

Méthode de mesure de bruit par auscultation de la chaussée : l'appareil multifonction SIRANO

Xavier Guyot,
SCETAUROUTE,
Département Chaussées et Entretien Routier,
11, avenue du Centre,
Saint Quentin en Yvelines,
78286 Guyancourt CEDEX,
Tél. : 01 30 48 49 63,
Fax : 01 30 48 44 85,
e-mail : x.guyot@scetauroute.fr

La caractérisation du bruit de contact pneumatique/chaussées est devenu au cours des années un sujet majeur pour les maîtres d'ouvrage et notamment les sociétés concessionnaires d'autoroutes. L'appareil multifonction SIRANO ausculte les chaussées du réseau autoroutier français depuis plus de dix ans et a été équipé en 1999 d'un système de mesure de bruit en champ proche. Il a effectué depuis plus de 2200 kilomètres de mesures de bruit, l'objectif étant de classer les différents revêtements de manière relative et de suivre leur évolution dans le temps. Les résultats et l'expérience acquise par cette méthode unique mais néanmoins comparable avec les autres appareils français de mesure en continu seront utiles dans la perspective de la future normalisation et du développement d'un nouveau véhicule d'auscultation multifonction.

The characterisation of the tyre-road contact noise become during years a major subject for contracting authorities and in particular motorway companies. The multi-use Equipment SIRANO inspects French motorway network for more than ten years and was equipped in 1999 of a system of noise in close proximity. It carried out since more than 2200 kilometers of noise measurements, the objective being to classify several pavement surfaces relatively and to follow their evolution in time. The results and the experience acquired by this unique but nevertheless comparable with the other French methods will be useful in the perspective of the future standardisation and the development of a new multi-use vehicle.

Le bruit de roulement peut être caractérisé par deux grandes familles de mesure : les méthodes au passage et les méthodes en continu dites embarquées. [1]
Les méthodes de mesure au passage ont été développées dans les années 80 pour répondre à un besoin de plus en plus fort de la part des maîtres d'ouvrage pour caractériser le bruit des revêtements routiers. Elles consistent à mesurer le niveau sonore à l'aide d'un microphone placé en bord de voie lors du passage d'un échantillon de véhicules du trafic ou de véhicules d'essai pris isolément. Ces méthodes font l'objet de norme internationales et françaises.

Ces méthodes présentent des défauts restreignant largement leur emploi : l'absence d'obstacles au voisinage du point de mesure et la représentativité spatiale des résultats.

C'est pourquoi, une autre méthode, dites embarquée, a été étudiée : elle consiste à placer des microphones à proximité d'un pneumatique d'essai de façon à mesurer de manière continue le bruit de roulement sur un tronçon de chaussée.

Ces procédés en continu sont en cours de mise au point depuis quelques années au niveau international (Projet de norme ISO-CPX) et au niveau français.

Les sociétés concessionnaires d'autoroutes ont été dès le milieu des années 90 préoccupées par la mesure du bruit de roulement. Le département chaussées et entretien routier

de SCETAUROUTE et SAMRA, filiales du Groupe EGIS, en partenariat avec la société MicrodB ont répondu à ce besoin en équipant leur véhicule d'auscultation SIRANO d'un système expérimental de mesure de bruit embarqué et réalisent depuis trois ans des mesures sur le réseau autoroutier français.

Cet article présente le véhicule SIRANO, le système de mesure développé spécialement ainsi que les principaux résultats obtenus sur les premières campagnes d'auscultation.

Présentation du véhicule SIRANO

Mis en service en 1991, le véhicule SIRANO (Système d'Inspection des Routes et autoroutes par Analyses Numériques et Optiques) a été le premier appareil multifonction français d'auscultation des chaussées [2], conçu par le réseau des Laboratoires des ponts et chaussées et exploité par SAMRA et SCETAUROUTE.

Il répond à la demande des gestionnaires de voies à trafic fort, notamment des chaussées d'autoroutes à péage, de réaliser au cours d'un même passage le relevé de plusieurs paramètres ou indicateurs : l'uni longitudinal, la rugosité, le profil en travers (orniérage) et les dégradations superficielles. C'est un appareil à grand rendement et à grande vitesse qui s'insère ainsi dans le flot de circulation (70 à 80 km/h).

La périodicité de passage sur le réseau autoroutier étant en moyenne de l'ordre de 3 ans, SIRANO a effectué en France depuis sa mise en service plus de 40 000 km de mesures.



Photo 1 : Véhicule SIRANO

Vers 1996, les sociétés concessionnaires d'autoroutes ont exprimé le besoin de pouvoir mesurer l'influence du revêtement des chaussées sur le bruit de roulement des véhicules.

L'objectif était de pouvoir caractériser l'état des enrobés drainants qui prenaient une part grandissante dans les travaux d'entretien visant à réduire le bruit.

L'idée a été alors d'équiper SIRANO par un système embarqué et de profiter des campagnes annuelles d'auscultation pour effectuer des mesures.

Principe du développement

L'objectif des sociétés concessionnaires d'autoroutes est mettre au point une méthode de mesure permettant :

- de discriminer les niveaux de bruit des différents types de revêtement,
- de pouvoir suivre l'évolution dans le temps d'un revêtement, d'effectuer la mesure en un seul passage à la vitesse de roulement habituelle de SIRANO (70 à 80 km/h) sur chaussée sèche.

Une étude de faisabilité menée en 1997 par la société MicrodB a permis de montrer que les chaussées étaient classables en terme de bruit de roulement et que les mesures rejoignaient les mesures statiques en bord de chaussée.

Les tests menés en 1999 ont porté sur les niveaux de bruit mesurés sur huit portions de chaussée représentant trois types de revêtement (BBTM 0/10, BBTM 0/14, BBDr 0/10) d'âge différent.

L'étude a montré que la méthode était fiable et répétable et a permis de valider les gammes de fréquences à mesurer avec SIRANO qui n'est ni un véhicule léger ni un poids lourds (5 tonnes à l'essieu et roues jumelées).

Système de mesure embarqué

Début 2000, le véhicule SIRANO a donc été équipé d'un système de mesure de bruit de roulement en champ proche qui se décompose en deux parties : des antennes équipées de microphones et le matériel d'acquisition embarqué.

Les antennes sont des tubes métalliques qui viennent se placer autour de l'essieu arrière gauche à une douzaine de centimètres de la chaussée. Il y a deux antennes de dimensions identiques de part et d'autre des roues équipées chacune de 4 microphones protégés par des bonnettes en mousse. La focalisation est logicielle puisque les microphones ne pointent pas vers un point unique.

Le système d'acquisition est composé d'un boîtier concentrateur des microphones et d'un ordinateur de type PC embarqué dans le véhicule. Le système de repérage est le même que pour les autres mono fonctions et les mesures se font à la vitesse de roulement de SIRANO.

Les pneumatiques d'essai sont ceux montés sur le véhicule de marque Michelin aux dimensions suivantes : 835 mm de diamètre et 185 mm de largeur.



Photo 2 : Antennes de mesure

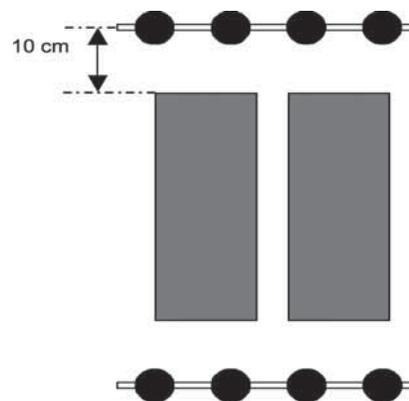


Fig. 1 : Implantation des antennes de mesure

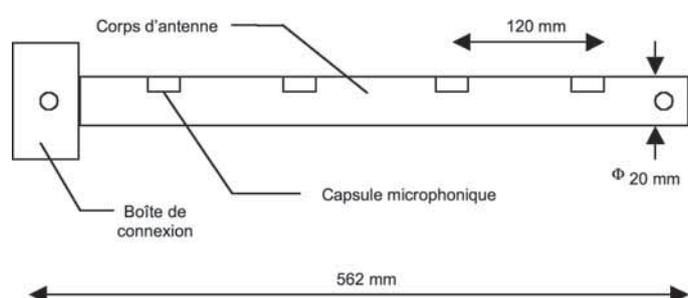


Fig. 2 : Schéma des antennes de mesure

Les données enregistrées sont les niveaux de bruit par tiers d'octave (en décibel acoustique) de 315 Hz à 2500 Hz au pas de 20 mètres ainsi qu'un niveau global. Le stockage des données se fait par gravage d'un CD Rom.

Le système de mesure de SIRANO est unique car il permet d'effectuer des mesures sur plusieurs dizaines de kilomètres en ayant une localisation précise de la mesure.

Il est également possible de calculer pour une section de revêtement de même nature le spectre moyen par tiers d'octave ainsi que le niveau global moyen sur la longueur de la section. Le niveau global moyen L est donné par la relation suivante en fonction des niveaux L_i par fréquence.

$$L_{global} = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$$

Principaux résultats des campagnes de mesure 2000, 2001 et 2002

Le véhicule SIRANO a été équipé du système de mesure de bruit au début de l'année 2000 et est devenu opérationnel pour la campagne 2000 après une série de tests.

2200 kilomètres de chaussées d'autoroute ont fait l'objet de mesure de bruit lors des campagnes 2000, 2001 et 2002.

Autoroutes du Sud de la France	1 500 km
COFIROUTE	150 km
Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France	450 km
Société des Autoroutes Paris Normandie	150 km

Avec la base de données des revêtements des différentes sociétés, il a été possible de corréler les mesures de bruit avec la couche de roulement en place.

Le premier graphique (Fig.3) superpose les spectres moyens des quatre types de revêtements habituellement rencontrés sur les autoroutes françaises (dalle béton, béton bitumineux semi grenu, béton bitumineux drainant et béton bitumineux très mince).

Les spectres se différencient de manière significative (de plus

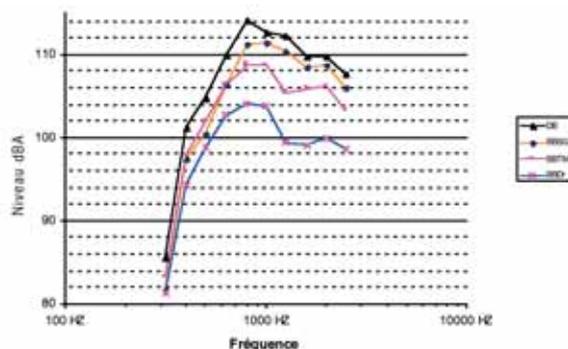


Fig. 3 : Spectres moyens des quatre types de revêtements habituellement rencontrés sur les autoroutes françaises

de 3 dB(A) à partir de la fréquence de 1000 Hz et les niveaux globaux calculés permettent de classer de manière relative les revêtements.

Dans les graphiques suivants, nous avons superposé pour un type de revêtement différents spectres mesurés (Tableaux 2a à 2d et Fig. 4a à 4d).

Béton bitumineux drainant :

Revêtements	Niveaux globaux
BBDR 1993	114,5
BBDR 1995	113,6
BBDR 1993	113,5
BBDR 1999	113,1
BBDR 1992	112,8

Tableau 2a

Béton bitumineux semi grenu :

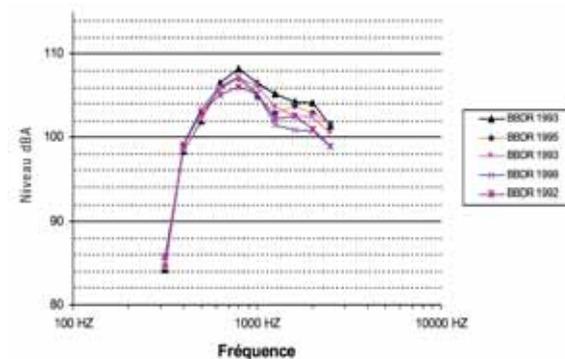


Fig.4a

Revêtements	Niveau en dB (A) par tiers d'octave										Global
	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz	2000 Hz	2500 Hz	
DB	85,6	101,3	104,7	110,0	114,1	112,6	112,3	109,7	109,8	107,6	120,0
BBSG	81,6	97,4	100,4	106,4	111,2	111,5	110,3	108,4	108,7	105,9	117,9
BBTM	83,2	97,8	101,9	106,3	108,8	108,6	105,4	105,8	106,1	103,3	115,4
BBDR	81,3	94,3	98,8	102,7	104,1	103,8	99,4	99,1	99,9	98,6	110,5

Tableau 1 : Niveaux sonores en dB(A) par 1/3 d'octave en fonction des différents revêtements de chaussée

Revêtements	Niveaux globaux
BBSG 1999	117,8
BBSG 1993	117,5
BBSG 1992	117,3
BBSG 1992	117,2
BBSG 1994	116,8

Tableau 2b

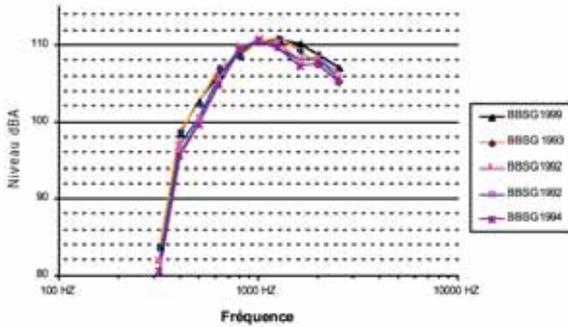


Fig.4b

Béton bitumineux très mince :

Revêtements	Niveaux globaux
BBUM 1997	117,1
BBTM 1997	117,0
BBTM 1996	116,2
BBTM 2000	116,1
BBTM 1997	115,4

Tableau 2c

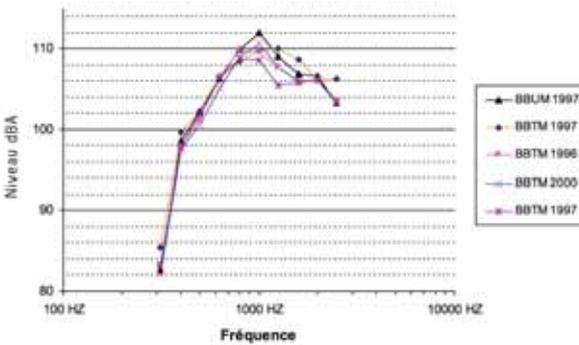


Fig.4c

Dalle béton :

Revêtement	Niveau Global
DB 1975	122.5
DB 1975	120.6
DB 1975	120.0

Tableau 2d

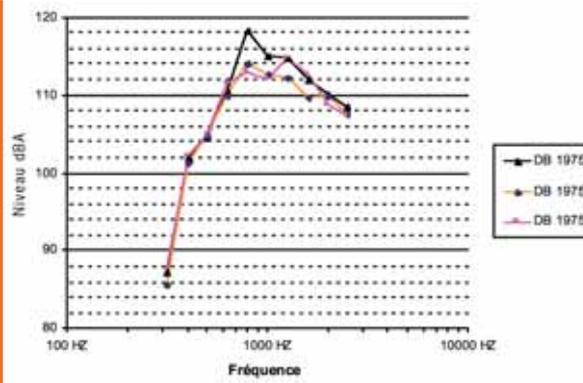


Fig.4d

Le classement des couches de roulement de la moins à la plus bruyante est le suivant :

Revêtements	Niveau Global Sirano
Béton bitumineux drainant	de 110 à 115 dB(A)
Béton bitumineux très mince	de 115 à 117 dB(A)
Béton bitumineux semi grenu	de 117 à 119 dB(A)
Béton	supérieur à 120 dB(A)

L'écart entre les revêtements « extrêmes » peut atteindre 10 dBA . Cependant la différence entre BBSG et BBTM reste assez difficile à distinguer. La méthode SIRANO est néanmoins suffisamment discriminatoire pour différencier les grandes familles de revêtements.

Nous retrouvons avec SIRANO les résultats connus avec la méthode au passage quant à la classification des revêtements. Par contre les intervalles de niveaux de bruit sont spécifiques à SIRANO et ne sont pas comparables avec les résultats des autres méthodes de mesure.

Amélioration du niveau de bruit

Les chaussées béton de la section auscultée ont fait l'objet de travaux de réhabilitation durant les étés 2000 et 2001. Les dalles béton ont été recouvertes par un béton bitumineux à module élevé et par une couche de roulement en béton bitumineux très mince 0/10. SIRANO a effectué des mesures de bruit avant et après les travaux sur une même zone. Les résultats sont les suivants :

Revêtements	Niveaux globaux
DB 1975 avant travaux	120,6
BBTM 2000 après travaux	116,1
Gain	4,5 dB (A)

Tabl. 3 : Gain en dB (A) dû au changement de revêtement routier

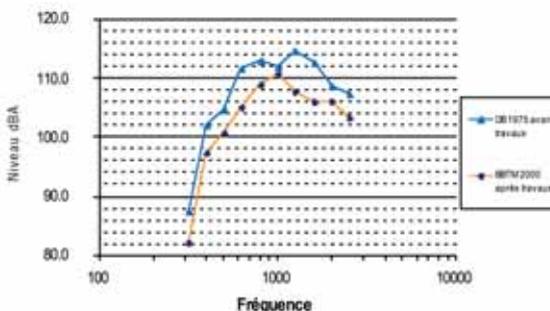


Fig. 5 : Niveaux sonores en fonction des fréquences avant et après le changement de revêtement

Le gain au niveau de l'émission du bruit de roulement mesuré par SIRANO est de plus de 4 dB(A).

Suivi de l'évolution du niveau de bruit sur une section de chaussées :

Le graphique suivant montre l'évolution des niveaux de bruit à différents 1/3 d'octave (315 Hz, 630 Hz et 1250 Hz) sur une section d'autoroute de 10 km qui présente plusieurs revêtements :

PR deb	PR fin	Revêtements	Niveaux globaux
185	187	BBDR 1995	103,4
187	190	BBTM 1995	106,3
190	192	BBDR 1995	103,6
192	195	BBTM 2000	106,1

Tabl. 4 : Niveaux sonores mesurés par SIRANO

véhicule du Laboratoire régional de l'Est parisien, le véhicule de la société COLAS. Le LCPC de Nantes a également effectué des mesures Véhicule Isolé en bord de chaussée.

Le site de Vierzon sur l'autoroute A71 (COFIROUTE) a été sélectionné car il avait l'avantage de présenter 4 types de couche de roulement sur une vingtaine de kilomètres. Les planches testées ont été :

BBSG 0/14 – BBDr 0/6 – BBTM 0/10 type 1 – Béton Armé Continu

Chaque appareil a effectué et a exploité ses mesures suivant sa méthode habituelle et le LCPC de Nantes – section acoustique a regroupé et analysé l'ensemble des résultats. Les résultats complets de l'expérimentation ont fait l'objet d'une présentation lors des Journées d'étude « Bruit du trafic routier » organisées à Nantes par l'AIPCR. [3]

SIRANO a mesuré les spectres suivants sur les différents revêtements :

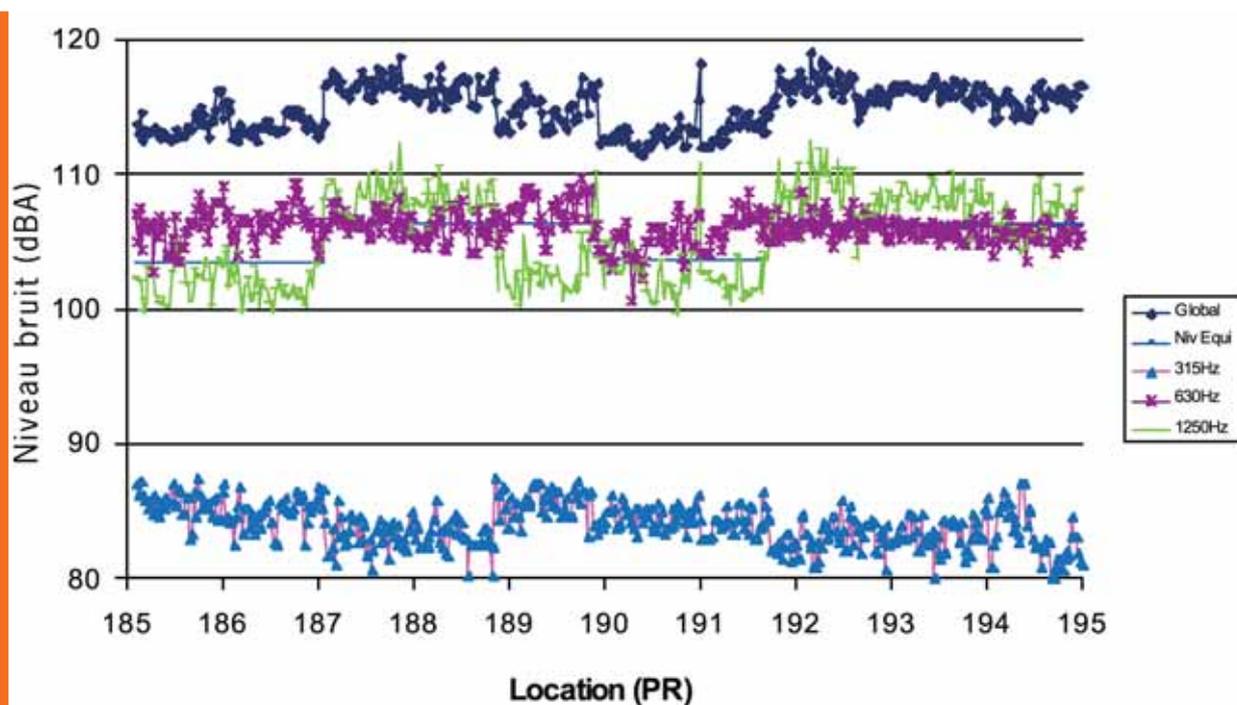


Fig. 6 : Spectres mesurés par SIRANO en fonction des différents revêtements étudiés

Le système de mesure de SIRANO permet donc de suivre sur un linéaire le niveau global de bruit et de repérer les éventuels « points noirs ».

Expérimentation de Vierzon Comparaison entre mesures au passage et mesures en champ proche :

SIRANO a participé en juin 2001 à une expérimentation commune de mesure de bruit en champ proche initié par le groupe IREX qui a regroupé les appareils de mesure existant en France, à savoir SIRANO, le véhicule de la Ville de Paris, le

Revêtement	Niveaux globaux
BAC	119,1
BBTM 0/10	116,8
BBSG 0/14	116,9
BBDr 0/6	109,2

La classification entre revêtements est respectée et l'écart entre BAC et BBDr est d'environ 10 dB(A). Par contre, il est difficile de distinguer le BBTM du BBSG.

Les différentes mesures ont donné lieu à une classification homogène des revêtements et à l'obtention d'une bonne

comparaison sur les revêtements fermés entre les méthodes au passage et en continu.

Cependant des écarts importants dans les spectres et les niveaux globaux apparaissent pour l'enrobé drainant qui peuvent s'expliquer par un phénomène d'absorption différentielle ou par des perturbations aérodynamiques.

De plus, la commission AFNOR S 30 M « Acoustique des milieux extérieurs » vient d'inscrire à son programme de travail la rédaction d'un projet de norme sur une méthode de mesurage en continu du bruit de roulement et le retour d'expérience des mesures faites avec SIRANO pourront être une première approche d'une méthode à grand rendement.

Conclusion

Les mesures de bruit en champ proche menées avec SIRANO se révèlent satisfaisantes et ont globalement répondu aux besoins des sociétés concessionnaires d'autoroute. Dans la perspective du développement d'un nouvel appareil multifonction d'auscultation des chaussées, la fonction de mesure de bruit embarquée sera nécessairement intégrée dès la conception du véhicule.

Références bibliographiques

- [1] : Synthèse des méthodes de mesure du bruit de roulement – Revue Générale des Routes et Aéroports – Février 2002.
- [2] : Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées – Numéro spécial XVII – « Gestion de l'entretien de la route » - Décembre 1994.
- [3] : Comparaison entre mesures au passage et mesures en champ proche : bilan d'une expérimentation – Journées d'étude « bruit du trafic routier » - Nantes – Novembre 2001.