

BRUIT DE TRAFIC ROUTIER

Abaques d'émission du modèle de prévision américain : FHWA Traffic Noise Level

*Rapport MMA n° 9603
Etude subventionnée par le CERTU
Août 1996*



Diffusion restreinte



INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITE

BRUIT DE TRAFIC ROUTIER

Abaques d'émission du modèle de prévision américain :
FHWA Traffic Noise Model

J.F. HAMET

Août 1996

MMA 9603

Etude subventionnée par le CERTU

Fiche bibliographique

UR (1er auteur) Département Modélisation Mécanique et Acoustique		Projet n°	Rapport MMA n° 9603
Titre Bruit de trafic routier - Abaques d'émission du modèle de prévision américain : FHWA Traffic Noise Model			
Sous-titre		Langue F	
Auteur HAMET Jean-François		Rattachement ext.	
Nom adresse financeur, co-éditeur		N° contrat, conv.	
		Date de publication Août 1996	
Remarques Etude subventionnée par le CERTU			
Résumé <p>Les prévisions du bruit de trafic routier aux États Unis sont effectuées depuis 1996 à l'aide d'un nouveau modèle (FHWA Traffic Noise Model - Version 1.3). Les abaques d'émission de ce modèle sont basés sur des campagnes de mesures effectuées en 1994 et 1995. Ils font l'objet d'un document de 428 pages édité par le Département des Transports des États-Unis d'Amérique.</p> <p>Ce rapport présente de façon synthétique les principales informations concernant ces abaques (principes, procédures de mesures, analyse statistique, résultats) et effectue les comparaisons avec les procédures et résultats du Guide du Bruit (publié en 1980).</p> <p>Les procédures de mesures utilisées dans les deux pays sont similaires : mesures de niveaux maximums de véhicules isolés pris dans le trafic. Les régressions statistiques concernent des valeurs énergétiques. La fonctionnelle utilisée aux États-Unis pour les régressions tient compte de deux sources de bruit (moteur/échappement et contact pneumatique/chaussée).</p> <p>Les États-Unis distinguent deux catégories de Poids Lourds (Medium Trucks et Heavy Trucks).</p> <p>Il s'avère que le bruit de contact pneumatique/chaussée des véhicules légers, mesuré sur Béton Bitumineux aux États-Unis (en 1994 et 1995) est du même ordre de grandeur que celui mesuré en France dans les années 70.</p>			
Mots clés Acoustique, environnement Bruit de trafic, route, prévision, abaques Émission véhicules		Diffusion restreinte	
Nombre de pages 33 pages	Prix	Confidentiel jusqu'au	Bibliographie

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
1 - PROCEDURES DE MESURES	6
1.1 - CATEGORIES DE VEHICULES	6
1.2 - TYPES DE REVETEMENTS.....	6
1.3 - PENTE DE LA VOIE	7
1.4 - CONDITIONS DE TRAFIC.....	7
1.5 - MESURES.....	7
1.5.1 - Niveaux acoustiques.....	7
1.5.2 - Vitesse.....	8
1.5.3 - Météo.....	8
1.5.4 - Décomposition, sur la hauteur, en sous-ensembles de sources	8
1.6 - RESUME	8
2 - ANALYSE STATISTIQUE	9
2.1 - REGRESSION SUR LES NIVEAUX EN dB.....	9
2.2 - AJUSTEMENT DE LA MOYENNE ARITHMETIQUE A LA MOYENNE ENERGETIQUE....	10
3 - ELABORATION DES ABAQUES D'ÉMISSION	12
3.1 - CONDITIONS DE BASE (BASELINE)	12
3.2 - REVETEMENTS SPECIFIQUES.....	12
3.3 - VOIE EN PENTE (MONTEE)	13
3.4 - TRAFIC ACCELERE.....	14
3.5 - RESUME	14
4 - LES ABAQUES D'ÉMISSION	15
4.1 - ABAQUES D'EMISSION POUR LE REVETEMENT « MOYENNE » (BASE).....	15
4.2 - ABAQUES D'EMISSION POUR DIFFERENTS REVETEMENTS.....	20
5 - COMPARAISON AVEC LES ABAQUES DU GUIDE DU BRUIT	24
5.1 - LES VEHICULES LEGERS	24
5.2 - LES VEHICULES LOURDS.....	28
6 - CONCLUSION	32
BIBLIOGRAPHIE	33

INTRODUCTION

Jusqu'en 1995, les prévisions de bruit de trafic routier aux États-Unis utilisaient le logiciel STAMINA Version 2.0. Les abaques d'émission étaient basés sur des campagnes de mesures effectuées au milieu des années 70.

Le logiciel STAMINA est désormais remplacé par le FHWA's Traffic Noise Model (FHWA TNM[®]) Version 1.0 dont les abaques d'émission sont basés sur des campagnes de mesures effectuées en 1994 (pour la plupart) et en 1995. (Certains résultats des années 70 ont été incorporés dans le nouveau modèle).

Les renseignements concernant ces abaques d'émission (procédures, description des sites, résultats de mesures, analyses statistiques, etc...) sont donnés dans un document de 428 pages édité par le «US Department of Transportation Federal Highway Administration» : [1].

Les objectifs du document sont :

- d'établir une base de données d'émission pour les véhicules représentatifs de ceux circulant sur le réseau routier inter-état (interstate highway system) aux États-Unis
- d'établir les relations statistiques entre niveaux d'émission, (en dB(A) et 1/3 d'octave) et vitesses de passage, en considérant comme paramètres le type de chaussée, la pente de la voie, la condition de trafic et la hauteur des sources
- d'intégrer ces résultats au modèle FHWA TNM sous forme de matrice de coefficients de régression.

L'objet du présent rapport est de comparer ces prévisions à celles publiées en France dans le Guide du Bruit des Transports Terrestres en Novembre 1980 [2].

L'étude se limitera donc à l'analyse des émissions en dB(A) obtenues sur les véhicules légers et les poids lourds dans les différentes conditions.

Les procédures de mesures, catégories de véhicules, types de revêtements et conditions de circulation sont présentés dans le chapitre 1. Le principe d'analyse statistique est abordé dans le chapitre 2. Le chapitre 3 précise la façon dont sont élaborés les abaques dans les différents cas de figure.

Les résultats sont donnés dans le chapitre 4 puis comparés à ceux du Guide du Bruit (chapitre 5).

1 - PROCEDURES DE MESURES

Les mesures ont été effectuées sous trafic, type procédure « Véhicules Isolés », sur des sites dégagés respectant les exigences usuelles requises en acoustique pour ce type de mesure.

1.1 - CATEGORIES DE VEHICULES

Les catégories de véhicules sont définies comme suit :

- **Véhicules légers (A)** : véhicules à deux essieux et quatre pneumatiques, en général de moins de 4,5 T, conçus pour transporter neuf passagers ou moins (automobiles) ou pour transporter des marchandises (utilitaires).

- **Poids lourds (MT)** : véhicules de transport de marchandises à deux essieux et six pneumatiques, en général d'un poids total entre 4,5 T et 12 T (Medium Trucks).

- **Trains routiers (HT)** : véhicule de transport de marchandises à plus de deux essieux, en général d'un poids total supérieur à 12 T (Heavy Trucks).

- **Autobus (B)** : tout véhicule à deux ou trois essieux conçu pour transporter neuf passagers ou plus (pas d'indication de poids total)

- **Motocycles (MC)** : tout véhicule ayant deux ou trois pneumatiques dont le compartiment conducteur et/ou passager est à ciel ouvert.

Remarque : Le Guide du Bruit retient deux catégories de véhicules :

- véhicules légers (VL) : poids total en charge inférieur à 3,5 T

- véhicules lourds (PL) : poids total en charge supérieur ou égal à 3,5 T.

1.2 - TYPES DE REVETEMENTS

Quatre types de revêtements ont été considérés :

- **DGAC** : Béton bitumineux étanche (*Dense Graded Asphaltic Concrete*)
- **OGAC** : Béton bitumineux drainant (*Open-graded Asphaltic Concrete*)
- **PCC** : Béton de ciment (*Portland Cement Concrete*)
- **Baseline** : chaussée « moyenne » définie à partir d'un ensemble de données comportant 75 % DGAC et 25 % PCC

1.3 - PENTE DE LA VOIE

Quatre sites ont été mesurés avec des pentes respectives de 3 % (PCC), 4.5 % (PCC), 5.6 % (PCC) et 7 % (DGAC), tous dans l'État de Californie.

1.4 - CONDITIONS DE TRAFIC

Deux conditions ont été prises en compte :

- vitesse stabilisée
- accélération (Interrupted flow traffic). Les véhicules sont mesurés en aval d'un STOP par exemple, à différentes distances de l'arrêt : 15, 30, 60, 120, 240, 300 et 360 mètres, puis à plusieurs kilomètres en aval pour une mesure en vitesse stabilisée.

1.5 - MESURES

1.5.1 - Niveaux acoustiques

Deux microphones de mesure (orientation incidence rasante) étaient installés, l'un à 7.5 m, l'autre à 15 m de l'axe de la voie, tous deux à 1.5 m de hauteur. Parfois, un troisième microphone était installé à 30 m de l'axe de la voie (hauteur 1.5 m) pour quantifier la loi de décroissance du site en fonction de la distance.

Les prédépouillements et stockage des mesures à 7.5 m et 15 m étaient effectués sur site à l'aide d'un analyseur 1/3 octave Larson Davis Modèle 2900 programmé pour donner :

- le niveau maximum au passage pondéré A, constante Fast : L_{Amax}
- le spectre 1/3 octave, pondéré A, associé au L_{Amax} (spectre du max) et non l'ensemble des valeurs maxima relevées dans chaque 1/3 octave lors du passage (spectre des max)
- l'historique des niveaux 1/3 octave pondérés A toutes les 0.5 s.

Remarque : Aucune indication n'est donnée sur la constante d'intégration utilisée pour les relevés de spectre.

Les mesures à 30 m ont fourni le L_{Amax} à cette distance et l'historique du niveau équivalent pondéré A, pris toutes les 1/2 secondes sur 0.5 s : $L_{Aeq-0.5 s}$ donné par un sonomètre Larson Davis Modèle 820 modifié.

Simultanément, des enregistrements papier (B&K 2306) des niveaux pondérés A étaient effectués pour les prélèvements à 7.5 m et 15 m (pas d'indication de constante de temps ou de vitesse d'écriture). Ces enregistrements étaient destinés à contrôler la qualité de mesure. Le critère retenu était que le niveau max mesuré ne doit pas être supérieur de plus de 0.5 dB

au niveau max du véhicule considéré, pris dans des conditions idéales (contamination maximum de 0.5 dB) :

- le bruit de fond doit être d'au moins 10 dB inférieur au niveau max (contamination max de 0.4 dB)
- les autres véhicules ne doivent pas contaminer le niveau max de plus de 0.1 dB.

1.5.2 - Vitesse

La vitesse était relevée à l'aide d'un radar à effet Doppler (CMI modèle K-15 II) placé à 120 m environ en amont de la zone de mesure, à 10 m au plus de l'axe de la voie. L'angle de prélèvement résultant, lorsque le véhicule passe à l'aplomb du microphone est alors inférieur à 5°, ce qui donne une incertitude sur la vitesse inférieure à 0.5 km/h pour la gamme [15 km/h, 110 km/h].

Pour les mesures sous accélération, la vitesse prise en compte est la vitesse moyenne sur chaque segment (entre deux micros) le long du parcours.

1.5.3 - Météo

Les données météo (vitesse et direction du vent, température, humidité) étaient systématiquement relevées.

1.5.4 - Décomposition, sur la hauteur, en sous-ensembles de sources

Sur certains sites, une procédure de mesure a été appliquée, permettant de décomposer les sources de bruit du véhicule en deux sous-ensembles :

- un sous-ensemble situé à 0 m au dessus de la chaussée (représentatif du bruit de contact pneu/chaussée)
- un sous-ensemble situé à 3.6 m au-dessus de la chaussée pour les TR et 1.5 m pour les autres (représentatif du bruit moteur/échappement).

Le principe de la méthode n'est pas décrit dans le document. Ce thème ne sera pas abordé dans ce rapport.

1.6 - RESUME

Les mesures ont concerné :

- quatre catégories de véhicules
- quatre types de chaussée
- deux conditions de pente
- deux conditions de trafic.

2 - ANALYSE STATISTIQUE

La base de données du FHWA TNM se réfère aux **REMELS** : **R**eference **E**nergy **M**ean **E**mission **L**evels.

Ces REMELS sont des niveaux d'émission moyens de référence obtenus par régression, la moyenne statistique résultante étant ici basée sur des énergies acoustiques et non sur des niveaux en dB.

Remarque : Les abaques du Guide du Bruit sont aussi basés sur des moyennes énergétiques.

Les données utilisées pour les régressions sont les niveaux L_{Amax} mesurés à 15 m.

La démarche se décompose en deux étapes :

a - une régression est d'abord effectuée sur les niveaux en dB en fonction de la vitesse, donnant le niveau max en moyenne arithmétique.

b - un ajustement est effectué sur le résultat pour obtenir le niveau max en moyenne énergétique.

Des tests statistiques sont ensuite effectués (par ex, pour voir dans quelle mesure des résultats antérieurs peuvent être incorporés). Ce sujet ne sera pas abordé ici.

2.1 - REGRESSION SUR LES NIVEAUX EN dB

La régression est ici non linéaire. Elle est basée sur la forme fonctionnelle :

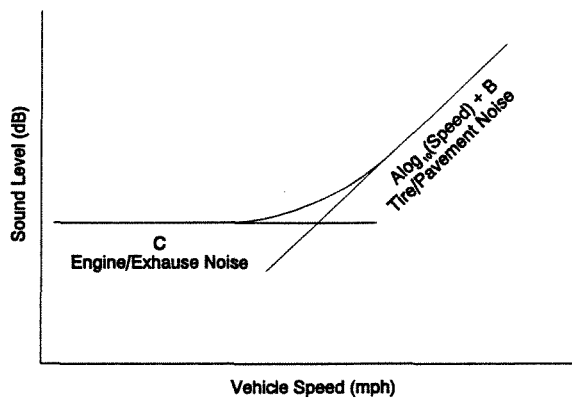
$$L(s) = 10 \log \left[10^{\frac{C}{10}} + 10^{\frac{A \log s + B}{10}} \right] \quad (2.1)$$

s est la vitesse en miles/heure (pour la distinguer de la vitesse en km/h : V qui sera utilisée plus loin)

C correspond au bruit moteur/échappement considéré comme étant indépendant de la vitesse

A log s+B correspond au bruit de contact pneumatique/chaussée qui augmente en fonction de la vitesse.

L'introduction du coefficient C est nouvelle : le logiciel STAMINA effectuait une régression en A log s+B. Elle est justifiée par le fait que la méthode précédente sous-estimait le bruit aux faibles vitesses, ce n'est plus le cas avec cette nouvelle formulation (Fig. 1).



Evolution du bruit en fonction de la vitesse
Fig. 1 d'après [1]

Remarque 1 : On retrouve ce type de formulation dans d'autres études de bruit de moyens de transport, par exemple le bruit des trains aux très grandes vitesses où deux types de sources sont considérés : le bruit d'origine mécanique (roue/rail) et le bruit d'origine aérodynamique tous deux fonctions de la vitesse mais avec des lois d'évolution différentes [3].

Remarque 2 : Les abaques du Guide du Bruit sont basés sur des régressions linéaires ($A \log V + B$) mais effectuées dans des plages de vitesses où l'évolution du bruit total est effectivement linéaire. Une courbe peut ainsi être décomposée en trois segments sur la plage des vitesses [2].

Les régressions pour le FHWA TNM ont été effectuées en utilisant des méthodes (méthode simplex ou méthode quasi-Newton) fournies dans les programmes d'analyse statistique SYSTAT Version 3.0 pour DOS.

2.2 - AJUSTEMENT DE LA MOYENNE ARITHMETIQUE A LA MOYENNE ENERGETIQUE

L'ajustement est effectué en rajoutant aux coefficients C et B un facteur correcteur ΔE

$$\Delta E = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RE_i \right] - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RL_i \quad (2.2)$$

où RL_i sont les résidus des niveaux : équivalent aux différences entre les valeurs $L_{\max}(s_i)$ des mesures et $L(s_i)$ de la régression

et $RE_i = 10^{RL_i/10}$

La formulation en moyenne énergétique s'écrit alors :

$$L_E(s) = 10 \log \left[10^{\frac{C+\Delta E}{10}} + 10^{\frac{A \log s + B + \Delta E}{10}} \right] \quad (2.3)$$

Dans certains cas où les régressions sur le bruit moteur et le bruit pneumatiques ont été effectuées séparément, le facteur ΔE est calculé à chaque fois : ce qui donne un ΔE_C pour le coefficient C et un ΔE_B pour le coefficient B. L'expression (2.3) devient alors :

$$L_E(s) = 10 \log \left[10^{\frac{C+\Delta E_c}{10}} + 10^{\frac{A \log s + B + \Delta E_b}{10}} \right] \quad (2.4)$$

L'expression (2.2) se justifie aisément lorsqu'on considère les moyennes arithmétique et énergétique des niveaux dans une classe de vitesse. Il n'est pas évident qu'elle soit applicable exactement à des régressions « arithmétique » et « énergétique » sur l'ensemble de la plage de vitesse. Le document ne détaille pas l'élaboration de l'expression.

La démarche a néanmoins l'intérêt d'être simple. Elle évite d'avoir à décomposer l'ensemble des données en classes de vitesses comme il a été fait pour l'élaboration des abaques du Guide du Bruit (cf. par ex [4]). Il serait intéressant de comparer les résultats des deux démarches lors de l'élaboration des nouveaux abaques :

a - Démarche Guide du Bruit

- décomposer en classes de vitesses v_j
- évaluer la moyenne énergétique des niveaux dans chaque classe L_{ej}
- effectuer une régression linéaire sur ces moyennes énergétiques $\{\log v_j, L_{ej}\}$.

b - Démarche FHWA TNM

- effectuer une régression sur les niveaux $\{\log v_i, L_i\}$
- effectuer une simple correction (Eq. 2.2) pour obtenir l'expression de la régression en moyenne énergétique

3 - ELABORATION DES ABAQUES D'EMISSION

Les abaques d'émission sont donnés sous forme de tableaux de coefficients A, B, C, ΔE_b , ΔE_c permettant d'évaluer, en utilisant l'expression (2.4) le bruit maximum, en dB(A), provoqué à 15 m de l'axe de la voie par un véhicule représentatif passant à la vitesse s.

Les coefficients sont donnés pour les différents paramètres :

- type de véhicule (cf. § 1.1)
- type de revêtement (cf. § 1.2)
- pente de la voie (cf. § 1.3)
- type de trafic (cf. § 1.4).

La démarche suivie pour obtenir ces coefficients ne correspond pas à un simple calcul de régression effectué dans chaque cas de façon indépendante : certains coefficients obtenus dans un cas peuvent être imposés pour effectuer la régression dans un autre cas. L'ordre dans lequel sont effectuées les régressions n'est donc pas arbitraire.

3.1 - CONDITIONS DE BASE (BASELINE)

Les conditions de base correspondent à :

- un revêtement moyen (cf. § 1.2)
- une voie horizontale
- un trafic à vitesse stabilisée.

Pour la commodité de l'exposé, on notera les coefficients correspondants A_0 , B_0 , C_0 (ils diffèrent selon le type de véhicule).

3.2 - REVETEMENTS SPECIFIQUES

Les hypothèses retenues sont que :

- le bruit moteur/échappement (coefficient C) est indépendant du revêtement. (*Rappel : il est par ailleurs supposé indépendant de la vitesse (§ 2.1)*)
- le taux d'évolution du bruit pneumatique/chaussée en fonction de la vitesse (coefficient A) est indépendant du revêtement.

Les régressions ont alors consisté à imposer pour C et A les valeurs C_0 et A_0 obtenues pour les conditions de base et à évaluer ainsi pour chaque revêtement le coefficient B.

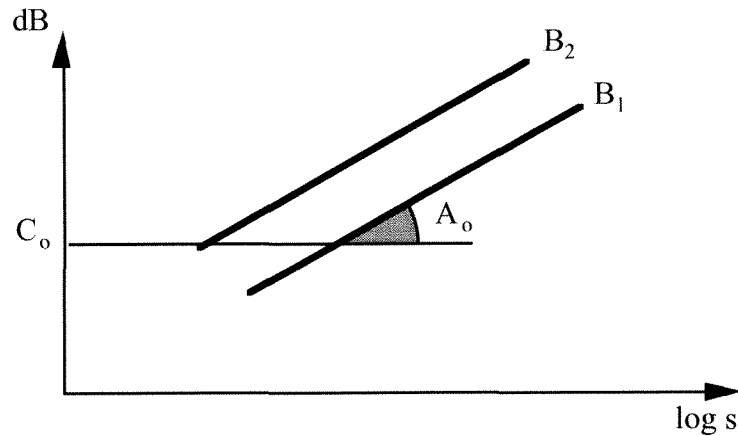


Fig. 2 : Influence du revêtement

Remarque 1 : Les mesures effectuées en France indiquent que le coefficient A peut varier fortement d'un type de revêtement à l'autre (il est en général plus faible pour les enrobés drainants).

Remarque 2 : Le document indique qu'aucun ajustement n'a été effectué pour tenir compte de l'influence du revêtement sur le bruit d'émission des motos car il est supposé que ce dernier est dominé par le bruit moteur/échappement. Ceci impliquerait que le coefficient A_0 obtenu dans les conditions de base soit nul pour les motos. Ce n'est pas le cas (la valeur donnée est $A_0 = 41$).

3.3 - VOIE EN PENTE (MONTEE)

Le document ne présente que le cas du revêtement moyen à vitesse stabilisée.

L'hypothèse est ici que la pente de la voie n'influe éventuellement que sur le bruit moteur/échappement (coefficient C). Les régressions ont donc consisté à imposer A_0 et B_0 et à évaluer C.

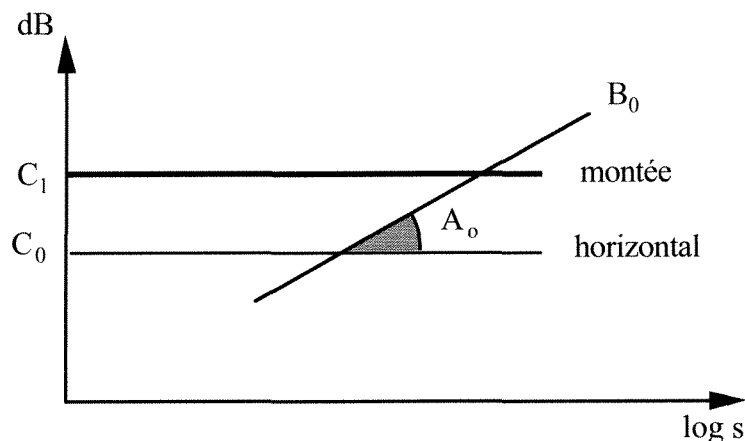


Fig. 3 : Influence de la pente de la voie

L'effet pente n'est évalué que pour les trains routiers : il est estimé que la pente n'a pas d'influence sur le bruit moteur/échappement des autres véhicules.

3.4 - TRAFIC ACCELERE

Le document ne présente que le cas du revêtement « moyen » avec pente nulle.

L'hypothèse retenue est que l'accélération n'influence que le bruit moteur/échappement (coefficient C). Les régressions ont donc consisté à évaluer C en imposant A_0 et B_0 .

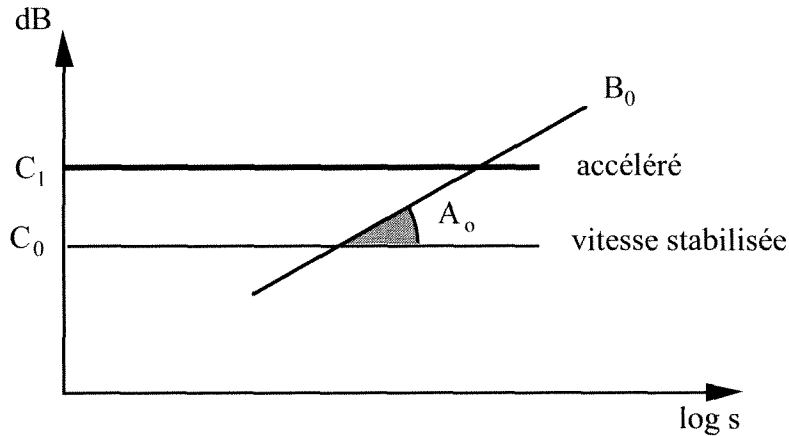


Fig. 4 : Influence de l'accélération

Remarque : Pour les trains routiers, le coefficient C retenu est le même que celui obtenu dans le cas de voie en montée (moyenne des résultats de mesure obtenus dans les deux cas).

3.5 - RESUME

Le Guide du Bruit considère douze cas de figure en fonction de la pente de la voie (horizontale, montée, descente) et du type de trafic (cf. tableau 1). Il ne tient pas compte de l'influence du revêtement.

	Horizontale	Montée	Descente
Fluide continu (vit. stab.)	*	*	
Pulsé non différencié			
Accélééré	*		
Décélééré			

Cas de figure considérés
Tableau 1

Le FHWA TNM ne considère que trois cas de figure (repérés par une * dans le tableau) mais tient compte par ailleurs de l'influence du revêtement (au moins dans un cas).

4 - LES ABAQUES D'EMISSION

Les abaques du Guide du Bruit ne présentent pas des niveaux maximums au passage mais un niveau d'émission E défini par :

$$E = L_w - 10 \log V - 50 \quad (4.1)$$

où V est la vitesse en km/h

L_w est le niveau de puissance acoustique du véhicule, obtenu à partir du niveau maximum au passage par la relation

$$L_w = L_{p\max} + 10 \log(2\pi D^2) \quad (4.2)$$

où D est la distance à laquelle est relevé le niveau maximum.

Les abaques FHWA TNM sont donc présentés ici en niveau d'émission E en utilisant comme relation :

$$E = L_E(V / 1.61) - 10 \log V - 50 + 10 \log(2\pi D^2) \quad (4.3)$$

où $L_E(s)$ est la régression donnée par le FHWA TNM (Eq. 2.4)

$D = \sqrt{15^2 + 1.5^2}$ est la distance de mesure utilisée pour établir $L_E(s)$.

Les abaques sont présentés sous forme de fiches, chaque fiche correspond à une condition de trafic donnée (fluide horizontal par ex.). Cette condition est indiquée dans un cadre avec la convention utilisée dans le Guide du Bruit (cf. Tableau 1 § 3.5).

Pour chaque abaque, les coefficients A , B , C , ΔE_b et ΔE_c , tels que publiés dans le document, sont donnés.

4.1 - ABAQUES D'EMISSION POUR LE REVETEMENT « MOYENNE » (BASE)

Ils sont reportés sur trois fiches correspondant aux conditions

- fluide, horizontal (Cas 1.1) Fiche 1
- fluide, montée (Cas 1.2) Fiche 2
- accéléré, horizontal (Cas 1.3) Fiche 3

Sur chaque fiche figurent les niveaux d'émission des trois types de véhicules (VL, MT, HT), donnés en fonction de la vitesse.

Les différences de niveaux d'émission d'au moins 4 dB(A) obtenues entre les deux catégories de poids lourds (MT et HT) justifient la distinction acoustique de ces deux catégories. (Les régressions ont été effectuées sur une population de 508 échantillons pour

les Medium Trucks et 1793 échantillons pour les Heavy Trucks, les intervalles de confiance à 95 % sur les moyennes estimées sont, au voisinage de 90 km/h de ± 0.2 dB(A) et ± 0.1 dB(A) respectivement).

Remarque : Les plages de valeurs des niveaux individuels de part et d'autre de la moyenne sont du même ordre de grandeur que celles observées en France ($\approx \pm 5$ dB(A) pour les VL, $\approx \pm 10$ dB(A) pour les MT et HT).

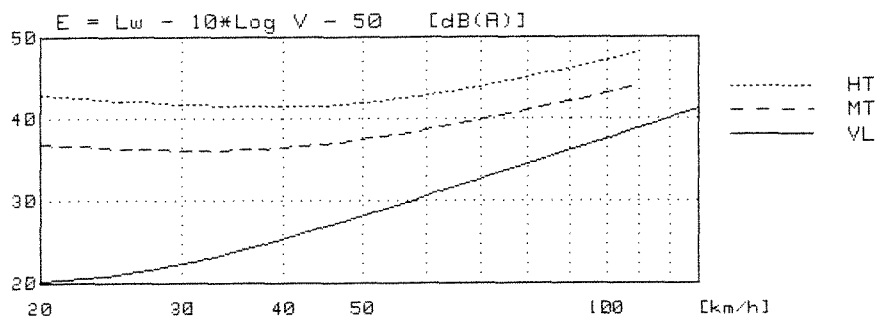
Emission acoustique des véhicules routiers
Prévision des niveaux sonores

INRETS MMA / E_VL_PL

Pays : US
Chaussée : BASE

Véhicules : VL
 MT
 HT

	H	M	D
Fluide	1.1		
Pulsé			
Accéléré			
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL	20.3	22.4	25.4	28.2	30.6	32.7	34.5	36.1	37.6	38.9	40.1	41.2
E MT	36.9	36.1	36.5	37.5	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.1		
E HT	43.0	41.8	41.5	42.0	42.9	44.0	45.1	46.2	47.2	48.2		

VL : A = 41.740807
 B = 0.223836
 C = 47.861067
 DE_b = 0.92471
 DE_c = 2.267249

MT : A = 33.918713
 B = 19.495961
 C = 66.907893
 DE_b = 1.095085
 DE_c = 1.095085

HT : A = 35.87985
 B = 20.306023
 C = 73.584493
 DE_b = 0.713642
 DE_c = 0.713642

Circulation fluide - Voie horizontale
Abaques d'émission des VL, MT et HT sur chaussée « moyenne »
Fiche 1

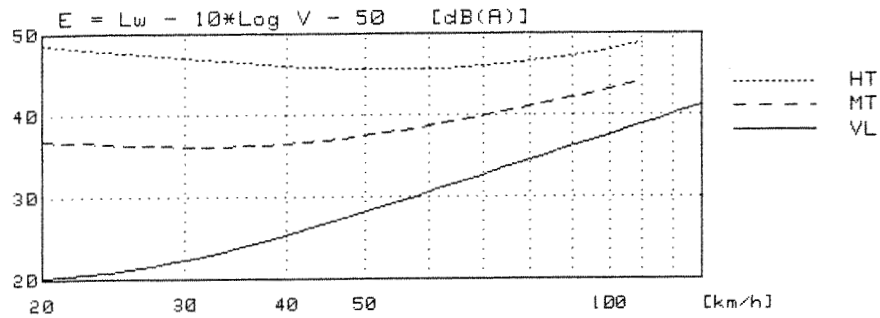
Emission acoustique des véhicules routiers
Prévision des niveaux sonores

INRETS MMA / E_VL_PL

Pays : US
Chaussée : BASE

Véhicules : VL
 MT
 HT

	H	M	D
Fluide		1.2	
Pulsé			
Accélééré			
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL	20.3	22.4	25.4	28.2	30.6	32.7	34.5	36.1	37.6	38.9	40.1	41.2
E MT	36.9	36.1	36.5	37.5	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.1		
E HT	48.6	47.0	46.1	45.6	45.7	46.0	46.6	47.3	48.0	48.8		

VL : A = 41.740807
 B = 0.223836 DE_b = 0.92471
 C = 47.861067 DE_c = 2.267249

MT : A = 33.918713
 B = 19.495961 DE_b = 1.095085
 C = 66.907893 DE_c = 1.095085

HT : A = 35.87985
 B = 20.306023 DE_b = 0.713642
 C = 80.0

Circulation fluide - Voie en montée
Abaques d'émission des VL, MT et HT sur chaussée « moyenne »
Fiche 2

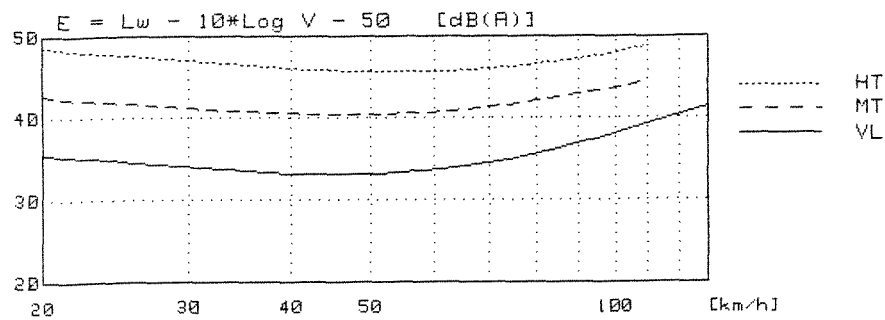
Emission acoustique des véhicules routiers
Prévision des niveaux sonores

INRETS MMA / E_VL_PL

Pays : US
Chaussée : BASE

Véhicules : VL
 MT
 HT

	H	M	D
Fluide			
Pulsé			
Accélééré	3.1		
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL	35.6	34.0	33.2	33.1	33.6	34.6	35.7	36.9	38.1	39.2	40.3	41.3
E MT	42.6	41.2	40.5	40.4	40.7	41.3	42.1	42.9	43.7	44.5		
E HT	48.6	47.0	46.1	45.6	45.7	46.0	46.6	47.3	48.0	48.8		

VL : A = 41.740007
 B = 0.223836 DE_b = 0.92471
 C = 67.0

MT : A = 33.918713
 B = 19.495961 DE_b = 1.095085
 C = 74.0

HT : A = 35.87985
 B = 20.306023 DE_b = 0.713642
 C = 80.0

Trafic accéléré - Voie horizontale
Abaques d'émission des VL, MT et HT sur chaussée « moyenne »
Fiche 3

4.2 - ABAQUES D'EMISSION POUR DIFFERENTS REVETEMENTS

Le document ne donne que les abaques d'émission correspondant à la condition vitesse stabilisée sur voie horizontale (cas 1.1).

Remarque : Il n'est pas inenvisageable que les évaluations puissent aussi être faites pour une condition d'accélération ou/et de voie en montée. L'hypothèse du FHWA TNM est en effet que ces deux conditions n'affectent que le bruit moteur/échappement (coefficient C) alors que le revêtement n'affecte que le bruit de contact pneumatique/chaussée (et uniquement le coefficient B).

Les abaques sont reportés sur trois fiches correspondant aux trois catégories de véhicules (VL (fiche 4), MT (fiche 5), HT (fiche 6)). Sur chaque fiche figurent les quatre types de revêtements (BASE, PCC, DGAC, OGAC).

Le Béton de Ciment (PCC) s'avère le revêtement le plus bruyant. L'influence des revêtements sur les niveaux reste toutefois faible (au vu des résultats). Ce sont les véhicules légers qui sont le plus « sensibles » au revêtement (prédominance effective du bruit de contact pneumatique/chaussée).

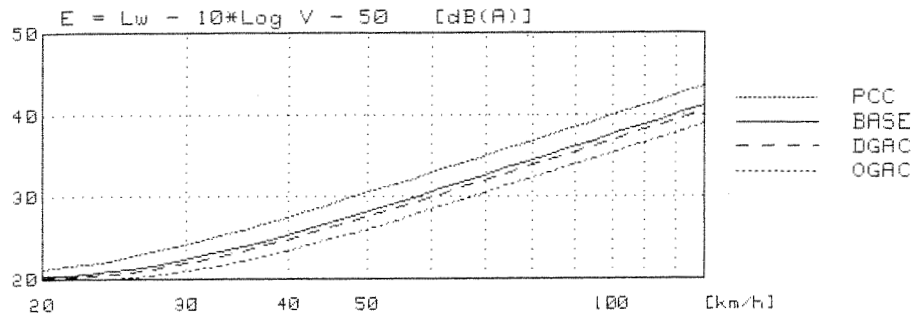
Emission acoustique des véhicules routiers
Prévision des niveaux sonores

INRETS MMA / E_REVET

Pays : US
Véhicule : VL

	H	M	D
Fluide	L1		
Pulsé			
Accélééré			
Décélééré			

Chaussée : PCC
 BASE
 DGAC
 OGAC



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E PCC	21.2	24.2	27.6	30.5	32.9	35.0	36.9	38.5	39.9	41.2	42.4	43.5
E BASE	20.3	22.4	25.4	28.2	30.6	32.7	34.5	36.1	37.6	38.9	40.1	41.2
E DGAC	20.1	21.9	24.8	27.6	30.0	32.0	33.8	35.5	36.9	38.2	39.4	40.5
E OGAC	19.7	20.9	23.5	26.1	28.4	30.5	32.3	33.9	35.3	36.7	37.9	39.0

PCC : A = 41.740807
 B = 3.035771 DE_b = 0.484233
 C = 47.861067 DE_c = 2.267249

BASE : A = 41.740807
 B = 0.223836 DE_b = 0.92471
 C = 47.861067 DE_c = 2.267249

DGAC : A = 41.740807
 B = -1.689237 DE_b = 0.805461
 C = 47.861067 DE_c = 2.267249

OGAC : A = 41.740807
 B = -2.326255 DE_b = 0.608719
 C = 47.861067 DE_c = 2.267249

Trafic fluide - Voie horizontale
Abaque d'émission des VL sur différentes chaussées
Fiche 4

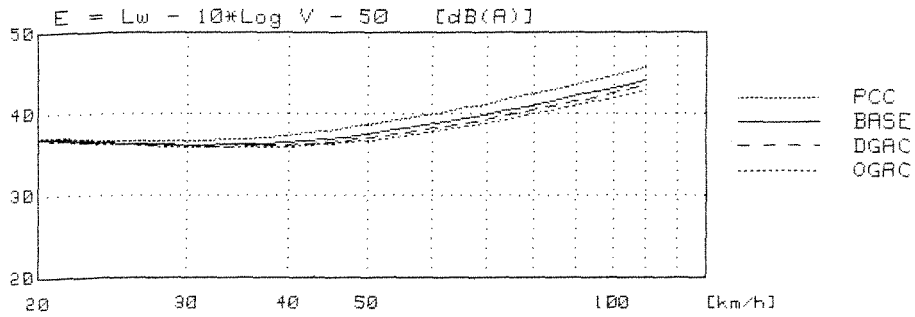
Emission acoustique des véhicules routiers
Prévision des niveaux sonores

INRETS MMA / E_REVET

Pays : US
Véhicule : MT

Chaussée : PCC
BASE
DGAC
OGAC

	H	M	D
Fluide	1.1		
Pulsé			
Accélééré			
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E PCC	37.1	36.6	37.3	38.6	39.9	41.2	42.5	43.6	44.6	45.6		
E BASE	36.9	36.1	36.5	37.5	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.1		
E DGAC	36.9	36.0	36.2	37.0	38.1	39.3	40.4	41.5	42.5	43.4		
E OGAC	36.8	35.8	35.9	36.7	37.7	38.8	39.9	41.0	42.0	42.9		

PCC : A = 33.918713
 B = 21.747675 DE_b = 0.393936
 C = 66.907893 DE_c = 1.095085

BASE : A = 33.918713
 B = 19.495961 DE_b = 1.095085
 C = 66.907893 DE_c = 1.095085

DGAC : A = 33.918713
 B = 18.718316 DE_b = 1.185459
 C = 66.907893 DE_c = 1.095085

OGAC : A = 33.918713
 B = 18.589391 DE_b = 0.755823
 C = 66.907893 DE_c = 1.095085

Trafic fluide - Voie horizontale
 Abaque d'émission des MT sur différentes chaussées
 Fiche 5

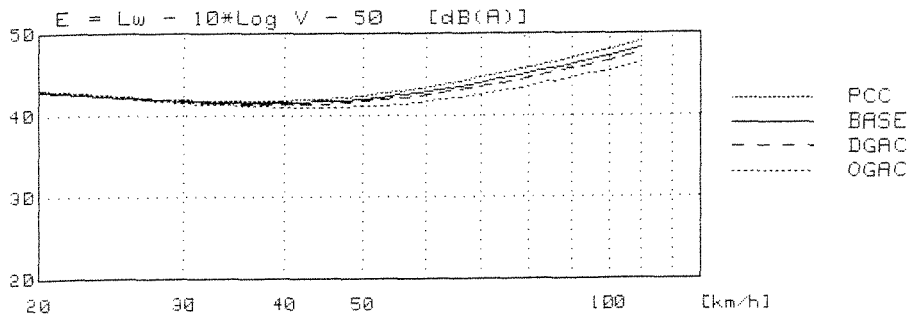
Emission acoustique des véhicules routiers
Prévision des niveaux sonores

INRETS MMA / E_REVET

Pays : US
Véhicule : HT

	H	M	D
Fluide	(.I)		
Pulsé			
Accélééré			
Décélééré			

Chaussée : PCC
BASE
DGAC
OGAC



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E PCC	43.0	41.9	41.8	42.4	43.5	44.6	45.8	46.9	48.0	49.0		
E BASE	43.0	41.8	41.5	42.0	42.9	44.0	45.1	46.2	47.2	48.2		
E DGAC	43.0	41.7	41.3	41.7	42.5	43.5	44.5	45.6	46.6	47.6		
E OGAC	42.9	41.5	41.0	41.1	41.7	42.6	43.5	44.5	45.5	46.4		

PCC : A = 35.87985
 B = 21.402464 DE_b = 0.420354
 C = 73.584493 DE_c = 0.713642

BASE : A = 35.87985
 B = 20.306023 DE_b = 0.713642
 C = 73.584493 DE_c = 0.713642

DGAC : A = 35.87985
 B = 19.552914 DE_b = 0.805584
 C = 73.584493 DE_c = 0.713642

OGAC : A = 35.87985
 B = 18.222167 DE_b = 0.884984
 C = 73.584493 DE_c = 0.713642

Trafic fluide - Voie horizontale
Abaque d'émission des HT sur différentes chaussées
Fiche 6

5 - COMPARAISON AVEC LES ABAQUES DU GUIDE DU BRUIT

Les revêtements qui ont été utilisés pour établir les abaques du Guide du Bruit étaient du type Béton Bitumineux, sans autre précision.

Compte tenu des faibles écarts observés, sur les abaques du FHWA TNM entre le revêtement moyen (BASE) et le béton bitumineux (DGAC), nous avons retenu, pour effectuer les comparaisons avec le Guide du Bruit, le cas de ce revêtement moyen.

Remarque : Les abaques du Guide du Bruit, reportés ici, correspondent aux valeurs lues sur le document [2] (le Guide du Bruit ne fournit pas de tableau de valeurs)

Les comparaisons sont présentées sous formes de six fiches correspondant à deux catégories de véhicules et trois conditions de circulation.

5.1 - LES VEHICULES LEGERS

En circulation fluide horizontale (Fiche 7) ou en montée (Fiche 8), les niveaux US sont, aux basses vitesses, systématiquement inférieurs aux niveaux français. A partir de 70 km/h, les différences se réduisent à 2 dB(A) ou moins : le bruit de contact pneumatique/chaussée observé aux Etats-Unis dans les années 90 serait donc du même ordre de grandeur que celui observé en France dans les années 70.

En accélération, sur une horizontale (Fiche 9), les valeurs données par les deux pays sont très proches (différence inférieure à 2 dB(A)).

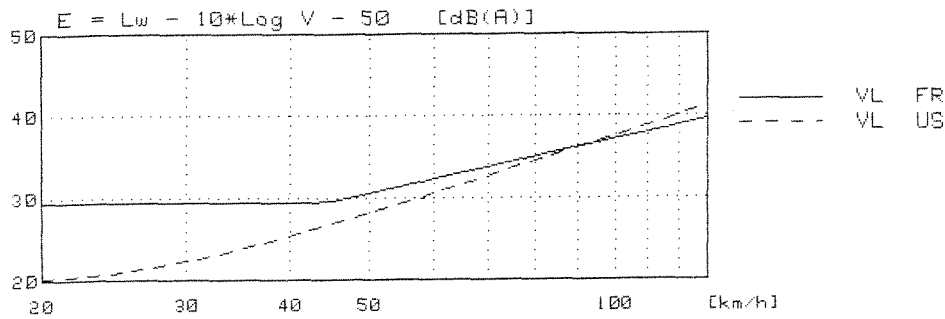
Emission acoustique des véhicules routiers
 Comparaison des abaques France et Etats-Unis

INRETS MMA / E_FR_US

Chaussée : BASE

Véhicule : VL

	H	M	D
Fluide	1.1		
Pulsé			
Accéléré			
Décéléré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL FR	29.5	29.5	29.5	30.7	32.4	33.8	35.1	36.2	37.1	38.0	38.8	39.6
E VL US	20.3	22.4	25.4	28.2	30.6	32.7	34.5	36.1	37.6	38.9	40.1	41.2

Différences US par rapport à FR

V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL	-9.2	-7.1	-4.1	-2.5	-1.8	-1.1	-0.6	-0.0	+0.4	+0.8	+1.2	+1.6

Véhicules légers
 Trafic fluide sur voie horizontale
 Abaques d'émission Guide du Bruit (FR) - FHWA TNM (US)
 Fiche 7

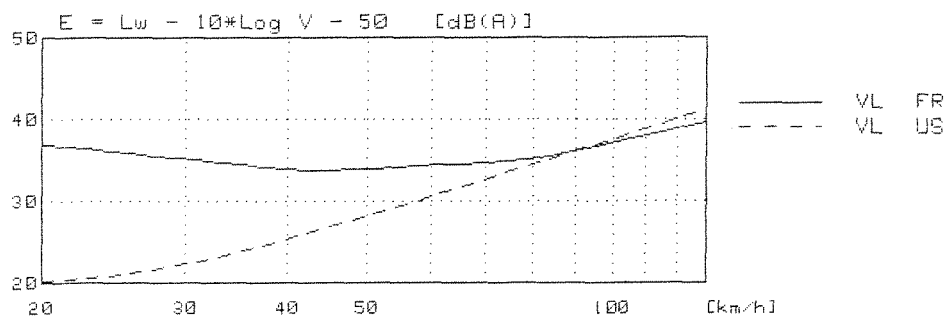
Emission acoustique des véhicules routiers
 Comparaison des abaques France et Etats-Unis

INRETS MMA / E_FR_US

Chaussée : BASE

Véhicule : VL

	H	M	D
Fluide		1.2	
Pulsé			
Accélééré			
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL FR	36.9	35.2	33.9	34.0	34.4	34.8	35.1	36.1	37.1	38.0	38.8	39.5
E VL US	20.3	22.4	25.4	28.2	30.6	32.7	34.5	36.1	37.6	38.9	40.1	41.2

Différences US par rapport à FR

V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL	-16.6	-12.8	-8.5	-5.8	-3.8	-2.1	-.6	+0.0	+1.5	+1.9	+1.3	+1.7

Véhicules légers
 Trafic fluide en montée
 Abaques d'émission Guide du Bruit (FR) - FHWA TNM (US)
 Fiche 8

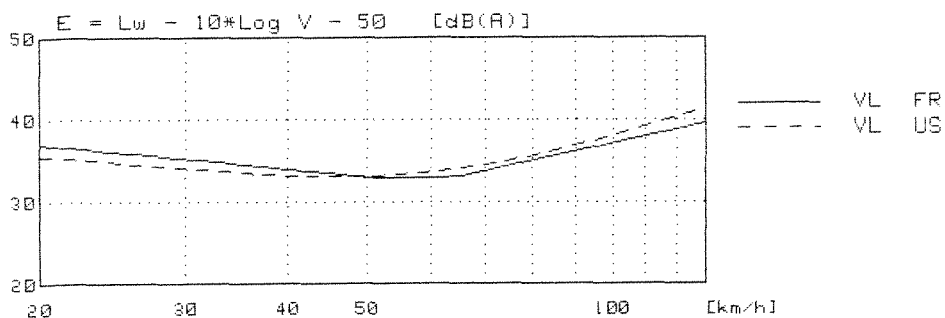
Emission acoustique des véhicules routiers
 Comparaison des abaques France et Etats-Unis

INRETS MMA / E_FR_US

Chaussée : BASE

Véhicule : VL

	H	M	D
Fluide			
Pulsé			
Accéléré	3.1		
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL FR	37.0	35.2	34.0	33.0	33.0	33.8	35.1	36.2	37.1	38.0	38.8	39.6
E VL US	35.6	34.0	33.2	33.1	33.6	34.6	35.7	36.9	38.1	39.2	40.3	41.3

Différences US par rapport à FR

V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E VL	-1.4	-1.2	-0.7	+0.1	+0.6	+0.7	+0.6	+0.7	+0.9	+1.2	+1.5	+1.8

Véhicules légers
 Trafic accéléré, voie horizontale
 Abaques d'émission Guide du Bruit (FR) - FHWA TNM (US)
 Fiche 9

5.2 - LES VEHICULES LOURDS

Le Guide du Bruit ne considère qu'une catégorie de véhicules lourds (PL) alors que le FHWA TNM distingue les Medium Trucks (MT) et les Heavy Trucks (HT).

Nous avons donc reporté, sur chaque fiche, les résultats du PL pour le Guide du Bruit et ceux des MT et HT pour le FHWA TNM (Fiches 10, 11 et 12).

Le PL français serait acoustiquement plutôt plus proche du train routier américain (HT). Les différences de niveau entre PL et HT sont de 3 dB(A) au plus, sauf dans le cas 1.1 (circulation fluide, horizontale).

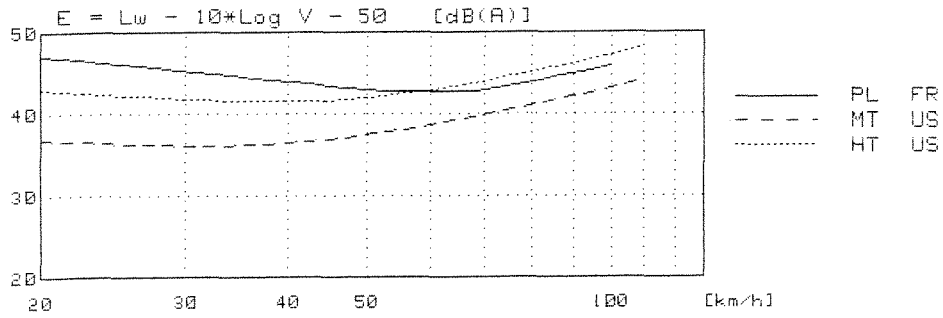
Emission acoustique des véhicules routiers
 Comparaison des abaques France et Etats-Unis

INRETS MMA / E_FR_US

Chaussée : BASE

Véhicule : MT
 HT

	H	M	D
Fluide	1.1		
Pulsé			
Accéléré			
Décéléré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E PL FR	47.1	45.2	43.9	42.9	42.8	42.8	43.9	44.9	45.8			
E MT US	36.9	36.1	36.5	37.5	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.1		
E HT US	43.0	41.8	41.5	42.0	42.9	44.0	45.1	46.2	47.2	48.2		

Différences US par rapport à FR

V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E MT	-10.1	-9.1	-7.4	-5.4	-4.1	-2.9	-2.9	-2.8	-2.7			
E HT	-4.1	-3.5	-2.4	-0.9	+1.1	+1.2	+1.2	+1.3	+1.4			

Poids lourds
 Trafic fluide sur voie horizontale
 Abaques d'émission Guide du Bruit (FR) - FHWA TNM (US)
 Fiche 10

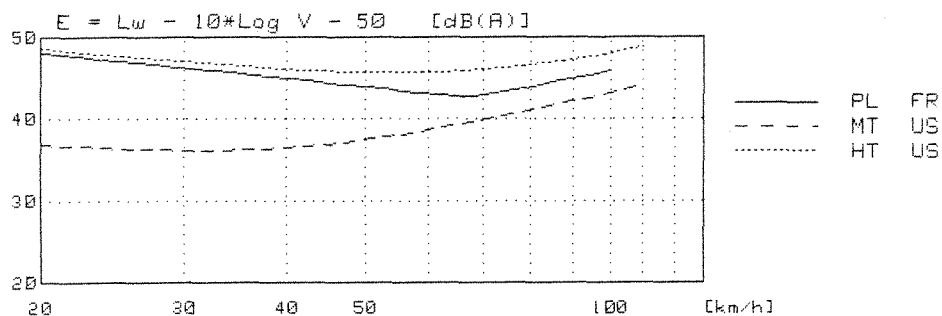
Emission acoustique des véhicules routiers
 Comparaison des abaques France et Etats-Unis

INRETS MMA / E_FR_US

Chaussée : BASE

Véhicule : MT
 HT

	H	M	D
Fluide		1.2	
Pulsé			
Accélééré			
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E PL FR	48.0	46.2	44.9	43.9	43.0	42.8	43.9	44.9	45.8			
E MT US	36.9	36.1	36.5	37.5	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.1		
E HT US	48.6	47.0	46.1	45.6	45.7	46.0	46.6	47.3	48.0	48.8		

Différences US par rapport à FR

V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E MT	-11.1	-10.0	-8.4	-6.4	-4.4	-2.9	-2.9	-2.8	-2.7			
E HT	+1.6	+1.8	+1.2	+1.8	+2.6	+3.2	+2.6	+2.3	+2.2			

Poids lourds
 Trafic fluide en montée
 Abaques d'émission Guide du Bruit (FR) - FHWA TNM (US)
 Fiche 11

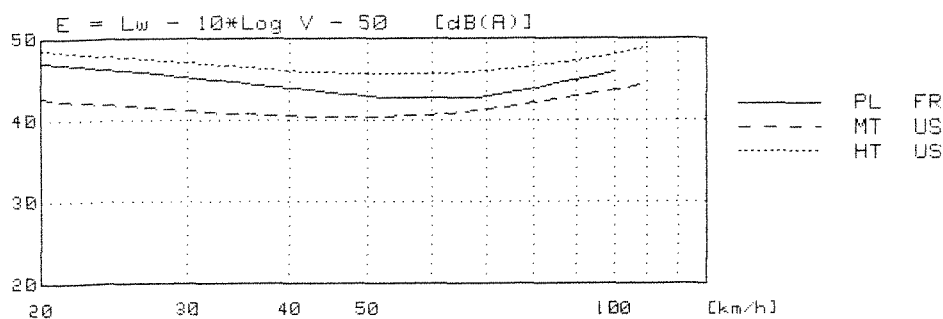
Emission acoustique des véhicules routiers
 Comparaison des abaques France et Etats-Unis

INRETS MMA / E_FR_US

Chaussée : BASE

Véhicule : MT
 HT

	H	M	D
Fluide			
Pulsé			
Accélééré	3.1		
Décélééré			



V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E PL FR	47.1	45.2	43.9	42.9	42.8	42.8	43.9	44.9	45.8			
E MT US	42.6	41.2	40.5	40.4	40.7	41.3	42.1	42.9	43.7	44.5		
E HT US	48.6	47.0	46.1	45.6	45.7	46.0	46.6	47.3	48.0	48.8		

Différences US par rapport à FR

V [km/h]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
E MT	-4.4	-4.1	-3.4	-2.5	-2.1	-1.5	-1.9	-2.1	-2.1			
E HT	+1.5	+1.7	+2.1	+2.8	+2.9	+3.2	+2.6	+2.3	+2.2			

Poids lourds
 Trafic accéléré sur voie horizontale
 Abaques d'émission Guide du Bruit (FR) - FHWA TNM (US)
 Fiche 12

6 - CONCLUSION

Les abaques d'émission des véhicules routiers font l'objet aux Etats-Unis d'un document officiel et sont utilisés dans un modèle de précision FHWA TNM. Ces abaques sont basés sur des mesures effectuées en 1994 et 1995.

La méthode de mesure est semblable à celle utilisée pour l'élaboration des abaques du Guide du Bruit : mesure de niveaux max (mais à 15 m au lieu de 7.5 m) de véhicules isolés pris dans le trafic¹.

Les lois de régression correspondent à une moyenne effectuée sur des valeurs énergétiques. Les fonctionnelles utilisées pour les régressions tiennent compte cependant de la contribution de deux types de sources (moteur/échappement et contact pneumatique/chaussée).

Le FHWA TNM

- distingue cinq catégories de véhicules contre deux dans le Guide du Bruit (Trois sont analysés dans ce rapport)
- considère trois conditions de circulation contre douze dans le Guide du Bruit
- considère quatre types de revêtements contre un dans le Guide du Bruit.

Les résultats sont fournis sous forme de tableaux de coefficients alors que le Guide du Bruit ne donne que des courbes tracées sur papier millimétré.

Dans ce rapport, les abaques sont présentés en niveau d'émission E tel que défini dans le Guide du Bruit.

Il apparaît que :

- la distinction de deux catégories de poids lourds est justifiée (leurs niveaux d'émission sont sensiblement différents)
- les revêtements considérés ont peu d'influence sur le bruit, sauf pour le cas des véhicules légers
- les véhicules légers mesurés sur Béton Bitumineux aux Etats-Unis en 94 et 95 donnent le même bruit de contact pneumatique/chaussée que ceux mesurés en France dans les années 70.

¹ Les véhicules particulièrement bruyants ne sont pas éliminés : l'objet des abaques est de traduire la réalité du trafic. Les Etats-Unis étudient aussi le spectre d'émission (non abordé dans ce rapport).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Development of National Reference Energy Mean Emission Levels for the FHWA Traffic Noise Model (FHWA TNM®), version 1.0
Greg. G. Fleming, Amanda S. Rapoza, Cynthia S.Y. Lee
Final Report - november 1995
US Department of Transportation - Federal Highway Administration

- [2] Guide du Bruit des Transports Terrestres
Prévision des niveaux sonores
CETUR - novembre 1980

- [3] Curve fitting procedures for high speed trains measured levels
Jean-François Hamet
Rapport MMA 9403 - mars 1994

- [4] Caractérisation acoustique des revêtements
Réflexions autour d'un cas
Partie 2 : Estimation d'un bruit de trafic
Joël Lelong
Rapport MMA 9502 - avril 1995