



## Nuisances sonores dues au trafic – revêtements silencieux

### Description du domaine d'activité

Le trafic routier est l'une des principales sources des nuisances sonores. La lutte contre le bruit routier est depuis longtemps déjà une priorité de l'Union européenne, et a entre autres résulté en la publication de la Directive européenne 2002/49/EG sur le bruit. Celle-ci oblige les états membres à établir des cartes de bruit, entre autres pour les environs des axes importants de circulation et dans les grandes agglomérations. Pour traiter les nuisances sonores dans les zones problématiques, il faut également mettre sur pied des plans d'action.

Différentes sources contribuent au bruit routier global: le bruit du moteur, le bruit de l'échappement, le bruit du ventilateur, les turbulences de l'air, etc. La contribution relative des différentes sources dépend de divers facteurs: le type de véhicule (voiture particulière, poids lourd, etc.), l'état du véhicule (p.ex. pot d'échappement défectueux), la vitesse, la nature du revêtement (pavés, revêtement silencieux), les conditions de conduite (en accélération ou à vitesse constante) etc. De plus, les pneus sont également une importante source sonore. Le bruit des pneus augmente de manière exponentielle avec la vitesse du véhicule. Dans le cas des voitures particulières, le bruit des pneus est le bruit dominant par rapport à l'ensemble des autres sources sonores à partir de 30 à 40 km/h. Dans le cas des poids lourds, il est dominant à partir de 60 à 80 km/h.

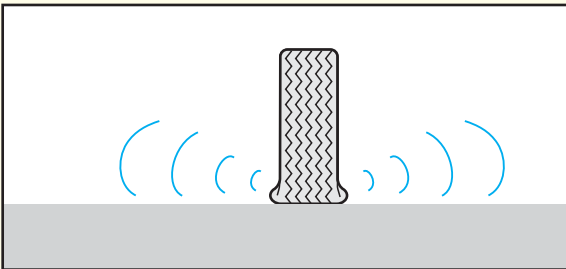
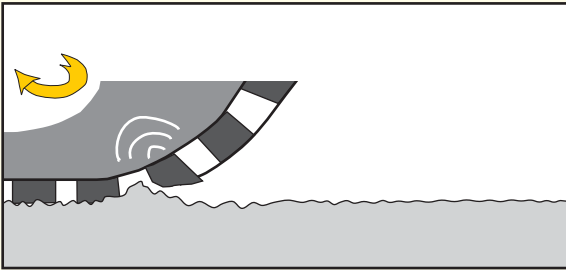
Le bruit des pneus est le résultat de l'interaction complexe entre les pneus et le revêtement. Différents mécanismes contribuent à la production sonore. Les principaux sont les vibrations des pneus (voir cadre), l'«effet de pompage» (voir cadre), ainsi qu'un mécanisme de renforcement, l'«effet de pavillon» (voir cadre).

En plus des pneus, le revêtement même joue également un rôle important dans l'apparition/diminution de ces phénomènes, et plus particulièrement trois de ses propriétés: sa texture (voir cadre), ses propriétés d'absorption (voir cadre) et son élasticité (voir cadre).

Les revêtements dont une ou plusieurs de ces propriétés ont été optimisées, engendrent une diminution du bruit des pneus et sont appelés revêtements silencieux (voir cadre).

Les revêtements silencieux sont une arme de taille dans la lutte contre le bruit routier; en tant que mesure ciblée sur la source du bruit, ils ont généralement un rapport coût-bénéfices plus important (trois à dix fois) que des mesures ciblées sur le transfert du bruit, telles que les écrans antibruit ou l'isolation des façades.

### Vibrations des pneus

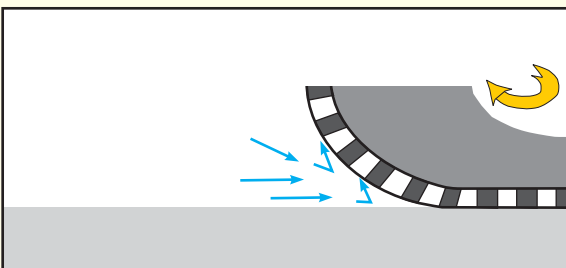
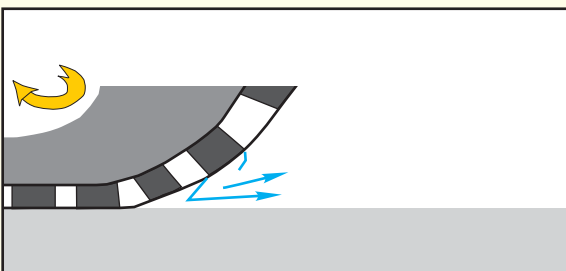


Lorsqu'un pneu roule sur une inégalité du revêtement et que la dimension horizontale de cette inégalité vont de 1 à plusieurs dizaines de cm, la bande de roulement et les côtés du pneu se mettent alors à vibrer. La bande de roulement et les côtés émettent alors du bruit, semblable à celui d'une peau de tambour. Plus la dimension verticale de l'inégalité est grande, plus ce phénomène est renforcé. Les vibrations du pneu sont les plus importantes lorsque la dimension horizontale de l'inégalité est la même que la dimension de la zone de contact pneu-revêtement (8 cm environ pour une voiture particulière). Un des exemples les plus marquants de ce phénomène s'observe lorsqu'une voiture roule sur une route en pavés.

Par conséquent, si l'on souhaite diminuer au maximum le bruit émis par les pneus, il convient que le revêtement contienne aussi peu d'inégalités («mégatexture») que possible.

*Revêtement en pavés (Place des palais, Bruxelles). De par sa mégatexture intrinsèque très prononcée, ce type de revêtement est un des plus bruyants qui soit*

### Effet de pompage



Lorsqu'un pneu roule sur un revêtement très lisse, l'air est comprimé à l'avant de la zone de contact pneu-revêtement et s'échappe ensuite de manière bruyante. A l'arrière de la zone de contact, l'air est également aspiré de manière bruyante. Lorsque les voitures roulent à une vitesse raisonnable sur un revêtement lisse, ce phénomène s'observe sous la forme d'un sifflement. Ce mécanisme sonore peut être réduit en dotant le revêtement d'une texture fine (inégalités d'une dimension horizontale inférieure à 1 cm, «macrotexture» fine) et/ou en réalisant un revêtement poreux. Dans le premier cas, l'air peut s'échapper horizontalement entre les inégalités, avant d'être comprimé. Dans le second cas, l'air peut s'échapper verticalement à travers les vides du revêtement.

Effet de pompage

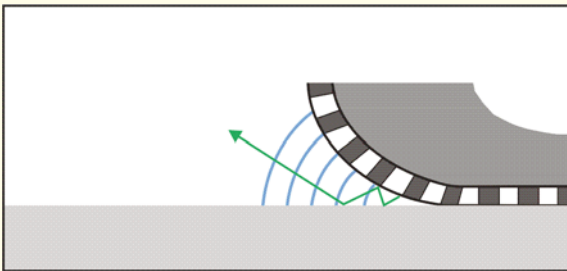


Les pierres de petite taille, entre 2 et 4 mm, de la couche de roulement en béton bitumineux drainant (ZOAB) bicouche procurent une macrotexture fine optimale. Ce type de revêtement est également poreux, ce qui rend la macrotexture fine «superflue». (section expérimentale DUW, Kloosterzande, Zélande, Pays-Bas)



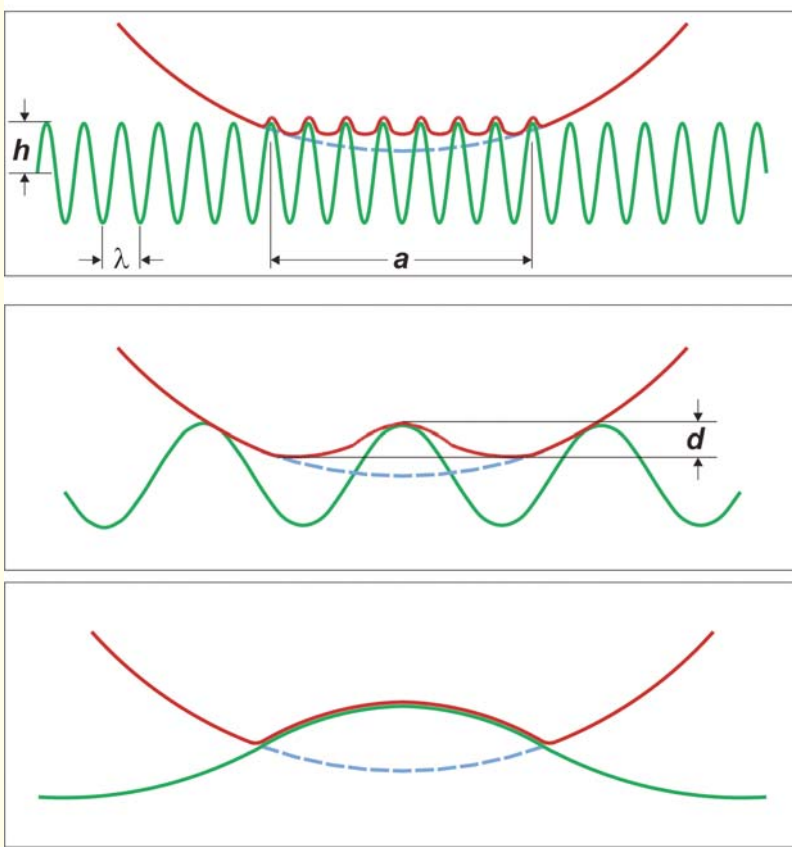
Macrotexture fine de la couche de roulement en béton fin bicouche (non poreux) (N49 à Beveren)

Effet de pavillon



Ce phénomène ne produit pas en lui-même de bruit, mais renforce le bruit généré par d'autres mécanismes (p.ex. l'effet de pompage ou les vibrations des pneus). Dans le cône formé entre la bande de roulement et le revêtement, le bruit peut se réfléchir plusieurs fois, ce qui fait qu'il est renforcé dans une direction. Ce phénomène est similaire au renforcement du bruit d'une trompette ou d'un mégaphone due à la partie conique. Il peut être minimisé avec un revêtement absorbant acoustiquement, comme c'est le cas des revêtements poreux. Une moitié du cône se voit alors incapable de réfléchir le son.

Texture du revêtement



La texture d'un revêtement peut être décrite comme étant la différence que présente le revêtement par rapport à une surface parfaitement lisse. La dimension horizontale (la *longueur d'onde de texture*) des bosses et des creux a une importance toute particulière, car ceux-ci déterminent l'effet de la texture sur la production sonore.

Plus la dimension horizontale (l'amplitude) est grande, plus l'effet est prononcé.

Une texture ayant une petite longueur d'onde par rapport à la dimension de la surface de contact pneu-revêtement a un effet favorable: en réduisant l'effet de pompage, cette texture diminue le bruit des pneus. Une texture ayant une longueur d'onde comprise entre 0,5 cm et 5 cm est appelée *macrotecture*. Une macrotecture plus fine est donc favorable aux propriétés acoustiques mais aussi à la sécurité des usagers de la route. Cette texture favorise en outre l'évacuation de l'eau de la surface de contact pneu - revêtement lors de fortes pluies et prévient de la sorte l'aquaplanage. Ceci a surtout son importance dans le cas de vitesses élevées.

Une texture de longueur d'onde plus importante (de 1 cm à plusieurs dizaines de cm) a un effet négatif sur le bruit des pneus, car elle fait vibrer le pneu et augmente ainsi son émission sonore. Une texture d'une longueur d'onde comprise entre 5 cm et 50 cm est appelée *mégatexture*. Il a été démontré que la mégatexture influence non seulement négativement la production de bruit, mais également la résistance au roulage et augmente donc la consommation de carburant ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub>. Il faut donc l'éviter autant que possible.

Une texture ayant une grande voire très grande longueur d'onde (> 0,5 m), appelée *inégalité*, ne joue aucun rôle dans le bruit des pneus, mais peut secouer les poids lourds et/ou leur chargement. L'amplitude pour ces grandes longueurs d'onde doit également rester limitée pour le confort des occupants du véhicule, pour lutter contre l'apparition de vibrations et pour maintenir aussi basse que possible la résistance au roulage du revêtement.

Une texture très fine, avec des longueurs d'onde inférieures à 0,5mm, ne joue qu'un rôle secondaire dans la production sonore. Cette texture a son importance sur le plan de la sécurité, car elle détermine en partie la rugosité du revêtement.

### Absorption par le revêtement

Pour qu'un revêtement absorbe le son, il doit être poreux. Pour ce faire, il faut sélectionner des granulats d'une granularité adéquate pour le mélange bitumineux. L'enrobé dense classique a un pourcentage de vides d'environ 3 % et les vides ne sont reliés ni entre eux ni à l'air. Dans le cas d'un enrobé drainant (ED), le pourcentage de vides est d'environ 25 %. Les vides sont reliés entre eux et à l'air. Ils forment des canaux sinueux qui débudent à la surface du revêtement et s'étendent jusqu'à la couche dense située en dessous de la zone poreuse. Un revêtement de ce type absorbe une partie de l'énergie sonore qu'il rencontre (elle est transposée en chaleur) et en réfléchit l'autre partie. Un revêtement dense réfléchit environ 100 % de l'énergie sonore.

Pour obtenir une absorption efficace, la couche poreuse du revêtement doit avoir une épaisseur minimale de 4 cm et un pourcentage de vides minimal de 20 %.

Les revêtements poreux réduisent le son de différentes manières, car ils réduisent entre autres choses l'effet de pavillon.

Un problème rencontré avec les revêtements poreux est que les vides ont tendance à se colmater avec la saleté, et ce surtout sur les routes à vitesse modérée (< environ 90 km/h) et/ou à faible trafic. Le colmatage diminue drastiquement la qualité acoustique du revêtement (environ 1 dBA/an en moins de réduction sonore). Ce n'est pas un problème sur les routes rapides, car il s'y produit un phénomène d'«autonettoyage». Par temps de pluie, les pneus des véhicules projettent l'eau dans les trous, ce qui permet de les nettoyer. La perte de réduction sonore sur les autoroutes n'est que de 0,2 dB(A)/an. Un autre défaut des revêtements poreux est que l'entretien hivernal est plus compliqué: en cas de neige ou de verglas, il est moins aisé de déverglacer le revêtement, même si ce problème n'est pas insurmontable, comme le démontrent les Pays-Bas, où le béton bitumineux drainant (ZOAB) poreux est utilisé systématiquement sur le réseau routier principal.

### Elasticité du revêtement



Revêtement «poroélastique» expérimental de confection japonaise, posé en tapis de 1 x 1 m (section expérimentale DUWU à Kloosterzande, Zélande, Pays-Bas)

Un revêtement dont l'élasticité est du même ordre de grandeur que celle des pneus est particulièrement efficace pour lutter contre les vibrations des pneus. Le béton tant que l'enrobé sont bien plus rigides que les pneus, et doivent par conséquent être considérés comme des revêtements «durs». La différence de production sonore entre ces deux types de revêtement ne peut donc pas s'expliquer par leur différence de rigidité. Des expériences dans le cadre desquelles des morceaux de caoutchouc ont été ajoutés au mélange bitumineux n'ont pas pu démontrer que ceux-ci amélioreraient de manière significative le problème du bruit causé par les pneus. Des expériences réalisées au Japon et en Suède, avec des revêtements poroélastiques constitués à 80 % de pneus moulus et à 20 % de polyuréthane, ont par contre démontré que l'élasticité pouvait fortement contribuer à diminuer le bruit des pneus. Ces revêtements ne sont pas encore appliqués en Europe à cause de leur durabilité encore trop restreinte, mais sont l'objet de projets de recherche.

### *Revêtements silencieux*

Des revêtements silencieux sont des revêtements dont au moins une des trois propriétés:

- Texture
- Absorption
- Élasticité

a été optimisée afin de réduire le bruit des pneus.

Une autre définition parfois utilisée est qu'il s'agit d'un type de revêtement qui diminue le bruit du trafic routier d'au moins 3 dB(A) par rapport à un revêtement de référence (le plus souvent un béton bitumineux dense).

Exemples de revêtements silencieux (première définition):

- Enrobé drainant (ED) (appelé aux Pays-Bas *zeer open asfaltbeton*, ZOAB)
- ED bicouche
- Recouvrements minces
- Enduit à base de résine (granulats fins)
- Béton fin
- Béton drainant
- Revêtements poroélastiques (encore en phase expérimentale)

---

## **Equipements - Essais**

La cellule SMN (*Surface characteristics – Markings – Noise*) du CRR effectue les essais suivants:

### ***La méthode Statistical Pass-By (SPB)***



*Mesures SPB à Bambois*

L'objectif de cette méthode est de déterminer la qualité acoustique d'un revêtement particulier à un endroit précis. Le CRR réalise cet essai conformément aux prescriptions de la norme qui s'y rapporte ISO 11819-1. Pour ce faire, il utilise un microphone relié à un sonomètre et un tachymètre radar, pour mesurer le long de la route le niveau de pression acoustique maximal et la vitesse d'un grand nombre de véhicules passant de manière aléatoire. Un traitement statistique de ces résultats permet d'établir l'indice SPB (SPBI), qui donne une bonne idée de la qualité acoustique du revêtement à l'endroit considéré, et plus particulièrement de l'influence du revêtement sur la pression acoustique du trafic sur les riverains. Vous retrouverez une description complète de cet essai dans le leaflet CRR F67 *La méthode «Statistical Pass-By»*.

### ***Mesure de la texture de la route***

Cette méthode permet de mesurer la texture superficielle d'une section de revêtement. Le CRR dispose à cet effet de deux «profilomètres laser». Le profilomètre laser dynamique est monté sur un véhicule de mesure pour réaliser des mesures à haut rendement. Le profilomètre laser statique est monté sur une petite remorque afin de réaliser des mesures ponctuelles, pour lesquelles la position exacte de la mesure importe. Les résultats des mesures de texture contiennent de nombreuses informations sur les propriétés acoustiques du revêtement, mais fournissent également des informations sur d'autres aspects de celui-ci, comme sa rugosité et sa résistance au roulage. Vous retrouverez de plus amples informations sur la texture du revêtement dans le leaflet CRR F68 *Mesure de la texture du revêtement*.

---

## **Collaborations - Projets en cours - Projets finalisés**

### *Projets finalisés*

#### **SILVIA (2002 - 2005)**

Le projet européen (5ème programme-cadre UE) «SILVIA» (SILenda VIA, soit «la route doit être silencieuse» en latin) était dirigé par le CRR et avait pour objectif de diminuer le bruit routier via l'optimisation des véhicules, des pneus et du revêtement. Les responsables politiques disposent maintenant d'un outil qui leur permet de planifier de manière rationnelle des mesures visant à réduire le bruit.

Voir [www.trl.co.uk/silvia](http://www.trl.co.uk/silvia), où vous pouvez télécharger gratuitement de nombreux rapports.

#### **SILENCE (2005 - 2008)**

Le projet SILENCE (6ème programme-cadre UE) avait pour objectif de développer un système intégré pour un contrôle efficace du trafic en environnement urbain. Le CRR était en charge de la partie «revêtements».

Voir [www.silence-ip.org](http://www.silence-ip.org), où vous pourrez télécharger gratuitement des rapports.

#### **Projet COWI-CRR (aucun nom spécifique) (2006)**

Ce projet de petite ampleur, réalisé par le CRR et le consultant danois COWI suite au projet SILVIA, avait pour objectif d'établir une classification européenne des revêtements sur base de leurs qualités acoustiques. Des rapports «state of the art» ont été rédigés, une analyse coûts-bénéfices a été réalisée et un workshop, auquel ont été conviés l'ensemble des pays européens concernés, a été organisé. Enfin, un rapport contenant des recommandations a été rédigé.

Plus d'informations: [www.cowiprojects.com](http://www.cowiprojects.com), où vous pourrez télécharger gratuitement des rapports.

#### **INQUEST (2007-2008)**

Il s'agit également d'un projet faisant suite au projet SILVIA, financé sous le 6ème programme-cadre UE, réalisé par un consortium constitué du CRR, du DRI et du FEHRL. L'objectif était de diffuser les connaissances relatives aux revêtements silencieux acquises dans le cadre du projet SILVIA aux pays n'ayant pas participé à ce projet. Pour cela, des workshops d'une journée ont été organisés dans six pays (Slovénie, Roumanie, Suisse, Irlande, Portugal et Grèce). De plus, un groupe de travail «classification acoustique des revêtements» a été constitué; celui-ci s'est réuni une première fois à Ljubljana en avril 2008 et une deuxième fois en septembre 2008 à Copenhague.

Plus d'informations: <http://www.fehrl.org/?m=123>.

#### **ERANET ROAD FTP2 (2007)**

Il s'agit d'un projet pilote réalisé dans le cadre du programme ERANET ROAD (à son tour financé sous le 6ème programme-cadre UE), par un consortium constitué du CRR et du DRI. Son but était de réaliser une analyse de risques de l'utilisation des revêtements silencieux.

Vous retrouverez plus d'informations, et pourrez télécharger le rapport de l'«executive summary» sur <http://www.era-road.net/>.

***ERANET ROAD OPTHINAL (2009)***

Ce projet est également réalisé dans le cadre du programme ERANET ROAD et comprend une étude approfondie des couches de revêtement minces sur base de la littérature existante. Le projet est réalisé par un consortium constitué du CRR, du DRI et du VTI et a débuté en juin 2009.

---

## Documents - Liens - Formation

### *Liens*

www.innovatieprogrammageduid.nl: <http://www.innovatieprogrammageduid.nl>

www.silentroads.nl: <http://www.silentroads.nl>

www.calm-network.com: <http://www.calm-network.com>

Transport Research Laboratory (UK): <http://www.trl.co.uk>

www.silence-ip.org: <http://www.silence-ip.org>

www.cowiprojects.com: <http://www.cowiprojects.com>

FEHRL: <http://www.fehrl.org>

ERA-NET ROAD: <http://www.era-road.net/>

PERSUADE: <http://persuade.fehrl.org/>

### *Documents*

#### **A. Bergiers**

Final Report *Round Robin Test SPB measurements*  
CRR, 2010

Traffic Noise and Road surfaces: State of the art

ERANET rapport + executive summary

*La méthode «Statistical Pass-By»*

Leaflet CRR F67

*Mesure de la texture du revêtement*

Leaflet CRR F68

### *Formation*

Cours d'hiver 2007, 2009

Contact:

[www.crr.be](http://www.crr.be)

**Luc Goubert:** 02 766 03 51, [l.goubert@brrc.be](mailto:l.goubert@brrc.be)  
Chercheur

Boulevard de la Woluwe 42  
1200 Bruxelles

**Anneleen Bergiers:** 02 766 03 17, [a.bergiers@brrc.be](mailto:a.bergiers@brrc.be)  
Chercheur

© CRR, décembre 2010

Etablissement reconnu par application de l'arrêté-loi du 30.1.1947