HAL
open science

Sources de bruit des poids lourds : mesure des véhicules du trafic et analyse de leur comportement

Marie-Agnès Pallas

To cite this version:

Marie-Agnès Pallas. Sources de bruit des poids lourds : mesure des véhicules du trafic et analyse de leur comportement. Acoustique et Techniques : trimestriel d'information des professionnels de l'acoustique, 2006, 44, pp. 22-26. hal-00879751

HAL Id: hal-00879751

https://hal.science/hal-00879751v1

Submitted on 4 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PALLAS, MA , 2006 , Sources de bruit des poids lourds : mesure des véhicules du trafic et analyse de leur comportement , Acoustique & Techniques , n44 , p22-6

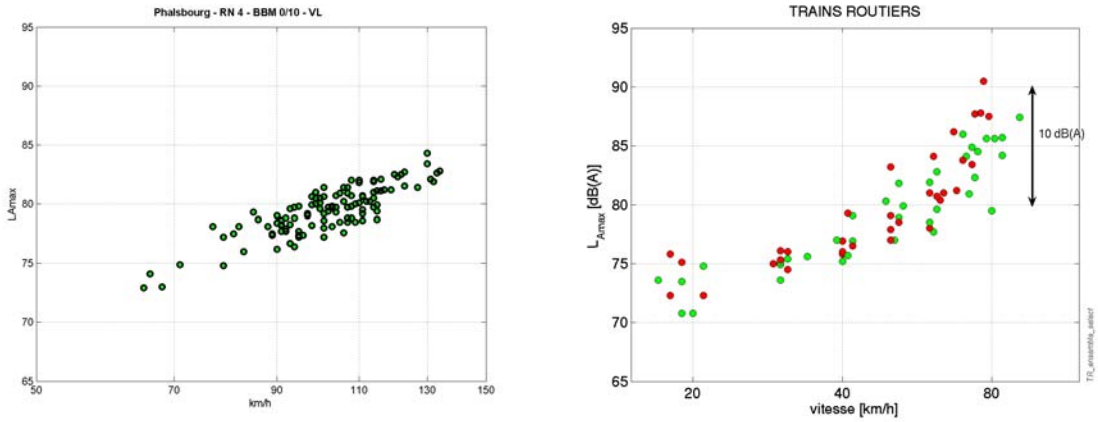
Sources de bruit des poids lourds : mesure des véhicules du trafic et analyse de leur comportement

M.-A. Pallas

INRETS–LTE, 25 av. F. Mitterrand, Case 24, F-69675 Bron cedex, France, pallas@inrets.fr

1. INTRODUCTION

Parmi les nuisances sonores liées au trafic routier, celles associées à la circulation des poids lourds doivent être systématiquement prises en compte lors d'études prévisionnelles de bruit. La proportion des poids lourds dans le trafic total varie en fonction de la période de la journée, elle dépend également du type de route (à vocation longue distance ou régionale) [1]. Il est évident qu'un poids lourd est plus bruyant qu'un véhicule léger. Cependant les différences s'expriment non seulement en matière de niveaux de bruit, mais également en comportement global. En particulier, si le niveau de bruit émis est peu dispersé pour un trafic de véhicules légers mesurés dans les mêmes conditions (vitesse, revêtement de la chaussée), il n'en est pas du tout de même pour les poids lourds entre eux, qui présentent une très forte dispersion (figure 1). Dans le but d'analyser le comportement acoustique du poids lourd et d'évaluer les contributions des différentes parties des véhicules dans le bruit mesuré au passage, deux études se sont déroulées successivement. L'une s'est attachée à décrire un poids lourd déterminé (tracteur 2 essieux + remorques) sur un site donné en faisant varier les paramètres de fonctionnement et de circulation (vitesse, charge de la remorque, rapport de boîte). La finalité de la seconde consistait à confronter les observations majeures de la première étude au comportement des véhicules du trafic. La mesure sous trafic permet d'explorer le parc de poids lourds en circulation, en prenant en compte la diversité des silhouettes, des caractéristiques techniques des matériels (motorisation, équipements, charge), des âges et de l'état d'entretien. En revanche ces caractéristiques ne sont pas connues a priori.



(a) trafic véhicules légers (b) poids lourds en conditions contrôlées [2]

Figure 1. Niveau de bruit (L_{Amax}) sur revêtement BBM 0/10

L'objectif principal est d'identifier les zones d'émission principales, de l'avant à l'arrière des

véhicules. On ne considère pas leur localisation verticale (hauteur par rapport à la chaussée). Etant donné la concentration de certains éléments mécaniques, notamment à l'avant des véhicules qui inclut l'essentiel du groupe motopropulseur, la séparation acoustique des contributions des différents organes mécaniques n'est pas systématiquement recherchée : on recherche prioritairement une distinction fonctionnelle des contributions spatiales (bruit moteur et bruit de roulement) ainsi qu'une description fréquentielle.

La localisation horizontale des sources s'appuie sur une antenne microphonique horizontale. Mise en œuvre et traitements sont décrits au paragraphe 1, qui détaille également la mesure des grandeurs non acoustiques (cinématique...). Le paragraphe 2 présente quelques analyses du comportement des poids lourds issues des deux campagnes de mesure.

2. PRINCIPE DES MESURES

2.1. Méthodologie

Le dispositif de mesure employé pour identifier et caractériser les sources de bruit principales des poids lourds est relativement classique dans le contexte des mesures au passage. Le principe de base est abondamment décrit dans la littérature ; seuls les éléments-clés sont rappelés dans ce texte.

La mesure est basée sur une antenne microphonique régulière, réseau de microphones équidistants dont la répartition dans l'espace est définie en fonction des caractéristiques de l'objet à étudier (dimensions, gamme de fréquence à analyser) et des performances souhaitées (résolution spatiale). Les signaux issus des microphones sont focalisés (formation de voies adaptée au champ proche) [3] : l'antenne est un système de mesure directif, dont la direction d'écoute peut être modifiée a posteriori. Cette propriété est mise à profit dans le cas d'un véhicule en mouvement ; les sources peuvent être suivies pendant leur déplacement, de sorte à :

- augmenter le temps d'observation de la source pour une estimation plus précise des niveaux reçus,
- supprimer le flou résultant du déplacement de la source,
- dédopplériser les signaux dans le cas d'une source en mouvement rapide (peu important pour la gamme de vitesse des poids lourds).

La connaissance précise de la vitesse est indispensable pour un traitement efficace.
Par ailleurs, la dynamique de détection en présence de sources faibles peut être améliorée par pondération des signaux de l'antenne (fenêtre de pondération).

Les performances de l'antenne dépendent de la fréquence, elles sont meilleures aux fréquences élevées qu'aux basses fréquences [4]. Cependant la gamme de fréquence d'utilisation d'une antenne est limitée en haute fréquence dans son principe-même (repli spatial). Pour les fréquences basses, la limite est fixée par l'utilisateur, seuil à partir duquel il estime que les performances ne sont plus suffisantes pour répondre aux critères spécifiés (capacité de séparation de sources proches).
La largeur de la fenêtre d'observation spatiale n'est pas constante sur la gamme de fréquence d'utilisation. La caractérisation d'une source en niveau global nécessite alors de compenser ces variations de sorte que toutes les fréquences soient vues théoriquement de façon identique : ceci a été réalisé en appliquant un coefficient correctif, fonction de la fréquence, aux valeurs du spectre fréquentiel local (spectrogramme).

2.2. Mesures acoustiques

Pour une localisation de l'avant à l'arrière du véhicule sans spécification de la hauteur de sources, une antenne linéaire horizontale (capteurs alignés le long d'une droite horizontale) est suffisante. Elle est placée en bordure de chaussée, directement posée sur le sol (pour s'affranchir des réflexions), à une distance voisine de 2.5 mètres de la trace extérieure du roulement des pneumatiques (figure 2). Afin de permettre une excursion en fréquence adaptée au spectre des poids lourds, deux sous-antennes linéaires sont utilisées simultanément. Chaque sous-antenne est constituée de 13 microphones espacés respectivement de 10 cm et 20 cm : la gamme de fréquence d'analyse s'étend jusqu'à 3000 Hz. De par son principe, la méthode n'est toutefois pas efficace pour les très basses fréquences où les capacités de séparation des sources se dégradent : on ne cherchera donc pas à localiser les sources inférieures à 140 Hz, ce qui exclut par exemple la fréquence fondamentale du moteur.

En complément, un microphone supplémentaire est situé à 7.5 mètres de l'axe de la voie et 1.2 mètre de hauteur, conformément au protocole de mesure classique normalisé (norme S 31-119 [5]).

Figure 2. Antenne microphonique horizontale pour la caractérisation des sources des PL au passage

2.3. Mesures complémentaires

Outre les grandeurs acoustiques, quelques données supplémentaires sont enregistrées. Certaines sont propres à l'une ou l'autre des campagnes (conditions contrôlées ou trafic).

Cinématique La connaissance de la vitesse de passage est indispensable pour suivre la source pendant son déplacement (cf. § 1). Elle est mesurée à partir de cellule(s) en bord de route.

Distance de passage Pour les mesures en conditions contrôlées, l'expérience du chauffeur garantit une distance de passage suffisamment constante devant l'antenne. En revanche la position du véhicule par rapport à l'axe de la chaussée peut varier fortement d'un poids lourd du trafic à l'autre (certains chauffeurs augmentent la distance de sécurité par rapport au bas-côté à la vue des appareils de mesure). Cette variation se ressent d'autant plus sur les niveaux de bruit mesurés que la distance de mesure est faible. Un télémètre a été placé en bordure de chaussée et donne la distance de passage de chaque roue par rapport à un point fixe : les niveaux acoustiques sont ensuite ramenés à une distance de référence unique.

Enregistrement vidéo Les mesures sous trafic sont assorties d'un enregistrement vidéo permettant d'associer une catégorie de poids lourd à chaque enregistrement et d'en extraire

la silhouette.

Données mécaniques Elles ne sont disponibles que dans le cas des mesures contrôlées. Elles incluent le régime moteur, le rapport de boîte engagé pour chaque passage et la charge de la remorque.

3. COMPORTEMENT DES POIDS LOURDS : QUELQUES OBSERVATIONS

Cette partie présente quelques éléments sur la démarche d'analyse ainsi que certains résultats sur les sources principales et leur comportement.

3.1. Poids lourd en conditions contrôlées

3.1.1. Véhicule

Le bruit au passage d'un tracteur 2 essieux [1] a été mesuré sur piste, pour des vitesses stabilisées de 20 jusqu'à 90 km/h. Dans chaque cas, trois types de charge ont été testées (tracteur seul, avec remorque vide, avec remorque chargée) et, dans la mesure du possible, trois rapports de boîte. Ce dernier paramètre caractérise ce que nous appelons par la suite le style de conduite.

3.1.2. Sources et comportement

Trois zones sources principales sont extraites (figure 3) :

- zone *avant*, couvrant l'ensemble de la cabine et incluant les roues directrices et le groupe motopropulseur,
- zone *roue motrice*, incluant roues motrices et pont,
- zone *roues remorque*, incluant toutes les roues de la remorque.

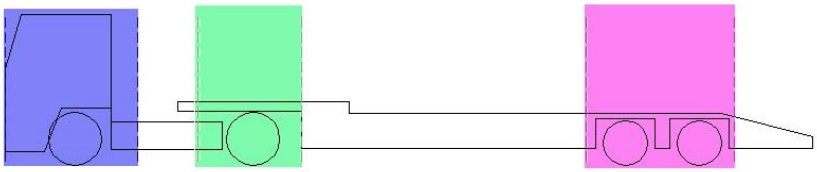


Figure 3. Position des zones sources

Chaque zone source présente des caractéristiques fréquentielles spécifiques. En particulier, la zone *roue motrice* est essentiellement composée d'un spectre de raies ; nous reviendrons sur ce point.

Pour chaque zone source, on peut calculer le niveau global (sur la bande de fréquence d'analyse précisée au § 1) reçu par l'antenne pendant le passage, et observer les comportements en fonction des différents paramètres [6]. La figure 4 illustre la contribution de chaque zone en fonction de la vitesse, notamment :

- la part de la zone *roues remorque* est faible à toutes les vitesses ;
- aux vitesses élevées, la zone *roue motrice* est largement prédominante. L'importance de celle-ci est liée à la présence de raies spectrales harmoniques dont la fréquence dépend de la vitesse ; par ailleurs à vitesse donnée, toujours pour ce qui concerne la zone *roue motrice*, un passage avec rapport engagé est plus bruyant qu'un passage au point mort.

[1] extrait du parc de véhicules DDE, âge 8 ans, 420 000 km, boîte 9 rapports

La zone *avant* dépend prioritairement du régime moteur, et le style de conduite est déterminant. L'effet de la masse du chargement n'est pas significatif sur les zones *avant* et *roue motrice*.

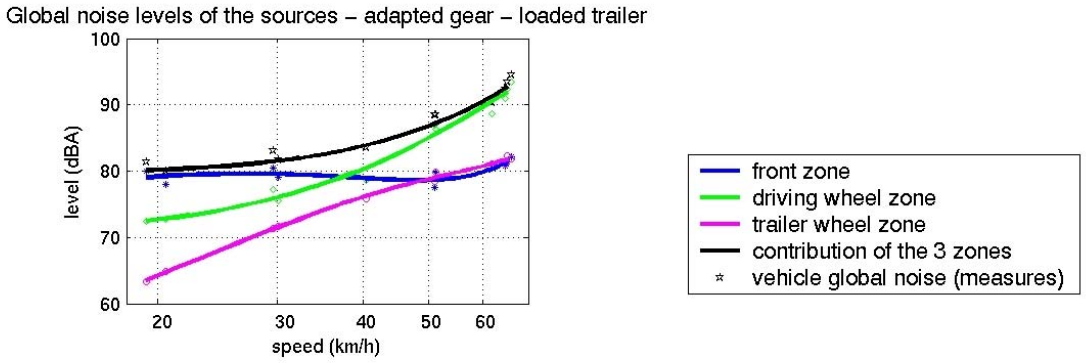


Figure 4. Tracteur + remorque en conditions contrôlées : évolution du niveau de bruit des 3 zones sources avec la vitesse (en km/h) (configuration *remorque chargée, rapport adapté)*

Il convient alors de vérifier si les observations tirées de cette analyse sont propres au poids lourd mesuré, ou si elles sont généralisables à l'ensemble du parc routier. Ceci motive la partie suivante portant sur des véhicules mesurés dans un trafic.

3.2. Analyse des véhicules du trafic

3.2.1. Composition du trafic

Le site sélectionné présentait un trafic de type autoroute, avec une part importante de camions 2 essieux et surtout de poids lourds ayant plus de 5 essieux. Les véhicules à 3 et 4 essieux étaient majoritairement des véhicules de chantier. Deux catégories ont été approfondies : les camions à 2 essieux et les *tracteurs + semi-remorque* à 5 essieux [2]. La sélection des véhicules à mesurer est à rapprocher de la procédure "véhicules isolés" de la norme S 31-119. Le paragraphe suivant traite uniquement de la catégorie à 5 essieux.

3.2.2. Principales observations

Les zones sources sélectionnées pour les poids lourds *tracteur + semi-remorque* à 5 essieux sont identiques à celles du véhicule du § 2, à savoir zone *avant*, zone *roue motrice* et zone *roues remorque* (cf. figure 3). A nouveau, la zone *roue motrice* se caractérise par la présence de quelques raies fréquentielles prédominantes (fig. 5).

[2] catégories les plus représentées, dans des proportions diverses, dans un trafic sur route nationale ou sur autoroute (source SETRA)

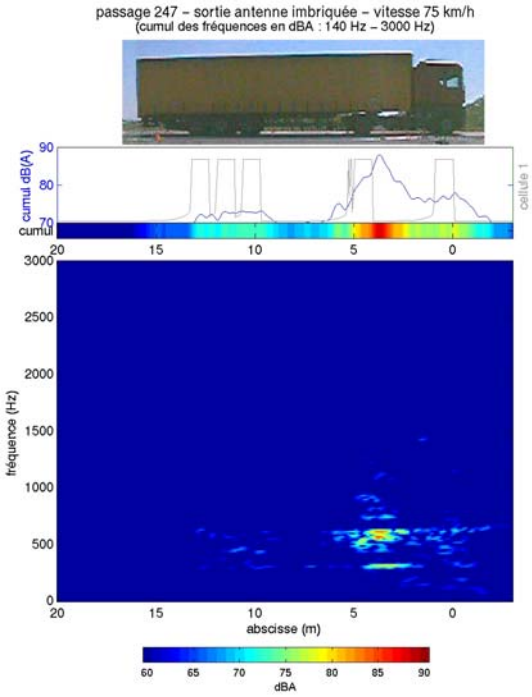


Figure 5. Cartographie au passage d'un poids lourd à 75 km/h

Le niveau global (sur la bande d'analyse) au passage de chaque zone source a été calculé et analysé : les contributions des différentes zones sources sont moins contrastées qu'au § 2 (fig. 6). La zone *roues remorque* reste en moyenne la plus faible, ses valeurs sont assez peu dispersées. Les zones *avant* et *roue motrice* présentent une forte dispersion [3]. Les passages les plus bruyants sont toujours expliqués par un niveau excessif de la zone *roue motrice* (puissance des raies spectrales). En moyenne, quelle que soit la vitesse, aucune source ne prédomine nettement, et une modélisation du poids lourd doit prendre en compte les trois zones.

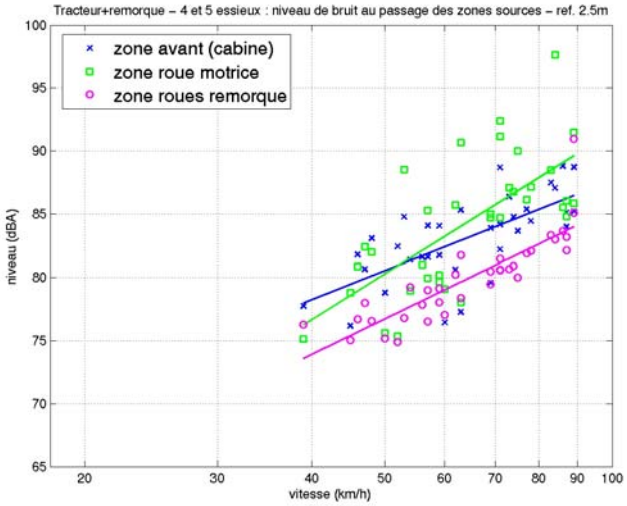


Figure 6. Niveau de bruit des zones sources des poids lourds du trafic, catégorie 5 essieux *tracteur+semi-remorque*

[3] rappel : les très basses fréquences, en particulier la raie moteur, ne sont pas prises en compte dans le niveau de la zone *avant*

4. CONCLUSION

Le bruit mesuré au passage des poids lourds présente un comportement plus complexe et plus dispersé que les véhicules légers. La décomposition d'un véhicule en un ensemble de sources réparties horizontalement nécessite l'utilisation d'un outil spécifique. Les études présentées ici sont basées sur des antennes microphoniques avec focalisation en champ proche et suivi des sources, et compensation des différences de résolution spatiale sur la bande de fréquence. L'analyse des niveaux globaux au passage des zones sources sélectionnées a permis de décrire et modéliser l'émission d'un poids lourd donné en fonction des paramètres de fonctionnement (régime, charge de la remorque, style de conduite), et de souligner le comportement acoustique moyen des poids lourds d'un trafic réel.

Remerciements

Ces travaux ont été financés par le SETRA (Service Technique des Routes et Autoroutes). L'auteur remercie F. Besnard (SETRA) pour son intérêt et ses discussions, et le LRS pour sa participation aux mesures.

Références

[1] SETRA, Calcul prévisionnel de bruit routier : paramètres de trafic sur routes et autoroutes interurbaines, *Note d'information série EEC 70*, 2002.

[2] J.F. Hamet et V. Steimer, Bruit des trains routiers : modélisation simplifiée à partir de mesures sur pistes d'essai, *INRETS, Rapport LTE2025*, 2000.

[3] D.H. Johnson et D.E. Dudgeon, Array signal processing - concepts and techniques, *Prentice Hall*, 1993.

[4] M.A. Pallas, Localisation des sources de bruit des transports guidés - les antennes microphoniques, *Instrumentation Mesure Métrologie (I2M)* **1-2**, 9-36, 2002.

[5] AFNOR, Caractérisation in situ des qualités acoustiques des revêtements de chaussée - Mesurages acoustiques au passage, S 31-119, 1993.

[6] M.A. Pallas, Acoustic behaviour of the noise sources of a truck, *Internoise 2004*, Prague, Rép. Tchèque, 22-25 août 2004.