations)». Elle règle les vibrations journalières maximales auxquelles peuvent être exposés les conducteurs ou conductrices. Elle contient des seuils d'ex-

position, notamment pour toutes les opérations effectuées en position assise (par exemple dans les véhicules). Lorsque le conducteur installé à son siège est exposé pendant plus de huit heures et dans trois directions (x, y, z) à des accélérations de vibrations supérieures à $0,5 \text{ m/s}^2$ (valeur d'exposition déclenchant l'action), le détenteur du véhicule doit prendre des mesures pour faire passer les vibrations en dessous du seuil-limite. Lorsque les valeurs d'accélération quotidienne dépassent $1,15 \text{ m/s}^2$ pendant plus de huit heures au siège-conducteur, la durée de travail autorisée pour le conducteur diminue. Cela signifie que pour une journée de travail de huit heures, la machine doit obligatoirement changer de conducteur. Sur la base de cette directive UE, les fabricants sont tenus d'équiper leurs modèles des systèmes de suspension les plus efficaces possibles.

Depuis 2007, la directive vaut pour tous les nouveaux engins (par exemple pour les transporteurs utilisés dans la voirie), à partir de 2011, pour les engins déjà en service et à partir de 2014, pour l'agriculture et la sylviculture.

Jusqu'à présent, il n'existe aucune information scientifique concernant le temps de conduite maximum sur les machines agricoles. Outre la comparaison des systèmes de suspension des transporteurs entre eux et avec d'autres véhicules, l'objectif du présent essai était donc d'étudier dans quelle mesure les transporteurs actuellement sur le marché remplissaient les exigences de la directive UE 2002/44/CE.

Concept d'essai

Déroulement

En 2004, des recherches préliminaires ont permis d'évaluer le niveau de vibrations des transporteurs alors disponibles sur le marché. Durant l'hiver 2004/2005, les fabricants ont eu la possibilité d'améliorer les suspensions de leurs véhicules. A l'automne 2005, les mesures finales ont été effectuées sur les véhicules optimisés. Les résultats publiés dans le présent rapport portent tous sur l'état final des transporteurs optimisés. Afin de classer les suspensions des transporteurs en fonction de leur efficacité, un

ancien transporteur sans suspension a également été inclus dans l'essai comme «véhicule de référence», de même que d'autres types de véhicules à suspension (cf. ci-dessous Véhicules testés).

Installations d'essai

Tous les véhicules ont été testés avec systèmes de suspension activés sur les pistes fixes et normalisées du FJ-BLT Wieselburg. Les véhicules ont été testés à vide et chargés aux deux tiers.

Voici quelles sont les pistes qui ont été utilisées pour les tests:

- piste accidentée de 100m, répondant à la norme ISO 5008² (fig. 2) – correspond au profil d'un chemin de terre. Les vitesses de circulation allaient de 10, 12, 14, ... à 30km/h.

- piste accidentée de 35m, répondant à la norme ISO 5008 (fig. 3) – correspond à un champ labouré, sert essentiellement à évaluer les vibrations horizontales perpendiculairement au sens de la marche (y). Les vitesses de circulation étaient de 3, 4 et 5km/h.

- route asphaltée (fig. 4) – mauvaise route secondaire avec des zones défectueuses. Les vitesses de circulation étaient de 30, 35 et 40km/h.

Comparaison pratique

Pour pouvoir comparer les vibrations relevées lors des essais définis, d'une part, et l'utilisation pratique réelle, d'autre part, et pour savoir si les véhicules sont à même de remplir les directives de l'UE dans la pratique, le transporteur Lindner Unitrac 95 a par exemple été soumis à quelques tests pratiques très sévères:

- charger du foin en montée/en descente à 5km/h



Fig. 2: Essais à des vitesses de 10 à 30 km/h sur la piste accidentée normalisée de 100 m, qui présente les caractéristiques d'un chemin de terre.

¹ L'ampleur de l'exposition a été évaluée selon la norme ISO 2631-1: 1997; Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – Partie 1: Spécifications générales resp. VDI 2057: 2002; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Ganzkörper-Schwingungen.



Fig. 3: Essais à des vitesses de 3, 4 et 5 km/h sur la piste accidentée normalisée de 35 m, qui présente les caractéristiques d'un champ labouré.

- traverser une prairie en montée/en descente, chargé, à 24 km/h
- traverser une prairie en montée/en descente, à vide, à 24 km/h
- circuler sur une route empierrée en montée/en descente, chargé, à 26 km/h
- circuler sur une route empierrée en montée/en descente, à vide, à 22–30 km/h
- circuler sur un chemin de terre en montée/en descente, chargé, à 10–12 km/h
- circuler sur un chemin de terre en montée/en descente, à vide, à 13–15 km/h

Mesure et évaluation

La valeur de mesure utilisée pour évaluer l'ampleur des vibrations est ce qu'on appelle l'accélération des vibrations. Elle se mesure à l'aide de capteurs d'accélération uni- ou tridimensionnels. Comme le montre la figure 5, les points de mesure étaient placés sur l'assise du siège-conducteur, sur le cadre du siège et sur le sol de la cabine (avec trois axes dans chaque cas: x, horizontal, y, transversal, z, vertical), sur le cadre du véhicule, sur l'essieu avant ainsi que sur l'essieu arrière (avec un axe dans chaque cas: z, vertical). On a également mesuré la course des ressorts sur les essieux et sur le siège-conducteur. En ce qui concerne les vibrations auxquelles sont exposés la conductrice ou le conducteur, c'est surtout la mesure au niveau de l'assise du siège-conducteur qui est déterminante. La comparaison entre les valeurs mesurées sur le siège-conducteur et celles sur le sol de la cabine permettent d'évaluer l'efficacité de la suspension du siège. Les autres mesures donnent notamment aux fabricants des vé-

hicules des informations précieuses en ce qui concerne la construction du système de suspension.

Les vibrations momentanées sont enregistrées toutes les secondes sous forme d'accélérations pondérées par la fréquence. Sur toute la durée de mesure (par exemple durant un trajet sur la piste d'essai accidentée), ces valeurs permettent de calculer la moyenne en équivalent d'énergie, c'est-à-dire la valeur effective de la vitesse réalisée. Les courbes de résultats indiquent les valeurs effectives des accélérations de vibrations établies à partir de la moyenne de trois répétitions pour différentes vitesses d'avancement.

Véhicules testés

Les quatre transporteurs suivants ont participé à l'essai:

- Aebi TP 88 (Aebi & Co AG, Burgdorf, Suisse)
- Lindner Unitrac 95 (Tracteurs Lindner SARL, Kundl, Autriche)
- Reform T9 (Reform-Werke, Wels, Autriche)
- Schiltrac 2068SF (Schiltrac Construction de véhicules SARL, Buochs, Suisse)

Tous étaient équipés:

- de pneus Continental 425/55 R 17 d'une pression de 2,5 bar
- d'un siège-conducteur Grammer MSG 95 (à suspension pneumatique) avec suspension horizontale activée dans le sens de la marche

Les quatre fabricants de transporteurs uti-

lisent une suspension hydropneumatique indépendante pour chacune des roues (suspension à roues indépendantes) avec compensation de niveau. La compensation de niveau se traduit par une adaptation permanente dans le sens de la hauteur, indépendamment du chargement du véhicule. De cette façon, la course maximale des ressorts est toujours disponible quelles que soient les conditions du trajet (fig. 6).

Aebi TP 88, empattement 3150 mm:

Une suspension à roues indépendantes entièrement nouvelle a été développée pour ce véhicule entre la première et la deuxième mesure. Ce modèle de suspension a été mis à disposition de l'essai à titre de prototype. (Un nouveau transporteur équipé de ce type de suspension a été présenté début juin 2007 à l'exposition Suisse Public sous l'appellation Viatrac Aebi VT450. Sa mise sur le marché est prévue pour 2008). La même suspension à bras oscillant transversal double est installée à l'avant et à l'arrière, les roues étant dirigées en haut et en bas par

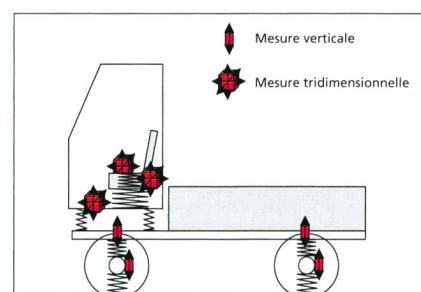


Fig. 5: Un véhicule à suspension totale, avec pneus, suspension des essieux, de la cabine et du siège, assise capitonnée représente un système de vibration complexe. C'est pourquoi il est indispensable de déterminer soigneusement les points de mesure des capteurs d'accélérations de vibrations.

² ISO 5008:2002; Agricultural wheeled tractors and field machinery – Measurement of whole-body vibration of the operator (Chapter: Artificial test track measurements). Ce chapitre définit les dimensions exactes des aspérités (longueur, hauteur, distance) des voies gauche et droite sur les deux pistes.

un bras de suspension triangulaire transversal. La suspension et l'amortissement sont assurés par les vérins hydrauliques qui règlent le niveau et qui sont placés sur les roues (fig. 7). Des tampons en caoutchouc supplémentaires servent de butée de fin de course au ressort.

Tandis que lors de la première mesure, le véhicule sans suspension était encore équipé d'une cabine confort Aebi avec suspension hydropneumatique, le fabricant s'est contenté d'équiper son prototype suspendu d'un système de suspension de la cabine basé sur quatre silentblocs.

Lindner Unitrac 95, empattement

2600 mm:

Entre les deux campagnes de mesures, ce véhicule n'a subi que quelques légers ajustements.

A l'avant et l'arrière, la suspension à roues indépendantes se compose d'essieux oscillants avec bras triangulaire simple, fixée au centre du cadre du véhicule et reposant sur le vérin de suspension qui règle le niveau près de la roue (fig. 8).

La cabine est suspendue sur quatre silentblocs.

Reform T9, empattement 2725 mm:

Un prototype avait été mis à disposition pour les premières mesures. A l'époque de la deuxième série de mesures, ce prototype avait été amélioré et était devenu le type T9. Il était déjà disponible sur le marché.

Les quatre suspensions à roues indépendantes sont constituées d'essieux à bras obliques, et reposent sur le cadre par le biais d'un vérin de suspension qui règle le niveau près de la roue. Les bras obliques placés dans le sens de la marche sont relativement longs et robustes, car ils doivent résister aux forces qui s'exercent dans toutes les direc-

tions: ils sont donc soumis à d'importantes flexions et torsions. L'entraînement de la roue s'effectue par un essieu portique avec engrenages, ce qui permet de gagner un peu de garde au sol (fig. 9).

La cabine de ce véhicule est elle aussi suspendue sur des silentblocs.

Schiltrac 2068SF, empattement

2900 mm:

Bien que rien n'ait été changé depuis la première série de mesure, le Schiltrac a également participé à la deuxième série de mesure. L'essieu avant et l'essieu arrière sont construits de la même façon. L'essieu rigide forme une partie d'un cadre auxiliaire triangulaire qui est articulé environ un mètre devant l'essieu en un point central du cadre du véhicule. Verticalement le cadre auxiliaire repose sur le cadre à hauteur d'essieu des deux côtés des roues avec les vérins de suspension. Les forces latérales sont canalisées dans le cadre à l'aide d'un stabilisateur latéral. La suspension peut être bloquée, baissée ou montée au choix. Pour augmenter la garde au sol, le choix a porté sur des essieux portiques (fig. 10).

A l'avant, la cabine est fixée à l'aide de silentblocs et à l'arrière à l'aide de ressorts hydrauliques.

Mesures de référence:

Afin de comparer et de classer les transporteurs par rapport au spectre d'exposition aux vibrations, les véhicules suivants ont également été testés sur les mêmes pistes et aux mêmes vitesses dans le cadre de l'essai:

- un transporteur de 15 ans sans suspension (Reform Muli),
- un tracteur Fendt 209S, tracteur de petite puissance avec suspension sur l'essieu avant,

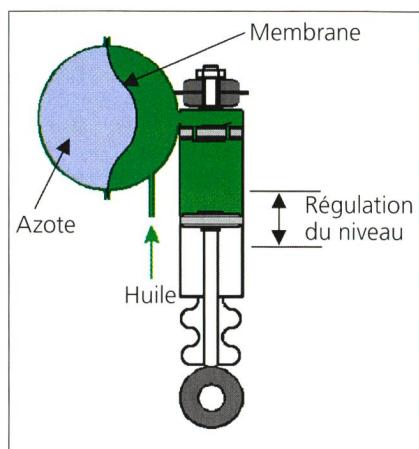


Fig. 6: Dans le cas de la suspension hydro-pneumatique, le réservoir d'azote joue le rôle de l'élément ressort. L'alimentation d'huile règle le niveau.

- un tracteur Deutz/Fahr Agrotron 150 avec suspension harmonisée entre l'essieu avant et la cabine,
- un tracteur JCB Fastrac 1135, tracteur à suspension totale, qui présente le meilleur confort en matière de vibrations parmi tous les tracteurs,
- un MB Unimog U400, machine très utilisée dans les travaux de voirie,
- un VW Touareg R5, véhicule de tourisme avec un excellent confort de conduite.

Résultats

Effet des suspensions des transporteurs

Les résultats présentés ici comparent les vibrations ressenties sur les quatre transporteurs à différentes vitesses avec celles



Fig. 7: Sur le Aebi TP 88, on voit bien le bras triangulaire transversal inférieur de cette suspension à bras oscillant transversal double. Derrière, on distingue le vérin de suspension rouge.



Fig. 8: Les essieux oscillants du Lindner Unitrac 95 sont formés d'un bras triangulaire simple de construction massive.

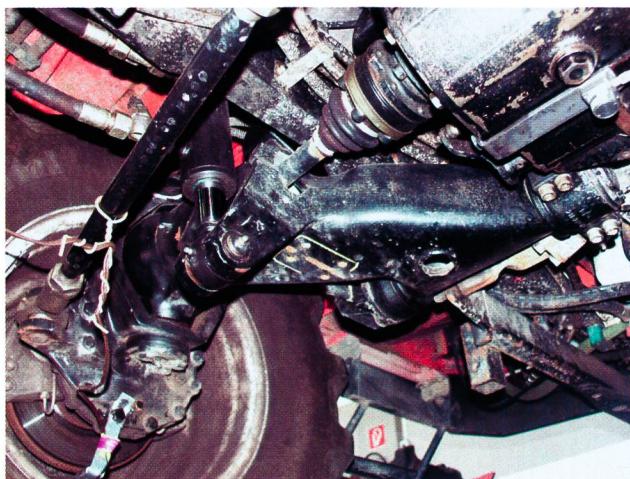


Fig. 9: La suspension de la roue du Reform T9 se caractérise par un bras oblique large qui repose contre le cadre du véhicule près de la roue avec le vérin de suspension. L'essieu portique permet d'obtenir une plus grande garde au sol.



Fig. 10: Sur le Schiltac 2068SF, les essieux rigides sont placés sur un long cadre triangulaire et sont articulés sur le cadre du véhicule devant les essieux. Les deux vérins de suspension servent de liaisons entre les essieux et le cadre à proximité des roues. On distingue bien le robuste stabilisateur latéral qui sert à absorber les forces latérales.

du transporteur de référence sans suspension. Quelles que soient les conditions de conduite, les valeurs effectives des accélérations de vibrations sur les transporteurs avec suspension se situent plus ou moins dans la même fourchette les unes par rapport aux autres. Par contre, elles sont nettement en dessous des vibrations du transporteur sans suspension, preuve d'une amélioration évidente!

Les figures 11 (transporteur chargé) et 12 (à vide) montrent les accélérations de vibrations verticales sur le siège conducteur lors de trajets sur la **piste accidentée de 100m** à des vitesses comprises entre 10 et 30km/h. On ne constate pratiquement aucune différence due au chargement, ce qui n'est pas étonnant sur les véhicules pourvus d'une suspension hydropneumatique. La réduction des vibrations par la suspension est de l'ordre de 60 % à 80 %. Le comportement des tracteurs Lindner, Schiltac et Reform est pratiquement identique, le tracteur Aebi présente même une suspension légèrement plus efficace notamment à des vitesses plus élevées.

La figure 13 montre quelles vibrations ont été enregistrées sur le sol de la cabine des véhicules vides. L'effet des sièges-conducteurs à suspension pneumatique n'a pas été relevé, ce qui signifie que l'on peut observer directement l'impact de la suspension des essieux. Cette mesure permet de mettre en évidence les différences entre les divers systèmes de suspension. Les bons résultats du transporteur Aebi sont sans doute dus notamment au faible pourcentage de masse non suspendue de son système de suspension.

Si l'on compare les valeurs de mesure du sol de la cabine (fig. 13) à celles du siège-conducteur (fig. 12), on constate que la qualité du siège-conducteur est décisive pour un bon confort de conduite et qu'elle peut compenser les valeurs d'accélération moins bonnes enregistrées sur le sol de la cabine.

La **piste de 35m**, qui présente un profil très agressif, représente par ses aspérités, un champ labouré, un sol forestier tourmenté ou un terrain très accidenté. Les vibrations se font surtout sentir horizontalement perpendiculairement au sens de la marche. A une vitesse de 5km/h, il s'est avéré presque impossible de passer sur la piste-test avec le véhicule sans suspension. La comparaison du véhicule sans suspension avec les transporteurs avec suspension a montré que les systèmes de suspension permettaient de réduire les vibrations de 55 à 70 % dans le sens vertical au niveau du siège-conducteur à une vitesse de 5km/h (fig. 15). Par ailleurs, les figures 14 et 15 montrent, dans des conditions-cadres similaires, que le schéma est le même sur la piste accidentée de 100m, c'est-à-dire des différences minimales entre les quatre transporteurs équipés de suspensions.

Les sièges-conducteurs des quatre transporteurs étudiés n'avaient pas de suspension horizontale perpendiculairement au sens de la marche (sens y). Ce type de suspension horizontale latérale du siège-conducteur existe certes comme équipement complémentaire, mais son effet sur les vibrations n'a pas encore été clairement confirmé jusqu'ici. La réduction des vibrations horizontales perpendiculairement au

sens de la marche peut être obtenu grâce à la réaction sensible de la suspension (géométrie optimale de la suspension des roues). Aebi a obtenu une très bonne efficacité d'amortissement perpendiculaire, au niveau du siège-conducteur, grâce à la géométrie de son dispositif de suspension (fig. 16).

Le trajet de 30 à 40km/h sur **route asphaltée** présente sensiblement les mêmes caractéristiques que celui sur la piste accidentée de 100m: amélioration de 70 à 80 % grâce à la suspension des essieux et faibles différences entre les quatre transporteurs suspendus. Comme les vibrations transmises de la piste au véhicule sont déjà nettement amorties par les essieux, l'ensemble du véhicule vibre moins. Comme le contact des roues avec le sol est meilleur, la sécurité de conduite augmente, ce qui est très important notamment pour les trajets rapides sur routes. Les coups et les chocs qui surviennent à grande vitesse lorsque les véhicules passent sur des plaques d'égout et des petites aspérités du revêtement, sont amortis de manière optimale par les suspensions.

Comparaison des transporteurs avec d'autres véhicules tout terrain équipés de suspension

Afin de comparer le confort de suspension des transporteurs avec d'autres véhicules tout terrain, les tracteurs et les véhicules tout terrain décrits plus haut ont été testés dans les mêmes conditions, aux mêmes vitesses sur les mêmes pistes-tests. Les par-

Rapports ART 686

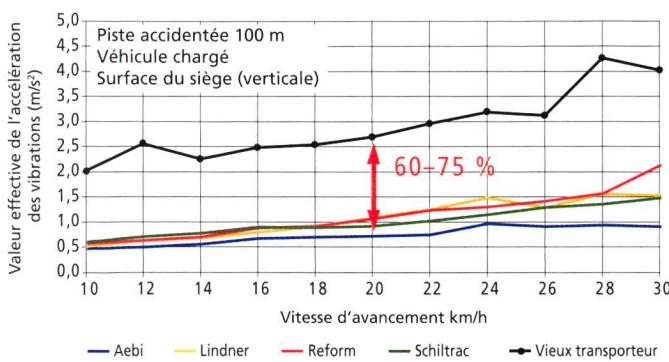


Fig. 11: Accélérations de vibrations verticales à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension comparés au vieux transporteur sans suspension; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule chargé.

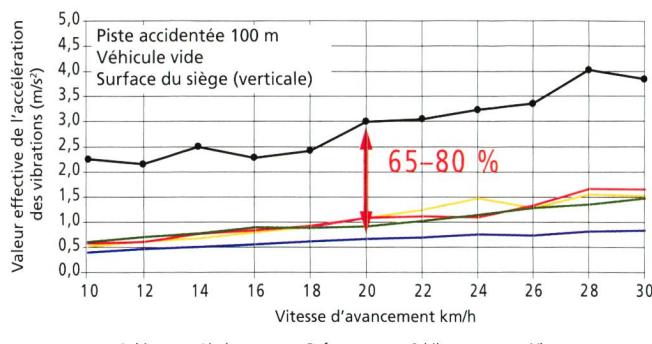


Fig. 12: Accélérations de vibrations verticales à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension comparés au vieux transporteur sans suspension; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule vide.

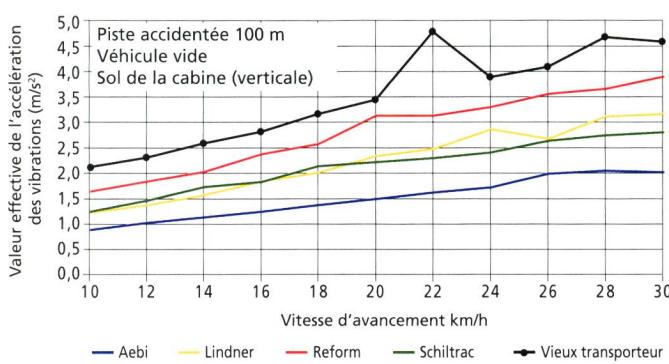


Fig. 13: Accélérations de vibrations verticales mesurées sur le sol de la cabine des quatre transporteurs avec suspension comparés au vieux transporteur sans suspension; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule vide.

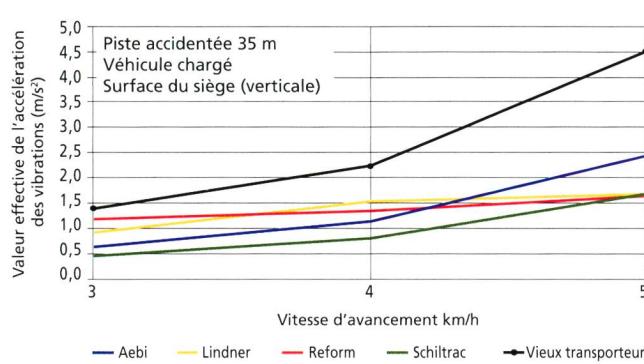


Fig. 14: Accélérations de vibrations verticales mesurées à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension comparés au vieux transporteur sans suspension; parcours sur la piste accidentée de 35m avec véhicule chargé.

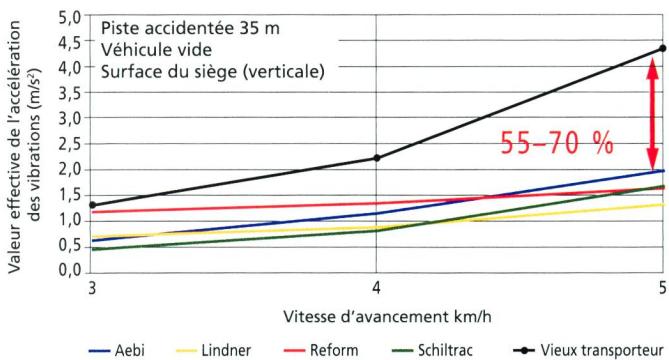


Fig. 15: Accélérations de vibrations verticales mesurées à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension comparés au vieux transporteur sans suspension; parcours sur la piste accidentée de 35m avec véhicule vide.

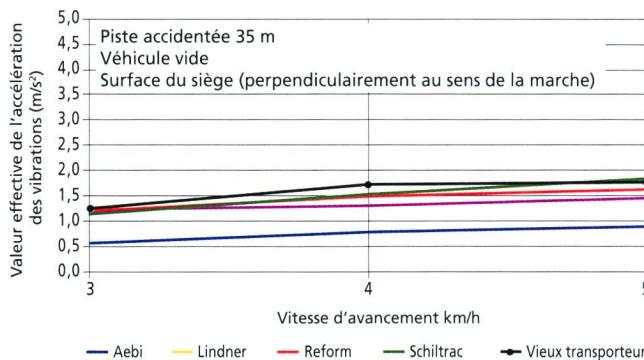


Fig. 16: Accélérations de vibrations horizontales mesurées perpendiculairement au sens de la marche, à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension comparés au vieux transporteur sans suspension; parcours sur la piste accidentée de 35m avec

cours à vide sur la piste accidentée de 100m à des vitesses comprises entre 10 et 30 km/h se sont avérés représentatifs du comportement des véhicules en ce qui concerne l'accélération des vibrations.

Dans la figure 17, les accélérations des vibrations verticales au niveau des sièges-conducteurs des quatre transporteurs

(courbes individuelles, cf. fig. 12) sont comparées à celles des trois tracteurs. Le Fendt 209S avec suspension de l'essieu avant (d'une puissance similaire à celle des transporteurs) se comporte certes nettement mieux que le transporteur sans suspension en ce qui concerne les vibrations, mais obtient des résultats nettement plus mauvais

que les transporteurs avec suspension Lindner, Schiltrac et Reform. Jusqu'à une vitesse d'environ 22 km/h, le Deutz/Fahr Agrotron 150 avec suspension de la cabine et de l'essieu avant affiche un confort en matière de vibrations équivalent à ceux des transporteurs Lindner, Schiltrac et Reform. Toutefois, lorsque les vitesses sont supérieures,

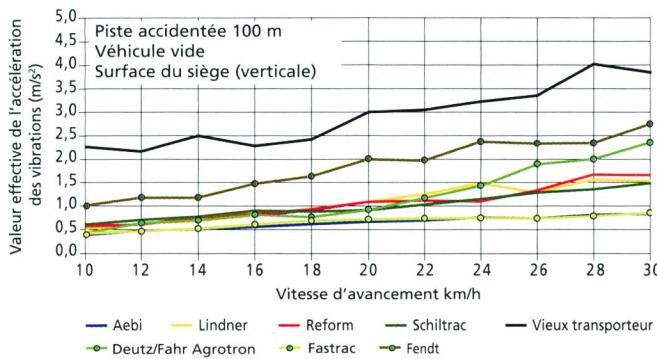


Fig. 17: Accélérations de vibrations verticales mesurées à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension et du vieux transporteur sans suspension comparés à trois tracteurs; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule vide.

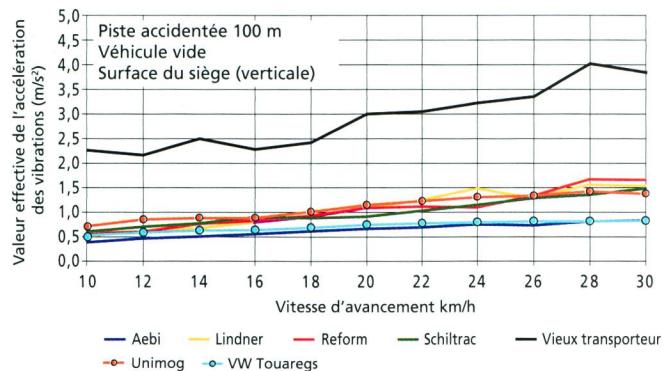


Fig. 18: Accélérations de vibrations verticales mesurées à la surface du siège des quatre transporteurs avec suspension et du vieux transporteur sans suspension comparées à l'Unimog et au VW Touareg; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule vide.

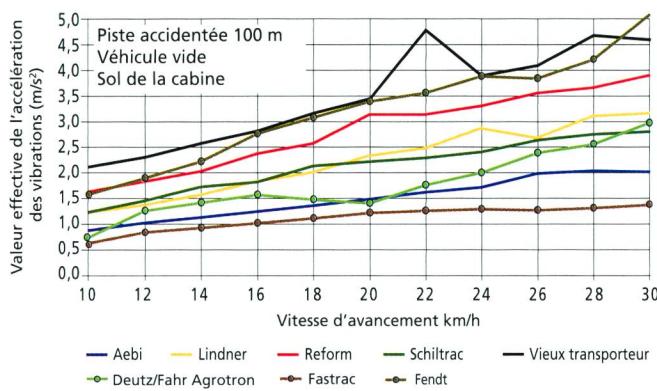


Fig. 19: Accélérations de vibrations verticales mesurées sur le sol de la cabine des quatre transporteurs avec suspension et du vieux transporteur sans suspension comparés à trois tracteurs; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule vide.

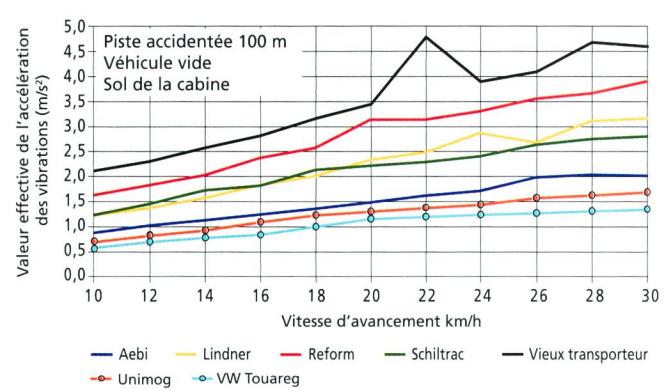


Fig. 20: Accélérations de vibrations verticales mesurées sur le sol de la cabine des quatre transporteurs avec suspension et du vieux transporteur sans suspension comparés à l'Unimog et au VW Touareg; parcours sur la piste accidentée de 100m avec véhicule vide.

les accélérations de vibrations augmentent nettement par rapport aux transporteurs. En ce qui concerne les vibrations au niveau du siège-conducteur, le transporteur Aebi est équivalent au Fastrac, tracteur de référence en matière de confort de vibrations. Les valeurs d'accélérations des vibrations inférieures à 1 m/s^2 sur la piste accidentée de 100m à des vitesses allant jusqu'à 30km/h peuvent être considérées comme excellentes.

Si pour finir on compare les courbes connues des quatre transporteurs avec les valeurs de mesure du MB Unimog U400 et du VW Touareg R5 (fig. 18), on constate que, d'une part, les transporteurs Lindner, Schiltrac et Reform sont comparables à l'Unimog et que, d'autre part, le transporteur Aebi est comparable au VW Touareg.

Afin de représenter l'effet des suspensions sans siège-conducteur, les accélérations des vibrations sur le sol de la cabine des transporteurs (courbes individuelles, cf. fig. 13) et des trois tracteurs sont représentées à

la figure 19. La figure 20 réunit celles des transporteurs et de l'Unimog, respectivement du Touareg. Comme on pouvait s'y attendre, le transporteur sans suspension affiche les plus mauvais résultats et le Touareg les meilleurs. Il est intéressant de relever que sur l'Unimog, les vibrations sur le siège ne sont guère inférieures à celles mesurées au sol. Les valeurs du tracteur Fendt sont à l'opposé. Sur ce véhicule, les vibrations sont apparemment essentiellement amorties par le siège-conducteur, puisque les valeurs mesurées au sol sont pratiquement les mêmes que celles du transporteur sans suspension.

On constate que la suspension propre du véhicule (sans siège-conducteur) du Fastrac, de l'Unimog et du Touareg est meilleure que celle des transporteurs. L'installation de sièges-conducteurs de très haute qualité dans les transporteurs permet toutefois d'approcher le confort de vibrations de ces trois véhicules, voire de le dépasser.

La haute position du siège-conducteur sur

le MB Unimog U400 présente un inconvénient majeur: les vibrations perpendiculaires en sens de la marche au niveau du siège sont environ 50 % plus élevées que sur les transporteurs, lorsque le véhicule est très sollicité dans le sens transversal. Dans les terrains très accidentés, les transporteurs ont donc un avantage de taille par rapport à l'Unimog, en ce qui concerne la technique anti-vibrations.

Conclusions

Les quatre transporteurs étudiés Aebi TP 88, Lindner Unitrac 95, Reform T9 et Schiltrac 2068SF présentent des caractéristiques très différentes en ce qui concerne la construction de leurs suspensions. Il faut toutefois noter que le modèle Aebi TP 88 est un nouveau prototype. Plusieurs systèmes sont représentés: essieux rigides avec cadre auxiliaire en triangle, essieux oscillants

avec bras triangulaire simple, suspension à bras obliques, suspension à bras oscillant transversal double. Tous les transporteurs sont cependant équipés d'une suspension hydropneumatique à roues indépendantes avec compensation de niveau.

L'organisation de l'essai et les mesures sur les pistes-tests définies et normalisées se sont avérées représentatives puisque les comparaisons avec l'utilisation pratique montre que les parcours sur les pistes correspondent à des travaux réalisés dans des conditions difficiles et que ces parcours peuvent donc tout à fait servir à évaluer les véhicules.

Pour les quatre transporteurs avec essieux suspendus, les vibrations relevées au niveau du siège-conducteur quelle que soit l'opération effectuée étaient extrêmement faibles. Par rapport à un transporteur sans suspension dont les valeurs d'accélération des vibrations sont comprises entre 3 et 4 m/s^2 , l'amélioration obtenue allait de 60 à 80 %, soit une accélération des vibrations de 1 à $1,5 \text{ m/s}^2$!

La différence entre les vibrations mesurées sur le siège et celles mesurées sur le sol montre clairement que la qualité et le réglage du siège-conducteur jouent un rôle décisif sur les vibrations auxquelles est exposé le conducteur, même avec le meilleur système de suspension des essieux.

Les tracteurs à suspension complète ou partielle intégrés à l'essai à titre de comparaison, n'atteignent pas – à l'exception du Fastrac – le confort de vibrations des transporteurs, même s'ils sont équipés de très bonnes suspensions. Le dispositif de suspension des transporteurs peut être comparé à celui d'un Unimog. Le modèle d'Aebi peut même supporter la comparaison avec un VW Touareg.

Ces mesures témoignent que les fabricants des quatre transporteurs étudiés, sans doute motivés par le projet, ont fait de gros efforts pour améliorer le confort du conducteur grâce au système de suspension. C'est pourquoi les transporteurs équipés des modèles d'essieux et des systèmes de suspension présentés ici comptent actuellement parmi les meilleurs matériels. Sur la base des présents résultats, les transporteurs Aebi TP88, Lindner Unitrac 95, Reform T9 et Schiltrac 2068SF peuvent satisfaire les exigences de la directive UE 2002/44/CE, qui, à partir de 2007, respectivement 2014, limite les vibrations quotidiennes auxquelles peut être exposé(e) une conductrice ou un conducteur.

Glossaire

Exposition aux vibrations; vibrations globales du corps:

Les vibrations globales du corps, VGC, (contrairement aux vibrations main-bras) sont des vibrations mécaniques transmises principalement par le fessier et le dos de la personne assise ou par les pieds de la personne debout ou encore par la tête et le dos de la personne couchée. L'exposition à des vibrations mécaniques est considérée comme néfaste. Or, elle constitue un facteur de risque courant dans la vie quotidienne. Les passagers de tout véhicule (que ce soit sur terre, sur mer ou dans les airs) sont soumis à des vibrations mécaniques pendant leurs trajets.

Les VGC peuvent perturber le bien-être général, influencer les performances de l'individu et/ou représenter un risque pour sa santé ou sa sécurité.

[Directive VDI 2057, chapitre 1]

Accélération pondérée par la fréquence:

La valeur utilisée pour évaluer la puissance des vibrations mécaniques est l'accélération des vibrations enregistrée sous forme d'un spectre linéaire sur un intervalle de fréquence défini. Cet intervalle de fréquence est compris entre 0,1 Hz et 80 Hz pour les VGC. L'effet de l'accélération des vibrations sur l'individu dépend de la fréquence. C'est pourquoi les accélérations de vibrations mesurées sont pondérées par un facteur de conversion en fonction de la fréquence (selon des courbes normalisées de pondération de la fréquence).

Valeur effective de l'accélération de vibrations:

A partir du spectre d'accélérations pondérées par la fréquence, on calcule la

moyenne quadratique (équivalente en énergie) sur tout le spectre de fréquences. La pondération de la fréquence, y compris les valeurs-limites de la bande de fréquence (calcul de la moyenne) est généralement effectuée par un filtre de pondération électronique intégré à l'appareil de mesure.

Les moyennes – enregistrées toutes les secondes dans le cas présent – sont intégrées sur toute la durée de mesure. Cette valeur est appelée valeur effective de l'accélération pondérée par la fréquence. C'est également le facteur qui permet d'appréhender l'exposition pendant la durée de mesure, dans le cas présent lors d'un parcours sur une piste-test à une vitesse donnée.

Exposition journalière maximale aux vibrations:

L'exposition journalière maximale se calcule en général à partir de plusieurs valeurs effectives de vibrations pendant une durée d'exposition donnée. Ces différentes valeurs d'exposition sont additionnées pour obtenir une moyenne quadratique. Cette moyenne est ramenée à une durée d'évaluation de huit heures, en se basant sur l'équivalent d'énergie de la durée d'exposition totale. L'accélération qui en résulte pour une durée d'évaluation de huit heures ne doit pas dépasser le seuil-limite d'exposition de $1,15 \text{ m/s}^2$.

Mesure de vibrations sur trois axes:

Axe x: horizontal, par rapport à la longueur du véhicule

Axe y: horizontal, perpendiculairement au véhicule

Axe z: vertical

Impressum

Edition: Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Les Rapports ART paraissent environ 20 fois par an. – Abonnement annuel: Fr. 60.–. Commandes d'abonnements et de numéros particuliers: ART, Bibliothèque, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-mail: doku@art.admin.ch, Internet: <http://www.art.admin.ch>

Les Rapports ART sont également disponibles en allemand (ART-Berichte). ISSN 1661-7576

Les Rapports ART sont accessibles en version intégrale sur notre site Internet (www.art.admin.ch).