

# **SURFACE DE ROULEMENT POREUSE ET ÉLASTIQUE COMME MESURE ULTIME POUR LIMITER LES NUISANCES SONORES PROVOQUÉES PAR LA CIRCULATION ROUTIÈRE**

S. MEIARASHI

Equipe des matériaux de pointe, Groupe de recherche sur les matériaux et géotechnique,  
Institut de recherche en travaux publics, Japon

mei@pwri.go.jp

## **RÉSUMÉ**

L'Institut de recherche en travaux publics (PWRI) est en train de développer depuis 1993 un nouveau revêtement de chaussée relativement insonore appelé " surface de roulement élastique et poreuse " (PERS/Porous Elastic Road Surface). Ce nouveau type de chaussée possède une structure poreuse constituée de granulats de caoutchouc fabriqués à partir de vieux pneus comme agrégat et de résine d'uréthane comme liant. Sa porosité est d'environ 40%. Ce type de chaussée a été proposée pour la première fois dans les années 70 en Suède. Toutefois, les chercheurs suédois n'ont pas réussi à l'améliorer pour en faire une chaussée qui puisse être utilisée dans la pratique. Les niveaux de réduction du bruit sont respectivement de 15 dB(A) pour les voitures particulières et de 8 dB(A) pour les poids lourds. L'auteur estime que les niveaux potentiels de réduction du bruit en Leq dépassent 10 dB(A). Plus de 90% des routes en milieu urbain pourraient satisfaire la norme si le niveau de réduction du bruit était atteint. L'Institut de recherche en travaux publics a résolu d'ores et déjà plusieurs problèmes avec la " surface de roulement élastique et poreuse ", par exemple une adhérence insuffisante entre la chaussée et la couche de liaison, une faible résistance aux frottements, et ses mauvaises performances contre le feu. Son niveau technique a d'ores et déjà atteint la phase de la construction d'essai sur des routes urbaines.

Cette étude traite des performances globales de la " surface de roulement élastique et poreuse " (PERS). Elle inclut également les résultats de recherches récentes menées pour améliorer encore davantage les niveaux de réduction du bruit de la " surface de roulement élastique et poreuse " (PERS) et réaliser la première construction d'essai d'une route utilisant une " surface de roulement élastique et poreuse " au Japon. Le but final de la réduction du bruit pour n'importe quel type de véhicule se situe entre 15 et 20 dB(A). L'auteur prévoit que la " surface de roulement élastique et poreuse " pourra réduire le problème du bruit causé par les routes en milieu urbain au Japon à un niveau très faible et négligeable dans un proche futur.

## **MOTS CLÉ**

Chaussée / Réduction du bruit / Nuisances sonores causée par la circulation routière / Résistance au frottement / Durabilité / Adhérence

## **1. INTRODUCTION**

L'Institut de recherche en travaux publics (PWRI) est en train de développer depuis 1993 un nouveau revêtement de chaussée relativement insonore appelé " surface de roulement élastique et poreuse " (PERS/Porous Elastic Road Surface). Ce nouveau type de chaussée possède une structure poreuse constituée de granulats de caoutchouc fabriqués à partir de vieux pneus comme agrégat et de résine d'uréthane comme liant. Sa porosité

est d'environ 40%. Ce type de chaussée a été proposée pour la première fois dans les années 70 en Suède. Toutefois, les chercheurs suédois n'ont pas réussi à l'améliorer pour en faire une chaussée qui puisse être utilisée dans la pratique. Les niveaux de réduction du bruit sont respectivement de 15 dB(A) pour les voitures particulières et de 8 dB(A) pour les poids lourds. L'auteur estime que les niveaux potentiels de réduction du bruit en Leq dépassent 10 dB(A). Plus de 90% des routes en milieu urbain pourraient satisfaire la norme si le niveau de réduction du bruit était atteint. L'Institut de recherche en travaux publics a résolu d'ores et déjà plusieurs problèmes avec la " surface de roulement élastique et poreuse ", par exemple une adhérence insuffisante entre la chaussée et la couche de liaison, une faible résistance aux frottements, et ses mauvaises performances contre le feu. Son niveau technique a d'ores et déjà atteint la phase de la construction d'essai sur des routes urbaines.

Cette étude traite avec les performances globales de la " surface de roulement élastique et poreuse " obtenues lors des travaux de développement menés par le passé par l'Institut de recherche en travaux publics (PWRI). L'amélioration de l'effet de réduction du bruit grâce au changement de porosité et d'épaisseur, d'adhésion de la couche de liaison : la durabilité (résistance à l'usure, frottement humide, et résistance au feu) est traitée principalement dans la première partie de cette étude. Les essais de performance en laboratoire afin d'identifier une nouvelle méthode de construction de la " surface de roulement élastique et poreuse " avant la construction expérimentale de routes et la réduction du bruit observés sur le site de construction sont traités dans la deuxième partie de cette étude.

## 2. POINTE DU PROGRÈS TECHNIQUE

### 2.1 Réduction du bruit

La réduction du bruit est l'une des caractéristiques les plus intéressantes de la " surface de roulement élastique et poreuse ". L'auteur a toujours vérifié par le passé et à quatre reprises lorsque les caractéristiques de la " surface de roulement élastique et poreuse ". Lors de la première construction expérimentale, la porosité était de 40% et l'épaisseur de 5 cm. L'auteur a mesuré les niveaux de puissance des véhicules par une méthode de dérivation contrôlée basée sur la norme " ISO 326 " et " ISO 7188 ". La méthodologie détaillée pour calculer les niveaux de puissance a été décrite par Meiarashi (1996). La **Figure 1** montre que pour tous les véhicules la " surface de roulement élastique et poreuse " est supérieure au "Chaussée asphaltée poreuse " (revêtement en asphalte de drainage (DAP/Drainage Asphalt Pavement)). La supériorité est indiquée par les différences de niveaux de puissance sonore pesée A à vitesse constante. Comparé à au revêtement à asphalte dense (DNAP) ; le niveau de réduction de bruit atteint avec la surface poreuse (PERS) est de 2 à 10 fois plus grande que celle atteinte avec la surface poreuse. Il faut noter que la réduction du bruit est de 13 dB(A) à 60 km/h pour les voitures particulières et de 6 dB(A) pour les camions légers. Pour les voitures particulières, le bruit latéral (Coast-by noise) est la principale contribution au bruit selon la puissance (Power-by noise) alors que pour les poids lourds c'est le bruit selon la puissance. Par conséquent, la différence dans la diminution des nuisances sonores, entre les voitures particulières et les poids-lourds se clarifie grâce au bruit unitaire des camions par leur grande puissance.

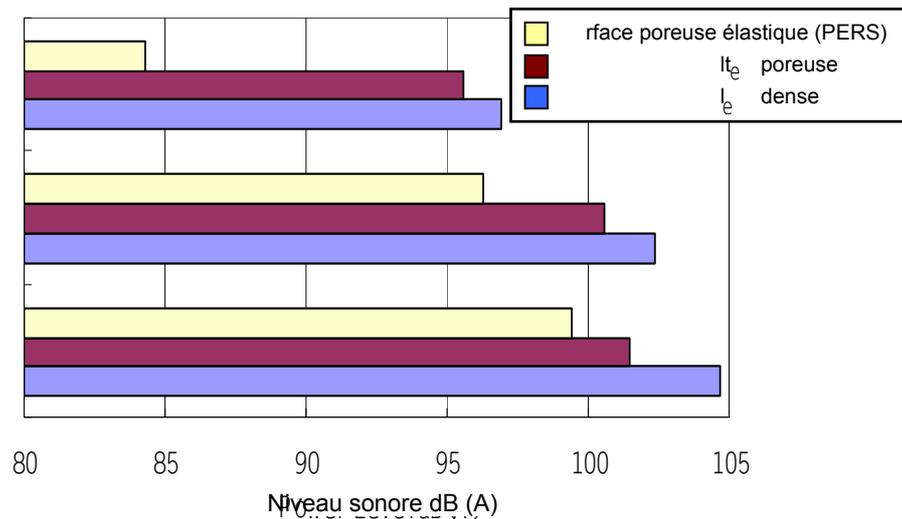
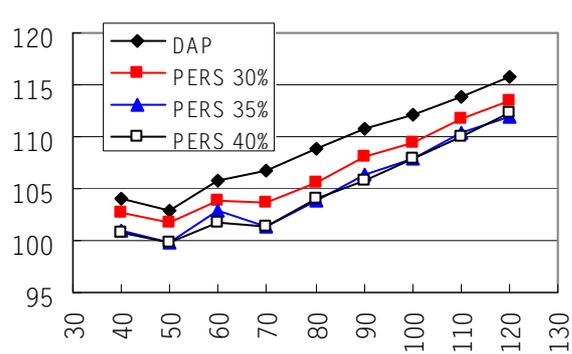
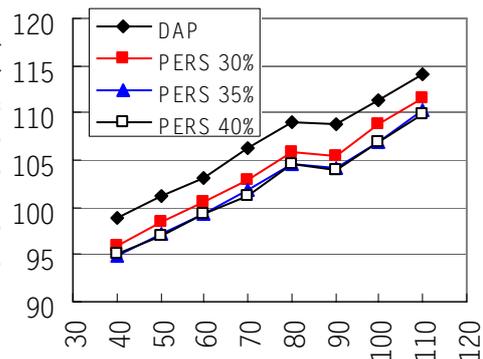


Figure 1 - Niveaux de puissance mesurés sur la piste d'essai de l'Institut PWRI en 1994 : épaisseur de 5cm, 35% de porosité, Longueur = 25 m, Largeur = 5 m

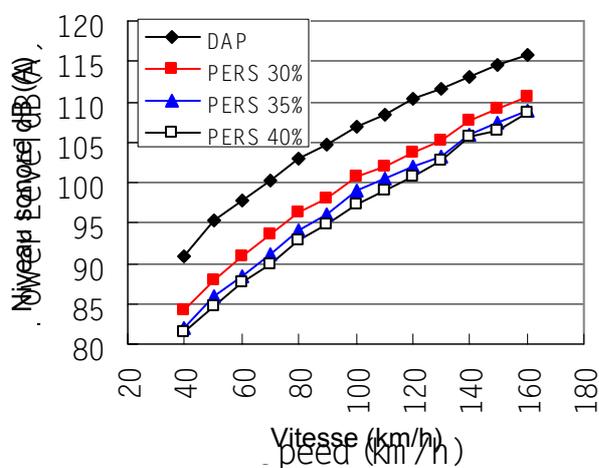
L'auteur a conduit au total quatre mesures sonores sur la piste d'essai de l'Institut afin d'améliorer l'effet de réduction du bruit du revêtement poreux, y compris bien sûr le premier décrit ci-dessus. La deuxième mesure du bruit réalisée en 1995 était centrée principalement sur l'effet de la porosité sur la réduction du bruit. La **Figure 2** indique comme résultat que la réduction de la surface poreuse est pratiquement saturée à la porosité de 35% et plus. Lors de la troisième mesure de bruit effectuée en 1996, un point très important fut l'effet l'épaisseur de la couche poreuse sur la réduction du bruit. Les niveaux optimaux de réduction du bruit de la chaussée poreuse élastique PERS pour les voitures particulières, les camions légers et les poids lourds est situés respectivement entre 14 et 16 dB(A), 4 et 5 dB(A) et 3 et 5 dB(A). La **Figure 3** décrit les résultats selon lesquels la surface de roulement poreuse PERS atteint dans la réduction du bruit lorsqu'elle a une épaisseur de 3 cm. Lorsque l'on considère la différence relativement faible de réduction du bruit entre une épaisseur de 3 cm de la surface de roulement PERS et la même surface avec une épaisseur de 2 cm, et la réduction du coût des matériaux, l'épaisseur optimale de ce type de surface semble se situer entre 2 et 3 cm. Les niveaux de réduction du bruit optimaux pour la surface de roulement PERS sont respectivement de 13 et 19 dB(A) pour les voitures particulières, 8 et 9 dB(A) pour les camions légers et de 6 et 10 dB(A) pour les poids lourds.



a) Poids-lourds



b) Camions légers



c) Voitures particulières

Figure 2 - Niveaux de puissance sonore comparés à la porosité de la surface poreuse élastique (PERS)

Une quatrième mesure du niveau sonore a été réalisée pour confirmer l'effet de réduction du bruit de la surface poreuse élastique (PERS) qui a satisfait aux critères pour PERS, obtenus lors d'une recherche conjointe menée par l'Institut de recherche en travaux publics et des sociétés privées fabricant des produits en caoutchouc. L'un des problèmes sérieux à résoudre dans le cadre de ces travaux de recherche était l'amélioration du frottement réduit sur chaussée humide de la surface poreuse élastique (PERS). Pratiquement toutes les sociétés ont changé le composant de la surface poreuse élastique (PERS). Les niveaux de réduction du bruit de la surface poreuse élastique (PERS) pour les voitures particulières se situaient entre 12 et 15 dB (A) à l'exclusion d'un produit dont le niveau de réduction du bruit était de 8 – 9 dB (A) Et les niveaux de réduction pour les camions se situaient entre 8 et 10 dB(A). Il en a résulté que l'auteur a amélioré le frottement sur chaussée humide au détriment de la réduction du bruit dans le cas des voitures particulières.

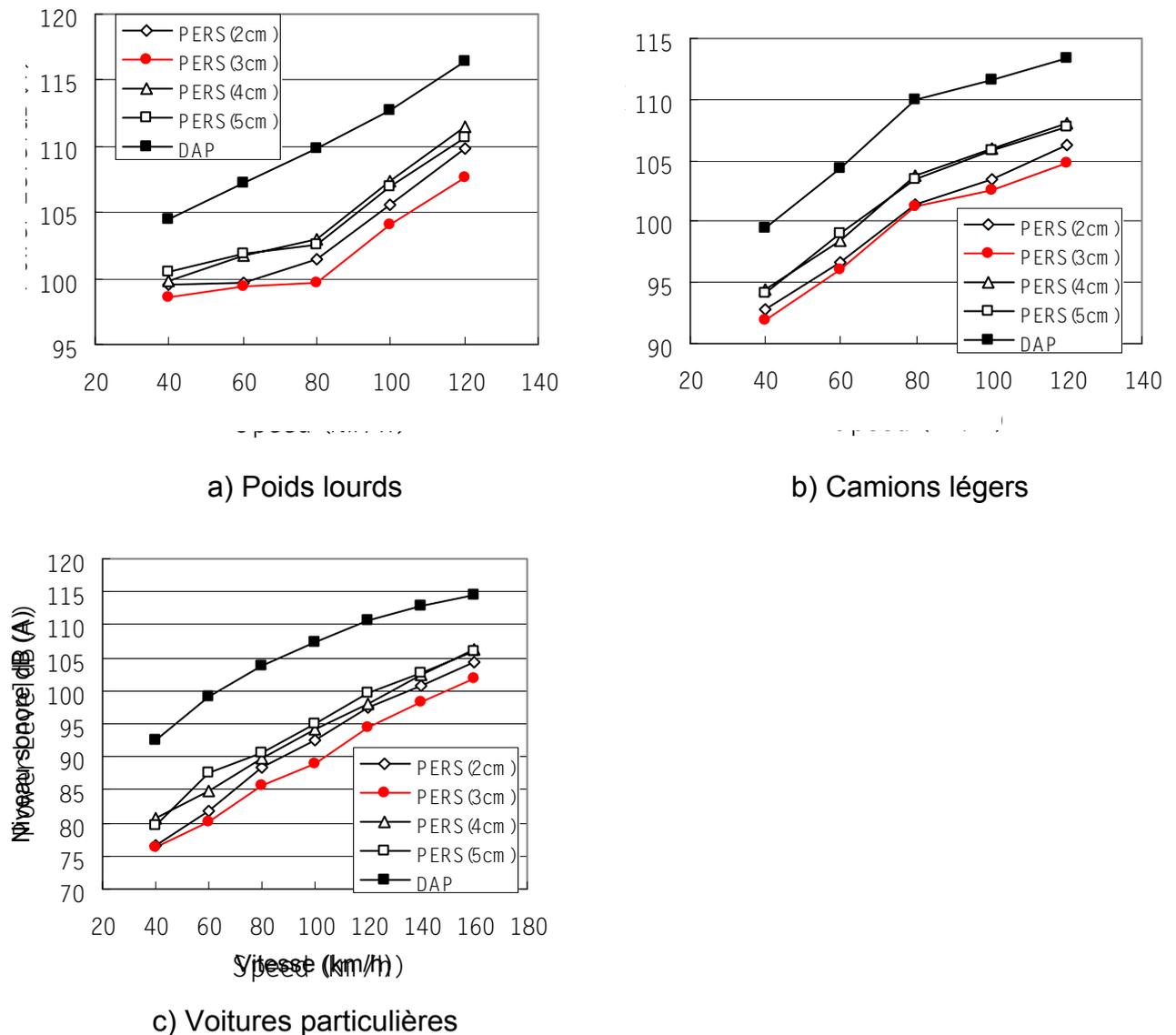


Figure 3 – Niveaux de puissance comparé à l'épaisseur de la surface poreuse (PERS)

## 2.2 Adhérence de la couche de liaison

Les performances du produit adhésif entre la surface poreuse élastique (PERS) et la chaussée semi-flexible comme couche de liaison se sont révélées insuffisantes. Le passage des poids lourds a décapé la surface poreuse de la couche de liaison en 1994. L'auteur a identifié au moyen de calculs analytiques et numériques le critère 0,8 Mpa concernant les performances d'adhérence pour la surface poreuse élastique (PERS) après que l'humidité et la chaleur ont accéléré l'essai de détérioration et a découvert qu'un produit adhésif à base de résine époxy était beaucoup plus résistant que la résine à l'uréthane dans les essais de cisaillement sur deux faces et répondait aux critères spécifiés en 1997.

## 2.3 Durabilité – résistance à l'usure

L'essai de chaussée accéléré illustré sur la **Figure 4** a été mené de 1994 à 1997. Le volume de trafic accumulé de voitures d'essai a atteint 180.000 véhicules, ceci correspondant une exposition de 1,2 mois d'une route ordinaire avec un volume de trafic élevé de l'ordre de 3000 véhicules par jour et par voie. La **Figure 5** indique les résultats

concernant la profondeur maximale des striures. Les performances de la surface poreuse élastique se sont révélées supérieures à la chaussée asphaltée à drainage (DAP) dont les performances au regard de la déformation sont largement supérieures à celles d'une chaussée conventionnelle comme celle à asphalte dense (DENAP).



Figure 4 – Essai de chaussée accélérée

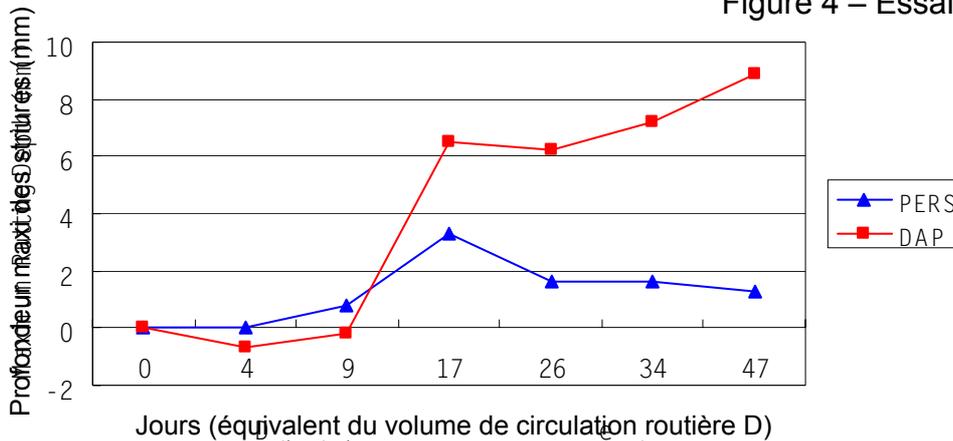


Figure 5 – Profondeur des striures après l'essai de chaussée accélérée

#### 2.4 Frottement sur chaussée humide

Le frottement réduit sur chaussée humide constituait un sérieux problème pour les surfaces poreuses depuis la phase initiale de développement. La changement de composant de la surface poreuse élastique (PERS) réalisé grâce à une collaboration entre l'Institut et des fabricants de produits en caoutchouc a permis de résoudre ce problème comme l'auteur l'a indiqué dans la section précédente. La **Figure 6** présente les résultats mesurés lors d'un essai de mesure du frottement sur chaussée humide décrit sur la **Figure 7**. La ligne noire en pointillé, R.S.O., indique le critère minimal du frottement sur chaussée humide prévue par les directives techniques concernant la conception des routes au Japon.

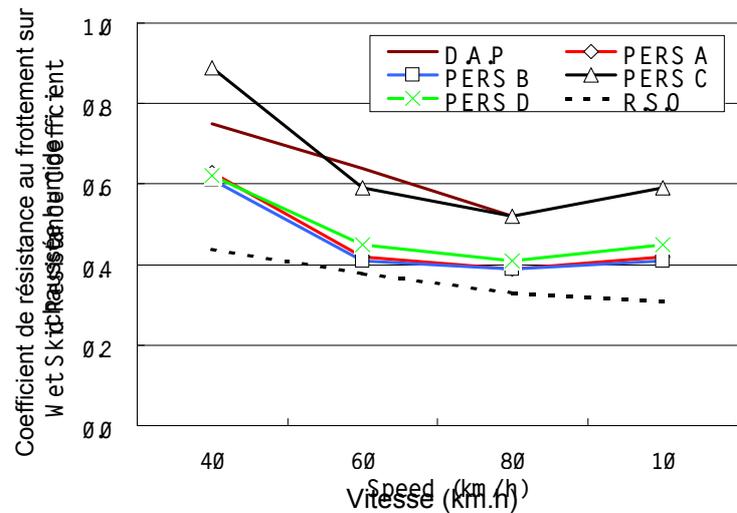


Figure 6 – Résistance de frottement sur chaussée humide

Figure 7 – Dispositif pour la résistance sur chaussée mouillée



## 2.5 Résistance au feu

On estimait que la résistance au feu pouvait constituer un problème potentiel puisque le caoutchouc brûle de manière intense. Le problème des risques d'incendie a été étudié par ledit Institut. On a placé des surfaces carrées (5 x 5m) à l'extérieur du laboratoire. On a aspergé ceux-ci avec 36 litres de gas-oil ou d'essence ainsi qu'une chaussée adjacente (conventionnelle) en asphate. A un certain moment, on a allumé le carburant avec une torche après quoi on a procédé à l'observation de facteurs comme les matériaux utilisés pour la chaussée, la hauteur des flammes produites par le feu ainsi que la génération de fumée. On a filmé ces essais.

Au cours de ces expériences, trois surfaces ont été comparées : une surface en béton asphalté dense, une deuxième en béton asphalté poreux et troisièmement les panneaux carrés 5 x 5 m PERS. Voir le **Tableau 1** pour les résultats de ces essais. Il est apparu qu'au regard de la vitesse de propagation du feu et de la hauteur des flammes la " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS) était plus sûre que la surface en béton asphalté dense. La **Figure 8** illustre ces essais.

Tableau 1 – Conditions de l'essai de résistance au feu

Type de surface	Combustion des combustibles et matériaux de la chaussée	Hauteur des flammes	Fumée
DNAP (revêtement à asphalte dense)	Le fioul dispersé sur la surface de la chaussée s'est enflammé et a brûlé de manière vive en produisant des flammes rouges mais la chaussée ne s'est pas enflammée.	2,5-3,0 m	Le fioul ne s'est pas consommé totalement produisant une colonne de fumée noire.
DAP (Chaussée en asphalte de drainage)	Le fioul s'évaporant par les vides de la chaussée a été enflammé produisant des flammes bleues. Toutefois, les matériaux utilisés pour la chaussée n'ont pas brûlé.	Environ 0,3 m	On a observé un peu de fumée seulement.
PERS (Surface de roulement poreuse élastique)	Le fioul s'évaporant par les vides de la chaussée a été enflammé. Les panneaux en caoutchouc ont brûlé produisant des flammes rougeâtres. Le feu s'est étendu très lentement à la surface de la chaussée.	1,0-1,5 m	On a observé de la fumée noire provenant de la combustion des panneaux de caoutchouc.



a) Chaussée à asphalte dense



b) Chaussée poreuse (PERS)

Figure 8 – Résistance au feu

### 3. PREMIÈRE CONSTRUCTION D'UN SITE D'ESSAI

La construction d'une " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS) pour les routes nécessitent le développement d'une structure comme un système chaussée global et une méthode de construction qui sera différente des précédentes utilisées pour les pistes d'essai de l'Institut (PWRI). Il existe deux raisons qui nous ont incité à améliorer la structure ainsi que la méthode de construction.

La première est la contrainte du temps. Un marché potentiel pour la " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS) semble être les grandes artères très fréquentées en milieu urbain. La plage de travail est limitée à 10 heures durant la nuit, par exemple de 20 heures à 6 heures du matin afin d'éviter de provoquer des embouteillages à cause des travaux de construction. La surface de la chaussée des routes en milieu urbain que l'on peut refaire par jour est de 2000 à 3000 m<sup>2</sup>. Les travaux de construction portent sur l'enlèvement de la couche de roulement et de la couche de liaison, la construction d'une nouvelle chaussée semi-flexible comme couche de liaison, l'application d'un produit adhésif sur la couche de liaison et la pose de la surface de roulement poreuse et élastique comme indiqué sur la **Figure 9(a)**. Si on prend en considération la durée des travaux avant la pose de la surface de roulement PERS, il est impossible d'achever les travaux durant les délais impartis ?

La seconde raison est le contrôle de la qualité concernant les performances d'adhérence. Durant la période initiale de la " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS), l'auteur a rencontré de nombreuses difficultés relatives au produit adhésif mentionné dans la section précédente. Les produits adhésifs de type polymère sont très sensibles aux conditions ambiantes telles que la température ou l'humidité. Il semble très difficile de maintenir des performances stables à l'extérieur.

En relation avec ces problèmes, un type de " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS) préfabriqué semble être la seule solution. Des types caractéristiques de produits de revêtement préfabriqués sont les blocs ILB (Inter-locking blocks), les panneaux en béton précontraint (PCP) et les panneaux en béton armé (RCP). Les blocs ILB ont été largement utilisés pour les voies piétonnières dans des zones à caractère prestigieux et dans les centres commerciaux, secteurs où l'impact visuel du revêtement de la chaussée est particulièrement important aux yeux des architectes et des urbanistes. Certains

revêtement ILB se trouvent des zones industrielles comme les aires de stockage et les secteurs de docks, où les principales préoccupations sont les performances, le coût et l'entretien. Les panneaux en béton précontraint (PCP) sont précontraints dans le sens transversal durant la fabrication et post-contraints également dans le sens de la longueur après la mise en place. Les panneaux en béton précontraint (PCP) et les panneaux en béton armé (RCP) sont utilisés principalement pour les tronçons qui exigent une durabilité extrêmement élevée, par exemple dans le cas des chaussées dans les tunnels.

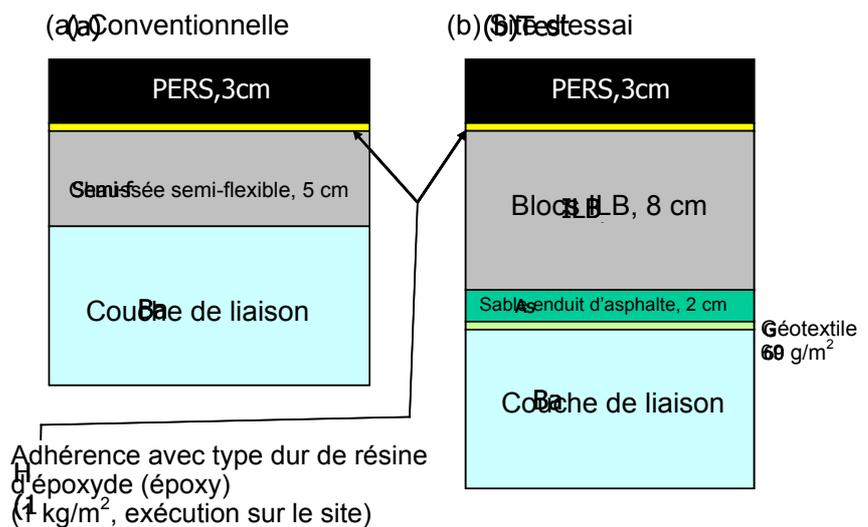


Figure 9 – Structure de la chaussée

Si on prend en considération le facteur temps et ses contraintes, il est impossible d'utiliser les panneaux en béton précontraint (PCP) et les panneaux en béton armé (RCP) comme couche de liaison de base à cause de leur mauvaise efficacité de mise en place (moins de 100 m<sup>2</sup> posés durant une période de 10 heures). La méthode de mise en place automatique utilisée actuellement pour les blocs ILB permet d'améliorer l'efficacité des travaux de construction et de respecter les contraintes imposées par le facteur temps. En se fondant sur de telles considérations et connaissances, l'auteur a proposé d'utiliser des blocs ILB pour la construction du premier site d'essai avec une surface poreuse et élastique PERS. D'autre part, le nombre d'exemples d'application des blocs ILB pour les routes est très limité et la durabilité de la surface des blocs ILB est inconnue. L'auteur a identifié la durabilité initiale d'une surface composite blocs ILB – Surface poreuse élastique PERS au moyen d'un laboratoire d'essai sur chaussée accélérée indiqué sur la **Figure 9(b)**. On n'a pas découvert d'endommagement de la surface du revêtement après 12.000 passages d'un camion d'essai.

On a construit pour la première fois une " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS) sur la RN 46 à Tazawa le 18 octobre 2002. Cette route comprenait deux voies d'une largeur de 3,75 mètres. La longueur totale de ce tronçon était de 20 mètres. Le volume du trafic, le taux de trafic élevé et la vitesse limitée était respectivement de 10, 120 véhicules par jour et de 60 km/h. La **Figure 10** montre une vue d'ensemble de ce tronçon et les conditions initiales de la surface de roulement PERS. L'auteur a mesuré le bruit des véhicules privées en appliquant une méthode spéciale proposée par Meiarashi (1996). Il s'agissait de petits véhicules (voitures particulières et camions légers) à cause de la longueur limitée du tronçon. La **Figure 11** illustre l'alignement des équipements constitués par un



Figure 10 – Premier site de construction

indicateur de niveau sonore, un microphone et deux jeux de photodétecteurs comme appareil de mesure de la vitesse. La **Figure 12** indique les niveau maxi A des véhicules mesurés sur surface poreuse élastique PERS et sur surface dense DNAP. Lorsque les niveaux de réduction du bruit sont définis comme la différence des niveaux entre PERS et DENAP, ils sont décrits approximativement par la formule suivante :

$$\Delta PWL = 0.1 V$$

$\Delta PWL$ : Niveau de réduction du bruit dB(A)

V: Vitesse du véhicule (km/h)

Ces niveaux de réduction du bruit semblent être inférieurs à ceux enregistrés sur la piste d'essai de l'Institut PWRI. Cet écart peut être causé par la relation géométrique entre les véhicules comme source sonore et le microphone. La distance entre la position de déplacement du véhicule et le microphone sur le terrain était relativement plus courte que la mesure du bruit sur la piste d'essai PWRI. Cela signifie que la perte d'atténuation additionnelles ne pouvait être prévue lors des mesures sur le terrain. Un angle de réflexion inférieur du site par rapport ) la piste d'essai PWRI pourrait être un autre facteur qui entraînerait une réduction inférieure du bruit de la surface PERS. En général, des angles de réflexion du son inférieurs fournissent des coefficients d'absorption du son.

#### 4. CONCLUSIONS

L'Institut de recherche en travaux publics (PZRI) développe depuis 1993 une nouveau type de chaussée produisant peu de bruit appelée " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS). L'auteur a estimé que les niveaux de réduction potentielle du bruit en Leq dépasse 10 db(A). L'Institut a d'ores et déjà résolu plusieurs des problèmes concernant la surface poreuse élastique, par exemple l'adhérence insuffisante entre la couche de liaison et la chaussée, la résistance réduite au frottement et ses performances limitées au regard de son ininflammabilité.



Figure 11 – Equipements pour la mesure du bruit

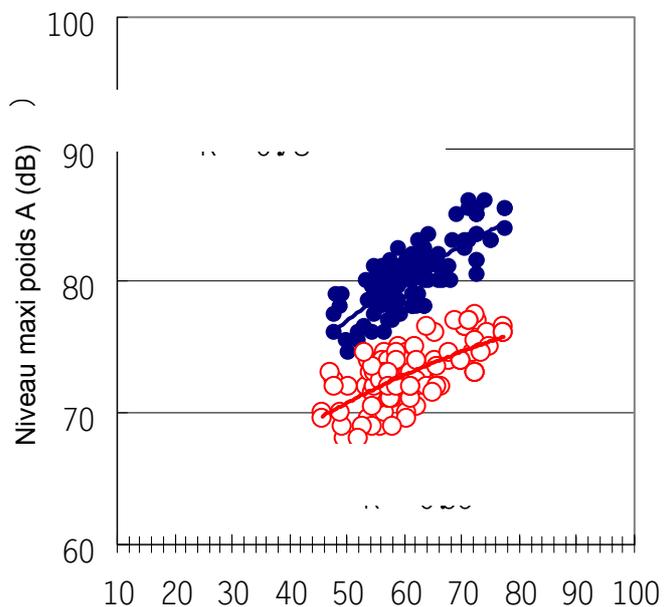


Figure 12– Niveaux de puissance mesurés au premier site de construction expérimental

En se basant sur les résultats des recherches décrits ci-dessus, on a construit pour la première fois une " Surface de roulement poreuse élastique "(PERS) sur un tronçon de la RN 46. Les niveaux de réduction du bruit mesurés sur le terrain étaient inférieurs à ceux prévus par l'auteur de cette étude car la surface du site d'essai était très limitée.

L'auteur a l'intention de poursuivre ses travaux de recherche sur le terrain et de procéder à des essais sur un autre site tout en appliquant une méthode plus efficace qu'ILB.

## **RÉFÉRENCES**

Alan Lilley (1988) : " Precast Concrete Paving History, Design, Applications and Problems ", The Journal of the Institute of Highways and Transportation, pages 18 - 25.

David Merritt, B. Frank McCullough, et Ned H. Burns (2001): " Feasibility of Using Precast Concrete Panels to Expedite Construction of Portland Cement Concrete Pavements "; Transportation Research Record 1761, Document N° 01-2904.

Meiarashi S. et al. (1966) : " Noise Reduction Characteristics of Porous Elastic Road Surface ", Applied Acoustics, Vol. 47, N°2, pages 239 – 250.

Ulf Sandberg et Jerzy A. Ejsmont (2002) : " Tire/Road Noise Reference Book", INFORMEX Ejsmont & Sandberg Handelsbolag.