

DEUFRABASE: une base de données franco-allemande pour la classification acoustique des revêtements de chaussée

Michel C Bérengier, Benoît Gauvreau
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Centre de Nantes
Route de Bouaye
BP 4129
44341 Bouguenais CEDEX
E-mail : michel.berengier@lcp.fr

Bettina Droste, Markus Auerbach
Bundesanstalt für Strassenwesen
Brüderstrasse 53
51427 Bergisch Gladbach
Allemagne

Denis Duhamel
ENPC
UR Navier
Cité Descartes
6 et 8, avenue Blaise Pascal
Champs sur Marne
77455 Marne la Vallée
E-mail : denis.duhamel@lami.enpc.fr

Résumé

Dans le cadre du projet franco-allemand DEUFRAKO (Coopération franco-allemande) sur la prévision et la propagation du bruit de roulement (P2RN), il a été proposé de classer les divers revêtements de chaussée allemands et français par rapport à l'émission sonore dans différentes configurations représentatives de topographies routières réalistes, pour différentes caractéristiques de sols et pour diverses situations météorologiques. Après avoir identifié 30 configurations types, les atténuations sonores entre un point de référence situé en champ proche de la route et plusieurs points de réception en champ lointain ont été calculées à partir des modèles adaptés les plus couramment utilisés. Le but principal étant la précision de la prévision et non le temps de calcul, des méthodes analytiques (Tracé de rayons) et numériques (Méthode d'Eléments de Frontières – BEM, Equation parabolique) ont été mises en application. Par la suite, une technique permettant d'estimer les niveaux sonores équivalents LAeq jour et nuit ainsi que le niveau réglementaire Lden a été appliquée pour classer les divers revêtements de chaussée pour l'ensemble des configurations. Tous ces résultats ont été rassemblés dans une base de données commune (DEUFRABASE) qui est directement accessible sur le site Internet des organismes des divers auteurs. Ce papier traite de la description des procédures de classification, de la mise en place de la base de données sur le web et de son utilisation dans le but de prévoir le bruit du trafic routier.

Abstract

In the framework of a DEUFRAKO (German/French cooperation) project on the Prediction and Propagation of Rolling Noise (P2RN), it has been proposed to rank the different German and French road pavements with respect to noise for different configurations representative of realistic road topographies, ground characteristics and meteorological situations. After identification of those typical 30 configurations, the attenuations between a reference point in the near field and several receiving points in the far field have been computed according to the most relevant and adapted modelling methods currently available. The main goal being the accuracy of the prediction and not the computation time, analytical (ray tracing) and numerical (BEM, Parabolic Equation) approaches have been implemented. In the following, a technique permitting to estimate day and night LAeq and Lden has been used to classify the various pavements for the whole configurations. All those results have been gathered in a common database (DEUFRABASE) which is directly available on the website of the authors' Institutes. The paper deals with the description of the ranking procedures, how the database is implemented on the web and how to use it for road traffic noise prediction.

Lors d'enquêtes récentes, le bruit du trafic routier est toujours considéré comme une des sources de nuisances importantes par les populations riveraines des infrastructures routières. Même si les traitements acoustiques des façades ainsi que la construction d'écrans acoustiques sont communément utilisés pour réduire le bruit de la circulation routière, les revêtements de chaussée peu bruyants actuellement étudiés et développés en France et en Allemagne devraient permettre de réduire de quelques décibels le bruit du trafic.

Quelques réductions substantielles des niveaux sonores maximum au passage d'un véhicule (L_{Amax}) ont déjà été identifiés pour quelques familles de revêtements et pour quelques configurations géométriques simples. À partir de ces premières conclusions, il s'est avéré intéressant d'analyser le comportement de nouveaux

types de revêtements pour des configurations de sol et des conditions météorologiques pouvant influencer de façon importante la propagation du bruit du trafic routier. Afin de simuler un nombre important de configurations environnementales, dix cas correspondant à 30 configurations différentes ont été sélectionnés. En fonction de leur complexité, et afin d'optimiser le ratio précision du résultat/temps de calcul, les simulations ont été effectuées soit par des méthodes analytiques, soit par des méthodes numériques. Toutes les atténuations excédentaires obtenues ont été utilisées comme données d'entrée de la procédure de classification en termes de Lden, en champ lointain. Après application de cette procédure à l'ensemble des revêtements français et allemands actuels et futurs, une large base de données commune (DEUFRABASE) a été obtenue. Elle est directement accessible sur les sites Internet des principaux partenaires du projet.

Configurations géométriques et procédures de calcul

Afin de simuler différentes situations routières réalistes prenant en compte la nature des sols environnants ainsi que les diverses conditions météorologiques, plusieurs paramètres caractéristiques ont été sélectionnés. Ils sont présentés dans les tableaux 1 et 2. Les données obtenues après le calcul sont introduites dans la procédure de classification.

Configurations et paramètres d'entrée

Dans l'ensemble des configurations étudiées, celles qui sont mentionnées, cas 1-a et 1-b correspondent à la configuration de référence normalisée [1].

Cas	Configurations géométriques
1-a	Terrain plan et sol homogène - Distance courte
1-b	Terrain plan et sol mixte avec une discontinuité d'impédance - Distance courte
1-c	Terrain plan et sol homogène - Longue distance
1-d	Terrain plan et sol mixte avec une discontinuité d'impédance - Longue distance
2-a	Remblai et sol homogène
2-b	Remblai et sol mixte avec une discontinuité d'impédance
3-a	Déblai et sol homogène
3-b	Déblai et sol mixte avec une discontinuité d'impédance
4-a	Écran acoustique et sol homogène
4-b	Écran acoustique et sol mixte avec une discontinuité d'impédance

Tabl. 1 : Configurations routières
Geometrical road configurations

Concernant les paramètres d'entrée (cf. Tableau 2), les impédances des sols Z sont estimées, pour des surfaces à réaction localisée par le modèle à un paramètre (σ) de Delany et Bazley [2] ou par le modèle phénoménologique à trois paramètres (σ , Ω et q^2) [3] pour les surfaces de chaussées poreuses. σ représente la résistance spécifique au passage de l'air, Ω la porosité communicante et q^2 la tortuosité. Les valeurs suivantes des paramètres caractéristiques ont été considérées: pour l'herbe : $\sigma = 200 \text{ kNsm}^{-4}$ et pour le Béton Bitumineux Drainant (BBDr) : $\sigma = 10 \text{ kNsm}^{-4}$, $\Omega = 25 \%$, $q^2 = 3,5$. La hauteur de source h_s est 0,05 m [4] et la température T est 20°C. Concernant les conditions météorologiques, le gradient vertical de vitesse du son $\frac{\partial c}{\partial h} = 0$ correspond à une condition homogène de propagation qui se produit principalement au lever et coucher du soleil. Pour les calculs, nous choisirons $\frac{\partial c}{\partial h} = 0$ pour la période diurne et $\frac{\partial c}{\partial h} > 0$ correspondant à une condition favorable à la propagation pour la période nocturne. En fonction de la configuration géométrique et du temps de calcul, $\frac{\partial c}{\partial h}$ a été choisi entre 0,15 et 0,25 ce qui correspond à un effet relativement important.

Procédures de calcul

Dans un objectif d'optimisation de la procédure, les approches théoriques utilisées [5] ont été adaptées aux situations à traiter.

Pour les cas les plus simples (1-a, 1-b, 1-c et 1-d) les modèles analytiques basés sur la théorie des rayons sonores sont parfaitement adaptés à la situation. Avec ces modèles, les cas des sols hétérogènes et des écrans acoustiques [6] avec des conditions atmosphériques homogènes et favorables peuvent être aisément traités.

Pour des situations plus complexes (cas 2 et 4), les approches numériques sont les mieux adaptées. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées. La première est basée sur la formulation des Eléments de Frontières (BEM) [7-8] tandis qu'une seconde est basée sur l'Equation parabolique [9]. La méthode BEM est précise pour résoudre l'équation des ondes en atmosphère non-réfractive mais en revanche, elle peut conduire à des temps de calcul importants pour des propagations à grande distance. Par ailleurs, cette méthode présente l'avantage de pouvoir traiter des configurations complexes de terrain en présence ou non d'obstacles. La méthode basée sur l'Equation parabolique présente quant à elle l'avantage de pouvoir résoudre les problèmes de propagation au voisinage de sols mixtes présentant une topographie irrégulière, en zone de réfraction et en présence de turbulence atmosphérique.

Les atténuations sonores calculées, excédentaires par rapport au champ libre, ont été utilisées dans la procédure de classification qui a déjà été largement détaillée dans [10].

Procédure de classification

Calcul du LAeq

La procédure de classification est basée sur le calcul du LAeq en façade, en fonction du niveau de pression sonore maximum L_{max} au passage d'un véhicule. Après identification des divers LAeq pour les périodes de jour, soirée et nuit, le L_{den} peut être estimé pour chaque situation et chaque famille de revêtements. Cette procédure [11] nécessite de connaître les informations suivantes :

- La composition du trafic pour les périodes de jour [6:00-18:00], de soirée [18:00-22:00] et de nuit [22:00-6:00] pour chaque classe de véhicules : véhicules légers (n_{VL}) et véhicules lourds (n_{PL}),
- La vitesse de référence pour chaque classe de véhicules (V_{Ref}),
- Le niveau de pression sonore maximum au passage, pondéré A, (L_{max} en valeur globale ou en bandes de 1/3 d'octave) au microphone de référence, positionné à proximité du bord de chaussée, à 7,50 m de l'axe de la voie de droite et à 1,20 m au-dessus de la surface de chaussée (Cas 1-a), pour chaque classe de véhicules, en conformité avec la méthode statistique au passage (SPB) [1],
- Le nombre et la largeur des voies de circulation,
- Les différents paramètres d'entrée détaillés dans le Tableau 2,

Cas	Paramètres d'entrée	Cas	Paramètres d'entrée
1-a	$Z \rightarrow \infty$; Z (Herbe) et Z (BBDr) $h_R = 1,20$ m et $d(S,R) = 7,50$ m $\partial c / \partial h = 0$	2-b	$Z_1 \rightarrow \infty$ and Z (BBDr) ; Z_2 (Herbe) $h_R = 2$ m/niveau du récepteur $d(S, \text{pente}) = 4$ m $h_{\text{pente}} = 1,5$ m et $\theta = 8^\circ$ $\partial c / \partial h = 0$ pour $d(S,R) = 50$ m $\partial c / \partial h > 0$ pour $d(S,R) = 100$ m
1-b	$Z \rightarrow \infty$ et Z (BBDr) ; Z (Herbe) $h_R = 1,20$ m et $d(S,R) = 7,50$ m $d(S, \text{disc}) = 4$ m $\partial c / \partial h = 0$	3-a	$Z \rightarrow \infty$ $h_R = 2$ m/ niveau du récepteur $d(S, \text{pente}) = 4$ m $h_{\text{pente}} = 1,5$ m et $\theta = 8^\circ$ $\partial c / \partial h = 0$ pour $d(S,R) = 50$ m $\partial c / \partial h > 0$ pour $d(S,R) = 100$ m
1-c	$Z \rightarrow \infty$; Z (Herbe) et Z (BBDr) $h_R = 2$ m et $d(S,R) = 200$ m $\partial c / \partial h = 0$ et $\partial c / \partial h > 0$	3-b	$Z_1 \rightarrow \infty$ and Z (BBDr); Z_2 (Herbe) $h_R = 2$ m/ niveau du récepteur $d(S, \text{pente}) = 4$ m $h_{\text{pente}} = 1,5$ m et $\theta = 8^\circ$ $\partial c / \partial h = 0$ pour $d(S,R) = 50$ m $\partial c / \partial h > 0$ pour $d(S,R) = 100$ m
1-d	$Z_1 \rightarrow \infty$ et Z (BBDr); Z_2 (Herbe) $h_R = 2$ m et $d(S,R) = 200$ m $d(S, \text{disc}) = 4$ m $\partial c / \partial h = 0$ et $\partial c / \partial h > 0$	4-a	$Z \rightarrow \infty$ $\partial c / \partial h = 0$ $h_R = 3$ m et $h_{\text{écran}} = 2$ m $d(S, \text{écran}) = 4$ m $d(\text{écran}, R) = 40$ m
2-a	$Z \rightarrow \infty$ $h_R = 2$ m/ niveau du récepteur $d(S, \text{pente}) = 4$ m $h_{\text{pente}} = 1,5$ m et $\theta = 8^\circ$ $\partial c / \partial h = 0$ pour $d(S,R) = 50$ m $\partial c / \partial h > 0$ pour $d(S,R) = 100$ m	4-b	$Z_1 \rightarrow \infty$ and Z (BBDr); Z_2 (Herbe) $\partial c / \partial h = 0$ $h_R = 3$ m and $h_{\text{écran}} = 2$ m $d(S, \text{écran}) = 4$ m $d(\text{écran}, R) = 40$ m

Tabl. 2 : Paramètres d'entrée
 Input parameters

À partir du L_{Amax} , le $L_{Aeq}[T]$ pour les différentes périodes de référence T peut être obtenu à partir de l'équation générale [12] :

$$L_{Aeq}[T](V) = LA_{max}(V) + 10 \cdot \lg_{10} \left(\frac{\pi D}{V \cdot T} \right) \quad (1)$$

où D est la distance entre l'axe de la voie de droite et le microphone de référence, T la période de référence qui est prise égale à 1 heure et V la vitesse moyenne du flot de circulation qui dépend des conditions urbaines ou péri-urbaines.

À partir de l'équation (1), un premier calcul est effectué au microphone de référence pour l'ensemble des bandes de fréquences représentatives du spectre du trafic routier

[100 Hz - 4 kHz]. Puis, les atténuations excédentaires [Att (propagation)] entre le microphone de référence et les divers autres récepteurs sont calculées à partir des méthodes décrites précédemment. La valeur finale du $L_{Aeq}[T]$ au récepteur considéré est enfin estimée à partir de l'équation (2).

$$L_{Aeq}[T](\text{récepteur}) = L_{Aeq}[T](\text{ref}) + Att(\text{propagation}) \quad (2)$$

Connaissant le $L_{Aeq}[1 \text{ heure}]$ pour un véhicule représentatif de chaque classe (VL et PL), le $L_{Aeq}[T](\text{récepteur})$ pour un flot de circulation représentatif des diverses périodes de jour, soirée et nuit peut être obtenu par sommation des énergies respectives de chaque véhicule (Equation 3) :

$$LAeq[T](\text{récepteur}) = 10 \cdot \lg_{10} \left[\frac{1}{T} \left(n_{VL} \cdot 10^{0.1 LAeq(\text{récepteur}, VL)} + n_{PL} \cdot 10^{0.1 LAeq(\text{récepteur}, PL)} \right) \right] \quad (3)$$

où n_{VL} et n_{PL} sont respectivement, le nombre de véhicules légers et de véhicules lourds du trafic au cours de la période T . $LAeq(\text{récepteur}, VL)$ et $LAeq(\text{récepteur}, PL)$ sont les $LAeq$ au récepteur situé en champ lointain de la source, pour un véhicule représentatif de chaque classe sur la période de référence de 1 heure. Quand le récepteur est très proche d'une façade d'habitation, l'effet de réflexion (+ 3 dB) doit être introduit à la dernière étape du calcul.

Cette procédure a été validée, pour des conditions de champ libre par comparaison entre les résultats du modèle et un grand nombre d'expérimentations représentatives de plusieurs familles de revêtements [11]. Une estimation des niveaux $LAeq$ avec une précision de ± 2 dB (A) à 200 m a été trouvée à la fois sur les niveaux globaux et les niveaux en bandes de 1/3 d'octave.

Données de trafic

Le calcul du $LAeq$ exige la connaissance la meilleure possible de la composition du trafic en termes de véhicules légers et de véhicules lourds pour chaque heure de la journée. Dans cette étude et afin d'être représentatif d'une moyenne journalière annuelle, nous avons seulement considéré les jours ouvrables (du lundi au vendredi). Les données représentées dans le tableau 3 correspondent aux distributions moyennes des véhicules légers et des véhicules lourds par voie, à partir de comptages effectués en France, en divers points autour du boulevard périphérique de Nantes et en Allemagne, sur 9 différentes routes à grande circulation. Le Tableau 4 détaille la distribution des véhicules par voie pour deux types de routes: (1 x 1) et (2 x 2) voies.

Données relatives aux revêtements de chaussée

Le Tableau 5 décrit l'ensemble des revêtements de chaussée français et allemands qui ont été introduits dans la procédure de classification. Les valeurs moyennes des L_{Amax} ont été mesurées au point de référence (7,50 m ; 1,20 m) suivant la norme de mesure SPB "Statistical Pass-By"[1].

Dans le Tableau 5, les chiffres suivant la dénomination du revêtement correspondent aux tailles minimums et maximums des granulats. Le type est lié aux propriétés de porosité. "type 1" correspond à une porosité Ω inférieure ou égale à 15 % tandis que "type 2" correspond à une porosité Ω comprise entre 15 % et 25 %.

A titre d'exemple, un BBTM 0/6 – type 2 correspond à un Béton Bitumineux Très Mince dont la taille des granulats se situe entre 0 et 6 mm, avec une porosité voisine de 20 %.

Code de calcul prévisionnel

Le code de calcul prévisionnel a été écrit dans le langage de programmation Python™ [13]. Cet outil a été utilisé car il est indépendant du système d'exploitation du calculateur sur lequel il est implanté (Linux, Mac® ou Windows®). Concernant le calcul, pour chaque configuration géométrique, les trois fichiers d'entrée suivants sont nécessaires :

- Spectre sonore mesuré au passage suivant la méthode SPB,
- Spectre d'atténuation sonore excédentaire par rapport au champ libre,
- Composition horaire du flot de trafic,

Nombre de véhicules par voie	Pourcentage de PL	Distribution / type de véhicules	Trafic global (1 x 1)	Trafic global (2 x 2)
20 000	10 %	VL: 18 000 PL: 2 000	40 000	80 000
20 000	15 %	VL: 17 000 PL: 3 000	40 000	80 000
10 000	10 %	VL: 9 000 PL: 1 000	20 000	40 000
10 000	15 %	VL: 8 500 PL: 1 500	20 000	40 000

Tabl. 3 : Classes de trafic
Traffic classes

Nombre de voies	Distribution des VL/voie	Distribution des PL/voie
(1 x 1)	100 %	100 %
(2 x 2)	Voie lente: 50 % Voie rapide: 50 %	Voie lente: 90 % Voie rapide: 10 %

Tabl. 4 : Distribution des véhicules par voie
Vehicle distribution per lane

Revêtement	VL		PL
	LAm _{ax} (90 km/h)	LAm _{ax} (110 km/h)	LAm _{ax} (80 km/h)
BBM 0/6	72.7	75.3	-
BBDr 0/6	72.8	75.4	80.3
BBTM 0/6 – type 2	73.4	76.0	81.4
BBUM 0/6	74.1	76.7	83.5
BBDr 0/10	74.2	76.8	82.0
BBTM 0/6 –type 1	74.9	77.5	82.8
<i>BBDr 0/8 en double couche</i>	75.2	76.9	80.6
BBTM 0/10 – type 2	75.3	77.9	82.6
BBDr 0/14	76.1	78.7	83.9
<i>BBDr 0/8</i>	76.2	77.8	83.9
BBTM 0/8 – type 1	76.2	78.8	82.6
BBM 0/10	77.6	80.2	85.6
<i>SMA 0/5 ln</i>	78.0	80.3	87.5
BBSG 0/10 (Référence française)	78.0	80.6	85.4
<i>SMA 0/8 ln</i>	78.3	80.3	85.6
BBUM 0/10	78.3	81.0	84.4
ES	78.5	81.1	-
ES 6/8	78.6	81.2	-
ECF	78.6	81.2	85.3
ES 4/6	78.9	81.5	-
BBTM 0/10 – type 1	79.0	81.6	85.2
ES 6/10	80.0	82.6	85.9
BBSG 0/14	80.0	82.7	86.2
<i>SMA 0/8 S</i>	80.1	81.9	85.9
<i>GA 0/5 ln</i>	80.1	82.2	86.6
BBTM 0/14	80.4	83.0	86.2
<i>SMA 0/11</i>	80.8	82.9	86.9
<i>BC 0/16 Kamm</i>	80.9	82.7	87.9
<i>BC</i>	81.0	82.9	90.6
<i>BD</i>	81.1	83.0	89.1
<i>BC</i>	81.2	83.8	87.5
<i>SMA 0/11 S</i>	81.4	83.4	87.5
Référence Allemande calculée	81.5	84.1	-
<i>BCTFS</i>	81.6	83.6	89.7
<i>GA 0/5</i>	81.8	83.3	87.6
<i>BD 0/5</i>	82.1	83.6	90.4
ES 10/14	82.1	84.7	86.4
BBUM 0/14	82.1	84.7	-

Tabl. 5 : Base de données des revêtements (normal : Français ; normal gras : Référence française ; italique : Allemands ; italique gras : Référence allemande calculée). La signification des divers acronymes est fournie dans le Tableau 6.
 Pavement database (normal : French ; normal bold : French reference ; italic : German ; italic bold : German calculated reference)

Acronyme Français	Acronyme Allemand	Signification
BBM	-	Béton Bitumineux Mince
BBDr	OPA	Béton Bitumineux Drainant
BBTM	-	Béton Bitumineux Très Mince
BBUM	-	Béton Bitumineux Ultra Mince
<i>BBDr en double couche</i>	ZWOPA	<i>Béton Bitumineux Drainant en Double Couche</i>
<i>SMA</i>	<i>SMA</i>	<i>Enrobé à gros granulats ou Enrobé SMA</i>
BBSG	-	Béton Bitumineux Semi-Grenu
ES	-	Enduit Superficiel
ECF	-	Enrobé Coulé à Froid
GA	GA	Gussasphalt
BC	ZB	Béton de Ciment Hydraulique
<i>BD</i>	<i>WB</i>	<i>Béton Dénudé</i>
<i>BCTFS</i>	<i>ZBKR</i>	<i>Béton de Ciment traité avec des Fibres Synthétiques</i>

Tabl. 6 : Divers types de revêtements (normal : Français ; italique : Allemand)
 Pavement determination (normal : French ; italic : German)

Par la suite, le calcul est divisé en deux étapes. Au cours de la première étape, une procédure calcule les LAeq pour l'ensemble des géométries, des caractéristiques de sol et de conditions atmosphériques, des données relatives aux revêtements de chaussée ainsi qu'au trafic, conformément à la structure décrite sur la figure 1.

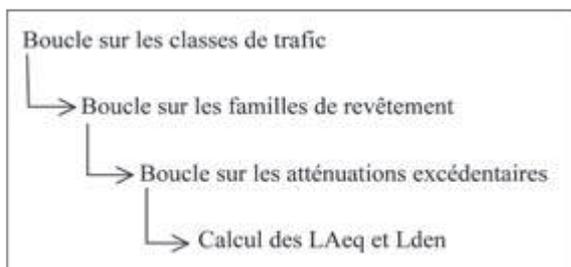


Fig. 1 : Structure du code de calcul
Structure of the code

La figure 2 montre comment les fichiers d'entrée sont introduits dans la procédure de calcul.

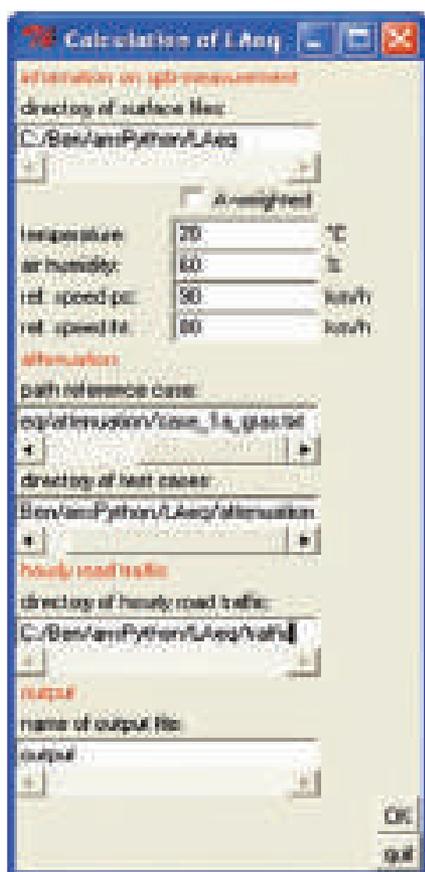


Fig. 2 : Entrée d'accès au programme
Input page

Dans une seconde étape, une procédure permet de visualiser les différents résultats sous forme de graphiques "barre" : Evolution spectrale des LAeq pour une configuration au cours d'une période choisie, distribution horaire des LAeq pour diverses configurations géométriques et différents revêtements avec une évaluation du Lden final et enfin, évolution du Lden pour

tous les revêtements et pour chaque configuration géométrique. Les figures 3 et 4 fournissent des exemples pour les deux derniers types de représentation. La totalité des données calculées pour l'ensemble des combinaisons (de l'ordre de 130 000) constitue la base de données commune franco-allemande DEUFRABASE.

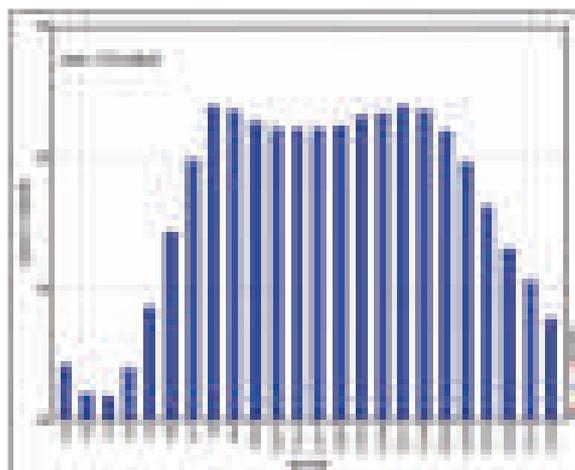


Fig. 3 : Distribution horaire des LAeq
Hourly LAeq distribution

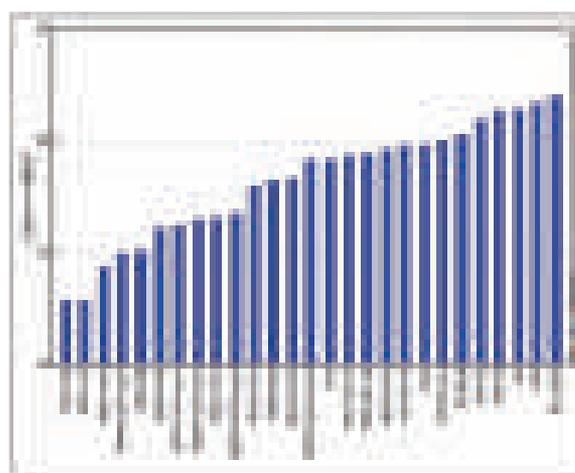


Fig. 4 : Evolution du Lden pour l'ensemble de la base des revêtements
Lden evolution of the pavement database

Comment utiliser la base de données DEUFRABASE?

Cette base de données, construite pour être utilisée par les sociétés routières, les services des ministères, les bureaux d'étude et les ingénieurs des services techniques est actuellement utilisable directement sur le serveur de la BAST (<http://deufrako.bast.de/>). Plus tard elle sera également accessible gratuitement sur le serveur du LCPC (www.lcpc.fr).

Sur cette page (cf. Figure 5), l'utilisateur peut choisir un ou plusieurs revêtements de chaussée, une configuration géométrique et une classe de trafic. Puis, il a la possibilité de choisir le type d'information souhaité: Lden pour un revêtement particulier, évolution du LAeq pour l'ensemble

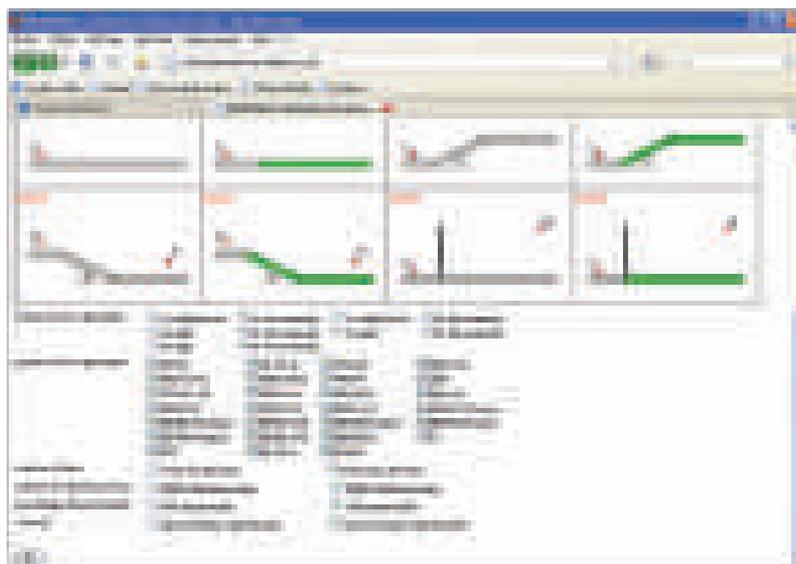


Fig. 5 : Page d'accueil de la base de données DEUFRABASE
DEUFRABASE Home page

des revêtements sélectionnés pour une journée ou spectre sonore pour un revêtement particulier au cours d'une période horaire sélectionnée. En plus des graphiques "barre" visualisés aux figures 3 et 4, les résultats peuvent aussi être fournis sous la forme d'un fichier (.txt) qui pourra être repris, par exemple, dans un tableur pour des analyses complémentaires.

Conclusion

De façon générale, les caractéristiques acoustiques des revêtements de chaussée étaient principalement connues en termes de niveaux sonores maximums au passage L_{Amax}, à proximité de la voie (7,5 m) ou en termes de niveau sonore en continu suivant la méthode CPX [14] à proximité directe du pneumatique. De tels résultats sont intéressants, mais doivent être complétés afin de caractériser l'impact acoustique d'une technique routière au voisinage direct des riverains. Ceci était un des principaux objectifs du projet "P2RN". Après validation des prévisions des atténuations excédentaires, un outil spécifique a été élaboré afin d'aider l'utilisateur à identifier l'impact sonore des couches de roulement de chaussée quelle que soit la configuration géométrique de la route et la position des récepteurs. Après le calcul d'un très grand nombre de combinaisons, une base de données commune franco-allemande (DEUFRABASE) est née. Elle permet, par l'intermédiaire de quelques "clics de souris", d'obtenir une information de base qui sera très utile pour sélectionner le revêtement de chaussée adapté à une situation spécifique.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'ADEME et le ministère allemand de l'économie et de la technologie pour leur soutien financier dans le cadre du programme de coopération franco-allemande DEUFRABASE.

Références bibliographiques

- [1] EN-ISO 11819-1, "Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: The Statistical Pass-By Method", (1997)
- [2] M. E. Delany, E. N. Bazley, "Acoustical properties of fibrous absorbent materials", *Appl. Acoust.* 3, 105-116 (1970)
- [3] J.F. Hamet, M. Bérengier, "Acoustical characteristics of porous pavements : a new phenomenological model", *Internoise 93*, Leuven, Belgium, (1993)
- [4] J.F. Hamet, M.A.A Pallas, D. Gaulin, M. Bérengier, "Acoustic modelling of road vehicles for traffic noise prediction: Determination of the source heights", *16th ICA*, Seattle, USA, (1998)
- [5] M. Bérengier, B. Gauvreau, Ph. Blanc-Benon, D. Juvé, "Outdoor sound propagation: A short review on analytical and numerical approaches", *Acta Acustica united with Acustica* 89, 980-991 (2003)
- [6] K.B. Rasmussen, "A note on the calculation of sound propagation over impedance jumps and screens", *J. Sound and Vib.* 84, 598-602 (1982)
- [7] M. Bonnet, "Boundary integral equation methods for solids and fluids", Chichester, England, (1995)
- [8] F. Anfosso-Lédée, P. Dangla, M. Bérengier, "Sound propagation above a porous road surface with extended reaction by boundary element method", *J. Acoust. Soc. Am.*, 122, 731-736 (2007)
- [9] B. Lihoreau, B. Gauvreau, Ph. Blanc-Benon, I. Calmet, M. Bérengier, "Outdoor sound propagation modeling in realistic environments: Application of coupled parabolic and atmospheric models", *J. Acoust. Soc. Am.*, 120, 110-119 (2006)
- [10] M. Bérengier, D. Duhamel, B. Gauvreau, B. Droste, M. Auerbach, "A Benchmark on analytical and numerical models for road traffic noise propagation", *ICA 2007*, Madrid, Spain, (2007)
- [11] M. Bérengier, Y. Pichaud, J.-F. Le Fur, "Effect of low noise pavements on traffic noise propagation over large distances: influence of ground and atmospheric conditions", *Internoise 2000*, Nice, France, (2000)
- [12] M.C. Bérengier, J.F. Hamet, "Acoustic classification of road pavements : ranking differences due to distance from the road", *Heavy Vehicle Systems, Int. J. of Vehicle Design*, 6, 13-27 (1999)
- [13] <http://www.python.org>
- [14] ISO CD 11819-2, "Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The Close Proximity Method", (2007)