

SIGNIFICATION D'INDICATEURS SPECTRAUX DE TEXTURE PAR RAPPORT AU COMPORTEMENT DE LA SURFACE DES REVETEMENTS FLEXIBLES

G. BOSCAINO

Dipartimento di Ingegneria Infrastrutture Viarie, Università di Palermo, Italia
boscaino@ing.unipa.it

F. G. PRATICÒ

D.I.M.E.T. Department, Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy
fpratico@ing.unirc.it

R. VAIANA

Dipartimento di Ingegneria Infrastrutture Viarie, Università di Palermo, Italia
r_vaiana@inwind.it

RÉSUMÉ

Aussi bien connus, des indicateurs intrinsèques de texture des revêtements des chaussées peuvent être divisés en deux classes différentes: les Descripteurs agrégés et les Descripteurs spectraux. Dans le premier ensemble il y ont MPD, ATD, RMS, etc..., alors que dans le second il y ont la Densité spectrale de puissance des amplitudes, le Niveau de texture, etc.

D'autre part, beaucoup d'expériences remarquent que les indicateurs extrinsèques de texture (comme, par exemple, le frottement et le Drainabilité), ne sont pas dépendent également des diverses classes de longueurs d'onde de la texture. Ainsi, quand une Agence a mesuré des indicateurs de qualité du revêtement basés sur des paramètres globaux de texture (par exemple Hauteur de sable), il n'est pas possible d'être sûr sur des conditions de frottement ou de Drainabilité. Ainsi, il n'est pas possible dire si des conditions essentielles de sûreté ont été satisfaites. Selon ces problèmes, en cet article, les auteurs ont réalisé un ensemble d'expériences pour étudier dedans profondément la corrélation parmi des niveaux de texture sur différents longueurs d'onde et Descripteurs extrinsèques (mesures de frottement, etc.).

Des niveaux spectraux ont été obtenus par des profils d'amplitude mesurés par un dispositif de laser, basé sur l'olography conoscopique, et un post-traitement de signal par un logiciel consacré spécifique. Des mesures de frottement ont été effectuées par le pendule britannique (friction rasante) tandis que les temps de sortie (Drainabilité) ont été mesurés par un mètre belge typique. Les résultats obtenus ont remarqué l'influence de longueurs d'onde spécifiques sur les paramètres extrinsèques mentionnés ci-dessus.

MOTS CLÉS

TEXTURE DES REVETEMENTS ROUTIERS / COUCHE DE ROULEMENT
PERFORMANCES / PROFILOMETRE SANS CONTACT

1. INTRODUCTION

On sait que, la texture superficielle des chaussées peut être considérée un paramètre stratégique très important pour l'évaluation et l'analyse des performances superficielles du pavement, spécialement pour la sécurité (G.Bosurgi, S.Cafiso, 2002).

En particulier, il faut remarquer que par l'analyse des indicateurs de la surface des chaussés, il est, par exemple, possible obtenir des renseignements sur les caractéristiques

de drainabilité superficielle et sur les performances d'adhérences sur le mouillé aux hautes vitesses.

En vertu de récents progrès scientifiques et technologiques obtenus dans le secteur du relief des aspérités des pavements en enrobés bitumineux avec dispositif "sans contact", (R.Vaiana, 2002) les recherches sur la texture de la chaussée se révèlent plus précis et véridiques.

Sur la base de cette considérations, les Auteurs ont projeté et effectué une étendue plan d'expérience sur les différents enrobés bitumineux, pour chercher à connaître les liens entre les propriétés d'adhérence, l'écoulement superficiel de l'eau et les caractéristiques de la texture relativement aux amplitudes de texture pour différentes fréquences spatiales.

En particulier, les principaux objectifs poursuivis ont été les suivants:

- Fixer l'importance de différentes longueurs d'onde pour les paramètres de frottement et de drainabilité;
- Déterminer la corrélation multi-variée entre le BPN et les différents niveaux de la texture;
- Spécifier la corrélation multi-variée entre la drainabilité et les différents niveaux de la texture;
- Explorer la relation entre le niveau moyen du spectre de la texture et la valeur moyenne du BPN, avec différentes couches d'usure;
- Explorer la relation entre le niveau moyen du spectre de la texture et la valeur moyenne de la drainabilité, avec différentes couches d'usure.

2. INTRINSEQUES ET EXTRINSEQUES INDICATEURS DE TEXTURE

La caractérisation de la texture superficielle des chaussées peut s'organiser selon deux distinctes classes logiques, tableau de n°1 à n°4, (G.Boscaino, F.G. Praticò, 1999, 2001):

- critères extrinsèques ou indirects; on considère dans ce cas les propriétés dérivées des caractéristiques géométriques particulières comme, par exemple, pour la méthode du drainage (M.Bocci, 1990), mesures de frottement par le pendule britannique etc;
- critères intrinsèques ou directs ou géométriques: en font partie tous les critères fondés sur le relevé des caractéristiques géométriques au sens large y compris (G.Boscaino, F.G. Praticò, R. Vaiana, 2000, 2001).

Dans l'ensemble, il est par conséquent plausible de différencier les indicateurs intrinsèques dont chacun concerne une technique donnée de représentation de la surface ou/et du profil selon les deux ensembles suivants :

- *Les descripteurs agrégés*
pour lesquels l'information fournie ne se réfère pas à la seule classe des fréquences spatiales mais, plutôt, à l'effet de l'ensemble des longueurs d'onde et des amplitudes associées, en un mot de la surface, traduit par un seul indicateur. Parmi les indicateurs stationnaires agrégés, on peut repérer ceux qui se rapportent essentiellement au profil et ceux qui se rapportent à la surface;
- *Les descripteurs espace-fréquence*
fondés sur la décomposition du profil en composantes élémentaires (harmoniques), à chacune desquelles correspondent des longueurs d'onde «représentatives» λ_j ainsi que les fréquences spatiales correspondantes $f_{sj} = 1/\lambda_j$; pour ces paramètres, la description de la surface ou du profil peut toujours (et cela de manière intentionnelle) être rapportée à une classe de longueurs d'onde.

Tableau 1- Descripteurs intrinsèques agrégés

| | | | |
|---------|---------------------------|--------------------|---|
| 01 | n/L | [L ⁻¹] | Average asperity density (Densité moyenne des aspérités) |
| 02 | R _{max} | [L] | Maximum peak-to-valley height, (Distance maximale sommet-creux) |
| 03 | R _t | [L] | Peak-to-valley height (Distance sommet-creux) |
| 04 | R _z | [L] | Average peak-to-valley height (Distance moyenne sommet-creux) |
| 05 | MAA _s (Σh/n) | [L] | Mean Apparent Amplitude, Average asperity height (Amplitude moyenne apparente) |
| 06 | (Σh/n) | [L] | Average Asperity height (Hauteur moyenne des aspérités) |
| 07 | (Σh/n)/(L/n) | [L ⁰] | Average shape factor (Facteur de forme moyen) |
| 08 | \bar{z} | [L] | $Z_{media} = \sum_i z_i \cdot p(z_i)$. Ligne moyenne, moyenne arithmétique |
| 09 | R _a | [L] | $R_a = \sum_i z_i - Z_{media} \cdot p(z_i)$. Average Roughness ou Centre-line average (Rugosité moyenne) |
| 10 | R _u | [L] | $Z_{max} - Z_{media}$. Levelling Depth, (Profondeur de nivellement) |
| 11 | R _m | [L] | Mean Depth (Profondeur moyenne). La profondeur moyenne des ornières (RMD Rut Mean Depth) selon E1703-E1703M-95 ASTM peut être reliée à ce paramètre. |
| 12 | R _p | [L] | $R_p = \sum_i (z_{max} - z_i) \cdot p(z_i)$. Depth of surface smoothness (Profondeur des aspérités superficielles) |
| 13 | PD ; | [L] | Profile Depth ; Mean Profile Depth (Profondeur du profil ; profondeur moyenne du profil, établie selon des longueurs d'onde comprises entre 2,5 et 100 mm). Le paramètre MPD Short (mesuré, par exemple, à l'aide d'un dispositif Texture Meter monté sur véhicule SCRIM) est en revanche établi selon des longueurs d'onde comprises entre 2,5 et 10 mm. |
| 14 | MPD (MPD Short) | | |
| 15 | z ₄ | [L ⁰] | $z_4 = [\sum (\Delta x_i)_+ - \sum (\Delta x_i)_-] / L$. Paramètre relatif au pourcentage des segments du profil à dénivèlement positif |
| 16 | R _q , σ; | [L] | $R_q \approx \sigma \approx z_1 \approx [\sum (z - z_{media})^2 p(z)]^{0.5}$. Root-mean-square roughness (16. Rugosité moyenne quadratique) ; Standard Root-mean-square (17. Ecart type) ; Standard Deviation (18. Ecart type) ; Sensor Measured Texture Depth (19. Profondeur de texture mesurée par capteurs) ; Corrected SMTD (20. Profondeur de texture mesurée par capteurs et corrigée) ; |
| 17 | z ₁ ; | | |
| 18 | SD ; | | |
| 19 | SMTD ; | | |
| 20 | SMTD ; CSMTD | | |
| 21 | TDMA | [L] | →σ. Texture depth of macrotexture (Profondeur de la macro-texture) |
| 22 | S _k | [L ⁰] | $S_k = \sigma^{-3} \cdot \sum (z - z_{media})^3 \cdot p(z)$. Skewness (Coefficient d'asymétrie) |
| 23 | K | [L] | $S_k = \sigma^{-4} \cdot \sum (z - z_{media})^4 \cdot p(z)$. Kurtosis (Coefficient d'aplatissement) |
| 24 | z ₂ | [L ⁰] | $z_2 = [\sum z^2 p(z)]^{0.5}$. Valeur moyenne quadratique des dénivèlements |
| 25 | z ₃ | [L ⁻¹] | $z_3 = [\sum z'^2 p(z)]^{0.5}$. Valeur moyenne quadratique de la dérivée seconde |
| 26 | r _e | [L] | r _e = r * N _k . Rayon efficace |
| 27 | 27. D _f | [L ₀] | → = k * u ^{1-D_f} . Dimension fractale D _f |
| 28 | 28. W | [L] | Mean groove width (Largeur moyenne des rainures) |
| 29 | 29. D | [L] | Mean groove depth (Profondeur moyenne des rainures) |
| 30 | S | [L] | Span (pitch) (Entre-axe maximal entre les vides) |
| 31 | VarW | [L ²] | Variance in width (Variance de la largeur W) |
| 32 | VarD | [L ²] | Variance in depth (Variance de la profondeur D) |
| 33 | VarS | [L ²] | Variance in span (Variance de l'entre-axe maximal) |
| 34 | NumGRV | [L ⁰] | Nombre de rainures |
| 35 - 36 | NumGRVD≤(x _i) | [L ⁰] | Number of grooves with depth D less or equal to x _i " (Nombre de rainures de profondeur D inférieure ou égale à x _i ; x _i est généralement exprimé en pouces x ₁ ou x ₂) |
| 37 | NumGRV W≤(1/8) | [L ⁰] | Number of grooves with width W less or equal to 1/8" (Nombre de rainures de largeur W - dans la section du profil - inférieure ou égale à 1/8 de pouce (3,175 mm)) |
| 38 | NumGRV G≤(1/8) | [L ⁰] | Number of grooves with width W or Depth D less or equal to 1/8" (Nombre de rainures de largeur W - dans la section du profil - ou de profondeur D inférieure ou égale à 1/8 de pouce. |
| 39 | TAWRG | [L ⁰] | Total area within the 10 foot segments with recognizable grooves (Pourcentage de zone présentant des rainures décelables à l'aide d'appareils) |
| 40 | MPDwG | [L] | Mean profile depth with grooves (40. MPD établi en prenant en compte les rainures superficielles) ; Mean profile depth with no grooves (41. MPD établi sans prendre en compte les rainures superficielles) |
| 41 | MPDnoG | | |
| 42 | A _r | [L] | $A_r = n^{-1} \cdot (\sum a_{ri})$. Roughness width (Distance moyenne entre les sommets n du profil) |
| 43 | A _w | [L] | $A_w = n^{-1} \cdot (\sum a_{wi})$. Mean waviness width (Distance moyenne entre les sommets du profil) |
| 44 | l _i (c) | [L] | l _i (c) = Σ l _i (c). Bearing length at height c (say) from mean line (Longueur portante à la hauteur c par rapport à la ligne moyenne) |
| 45 | λ _a | [L] | λ = 2πR _s / (mean slope). Average wavelength (Longueur d'onde moyenne) |
| 46 | MTD | [L] | Mean Texture Depth ; Hauteur de sable ; NASA Gease Smear Parameter. Il s'agit d'indicateurs intrinsèques bi-variables dont l'analyse expérimentale permet d'obtenir, de fait, une approximation du rapport entre $\int_S z(x, y) dx dy$ et $\int_S dx dy$, un moment d'ordre I. Au niveau de la maintenance, MTD peut être établi par la relation MTD=0,2 mm+MPD. Il existe de nombreux autres sigles désignant des indicateurs mesurés à l'aide de différents dispositifs (souvent à haut rendement) et assimilables au paramètre HS. |
| 47 | HS | | |
| 48 | NASA G.S.P. | | |
| 49 - 54 | A, B, C, D, E, F | | Paramètres qualitatifs - quantitatifs, concernant essentiellement la macro et la micro texture, définis dans ASTM E770 ; au premier abord, on peut les considérer comme relatifs à l'ensemble des indicateurs intrinsèques, bi-variables, agrégés. |

| Tableau 2 - Descripteurs intrinsèques agrégés de dégradation | | | |
|--|----------------------------------|-------------------|--|
| 55 56 57 58 | ACA ; NTP ; ARV ; MAS ; | [L ⁰] | Descripteurs intrinsèques concernant surtout des typologies individuelles de dégradation et de défauts : 55. Area of cracking ACA (Zone de fissuration, rapport entre l'aire de fissuration et l'aire totale du revêtement ; la zone de fissuration est définie comme étant la somme des aires des rectangles présentant des fissures) ; 56. Number of standard potholing NTP (→ trous ; défini en nombre de trous de rayon supérieur à 150 mm et de profondeur supérieure à 25 mm, présents sur la voie sur une longueur de 1 km) ; 57. Ravelled area ARV (→ indicateur des phénomènes de désenrobage des couches superficielles ; égal au pourcentage de surface sujette au phénomène d'égrenage) ; 58. Le descripteur MAS (Mean Absolute Slope), mesuré, par exemple, à l'aide d'appareils ARAN, concerne la régularité de la surface de la chaussée et est utilisé tout particulièrement pour les revêtements en béton où le seuil admissible supérieur pour un revêtement neuf est égal à 3 mm/m. |
| 59 60 61 | PSI ; PCI ; DS (Amm) | [L ⁰] | Descripteurs intrinsèques (c'est-à-dire, dépendant uniquement de caractéristiques géométriques), exprimant de manière synthétique l'état de dégradation de la surface : 59. Le descripteur PSI (Present Serviceability Index), utilisé par l'AASHTO pour la conception de revêtements, est un paramètre représentatif de l'état de dégradation du revêtement. Il est déterminé par la moyenne des variations de dénivèlement du profil longitudinal, la longueur des lésions présentes, la surface des trous et des rapiécages et la profondeur des ornières. 60. Le descripteur PCI (Pavement Condition Index), adopté par les normes FAA (Federal Aviation Administration), est un indicateur adimensionnel, variable entre 0 et 100 (optimal), représentatif de l'état de dégradation du revêtement (généralement aéroportuaire). 61. L'indice de détérioration DS (Distress), souvent dénommé Amm est égal à $\sum D_{ik}$, D_{ik} étant le degré de sévérité (égal à 0, 1, ..., 3) pour la typologie de détérioration i (=1, ..., 7), pour le k -ième sous-tronçon de chaussée. DS se réfère à une zone d'un kilomètre de longueur, discrétisée en n sous-tronçons d'indice k . |

| Tableau 3 - Descripteurs intrinsèques désagrégés | | | |
|--|---|---|---|
| 62 63 64 65 66 67 | PSD ; PS ; c_k , L_T ; a_5 , a_{mega} ; H_{APL} ; I_{NBO} ; | [L ³] [L ²] [L ⁰] [L] [L] [L ⁰] | Descripteurs spectraux : 62. Power Spectral Density (Densité spectrale de puissance des amplitudes PSD) ; 63. Power Spetrum (Spectre de puissance, PS) ; 64. Texture amplitudes (Amplitudes de texture, c_k), Texture Level (Niveau de texture, L_T) ; 65. Amplitude de texture associée à la longueur d'onde égale à 5 mm (a_5 , établie en référence aux centres de bande à 4 mm, 5 mm et 6,3 mm) ou à 25 mm (a_{mega} , établie sur la base des amplitudes pour 20 mm, 25 mm et 31 mm) ; 66. Amplitude des irrégularités pour une région de longueurs d'onde déterminée (H_{APL}) ; 67. Classe d'indicateurs déterminés en associant une grandeur scalaire comprise entre 0 et 10 à des ondes courtes, moyennes, longues (I_{NBO} , Notation par Bandes d'Onde - NBO [14, 15]). Par extension, en référence au profil transversal du plan de la chaussée, l'indice RMD (Rut Depth Mean)- profondeur moyenne des ornières – peut encore être relié au paramètre H_{APL} selon E1703-E1703M-95 ASTM. |

| Tableau 4 - Descripteurs extrinsèques | | | |
|--|--|--|---|
| 68 69 70 71 72 73 74 75 | a , a_0 ; BPN ; CAT ; NG ; Drainabilité ; IRI ; RCI ; IFI ; | [L ⁰] [L ⁰] [L ⁰] [L ⁰] [L ³ /T] [L ⁰] [L ⁰] [L ⁰] | Descripteurs extrinsèques (liés à la texture mais non à sa géométrie) : 68. a : sound absorption coefficient (coefficient d'absorption (→ nuisance sonore) ; a_0 : sound absorption coefficient in normal incidence (coefficient d'absorption en incidence normale → nuisance sonore) ; 69. British Portable Tester Number (BPN, → friction rasante) ; 70. Coefficient d'adhérence transversale CAT (mesuré, par exemple, par SCRIM) ; 71. Nombre de Grip NG (appareil : Grip Tester) 72. Drainabilité ; 73. International Roughness Index (→ Confort) ; 74. Riding Comfort Index (→ Confort) ; 75. International Friction Index. |

3. PLAN EXPERIMENTAL

3.1 Surfaces analysées

Les surfaces de roulement en enrobés bitumineux examinées dans cet article ont été indiquées dans le tableau n. 5.

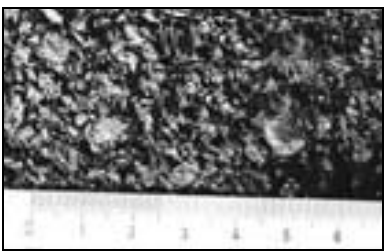
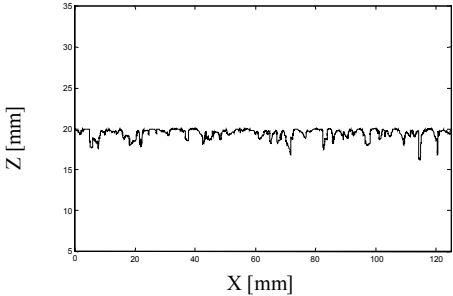
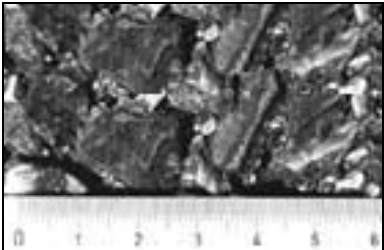
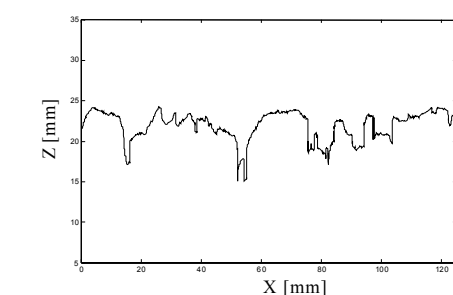
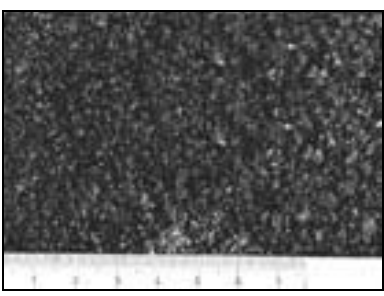
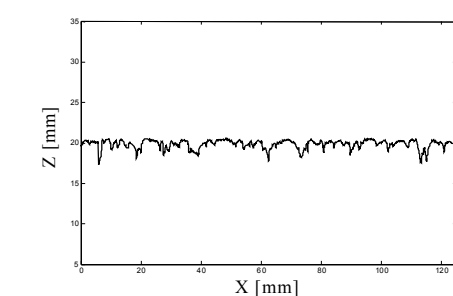
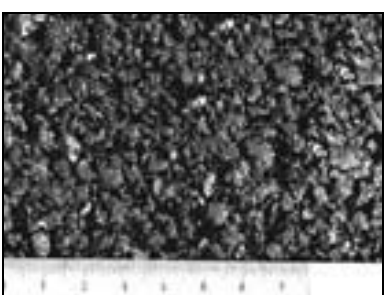
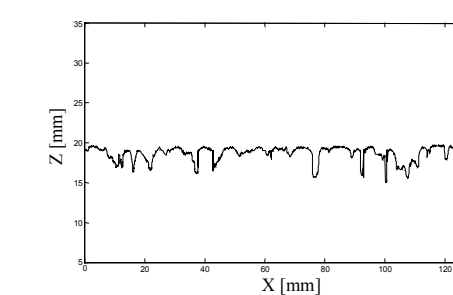
La recherche des performances superficielles a été conduite par deux différentes méthodologies d'étude:

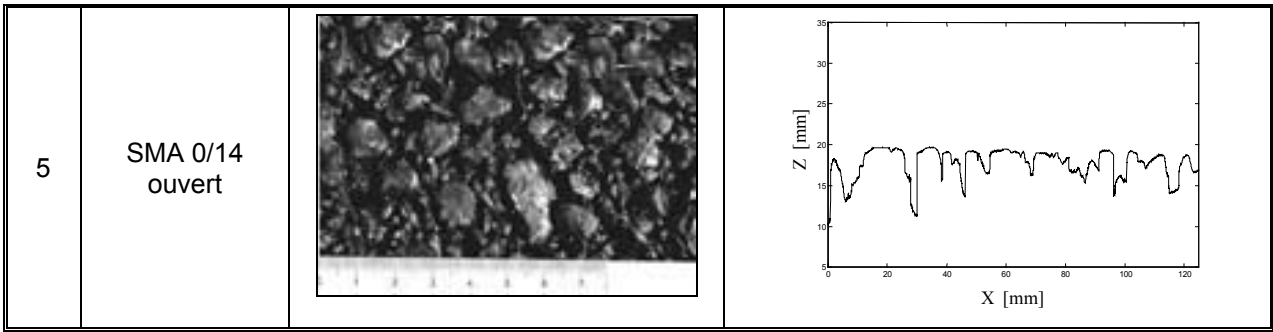
- Analyse de laboratoire;
- Analyse à l'extérieur, par l'examen des surfaces de roulement *in situ*.

Tableau 5 – Surfaces observées

| N° | Typologie | Âge | Origine | Numéro des mesures et/ou des plaques |
|----|--|----------|--|--------------------------------------|
| 1 | Enrobés denses (Friction courses, FC) | nouvelle | réalisées dans le laboratoire par le Roller Compactor (simulateur de compactage) | Numéro des plaques = 4 |
| 2 | Enrobés drainants (Open Graded Friction Courses, OGFC) - (≈ 10 Âge) | vieille | Plaques extraites d'un <i>situ</i> de l'autoroute | Numéro des plaques = 10 |
| 3 | SMA 0/8 | nouvelle | In situ (Piste pour le mesurage du bruit de roulement) | Numéro des mesures = 12 |
| 4 | SMA 0/8 ouvert | nouvelle | In situ (Piste pour le mesurage du bruit de roulement) | Numéro des mesures = 12 |
| 5 | SMA 0/14 ouvert | nouvelle | In situ (Piste pour le mesurage du bruit de roulement) | Numéro des mesures = 12 |

Tableau 6 - Surfaces observées - Aspect visuel et profils

| | | | |
|---|--|---|--|
| 1 | Enrobés denses (Friction courses, FC) |  |  |
| 2 | Enrobés drainants (Open Graded Friction Courses, OGFC) |  |  |
| 3 | SMA 0/8 |  |  |
| 4 | SMA 0/8 ouvert |  |  |



3.2 Dispositifs de mesure et techniques

L'analyse de diverses surfaces a été conduite par l'aide de suivants dispositifs:

- British Pendulum, pour mesurer le frottement (tableau n°7);
- Drainomètre superficiel belge, pour mesurer la drainabilité (tableau n°7);
- Profilomètre laser, fondé sur le principe de l'*holography conoscopic*, pour la caractérisation de la texture de la surface de roulement par le relief des profils $z(x)$ (tableau n°7).

Le *post-processing* du signal-profil a été réalisé et développé par un *software* spécifique et « dédié ».

Dans la figure n°1 on a reporté les spectres du niveau de la texture pour toutes les couches d'usure considérées, tandis que dans le tableau n°7 on a réuni les résultats statistiques des mesures des descripteurs extrinsèques.

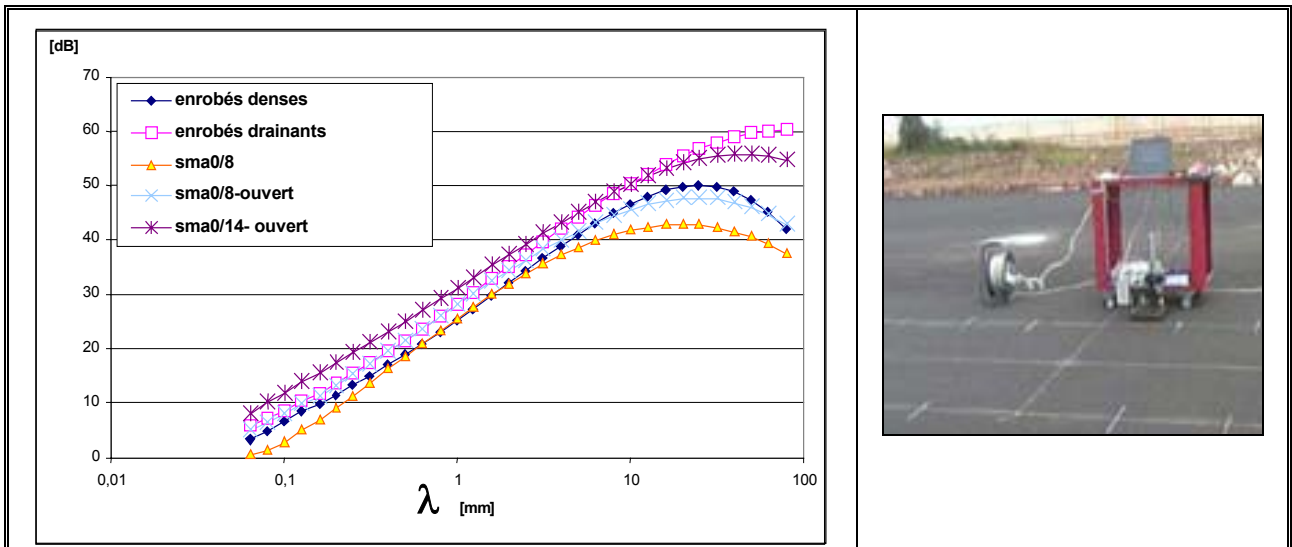
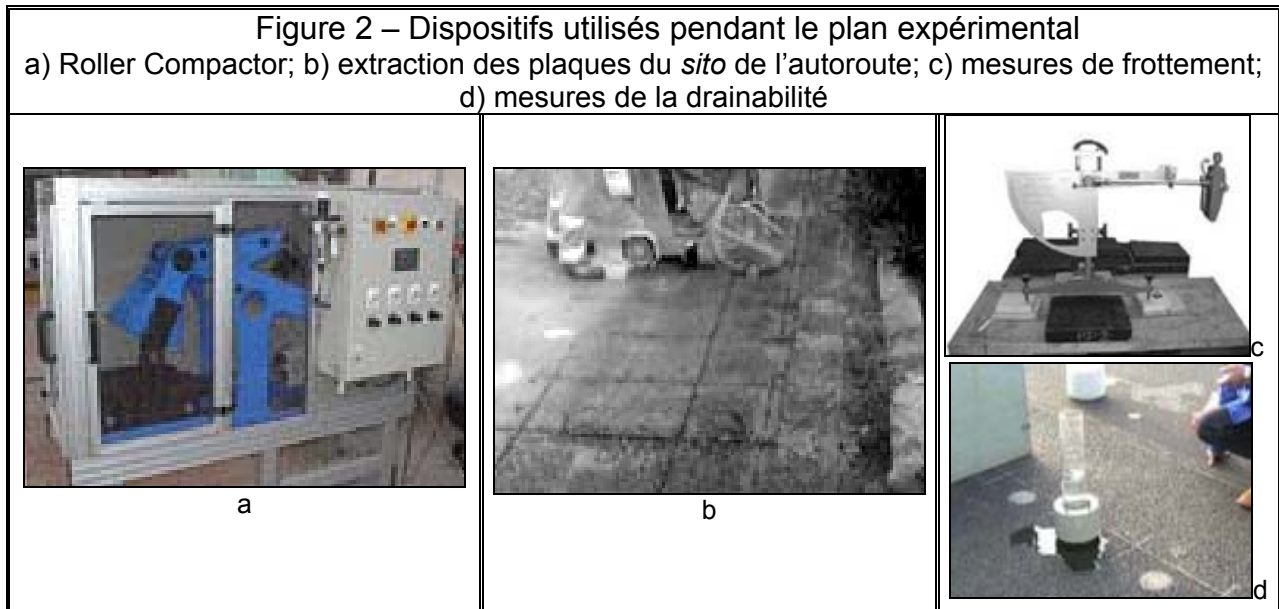


Figure 1 – Spectre du niveau de la texture pour toutes les mélanges d'asphalte. A droite, une image du profilomètre laser pendant un relief *in situ*.

| Tableau 7 – Niveaux de la texture moyens dans les domaines de <i>macro</i> et <i>micro</i> texture | | | | | | |
|--|----------------|-------------------|---------|----------------|-----------------|-----------------------|
| λ [mm] | Enrobés denses | Enrobés drainants | SMA 0/8 | SMA 0/8 ouvert | SMA 0/14 ouvert | Domaine de la Texture |
| 40 | 48.95 | 58.96 | 41.55 | 46.93 | 55.78 | MACRO |
| 4 | 38.85 | 41.88 | 37.14 | 39.96 | 43.17 | |
| 0.20 | 11.42 | 13.44 | 8.89 | 13.05 | 17.18 | MICRO |
| 0.08 | 4.70 | 6.96 | 1.42 | 6.27 | 9.84 | |

| N° | Typologie | BPN | | | drainabilité [sec] | | |
|----|-------------------|-----|-----|---------|--------------------|-----|---------|
| | | Min | Max | Moyenne | Min | Max | Moyenne |
| 1 | Enrobés denses | 56 | 62 | 58 | 335 | 801 | 501 |
| 2 | Enrobés drainants | 52 | 63 | 57 | 23 | 77 | 44 |
| 3 | SMA 0/8 | 68 | 77 | 74 | 65 | 177 | 98 |
| 4 | SMA 0/8 ouvert | 66 | 71 | 69 | 25 | 54 | 37 |
| 5 | SMA 0/14 ouvert | 65 | 71 | 68 | 25 | 39 | 31 |



3.3 Interprétation des donnés

De suite, on a reporté une particulière analyse des résultats obtenus par le BPN (figures de n°1 à n°10 et tableaux de n° 7 à n° 8).

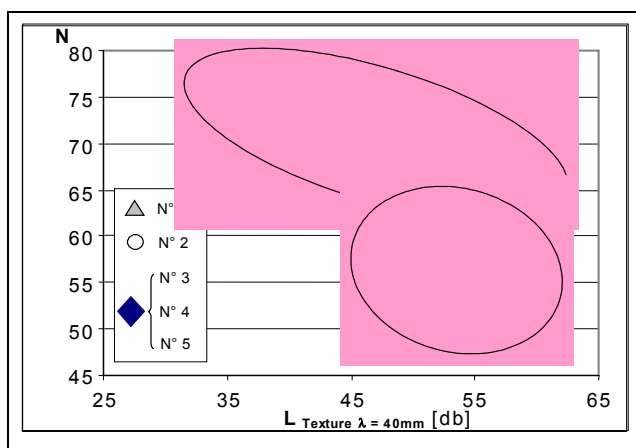


Figure 3

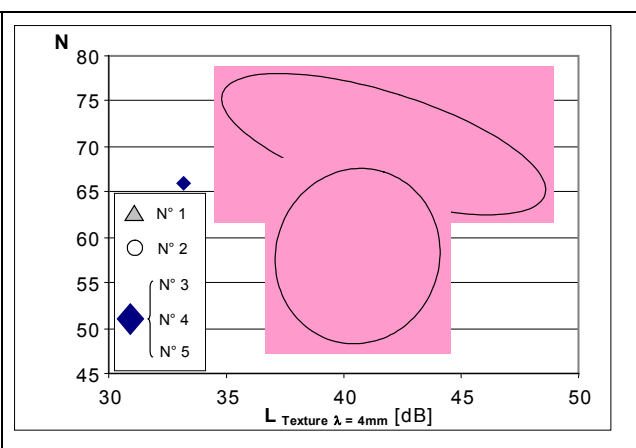


Figure 4

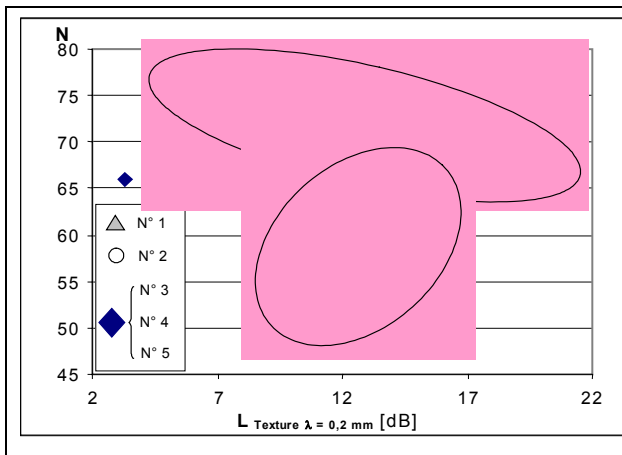


Figure 5

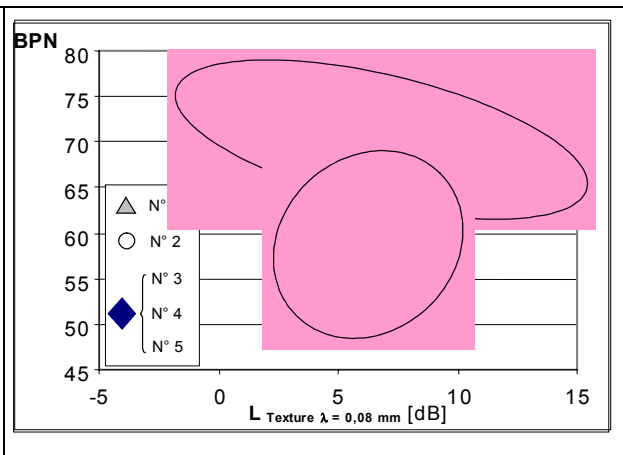


Figure 6

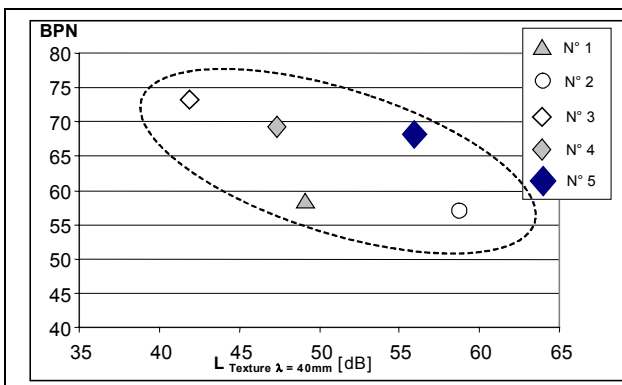


Figure 7

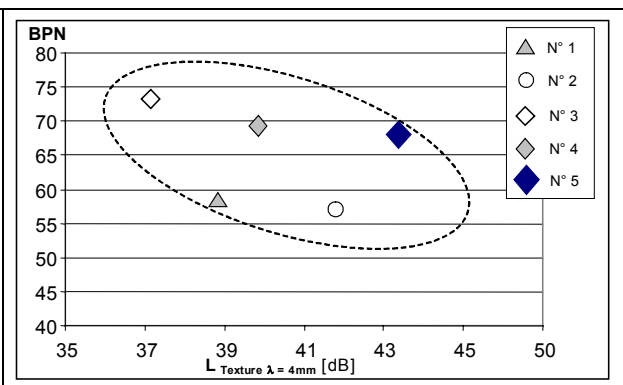


Figure 8

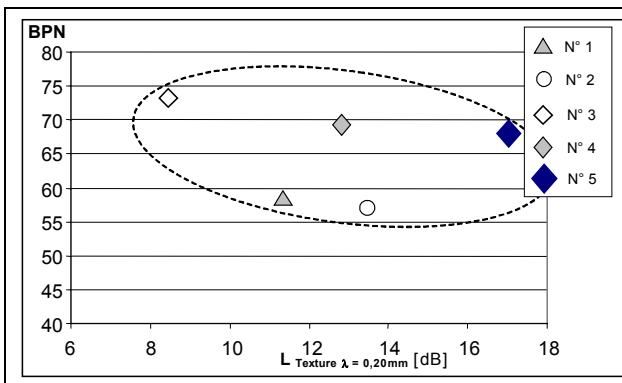


Figure 9

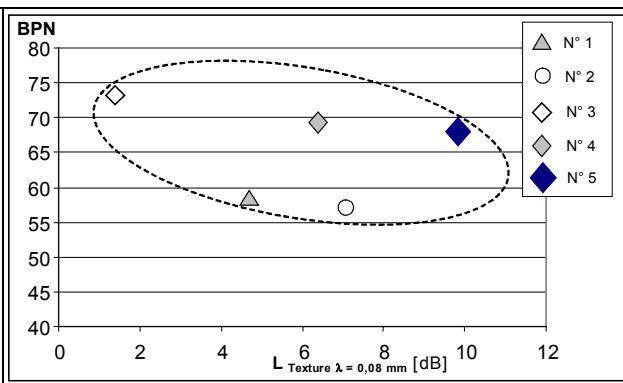


Figure 10

Par l'observation des résultats obtenus par le BPN (figures de n°1 à n°10 et tableaux de n° 7 à n° 8) on peut mettre en évidence que:

- pour obtenir une meilleure corrélation, il sont nécessaires ultérieurs études et recherches;
- on peut repérer deux principaux groupes des valeurs de BPN: "valeurs hautes" (mélanges n°3, 4 et 5 du tableau n° 8) ; "valeurs moyennes" (mélanges n° 1 et 2 du tableau n° 8);
- par rapport au graphique du spectre de la texture (figure n°1), les mélanges d'enrobés bitumineux peuvent être distinguées en trois classes: "valeurs moyennes-hautes" (mélanges n° 2 et n° 5), "valeurs moyennes" (mélanges n° 1 et n° 4) et "valeurs basses" (mélange n° 3);
- le BPN est décroissant à la croissance du niveau de la texture, donnée une longueur d'onde; cette tendance est beaucoup plus accentuée par la décroissance des

fréquences spatiales de la texture (figures n° 3 et n° 4 pour le domaine de la *macro*-texture et figures n° 5 et n° 6 pour le domaine de la *micro*-texture): ce qui peut être expliqué par la considération que à la croissance des hauteurs, ils augmentent aussi les longueurs d'onde et, par conséquent, le contact entre British Pendulum et surface est décroissant;

- e. cette tendance peut être aussi examinée par la substitution des nuages de points par les respectives valeurs moyennes (figures de n° 7 à n° 10);
- f. par l'analyse de toutes les figures de n° 3 jusqu'à n° 10, il est évident que la tendance de la mélange n° 2 (enrobés bitumineux drainant vieux) est différente des autres, ce qui peut être mis en rapport au différent mécanisme de frottement.

Analysés les donnés du BPN, on peut élaborer d'autres considérations sur les résultats des mesures de la drainabilité superficielle.

De suite, on a reporté une particulière analyse des résultats relatifs aux temps de débit obtenus par l'aide du Drainomètre superficiel belge (figures de n° 11 à n° 18 et tableaux de n° 7 à n° 8).

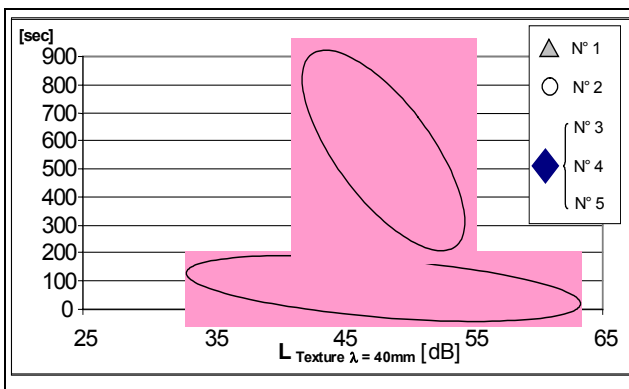


Figure 11

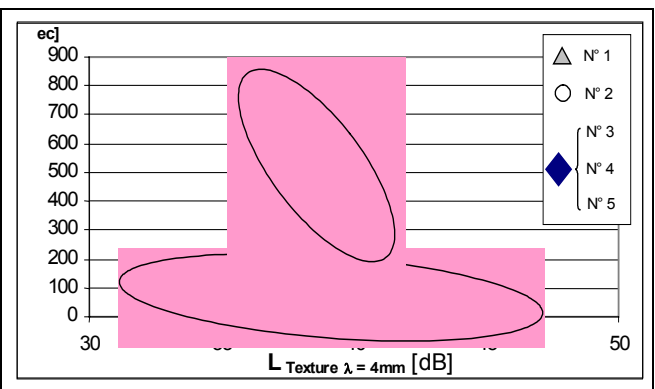


Figure 12

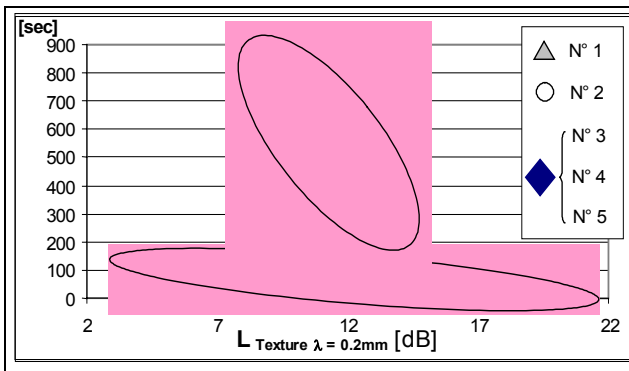


Figure 13

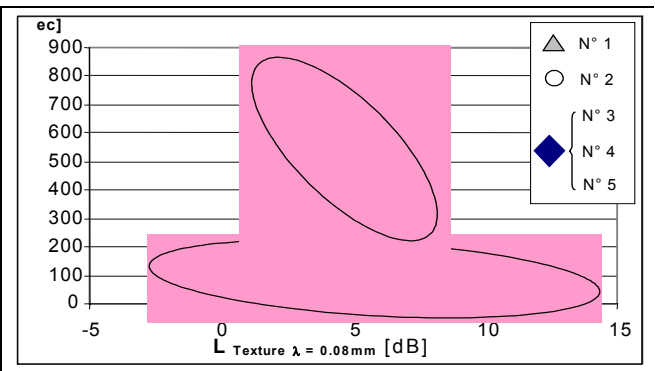


Figure 14

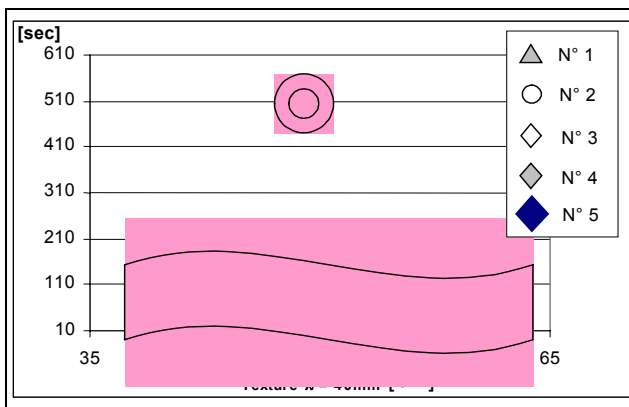


Figure 15

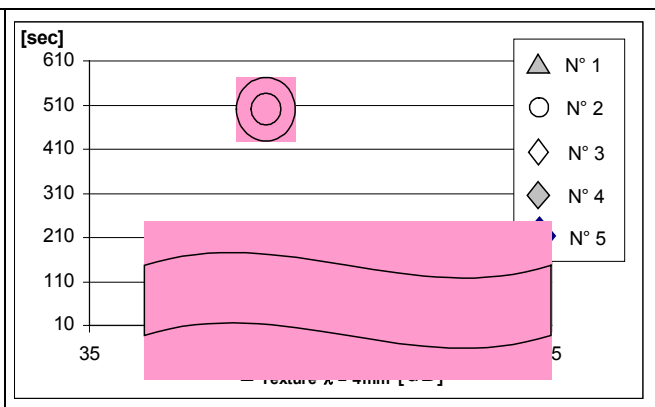


Figure 16

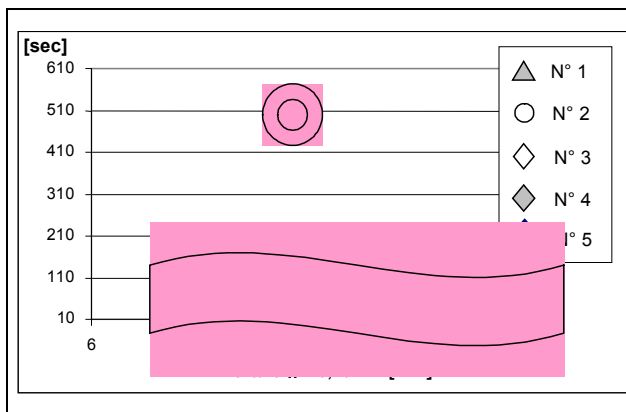


Figure 17

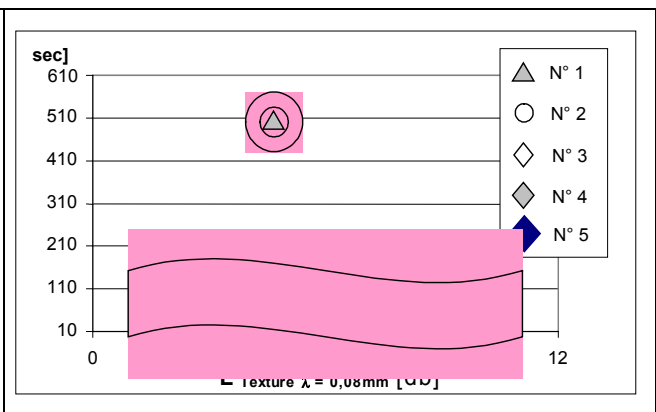


Figure 18

Si on considère les graphiques $L(\lambda)$ -débit, donnée une certaine longueur d'onde, on observe que les valeurs de débit peuvent être considérées décroissantes lorsque le niveau de la texture augmente (figures de n° 11 à n° 18): on doit rapporter ce résultat expérimental à la singulière typologie des mélanges analysés.

En général, on peut lier cette conduite à l'effet connexe à la porosité superficielle: en effet, à la croissance du niveau de la texture, augmentent aussi les volumes des *macro*-vallées superficielles.

En particulier, l'extrême importance de la typologie de la mélange et de ses conditions (spécialement pour des chaussées vieilles, par exemple la n° 2) est facilement déterminée tant dans le domaine de la *micro*-texture que dans la *macro*-texture par l'analyse des valeurs moyennes (figures de n° 15 à n° 18).

4. CONCLUSIONS

Les analyses et les résultats obtenus ne permettent pas des réflexions suffisamment définitives.

En tout cas, des études effectués, on peut tirer des considérations très intéressantes:

1. il faut chercher des autres données pour obtenir un contexte statistique et représentatif et pour mieux interpréter et identifier le modèle des phénomènes physiques;
2. les simples valeurs du spectre $L(\lambda_j)$ non expriment pas d'une manière adéquate la complexité des phénomènes impliqués, soit que pour ce qui concerne les valeurs d'adhérence, soit que pour ceux du débit superficiel;
3. on pourrait considérer plutôt évidemment l'*anti*-corrélacion entre BPN et $L(\lambda_j)$, spécialement dans le domaine de la *macro*-texture: ce qui pourrait être considéré comme une vérification indirecte de l'influence principale de la *micro*-texture sur les propriétés de frottement;
4. on peut considérer pas du tout négligeable la tendance à la décroissance des temps du débit superficiel à la croissance du niveau de la texture: ce résultat expérimental, qui semble avoir une significative fidélité pour certaines longueurs d'onde, pourrait être expliqué par la présence d'un « effet-réservoir », ou « effet-porosité superficielle », à la croissance des niveaux de la texture;
5. l'influence que chaque typologie de surface étudiée exerce sur les phénomènes de frottement de glissement et de débit superficiel semble n'être pas représentée complètement par le spectre des niveaux de la texture.

RÉFÉRENCES

- Bosurgi G., Cafiso S. - *Quaderni AIPCR: Aderenza dei manti bituminosi - Legami tra aderenza e sicurezza* – XXIV Convegno Nazionale Stradale AIPCR, St. Vincent (AO), giugno 2002;
- Bocci M. – *La permeabilità nei conglomerati bituminosi drenanti. Osservazioni su un tronco sperimentale* – XXI Convegno Nazionale Stradale AIPCR, Trieste, Giugno 1990;
- Boscaino G., Praticò F. G. - *Classification et inventaire des indicateurs de la texture superficielle des revêtements des chaussées* – Bulletin des Laboratoire des Ponts et Chaussées n° 234, sept-oct 2001;
- Boscaino G., Praticò F.G. – *La tessitura superficiale delle pavimentazioni stradali* – Documento PRIN '98, Palermo 1999;
- Boscaino G., Minnella I., Praticò F.G., Vaiana R. - *L'analisi della tessitura stradale attraverso il sistema S.I.R.A.T.* – X Convegno Nazionale SIIV, Acireale, Catania, 2000;
- Boscaino. G, Praticò F.G., Vaiana R. - *Sversamenti inquinanti su pavimentazioni stradali e rischi conseguenti al decadimento delle proprietà superficiali: indagine sperimentale* - XI Convegno Nazionale SIIV, Verona 2001;
- Boscaino G., Giunta M.S., Vaiana R. – *Tessitura superficiale di manti stradali: indicatori derivanti da acquisizione profilometrica con metodo non-contact* – XXIV Convegno Nazionale Stradale AIPCR, St Vincent (AO), 26/29 Giugno 2002;
- Norma ISO 13473-1 – *Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Part 1: Determination of Mean Profile Depth* – 1° edition 01/09/1997;
- ISO 13473-3 (Draft) – *Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Part 3: Specifications and classification of profilometers* – 2001;
- Norma ISO 13473-4 (Draft) - *Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Part 4: Spectral analysis of texture profiles* – Edition 17/10/2000;
- Praticò F.G., Vaiana R. – *Stone Mastic Asphalt: performance e caratteristiche superficiali* – XII Convegno Internazionale SIIV, Parma 2002;
- Vaiana R. – *La tecnologia laser nella caratterizzazione della micro e macro tessitura superficiale dei rivestimenti stradali* – *Strade&Autostrade* n° sett.-ott. 2002.