

Evaluation des facteurs influençant la précision du système WIM

Date: (a) 25.5.00

Auteur: F. Scheuter

Visa:

<u>Table des matières</u>	Page
Résumé	1
1 Considérations générales et historiques	2
2 Influence des erreurs	2
2.1. Généralités	2
2.2. Précision du capteur (erreur intrinsèque)	3
2.3. Les influences combinées du véhicule, du site et du capteur (facteurs externes)	3
2.4. L'influence du chauffeur et de l'opérateur	6
3. Récapitulation de l'influence des erreurs et la précision possible.	7
4. Conclusion	8
5. Références	9
Appendice	10

Résumé

Ce papier a été présenté à la deuxième conférence WIM de COST 323 à Lisboa 1998. Il décrit tous les facteurs influençant la précision du pesage en marche à basse et à haute vitesse et du pesage avec des indicateurs de charge de roue statique. Les choses en commun, même que les différences sont présentées. Les indicateurs de charge de roue servent comme base, parce qu'ils sont utilisés et acceptés dans le monde entier pour la répression de la loi.

Le résultat le plus important de ce papier est la table avec les précisions possibles des différents systèmes. Puisque le texte complet a été approuvé par le comité scientifique de COST 323 on peut avoir pleine confiance aux valeurs de précision données.

Ce papier comprend page F0 à F10

Evaluation des facteurs influençant la précision du système WIM

Diplômé de la Technische Hochschule Darmstadt, il débuta sa carrière professionnelle comme ingénieur de développement dans le département "turbines à gaz" de BBC en Suisse. Employé chez HAENNI depuis 1979, il a tout d'abord dirigé le service de développement mécanique. Il est actuellement directeur technique du département "pèse essieux".



F. SCHEUTER

HAENNI & CIE SA, CH 3303 Jegenstorf

Résumé

Cet exposé décrit tous les facteurs influençant la précision des systèmes WIM basse et haute vitesse et des pèse-essieux statiques. Aussi bien les similarités que les différences sont présentées. Les pèse-essieux statiques sont fondamentaux, car ils sont largement utilisés et acceptés pour les contrôles légaux en vigueur.

Mots clés Lois en vigueur, charge statique, charge brute, charge de l'essieu, pont-bascule, pèse essieux, système WIM, approbation du type, centre de gravité, suspension de l'essieu, oscillation du véhicule, précision du système.

Abstract

This paper describes all factors affecting the accuracy of LS- and HS-WIM systems and of static wheel load scales. Similarities as well as the differences are presented. The static wheel load scales are used as a basis, because they are widely used and accepted for law enforcement purpose.

Keywords: Law enforcement, static weight, gross weight, axle load, platform scale, wheel load scale, WIM system, type approval, centre of gravity, axle suspension, vehicle oscillation, system accuracy.

Zusammenfassung

Das vorliegende Papier beschreibt alle Faktoren, welche die Genauigkeit von Wägungen während der Fahrt bei niedrigen und hohen Geschwindigkeiten, wie auch mit statischen Radlastwaagen beeinflussen. Die Gemeinsamkeiten, wie auch die Unterschiede werden herausgearbeitet. Die statischen Radlastwaagen werden als Basis verwendet, weil sie als anerkanntes Mittel für die Durchsetzung der Gewichtslimiten gelten und weltweit eingesetzt werden.

Schlüsselworte: Gesetzesvollzug, statisches Gewicht, Gesamtgewicht, Achslast, Brückenwaage, Radlastwaage, Wägung in Fahrt, Bauartzulassung, Gewichtsschwerpunkt, Achsaufhängung, Fahrzeugschwingung, Gesamtgenauigkeit.

1. Considérations générales et historiques

Les lois en vigueur sont toujours basées sur des limites de charge statique. Cette approche est appropriée pour toutes les applications légales, mise à part pour la détermination des dommages potentiels causés par les véhicules lourds. Ce problème est plutôt en relation avec la force maximale qu'une roue applique à la surface de la route en roulant. (Note: suspension amicale aux routes). Toutefois, il y a de bonnes raisons pour utiliser les limites de charges statiques dans une optique de protection des routes. Le plus important est de constater, que le chauffeur du poids lourd, n'a en fait aucune possibilité de contrôler les forces appliquées par son véhicule en mouvement. D'un autre point de vue, il est forcé de constater qu'il n'a aucun problème pour garantir que la charge admissible ne dépasse pas les limites fixées, mais qu'il y a effectivement plus de difficultés à contrôler la charge des essieux. Par le passé, les contrôles de charge légaux étaient effectués sur de larges ponts-bascules qui pouvaient accueillir le véhicule complet. Seule la charge brute était déterminée avec une très bonne précision. Le résultat est indépendant du type de véhicule, de sa maintenance et de la façon dont il était stationné sur la plate-forme de pesage. Pour éliminer les inconvénients des ponts-bascules stationnaires les pèse-essieux portables ont été développés. Comme chaque roue est pesée individuellement, le système est en mesure de fournir plus d'informations, c'est à dire la charge de l'essieu, la charge de chaque roue, et bien entendu la charge brute du véhicule. La mesure, avec ces instruments, est toutefois moins précise comparée à la mesure avec les ponts-bascules. De même, selon le nombre de balances utilisées, des erreurs additionnelles peuvent apparaître à cause du transfert de poids d'un essieu à l'autre, spécialement lorsque deux plaques par essieu sont utilisés pour le pesage de camions de plus de 2 essieux, TRRL/LMP (1988, Scheuter (1997).

Les contrôles légaux peuvent être effectués pratiquement n'importe où au moyen d'une mesure statique avec un pèse-essieux portable, pour autant qu'une procédure de mesure appropriée soit appliquée., Scheuter, F. (1997). L'inconvénient majeur de la mesure statique est le temps nécessaire pour effectuer la mesure car le véhicule doit être arrêté sur les balances. De là est née l'idée d'effectuer aussi les contrôles légaux au moyen des systèmes WIM à basse et haute vitesse. Les sections suivantes montrent quelles erreurs peuvent intervenir, en comparaison avec une mesure effectuée au moyen de pèse-essieux statiques. Cette comparaison donne une bonne vue d'ensemble des capacités du système WIM à l'égard d'une technologie bien connue et acceptée mondialement. Le but est d'offrir le support nécessaire à l'établissement des déductions de tolérance, ce qui est absolument nécessaire si l'on veut éviter d'échouer dans les procédures légales.

2. Influence des erreurs

2.1 Généralités

Selon la description qui est énoncée plus haut, l'erreur de tout équipement de pesage est la différence entre le poids indiqué et "la charge statique réelle", laquelle est définie comme la charge dans les conditions parfaites. Par conditions parfaites, on comprend: Un site parfaitement horizontal, les suspensions en position moyenne, sans friction et sans freinage. N'importe quel type de capteur de charge ou balance mesure ce qu'il "perçoit". La différence entre l'indication du capteur et la charge appliquée est l'erreur intrinsèque de l'instrument. La différence entre la charge appliquée et "la charge statique réelle" pourrait être nommée l'erreur due à des "facteurs externes".

Dans le texte qui suit, l'expression WIM est utilisée aussi bien pour les systèmes WIM à basse et à haute vitesse lorsque le type de système n'est pas clairement identifié.

2.2 Précision du capteur (erreur intrinsèque)

L'erreur intrinsèque peut être déterminée en utilisant un équipement de test ou un poids mort. Selon la technologie, l'erreur peut être influencée par les facteurs suivants: température, charge excentrique, inclinaison, courbure, forces latérales, répétabilité, stabilité long terme temps de stabilisation à l'enclenchement, humidité, susceptibilité électromagnétique, etc. Les équipements utilisés pour les contrôles légaux doivent généralement être approuvés et testés individuellement avant de pouvoir être opérationnel.

Approbation du type: Un ou plusieurs échantillons sont testés en laboratoire pour déterminer la performance du système de mesure. La procédure consiste à effectuer une série de tests pour prouver que l'indication est correcte dans les conditions applicables. Tous les résultats doivent être conformes à la législation en vigueur. Mise en fonction: L'équipement à mettre en fonction est testé en conditions restreintes, de préférence à température ambiante et au moins à une position de la plate-forme de mesure. Selon les résultats obtenus lors de l'approbation, d'autres tests devront être effectués, p. ex. avec une charge excentrique.

Au sein de la Communauté économique Européenne, les balances statiques doivent satisfaire à la directive 90/384/EEC. Il est supposé que toutes les exigences sont couvertes, si la balance est testée avec succès par un organe certifié selon la norme EN 45501. (1992), laquelle est basée sur la recommandation OIML No. 76. Des directives pour les systèmes WIM sont en cours d'élaboration, COST 323 (1997).

2.3 Les influences combinées du véhicule, du site et du capteur (facteurs externes)

Inclinaison

L'inclinaison a deux effets:

- L'inclinaison du véhicule cause un déplacement du centre de gravité, et, de là, la charge se déplace vers les roues avales.
- L'inclinaison du capteur entraîne une indication inférieure car seule la composante normale à la surface du capteur est enregistrée. Cet effet est minime. Une pente de 5% provoque une erreur sur la mesure de charge de -0,12%!

En fait, peser sur un plan incliné donne des résultats différents d'une mesure effectuée à niveau. Une pente dans le sens du déplacement provoque un transfert de la charge vers l'essieu aval. Ce transfert est compensé à 100%, de manière à ce que la charge brute calculée ne soit pas affectée. Une pente transversale provoque un transfert de la charge vers les roues avales. De même, ce transfert est compensé à 100%. Si le capteur couvre tout l'essieu, il n'y a pas d'erreur. Par contre, lorsqu'un demi capteur est utilisé (la charge de l'essieu est déterminée en multipliant la charge d'une roue par deux), l'erreur est considérable. Celle-ci peut être évitée par une calibration adéquate ou en appliquant une correction spécifique.

La suspension du véhicule

La charge d'un essieu ou d'une roue est directement proportionnelle à la compression des ressorts de suspension. Si la compression est différente de la moyenne, le capteur ne va pas percevoir la charge correcte, et de là, la charge mesurée est fautive.

Plus le ressort est rigide plus l'effet est important. Dans le cas de l'essieu arrière d'un camion, une approximation montre que la charge augmente environ de 100 kg par mm de compression

(considérations: camion vide: charge axiale 2 t.; en pleine charge: 12t; différence 10t; différence de compression de la suspension en charge et à vide: 100mm; Rapport de compression: $10.000\text{kg}/100\text{mm} = 100 \text{ kg/mm}$).

En utilisant un système WIM, en particulier un WIM haute vitesse, cet effet apparaît lorsque la surface du capteur est supérieure ou inférieure à la surface de la route (le châssis du camion ne suit pas le mouvement de l'essieu) ou résulte de l'oscillation du camion.

En utilisant des pèse-essieux statiques, l'effet apparaît seulement lors du pesage d'un véhicule à plus de deux essieux avec un capteur qui n'est pas à niveau. L'effet est généralement moins significatif qu'en utilisant un système WIM, car la plupart des systèmes multi-essieux sont du type équilibrant, de façon à ce qu'une mise à niveau incorrecte n'affecte que peu la compression des ressorts de suspension et parce que le véhicule suit aisément le mouvement des essieux. Une amélioration complémentaire est possible en mesurant des groupes d'essieux ou le véhicule complet en une seule opération (nombre de pèse-essieux égal au nombre de roues), car les différences se compensent entre elles, si bien que le groupe et la charge brute ne sont pas influencés., Scheuter, F. (1997)

Friction de la suspension

Deux types de friction sont à considérer: Frictions mécaniques et hydrauliques. La direction des forces de friction des deux types est opposée au mouvement vertical de l'essieu. L'amplitude de la friction mécanique dépend de la construction de la suspension et de sa maintenance, et est virtuellement indépendante de la vitesse de compression de l'essieu. Les frictions hydrauliques apparaissent dans les amortisseurs avec une certaine quantité de friction mécanique. L'amplitude de la friction hydraulique dépend de la construction de l'amortisseur et de l'amortissement du fluide utilisé. La force de friction hydraulique augmente généralement proportionnellement avec la vitesse de compression de l'essieu.

Les suspensions modernes provoquent plutôt des frictions hydrauliques que mécaniques car elles sont souvent équipées d'amortisseurs et parce que les constructeurs de véhicules s'efforcent de supprimer les frictions mécaniques qui sont la cause principale d'usure (matières en frottement).

En mesurant une roue, le poids mesuré peut être augmenté ou diminué par la friction, selon le sens de la compression de l'essieu lorsqu'il roule sur le système WIM ou selon la façon dont le véhicule se stabilise sur la plate-forme statique.

La friction est un avantage en utilisant un système WIM car l'oscillation du véhicule est amortie.

La mesure statique d'un véhicule de plus de deux essieux est influencée par la friction mécanique seule, car il n'y a pas de mouvement d'essieu qui produise une friction hydraulique. Comme décrit dans la section précédente, une amélioration est possible en mesurant des groupes d'essieux ou le véhicule complet en une seule fois, si bien que la charge brute n'est pas influencée.

Force de réaction des freins

En utilisant un système WIM, le freinage n'est pas nécessaire. Si bien qu'il n'y pas d'influence sur la précision.

La mesure statique est influencée par le freinage des véhicules équipés de plus de deux essieux. Selon comment les forces de freinage sont transmises au châssis du véhicule, d'autres composantes peuvent avoir un effet tant que les freins ne sont pas relâchés. Pour éviter de

telles erreurs, les freins doivent être relâchés un court instant pour relaxer la suspension. Il peut toutefois subsister des forces de friction résiduelles lesquelles sont induites par le freinage. Voir la section ci-dessus.

Oscillation du véhicule

La source d'erreur la plus importante pour les systèmes WIM est causée par l'oscillation du véhicule. Il y a lieu de considérer principalement deux mouvements, l'oscillation du châssis qui a une fréquence fondamentale de l'ordre de 1 à 3 Hz, et dépend de la charge du véhicule, et l'oscillation des essieux avec une fréquence fondamentale de l'ordre de 10 Hz, Baur, M. (1988), Huhtala, M. (1998). Les erreurs apparaissent car il n'existe aucun système WIM commercialement disponible suffisamment long qui puisse mesurer l'essieu pendant une période complète à la fréquence la plus basse (longueur du capteur pour une vitesse du véhicule 10 km/h: 3m, pour 100 km/h: 30m!). Selon l'amplitude de l'oscillation à l'instant précis où l'essieu roule sur le système WIM, le capteur mesure une charge inférieure ou supérieure à la charge statique réelle.

Comme la fréquence de l'essieu est virtuellement une valeur constante, son influence peut être réduite en introduisant un déphasage (décalage physique) d'une demi longueur d'onde entre les capteurs gauche et droit. Cette mesure n'est utilisable que si la vitesse du véhicule est constante. Le décalage est calculé par l'équation $\Delta l = v/(2 * f_{\text{essieu}})$. Pour une vitesse v de 10 km/h (2.8m/s), le décalage est de 0.14m, pour 100 km/h, le décalage sera de 1.4m.

Les systèmes WIM à capteurs multiples peuvent réduire significativement l'influence de l'oscillation du véhicule et des essieux., (Siffert, 1997). Une autre approche consiste à corriger la charge mesurée en calculant la part dynamique de la charge. Des informations complémentaires et références sont données dans Ma, S and Caprez, M (1995).

L'amplitude de l'erreur dépend de la vitesse, de la qualité d'amortissement de la suspension et de la régularité de la surface de la route, Forschungsgesellschaft...(1983) .

Les pèse-essieux statiques ne sont évidemment pas affectés, car l'opérateur est obligé d'effectuer la lecture après stabilisation de la pesée.

Bande de roulement

La bande de roulement des pneus a une influence sur les capteurs en barreaux, en particulier si le design comporte des rainures transversales (pneus d'hiver). Selon la position des rainures lorsque la roue passe le barreau, la charge mesurée sera supérieure ou inférieure à la charge statique réelle. L'amplitude de cet effet dépend de la dimension des rainures transversales des pneus et de la largeur du barreau (longueur dans le sens de la marche).

Forces aérodynamiques

Les forces aérodynamiques dans le sens vertical sont minimales comparées au poids du véhicule. Seul le vent transversal a une influence car il provoque un transfert de la charge vers les roues sous le vent. Lorsqu'un capteur pour essieu complet est utilisé, aucune erreur n'apparaît car le transfert de charge est compensé d'un côté par l'autre. En utilisant un demi capteur (détermination de la charge de l'essieu en multipliant la charge sur une roue par deux), des erreurs considérables sont possibles.

L'installation du capteur (ajustage)

un ajustage incorrect du capteur induit des erreurs inhérentes aux caractéristiques de la suspension du véhicule. Voir les sections relatives à la suspension et à la friction ci-dessus.

La régularité du site et de l'accès

L'irrégularité du site et de l'accès provoquent une oscillation du véhicule, Voir le paragraphe correspondant ci-dessus et la spécification COST 323 WIM (1997), ainsi que le chapitre sur l'ajustage du capteur.

En utilisant un pèse-essieu statique, le résultat est influencé par l'irrégularité sur la longueur du véhicule devant et derrière la balance. L'effet est identique à celui décrit pour l'ajustage incorrect du capteur dans la section ci-dessus.

2.4 L'influence du chauffeur et de l'opérateur

Lorsqu'aucune mesure n'est prise, le système WIM peut être contourné. Si le système est utilisé pour les contrôles légaux, un chauffeur sachant que son véhicule est surchargé, va essayer de réduire la charge mesurée en contournant le capteur partiellement, sans attirer l'attention de l'opérateur. Pour l'opérateur (si il y en a un, présélection automatique), il est particulièrement difficile d'observer si le pneu est passé proprement sur la zone active du capteur. Les chauffeurs vont également essayer de réduire la charge mesurée en accélérant ou en freinant au moment opportun.

Plusieurs moyens existent pour détecter les fraudes: Détecteurs des limites du capteur, surveillance vidéo, marquages, bordures, etc. Le freinage et l'accélération peuvent également être détectés en utilisant des configurations de capteurs appropriées.

Théoriquement, le pesage sur des pèse-essieux statiques ne peut pas être influencé par le chauffeur, car l'opérateur est responsable pour que la mesure se fasse dans des conditions correctes (roues correctement positionnées sur les capteurs, freins relâchés). Néanmoins, des chauffeurs vont faire de leur mieux pour perturber la mesure.

3. Récapitulation de l'influence des erreurs et la précision possible.

La table 1 montre la précision typique intrinsèque pour différents types de capteurs et leurs dépendances aux facteurs externes. Excepté pour la précision du capteur, aucune figure n'est donnée, car la plupart des erreurs apparaissent comme combinaison de différents facteurs et/ou les valeurs exactes ne sont pas disponibles.

Table 1 - Précision typique du capteur et dépendance aux facteurs externes

Configuration du système de pesage	Charge mesurée	Erreur intrinsèque capteur	Inclinaison longitudinale	Inclinaison transversale	Régularité accès	Régularité du site	Ajustage du capteur	Vent latéral	Qualité de suspension	Freinage	Vitesse du véhicule	Charge excentrique	Bande de roulement pneu
Pont-bascule	Brute	<.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jeu de 6 pèses-roue statiques	Essieu	.5	x	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-
	Brute		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jeu de 2 pèses-roue statiques	Essieu	.5	x	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-
	Brute		-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-
Plaque WIM complète	Essieu	1-	x	-	x	x	x	-	x	-	x	-	-
	Brute	2	-	-	x	x	x	-	x	-	x	-	-
Demi plaque WIM	Essieu	1-	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-
	Brute	2	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-
Barreau WIM	Essieu	2-	x	-	x	x	x	-	x	-	x	-	x
	Brute	10	-	-	x	x	x	-	x	-	x	-	x

Basé sur la table 1, sur l'expérience HAENNI avec les capteurs statiques et dynamiques et sur diverses publications (p. ex. Forschungsgesellschaft...(1983) , TRRL/LMP (1988), COST 323 Post proceedings (1995)), les plages d'erreurs suivantes peuvent être établies. Pour une comparaison aisée avec les règles régissant les contrôles légaux existants, la définition de la "bande d'erreur maximale permise" (mpe) est utilisée pour représenter la précision.

Table 2 - Précision globale typique de différents systèmes de mesures. (Charge globale)

Système	Précision (mpe)	Remarques
pont-bascule	< 0.5 %	Mesure très précise de la charge brute.
Jeu de 6 pèses-roue	1%	La mesure la plus précise avec un système mobile, mais laborieux et lent. Pratiquement indépendant des facteurs externes.
Jeu de 2 pèses-roue	1...3%	Pesage essieu par essieu, la manière la plus pratique en mesure statique mobile. 1% lié à la une bonne qualité du site et avec véhicule moderne en bon état, Broster, C. (1996), 3% avec le même matériel sur un site de qualité moyenne et véhicule en mauvais état, Scheuter, F. (1996).
Plaque WIM basse vitesse complète	1...5%	1% lié à une installation fixe "parfaite" avec des véhicules en bon état, 5% pour un bon système mobile avec des rampes d'accès sur un site de qualité moyenne et véhicules en mauvais état.
Plaque WIM haute vitesse complète	10..30%	10% /15% liés à un site très régulier et véhicules en bon état, 30% avec un site de qualité moyenne et des véhicules en mauvais état.
Demi plaque WIM haute vitesse	15..30%	
Barreau WIM haute vitesse	15..40%	15% lié à un capteur hautement sophistiqué, un site très régulier et véhicules en bon état, 40% avec un site de qualité moyenne et des véhicules en mauvais état.

4. Conclusion

- Pour les contrôles légaux, des précisions élevées sont requises pour éviter la déduction de tolérances inadéquates. Cela signifierait pratiquement une augmentation des valeurs limites. Même si les systèmes WIM sont utilisés uniquement en présélection, la précision doit être élevée pour garantir que seuls les véhicules surchargés soient sélectionnés.
- La stabilité long terme du système doit être bonne pour éviter d'échouer dans les procédures légales.
- La meilleure précision est obtenue avec les pèse-essieux statiques et la mesure en une seule fois, ou avec un système WIM à basse vitesse hautement sophistiqué en conjonction avec un site de mesure parfait.
- Plus la vitesse est élevée, plus le site de mesure doit être parfait. Il faut reconnaître que le site de mesure se détériore plus rapidement qu'une balance statique ou que le capteur WIM lui-même.
- Le contrôle et la réparation d'une balance statique est beaucoup plus simple qu'un système WIM fixe. De fait, la fiabilité d'un système WIM fixe, inclus l'ouvrage de génie civil devant et derrière le capteur, doit être significativement plus élevé.
- Les règlements pour les systèmes WIM doivent être incorporées dans les lois existantes sur le transport.

5. Références

- Baur, M. (1988), '*Fahrzeugschwingungen und Reifenabdrücke*' HAENNI-Document P 1125
- Broster, C. (1996), '*Initial trial of Haenni Weighpads at Pychlley 24 September 96*', Road Transport Enforcement Division, Cambridge, UK.
- COST 323 Post proceedings 1995
- COST 323, 'European Specification on Weight in Motion of Road Vehicles', Draft 2.2, EUCO-COST/323/6/97, COST Transport, EC/DGVII, June 1997.
- EN 45501 (1992), '*Metrological Aspects of non automatic Weighing Instruments*'
- Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 'Bemerkungen zur Erhöhung der zulässigen Gesamtgewichte von Nutzfahrzeugen aus der Sicht der Straßenbeanspruchung' (1983) '*Forschungsarbeit aus dem Straßenwesen Nr. 99*', Kirschbaum Verlag.
- Huhtala, M. (1998), '*Calibration of WIM systems*', WAVE proceedings of the mid-term seminar.
- Ma, S and Caprez, M (1995) '*The pavement roughness requirement for WIM*' COST 323 proceedings 1995
- Scheuter, F. (1996), '*Reisebericht Zypern 11.7.96*', Internal HAENNI Paper (not published).
- Scheuter, F. (1997) '*General guide for weighing with portable wheel load scales*', HAENNI Document P 1196
- Siffert, M., Jacob, B., Sainte Marie J. (1997), 'Multiple-Sensor WIM' in *Proceedings of the WAVE mid term seminar*, COST 323.
- TRRL/LMP Consultants Ltd, (1988), '*Evaluation of portable weighpads*'

Erreurs typiques des systèmes différentes

(Sur poids total)

Définition de l'erreur: selon EN45501 (OIML76)

