



# RÉSUMÉ DU GUIDE TECHNIQUE

## BRUIT DE ROULEMENT

État de l'art et recommandations

GUIDE

Mai 2020



## OBJECTIF DU GUIDE

Selon un récent rapport de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS), le bruit des transports constitue la deuxième nuisance d'environnement affectant la santé après la pollution de l'air. En France comme en Europe, toutes les études, les rapports parlementaires et les enquêtes montrent clairement que l'exposition et la gêne des citoyens exprimée par rapport au bruit dans l'environnement proviennent très majoritairement de la circulation routière.

Le bruit de contact pneumatique-chaussée, ou bruit de roulement, constitue la source prépondérante du bruit émis par un trafic routier dans la plupart des conditions de circulation. Les revêtements routiers, qui jouent un rôle important dans l'émission de bruit de roulement, peuvent contribuer à travers leur optimisation, à un meilleur environnement sonore et à la réduction des nuisances. Ainsi, dans sa récente réflexion sur la politique de réduction des nuisances sonores, le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) cite, parmi ses principales recommandations, celle d'encourager la labellisation et la promotion de l'utilisation des revêtements de chaussées peu bruyants.

Même si les caractéristiques acoustiques des revêtements de chaussée ne font actuellement l'objet d'aucune exigence réglementaire, elles interviennent indirectement dans le dimensionnement des protections phoniques dans le cadre de l'application de la loi Bruit de 1992 ainsi que dans la réalisation de cartes de bruit au titre de la Directive « *bruit* » de 2002. Dans ce cadre, les revêtements peu bruyants peuvent être utilisés comme des moyens de réduction du bruit routier à part entière ou en complémentarité avec d'autres moyens. Il est alors important de prévoir, évaluer ou comparer leur efficacité tout au long de leur durée de vie.

Une enquête menée en 2014 par l'IDRRIM via le Groupe National des Caractéristiques de Surface des Chaussées (GNCDS) a mis en évidence que les prescripteurs routiers (maîtres d'ouvrage, gestionnaires, etc.) étaient peu informés sur les revêtements de chaussées peu bruyants, leurs performances et les méthodes d'évaluation à leur disposition et que très peu d'entre eux introduisaient des critères de performance acoustique dans les marchés.

L'IDRRIM s'est alors engagé dans la rédaction du présent guide technique « *Bruit de roulement* », visant à combler ce manque en s'adressant aux acteurs de la construction routière, entreprises, maîtres d'œuvre ou maîtres d'ouvrage, aux gestionnaires de réseaux routiers ou de voirie urbaine, aux ingénieurs et techniciens des services techniques ou de bureaux d'études en charge de la problématique du bruit. Il est organisé en sept chapitres qui dressent un état de la connaissance et de la pratique, fournit des exemples concrets et des recommandations.

Le présent résumé synthétise les principaux enseignements et les recommandations majeures du guide. Le lecteur trouvera des informations plus détaillées dans les différents chapitres du guide auxquels le résumé renvoie.



# LES REVÊTEMENTS DE CHAUSSÉE LIMITANT LE BRUIT DE ROULEMENT

Le chapitre 1 détaille les mécanismes physiques de génération et de propagation du bruit de roulement. Le chapitre 5 dresse un état des différents types de revêtements peu bruyants, leurs caractéristiques et leurs performances.

Deux caractéristiques des revêtements de chaussées influent sur le bruit de roulement :

- la texture ;
- les vides communicants.

La **texture** du revêtement (mégastructure et macrostructure) a un effet sur les vibrations :

- une irrégularité de mégastructure (longueurs d'onde de 50 à 500 mm) favorise les vibrations de la carcasse du pneumatique ;
- les vibrations de la bande de roulement du pneumatique sont liées directement à la dimension maximale des granulats (D). Pour une même famille de matériau, plus le D est élevé, plus ces vibrations sont importantes.

Une macrostructure « *négative* » (en creux selon la figure 1) limite les vibrations du pneumatique.

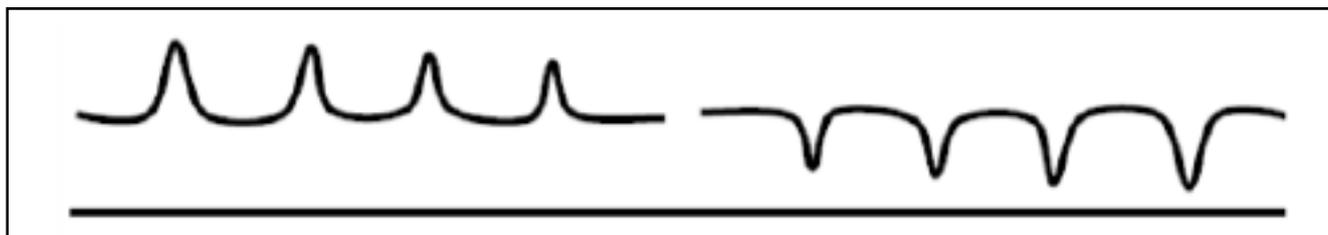


Figure 1 : Schéma d'un profil de macrostructure positive (à gauche) et négative (à droite).

La macrostructure joue également un rôle sur la présence de cavités d'air entre le pneumatique et la chaussée, et donc sur le phénomène d'air pumping.

Par ailleurs, l'émission sonore générée lors du roulement est atténuée par la présence de **vides communicants** à l'intérieur du revêtement (sa porosité ouverte). En effet, ces vides réduisent considérablement le phénomène d'air pumping. Ils confèrent également à la couche de roulement des propriétés d'absorption acoustique qui réduisent l'effet dièdre et plus généralement atténuent le son émis lors de sa propagation jusqu'en bord de voie.

À ce jour, les revêtements dits « *phoniques* » principalement utilisés correspondent à des bétons bitumineux minces voire très minces, avec une teneur en vide élevée, composés de granulats de petite dimension (granularité 0/4 ou 0/6) et de liants à propriétés renforcées pour compenser leur fragilité mécanique (induite par leur porosité importante) par rapport aux enrobés classiques. Une description plus approfondie des différents produits, de leurs caractéristiques et propriétés est fournie dans le chapitre 5 du guide.

Tableau 1 : Performances comparées des différentes techniques  
 (en vert les revêtements « phoniques »)

Techniques	Granularité	Classe / Type	Epaisseur de mise en œuvre (cm)	Réduction du bruit de roulement par rapport à revêtement classique (BSG 0/10)
BBDr	0/6	Classe 1	3 à 4	+ à ++
		Classe 2		++
	0/10	Classe 1	4 à 5	+ à ++
		Classe 2		
BBTM	0/4		2 à 3	++
	0/8			- à +
	0/6	Classe 1		+ à ++
		Classe 2		++
	0/10	Classe 1		-- à -
		Classe 2		+ à ++
BBM	0/4	Tous types	3 à 5	+ à ++
	0/6			+
	0/10			- à +
BBUM	0/4		1 à 2	+
	0/6			+
	0/8			- à +
	0/10			-- à -
SMA	0/4		2 à 8	- à +
	0/8			
	0/10			-- à -

Notations :      '- -' : faible              '-': moyen              '+': élevée              '++' : très élevée

Une base de données capitalisant les mesures de performances acoustiques d'un grand nombre de revêtements a été créée dans les années 1990. Elle est gérée et alimentée régulièrement par le Cerema Est. Les mesures répertoriées sont effectuées selon les normes en vigueur : mesures de bruit de roulement au passage (méthode VI ou SPB) et en continu (méthode CPX). La base contient en 2018 environ 1 200 mesures selon la méthode au passage. Elle recueille aussi des mesures avec la méthode CPX mais les données sont encore trop peu nombreuses à ce jour pour être correctement exploitées.

L'exploitation de cette base de données permet notamment de hiérarchiser les revêtements de chaussée les uns par rapport aux autres et d'avoir des éléments d'évolution des niveaux de bruit en fonction de leur âge. Elle peut être utilisée pour fixer des niveaux de performance dans des marchés d'enrobés phoniques.

La figure 2 présente une extraction de la base pour des revêtements de tous âges (0 à 15 ans) évalués par mesure au passage à la vitesse de référence  $V_{ref} = 90$  km/h. Le niveau de bruit à d'autres vitesses  $V$  peut s'approximer par la relation :

$$L(V_{ref}) + 30 \log_{10}(V/V_{ref})$$

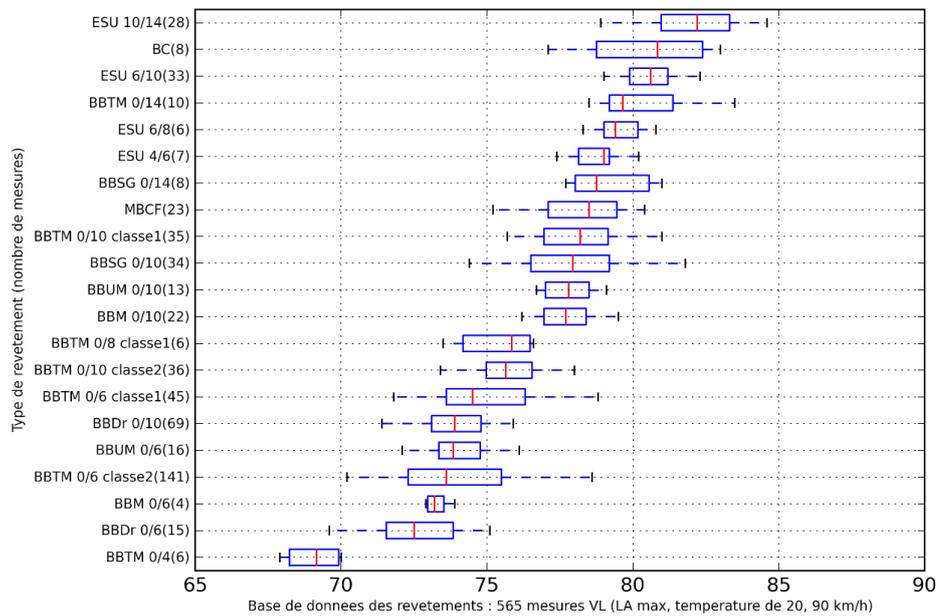


Figure 2 : Base de données revêtements : 565 mesures VI/VL au 30/06/2018 ( $L_{Amax}$ , température de 20°C, vitesse 90 km /h). Revêtements de 0 à 15 ans

Les techniques de revêtements à performances acoustiques sont souvent également performantes sur d'autres caractéristiques de surface telles que l'adhérence ou la drainabilité superficielle. Elles peuvent également apporter un gain esthétique de par l'homogénéité de leur texture. Les conditions d'exploitation dans des zones à forte viabilité hivernale demandent une adaptation particulière.

# MÉTHODES DE MESURE DU BRUIT DE ROULEMENT

**Le chapitre 4 décrit en détail les différentes méthodes de mesure du bruit de roulement, leur usage, leur fiabilité, leurs avantages et inconvénients.**

Actuellement, les mesures sont pratiquées de façon volontaire par les entreprises, les maîtres d'ouvrages ou les gestionnaires routiers.

Deux méthodes de mesure existent :

- La **mesure au passage** (dite « VI » ou « SPB ») qui consiste à mesurer en bord de voie à l'aide d'un système fixe le niveau sonore maximum lors du passage de véhicules, en général au sein d'un trafic. Cette méthode est normalisée et pratiquée depuis longtemps mais est soumise à de nombreuses restrictions qui la rendent peu applicable.
- La **mesure de proximité en continu** (dite « CPX ») qui consiste à mesurer, à l'aide d'un système embarqué sur un véhicule d'essais, le bruit émis à proximité d'un pneumatique en roulement. Cette méthode est plus récente et n'est normalisée que depuis 2017. Elle connaît un essor récent du fait de sa grande souplesse d'application.

Ces méthodes ne sont pas équivalentes, les niveaux sonores mesurés sont significativement différents et leur corrélation n'est pas encore clairement établie. Elles sont cependant complémentaires. Leur domaine d'emploi est précisé dans le tableau 2.

Tableau 2 : Domaines d'emploi comparés des méthodes de mesure de bruit de roulement

	MESURE AU PASSAGE (VI, SPB)	MESURE EN CONTINU (CPX)
<b>Domaine d'application conseillé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluation précise du bénéfice acoustique d'un revêtement dans l'environnement ;</li> <li>• Complément éventuel à une mesure CPX pour affiner un diagnostic.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaisons « avant-après » de la performance d'un revêtement à la source ;</li> <li>• Vérification de la conformité à un cahier des charges précis ;</li> <li>• Mesure de l'homogénéité et suivi de l'évolution des performances d'un revêtement ou d'un réseau dans le temps ;</li> <li>• Qualification d'un nouveau revêtement.</li> </ul>
<b>Points forts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet d'évaluer un bruit de trafic et l'effet du revêtement pour toute catégorie de véhicules ;</li> <li>• Permet d'estimer un niveau d'exposition en façade moyennant le recours à un modèle de prévision ;</li> <li>• La méthode est pratiquée et normalisée depuis de nombreuses années. Elle a permis de constituer d'importantes bases de données de bruit de roulement (voir Figure 2).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure rapide et répétable ;</li> <li>• Méthode permettant d'ausculter un grand linéaire ;</li> <li>• Prend en compte l'homogénéité / hétérogénéité d'un revêtement ;</li> <li>• Elle est bien adaptée à la caractérisation de la qualité acoustique des revêtements ;</li> <li>• Se généralise en Europe.</li> </ul>
<b>Limites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible applicabilité : de nombreuses restrictions de site notamment en milieu urbain ;</li> <li>• Mesure ponctuelle qui évalue un endroit bien délimité (problème de représentativité de l'ensemble de la section) ;</li> <li>• Lourde à mettre en œuvre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure peu corrélable à l'exposition du riverain ;</li> <li>• Mesure peu représentative du trafic réel ;</li> <li>• Méthode plus récente, peu de recul, base de données encore limitée à ce jour.</li> <li>• Reproductibilité encore mal maîtrisée</li> </ul>



### Contraintes de site :

- Pas d'obstacle réfléchissant
- Profil en long rectiligne sur au moins 200 m
- Profil en travers plat
- Sans grand déblais, ni remblais
- Accotements dérasés



Figure 3 : Mesure de bruit de roulement au passage (VI ou SPB) (source Cerema-lfsttar)



Figure 4 : Remorque de mesure CPX du Cerema (Laboratoire de Strasbourg)

La méthode normalisée CPX préconise l'utilisation d'un pneumatique de référence spécifique (dit « *SRTT* ») qui permet la comparaison harmonisée des performances acoustiques des revêtements de chaussée. En France, un premier dispositif répond à cette exigence (remorque du Cerema Est) et la profession mène des travaux au sein de l'IDRRIM pour corréler les systèmes de mesure actuels (une dizaine de véhicules instrumentés) à cette référence.

A noter que lors d'un changement de revêtement de chaussée, certains maîtres d'ouvrage choisissent d'évaluer les bénéfices acoustiques par une mesure en un point fixe du niveau sonore moyen du trafic avant puis après travaux. Cette méthode, si elle est opérée directement en façade d'habitations exposées, présente l'avantage de caractériser au mieux l'exposition des riverains et d'être en cohérence avec l'application de la réglementation. Cependant, cette méthode n'étant pas une mesure de bruit de roulement, elle traduit difficilement l'impact d'un changement de revêtement. En effet, la mesure en façade est globale, spécifique à un site, elle intègre les contributions de diverses sources sonores (parfois autres que la route à caractériser) et surtout les conditions de propagation entre la source (la route) et le récepteur (la façade).

# MODÈLES DE CALCUL RÉGLEMENTAIRE POUR LA PRÉVISION DU BRUIT ROUTIER

**Le chapitre 2 détaille la réglementation en vigueur sur le bruit routier. Celle-ci s'appuie sur des calculs prévisionnels de bruit qui prennent en compte les propriétés des revêtements de chaussée comme expliqué dans le chapitre 3.**

Le modèle en vigueur en France est la méthode « **NMPB 2008** ». Il est utilisé pour l'application de la législation nationale sur le bruit des infrastructures de transport terrestre, pour diverses études d'impact et il a été utilisé jusqu'au 31 décembre 2018 pour l'application de la directive « bruit » de 2002. Depuis cette date, le modèle spécifié dans la directive 2015/996/CE, dit modèle « **CNOSSOS-EU** », doit impérativement être utilisé pour la réalisation de cartes de bruit stratégiques (CBS).

Ces modèles sont destinés aux bureaux d'études en acoustique, aux services compétents de l'État ou des gestionnaires d'infrastructures de transport terrestre. Ils peuvent notamment servir à évaluer l'impact d'un changement de revêtement. Le revêtement de chaussée a une influence importante sur la puissance acoustique calculée par l'un ou l'autre de ces modèles.

La partie de la NMPB concernant l'émission, décrite dans un guide du SETRA, propose une méthode de calcul prévisionnel du bruit routier distinguant trois catégories de performances de revêtements de chaussée. Les catégories ont été définies à partir d'une analyse statistique de la base de données nationale des performances acoustiques des revêtements de chaussée, gérée par le laboratoire de Strasbourg (Cerema Est).

Trois classes y ont été définies par rapport à des niveaux de bruit de roulement mesurés par la méthode au passage à 90 km/h :

- Classe R1 pour les revêtements « *peu bruyants* » de moyenne inférieure à 76 dB(A) ;
- Classe R2 pour les revêtements « *intermédiaires* » dont la moyenne est supérieure à 76 dB(A) mais inférieure à 79 dB(A) ;
- Classe R3 pour les revêtements « *bruyants* » dont la moyenne est supérieure à 79 dB(A).

Base de données des revêtements : mesures VI/VL  
(L<sub>Amax</sub>, température de 20°, vitesse 90 km/h)

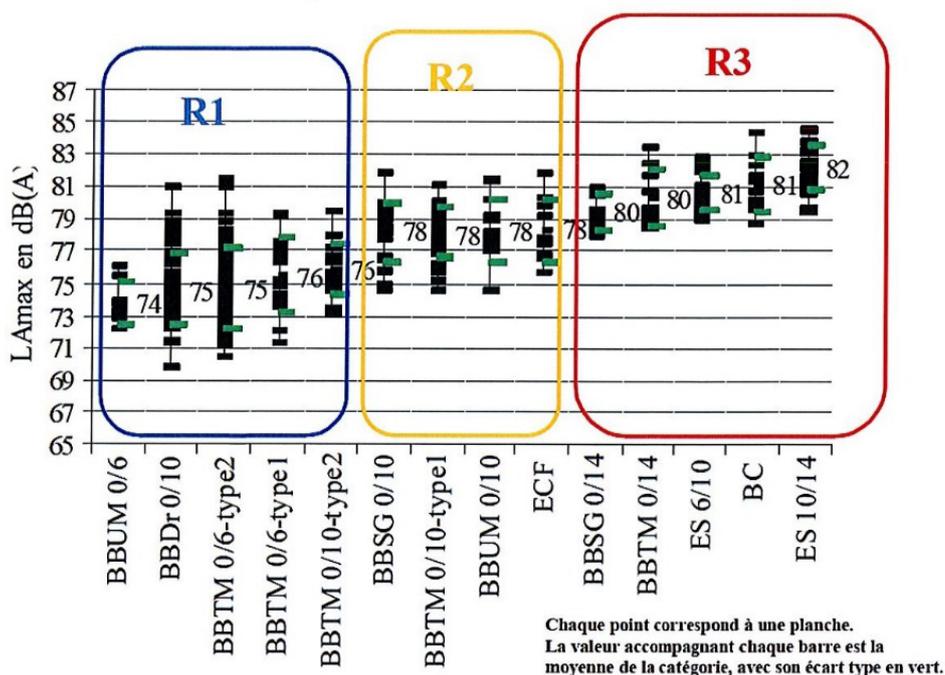


Figure 5 : Segmentation des revêtements de chaussées en 3 catégories de performances acoustiques

Le modèle européen « **CNOSSOS EU** » est défini à partir de conditions de référence, notamment un revêtement routier virtuel de performance acoustique donnée. L'effet acoustique d'un revêtement donné est calculé par application de coefficients correctifs par rapport à ces conditions de référence.

Ces coefficients correctifs sont tabulés d'après des données de mesures néerlandaises pour différents types de revêtements qui correspondent peu aux revêtements utilisés en France. Néanmoins, un travail a été mené par le Cerema pour définir ces coefficients à partir des classes de revêtements R1, R2 et R3 utilisées dans la NMPB.

# DURABILITÉ DES PERFORMANCES DES REVÊTEMENTS LIMITANT LE BRUIT

**Le chapitre 6 recense les mécanismes de dégradation spécifiques aux revêtements phoniques, fait le point sur les retours d'expérience en France et à l'étranger et fournit plusieurs exemples concrets de suivi d'évolution de performance acoustique.**

Les revêtements phoniques possèdent généralement une forte teneur en vides communicants qui est source de fragilité et peut conduire à une durée de vie moindre, notamment en conditions hivernales, si on ne prend pas garde à utiliser des constituants performants (liants modifiés), à étudier une formule adéquate et à la mettre en œuvre de manière très soignée. Ils doivent être mis en œuvre sur un support sain et étanche, éventuellement additionné d'une couche de liaison

Tout comme d'autres produits peu résistants aux efforts tangentiels et de cisaillement, les revêtements phoniques sont proscrits des carrefours, des giratoires, des virages à faible rayon en plan ou des zones de stationnement. Ils doivent également être appliqués sur des supports de très bonne qualité.

Des retours d'expérience montrent qu'avec ces précautions, des enrobés phoniques ont des durabilités mécaniques proches de celles des enrobés classiques.

Les mécanismes qui conduisent à une dégradation des performances acoustiques en plus des phénomènes de vieillissement courants des enrobés sont détaillées dans le guide (post-compactage, arrachements ou plumage, colmatage).

Les retours d'expérience montrent une tendance sur une dizaine d'années de pertes des performances acoustiques de l'ordre de 0,5 à 1 dB(A) par an en moyenne. Des comportements individuels de certaines sections peuvent cependant varier autour de cette tendance.

Dans la majorité des cas, les performances acoustiques des revêtements peu bruyants se dégradent dans le temps mais sans atteindre pour autant les niveaux sonores obtenus sur des enrobés classiques de même âge.

# PRISE EN COMPTE DU BRUIT PAR LA MAÎTRISE D'OUVRAGE

**Le chapitre 7 présente comment les maîtres d'ouvrages routiers peuvent intégrer la problématique bruit dans leur politique technique, dans la rédaction des marchés de travaux. Il fournit également des exemples de spécifications en France et à l'étranger et donne un point de vue sur les évolutions prévisibles.**

Le choix d'une solution résulte d'un compromis dans lequel le maître d'ouvrage doit concilier plusieurs contraintes : la performance acoustique du revêtement, sa performance mécanique et la durabilité de ces deux performances.

Si la spécification des performances mécaniques est incontournable et bien maîtrisée depuis de nombreuses années, celle des performances acoustiques et a fortiori de leur durabilité est en revanche plutôt expérimentale et peu partagée. Le manque de références réglementaires ou normatives, la difficulté à vérifier les exigences par une méthode fiable et les suites à donner en cas de non-respect des exigences sont les principales raisons évoquées pour justifier l'absence d'exigences acoustiques dans les marchés.

Dans la pratique, il existe deux approches distinctes pour spécifier une performance acoustique dans un marché : la spécification du produit (par exemple en se basant sur les catégories R1, R2, R3) ou la spécification d'un niveau de performance. Les avantages et inconvénients respectifs sont résumés dans le tableau 3.

Dans l'objectif d'un marché à performance phonique, il est recommandé de spécifier un critère quantifiable en dB(A) exprimé en niveau absolu de bruit de roulement. Une alternative est de spécifier un gain sonore en dB(A) par rapport à une situation initiale, mais celle-ci nécessite d'évaluer la situation initiale avant chantier et revient finalement au même que spécifier un niveau sonore absolu.

Dans tous les cas, l'exigence de niveau sonore doit être assortie d'une tolérance pour tenir compte de la répétabilité et la reproductibilité des méthodes de mesures.

Parmi les deux méthodes (VI et CPX), il est préférable d'exprimer une exigence de niveau de bruit de roulement selon la mesure CPX, celle-ci étant amenée à se généraliser du fait de sa facilité d'application et de sa capacité à caractériser l'intégralité d'un linéaire.

Néanmoins, en raison du faible nombre de mesures CPX dans la base de données du Cerema Est, il est encore difficile à ce jour, de définir des valeurs de référence à spécifier avec cette méthode. Des valeurs sont proposées dans le tableau 3. Pendant cette période de transition, ces valeurs restent indicatives.

Afin d'alimenter la base de données en mesures CPX et de consolider les valeurs de référence proposées, les maîtres d'ouvrage sont incités à intégrer des mesures de bruit de roulement avec cette méthode dans leurs appels d'offre.

Tableau 3 : Avantages et inconvénients des différentes approches

	EXIGENCE D'UN NIVEAU DE PERFORMANCE			EXIGENCE D'UN TYPE DE REVÊTEMENT
	EXIGENCE EN RÉDUCTION DE BRUIT DE ROULEMENT AVANT/APRÈS TRAVAUX	EXIGENCE EN NIVEAU MAXIMAL DE BRUIT DE ROULEMENT ABSOLU		
		VI (SPB)	CPX	
VALEURS INDICATIVES	4 à 6 dB(A) à même vitesse avec la méthode VI ou CPX par rapport à une valeur initiale mesurée	72 à 75 dB(A) à $V_{ref} = 90$ km /h avec la méthode VI <i>Pour une autre vitesse V, on peut utiliser l'approximation : <math>L(V) = L(V_{ref}) + 30 \log_{10}(V/V_{ref})</math></i>	92 à 95 dB(A) à $V_{ref} = 80$ km /h avec la méthode CPX	BBTM 0/6 classe 2 selon NF EN 13108-2
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exigence acoustique relative plus facile à spécifier</li> <li>Exigence acoustique relative sur laquelle il est plus facile de communiquer</li> <li>Peut permettre de comparer plusieurs solutions de réduction du bruit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Véritable exigence acoustique</li> <li>Existence d'une base de données VI fournissant des valeurs de référence</li> <li>Pas besoin de mesure avant travaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Véritable exigence acoustique</li> <li>A terme, quand la méthode CPX sera effective, permettra une vraie comparaison des revêtements entre eux</li> <li>Pas besoin de mesure avant travaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caractéristiques mécaniques normalisées</li> <li>Facilité de rédaction</li> <li>Pas besoin de mesure</li> </ul>
INCONVÉNIENTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oblige à faire des mesures avant la rédaction du marché et à les répéter après chantier à l'identique (même équipe, même matériel, même vitesse, etc). Ce qui revient au final à fixer un niveau en absolu.</li> <li>Difficulté à fixer un gain à la fois réaliste et ambitieux</li> <li>La valeur de la réduction de bruit est spécifique au chantier et à la méthode utilisée, il n'est pas transférable dans un autre marché</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Méthode de mesures souvent impossible à appliquer en site urbain</li> <li>Ce n'est pas un critère sur lequel il est facile de communiquer auprès du grand public</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actuellement manque de données CPX dans la base bruit de roulement</li> <li>Ce n'est pas un critère sur lequel il est facile de communiquer auprès du grand public</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absence de garantie sur les performances acoustiques</li> <li>Ne favorise pas l'innovation</li> <li>Ce n'est pas un critère sur lequel il est facile de communiquer auprès du grand public</li> </ul>
RECOMMANDATION	Cette approche revient au final à définir un niveau absolu (colonne suivante)	<b>Approche à privilégier</b> (de préférence avec la méthode CPX). Spécification à assortir d'une tolérance pour tenir compte de la répétabilité et la reproductibilité des méthodes de mesures.		Utilisation déconseillée de ce type d'exigence





INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

[www.idrrim.com](http://www.idrrim.com) - [idrrim@idrrim.com](mailto:idrrim@idrrim.com)

 @IDRRIM

Association loi 1901

