

# *Cftr - info*

## **INFLUENCE DE LA COUCHE DE ROULEMENT DE LA CHAUSSEE SUR LE BRUIT DU TRAFIC ROUTIER**

**RÉSUMÉ :** *Cette note présente l'intérêt d'utiliser des revêtements de chaussée dans le but de réduire l'exposition sonore des riverains. Pour cela, elle se propose de :*

- *définir la problématique du bruit produit par le contact pneumatique-chaussée dans le cadre du bruit routier,*
- *rappeler ses aspects réglementaires,*
- *décrire les méthodes de mesure utilisables en France pour déterminer les performances acoustiques des couches de surface de chaussée vis-à-vis du bruit de roulement ainsi que leur domaine d'application et leurs limites d'utilisation,*
- *fournir un ensemble de critères objectifs permettant d'apprécier les performances acoustiques d'un revêtement.*

*Elle annule et remplace la note d'information du SETRA n° 78 de la série "Chaussées – dépendances".*

**Cette note ne doit pas être utilisée comme référence pour définir, dans le cadre de marchés, des exigences contractuelles en matière de performances acoustiques des couches de roulement.**

# 1. QUELQUES GENERALITES RELATIVES AU BRUIT DU TRAFIC ROUTIER

## 1.1. Les facteurs influant sur le bruit du trafic routier

Le bruit du trafic routier est fonction :

### a) de l'émission sonore qui dépend :

- du débit du trafic,
- de la composition du trafic : véhicules légers (VL), utilitaires, poids lourds, trains routiers (TR), motocyclettes,
- de la vitesse des véhicules,
- de l'allure des véhicules (changement de régime moteur), fonction des conditions de circulation et du profil en long (rampe, profil plat),
- du comportement du conducteur,
- du type de revêtement de la chaussée,
- de l'état de surface du revêtement.

### b) des conditions de propagation liées :

- au profil en travers de la route (remblais, déblais, tracé au niveau du terrain naturel),
- à la présence d'obstacles tels que relief naturel, bâtiments, écrans, merlons,
- à la distance entre source et récepteur,
- à l'absorption acoustique de la chaussée, des sols environnants et des obstacles,
- aux conditions météorologiques.

Pour limiter les nuisances sonores, il faut agir à la fois sur l'émission et la propagation.

## 1.2. Les sources de bruit des véhicules routiers

On distingue :

a) **le bruit du moteur** qui dépend du régime, de la charge et de l'état du système d'échappement.

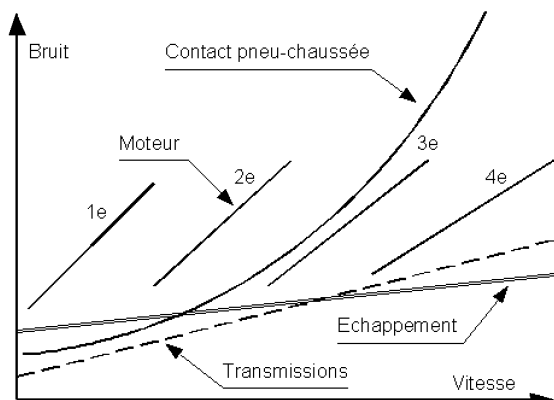
b) **les bruits aérodynamiques** dus à la turbulence de l'air. Aux vitesses usuellement pratiquées par les véhicules, les bruits aérodynamiques restent faibles.

c) **le bruit des transmissions mécaniques**

d) **le bruit de contact pneumatique-chaussée** qui dépend :

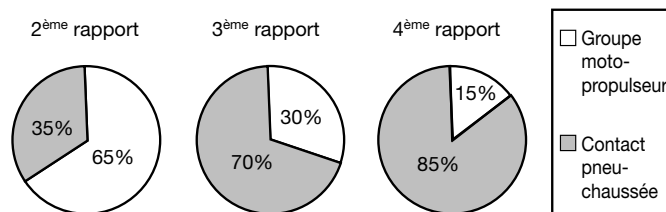
- du type de pneumatique (matière, structure, dessin, largeur, pression de gonflage...),
- de la texture de la surface de la chaussée,
- de la capacité d'absorption acoustique de la couche de roulement.

e) **les vibrations et entrechoquements de divers éléments** (caisse, etc.) dus aux irrégularités de la chaussée, en particulier pour les poids lourds



Importance respective des sources de bruit sur un VL

L'importance du bruit de contact pneumatique-chaussée par rapport aux bruits d'origine mécanique dépend du comportement du conducteur, des rapports de boîte de vitesse utilisés et plus généralement des conditions de circulation. Pour un véhicule léger circulant à vitesse stabilisée sur un revêtement de type BBSG 0/10, le bruit de contact pneumatique-chaussée constitue plus de la moitié de l'énergie sonore totale à partir du 3ème rapport de boîte. Cette part est bien entendu moindre lorsque le véhicule est en accélération ou lorsqu'il roule sur un revêtement particulièrement bruyant.



Part du bruit de contact pneumatique-chaussée dans le bruit total émis par un VL à vitesse stabilisée circulant sur un béton bitumineux semi-grenu 0/10

Les sources d'origine mécanique sont proportionnellement plus importantes pour les poids lourds, mais le parc de véhicules présente une forte dispersion qui ne permet pas à ce jour de donner des valeurs moyennes.

## 1.3. Les mécanismes générateurs du bruit de contact pneumatique-chaussée

Les processus générateurs du bruit sont de deux natures principales :

- vibratoire,
- résonance d'air.

Les processus vibratoires interviennent plus particulièrement dans le domaine des basses fréquences. L'excitation provient des causes suivantes :

- impact des pavés de gomme du pneumatique sur les granulats de surface,
- déformation de la zone de contact entre le pneumatique et la chaussée,
- rupture d'adhérence des pavés de gomme.

Le mécanisme d'impact est la cause dominante lorsqu'il y a une forte macrotexture. Il est principalement relié à la dimension des granulats (D). **D'une façon générale, dans une même famille de revêtements, plus le "D" des granulats est grand, plus le niveau de bruit est important.**

Pour les effets de résonance d'air, le phénomène principal est la compression/détente de l'air piégé dans les alvéoles non communicantes en périphérie du pneumatique. Ce phénomène, dominant pour l'émission sonore dans le domaine des hautes fréquences, est d'autant plus important que l'aire de contact entre le pneumatique et la chaussée est importante. **Le phénomène est minimal sur un revêtement comportant des vides communicants.**

**Les techniques de couche de roulement les plus performantes d'un point de vue acoustique réduisent à la fois ces deux mécanismes.**

## 2. ASPECTS REGLEMENTAIRES

### 2.1. La réglementation relative au bruit des infrastructures routières

L'article L.571-9 du Code de l'Environnement [1] et ses textes d'application [2] [3] définissent les obligations à respecter pour les infrastructures nouvelles ou faisant l'objet d'une modification significative [4]. Pour caractériser l'exposition sonore des riverains, ces textes utilisent le niveau sonore équivalent LAeq (défini en annexe), évalué d'une part sur la période diurne 6 h – 22 h, d'autre part sur la période nocturne 22 h – 6 h, pour des conditions de circulation moyennes représentatives de l'ensemble de l'année.

Pour chacune de ces périodes, le LAeq en façade des bâtiments riverains antérieurs au projet ne doit pas dépasser des niveaux sonores maxima admissibles définis selon la nature des locaux (logements, établissements de santé, etc.). Ces seuils s'appliquent pendant toute la durée de vie de l'infrastructure. Le respect des seuils réglementaires doit être obtenu de préférence par un traitement direct de l'infrastructure et de ses abords immédiats.

**A noter que le simple renouvellement de la couche de roulement d'une chaussée ne constitue pas, au sens des textes réglementaires, une modification significative.**

Ces textes ont été complétés par la circulaire DR / DPPR du 12/12/97 [5] qui précise leurs modalités d'application sur le réseau routier national. Concernant l'emploi des revêtements de chaussée dits "peu bruyants", cette circulaire précise que "dans l'état actuel de la connaissance des phénomènes et des techniques, il est difficile de garantir la pérennité des qualités acoustiques de ces revêtements. Si on les utilise comme éléments de protection contribuant au respect des seuils réglementaires, il convient de se baser, pour ce qui les concerne, sur des performances acoustiques réalistes et durables."

### 2.2. Les opérations de rattrapage

La réglementation ne s'applique qu'aux routes nouvelles ou faisant l'objet d'une modification significative. Il subsiste cependant de nombreuses situations où les riverains sont exposés à des niveaux sonores excessifs, dans les sites où la route et les bâtiments ont été construits antérieurement à la parution des premiers textes réglementaires. Les opérations de rattrapage, destinées à résorber ces situations, relèvent de l'initiative de chaque maître d'ouvrage.

Ainsi, le Gouvernement a lancé un programme ambitieux de résorption des "points noirs bruit" sur le réseau routier national visant à protéger au moins 200 000 logements en dix ans.

### 2.3. La réglementation relative aux sources de bruit des véhicules

#### a) Niveaux sonores d'homologation des véhicules

Les niveaux sonores maxima admis lors de l'homologation des véhicules sont définis par des directives européennes. La procédure d'essai (norme ISO 362) consiste à mesurer le niveau sonore LAmax à 7,50 m d'un véhicule en forte accélé-

ration à 50 km/h. Le bruit d'origine mécanique joue donc un rôle déterminant dans les conditions d'application de cette procédure. Il est à noter que les actions sur les véhicules présentent l'intérêt de réduire le bruit à la fois pour les occupants des véhicules et les riverains.

De l'avis général, la procédure d'essai est assez éloignée des conditions réelles d'utilisation des véhicules. On estime ainsi que la diminution de 8 à 12 dB(A) des niveaux sonores maxima à l'homologation, intervenue depuis le premier arrêté de 1972, ne s'est traduite, en conditions réelles de circulation urbaine, que par une baisse de 1 à 2 dB(A) à trafic constant. Une modification de la procédure d'essai est actuellement à l'étude afin d'améliorer sa représentativité.

#### b) Valeurs limites pour les pneumatiques

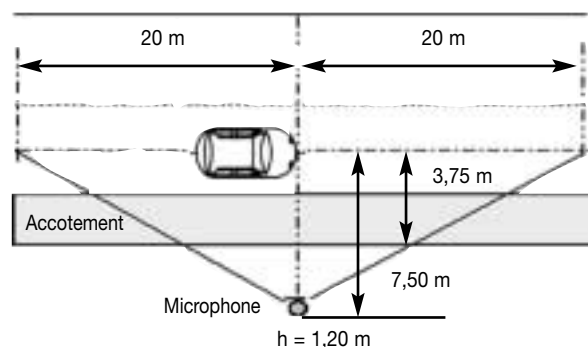
Les caractéristiques acoustiques des pneumatiques ne font pour l'instant l'objet d'aucune exigence réglementaire, mais des discussions en cours au niveau européen pourraient se conclure par l'adoption d'une directive au printemps 2001. Elles prévoient l'introduction de valeurs limites pour l'émission sonore des pneumatiques et leur décroissance progressive en plusieurs étapes. Néanmoins, cette directive n'aurait que des conséquences mineures à court terme car la très grande majorité des pneumatiques disponibles sur le marché respecte déjà les seuils envisagés pour la première étape.

## 3. LES METHODES DE MESURE

### 3.1. Procédures de mesure "au passage"

#### a) Principe général

Ces procédures consistent à mesurer le niveau de bruit à proximité de la voie : 7,50 m de l'axe de la voie et 1,20 m de hauteur (figure ci-après) lors du passage d'un échantillon de véhicules du trafic ou de véhicules d'essai pris isolément.



On détermine simultanément à chaque passage, le niveau LAmax (cf. Annexe) et la vitesse de chaque véhicule. A l'issue des mesurages, on obtient donc plusieurs couples : LAmax/vitesse. On calcule ensuite la loi de régression LAmax en fonction du logarithme de la vitesse sous la forme :

$$LA_{max}(V) = LA_{max}(V_{ref}) + a \times \lg_{10}(V/V_{ref})$$

où LAmax (Vref) représente le niveau sonore ramené à la vitesse de référence Vref.

a est la pente de la droite de régression.

L'équation permet de déterminer le  $L_{Amax}$  pour une vitesse quelconque, à condition toutefois que celle-ci soit contenue dans l'intervalle de validité de la régression. Pour pouvoir calculer la droite de régression, il faut effectuer des mesures avec un nombre suffisant de véhicules.

Lorsque la mesure porte sur les véhicules du trafic, elle permet entre autre de déterminer les lois d'émission sonore pour différentes classes de véhicule, ces lois pouvant être utilisées pour le calcul du niveau équivalent  $L_{Aeq}(T)$  en façade des habitations riveraines de l'infrastructure routière.

#### b) Méthode "Véhicule isolé" (VI)

Cette méthode est décrite dans la norme française S 31 119 [6].

Le terme "isolé" signifie que les véhicules sont pris isolément dans le flot de circulation. La norme spécifie 4 classes de véhicules, mais dans la pratique on ne mesure que les véhicules légers (VL), et les trains routiers ayant 4 ou 5 essieux (TR) (les autres classes étant trop peu représentées).

Cette procédure permet, d'une part, de quantifier pour les conditions de trafic existantes, l'effet du revêtement sur le bruit du trafic et d'autre part, si les conditions sont identiques, de comparer les performances acoustiques des revêtements routiers pour chaque classe de véhicule.

Cette méthode nécessite la mesure du bruit au passage d'au moins 80 véhicules par classe.

Le  $L_{Amax}$  ( $V_{réf}$ ) de chaque classe de véhicule est ensuite ramené à une température de référence de 20°C.

Les conditions de site décrites dans la norme sont contraignantes. D'une façon générale, le site doit être exempt de tout obstacle réfléchissant (bâtiment, arbre, glissières...) dans un rayon inférieur à 10 fois la plus petite dimension de l'obstacle et inférieur à 50 m.

Afin de rendre la méthode plus opérationnelle, un protocole d'utilisation plus tolérant a été produit par le sous-groupe "Bruit" du GNCDs [7].

Avec ce protocole, les critères de répétabilité "r" et de reproductibilité "R" sont les suivants :

$$r = 1 \text{ dB(A)} \text{ et } R = 1,5 \text{ dB(A)}$$

#### c) Méthode "Statistique au passage" (SPB)

Cette méthode est décrite dans la norme internationale ISO 11819 - 1 [8].

Elle se rapproche de la précédente (véhicules isolés), avec les différences suivantes :

- on ne distingue que 3 classes de véhicules (véhicules légers, véhicules lourds à 2 essieux et véhicules lourds à plus de 2 essieux),
- le nombre minimal de véhicules est de 100 pour les VL, 30 pour chaque catégorie de poids lourds,
- aucune correction de température n'est spécifiée,
- les contraintes de site sont encore plus fortes. Pour ces raisons, l'application de cette méthode est très difficile dans un contexte opérationnel.

#### d) Méthode "Véhicule maîtrisé" (VM)

Cette procédure est décrite dans la norme NF S 31 119 - 2 [9].

Le terme "maîtrisé" signifie que les véhicules d'essai ne sont pas quelconques et qu'ils sont conduits dans des conditions bien définies. La procédure de mesurage nécessite l'emploi de deux véhicules équipés de deux montes de pneumatiques. On obtient alors 4 configurations distinctes véhicule/pneumatique.

Le choix doit être réalisé de telle sorte que les véhicules et les pneumatiques utilisés soient les plus représentatifs du parc en circulation.

Pour chacune des configurations, on doit effectuer 8 mesures pour des vitesses comprises entre 70 et 110 km/h, soit un total de 32 passages. Les véhicules circulent moteur en marche, à vitesse stabilisée, sur un rapport de boîte optimal en fonction de la vitesse afin de minimiser les bruits d'origine mécanique.

La loi de régression  $L_{Amax}$  est alors établie en fonction du logarithme de la vitesse.

La correction de température ainsi que les contraintes de site sont identiques à celles décrites dans la procédure VI.

Les critères de répétabilité "r" et de reproductibilité "R" pour cette procédure sont les suivants :

$$r = 0,7 \text{ dB(A)} \text{ et } R = 1,6 \text{ dB(A)}$$

Cette méthode nécessite de réaliser les mesures en l'absence du trafic automobile.

**Les deux méthodes "véhicule isolé" et "véhicule maîtrisé" fournissent, pour les VL, des résultats proches à  $\pm 1$  dB(A).**

### 3.2. Procédures de mesure "en continu"

#### a) Principe général

Ces méthodes consistent à mesurer le bruit émis par un ou plusieurs pneumatiques d'essai en champ proche de la roue (moins de 1 m). La roue d'essai est soit l'une des roues du véhicule, soit une roue montée sur une remorque.

Le véhicule roule à vitesse stabilisée. Le niveau sonore et la vitesse sont échantillonnés de façon continue sur la section de route à caractériser. Plusieurs passages sont effectués.

Le niveau sonore de chaque échantillon est recalé en fonction de la vitesse puis, pour une vitesse de référence donnée, le niveau sonore moyen de la section de route considérée, ainsi que la dispersion autour de cette moyenne, sont calculés.

Le matériel de mesure doit respecter un ensemble d'exigences destinées à s'assurer que le résultat ne soit pas affecté par des réflexions parasites ou des sources sonores autres que le pneumatique d'essai. Ces spécifications peuvent être complétées, le cas échéant, par une procédure d'analyse permettant, lors du dépouillement, d'écarter les échantillons perturbés (passage d'un autre véhicule, singularité sur la chaussée, etc.).

Ces procédures peuvent, dans la plupart des cas, être mises en œuvre sous circulation.

### b) Méthode CPX<sup>1</sup> "véhicule du LREP<sup>2</sup>"

Le microphone est placé sur un véhicule d'essai à 80 cm derrière la roue arrière située du côté opposé à l'échappement, et à 15 cm au-dessus de la chaussée. Un pneu d'essai unique est utilisé.

Les vitesses des différents passages s'échelonnent autant que possible dans un domaine de l'ordre de  $\pm 15$  km/h autour de la vitesse de référence, fixée à 50 km/h pour un axe urbain et 90 km/h pour un axe interurbain ou une voie rapide.

Le niveau sonore à la vitesse de référence est calculé par une régression en fonction du logarithme de la vitesse selon le même principe que les méthodes au passage.

**Il est à noter que, pour une même famille de revêtements, le niveau sonore mesuré par cette technique est supérieur d'environ 20 dB(A) à celui mesuré "au passage".**

Cette méthode n'est pratiquée à ce jour que par le LREP et la Ville de Paris. Sa répétabilité est de l'ordre de 0,5 dB(A). Etant donné le nombre réduit de ces véhicules, sa reproductibilité n'a pas été évaluée à ce jour.

En vue de fiabiliser cette méthode, des travaux de recherches complémentaires sont programmés au sein du réseau des LPC jusqu'en 2003.

### c) Méthode CPX "véhicule Sirano"

Le véhicule est équipé de deux antennes microphoniques comportant chacune quatre capteurs. Elles sont placées respectivement devant et derrière le train de roues intérieur (roues jumelées de poids lourd), à 16 cm du sol et à 40 cm de l'aire de contact.

Ce véhicule multifonction roule à une vitesse de  $72 \pm 5$  km/h. Les niveaux sonores sont ramenés à la vitesse de référence de 72 km/h par une correction en  $30 \times \lg_{10}(V/V_{\text{réf}})$ .

Après traitement des données acoustiques échantillonnées tous les 10, 20 ou 100 m, les résultats sont fournis soit en niveau global pondéré A, soit en niveau pour chaque bande de tiers d'octave entre 315 Hz et 2500 Hz. Au cours des premières campagnes d'essais (1500 km environ), la répétabilité de la mesure a été estimée à 0,5 dB(A). Etant donné l'unicité de l'appareil, sa reproductibilité n'a pas été évaluée à ce jour.

Compte tenu des conditions de mesure particulières liées au véhicule et au type de train de roues (jumelées), les valeurs obtenues ne sont pas a priori corrélables avec des mesures réalisées à proximité d'une roue de véhicule léger.

### d) Travaux ISO

Un groupe de travail de l'ISO étudie actuellement la définition d'une mesure en continu du bruit de roulement (projet ISO 11819-2). Cette méthode serait applicable soit avec une remorque (dotée en général d'un capotage) soit avec un véhicule instrumenté.

Au stade actuel d'avancement des travaux, le projet de norme prévoit la mesure simultanée du bruit par deux microphones situés en avant et en arrière du pneumatique, à 45 degrés par rapport à l'axe de la roue, à 28 cm de la zone de contact pneumatique-chaussée et à 10 cm au-dessus de la chaussée. Le résultat d'une mesure est la moyenne des niveaux sonores enregistrés par les deux microphones. Les pneumatiques d'essai utilisés sont au nombre de 2 ou 4 selon l'option choisie par l'opérateur.

Le niveau sonore à la vitesse de référence (50, 80 ou 110 km/h) est calculé soit par application d'une correction de vitesse forfaitaire, soit par une régression en fonction du logarithme de la vitesse selon le même principe que les méthodes au passage.

Le niveau sonore caractéristique de chaque pneumatique est fourni séparément. Un indice global peut également être exprimé par combinaison des résultats des différents pneumatiques. Enfin, l'écart-type des résultats de chaque tronçon, autour de la moyenne représentative de la section, peut être calculé.

La répétabilité de la méthode serait de l'ordre de 0,5 dB(A). Sa reproductibilité n'est en revanche pas connue à ce jour.

Cette norme n'est encore qu'à l'état de projet, et son contenu est susceptible d'évoluer jusqu'à sa publication, qui n'interviendra pas, en tout état de cause, avant 2003.

### 3.3. Comparaison des domaines d'application des méthodes au passage et en continu

Afin d'éclairer l'utilisateur sur les capacités de chacune de ces méthodes, nous fournissons ci-après une comparaison de leurs domaines d'application respectifs et de leurs limites méthodologiques.

Méthode	Domaine d'application	
	Avantages	Limites
Véhicule Maîtrisé	Qualification d'un revêtement : - sur piste d'essai, - sur chaussée non circulée. Bonnes répétabilité et reproductibilité.	Calcul d'un niveau LAeq (T) impossible. Pas de poids lourds. Fortes contraintes de site. Mesure ponctuelle.
Véhicule Isolé et SPB	Qualification d'un revêtement sous circulation. Prend en compte les poids lourds. Permet de calculer un LAeq (T) en façade. Bonnes répétabilité et reproductibilité.	Fortes contraintes de site. Mesure ponctuelle. La densité du trafic ne doit pas être trop élevée.
Méthodes en continu	Mesure sur une grande distance Appréciation de l'homogénéité d'un itinéraire. Bonne répétabilité.	Calcul impossible d'un niveau LAeq (T). Pas de représentativité des poids lourds. Reproductibilité non encore établie.

Dans l'état actuel des connaissances, étant donné leurs bons critères de répétabilité et reproductibilité, et leur bonne inter-comparabilité, les méthodes de mesure « au passage » sont recommandées :

- la méthode « Véhicule Isolé » pour des sites pour lesquels le trafic le permet,
- la méthode « Véhicule Maîtrisé » pour les sites hors circulation (chantiers neufs, pistes d'essai) ou ceux nécessitant une coupure momentanée de la circulation.

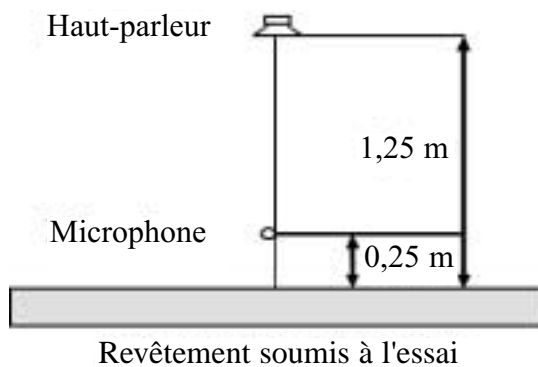
Pour les sites non dégagés (par ex. urbain), les méthodes « au passage » peuvent être appliquées pour des comparaisons « avant-après » en attente de qualification d'une méthode en continu.

Il n'existe pas à ce jour de relation établie entre les résultats de mesure par des méthodes au passage et des méthodes en continu.

### 3.4. Coefficient d'absorption acoustique des revêtements de chaussée

La procédure de mesure est décrite dans la norme ISO 13472 – 1 [10]. Elle s'applique principalement aux structures de chaussée poreuses.

A partir de l'émission d'une onde acoustique produite par un haut-parleur placé au dessus d'une surface de chaussée (cf. figure ci-après), on détermine le rapport entre l'énergie sonore réfléchiée sur la surface de chaussée et celle initialement émise par le haut-parleur.



A partir de ce rapport d'énergie, on détermine le coefficient d'absorption acoustique de la structure de chaussée en fonction de la fréquence.

Cette mesure permet d'identifier comment une structure de chaussée poreuse peut contribuer à la réduction du bruit de roulement, mais également des bruits d'origine mécanique par un simple phénomène d'absorption. Le phénomène d'absorption n'est toutefois responsable que d'une partie du phénomène de diminution du bruit. La partie principale est reliée à la réduction des mécanismes générateurs du bruit de roulement sur ce type de chaussée.

## 4. CARACTERISATION ACOUSTIQUE DES REVETEMENTS DE CHAUSSEE

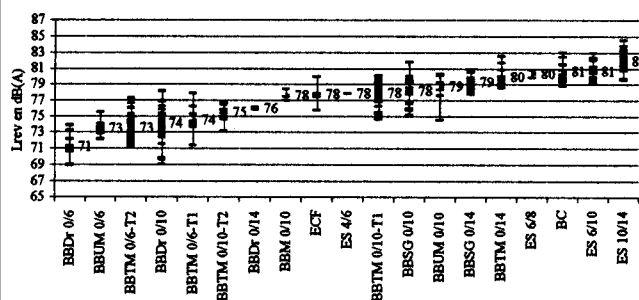
### 4.1. Résultats de mesures selon les procédures de mesurage « au passage »

Les diverses procédures de mesurage « au passage » permettent de hiérarchiser les revêtements de chaussées en fonction des niveaux de bruit mesurés.

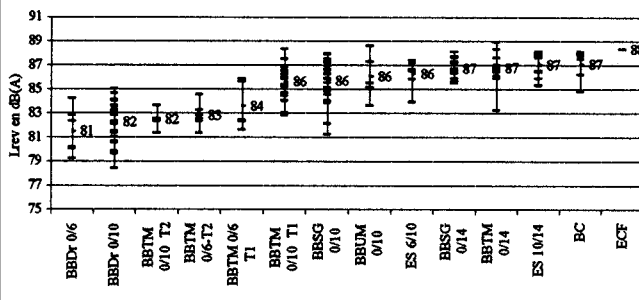
Le LRPC de Strasbourg gère, pour le compte du SETRA, du CERTU et du réseau des LPC, une base de données répertoriant les mesures effectuées par les différents laboratoires régionaux selon les procédures VI et VM.

Les figures suivantes montrent les performances obtenues par des revêtements, regroupés en grandes familles, en termes de L<sub>Am</sub> selon la méthode VI, à 90 km/h pour les VL et à 80 km/h pour les TR.

255 planches - Méthode "Véhicule Isolé"/Véhicules Légers (Température de 20°, vitesse 90 km/h)



149 planches - Méthode "Véhicule Isolé"/Trains Routiers (Température de 20°, vitesse 80 km/h)



On remarque que l'ordre de classement des revêtements est à peu près identique pour les deux types de véhicules avec un décalage de niveau de 6 à 10 dB(A). Les revêtements les plus performants sont ceux dont le « D » est faible (0/6), ainsi que ceux dont la porosité contribue à une absorption de l'énergie sonore.

**Ceci montre bien l'influence des deux facteurs essentiels qui agissent sur la réduction du bruit de roulement : la taille du « D » des granulats et la porosité de l'enrobé.**

Les données obtenues selon les méthodes VM et VI/VL conduisent aux mêmes conclusions.

### 4.2. Qualification acoustique d'un revêtement

Les résultats des mesures des performances acoustiques d'un revêtement dépendent des caractéristiques propres au revêtement, à sa mise en œuvre (formulation, granulats

utilisés, support sur lequel il est appliqué) et des caractéristiques du site (géométrie et environnement proche). Lorsque ces dernières sont conformes à la norme, leur influence est négligeable. Dans les autres cas, pour un revêtement donné, il existe des variations de niveau sonore d'un site à un autre.

**Un type de revêtement ne peut donc pas être simplement caractérisé par un seul niveau sonore mesuré sur une seule planche. Dans l'état actuel des connaissances, il est donc difficile de définir une procédure de qualification d'un revêtement**

### 4.3. Pérennité acoustique d'une couche de roulement

Par vocation, les chaussées sont en permanence, et par tous les temps soumises à l'agression et à l'usure du trafic. L'ensemble de leurs performances s'en trouve affecté : l'adhérence diminue, l'uni se dégrade lentement, la fatigue apparaît progressivement. Les caractéristiques acoustiques n'échappent pas à cet état de fait.

L'évolution temporelle du niveau L<sub>Amax</sub> (90 km/h) peut être suivie sur des planches qui ont été mesurées à plusieurs reprises (habituellement juste après leur mise en œuvre, puis quelques années plus tard). Etant donné leurs caractéristiques particulières, les revêtements poreux ont été étudiés séparément des revêtements fermés. On ne dispose actuellement que de peu de données relatives à l'évolution acoustique des revêtements dans le temps. On peut toutefois faire les remarques suivantes :

- Pour les revêtements poreux, le gain acoustique dû au phénomène d'absorption, tend à s'atténuer avec le temps, quel que soit le trafic. Cet effet est plus important dans les sites soumis à une pollution permanente (poussières, végétaux, glaise, etc.).

- Concernant les revêtements fermés, on assiste à une mise à plat et à un polissage des granulats de surface. Ces phénomènes tendent à limiter la production d'énergie sonore. Les caractéristiques acoustiques des revêtements fermés à faible granularité, ne semblent pas évoluer de façon significative dans le temps.

Le plus souvent, les fortes variations du niveau sonore dans le temps correspondent : pour une augmentation, à une valeur initiale faible par rapport à la valeur moyenne de la technique de revêtement, et pour une diminution, à une valeur initiale élevée. Ainsi, pour une technique de revêtement donnée, la dispersion des niveaux sonores tend à se réduire avec le vieillissement : l'étendue des mesures est plus faible à 2 ou 3 ans qu'à 6 mois.

## 5. INFLUENCE DU TYPE DE REVETEMENT SUR LE BRUIT DU TRAFIC ROUTIER

### 5.1. L'enjeu du choix d'une couche de roulement peu bruyante

Le gain acoustique maximal que l'on puisse attendre du renouvellement d'une couche de roulement n'est pas aussi

élevé que pourraient le laisser penser les résultats de mesures au passage présentés au § 4.1. En termes de L<sub>Aeq</sub>, l'enjeu est une réduction de 3 à 5 dB(A) entre un revêtement traditionnel ayant conservé un bon état de surface et un revêtement optimisé vis-à-vis du bruit (soit l'équivalent d'une « division » du trafic par un facteur de 2 à 3).

Deux paramètres importants peuvent influencer ces résultats : le pourcentage des véhicules lourds ainsi que l'incertitude liée à la reproductibilité des techniques.

### 5.2. Effet d'un revêtement peu bruyant sur le bruit du trafic routier

Même si l'on peut juger de l'efficacité d'un revêtement peu bruyant sur des valeurs L<sub>Amax</sub> en bordure de voie routière (cf. méthodes VM, VI ou SPB), vis-à-vis d'un problème environnemental, son effet s'appréciera plutôt en termes de réduction des niveaux L<sub>Aeq</sub> en façade des habitations riveraines.

De récentes études ont montré qu'il était possible d'établir une relation entre les deux indicateurs. Toutefois, l'estimation de niveaux L<sub>Aeq</sub> à grande distance nécessite d'intégrer dans le calcul l'ensemble des effets liés à l'environnement du site (sol, météorologie, effets saisonniers, etc.). Pour la grande majorité des familles de revêtements, les calculs prévisionnels en sites ouverts ont été expérimentalement validés. L'ensemble de ces études alliant la modélisation et l'expérimentation a mis en évidence les conclusions suivantes :

- La classification en L<sub>Amax</sub> obtenue en bordure de chaussée est généralement conservée en L<sub>Aeq</sub> jusqu'à des distances de quelques centaines de mètres en dépit des effets dus aux fluctuations atmosphériques.

- On observe enfin que l'impact des facteurs atmosphériques liés aux écarts moyens (nuit/jour) ou (été/hiver) est quasiment identique pour l'ensemble des revêtements : voisins de 5 à 6 dB(A) entre la nuit et le jour, et de 1,5 dB(A) entre l'été et l'hiver. Ces écarts s'expliquent en grande partie, par la présence ou non de conditions favorables à la propagation au cours de la période considérée.

**Il convient de signaler toutefois, que « l'efficacité sonore » d'un revêtement dépend aussi du profil en travers de la voie : elle est maximale pour une route en remblai, et minimale pour une route en déblai ou masquée par un obstacle diffractant dont l'effet intervient essentiellement dans le domaine des hautes fréquences.**

## 6. CONCLUSION

**Il existe aujourd'hui une gamme de revêtements routiers qui contribuent à réduire sensiblement le bruit de contact pneumatique-chaussée et donc le niveau de bruit en façade.**

Les méthodes de mesure existantes en France permettent d'apprécier les performances acoustiques de ces revêtements.

Il est donc possible de comparer ces revêtements entre eux, dans des conditions données, en utilisant ces méthodes.

Les résultats des mesures, pour une technique de revêtement donnée, dépendent de nombreux facteurs tels que le type et le niveau de trafic, l'âge du revêtement, les conditions d'application, la formulation, etc...

**De ce fait, il est difficile de prévoir un niveau sonore absolu dans des conditions précises de chantier et de site.**

Chaque famille de revêtement est caractérisée par une valeur moyenne de niveau sonore et une étendue de valeurs qui dépend des facteurs précédents.

**Par contre, pour un site donné, il est toujours possible d'effectuer des mesures comparatives avant et après mise en œuvre de manière à apprécier la réduction sonore obtenue.**

<sup>1</sup> CPX : Close proximity (voisinage proche)

<sup>2</sup> LREP : Laboratoire Régional de l'Est-Parisien

## 7. BIBLIOGRAPHIE

[1] Article 12 de la loi du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit (J.O. du 1er janvier 1993) ; actuellement article L.571-9 du Code de l'Environnement.

[2] Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres (J.O. du 10 janvier 1995).

[3] Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières (J.O. du 10 mai 1995).

[4] Les obligations réglementaires pour les projets routiers introduites par la loi sur le bruit. Note d'information SETRA série EEC n° 55 (mars 1998).

[5] Circulaire Direction des Routes - Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques n° 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national (B.O. Equipement n° 98/7 du 25 avril 1998).

[6] Norme AFNOR S 31-119, Acoustique : Caractérisation in situ des qualités acoustiques des revêtements de chaussées - Mesurages acoustiques au passage, octobre 1993.

[7] Règles d'utilisation des méthodes de mesure acoustique au passage d'un véhicule - Méthodes VI/VM, GNCDs, avril 1998.

[8] Norme ISO 11819-1, Acoustique : Mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation - Partie 1 : Méthode statistique au passage, septembre 1997.

[9] Norme NFS 31 119-2, Acoustique : Caractérisation in situ des qualités acoustiques des revêtements de chaussées - Mesurages acoustiques au passage - Procédure « Véhicules Maîtrisés », décembre 2000.

[10] FDIS 13472-1, Acoustique : Procédures de mesurage des propriétés d'absorption acoustique des revêtements de chaussées in situ - Partie 1 : Méthode de la surface étendue.

## ANNEXE

### Eléments d'acoustique

#### Qu'est ce que le bruit ?

On appelle généralement "bruit" un ensemble de sons désagréables ou non désirés. Du seul point de vue physique, le bruit est dû à une variation rapide de la pression de l'air qui agit sur le tympan, et se traduit dans notre système auditif par une perception de sons ou de bruits. Un bruit peut être décrit par :

- sa pression acoustique (variation de la pression instantanée autour de la pression atmosphérique moyenne),

- la hauteur du son : grave, médium, aigu, liée à la fréquence de l'onde.

#### Les unités : le décibel, le dB(A)

Les valeurs de la pression acoustique peuvent s'étendre sur une plage considérable. C'est pourquoi on utilise une échelle logarithmique, plus pratique à manipuler et qui présente l'avantage de correspondre à la variation de la sensation de l'oreille humaine.

On caractérise ainsi un bruit par son niveau de pression acoustique (ou niveau sonore)  $L_p$ , exprimé en décibels (dB) :

$$L_p(t) = 10 \cdot \lg_{10} \left( \frac{p^2(t)}{p_0^2} \right)$$

où  $p_0$  est la pression de référence, égale au seuil conventionnel d'audibilité :  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa.

Cependant, l'oreille humaine n'a pas la même sensibilité au bruit sur toutes les fréquences : très sensible dans les médiums, elle perçoit moins bien les graves et les aiguës. Ceci a conduit à mettre au point des unités dites physiologiques, tenant compte de la sensation effective de l'oreille humaine, par l'intermédiaire de courbes de pondération. L'unité utilisée pour la plupart des bruits dans l'environnement est le décibel (A), ou dB(A), qui correspond à la courbe de pondération (A).

Du fait de leur nature logarithmique, le cumul des niveaux ne s'effectue pas de façon arithmétique : 60 dB + 60 dB ne font pas 120 dB. On retiendra que l'addition de deux bruits de même niveau conduit à un niveau total supérieur de 3 dB(A) ; par exemple : 70 dB(A) + 70 dB(A) = 73 dB(A).

**Augmenter le niveau sonore de 3 dB, est équivalent à multiplier l'énergie sonore émise par 2, l'augmenter de 5 dB, la multiplier par 3, l'augmenter de 10 dB, la multiplier par 10.**



## Les indicateurs de niveau sonore (L<sub>Amax</sub>, L<sub>Aeq</sub>)

Pour l'étude de phénomènes particuliers, on utilise souvent le niveau sonore maximum observé pendant une période donnée, noté L<sub>Amax</sub>. C'est notamment l'indicateur utilisé par les méthodes de mesure "au passage" (cf. 3.1).

Pour caractériser l'exposition sonore durant une période donnée, on a le plus souvent recours au niveau de bruit équivalent, exprimé en décibels A et noté L<sub>Aeq</sub>(T). Cet indicateur représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit existant réellement pendant la période T considérée. Il exprime donc la moyenne de l'énergie reçue.

$$L_{Aeq}(T) = 10 \cdot \lg_{10} \left( \frac{1}{T} \int_T \frac{p^2(t)}{p_0^2} \cdot dt \right)$$

Cet indicateur est largement utilisé au plan international pour caractériser l'exposition au bruit des infrastructures routières et ferroviaires.

**Attention :** le L<sub>Amax</sub> et le L<sub>Aeq</sub> sont des indicateurs totalement différents, bien qu'ils s'expriment dans la même unité. Le L<sub>Amax</sub> caractérise un instant précis, alors que le L<sub>Aeq</sub> caractérise représente une moyenne sur une période. Pour un évènement sonore donné, la valeur du L<sub>Aeq</sub> dépend donc de la période sur laquelle il est exprimé.

Toute mention d'un indicateur de bruit doit être accompagnée de l'emplacement (à l'intérieur des bâtiments, en façade, en bord de route, à une distance donnée de la source, etc.) et de la période (pour un L<sub>Aeq</sub>) ou de l'instant (pour un L<sub>Amax</sub>) auxquels il correspond.

	dB(A)	Sensation, effet auditif	Conversation
Réacteur à quelques mètres	130	Dommages physiques	
	120	Seuil de la douleur	Impossible
Marteau-piqueur à 1 m	110	Supportable un court instant	
Atelier de chaudronnerie	100	Bruits	En criant
Moto à 2 m	90	très pénibles	
Tracteur insonorisé (intérieur)	80	Supportable mais bruyant	Difficile
Restaurant bruyant	70	Bruits courants	En parlant fort
Bureau dactylo	60	Calme	A voix normale
Bureau tranquille	40	Très calme	
Jardin calme	30		
	20		
Studio d'enregistrement	10	Silence anormal	A voix basse
	0	Seuil d'audibilité	

Echelle des niveaux sonores

## La propagation acoustique en milieu extérieur

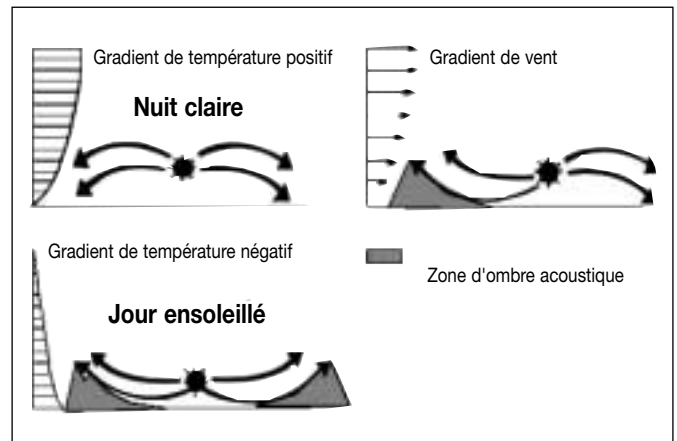
De façon générale, pour une source linéaire représentative d'un trafic routier, en présence d'un sol environnant plan et réfléchissant (aire en béton de ciment par exemple), la loi d'atténuation est de 3 dB(A) par doublement de distance. Lorsque le sol est absorbant, elle peut atteindre 6 dB(A).

En revanche, pour une source ponctuelle (véhicule isolé par exemple), la loi d'atténuation est de 6 dB(A) par doublement de distance en présence d'un sol environnant plan et réfléchissant alors qu'elle peut atteindre 12 dB(A) par doublement de distance en présence d'un sol absorbant.

Ces lois générales sont vérifiées en atmosphère homogène et isotrope (ciel couvert et sans vent). Dans ce cas, la vitesse du son est identique dans tout l'espace et les rayons sonores sont rectilignes. Une stratification thermique de l'atmosphère ou la présence de vent modifie la propagation des ondes sonores.

En situation d'inversion de température (nuit avec un ciel dégagé et sans vent), ou par de vent portant, la trajectoire des rayons sonores est déviée vers le sol. A grande distance, divers rayons peuvent rebondir une ou plusieurs fois sur le sol avant d'atteindre le récepteur, et ainsi accroître le niveau sonore en réception. Ces conditions sont appelées « favorables à la propagation ». Pour des situations extrêmes, l'accroissement du niveau sonore au récepteur, par rapport à des conditions d'atmosphère homogène, peut atteindre 5 à 8 dB(A).

Inversement, lors d'une journée très ensoleillée et sans vent, ou en situation de vent contraire, la trajectoire des rayons sonores est déviée vers le ciel avec création d'une zone d'ombre acoustique (cf. Figure ci-dessous) et en conséquence, diminution du niveau sonore en réception. Ces conditions sont appelées « défavorables à la propagation ». Pour des situations extrêmes, la diminution du niveau sonore au récepteur, par rapport à des conditions d'atmosphère homogène, peut atteindre 10 à 20 dB(A).



Influence des conditions atmosphériques sur la trajectoire des rayons sonores

Cette note a été rédigée par *Michel BERENGIER, LCPC; Francis BESNARD, SETRA; Pierre DUPONT, SETRA; Nathalie FÜRST, CERTU; Sonia DOISY, LRPC Strasbourg; Pierre BENSE, USIRF; Yves MEUNIER, USIRF; François VERHEE, USIRF.*  
*Membres du sous-groupe BRUIT du Groupe national « Caractéristiques de surface des chaussées »*

Document réalisé et édité par le Comité Français pour les Techniques Routières  
CFTR 46, Avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 BAGNEUX CEDEX - France  
Téléphone : 01.46.11.34.12 ou 01.46.11.33.21 - Télécopie : 01.46.11.36.92

Disponible au bureau de vente du SETRA  
46, Avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 BAGNEUX CEDEX - France - Téléphone : 01.46.11.31.53 – Télécopie : 01.46.11.33.55  
Référence du document : **RI 0104**

Avertissement : Les notes "CFTR INFO" sont destinées à donner une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non-exhaustivité. Ces documents ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni du Comité Français pour les Techniques Routières.

Le présent document ne pourra être utilisé ou reproduit - même partiellement - sans l'autorisation du CFTR.