

Cftr - info

Performances acoustiques in situ des revêtements de chaussées

Méthode expérimentale de caractérisation,
de vérification et de suivi

Cette note d'information a pour but de présenter la méthode expérimentale de caractérisation, de vérification et de suivi des performances acoustiques des revêtements routiers élaborée par le groupe national caractéristiques de surface des chaussées (GNCDs).

La méthode est fondée sur des mesures normalisées de bruit au passage et en continu. Elle a été expérimentée sur plusieurs chantiers qui ont permis d'affiner sa conception. Son application sera suivie par un observatoire du GNCDs en vue de sa mise au point opérationnelle à court terme.

1 - Objectifs

La présente note a pour but d'introduire, sur la base des connaissances actuelles, la méthode expérimentale que le groupe national caractéristiques de surface des chaussées (GNCS) préconise pour :

- Caractériser les performances acoustiques d'une formule de revêtement de chaussée, qu'il s'agisse d'un produit d'entreprise ou non,
- Vérifier in situ que ces performances acoustiques sont bien celles annoncées à l'issue de la phase de caractérisation,
- Suivre leur évolution dans le temps.

Cette note complète la note d'information CFTR n°4 de juin 2001 [1] sur l'influence de la couche de roulement sur le bruit du trafic routier.

2 - Rappels sur les revêtements peu bruyants

Les processus de génération du bruit de roulement sont essentiellement de deux natures : les phénomènes de résonance d'air et les phénomènes vibratoires (Fig 1).

Les phénomènes de résonance d'air [1] sont dus à la compression et à la détente de l'air piégé entre le pneumatique et la surface de la chaussée d'une part et à la résonance de l'onde sonore dans les sculptures du pneumatique d'autre part.

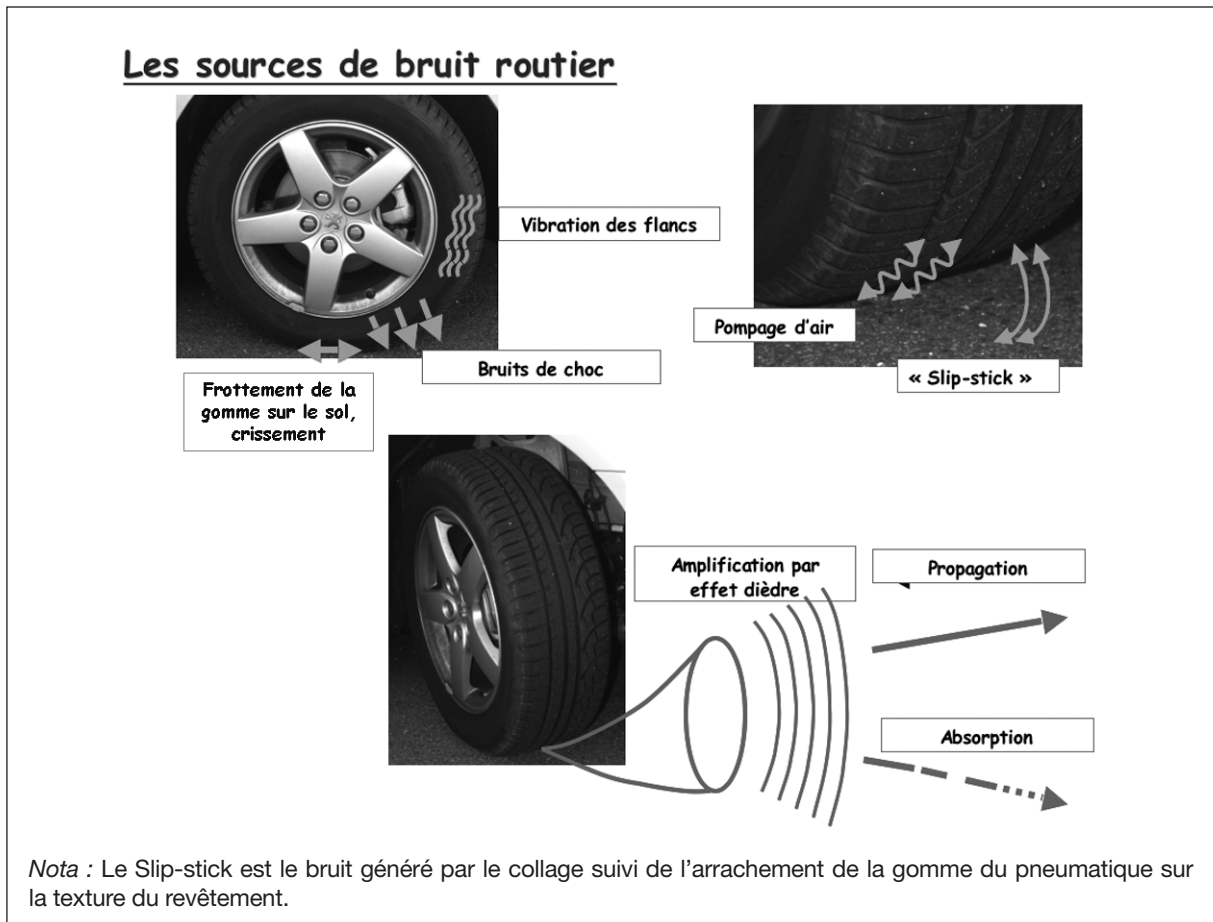
Un effet amplificateur s'ajoute à l'arrière du pneumatique, appelé effet dièdre, en raison de réflexions multiples du son entre la surface du pneumatique et celle du revêtement de la chaussée.

L'émission sonore générée est atténuée par la présence de vides communicants existant à l'intérieur du revêtement.

Les phénomènes vibratoires [1] sont générés à la fois par la déformation du pneumatique au cours du roulement du véhicule, par le choc des pavés de gomme du pneumatique sur le revêtement et par la mise en vibration mécanique de la bande de roulement du pneumatique par indentation sur la texture de surface (pompage d'air).

Selon la texture du revêtement (macrotecture et mégatexture), ces vibrations sont liées directement à la dimension maximale D des granulats. Plus ce D est grand, plus ces vibrations sont importantes.

Figure 1. Processus de génération du bruit de contact pneumatique-chaussée.



L'optimisation de la texture des revêtements a conduit à réduire cette dimension maximale D des granulats tout en conservant le niveau d'adhérence requis.

Ainsi, la formulation d'un enrobé pour couche de roulement tend vers un bon compromis entre l'adhérence et le bruit de contact pneumatique-chaussée.

3 - Rappel sur les deux méthodes de mesure de bruit de roulement

Les deux méthodes de mesure du bruit de roulement au passage VI (véhicule isolé) et en continu (en champ proche ou CPX) présentent des intérêts complémentaires [1].

La méthode de mesure au passage VI est utilisée pour caractériser ponctuellement les performances acoustiques intrinsèques de la formule d'un revêtement de chaussée. Mais la mesure est ponctuelle et elle est soumise à de fortes contraintes de site.

La méthode de mesure en continu est employée pour caractériser linéairement cette formule en termes de performances acoustiques et d'homogénéité, tant au niveau initial que dans le temps. Elle peut être appliquée beaucoup plus librement que la précédente.

3.1 Méthode de mesure au passage VI (véhicule isolé)

La méthode de mesure au passage VM (véhicule maîtrisé) qui fut historiquement la première méthode utilisée en France, n'est plus appliquée car elle est trop contraignante : mesure hors circulation et emploi de plusieurs types de véhicules avec plusieurs montes de différents pneumatiques. Elle a été remplacée par la méthode de mesure au passage VI (véhicule isolé).

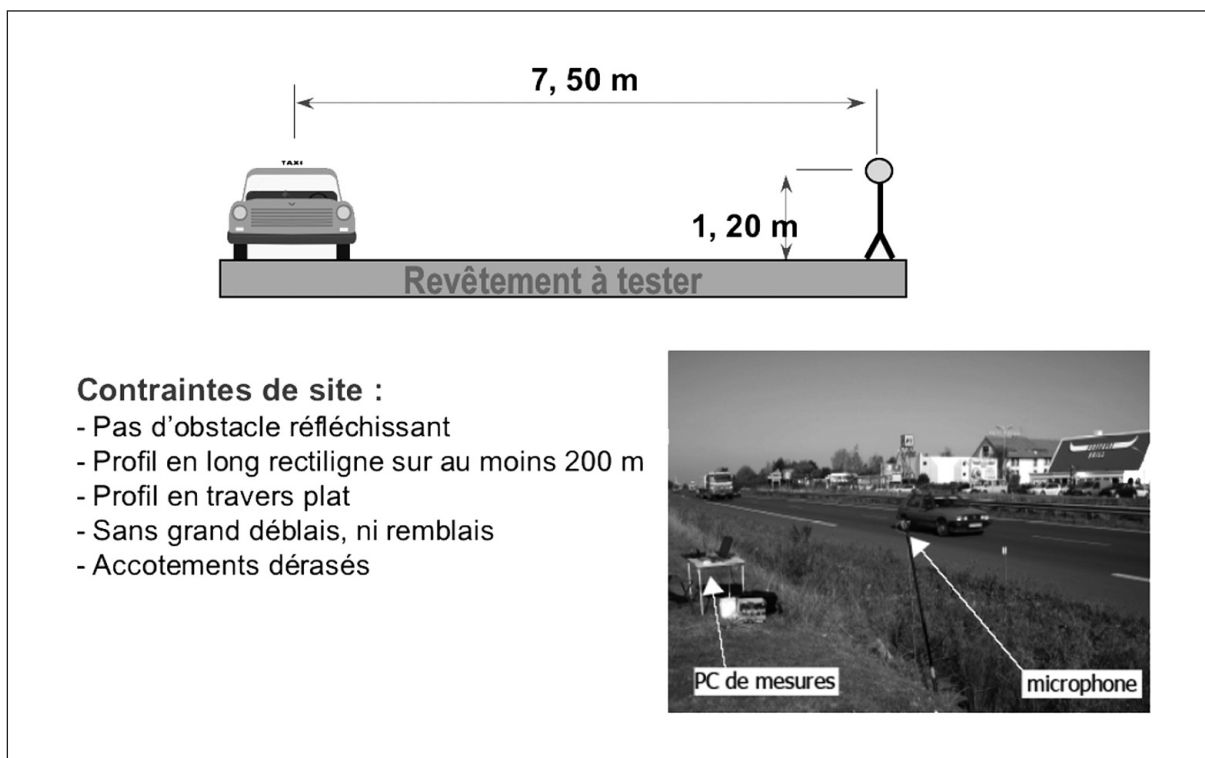
Cette méthode VI consiste à enregistrer le niveau sonore maximal L_{Amax} au passage de véhicules légers isolés pris dans un flot de circulation [1] [2] (Fig 2).

Elle est définie par la norme européenne NF EN ISO 11819-1 [2]. Son application permet de déterminer des valeurs dites de référence qui peuvent être prises en compte pour l'évaluation de niveaux sonores en façade (L_{Aeq}). Elle permet notamment de définir des classes d'émission sonore au sens du guide méthodologique de prévision du bruit routier du Sétra de juin 2009 [3].

La méthode de mesure au passage VI impose cependant des contraintes de site.

En effet, le site doit être exempt de tout obstacle réfléchissant (bâtiment, arbre, glissières de sécurité,

Figure 2. Méthode de mesure au passage VI.



etc.). Son profil en travers doit être plat, sans grands déblais ni remblais (dénivelé maximum de 0,50 m). Son profil en long doit être rectiligne sur au moins 200 mètres de part et d'autre du point de mesure et ne doit pas présenter de pente significative (inférieure à 2 %). Les accotements doivent être dérasés.

Il est difficile de la pratiquer dans le respect de toutes ces conditions, notamment en milieu urbain.

Par ailleurs, ces mesures sont ponctuelles. Elles ne peuvent de ce fait rendre compte de l'homogénéité des performances acoustiques d'une section de chaussée.

C'est pourquoi une méthode de mesure moins contraignante et moins onéreuse a été mise au point : la méthode de mesure en continu (en champ proche ou CPX).

3.2 Méthode de mesure en continu (en champ proche ou CPX)

Une telle méthode est pratiquée depuis plusieurs années en France et à l'étranger, mais les recherches menées au LCPC ont permis récemment une qualification des appareils et de la méthode de mesure.

Cette méthode consiste à mesurer le bruit émis par le pneumatique d'une roue d'un véhicule d'essai en champ proche ou CPX (moins d'un mètre de la

roue). Elle fait l'objet pour le moment de la norme XP S 31-145-1 [4], complétée le cas échéant par la méthode d'essai LPC n°63 [5].

Le véhicule d'essai roule à vitesse stabilisée. Le niveau sonore et la vitesse sont enregistrés en continu et échantillonnés sur la section de route à caractériser, plusieurs passages pouvant être effectués (Fig 3).

Le niveau sonore de chaque échantillon est recalé par rapport à la vitesse. Pour une vitesse de référence donnée, on calcule le niveau sonore moyen de la section de route considérée et la dispersion autour de cette moyenne.

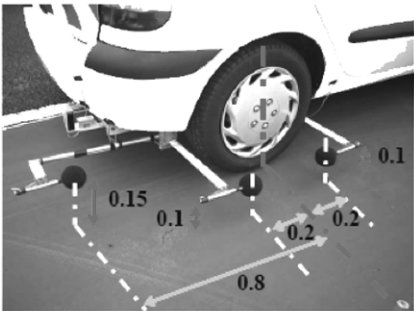
Cette méthode de mesure est bien adaptée pour évaluer l'homogénéité et la pérennité des performances acoustiques d'un revêtement sur un itinéraire. Elle convient bien également pour les mesures en milieu urbain.

4 - Les enjeux de la méthode mise en place par le GNCDS

La méthode définie par le GNCDS vise à « homologuer » les performances acoustiques d'un revêtement routier.

La formulation de ce revêtement routier nécessite d'optimiser le choix des constituants (granulats, liant hydrocarboné, ajouts éventuels), leur dosage et la courbe granulométrique résultante.


Figure 3. Méthode de mesure en continu CPX.



- Niveau sonore recalé en fonction de la vitesse
- Pour une vitesse de référence donnée, on calcule le niveau sonore moyen sur une section de route et sa dispersion
- Mesures possibles en milieu urbain

Nota : Les dimensions sont exprimées en mètre.

Mesure du bruit émis par le pneumatique d'une roue de véhicule (en champ proche)



Ce choix, lié souvent au contexte économique local, peut conduire à des écarts de performances acoustiques d'un chantier à un autre, bien que la formule de base soit respectée.

Par ailleurs, les matériels et les modalités de mise en œuvre (et de compactage pour les bétons bitumineux) peuvent être différents d'un chantier à un autre, car ils sont aussi tributaires du contexte local et de conditions climatiques variables, voire de pratiques particulières selon les équipes d'application.

Il est donc nécessaire de pouvoir fixer les caractéristiques acoustiques d'un produit en réalisant à la fois des mesures de bruit au passage sur un site adapté et des mesures de bruit en continu qui pourront servir à définir des valeurs de référence de performances acoustiques pour de futurs chantiers.

Ainsi, il sera possible de vérifier, que d'un site à un autre, les mêmes performances acoustiques pourront être reproduites sans écarts trop importants, tant au niveau initial que dans le cadre d'un suivi dans le temps.

Les donneurs d'ordre pourront ainsi avoir une meilleure connaissance des caractéristiques acoustiques du produit proposé.

Cette méthode est en cohérence avec les démarches de même type engagées par d'autres pays européens (Danemark, Allemagne...).

5 - Le principe de la méthode du GNCDS

Le projet européen SILVIA [6] a proposé une méthodologie de classification des revêtements de chaussées et l'a diffusée dans le cadre d'une action européenne INQUEST.

La méthode du GNCDS reprend le principe général de SILVIA adapté au contexte français. Elle s'appuie sur les méthodes de mesure au passage et en continu. Elle définit trois procédures complémentaires d'évaluation des performances acoustiques d'une formule de revêtement de chaussée :

- la caractérisation des performances acoustiques de la formule,
- leur vérification après mise en œuvre in situ de celle-ci,
- leur suivi dans le temps.

5.1 Caractérisation acoustique d'une formule de revêtement de chaussée

Cette première procédure relève de la responsabilité de l'entreprise routière qui est propriétaire du produit à caractériser.

Elle a été affinée puis validée en 2008 à partir de campagnes de mesures réalisées sur plusieurs chantiers. (Fig 4)

L'application de cette procédure requiert les points essentiels ci-après :

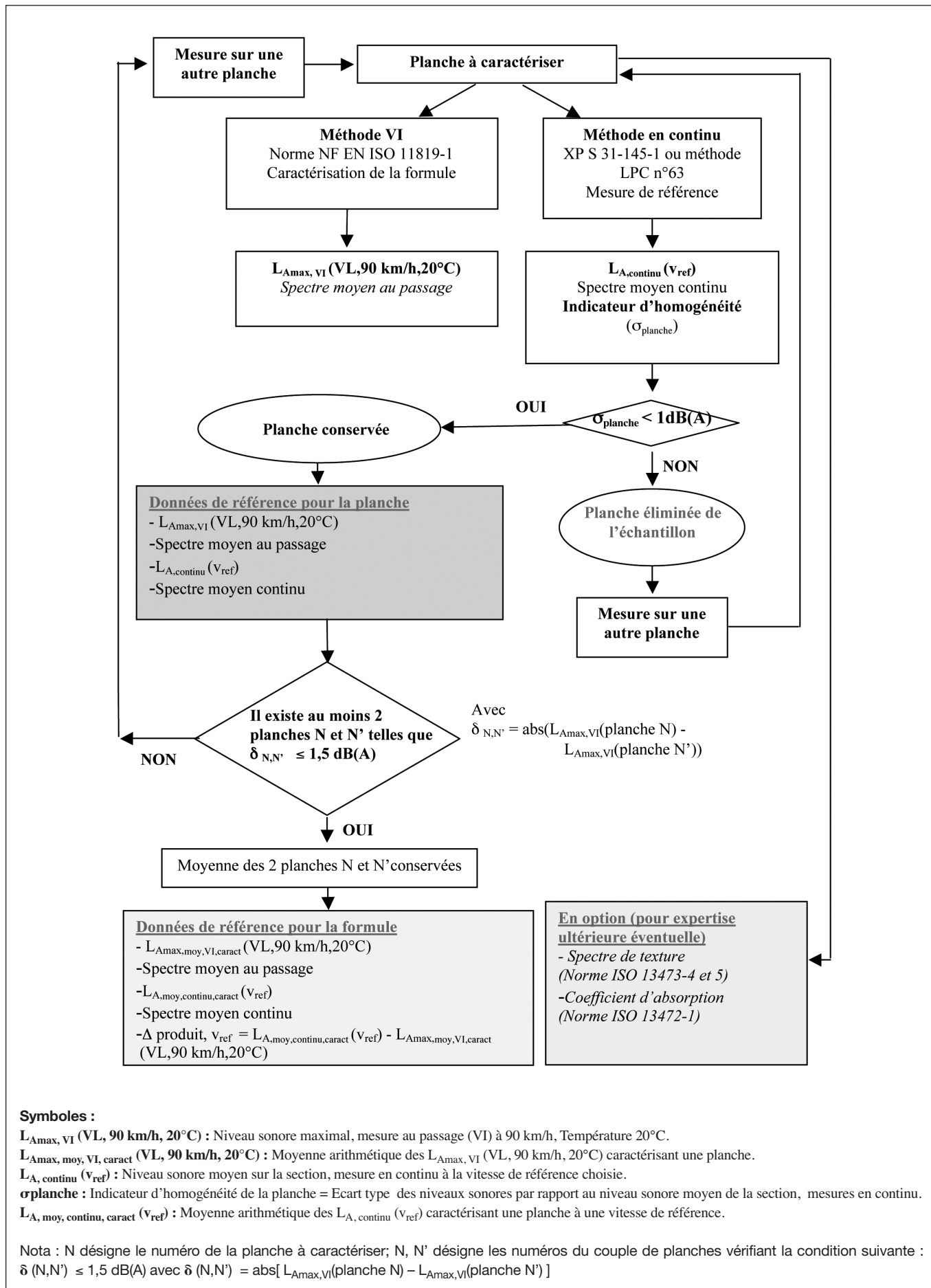
- Au moins deux planches de 100 mètres de longueur minimale sont nécessaires.
- Les revêtements choisis sur ces planches doivent avoir été appliqués la même année (ou être d'âges relativement proches, écart d'âge maximum 1 an) dans des régions différentes.
- Les écarts de leurs performances acoustiques (méthode VI) ne doivent pas excéder 1,5 dB(A).
- Les sites doivent permettre la mesure au passage à la vitesse de référence choisie par l'entreprise pour caractériser son produit (en général 90 km/h par cohérence avec la base de données bruit de roulement gérée par le LRPC de Strasbourg [7]). En conséquence, la vitesse moyenne du flot de circulation doit être aussi proche que possible de cette vitesse de référence.
- Ils doivent aussi permettre la mesure en continu sur l'ensemble de la plage des vitesses envisagées pour l'utilisation future du revêtement (vitesses de mesure normalisées : 50, 90 et 110 km/h).

Cette procédure permet de déterminer la performance acoustique du produit considéré. Elle s'appuie sur :

- des mesures obligatoires (VI et CPX)
- des mesures facultatives (spectre de texture [8] [9] et coefficient d'absorption [10]). Le spectre de texture est une représentation de la texture de surface en longueurs d'onde. Le coefficient d'absorption décrit l'aptitude du revêtement à ne pas renvoyer le son.

Le résultat de la caractérisation est la moyenne des niveaux de bruit au passage (L_{Amax}, moyen, VI, caract). Il permet notamment d'introduire la performance acoustique du revêtement dans un modèle prévisionnel du bruit tel que le guide méthodologique de prévision du bruit routier du Sétra [3].

Figure 4. Caractérisation acoustique du revêtement
 (les dispositions obligatoires sont en gras, les dispositions *facultatives* sont en italique).



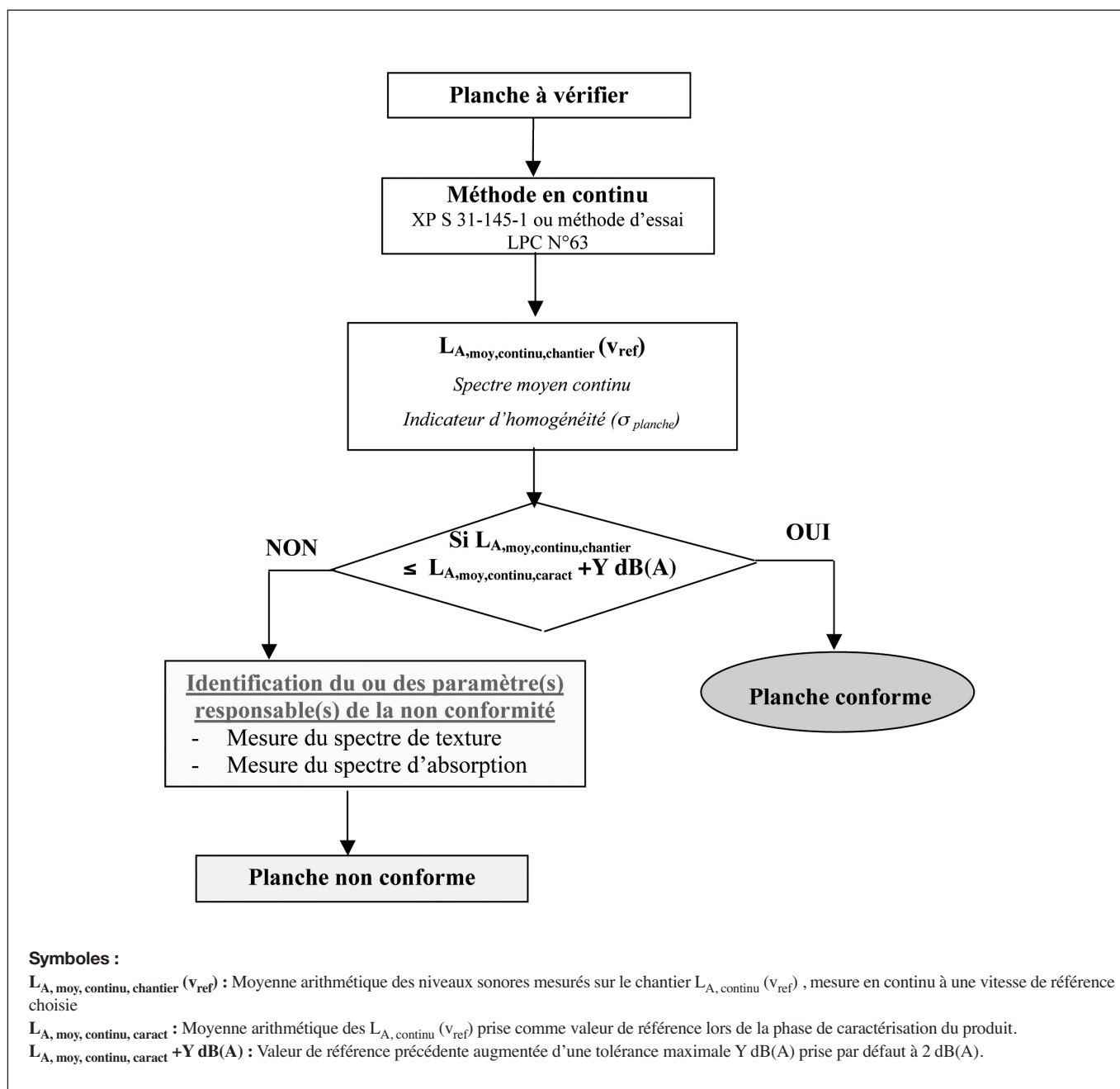
Ce résultat s'accompagne de données de référence, constituées par le spectre moyenné de bruit au passage, le niveau et le spectre moyennés de bruit en continu. Les spectres moyennés de bruit au passage et en continu correspondent à la moyenne obtenue sur les deux planches conservées pour la caractérisation du niveau sonore maximal à 90 km/h dans chaque bande de tiers d'octave, entre 100 et 5000 Hz (respectivement entre 315 Hz et 5000 Hz).

Les mesures sont réalisées selon les normes d'essais en vigueur.

5.2 Vérification acoustique après mise en œuvre de la formule

La procédure de vérification consiste à réaliser une mesure de bruit en continu après trois à cinq mois de circulation sur le revêtement neuf (Fig 5). La vitesse de mesure doit être proche de la vitesse de référence à laquelle sont exprimés les résultats. Cette vitesse de référence est choisie en fonction de la vitesse d'usage de la voie (par exemple 50, 90 ou 110 km/h).

Figure 5. Vérification des performances acoustiques du revêtement (les dispositions obligatoires sont en gras, les dispositions *facultatives* sont en italique).



Le résultat de cette mesure est comparé au niveau de référence obtenu en continu à la même vitesse lors de la phase de caractérisation. Il est considéré comme conforme s'il est inférieur ou égal à ce niveau de référence augmenté d'une tolérance maximale Y dB(A) prise par défaut à 2 dB(A), liée à la reproductibilité de la mesure et à celle de la fabrication et de la mise en œuvre de la formule.

Dans le cas contraire, le produit appliqué ne correspond pas au produit caractérisé sur lequel s'est engagée l'entreprise.

5.3 Suivi acoustique de la formule dans le temps

La procédure de suivi consiste à réaliser une mesure de bruit en continu [11] et à comparer le résultat à celui obtenu à l'état initial lors de la phase de vérification.

6. Conclusion

La méthode préconisée par le GNCDS demeure encore aujourd'hui au stade expérimental, même si elle a été mise au point à partir de plusieurs expérimentations sur chantiers.

La diffusion de la présente note vise à développer l'emploi de cette méthode. L'application de celle-ci sera évaluée dans le temps par un observatoire que le GNCDS vient de mettre en place, en particulier pour ce qui concerne les aspects de vérification et de suivi.

7. Documents de référence

[1] Note d'information CFTR n°4 (juin 2001) : Influence de la couche de roulement de la chaussée sur le bruit du trafic routier.

[2] Norme NF EN ISO 11819-1 (2002) : Acoustique - Mesurage de l'influence des revêtements de chaussées sur le bruit émis par la circulation - Partie 1 : Méthode statistique au passage.

[3] Guide méthodologique de prévision du bruit routier - Partie 1 : Calcul des émissions sonores dues au trafic routier, Sétra (juin 2009).

[4] Norme XP S 31-145-1 (2007), Acoustique - Caractérisation in situ des performances acoustiques des revêtements de chaussées - Mesure du bruit de contact pneumatique / chaussée en continu - Partie 1 : Mesure d'expertise.

[5] Méthode d'essai des LPC N° 63 (version 2.0, 2008) : Mesure en continu du bruit de contact pneumatique / chaussée.

[6] Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces, Report of the SILVIA European project, FEHRL Report 2006/02, Brussels.

[7] Base de données bruit de roulement, LRPC de Strasbourg.

[8] Norme ISO/TS, 13473-4 (2008), Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface - Partie 4 : Analyse spectrale des profils de la surface.

[9] Norme ISO, 13473-5 (2009), Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface - Partie 5 : Détermination de la mégatexture.

[10] Norme ISO 13472-1 (2002) Acoustique - Procédures de mesurage des propriétés d'absorption acoustique des revêtements de chaussées in situ - Partie 1 : Méthode de la surface étendue.

[11] Projet de norme XP S 31-145-2 : Acoustique - Caractérisation in-situ des performances acoustiques des revêtements de chaussées - Mesure du bruit de contact pneumatique/chaussée en continu - Partie 2 : Mesure à grand rendement.

Cette note a été rédigée par les membres du sous-groupe bruit de roulement du GNCDS :

Yves Meunier (Eiffage Travaux Publics, USIRF), Pierre Dupont (Sétra), Jean-Luc Gautier (Colas), Michel Bérengier (LCPC), Fabienne Anfosso-Lédée (LCPC), Sonia Doisy (Cete de l'Est/LRPC Strasbourg), Jean-Marie Deck (ASFA), Emmanuel Le Duc (Sétra), Vincent Guizard (Sétra), Bertrand Pouteau (Eurovia).

Document réalisé et édité par le Comité Français pour les Techniques Routières

CFTR - 10 rue Washington - 75008 PARIS - France

Téléphone : 01 44 13 32 87 – Télécopie : 01 42 25 89 99

E-mail : cftr@usirf.com - Internet : www.cftr.asso.fr

Disponible en téléchargement sur www.cftr.asso.fr

Référence du document : **NI 1001**

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.