

**XXIIe CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE  
DURBAN 2003**

**RAPPORT NATIONAL DU JAPON**

**SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS1**  
***Des niveaux de service et des innovations***  
***pour répondre aux attentes des usagers***

**Développement de la technologie de revêtement du sol  
ayant pour but de protéger et d'améliorer l'environnement de la vie  
aux alentours des routes**

## (Résumé)

# Développement de la technologie de revêtement du sol ayant pour but de protéger et d'améliorer l'environnement aux alentours des routes

La protection et l'amélioration de l'environnement des autoroutes peuvent être réalisées grâce à la mise en oeuvre de mesures globales sur l'automobile, la circulation routière, l'utilisation des terres autour des autoroutes, la structure routière et d'autres facteurs. Le présent rapport aborde les mesures qui ont été prises par le gouvernement du Japon dans le domaine du revêtement du sol en vue de protéger et d'améliorer l'environnement autour des autoroutes.

Concernant les problèmes de l'environnement aux alentours des routes, on peut citer le bruit dû à la circulation, les vibrations causées par la circulation routière, la pollution de l'air et le phénomène d'îlot de chaleur, c'est-à-dire l'augmentation de la chaleur dans les zones urbaines causée par celle des êtres-humains et la réduction des espaces verts à cause de la construction des routes ou d'autres installations.

Pour résoudre ces problèmes, plusieurs types de revêtement du sol ont été récemment développés comme l'indique ci-dessous :

Revêtement à surface élastique poreuse moulé avec un mélange de résine d'uréthane et de copeaux de caoutchouc en provenance de pneus découpés. Dans le cas des voitures particulières, la réduction du bruit pour ce nouveau revêtement est supérieure de 12dB à 15dB à celle du revêtement en asphalte à haute densité.

Revêtement capable de réduire les vibrations. Il peut réduire les niveaux de vibrations de 2 à 8 dB aux bords de la route immédiatement après la mise en place du revêtement par rapport au revêtement en asphalte à haute densité.

Des études sont en cours pour le développement d'un revêtement destiné à diminuer la pollution de l'air. Il consiste à utiliser l'énergie solaire propre, en posant l'oxyde de titane, près de la source de l'émission de NOx, sur la surface de la route avec laquelle les polluants de l'air entrent en contact, avant leur diffusion.

On poursuit les études sur le revêtement à conservation d'eau, qui maintient l'eau dans le revêtement, mais abaisse sa température grâce à l'évaporation de l'eau et enfin qui diminue sa radiation thermique.

Des méthodes de commande des travaux de revêtement du sol tenant compte de l'amélioration de l'environnement ont été expérimentées en vue de protéger et d'améliorer l'environnement des routes. Depuis longtemps, les revêtements du sol ont été construits au Japon sur la base des recettes ou conformément aux spécifications.

En avril 2001, le décret sur la structure des routes au Japon a été révisé pour adopter les spécifications selon la performance et intégrer les résultats du développement de la technologie de revêtement et dans ce décret, en vue d'améliorer les services routiers vis-à-vis des utilisateurs et de réduire les coûts grâce à la promotion des innovations technologiques.

# RAPPORT NATIONAL ST1 PIARC

Développement de la technologie de revêtement du sol ayant pour but de protéger et d'améliorer l'environnement de la vie aux alentours des routes

## Avant-propos

En raison de l'augmentation de la circulation automobile, de l'urbanisation accélérée et d'une prise de conscience plus nette des problèmes de l'environnement, on exige de plus en plus la protection et l'amélioration de l'environnement de la vie aux alentours des routes. Grâce à la mise en oeuvre de mesures globales sur l'automobile, la circulation automobile, l'utilisation des terres autour des autoroutes et la structure routière et d'autres facteurs, une protection et une amélioration efficaces et actives peuvent être réalisées. Le présent rapport aborde les mesures qui ont été prises par le gouvernement du Japon dans le domaine du revêtement du sol en vue de protéger et d'améliorer l'environnement de la vie aux alentours des routes.

Concernant les problèmes de l'environnement concernant les routes, on peut citer le bruit dû à la circulation, les vibrations causées par la circulation la pollution de l'air et le phénomène "d'île de la chaleur").

Nous présentons ci-après en détail 1) la situation actuelle des arts sur l'environnement de la vie aux alentours des routes au Japon 2) le développement de la technologie de revêtement du sol en vue de protéger et d'améliorer l'environnement de la vie des alentours des routes et ses problématiques futures, 3) l'adoption de nouvelles méthodes de commande pour les travaux de revêtement du sol, tenant compte de l'amélioration de l'environnement.

Considérant les résultats du développement de la technologie de revêtement du sol, le décret sur la structure des routes au Japon a été modifié en avril 2001 pour améliorer le service auprès des utilisateurs et réduire les coûts grâce à des innovations technologiques accélérées. Le décret ainsi modifié prévoit que les revêtements des chaussées devront se conformer en principe à des normes permettant d'assurer une circulation automobile sûre et régulière (au lieu d'être du revêtement en béton cimenté ou en ciment d'asphalte stipulé dans l'ancien décret). Il stipule aussi que les chaussées dans les zones urbaines devront avoir des revêtements du sol permettant de laisser pénétrer régulièrement les eaux de pluie sous leur surface et de réduire le bruit dû à la circulation automobile.

## 1. Situation actuelle des arts de l'environnement de la vie aux alentours des routes au Japon

Situation actuelle concernant le bruit dû à la circulation routière

D'après les enquêtes sur le bruit menées pendant de 1996 à 1998, sur 13.237 km des routes nationales dans les zones urbaines, le total des routes nationales gérées par le Ministère du Territoire, de l'Infrastructure et des Transports, correspondant à 21.500 km, le pourcentage de routes satisfaisant aux normes de la qualité de l'environnement pour le niveau de bruit était seulement de 37% pendant la journée et de 30% pendant la nuit (Figure-1). Et, les valeurs de bruit les plus fréquentes se situaient entre 71 dB et 75 dB (50%) pendant la journée tandis qu'elles se situaient entre 66 dB et 70 dB (30%) pendant la nuit, ce qui montre qu'une réduction légère pourrait contribuer considérablement à atteindre les normes de la qualité de l'environnement au niveau du bruit.

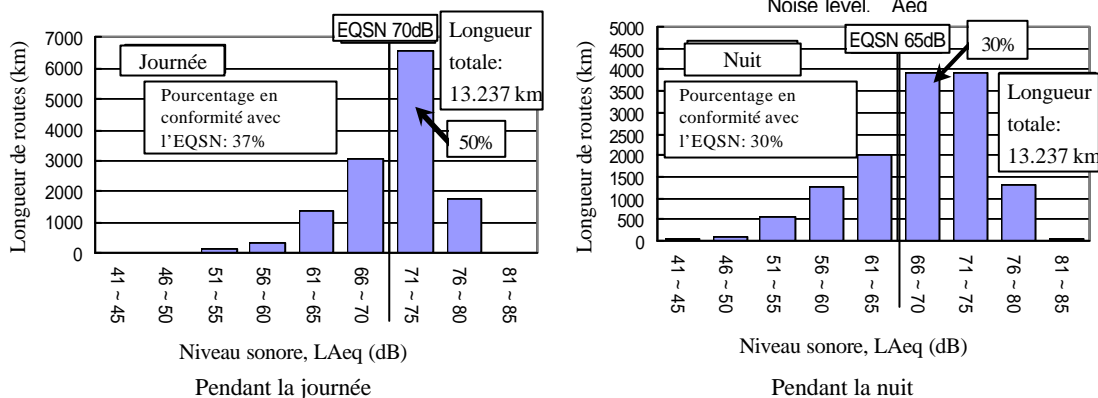


Figure-1: Longueur de routes selon la classification des niveaux sonores de la circulation routière

### Situation actuelle des vibrations dues à la circulation routière

Le nombre de plaintes par les riverains à propos des vibrations (voir la figure 2) est de 2.264 par an dont 244 plaintes (10,8%) concernent les vibrations causées par la circulation routière. Dans la plupart des cas, les vibrations par la circulation routière sont localisées et concentrées en raison de la complexité des sites ou, par exemple de l'état du sol.

### Situation actuelle de la pollution de l'air

Au Japon, la surveillance permanente de la pollution de l'air s'effectue dans 2.119 stations de surveillance au total (dont 1.703 sont les stations mesurant la pollution de l'air et 416 sont les stations mesurant le gaz d'échappement des voitures, d'après les enquêtes menées à la fin de 2000). Elles sont réparties dans tout le pays conformément à la loi sur la prévention de la contamination atmosphérique pour tous les départements et quelques municipalités désignées par cette loi.

Le taux de réalisation des normes de la qualité de l'environnement pour le dioxyde de nitrogène (NO<sub>2</sub>), est de 99,2% pour les stations de la pollution de l'air, tandis qu'il atteint 80,0% pour celles du gaz d'échappement des voitures. (Figure-3). Le nombre de stations de surveillance effectives dans toutes les zones spécifiques selon la loi sur le dioxyde de nitrogène des automobiles (loi concernant les mesures spéciales destinées à

la réduction de la somme totale du dioxyde de nitrogène émis par les voitures dans les zones spécifiques) était de 494 (322 pour la surveillance de la pollution de l'air et 172 pour la surveillance du gaz d'échappement). Le nombre des stations de surveillance en conformité avec les normes de la qualité de (Figure-4). (Le taux de réalisation des normes de la qualité de l'environnement s'améliore depuis 1999, principalement grâce à des facteurs provisoires comme les conditions climatiques et d'autres éléments). La valeur moyenne de NO<sub>2</sub> par an se stabilise dans les dernières années, ce qui indique que l'environnement atmosphérique des routes révèle des conditions sévères dans les principales grandes villes.

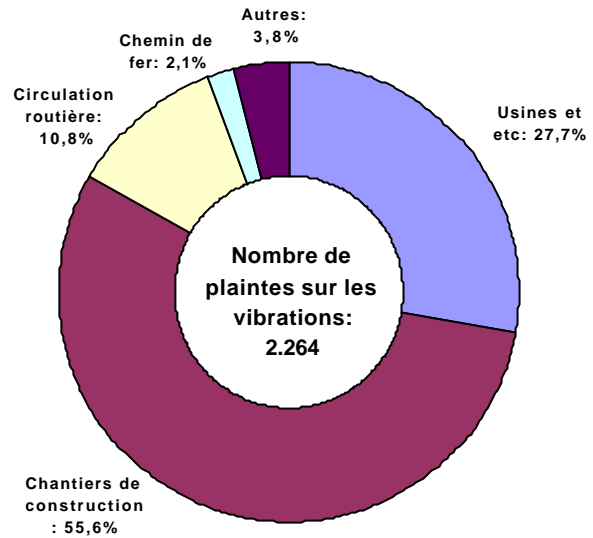


Figure-2: Pourcentage de plaintes sur les vibrations selon les sources (année 2000)

(Tout le pays: NO<sub>2</sub>) ○% ... Taux de réalisation des normes de la qualité de l'environnement

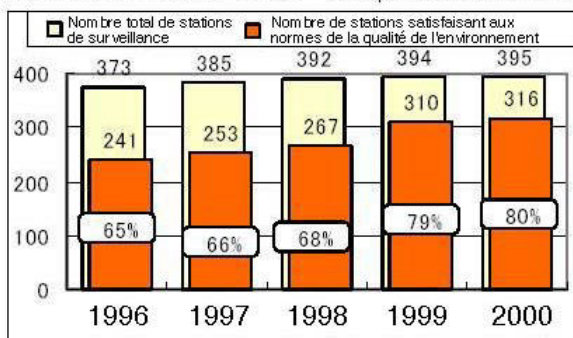


Figure-3: Etat actuel de réalisation des normes de la qualité de l'environnement (Stations mesurant le gaz d'échappement des voitures dans tout le pays)

(Zones spécifiques : NO<sub>2</sub>)

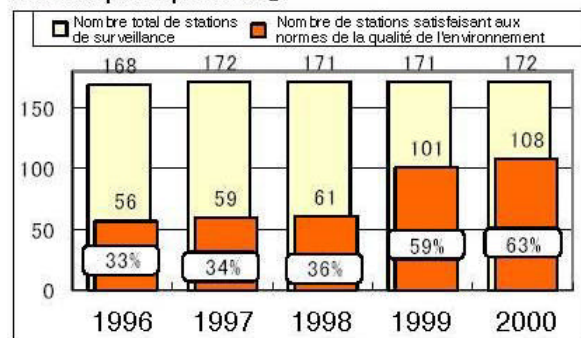


Figure-4: Etat actuel de réalisation des normes de la qualité de l'environnement (Stations mesurant le gaz d'échappement des voitures dans les zones spécifiques)

### Situation actuelle du phénomène "d'île de la chaleur"

"L'île de la chaleur" où le centre d'une ville ou d'une zone industrielle chauffe intensément (Figure-5) est un phénomène observé non seulement au Japon mais aussi dans d'autres villes des pays industrialisés. Alors que le nombre de nuits tropicales (définie quand la température la plus basse est supérieure à 25°C) pendant

l'été à Tokyo était de 14.6 en moyenne dans les années 1960, il est passé à 24,6 de 1988 à 1997 et 29.6 de 1991 à 2000. On peut observer cette tendance d'augmentation de température dans d'autres villes du Japon (Tableau-1). Il est urgent d'élaborer des mesures appropriées répondant aux problèmes des îles rechauffées pour protéger l'environnement de la vie, avoir une l'atmosphère saine, et progresser dans les politiques de l'économie d'énergie.

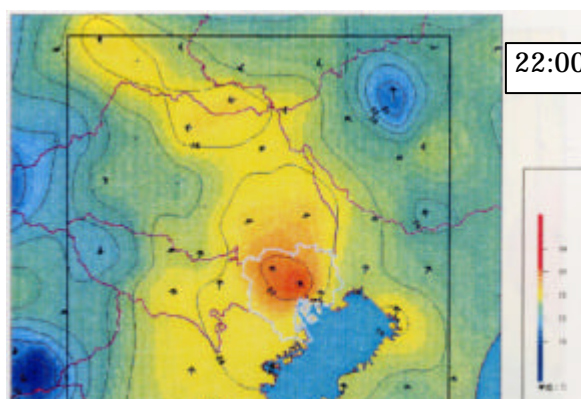


Figure-5: Distribution de température dans la ville de Tokyo

Tableau-1: Evolution de nombre de nuits tropicales annuelles en moyenne

	Sendai	Tokyo	Maebashi	Kôfu	Nagoya	Kyoto	Hiroshima	Matsuyama	Fukuoka
1931-1940	0	7,0	0,3	-	0,7	1,7	-	2,3	6,5
Années 1960	0,2	14,6	0,9	0,4	5,9	9,5	11,4	-	20,7
1988-1997	1,4	24,6	5,8	4,5	17,1	18,7	26,3	-	30,8
1991-2000	1,5	29,6	6,3	-	19,6	23,2	-	19,8	33,7

## 2. Développement de la technologie du traitement du sol pour protéger et améliorer l'environnement aux alentours des routes et thèmes à traiter dans le futur

### (A) Développement des routes à revêtement du sol à niveau sonore bas

Le bruit dû à la circulation routière est classifié en deux types suivants :

Le bruit dû à la circulation routière est causé par (a) les mécaniques, comme les moteur ou d'autres machines et (b) le contact entre les pneus et la surface des routes. Le revêtement du sol à base d'un mélange d'asphalte poreux est utilisé principalement pour réduire le bruit causé par ce contact. Le revêtement du sol permettant le niveau sonore bas, caractérisé par une épaisseur de la couche supérieure de 5 cm, un diamètre maximal de la particule de l'agrégat de 13 cm et un taux de vides de 20% (désigné ci-après comme le revêtement à une couche simple à niveau sonore bas) est largement utilisé au Japon. Dans ce type de revêtement du sol, il y a de nombreux vides permettant de réduire le bruit produit par le passage des voitures. La réduction de bruit de la circulation routière se situe entre 2 dB et 4 dB après une mise en place immédiate. Mais, par rapport au revêtement du sol en asphalte à haute densité, ce revêtement à couche simple à niveau sonore bas est insuffisant. En outre, ses effets de réduction tendent à disparaître graduellement par le colmatage ou l'effondrement des vides intérieurs du revêtement du sol à couche simple à niveau sonore bas. Par conséquent, il faudra un nouveau revêtement du sol à couche simple à niveau sonore bas ayant une meilleur pouvoir de réduction du bruit après sa mise en place et demeurant efficace plus longtemps .

Pour améliorer la réduction du bruit, on a développé un revêtement du sol à couche double à niveau sonore bas dont la partie supérieure est composée d'agrégat avec une particule maximum de 5 à 10 mm, plus petite que celle utilisée pour le revêtement à couche simple à niveau sonore bas, en vue de rendre plus lisse la surface de la route. La partie inférieure est constituée d'agrégat grossier avec une particule maximum de 13 mm afin d'augmenter la résistance à la fluidité.

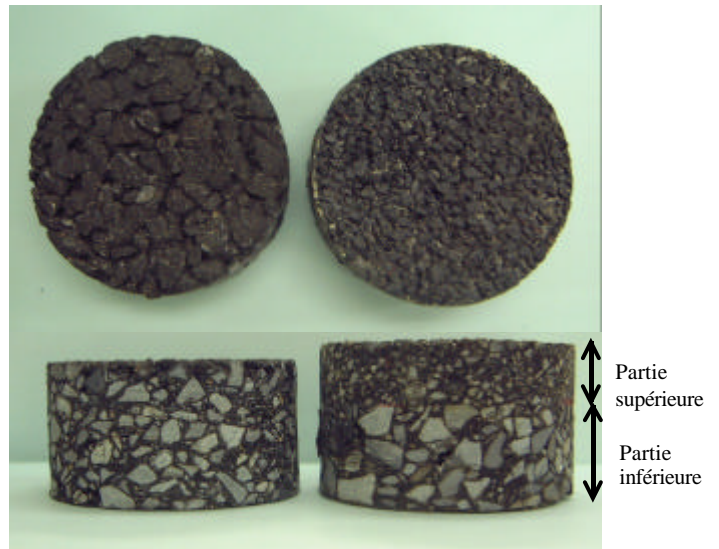
Ce revêtement du sol à couche double au niveau sonore bas utilisé le plus souvent sur les routes nationales sous le contrôle direct du Ministère du Territoire, de l'Infrastructure et des Transports. Sa spécification est comme suit : épaisseur de la couche de surface de 5 cm, comprenant 2 cm dans la partie supérieure et 3 cm dans la partie inférieure. Diamètre maximal de la particule de l'agrégat de 5 mm ou 8 mm (partie supérieure) et 13 mm (partie inférieure), Taux de vides de 23% (partie supérieure) et de 20% (partie inférieure). Pour les voitures partielles, la réduction de bruit de la circulation routière avec ce revêtement est d'environ 2dB de plus qu'avec le revêtement à couche simple. La photo 1 montre les sections des couches de surface pour le revêtement à couche simple et le revêtement à couche double.

D'après les essais avec le revêtement à niveau sonore bas utilisant les mélanges d'asphalte poreux, on a constaté les effets de réduction de bruit comme suit:

Taux de vides nécessaire : égal ou plus de 20%.

Diamètre d'une particule de l'agrégat: Plus le diamètre de la particule de l'agrégat est petit, plus la surface du revêtement du sol est lisse et plus le bruit du contact entre la surface de la route et les pneus est bas.

Épaisseur du revêtement: La différence d'épaisseur n'influençant pas trop sur la réduction de bruit, il suffit de garantir une épaisseur de 3 à 5 cm.



(a) Type simple couche

(b) Type couche double

Photo-1: Structures pour le revêtement du sol à simple couche à niveau sonore bas et celui à couche double à niveau sonore bas

En outre, pour la durabilité des effets de réduction de bruit, on a constaté les points suivants:

Pour les routes ordinaires, les effets de réduction de bruit diminuent considérablement 3 à 4 ans après la mise en service du revêtement dans les cas précoces. Pour le moment, il n'y a pas de différence majeure entre le revêtement à simple couche et le revêtement à couche double concernant la durée efficace de réduction du bruit.

Pour les autoroutes, les effets de réduction de bruit sont plus durables que pour les routes ordinaires. C'est parce que le colmatage des vides intérieurs est compensé par des effets d'aspiration et d'autres facteurs pour les autoroutes.

Le facteur le plus important contribuant à amoindrir les effets de réduction de bruit peut être le colmatage des vides intérieurs (bouchage des vides par des particules de terre).

La solidité du revêtement à niveau sonore bas comprenant la résistance à la dispersion des agrégats, est assurée grâce à l'utilisation de l'asphalte amélioré à haute densité. Avec l'utilisation de plus en plus répandue de cet asphalte amélioré, il se pose cependant le problème de la détérioration précoce de ses fonctions dans les endroits où les conditions de circulation sont très sévères, comme les intersections. Face à ce problème, on a pris les mesures suivantes pour augmenter sa durée efficace de réduction de bruit et améliorer sa solidité : on enduit la surface de l'asphalte d'un matériel à base de résine, on remplit les jeux entre les agrégats avec un mortier à résine perméable, et on ajoute la résine à thermo-durcissement sur le lien.

Pour le revêtement du sol à couche double, il faut deux chantiers d'installation sur le même site, ce qui nécessite une durée de travaux plus longue. Par conséquent, on a développé la machine de revêtement du sol multi-asphaltes (désignée ci-après MRM) permettant de poser deux couches en même temps pour réduire le temps de mise en place. La MRM, une machine plus grande que les machines de finition conventionnelles, est capable de poser le revêtement à couche double à niveau sonore bas sans main-d'œuvre manuelle sur des joints situés sur des ponts, à des endroits élevés, ou dans les sites comprenant des trous d'homme ou des structures souterraines. Pour ne pas réduire l'efficacité de l'opération, la régularité de la surface ni le niveau de serrage, il est recommandé d'effectuer préalablement les travaux de recouvrement, d'étaler deux couches avec la MRM et de faire les travaux de finition. Comme la mise en place du revêtement à couche double nécessite deux types de mélanges d'asphalte en même temps, il faut être vigilant pour le transport et la manutention des mélanges ainsi pour la gestion de l'épaisseur d'étalement.

Pour les mesures contre la détérioration des fonctions due au colmatage des vides intérieurs, une nouvelle machine utilisant l'eau à haute pression a été développée et mise en application. Pour le moment, il est difficile de rétablir les fonctions complètes avec cette machine. On considère que les efforts pour la remise en état au stade initial du colmatage peuvent prolonger les effets de réduction du bruit.

Par conséquent, les tâches nécessaires dans le futur sont les suivantes : augmenter la durée des effets de réduction du bruit, développer les techniques de remise en état des fonctions et assurer des méthodes de maintenance et de gestion efficaces.

À l'heure actuelle, on fait les efforts sur la réalisation du revêtement à surface élastique poreuse moulé avec un mélange de résine d'uréthane et de copeaux de caoutchouc en provenance de pneus découpés (Dans le cas des voitures particulières, la réduction du bruit pour ce nouveau revêtement est supérieure de 12 dB à



15 dB à celle du revêtement en asphalte à haute densité. Voir la figure-7).

Si le revêtement à surface élastique poreuse maîtrise mieux les bruits par rapport au revêtement à haute densité, grâce à 25 à 30% de vides compris dans son volume. Ces vides peuvent réduire le bruit produit par la compression et l'expansion d'air lorsque les vides rencontrent les pneus et la surface de la route. Un autre facteur contribuant à une meilleure performance du revêtement à surface élastique poreuse, c'est son élasticité venant du caoutchouc, utilisée pour réduire la force d'impact appliquée aux pneus des voitures par la surface de la route. D'après différents essais et mesures effectués sur le revêtement à surface élastique poreuse, les caractéristiques suivantes sont apparues:

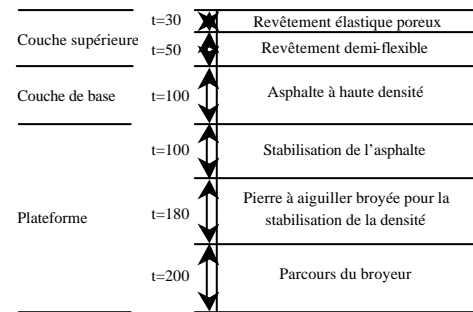


Figure-7: Exemple d'une mise en place du revêtement élastique poreux

Les effets de réduction de bruit du revêtement à surface élastique poreuse (Figure-8) se situent entre 12 à 15 dB de moins pour les voitures particulières et 7 à 10 dB de moins pour les grandes voitures utilitaires à la vitesse de 40 km/h.

Quant à l'influence de la vitesse sur les effets de réduction de bruits, l'efficacité maximum peut être obtenue à la vitesse de 40 km/h, mais, il n'y a pas de différence considérable pour la réduction du bruit entre les vitesses allant de 50 à 80 km/h. Contrairement au revêtement en asphalte poreux, les effets de réduction de bruit n'augmentent pas nettement en fonction de l'augmentation de la vitesse.

Pour le revêtement à surface élastique poreuse, différentes études ont été menées sur la solidité, l'endurance, la résistance au feu, la capacité de drainage et la sécurité du passage des voitures (Figure-9). Grâce à ces études, on peut espérer le même niveau ou un niveau supérieur de performance du revêtement à surface élastique poreuse que celui du revêtement à haute densité (car, la résistance contre l'usure et sa capacité de drainage sont plus grandes que celles du revêtement en asphalte à haute densité). Actuellement, on fait des études et des recherches sur l'amélioration des effets de réduction de bruit, sur l'endurance, l'amélioration de l'installation et la réduction des coûts, en vue de l'installation réelle. Les photos 2 à 4 montrent les caractéristiques des surfaces selon les types des revêtements en asphalte.

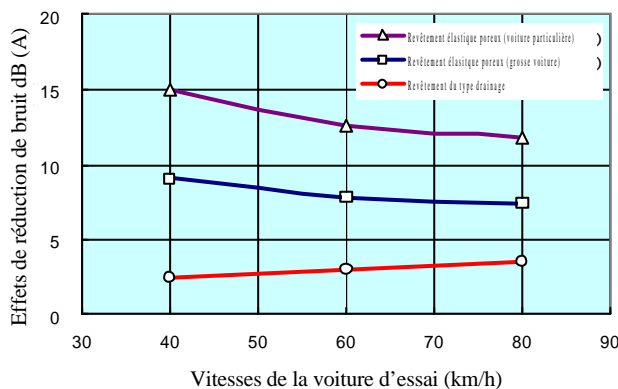


Figure-8: Effets de réduction de bruit par le revêtement à surface élastique poreuse (essais effectués en août 2000)

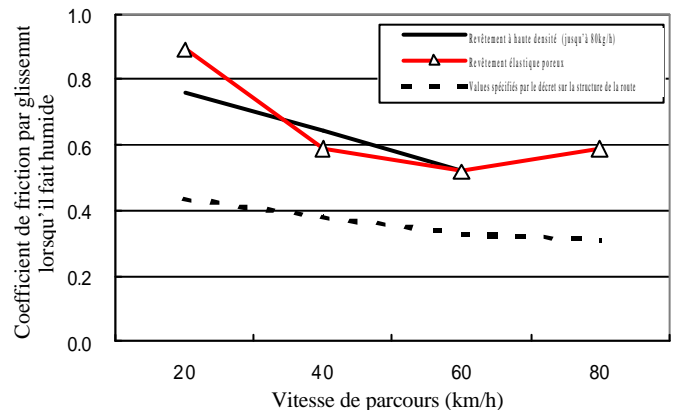


Figure-9: Résistance au dérapage : Coefficient de friction par glissement lorsqu'il fait humide pour le revêtement à surface élastique poreuse

Tableau-2: Comparaison des coûts selon les revêtements

Type de revêtement	Revêtement en asphalte à haute densité	Revêtement à surface élastique poreuse	Revêtement à niveau sonore bas
Coût (densité =1)	1	8-10	1.1-1.3

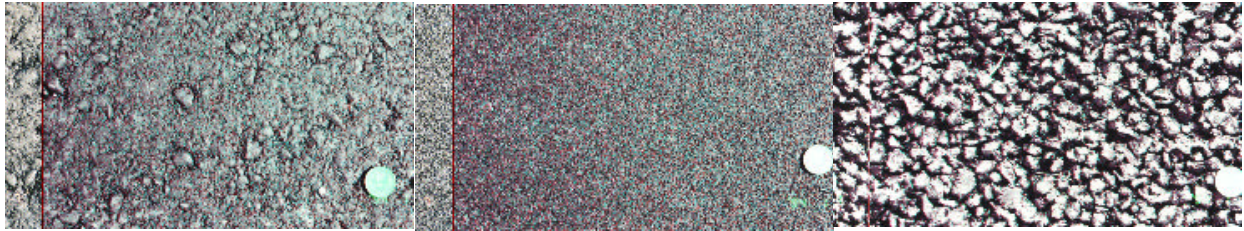


Photo-2: Revêtement en asphalte à haute densité

Photo-3: Revêtement à surface élastique poreuse

Photo-4: Revêtement à niveau sonore bas

(b) Développement d'un revêtement capable de réduire les vibrations

Comme les modèles de voitures deviennent de plus en plus grands et que la circulation routière augmente ces dernières années, les problèmes de l'environnement aux alentours des routes comme ceux des vibrations dues à la circulation sont manifestement évidents. Par conséquent, il est nécessaire de développer une nouvelle technologie de revêtement capable de réduire considérablement les vibrations de la circulation routière. Bien que l'amélioration de la plateforme soit efficace pour résoudre les problèmes de vibrations dues à la circulation routière, elle demande une longue durée de construction nécessitant des restrictions à long terme de la circulation et des travaux à grande échelle en incitant ainsi l'embouteillage, ce qui est pratiquement difficile à réaliser. A cause de cela, on doit développer un revêtement capable de réduire les vibrations, intégrant les matières de la surface et de la surface inférieure de la plateforme d'une durée de construction relativement courte. Afin de réduire les vibrations, il est indispensable d'associer le maintien de la planéité de la surface de la route pour une longue période avec l'utilisation des matériaux permettant de réduire considérablement les vibrations.

Par conséquent, trois types de revêtements capables de réduire les vibrations ont été développés (Figures 10 à 12 et Tableau-3). Ils sont conçus pour réduire les vibrations de la circulation, en utilisant une des méthodes suivantes:

- a) Réduire la propagation des vibrations engendrées par les contacts des agrégats, grâce aux jeux.
- b) Utiliser un matériau qui contrôle les vibrations ou un matériau anti-vibration
- c) Adopter le caoutchouc anti-vibrations
- d) Augmenter la rigidité du revêtement à haute fréquence

Actuellement, on poursuit les recherches sur ces trois revêtements. D'après les études, on peut réduire les niveaux de vibrations de 2 à 8 dB aux bords de la route immédiatement après la mise en place du revêtement par rapport au revêtement en asphalte à haute densité. Il faudra donc augmenter la durée des effets et réduire les coûts dans le futur (Tableau-4).

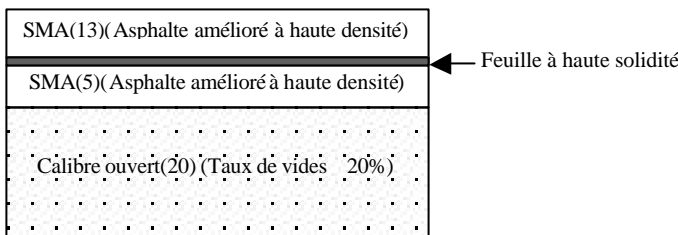


Figure-10: Revêtement A

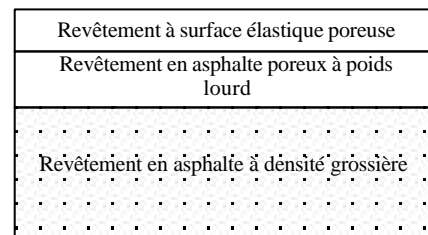


Figure-11: Revêtement B

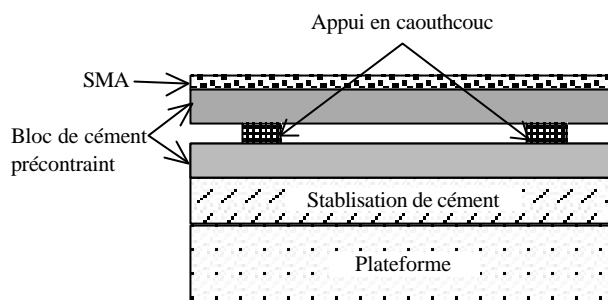


Figure-12: Revêtement C

Tableau-3: Propriétés physiques du caoutchouc anti-vibrations

Coefficient élastique (N/mm <sup>2</sup> )	Constante de Poisson	Constante d'élasticité (kN/m)
3,3	0,48	2000



Tableau 4 Comparaison des revêtements capables de réduire les vibrations selon les types

Type de revêtement	Revêtement A	Revêtement B	Revêtement C
Coût	Inférieur	Moyen	Elevé
Travaux de construction	Facile	Un peu difficile	Difficile
Effets de réduction de vibrations	Environ 3 dB	Environ 2 dB	Environ 8 dB

(Nota) La comparaison des effets de réduction de vibrations avec le revêtement en asphalte à haute densité a été faite aux bords de la route, immédiatement après l'installation de chaque type de revêtement.

### (C) Développement d'un revêtement destiné à diminuer la pollution de l'air

D'après les études récentes, l'oxyde de titane grâce à l'action de la photo-catalyse peut oxyder les polluants de l'air comme NOx et les éliminer à l'aide de l'énergie solaire. En outre, l'oxyde de titane peut maintenir cette capacité d'élimination, grâce aux pluies et au nettoyage périodique. Pour cette raison, on espère que cet oxyde de titane sera utilisé comme nouvelle technique de traitement du gaz d'échappement des voitures. Des matériaux ayant la propriété de la photo-catalyse ont été utilisés dans les murs latéraux, les barrières de sécurité et les murs d'insonorisation pour la diminution de l'air pollué et la prévention contre la contamination. Actuellement, on a effectué des recherches sur les méthodes suivantes : (1) on pose de l'oxyde de titane près de la source de l'émission de Nox, sur la surface de la route avec laquelle les polluants de l'air entrent en contact, avant leur diffusion, (2) on utilise une structure de revêtement intégrant des agrégats carbonisés enduits d'oxyde de titane.

Dans le cas (1) ci-dessus, les essais au site ont montré que le volume d'élimination de NOx par jour était de 20 à 30 mg/m<sup>2</sup>, correspondant à une capacité d'élimination par jour équivalente aux unités de 1000 à 1500 de petites voitures. Il faut donc améliorer l'endurance, la capacité d'épuration par superficie, la durée de performance d'épuration, et aussi réduire le coût (3 à 4 fois plus élevé que le coût du revêtement en asphalte à haute densité). Mais cette méthode a les avantages suivants: le coût d'installation est moins élevé, et après l'installation, on n'a besoin ni d'alimentation d'énergie comme l'électricité ni d'espace spéciale.

Dans le cas (2) de la structure de revêtement intégrant des agrégats carbonisés enduits d'oxyde de titane, les essais effectués au laboratoire ont révélé que la capacité d'épuration de la structure du nouveau revêtement était presque 10 fois plus grande que celle du revêtement d'épuration de l'air pollué. En outre, d'après les essais sur les agrégats carbonisés, on a constaté qu'étant poreux, ils avaient une densité plus petite et une absorption d'eau plus grande que les agrégats ordinaires (Tableau-5). Comme les agrégats carbonisés satisfont aux valeurs objectives des pierres à aiguiller utilisées dans les revêtements ordinaires, en terme de perte d'usure, de stabilité et de résistance à l'écaillage (Tableau-6), ils peuvent être appliqués aux agrégats destinés au revêtement. Par conséquent, des études sont en cours pour la méthode de construction d'un revêtement poreux permettant aux surfaces des agrégats carbonisés d'entrer en contact au maximum avec l'air ainsi que pour l'endurance du revêtement poreux carbonisé.

Tableau-5: Résultats des mesures sur la densité des agrégats carbonisés et leur absorption de l'eau

Type d'agrégat	Densité correspondante
Densité de la surface sèche (g/cm <sup>3</sup> )	Densité sèche absolue (g/cm <sup>3</sup> )
Taux d'absorption (%)	
Agrégat grossier	
Pierre broyée No.6	1,386
	0,851
	62,8
Pierre broyée No.7	1,396
	0,876
	59,4
Agrégat dense	
Sable à gros grain	1,656
	1,450

Tableau-6: Propriétés physiques des agrégats carbonisés

Points	
Valeurs mesurées	Valeurs objectives
Taux d'usure	20.0
	Inférieure à 30
Taux de perte d'agrégat (%)	
	13-9,5 mm
	6.7
	Inférieure à 12
	9-4,75 mm
	0.4
	Inférieure à 12
	4,75-2,36 mm
	2.4
	Inférieure à 12
Taux de superficie décollée (%)	

Sable à fin grain  
1,638  
1,421  
13,1

(D) Développement d'un revêtement destiné à contrôler la température de la surface de la route (Revêtement à conservation d'eau)

Une des causes du phénomène "d'île réchauffé", un problème dans les grandes villes depuis ces dernières années, peut être l'empêchement de l'évaporation de l'eau au niveau du sol à cause du revêtement ou la conservation de la chaleur par le revêtement. Les revêtements en asphalte possèdent une grande conductivité thermique, mais conservent la chaleur et laissent à peine s'évaporer l'eau. Dès qu'ils reçoivent la chaleur, ils l'absorbent pour élever leur température. La chaleur ainsi conservée dans les revêtements en asphalte réchauffe l'air ou se transmet aux êtres humains. En été où il y a une longue période d'ensoleillement, cette tendance contribue au phénomène "d'île de la chaleur". En vue de diminuer la chaleur conservée dans le revêtement, on a effectué les études sur le revêtement à conservation d'eau, qui maintenait l'eau dans le revêtement, mais abaissait sa température grâce à l'évaporation de l'eau et enfin qui diminuait sa radiation thermique. Pour ce revêtement à conservation d'eau, on fait actuellement des études sur un revêtement en asphalte poreux dont les vides sont remplis de matériaux capables d'absorber de l'eau (Figure-13).

D'après les essais au site, quand le revêtement à conservation d'eau a retenu de l'eau, il peut réduire sa propre température de 10 à 15°C au maximum par rapport au revêtement en asphalte à grande densité. D'après la simulation effectuée en adoptant ces revêtements dans les 23 arrondissements de Tokyo, sous certaines conditions, on estime que ce revêtement peut réduire d'environ 0,8 degrés de température au centre de Tokyo (Figure-14). A présent, la durée des contrôles de température l'est que deux jours, dépendant largement du volume d'eau conservée dans le revêtement. Il est donc nécessaire de développer un revêtement permettant d'augmenter la durée de conservation de l'eau et d'étudier des méthodes effectives, telles que la pulvérisation d'eau.

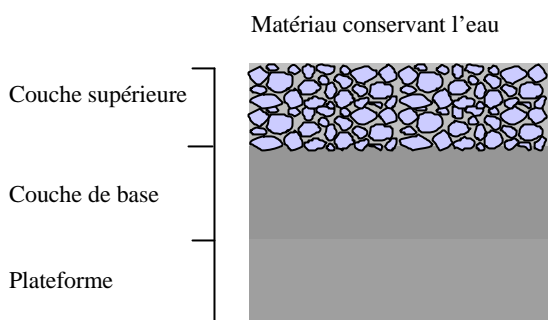


Figure-13: Matériau conservant l'eau

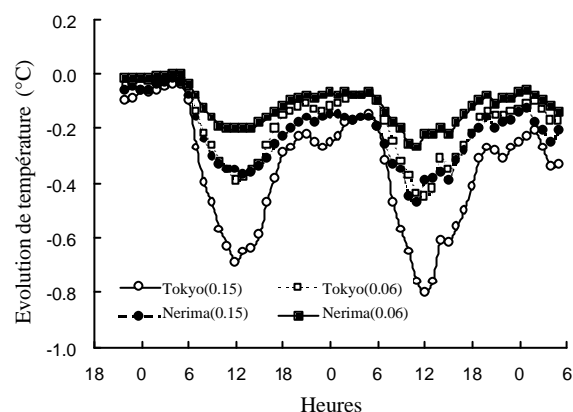


Figure-14: Evolution de température en fonction du temps grâce au revêtement à conservation d'eau

### 3. Adoption d'une méthode de commande des travaux de revêtement du sol tenant compte de l'amélioration de l'environnement

Depuis 1998, une nouvelle méthode de commande des travaux de revêtement définissant les mesures des valeurs du bruit de la surface de la route (bruit émis à proximité du pneu, entre un pneu spécial et la surface de la route) comme indicateur de la performance du revêtement (méthode de commande basée sur la définition de la performance) (Tableau-7) a été adoptée. En 2000, a démarré l'expérimentation d'un système d'adjudication d'estimation générale vérifiant globalement les prix et les éléments autre que les prix (effet d'amélioration de l'environnement, etc) pour déterminer l'adjudicataire (Figure-15). Selon ce système, un contrat des travaux de revêtement sera accordé à un contracteur qui a offert dans sa soumission une valeur de la surface de la route (après la construction) moins de 89 dB (valeur moyenne de la valeur du bruit pour les revêtements en asphalte poreux à niveau sonore bas conventionnels), qui a présenté un prix de soumission inférieur au prix d'estimation (Nota 1), et qui a obtenu la meilleure valeur d'estimation supérieure à la valeur d'estimation standard (la valeur obtenue en divisant par le prix d'estimation, la note (100 points) pour la situation présumée à ce prix).

Tableau-7: Exemple d'une application de la méthode commande basée sur la définition de la performance

Objet	Point	Lors de l'installation	1ans après l'installation
Couche supérieure	Résistance à la déformation plastique	Stabilité dynamique supérieure ) 4,000/mm	-
	Capacité de drainage	Essai de perméabilité sur le site supérieur à 1.000/15s	-
	Planéité	Inférieur à $\sigma=2.4$ mm pour chaque voie	-
	Niveau de bruit	D'après les mesures effectuées sur la voiture d'essai (bruit du pneu spécial) pour chaque voie avec la vitesse de 50km/h, la moyenne de toutes les voies doit être inférieure à 89 dB (A)(Leq).	D'après les résultats des mesures effectuées dans la rubrique gauche, la valeur moyenne pour toutes les voies doit être inférieure à 90 dB (A) (Leq).

$$\text{Valeur d'estimation} = (\text{Note de base} + \text{Points additionnels}) \div \text{Prix de soumission}$$

- Société A:** Satisfaisant la valeur d'évaluation, mais cette valeur est inférieure à celle de la Société B
- Société B:** Ayant la meilleure valeur d'évaluation, on lui a accordé le contrat
- Société C:** Ayant obtenu la meilleure valeur d'évaluation, mais cette société a été disqualifiée, parce que le prix de soumission était supérieure au prix d'estimation.
- Société D:** Bien que le prix de soumission soit inférieur au prix d'estimation, cette société a été aussi disqualifiée, parce que sa valeur d'évaluation est inférieure à la valeur d'évaluation standard.

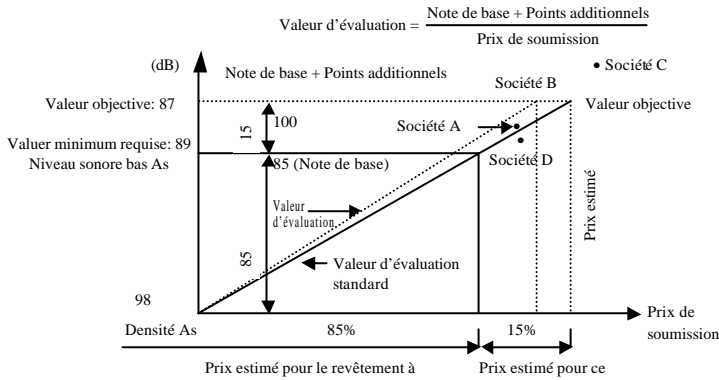


Figure-15: Philosophie de base sur le système d'adjudication d'estimation générale pour les travaux de revêtement en asphalte (Dans le cas d'une exemple réalisé par la Direction d'aménagement de la région Kantô auprès du Ministère du Territoire, de l'Infrastructure et des Transports)

**Note de base:** 85 points

Elle peut être donnée quand la valeur de bruit la plus basse de 89dB est atteinte.

**Points additionnels:** 15 points pour chaque réduction de 2 dB.

Si une meilleure valeur de bruit est proposée, les points additionnels sont donnés en fonction de la réduction de valeur de bruit. Concrètement parler, dès que l'on atteint la valeur objective de 87 dB, on obtient 100 points et les points additionnels sont donnés en fonction de la performance proposée. Les points obtenus peuvent excéder 100 points.

**Référence:** La proportion entre la note de base et les points additionnels a été établie sur la base du rapport entre le coût de construction du revêtement en asphalte à niveau sonore bas de la spécification standard (89dB en moyenne pour le niveau sonore de la surface de la route) et le coût de construction du même revêtement à la valeur objective de 87 dB.

En 2001, les normes techniques du revêtement ont été révisées pour la définition de la performance du revêtement, en effectuant l'évaluation multi-latérale des fonctions du revêtement de la route et en promouvant les innovation techniques, en vue d'améliorer le service des utilisateurs et de réduire les coûts.

Les indices de performance du revêtement ont été établis comme suit: nombre de roues ayant subi une défaillance par la fatigue nombre de roues ayant subi une déformation plastique planéité volume d'eau infiltrée (dans le cas où la structure du revêtement est capable de filtrer régulièrement les pluies sous la surface de la route). Les normes ainsi révisées ont permis d'adopter plus librement les structures de revêtement satisfaisant aux valeurs de la performance, définies conformément à la classification des routes et aux volumes de circulation planifiés par revêtement.

Nota 1) Le prix d'estimation est un prix des travaux calculé sur la base de la structure du revêtement et des méthodes de construction lorsque la valeur objective est atteinte (Le niveau du bruit mesuré sur la surface de la route est de 87 dB).

### Conclusion (Remarques)

Jusqu'à maintenant, en vue du confort, de la sécurité et l'économie, les services routiers vis-à-vis des utilisateurs ont été évalués selon des indices tels que la planéité, le taux de fissures, les ornières et d'autres facteurs. Pour la planification du revêtement et l'amélioration des routes, il sera important dans le futur d'évaluer ces services en tenant compte des facteurs négatifs envers les riveriens ainsi tels que le bruit, les vibrations émises et d'autres par la circulation routière.