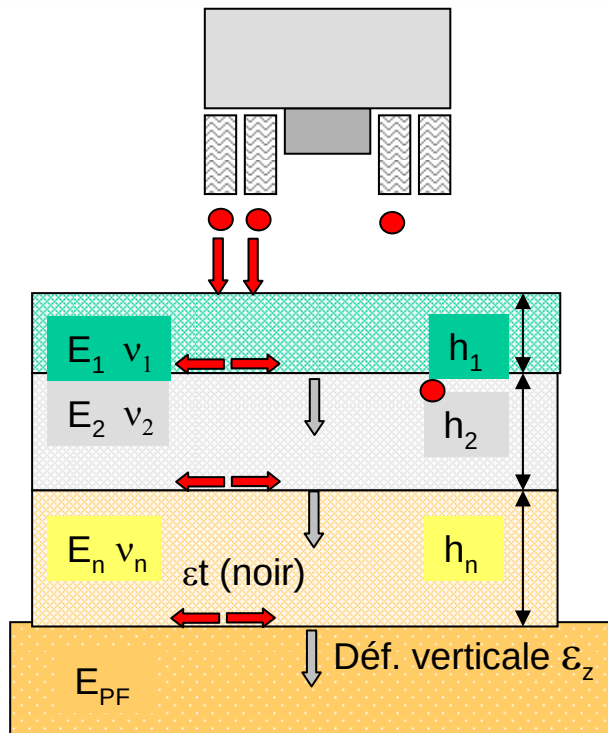




Les enrobés spéciaux



- Enrobés à module élevés
- BBTM et UM
- Enrobés phonique
- Enrobés coulés à froid



- Protéger le sol  $H ; E$

- Résister à la flexion  $H ; \epsilon_6$

Exemple de dimensionnement

- Trafic : 150 PL/MJA
- Plate forme PF2
- Durée 15 ans

Solution 1

6 BBSG
18 GB2

Solution 2

6 BBSG
16 GB3

Solution 3

6 BBSG
13 GB4

Solution 4

6 BBSG
12 EME 2



- **0/10 ou 0/14 - couches de roulement ou de liaison**
- **épaisseurs de mise en œuvre :**
 - **5 à 7 cm pour BBME 0/10**
 - **6 à 9 cm pour BBME 0/14**
- **trois classes selon leur comportement mécanique :**
 - **classe 1 : % ornière à 30000 cycles < 10 %**
 - **classe 2 : % ornière à 30000 cycles < 7.5 %**
 - **classe 3 : % ornière à 30000 cycles < 5%**
- **compacités sur chantier : 4 à 8% de vides**
- **PMT identiques à BBSG**
- **très bon comportement à l'orniérage, haut module (=> apport structurel) et bonne résistance en fatigue.**
- **en général bitume dur (20/30) pur ou modifié => peu maniables**



- 0/10 ou 0/14 type BBSG classe 3
 - Couche de roulement ou de liaison
 - Épaisseur : 5 à 9 cm
- en général bitume dur ou spécial ou ajouts (PE)
- on vise en général :
 - % ornière à 30000 cycles < 5 %
 - (BBSG classe 3)
- pas de critères particuliers sur le module et la résistance en fatigue





- **Domaine d'emploi:**
 - **Routes à vitesse élevée → tout trafic et autoroutes (1/3 du réseau)**
 - **Support en bon état → pas d'ornièrre (1cm), de fissures, ni de faïençage**
 - **Entretien ou chaussée neuve**
 - **Épaisseur faible : 2 à 2,5 cm (45 à 65 kg/m²).**



■ **Formulations:**

- **Granulats : conformes à la norme XP P 18-545 art.8 (couche de roulement)**
- **Courbe : 0/6 ; 0/10 discontinue 2/4 ou 2/6, peu sableuse (27 à 32%)**
- **Liant : bitume pur et généralement modifié sur autoroute (> T1) : dosage 5,2 à 5,8 %**
- **Ajouts : fibres**
- **Essais de laboratoire (PCG, Duriez, Stabilité : ornièreur)**
- **Couche d'accrochage, dosage renforcé : 300 à 400 g/m²**



■ **Réalisation:**

- **Machine classique, usage d'un alimentateur d'enrobés sur grands chantiers pour augmenter les rendements et la qualité de l'uni (épandage en vis calées comme toutes les couches de roulement minces)**
- **Finisseur rampe intégrée parfois**
- **Vitesse d'application moyenne : 7 m/mn (10 à 15 000 m²)**
- **Conditions météo favorables → période (mûrissement), température, vent.**



■ Formulation :

- 0/6 ou 0/10 mm discontinus entre 2 à 3 cm
- 2 classes en fonction des résultats PCG (teneur en vide et courbe granulométrique)

■ Performances :

- Excellente durabilité de l'adhérence (10 ans),
- Drainabilité de surface forte : macro-rugosité HS de 0.9 à 1.4 mm / 0/6 - PMT > 0.7 / 0/10 - PMT > 0.9
- Amélioration de l'uni
- Bruit de roulement faible pour le 0/6
- Économique

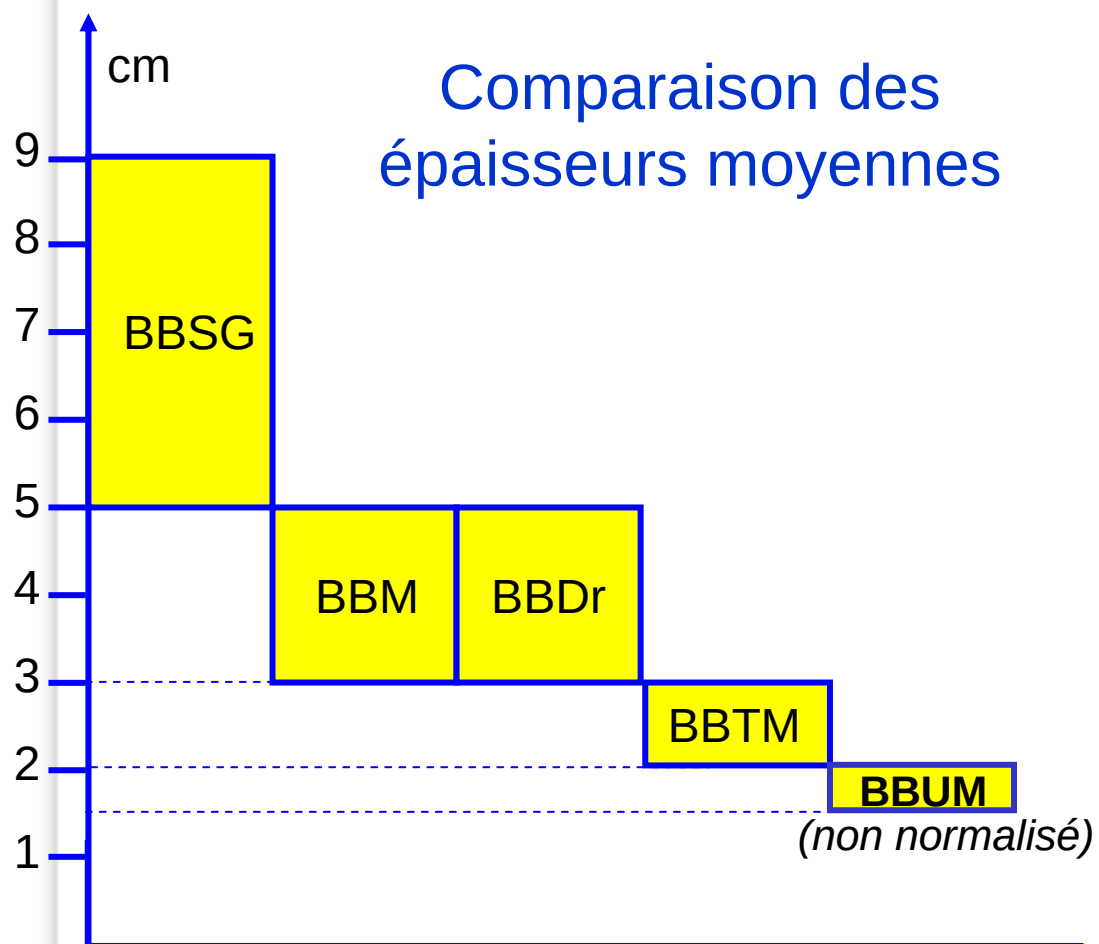
■ Inconvénients :

- Pas d'apport structurel



- Non normalisé
- 0/6 ou 0/10 discontinus en 1.5 cm
- Mise en œuvre : finisseur adapté ou matériel spécifique
- Vitesse importante : jusqu'à 20 à 27 m/mn
- Étanchéité à apporter à l'interface
- Peu utilisé







Produit	Norme	Classification		K mini	Epaisseur (cm)	
		Classe ou type	Granul.		moyenne	mini
BBSG	NF P 98-130 (11/99)	classe 1,2 ou 3 selon perform. mécaniques	0/10 0/14	3,4 3,2	5 à 7 6 à 9	4 5
BBTM	XP P 98-137 (05/01)	classe 1 ou 2 selon résultats PCG	0/6 0/10	3,5 3,4	2 à 3	1,5
BBME	NF P 98-141 (11/99)	classe 1,2 ou 3 selon perform. mécaniques	0/10 0/14	3,5 3,3	5 à 7 6 à 9	4 5



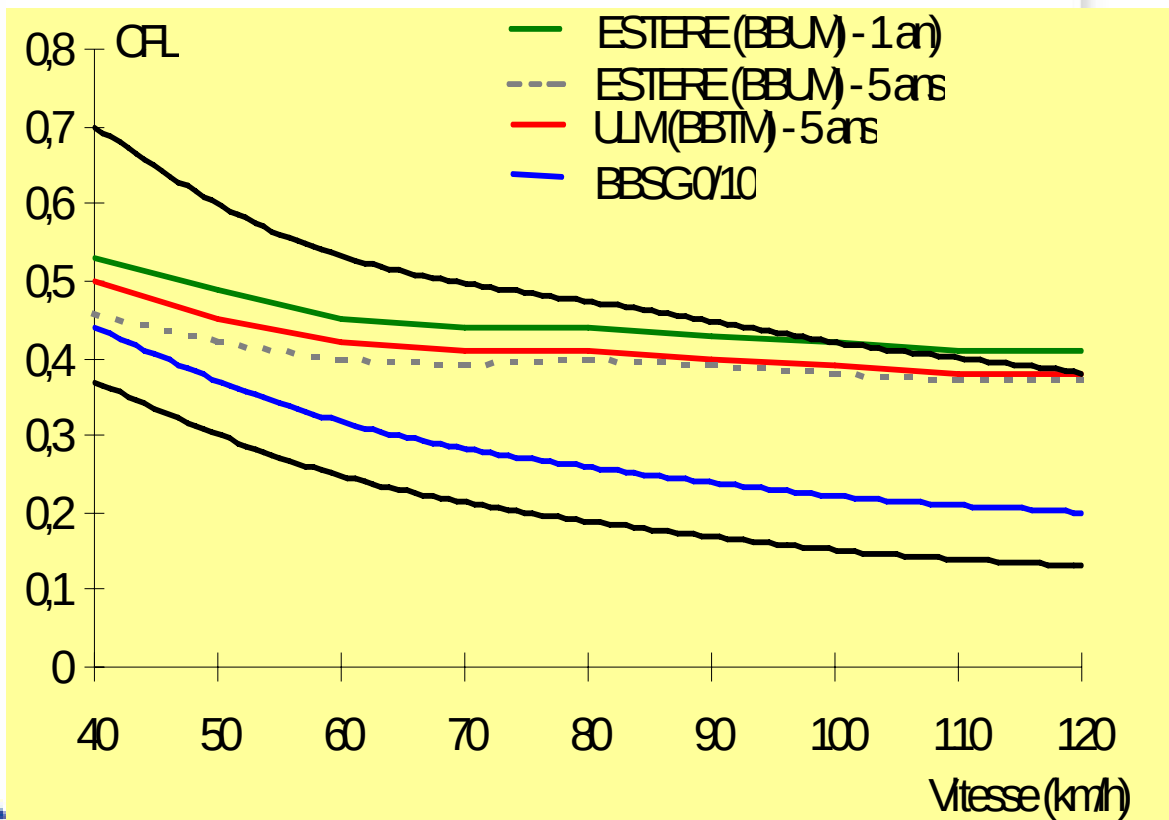
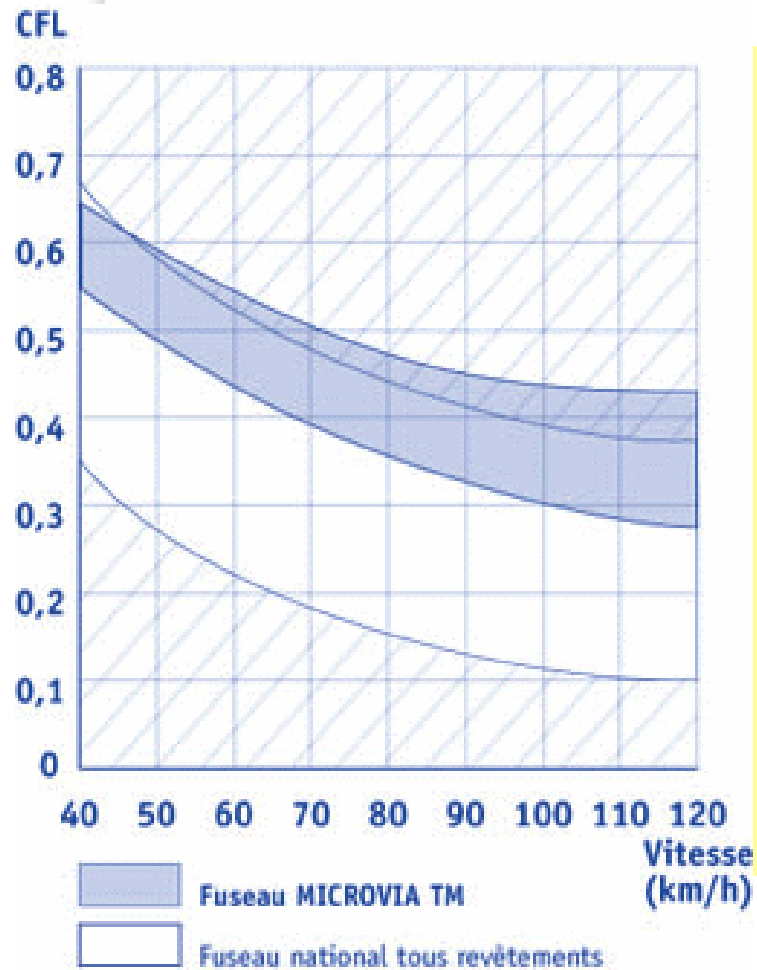
Comparatif de formulation



	0/10					0/6		
% passant moyen à 2 mm (indicatif)	BBSG	BBMA	BBTM	BBUM	BBD _r	BBUM	BBTM	PHONIQUE
	30 - 37	34	27	20	12	25	26	20



Adhérence (CFL) : exemples





En règle générale : 300 à 350 g/m² de liant résiduel (bitume pur)

Enrobés très minces : 400 à 450 g/m² de liant résiduel (bitume polymères)

Indications des normes produits
en g/m² de liant résiduel - bitume pur

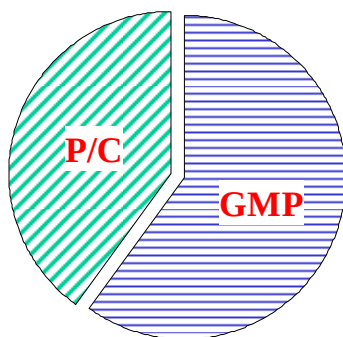
BBSG	BBA	BBM	BBC	BBS	GB	BBTM	EME	BBDr	BBME
250	300	300	250	250	250	300	250	300	250



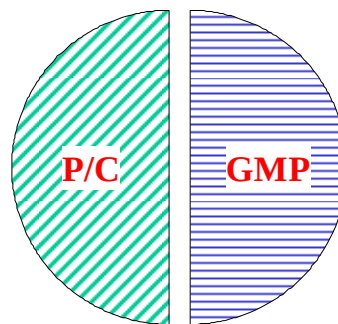


Le bruit routier

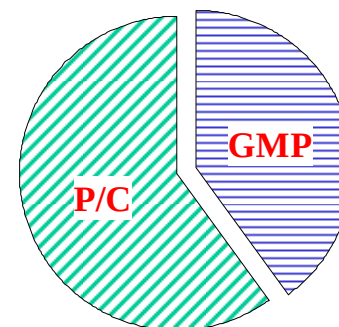
- il correspond à l'énergie sonore émise par l'ensemble des véhicules constituant le trafic (VL, PL, ...)
- on différencie :
 - le bruit de contact Pneumatique/Chaussée (**P/C**)
 - les bruits d'origine mécanique (moteur, transmission, échappement, ... (**GMP** : groupe moto-propulseur)
 - + les bruits aérodynamiques



60 km/h



80 km/h



110 km/h



Phénomène de bruit de choc

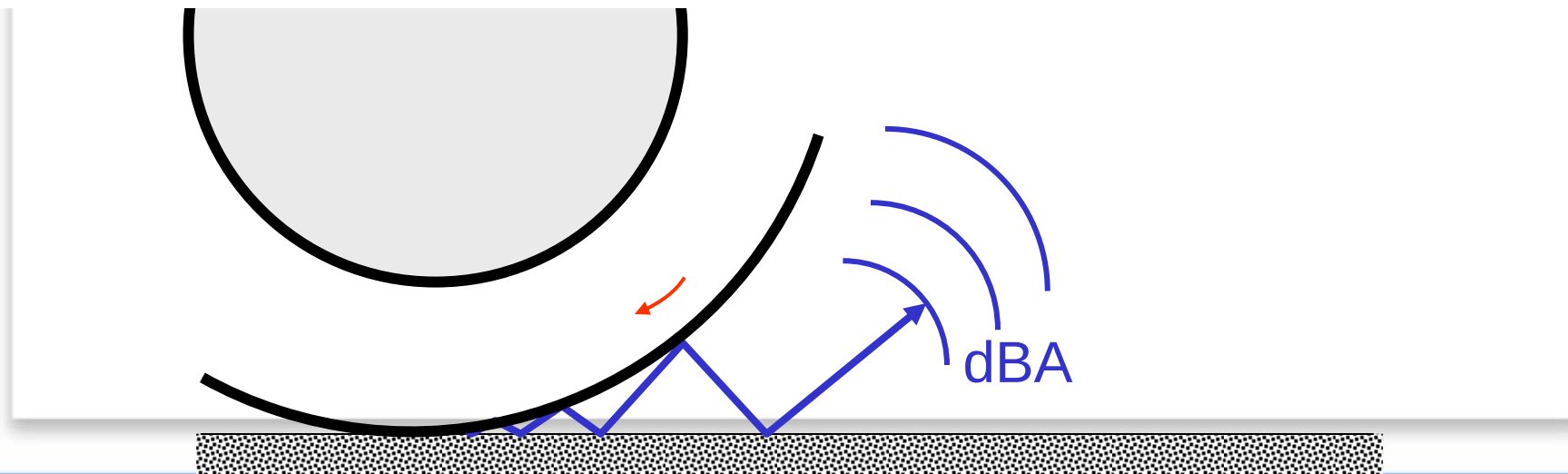
- directement lié à la texture de la chaussée : mise en vibration de la carcasse du pneumatique par les chocs entre les granulats et les pavés de gomme du pneu

Phénomène de compression / détente (air pumping)

- au cours du roulement, les molécules d'air emprisonnées dans les sculptures du pneumatique sont comprimées, puis subitement détendues
- phénomène qui se situe dans les hautes fréquences (> 1000 Hz)

Phénomène d'effet de pavillon

- l'onde sonore ainsi produite est amplifiée à l'intérieur du dièdre formé par les surfaces du pneumatique et de la chaussée, toutes deux réfléchissantes





Caractéristiques de surface - le bruit Cas particulier des revêtements poreux



Fine granulométrie (0/6)
Mise à plat des granulats



diminution du bruit de choc

Porosité de la structure

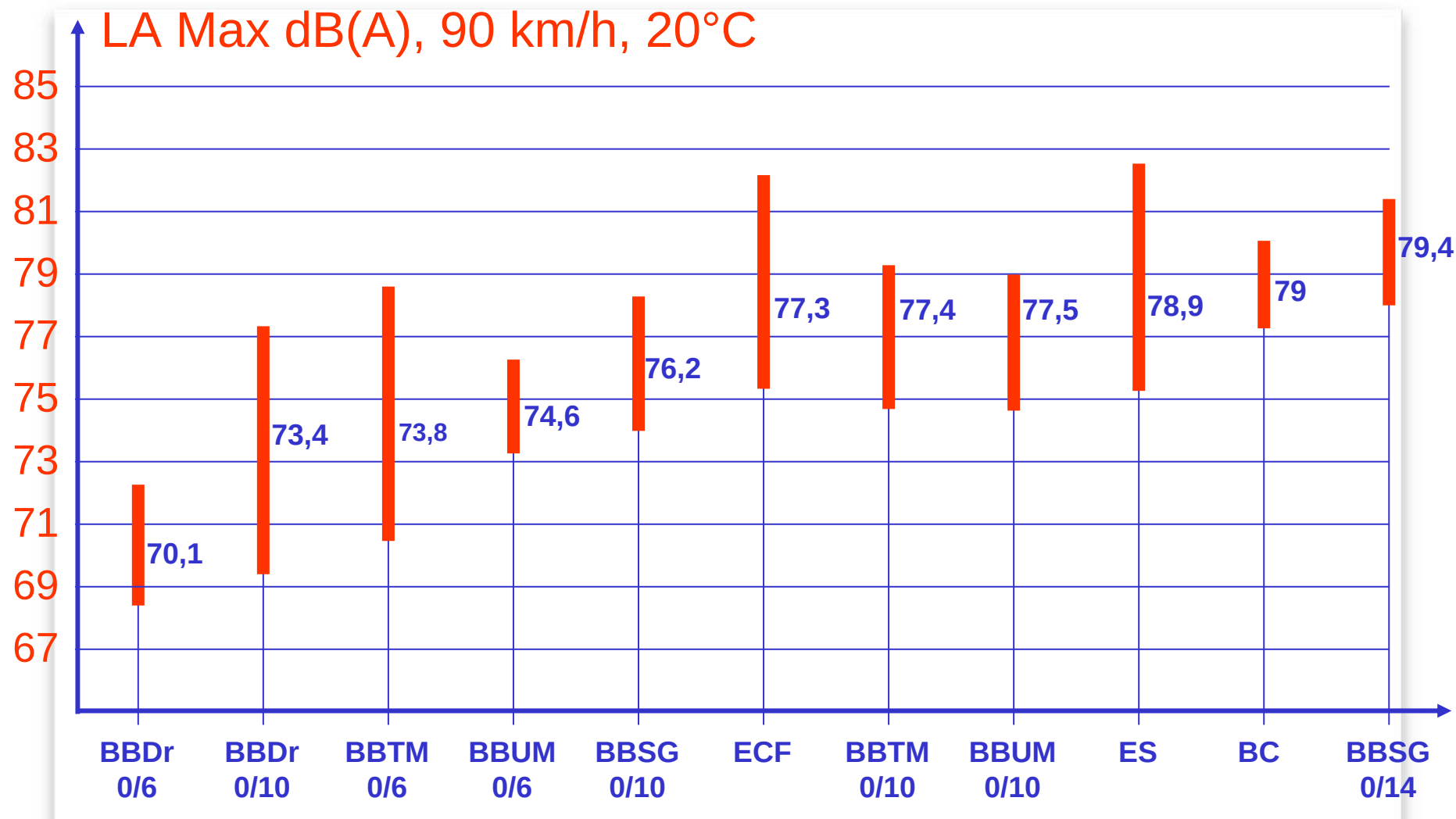


élimination du phénomène
de compression/détente

Propriété d'absorption
de la structure

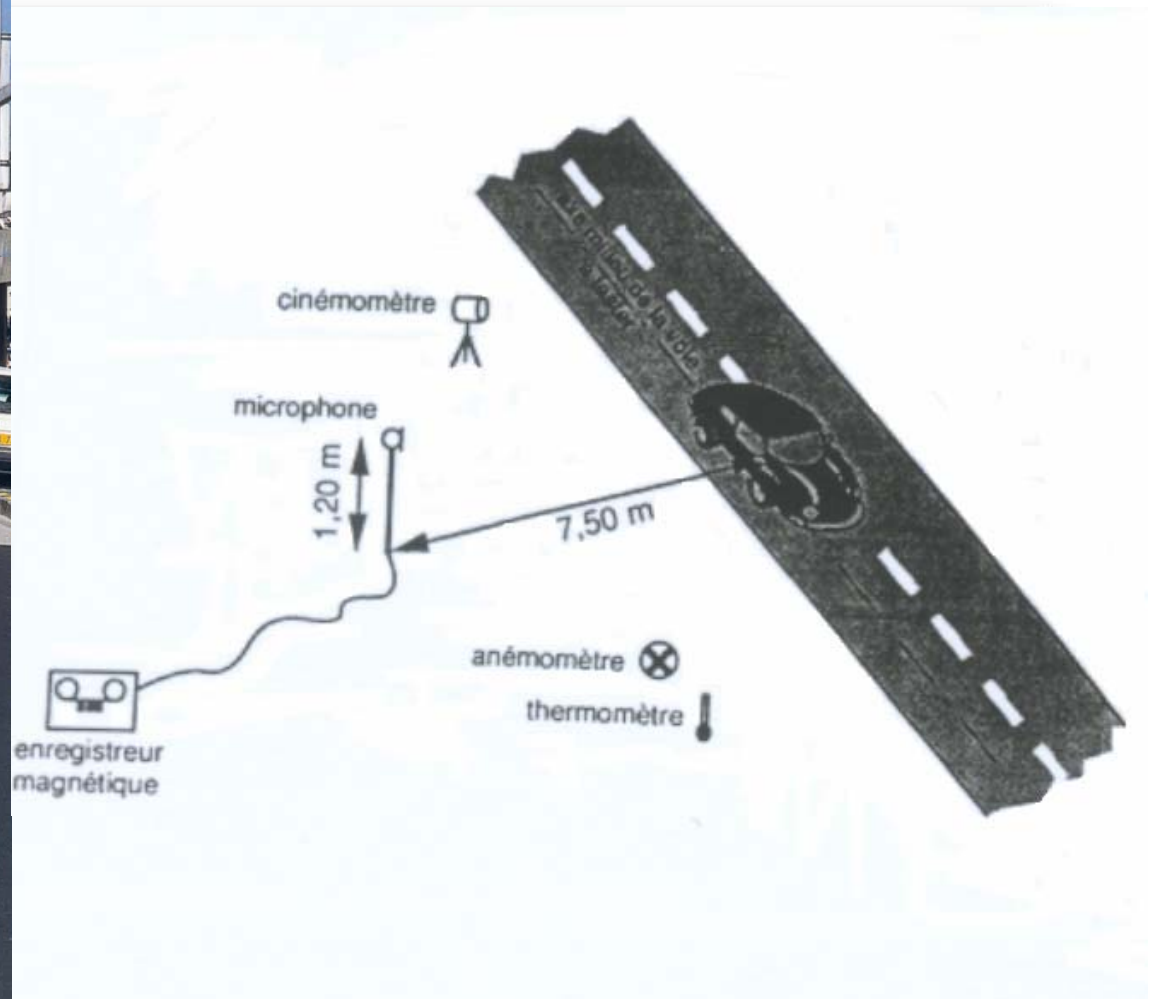
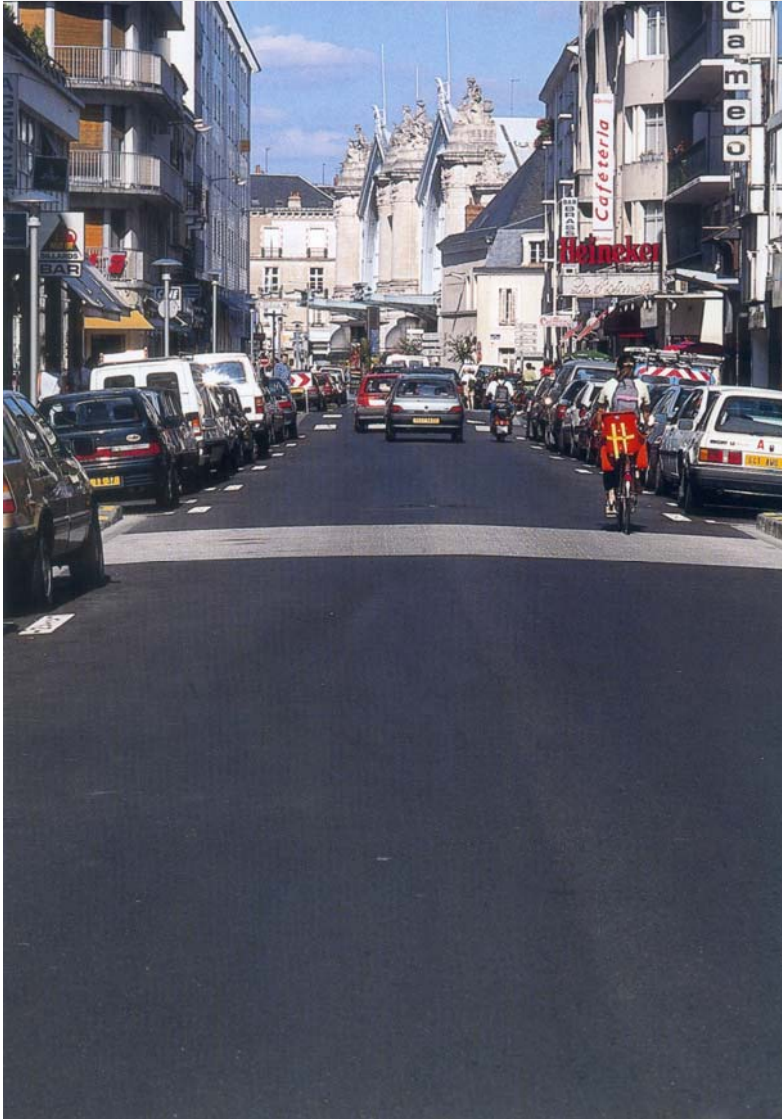


diminution
de l'effet de pavillon





BETON BITUMINEUX PHONIQUE (Norme S 31-119)





BETON BITUMINEUX PHONIQUE (Norme S 31-119)



Mesure du bruit au passage







Technique d'entretien très
mince à froid, réalisée en place



A l'origine : coulis bitumineux (slurry)
Evolution importante ces dernières années :
1992 : 7 millions de m²
1999 : 16 millions de m²
2001 : 27 millions de m²





Avantages de l'ECF par rapport à un enduit superficiel :

- Peu de rejet
- Moins bruyant
- Pas de ressuage
- Aspect "enrobé"
- Circulable sans contrainte au jeune âge
- Adhérence conservée dans le temps
- Bonne résistance au trafic Poids Lourds
- Possibilité de couleurs

...mais :

- accepte moins bien les supports déformés (utilisation d'un chariot traîné)
- moins bonne étanchéité de surface
- revêtement "plein" $\Rightarrow$ micro fissuration et manque de souplesse



Avantages par rapport à un enrobé :

- Le prix (avec un aspect "noir" assez comparable)
- Moins de travaux préparatoires
- Pas de couche d'accrochage
- Pas d'engravures, ni découpes en extrémité
- Durée de chantier réduite
- Remise en circulation plus rapide (30 à 60 min)

...mais :

- ne reprofile pas
- aspect moins esthétique au jeune âge



Les ECF sont utilisés pour :

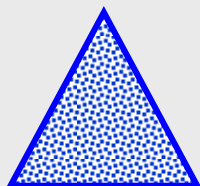
- Couche de roulement en entretien (voirie urbaine, RD, RN, autoroute, voie aéronautique..)
- BAU, pistes cyclables, parkings
- Traitement de zones accidentogènes
- Revêtements colorés
- Couche d'accrochage (0/4)
- Système bicouche antiremontée de fissures
- Colmatage de BB Drainants

Limites d'utilisation :

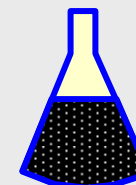
- Ne suppriment pas la remontée des fissures
- Ne permettent pas de rectifier le profil du support
- Ne renforcent pas
- Déconseillé si trop fortes déflexions



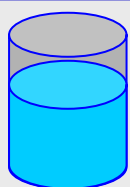
Enrobés coulés à froid Formulation



granulats concassés
0/4, 0/6, 0/8 ou 0/10
recomposés
environ 100 kg
Formule cont. ou discount.
(humidifié en carrière)



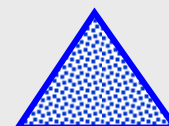
émulsion de bitume (modifié ou non)
60 %
environ 11 à 13 kg
5,5 à 8,5 ppc de bitume résiduel



eau
environ 10 kg



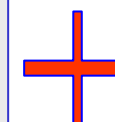
additif dilué
0 à 0,5 kg



chaux ou ciment
0,75 à 1,5 kg



régulateur de rupture



Possibilité fibres
0,07 à 0,1 kg





Granulométrie continue ou discontinue, 0/4, 0/6 ou 0/10 (ou 0/8 souvent)

- Composition :
 - granulats
 - émulsion 9 à 14 ppc
 - régulateur de rupture
 - ciment : 0.5 à 2 ppc
 - ou chaux : 0.2 à 1.5 ppc
 - fibres (sèches) : 0.1 à 0.2 ppc
- Dosages
 - 0/4 : 7 à 8 kg/m²
 - 0/6 : 8 à 13 kg/m²
 - 0/10 : 13 à 20 kg/m²



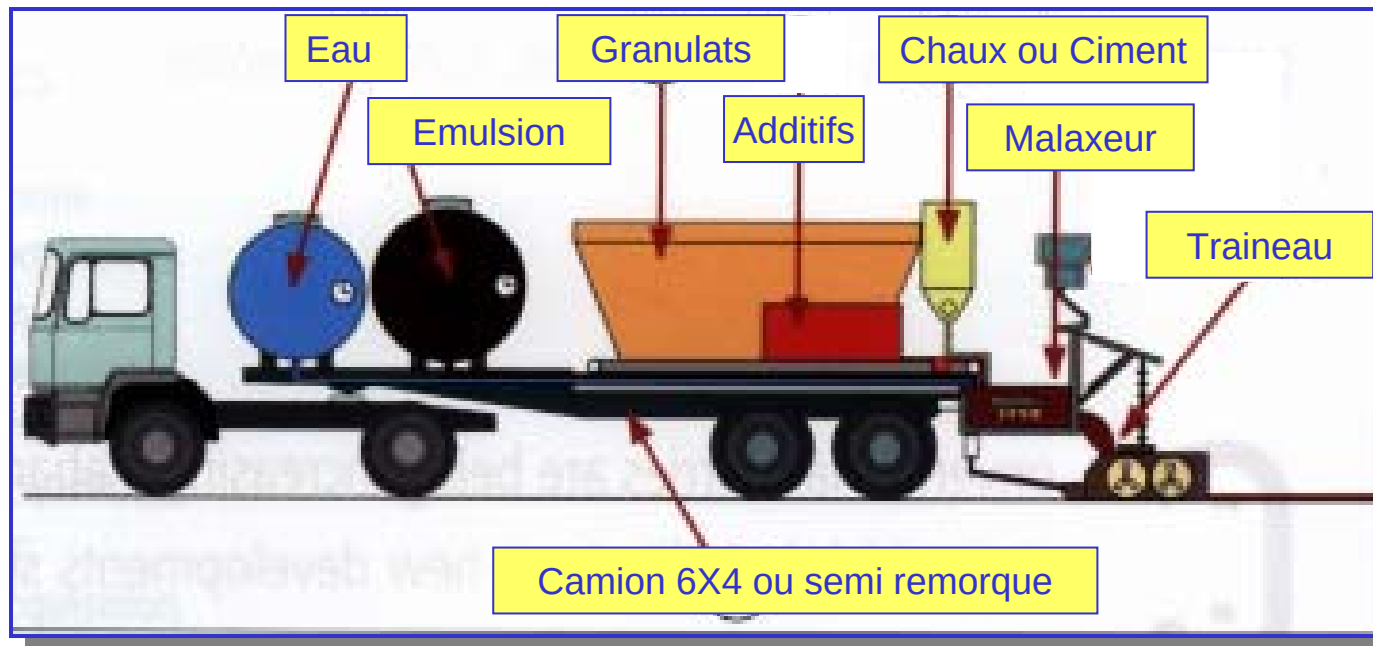
cohésion au jeune âge - essai Bénédicte

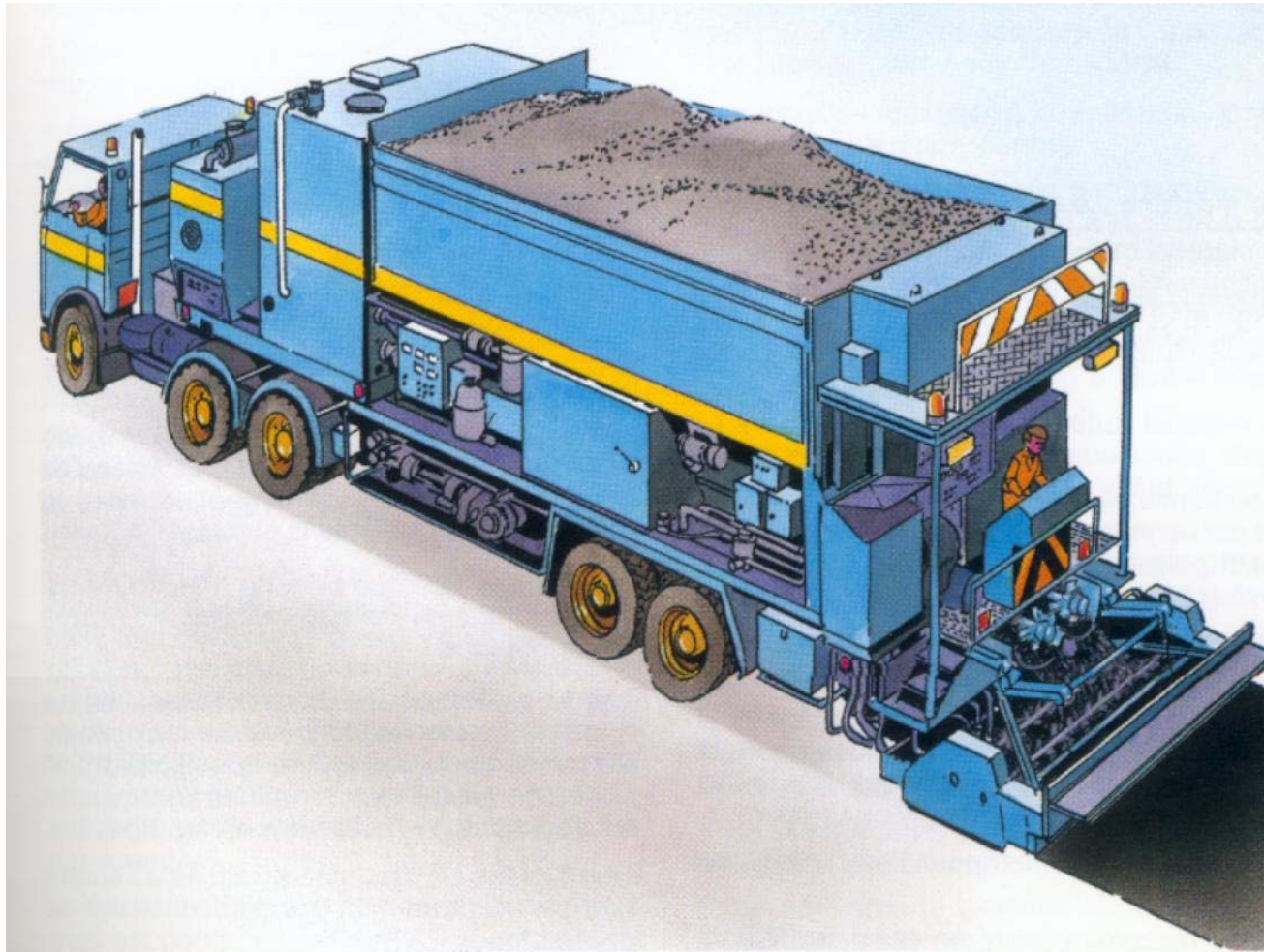


Résistance à l'abrasion
Wet Track Abrasion Test



Schéma de principe de la machine







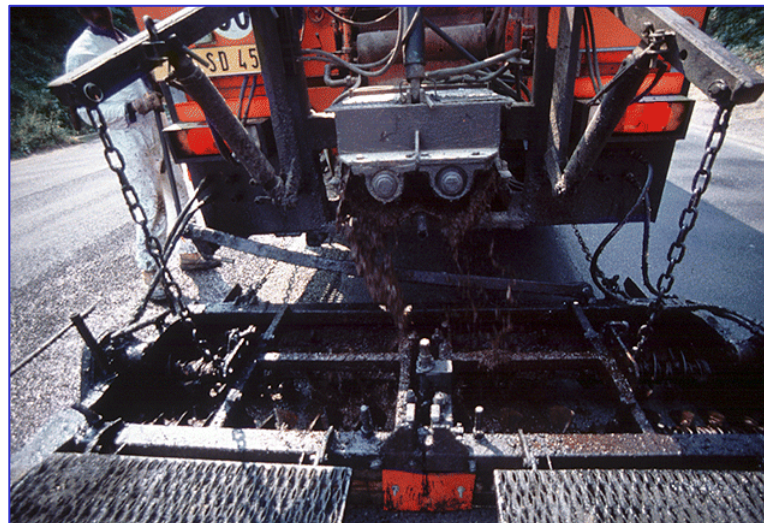


chargement



Machines
à chargement discontinu

traîneau extensible
et articulé





ECF- Mise en oeuvre

B
Bitume Québec

EUROVIA
Une société de VINCI



Machines
à chargement frontal



Préparation du support :

- Balayage
- Reprofilage si déformations > 1 cm (au moins 3 mois avant)
- Colmatage des fissures
- Défauts structurels réparés
- Bandes thermoplastiques éliminées



Conditions de réussite :

- Température > 13 °C
- Pas d'averse
- Pas de risque de gel dans la nuit suivant la mise en œuvre
- Période d'application : Avril à fin Septembre

Rendements :

- machine à chargement discontinu : 4 à 8 000 m²/jour
- machine à chargement continu : jusqu'à 25 000 m²/jour



Rugosité au jeune âge

- 0/6 discontinu : $PMT \geq 0,9 \text{ mm}$
- 0/10 discontinu : $PMT \geq 1,3 \text{ mm}$

Adhérence au jeune âge

Formules discontinues :

- CFL à 40 km/h $\geq 0,50$
- CFL à 120 km/h $\geq 0,35$ (en 0/10)



!...Défauts et dégradations éventuelles...

- glaçage, pelades, bourrelets...



LA PREPARATION DU SUPPORT

- **Le support doit être propre**
- **Ne pas présenter de déformations**
- **Balayage systématique avant application**
- **Reprofilage si nécessaire**
- **Les fissures actives doivent être colmatées**
- **Les défauts structurels doivent être corrigés**
- **Les bandes thermoplastiques sont à éliminer**

