

Première ligne de Tramway de l'Agglomération Clermontoise

Phase
CONCEPTION**DOSSIER TECHNIQUE****NOTE DE CALCULS****STRUCTURE DE PLATEFORME EN ENROBÉ****Plateforme – Structure - Revêtements**

Observation

Le document 1-SYS-AVP-IN-402-ENS-621-A est inclus dans ce document.

Émetteur :

**GROUPEMENT
LOHR**

N° d'identification

	1.	SYS	AVP	IN	402	C	ENS	631	A
réf. pièce du projet	Ligne	Zone	Phase	Discipline	Type	Statut	Émetteur	N° d'ordre	Indice

Révision de ce document

Indice	Date	Pages	Objet de la révision
Offre	21/05/01	Toutes	Création du document (Pièce 23.5)
B	24/01/03	Toutes	Mise en conformité avec la charte graphique
C			
D			
E			
F			
G			

Validation du document

Émetteur : Ensemblier

Rédaction	Vérification	Validation
Nom T. AIGOUY	Nom M. HERMAN	Nom F. LEYGUES
Date 24/01/2003	Date 24/01/2003	Date 24/01/2003
Visa	Visa	Visa

SOMMAIRE

I.	Méthode de dimensionnement	5
I.1	Hypothèse du dimensionnement	5
I.1.1	Durée de vie	5
I.1.2	Le trafic	5
I.1.3	Les matériaux	5
I.1.4	Les interfaces	5
I.1.5	Protection vis à vis du gel/dégel	6
II.	VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT	6
II.1	Essieu de référence	6
II.2	Equivalence d'une rame	6
II.3	Equivalence d'un camion.	7
II.4	Trafic cumulé équivalent	7
II.5	Calcul des limites admissibles	7
II.6	Calcul des contraintes et déformations dans la structure	8
II.7	Vérification au gel - dégel	8
III.	PROCÉDÉS ET TECHNIQUES PRÉVUS	9
III.1	Couche de forme GNT 0/31,5	9
III.2	Couche de fondation et base BBTHM 0/14 : 19 cm au total	9
III.3	Couche de liaison POLYPLAST 0/14 en 7 cm	9
III.4	Couche de roulement Béton Bitumineux Mince 0/10 en 4 cm	10
III.5	Joints préformés BÖRNER	11

ANNEXES

ANNEXE 1 : Calculs des limites admissibles	12
ANNEXE 2 : Feuille de calcul ALIZE	13
ANNEXE 3 : Sensibilité Gel/ Dégel de la Plate-forme	14
ANNEXE 4 : Sensibilité Gel/ Dégel de la Plate-forme	15
ANNEXE 5 : Calcul ALIZE de la structure en période de dégel	16
ANNEXE 6 : Avis technique n° 72 du BBTHM	17
ANNEXE 7 : Notice technico-commerciale de polyplast	28
ANNEXE 8 : Compte-rendu LCPC Nantes concernant l'essai d'orniérage TVM	31
ANNEXE 9 : Caractéristiques intrinsèques	61
ANNEXE 10 : Caractéristiques intrinsèques (essai Los Angeles)	63
ANNEXE 11 : Documentation Bande de joint	64

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

NOTE DE CALCUL JUSTIFICATIVE

I. METHODE DE DIMENSIONNEMENT

La méthode de dimensionnement utilisée est celle définie par le "Guide Technique de Conception et Dimensionnement des Structures de chaussées" (SETRA-LCPC).

I.1 Hypothèse du dimensionnement

I.1.1 Durée de vie

Le dimensionnement sera réalisé pour une durée de 30 ans associée à :

- un risque de 2 %,
- un accroissement du trafic = 0 %.

I.1.2 Le trafic

Il est constitué en moyenne de :

- 164 rames par jour et par sens,
- 5 camions par jour et par sens.

I.1.3 Les matériaux

Les modules élastiques des matériaux pris en compte dans les calculs sont donnés dans le tableau ci-après :

Matériaux	Module Elastique (MPa)	Coefficient de Poisson
BBM	5 400	0,35
BBME de Classe 3	12 000	0,35
EME de Classe 2	12 000	0,35
Plateforme (PF2)	50	0,35

I.1.4 Les interfaces

Toutes les interfaces sont collées.

I.1.5 Protection vis à vis du gel/dégel

La protection au gel/dégel sera assurée pour l'hiver rigoureux exceptionnel tel que défini dans le guide de dimensionnement.

$$IR = 205^{\circ}\text{C} \times J$$

II. VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT

II.1 Essieu de référence

L'essieu le plus fréquemment rencontré est retenu. Il s'agit des essieux intermédiaires de la rame notés B, C et D.

Les caractéristiques de cet essieu de référence sont les suivantes :

- essieu constitué de deux roues simples,
- charge à la roue : 3750 daN (C_{RR}),
- pression de contact au sol : 0,6 MPa,
- surface de l'aire de contact : 625 cm²,
- rayon de l'aire circulaire correspondante : 14,1 cm.

II.2 Equivalence d'une rame

L'équivalence d'une rame, dans les conditions normales de charge, en nombre d'essieu de référence est donnée dans le tableau ci-après :

Essieu	A	B	C	D	E	Total
Charge à la roue (daN)	4 000	3 750	3 750	3 750	4000	
C_R / C_{RR}	1,067	1	1	1	1,067	
$(C_R/C_{RR})^5$	1,38	1	1	1	1,38	5,76

Ce coefficient doit être majoré pour tenir compte de la canalisation exceptionnelle du trafic par rapport à un trafic routier.

Le coefficient majorateur est de 1,3

Soit au total : $5,76 \times 1,3 = 7,49$.

Le passage d'une rame est donc équivalent à 7,49 essieux de référence.

$$CAM_{rame} = 7,49$$

II.3 Equivalence d'un camion.

En première approximation, cette équivalence est obtenue de la manière suivante :

$$CAM_{\text{camion}} = \left(\frac{\text{charge à l'essieu du camion}}{\text{charge de l'essieu de référence}} \right)^5$$

$$CAM_{\text{camion}} = \left(\frac{13\,000 \text{ daN}}{3\,750 \times 2 \text{ daN}} \right)^5 = (1,73)^5 = 15,6$$

$$CAM_{\text{camion}} = 15,6$$

II.4 Trafic cumulé équivalent

- pour les rames

$$NE_1 = CAM_{\text{rame}} \times T_{\text{rame}} \times 365 \text{ j} \times 30 \text{ ans}$$

$$NE_1 = 7,49 \times 164 \times 365 \times 30 = 13,45 \cdot 10^6$$

- pour les camions

$$NE_2 = CAM_{\text{camion}} \times T_{\text{camion}} \times 365 \text{ j} \times 30 \text{ ans}$$

$$NE_2 = 15,6 \times 5 \times 365 \times 30 = 0,85 \cdot 10^6$$

- trafic cumulé équivalent total

$$NE = NE_1 + NE_2$$

$$NE = (10,35 + 0,85) \cdot 10^6 = 14,3 \cdot 10^6$$

Arrondi à $15 \cdot 10^6$

II.5 Calcul des limites admissibles

La feuille de calcul des limites admissibles est donnée en annexe 1.

Nota : Pour tenir compte de la présence d'un rail central et de la faible largeur des bandes de roulement, un coefficient de discontinuité transversal a été introduit ($K_d = 1/1,5$).

Les limites admissibles à respecter sont :

- ε_t à la base de l'EME : $39,8 \cdot 10^{-6}$
- ε_z sur la plateforme : $306 \cdot 10^{-6}$

II.6 Calcul des contraintes et déformations dans la structure

La feuille de calcul Alizé est donnée en annexe 2.

Les résultats présentés dans le tableau ci-après montrent que les valeurs admissibles ne sont pas dépassées.

Critères	Valeurs calculées	Valeurs admissibles
Epsilon T à la base de l'EME	$35,2 \cdot 10^{-6}$	$\leq 39,8 \cdot 10^{-6}$
Epsilon Z sur la plateforme	$138 \cdot 10^{-6}$	$\leq 306 \cdot 10^{-6}$

II.7 Vérification au gel - dégel

Deux cas sont examinés :

- le sol support est peu gélif

La feuille de calculs donnée en annexe 3 montre qu'une couche de forme de 30 cm d'épaisseur conduit à un indice de gel admissible de $247^{\circ}\text{C} \times \text{J}$.

- le sol support est gélif

Dans ce cas (feuille de calcul en annexe 4) l'épaisseur minimale de la couche de forme doit être de 42 cm pour satisfaire à l'indice de gel de référence ($\text{IR} = 205^{\circ}\text{C} \times \text{J}$)

Nota : la feuille de calcul Alizé de la structure en période de dégel est donnée en annexe 5.

III. PROCÉDÉS ET TECHNIQUES PRÉVUS

Ce chapitre présente les techniques retenues ainsi qu'une approche des formulations qui seront confirmées et proposées à l'agrément durant le chantier dans le cadre du PAQ.

III.1 Couche de forme GNT 0/31,5

Elle répondra à la norme NFP 98.129 et sera issue d'une carrière de roche massive.

La mise en œuvre sera faite soit en une couche soit en deux couches pour une épaisseur supérieure à 30 cm.

III.2 Couche de fondation et base BBTHM 0/14 : 19 cm au total (10 + 9)

Le BBTHM 0/14 est un EME de classe 2 répondant à la norme NFP 98140.

Il est utilisé par l'entreprise depuis 1984.

La formulation sera approximativement la suivante :

- 10 % sable 0/4 roulé
- 20 % sable 0/2 broyé
- 22 % gravillon 2/6
- 20 % gravillon 6/10
- 23 % gravillon 10/14
- 5 % filler 10/20 activé
- 5,6 % bitume 10/20 S

Le bitume 10/20 S proviendra de la Raffinerie de FEYZIN (69).

Le BBTHM fait l'objet de l'avis technique n° 72 en annexes 6.

III.3 Couche de liaison POLYPLAST 0/14 en 7 cm

Le POLYPLAST est un béton bitumineux anti-orniérant parfaitement adapté aux sollicitations exceptionnelles : trafic canalisé, voie et arrêt bus, zone de péage etc...

Il est utilisé par l'entreprise depuis 1986 notamment pour les couches de liaisons autoroutières (A46 Nord qui supporte 6000 PL/ MJA dans le sens Sud Nord a un excellent comportement après 10 années de circulation.)

Il répond à la norme du BBME classe 3 – NFP 98141

La formulation sera approximativement la suivante :

- 24 % sable 0/2 concassé Basalte du Centre
- 10 % sable 0/2 broyé Basalte du Centre
- 20 % gravillon 2/6 Basalte du Centre
- 20 % gravillon 6/10 Basalte du Centre
- 23 % gravillon 10/14 Basalte du Centre
- 3 % filler activé
- 0,6 % PR PLAST S
- 5,8 % de béton 35/50 dopé

La notice technico-commerciale ainsi que les références sont jointes en annexes 7.

III.4 Couche de roulement Béton Bitumineux Mince 0/10 en 4 cm

Le choix de la formulation de la couche de roulement a été fait pour répondre aux critères du CCFP, à savoir :

- Pas d'orniérage
- Couleur claire
- Limitation du niveau sonore

La formulation Béton Bitumineux Mince se référant à la norme NFP 98 132 sera de type B.

La formulation sera approximativement la suivante :

- 35 % sable 0/4 Moulin les Villettes
- 62 % gravillon 6/10 Moulin les Villettes
- 3 % fines d'apport calcaire
- 6 % de liant fortement modifié STYRELF 13/20 ou MOBILPLAST G7

Le liant utilisé STYRELF 13-20 ou MOBILPLAST G7 lui conférera la résistance de la classe 3 au minimum, en essayant d'atteindre les 5% à 30 000 cycles.

L'expérience menée dans le cadre du GIE TVM au Manège de Nantes et le FABAC de la SAPRR a apporté des enseignements très intéressants quand au comportement des techniques et liant testés ainsi que sur l'agressivité des différents véhicules (compte rendu du LCPC Nantes en annexe 8).

Pour la teinte claire, nous préférons utiliser des agrégats sélectionnés pour leur couleur claire. Un grenailage ou un sablage approprié permettra d'éliminer la pellicule de bitume noir sur le gravillon et fera apparaître sa coloration naturelle.

Nous avons prévu le matériau de la carrière MOULIN de VILLETES (43) qui est de catégorie C d'après les caractéristiques intrinsèques (annexe 9 et 10).

Une plaque a d'ailleurs été réalisée pour vérifier le résultat.

En ce qui concerne la limitation du niveau sonore, nous utiliserons un 6/10 sans refus à 10 mm s'apparentant plutôt à un 6/8, ce qui fera un compromis entre le 0/6 et le 0/10.

III.5 Joints préformés BÖRNER

Afin d'assurer l'étanchéité et la liaison entre les bordures longitudinales, les caniveaux support de rail de guidage et le béton Bitumeux de la couche de roulement, nous prévoyons la mise en place de joints bitumeux préformés de 40 mm en hauteur et 10 mm en largeur.

Le joint posé préalablement à chaud sur le béton du caniveau ou la bordure, se ramollira et adhèrera à la couche de roulement pour assurer un joint étanche pouvant absorber les différences de dilatation entre le béton ou les bordures et l'enrobé de roulement. La documentation est en annexe 11.

ANNEXE 1

TRAM CLERMONT FERRAND

EME2

CALCULS DES LIMITES ADMISSIBLES

trafic journalier (Tram+Pl)/j	169
nb de jours par an	365
durée (année)	30
croissance (valeur / Géométrique ou Linéaire (G/L))	0
TRAFFIC CUMULE (million)	1,851
CAM (agressivité moyenne tout trafic)	8,11
TRAFFIC EQUIVALENT (million)	15,000
$E(10^{\circ}C)$ (MPa)	17 000
$E(15^{\circ}C)$ (MPa)	14 000
$\epsilon_6 (10^{\circ}C; 25Hz)$ (10 E-6)	130
pente de la droite de fatigue : b	-0,2
écart-type sur la loi de fatigue : sigma N	0,25
écart-type sur les épaisseurs : sigma H	2,5
risque (%)	1,999
t	-2,05
coefficient KT (trafic) : $(N_{eq}/10^6)^b$	0,582
coefficient Kt (température) : $(E(10^{\circ}C)/E(15^{\circ}C))^{0,5}$	1,102
Delta	0,35
coefficient Kr (risque)	0,716
coefficient Kc (calage)	1
coefficient Kd (discontinuité du rail central)	0,667
coefficient 1/Ks (rigidité de la couche support)	1
EPSILON T admissible (10 E-6)	39,8
EPSILON Z admissible (10 E-6)	306,3

ANNEXE 2

TRAM CLERMONT FERRAND
 NUMERO DU PROBLEME 1
 ROUE SIMPLE
 A= 14.100 Q= 6.000
 NOMBRE DE COUCHES 4

```

*****
*      *      *      *      *      *      *      *
*  Z    *      * EPSILON T * SIGMA T * EPSILON Z * SIGMA Z *
*****
*  .00*      * .396E-04 * .652E+01 * .266E-04 * .600E+01A*
*      * E= 54000.      *      *      *      *      *
*      * NU= .35      *      *      *      *      *
*      * H1= 4.00      *      *      *      *      *
*  4.00*      * .231E-04 * .507E+01 * .426E-04 * .585E+01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*-----*
*  4.00*      * .231E-04 * .742E+01 * .546E-05 * .585E+01 *
*      * E=120000.      *      *      *      *      *
*      * NU= .35      *      *      *      *      *
*      * H2= 7.00      *      *      *      *      *
* 11.00*      * .299E-05 * .290E+01 * .194E-04 * .436E+01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*
* 11.00*      * .299E-05 * .299E+01 * .162E-04 * .436E+01 *
*      * E=140000.      *      *      *      *      *
*      * NU= .35      *      *      *      *      *
*      * H3= 19.00      *      *      *      *      *
* 30.00*      * -.352E-04 * -.754E+01 * .383E-04 * .805E-01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*
* 30.00*      * -.352E-04 * .162E-01 * .138E-03 * .805E-01 *
*      * E= 500.      *      *      *      *      *
*      * NU= .35      *      *      *      *      *
*      * H4=INFINI      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *
*****
*  D    *      25.11MM/100      *      R*D      *
*  R    *      2255.83M      *      56649.48M*MM/100      *
*****

```

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

ANNEXE 3

TRAM CLERMONT FERRAND

ETAPE 1 : SENSIBILITE AU GEL DE LA PLATE-FORME SUPPORT

Matériaux peu ou très gélifs

épaisseur PEU gélive h_p (cm) :
 Pente à l'essai de gonflement (p) (mm/(°C.j)^{1/2}) : 2,5

épaisseur TRES gélive : infinie
 Pente à l'essai de gonflement (p) (mm/(°C.j)^{1/2}) : 0

Quantité de gel admissible (Qg) : 0,0 (°C.j)^{1/2}

Matériaux non gélifs

Epaisseur du matériau (hm) (cm) :
 Type du matériau : C
 An : 0,13

Protection thermique (Qng) : 4,5 (°C.j)^{1/2}

ETAPE 2 : CALCUL DE QM

épaisseur "dégelée" (cm) :
 QM : 3,50 (°C.j)^{1/2}

ETAPE 3 : CALCUL DE QPF

QPF : 8,0 (°C.j)^{1/2}

ETAPE 4 : PROTECTION THERMIQUE

		a	b
Couche de roulement :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) : <input type="text" value="4"/>		
Couche de liaison :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) : <input type="text" value="7"/>		
Couche de base :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) : <input type="text" value="9"/>		
Couche de fondation :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) : <input type="text" value="10"/>		

ah : 0,240

bh : 1,800

IS : 136,2 (°C.j)^{1/2}

ETAPE 5 : CALCUL DE IA

IA : (°C.j)

ANNEXE 4^T

ETAPE 1 : SENSIBILITE AU GEL DE LA PLATE-FORME SUPPORT

Matériaux peu ou très gélifs

épaisseur PEU gélive h_p (cm) :	100
Pente à l'essai de gonflement (p) (mm/(°C.j) ^{1/2}) :	0,4

épaisseur TRES gélive :	infinie
Pente à l'essai de gonflement (p) (mm/(°C.j) ^{1/2}) :	5

Quantité de gel admissible (Qg) : **2,5 (°C.j)^{1/2}**

Matériaux non gélifs

Epaisseur du matériau (h_n) (cm):	30
Type du matériau :	C
An :	0,13

Protection thermique (Qng) : **2,9 (°C.j)^{1/2}**

ETAPE 2 : CALCUL DE QM

épaisseur "dégelée" (cm) :	35,0
----------------------------	------

QM : **3,50 (°C.j)^{1/2}**

ETAPE 3 : CALCUL DE QPF

QPF : **8,9 (°C.j)^{1/2}**

ETAPE 4 : PROTECTION THERMIQUE

		<i>a</i>	<i>b</i>
Couche de roulement :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) :	4	
Couche de liaison :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) :	7	
Couche de base :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) :	9	
Couche de fondation :	BB/GB	0,008	0,06
	épaisseur (cm) :	10	

ah : 0,240

bh : 1,800

IS : **165,6 (°C.j)^{1/2}**

ETAPE 5 : CALCUL DE IA

IA : **247 (°C.j)**

Première ligne de Tramway de l'Agglomération Clermontoise

TRAM CLERMONT FERRAND structure au dégel
 NUMERO DU PROBLEME 1
 ROUE SIMPLE
 A= 14.100 Q= 6.000
 NOMBRE DE COUCHES 5

```

*****
*      *      *      *      *      *
*  Z    *      * EPSILONZ * SIGMAT * EPSILONZ * SIGMAZ *
*****
*  .00*      * .445E-04 * .693E+01 * .213E-04 * .600E+01A*
*      * E= 54000. *      *      *      *      *
*      * NU= .35 *      *      *      *      *
*      * H1= 4.00 *      *      *      *      *
*  4.00*      * .268E-04 * .537E+01 * .386E-04 * .585E+01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*-----*
*  4.00*      * .268E-04 * .810E+01 * .151E-05 * .585E+01 *
*      * E=120000. *      *      *      *      *
*      * NU= .35 *      *      *      *      *
*      * H2= 7.00 *      *      *      *      *
* 11.00*      * .449E-05 * .317E+01 * .178E-04 * .435E+01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*-----*
* 11.00*      * .449E-05 * .331E+01 * .145E-04 * .435E+01 *
*      * E=140000. *      *      *      *      *
*      * NU= .35 *      *      *      *      *
*      * H3= 19.00 *      *      *      *      *
* 30.00*      * -.397E-04 * -.852E+01 * .429E-04 * .350E-01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*-----*
* 30.00*      * -.397E-04 * .158E-01 * .479E-03 * .350E-01 *
*      * E= 50. *      *      *      *      *
*      * NU= .35 *      *      *      *      *
*      * H4= 35.00 *      *      *      *      *
* 65.00*      * -.164E-05 * .167E-01 * .391E-03 * .313E-01 *
*-----* COLLE-----*-----*-----*-----*
* 65.00*      * -.164E-05 * .156E-01 * .407E-04 * .313E-01 *
*      * E= 500. *      *      *      *      *
*      * NU= .35 *      *      *      *      *
*      * H5=INFINI *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *
*****
*  D    *      33.85MM/100 *      R*D *
*  R    *      2167.29M *      73373.16M*MM/100 *
*****

```

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

ANNEXE 6

AVIS TECHNIQUE N° 72 DU BBTHM

AVIS TECHNIQUE

CHAUSSEES 72

ENROBES SPECIAUX

B.B.T.H.M.[®]

Entreprise : JEAN LEFEBVRE

11, Bd Jean Mermoz
92200 NEUILLY-SUR-SEINE
Tél. (1) 47 47 54 00

Le B.B.T.H.M. (Béton Bitumineux à Très Haut Module) est un enrobé à Module Elevé de Classe 2 (norme NF P 98-140), caractérisé par une teneur en bitume très dur élevée (5,6 à 6,0 ppc). Il s'utilise uniquement en couches d'assises et de liaison.

Le module élevé et la résistance à la fatigue du B.B.T.H.M. permettent des réductions d'épaisseur par rapport aux graves bitume. Outre l'aspect économique, ceci est intéressant lorsqu'on travaille sous contraintes de niveau (passage sous ouvrage, réhabilitation de chaussée entre bordures...).

Comme pour tous les Enrobés à Module Elevé, une couche de roulement est nécessaire au-dessus du B.B.T.H.M.

Les applications, qui ont commencé en 1985, sont routières et urbaines. A ce jour, leur comportement est bon sous tous trafics, y compris supérieurs à T0.

Comme tous les Enrobés à Module Elevé, le B.B.T.H.M. présente une bonne résistance à l'orniérage.

Ce produit a atteint son développement industriel.

Date : Septembre 1993

Validité : 5 ans

SOMMAIRE

Présentation du produit par l'Entreprise	page 2
Essais de caractérisation	page 5
Avis de la commission	page 8

I - PRESENTATION DU PRODUIT PAR L'ENTREPRISE**1. Définition - Domaines et limites d'emploi****a) Définition**

Le Béton Bitumineux à Très Haut Module (B.B.T.H.M.) est un enrobé pour couches d'assises et de liaison, appartenant à la catégorie des Enrobés à Module Elevé de Classe 2 (norme NF P 98-140), utilisable en construction de chaussées neuves ou en renforcement.

Il est conçu pour obtenir un module d'élasticité aussi élevé que possible tout en conservant une très bonne tenue en fatigue. Ce but a été atteint en formulant des enrobés 0/10, 0/14 et 0/20 très compacts (pourcentage de vides de l'ordre de 3 %, étendue 1 à 5 %), en utilisant un liant très dur et en incorporant 10 à 15 % de sable roulé.

b) Domaines d'emploi**Trafic**

Le B.B.T.H.M. peut être utilisé sous tout trafic. En particulier, il est bien adapté aux conditions de circulation sévères quand un risque d'ornièrage est à craindre.

Type de travaux :

Le B.B.T.H.M. peut être employé en travaux de

- Réhabilitation :

- renforcement en rase campagne,
- reconstruction totale ou partielle en traversée d'agglomération.

- Construction neuve :

- en couches d'assises et de liaison des structures bitumineuses,
- en couches de base et de liaison sur grave recomposée, humidifiée ou matériaux traités aux liants hydrauliques.

c) Limites et précautions d'emploi :

- Il convient d'éviter la fabrication et la mise en œuvre par température extérieure trop basse. Pour des températures ambiantes inférieures à 10 °C, des précautions particulières doivent être prises (par exemple emploi de camions calorifugés) de façon à conserver une température suffisante au moment du compactage (140 °C derrière le finisseur) .
- L'utilisation d'un B.B.T.H.M. entraînant une diminution d'épaisseur par rapport aux structures classiques, il est nécessaire de faire une vérification du dimensionnement au gel-dégel.
- Sauf dans les cas particuliers d'utilisations non spécifiquement routières, il est recommandé de ne pas utiliser le B.B.T.H.M. directement en couche de roulement, son faible pourcentage de vides ne lui conférant pas, en général, une rugosité suffisante. Une couche de roulement devra donc être prévue sur le B.B.T.H.M. ; tous les matériaux pour couche de roulement peuvent convenir, en particulier les bétons bitumineux très minces.

Epaisseurs de mise en œuvre

Granularité	Epaisseur nominale	Epaisseur minimum absolue
0/10	6 à 10 cm	5 cm
0/14	7 à 12 cm	6 cm
0/20	10 à 15 cm	7 cm

2. Constituants

a) Granulats

Ils sont conformes aux spécifications de la norme NF P 98-140 et de la Directive SETRA-LCPC d'Avril 1984 relative aux granulats pour chaussées (granulats pour couche de liaison) ; toutefois, l'emploi d'un liant très dur, bitume 10/20, et la formulation autorisent dans certains cas, en particulier lors de l'utilisation de granulats silico-calcaires, des indices ou des rapports de concassage plus faibles, sans affecter les performances mécaniques de l'enrobé. Pour les 0/20, on utilisera des granulats ayant les mêmes caractéristiques d'angularité et de dureté que celles prévues dans ces documents pour les 0/10 et 0/14.

b) Liant

Le liant est un bitume 10/20, de type routier, ne contenant donc pas de bitume oxydé.

3. Formulations

Elles vont du 0/10 au 0/20 suivant l'épaisseur à mettre en œuvre. Les modules de richesse varient de 3,4 à 3,5, selon la granularité de l'enrobé et les caractéristiques des granulats, ce qui correspond à une teneur en liant de 5,6 à 6 ppc environ. La teneur en sable roulé est généralement comprise entre 10 et 15 % et la teneur en fines totales entre 7 et 10 %.

Les courbes granulométriques théoriques sont, pour les 0/10 et 0/14, celles de la norme NF P 98-130 concernant les Bétons Bitumineux semi-grenus et, pour les 0/20, celles de la norme NF P 98-138 concernant les graves bitume.

4. Particularités de fabrication et de mise en œuvre

Les caractéristiques du liant conduisent à respecter les températures d'utilisation suivantes

	Température (°C)
Température de stockage prolongé du liant	140
Température du liant à l'enrobage	165 - 175
Température en sortie de centrale :	
- Centrales classiques	160 - 180
- Centrales TSE	150 - 165
Température de mise en œuvre	150 - 170
(suivant conditions de mise en œuvre)	
Température minimale de mise en œuvre	140

Les camions doivent impérativement être bâchés, sans contact avec l'enrobé ; on peut également utiliser des camions calorifugés.

La mise en œuvre s'effectue avec des finisseurs classiques, ou équipés d'une table à haut pouvoir de compactage ; dans ce dernier cas, les épaisseurs maximales pour une application en une seule couche peuvent être augmentées de 2 cm.

Le compactage est réalisé avec des ateliers classiques ; quand l'épaisseur mise en œuvre est forte, on peut avoir intérêt à mettre le tandem lourd en tête, compte tenu de la forte maniabilité du matériau.

A noter que cet enrobé se rigidifie rapidement ; il nécessite donc un compactage rapide et les joints doivent être réalisés tièdes, ou avec des finisseurs en parallèle ; s'ils sont froids, il faut procéder à un collage à l'émulsion ou avec un bitume chaud.

5. Prise en compte des exigences essentielles

Le B.B.T.H.M. satisfait pendant toute sa durée de vie aux exigences du décret N° 92-647 du 8 Juillet 1991 concernant "l'aptitude à l'usage des produits de construction".

Les exigences relatives à la résistance mécanique et à la sécurité d'utilisation sont prises en compte dans le présent avis technique.

Pour les exigences concernant l'hygiène, la santé et l'environnement, l'Entreprise précise que le B.B.T.H.M. ne comporte aucun produit qui puisse constituer une menace pour l'hygiène ou pour la santé, ni pour les personnes appelées à fabriquer et à mettre en œuvre l'enrobé, ni pour les usagers et les riverains des voies sur lesquelles le B.B.T.H.M. aura été appliqué. En particulier le B.B.T.H.M. ne peut être la source d'aucune contamination de l'eau ou du sol ni d'aucun dégagement de vapeur ou de gaz toxiques.

6. Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité

La qualité du B.B.T.H.M. est assurée par l'Entreprise au niveau, d'une part, du choix des constituants et, d'autre part, de la fabrication et de la mise en œuvre.

a) Constituants

Les granulats entrant dans la fabrication des B.B.T.H.M. proviennent des carrières ayant elles-mêmes un PAQ. Le liant 10/20 est un produit de distillation directe provenant exclusivement de raffineries qui garantissent elles-mêmes la qualité du produit par le suivi de fabrication qu'elles assurent.

b) Fabrication et mise en œuvre

L'Entreprise met en œuvre les moyens en hommes et en matériels pour que les caractéristiques du produit soient conformes à celles retenues lors de l'étude de formulation qui tient compte par ailleurs des conditions locales de réalisation. Elle s'assure par des contrôles internes et externes aux chantiers du respect des prescriptions.

7. Références

Tonnage par année	1985	20 000 tonnes
	1986	65 000 tonnes
	1987	80 000 tonnes
	depuis 1988	100 à 150 000 tonnes/an
Tonnage cumulé mis en œuvre à fin 1992		780 000 tonnes

Année	Site	Département	Type de travaux	Surface m ²	Trafic	Maître d'ouvrage
1986	RN 118 Bièvre	Essonne	Renforcement 7 cm 0/14	46 000	> T0	Etat
1986	Avenue du Prado Marseille	Bouches-du-Rhône	Reconstruction des voies bus 12 cm 0/20	10 000	T3	Ville
1986	RN 17 Pontarmé	Oise	Reconstruction en traverse 2 x 6 cm 0/14	5 000	T1	Etat
1986	RN 104 Aubenas	Ardèche	Renforcement 9,5 cm 0/14	30 000	T2	Etat
1987	A 40 Bourg-en-Bresse	Ain	Rechargement 6 cm 0/10	130 000	T0	SAPRR
1987	A 10 Saint-Avertin	Indre-et-Loire	Chaussée neuve en élargissement 19 cm 0/14	16 000	> T0	COFIROUTE
1988	A 1 Roye-Senlis	Oise	Renforcement 8 cm 0/14	125 000	> T0	SANEF
1988	A 6 Mâcon nord-Mâcon sud	Saône-et-Loire	Renforcement 7 cm 0/14	125 000	> T0	SAPRR
1988	RN 6 Avenue Thiers Melun	Seine-et-Marne	Reconstruction en traverse 10 + 7 cm 0/14	10 000	T0	Etat
1989	A 7 Salon - Lançon	Bouches-du-Rhône	Renforcement 6 cm 0/10	40 000	> T0	ASF

II - ESSAIS DE CARACTERISATION

1. Eléments pour contrôle de conformité

a) Liant d'enrobage "neuf"

	Liant 10/20		Bitume 35/50 (pour comparaison)	
	Liant testé	Spécification du fournisseur	Etendue des valeurs (1)	Norme T 65-001
• Densité		1 à 1.1		1 à 1,1
• Pénétration à 25 °C (1/10 mm)	13	10 à 20		35 à 50
• Indice de pénétrabilité LCPC	+ 0,4		- 1,6 à 0	
• Température de ramollissement Bille et anneau (°C) (NF T 66.008)	65,7	60 à 74		50 à 56
• Température de fragilité Fraass (°C) (NF T66 026)	- 6	< - 2	- 11 à - 6	

b) Enrobé

	B.B.T.H.M.		Norme NF P 98-140 Enrobé à Module Elevé classe 2
	Formule testée	Intervalle de formulation	Valeurs de référence
• Formule			
10/14 La Noubleau (%)	21		
6/10 La Noubleau (%)	21		
2/6 La Noubleau (%)	16		
0/2 La Noubleau (%)	23		
0/4 roulé de Loire (%)	15		< 20 %
• Passant à 2 mm	39	36 à 45	
• Teneur totale en fines (%)	9,3	7 à 10	
• Granulats	Noubleau (diorite)	Cf. directive granulats (2)	
• Liant	10/20		
• Module de richesse	3,45	3,4 à 3,5	> 3,4
• soit une teneur en liant de (ppc)	5,60	5,6 à 6,0 (3)	

(1) Etendue des valeurs mesurées sur échantillonnage de l'ensemble des bitumes français fourni en 1985 par la profession pétrolière.

(2) Directive SETRA-LCPC d'avril 1984.

(3) Avec une densité des granulats de 2,65.

2. Autres éléments de caractérisation

a) Liant d'enrobage "neuf"

	Liant 10/20	Bitume 35/50 (pour comparaison) (4)
• Module complexe - à 7,8 hz - 25 °C . Module E (MPa) . Angle (°)	56,3 29	10 à 26 37 à 58
- 60 °C . Module E (MPa) . Angle (°)	0,89 64	0,04 à 0,2 54 à 82
- à 250 hz - 60 °C . Module E (MPa) . Angle (°)	8,9 60	0,38 à 3,5 56 à 84

(4) Il s'agit d'exemples.

b) Enrobé

	B.B.T.H.M.		Norme NF P 98-140 Enrobé à Module Elevé classe 2		
	Formule testée (0,14)	Spécifications de l'entreprise	Valeurs de référence		
			0/6	0/14	0/20
- Compactage à la Presse à Cisaillement Giratoire (PCG) NFP 98-252 (5) . pourcentage de vides à 10 girations . pourcentage de vides à 80 girations . pourcentage de vides à 100 girations . pourcentage de vides à 120 girations	11,4 3,2 0		≤ 6	≤ 6	≤ 6
- Module complexe LCPC à 10 Hz (NF P 98-260-2) . pourcentage de vides (%)	1,6	3,0			
- à - 10 °C (MPa)	41300	≥ 34700			
- à 0 °C (MPa)	37000	≥ 29700			
- à 10 °C (MPa)	29500	≥ 22700			
- à 15 °C (MPa)		≥ 17800		≥ 14000	
- à 20 °C (MPa)	18800	≥ 13200			
- à 30 °C (MPa)	12200	≥ 7100			
- à 40 °C (MPa)	7100	≥ 2800			
- Essai de fatigue à 10 °C - 25 Hz (NF P 98-261-1) . Pourcentage de vides . Pente a (6) . Déformation admissible à 10 ⁶ cycles (10 ⁻⁶) . Dispersion (log népérien)	0,8 - 0,175 143 0,28	3,0 - 0,175 ≥ 132 ≥ 0,28		≥ 130	
- Essai Duriez (NF P 98-251-1) . Pourcentage de vides . Résistance à la compression simple à 18 °C (MPa) . Rapport immersion-compression à 18 °C	4,0 19,5 0,79			≥ 0,75	
- Essai d'ornièrage (NF 98-253-1) (7) . Pourcentage de vides . Profondeur d'ornièr à 60 °C en % de l'épaisseur de la dalle : à 30 000 cycles à 100 000 cycles	3,6 3,7 4,9			≤ 8	

(5) Le pourcentage de vides PCG correspond approximativement au pourcentage de vides obtenu sur chantier pour une épaisseur en mm égale au nombre de girations pour des épaisseurs au moins égales à 40 mm.

 (6) Loi de fatigue du type $E = A \cdot N^a$.

(7) Epaisseur de la plaque 10 cm. L'essai a été réalisé avec des granulats différents (carrière Moreau à Mazières), avec une formule très proche de la formule Noubleau indiquée ci-avant.

3. Eléments complémentaires fournis par l'Entreprise**a) Liant d'enrobage****Essai R.T.F.O.T.**

	Avant RTFOT	Après RTFOT
• pénétration à 25 °C (1/10 mm)	10 à 20	7 à 13
• point de ramollissement Bille et Anneau (°C)	60 à 74	62 à 76
• indice de pénétrabilité LCPC		+ 2 à + 3,5
• point de fragilité Fraass (°C)	< - 2	0 à + 4

b) Enrobé**Module en traction directe**

Plusieurs essais réalisés par le LRPC de Melun sur des carottes prélevées lors de la réalisation de la traverse de la Rochette sur la RN 6 en Seine-et-Marne ont donné les valeurs suivantes :

- Module S (10 °C ; 0,02 s) = 19 500 MPa
- Module S (0 °C ; 300 s) = 9 000 MPa

L'enrobé avait une granularité 0/14 et était conforme à la formule de référence définie ci-dessus ; le pourcentage de vides des carottes prélevées sur le chantier était, en moyenne, de 5,6 %.

Essai de retrait thermique empêché :

Un essai de fissuration par retrait thermique empêché a été réalisé au LRPC de Nancy. Cet essai consiste à déterminer l'abaissement de température qui produit la rupture d'une éprouvette maintenue à une longueur constante ; la température de départ de l'essai est fixée à + 15 °C, l'abaissement se fait à raison de 0,5 °C/heure et la température minimale atteinte par l'enceinte se situe aux alentours de - 12 °C à -13 °C.

Dans ces conditions aucune fissuration n'a été constatée dans ce matériau.

Essai de poinçonnement sous charge statique :

Le B.B.T.H.M. a été soumis à des essais de poinçonnement à différentes températures pour tester sa résistance à des charges type "conteneur" .

L'essai consiste à appliquer sur une "galette" d'enrobé de 24,5 cm de diamètre, 6 cm d'épaisseur, frettée en périphérie et compactée à un pourcentage de vide de 3 %, un chargement progressif par palier sur un poinçon en acier de 5 cm² de section ; la charge est maintenue pendant une durée de 6 heures pour chaque palier et l'essai est conduit jusqu'à rupture de l'enrobé.

Les résistances atteintes dans ces conditions sont les suivantes :

- à 20 °C : 9,5 MPa
- à 40 °C : 3,0 MPa

III - AVIS DE LA COMMISSION

Le B.B.T.H.M. est un enrobé à module élevé, caractérisé par l'utilisation d'un bitume très dur (pénétration à 25 °C comprise entre 10 et 20) et comportant un fort dosage en liant (module de richesse compris entre 3,4 et 3,5 et teneur en liant comprise entre 5,6 et 6,0 ppc). Il se caractérise également par l'incorporation de 10 à 15 % de sable roulé. Il sera comparé aux enrobés à module élevé (Classe 2) définis par la norme NF P 98 140.

1. Caractéristiques mécaniques

a) Liant

Le liant 10/20 est plus dur que les bitumes routiers normalisés et moins susceptible à la température

b) Enrobé

L'enrobé testé est un B.B.T.H.M. 0/14 contenant 5,6 ppc d'un bitume de pénétration 13 (densité des granulats voisine de 2,85) et présentant un très faible pourcentage de vides. Cette formulation est représentative des B.B.T.H.M. ayant fait l'objet d'un suivi de chantier.

- **Module complexe** : il est supérieur à celui du seuil minimal de la norme NF P 98-140, E.M.E.
- **Résistance à la fatigue** : elle est conforme aux prescriptions requises pour un E.M.E. de classe 2.
- **Résistance à l'orniérage** : elle est très bonne, en notant toutefois que l'essai a été réalisé sur une formule différente quoique très proche de celle indiquée ci-avant (granulats de la carrière Moreau de Mazières).

Il est à noter que les performances effectivement obtenues sont étroitement liées à la teneur en liant (dosage optimal entre 5,6 et 6,0 ppc, suivant la granularité et la nature des granulats) et au pourcentage de vides en place de l'enrobé.

2. Comportement sur chaussées

Les premières applications suivies datent de 1986 et 1987 :

- renforcements de chaussées autoroutières semi-rigides (RN 118 Bièvre) ou hydrocarbonées (A 40 Bourg-en-Bresse),
- renforcements coordonnés de chaussées traditionnelles (RN 104 Ardèche),
- traitement de traversées d'agglomérations en reconstructions sous contraintes de niveaux ou par recharge ment après fraisage (RN 17 Oise et RN 6 Seine-et-Marne),
- reconstruction de voies bus.

Le suivi porte sur 11 sections de travaux, dont 4 sous trafic supérieur à T0, 3 sous T0, 2 sous T1, et 2 sous T2/T3. Le comportement de ces structures est aujourd'hui très satisfaisant, tout comme celui d'applications postérieures.

On a toutefois noté sur un chantier l'apparition de plusieurs fissures transversales, en l'absence de couches traitées aux liants hydrauliques. Ces fissures sont fines et non dégradées et devraient donc rester sans incidence sur le comportement de la chaussée.

3. Domaine d'emploi

Cet enrobé est adapté en couches d'assises ou de liaison, lorsqu'il s'agit de réduire les contraintes et les déformations dans le support, ou pour éviter l'orniérage et ce pour tout niveau de trafic. Les domaines d'emploi sont :

- rechargement ou renforcement de chaussées existantes,
- reconstruction de chaussée, après décaissement partiel sous contraintes de niveau,
- traitement partiel du corps de chaussée, tel que construction ou reprise de voies poids lourds ou bus,
- construction de chaussées neuves.

Ce type de matériau doit recevoir une couche de roulement, béton bitumineux très mince, mince ou plus épais, pour assurer une adhérence suffisante et une protection thermique, du fait de la fragilité à froid du liant, pouvant faire craindre une fissuration par le haut.

4. Dimensionnement

Le tableau ci-après donne les épaisseurs de renforcement des chaussées souples, avec les hypothèses du Guide de Renforcement des Chaussées Souples (8), avant prise en compte du gel.

Dans les autres cas, il est nécessaire de réaliser un calcul spécifique. Si ce matériau est utilisé en couche de base sur fondation en grave traitée aux liants hydrauliques ("structure mixte"), le dimensionnement devra tenir compte de l'objectif de retarder la remontée des fissures et la réduction d'épaisseur pourra être moindre.

Comme pour tout matériau bitumineux d'assise, l'emploi de cet enrobé n'a de sens qu'en épaisseur moyenne à forte. En particulier, pour le renforcement des chaussées souples, ne pas descendre en-dessous de 7 centimètres moyens, compte tenu des déformations des supports.

Les calculs sont menés en supposant un fonctionnement et des modes d'évolution identiques à ceux des enrobés classiques, mais la dureté du liant pose la question du comportement vis-à-vis de l'autoréparation, sachant cependant que l'épaisseur du film de liant, plus forte que pour une grave-bitume, joue un rôle favorable.

Paramètres de dimensionnement à prendre en compte dans les calculs

Pour une température de 15 °C et pour une fréquence de 10 Hz :

- déformation admissible à 10^6 cycles : $\epsilon_a = 132 \cdot 10^{-6}$

- module élastique : $E = 17\,800$ MPa

- pente de la droite de fatigue : $a = -0,175$

- dispersion sur la droite de fatigue : $S_n = 0,28$

Ces valeurs correspondent aux valeurs de référence indiquées au 2.b ci-avant.

Classe de déflexion caractéristique C_j et déflexions correspondantes (1/100 mm)	C 2 (50 à 75)			C 3 (75 à 100)			C 4 (100 à 150)		
Classe d'épaisseur de la couche de roulement de l'ancienne chaussée i et épaisseurs correspondantes (cm)	e_1 (< 5)	e_2 (5 à 10)	e_3 (> 10)	e_1 (< 5)	e_2 (5 à 10)	e_3 (> 10)	e_1 (< 5)	e_2 (5 à 10)	e_3 (> 10)
T0 (750 à 2000 PL/jour/sens)	15 + 8*	10 + 8*	10 + 6*	15 + 8*	14 + 8*	12 + 8*	20 + 8*	16 + 10*	16 + 8*
	12 + 4*	10 + 4*	9 + 4*	15 + 4*	14 + 4*	13 + 4*	18 + 4*	17 + 4*	17 + 4*
	ou 13 + 2*	ou 11 + 2*	ou 10 + 2*	ou 16 + 2*	ou 15 + 2*	ou 14 + 2*	ou 19 + 2*	ou 18 + 2*	ou 18 + 2*
T1 (300 à 750 PL/jour/sens)	10 + 6*	14*	10*	12 + 8*	10 + 6*	14*	15 + 8*	12 + 8*	12 + 8*
	7 + 4*	7 + 4*	-	10 + 4*	8 + 4*	8 + 4*	14 + 4*	13 + 4*	12 + 4*
	ou 7 + 2*	ou 7 + 2*	-	ou 11 + 2*	ou 9 + 2*	ou 8 + 2*	ou 15 + 2*	ou 14 + 2*	ou 13 + 2*
T2 (150 à 300 PL/jour/sens)				14*	12*	10*	12 + 6*	10 + 6*	10 + 6*
				7 + 4*	7 + 4*	-	9 + 4*	8 + 4*	7 + 4*
				ou 7 + 2*	ou 7 + 2*	-	ou 10 + 2*	ou 9 + 2*	ou 8 + 2*
T3 (50 à 150 PL/jour/sens)							12*	10*	10*
							7 + 4*	-	-
							ou 7 + 2*		

$x + y^*$
$z + 4^*$
ou
$w + 2^*$

- épaisseurs de matériaux classiques (GB + BB* ou BB*)

- épaisseurs de BBTHM + BB* (case avec tiret : épaisseur inférieure à 8 cm)

(*) BB épais, mince (4 cm) ou très mince (2,5 cm)

(8) Guide technique du dimensionnement des renforcements des chaussées souples - SETRA - LCPC - Juin 1978 et actualisation 1988.

5. Particularités de fabrication et de mise en œuvre

Les températures d'utilisation du liant de fabrication et de mise en œuvre indiquées par l'entreprise (cf. partie I.4) devront être respectées.

De même, les épaisseurs de mise en œuvre ci-dessous devront être respectées

Granularité	Minimale (cm)	Maximale (cm)
0/10	6	10
0/14	7	12
0/20	10	15

La mise en œuvre doit s'effectuer en deux ou plusieurs couches lorsque les épaisseurs maximales ci-dessus sont dépassées.

Les camions doivent être bâchés. L'atelier de mise en œuvre est classique ; le compactage doit être rapide et efficace. Le travail à la niveleuse ou à la main, ainsi que les joints froids sont à éviter.

Le module élevé du matériau entraînant une augmentation des contraintes aux interfaces, la qualité de collage de celles-ci doit être particulièrement soignée.

Enfin, comme pour tous les enrobés à module élevé, dans le cas de travaux sous circulation (renforcements), il est impératif d'attendre que le B.B.T.H.M. soit suffisamment refroidi avant de rétablir la circulation afin d'éviter une déformation permanente. Rappelons également la nécessité de le recouvrir rapidement par une couche de roulement pour éviter tout risque d'accident lié à un problème de glissance.

6. Développement du produit

Le produit est développé depuis 1985. A fin 1992, 780.000 tonnes avaient été mises en œuvre.

7. Chantiers ayant fait l'objet d'un suivi particulier

Les chantiers ayant fait l'objet d'un suivi particulier sont les suivants

1986 RN 104	Ardèche	T2 renforcement
1987 A 40	Bourg-en-Bresse	T0 renforcement
1987 RN 152	Blois	T1 rechargement et reconstruction
1988 A 6	Mâcon	> T0 rechargement

Document disponible au Bureau de vente du SETRA - Tél. (1) 46 11 31 55 - Référence du document : E9335
Classification thématique au catalogue des publications du SETRA : D03
SETRA : 46, avenue Aristide-Briand, B.P. 100, 92223 BAGNEUX CEDEX FRANCE
Ce document a été édité par le SETRA, il ne pourra être utilisé ou reproduit même partiellement sans son autorisation. **PRIX DE VENTE : 10 F**

ANNEXE 7

NOTICE TECHNICO – COMMERCIALE DU POLYPLAST

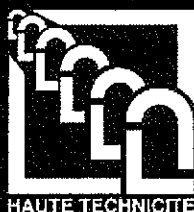
POLYPLAST®

NE PLUS TOMBER DANS L'ORNIERE

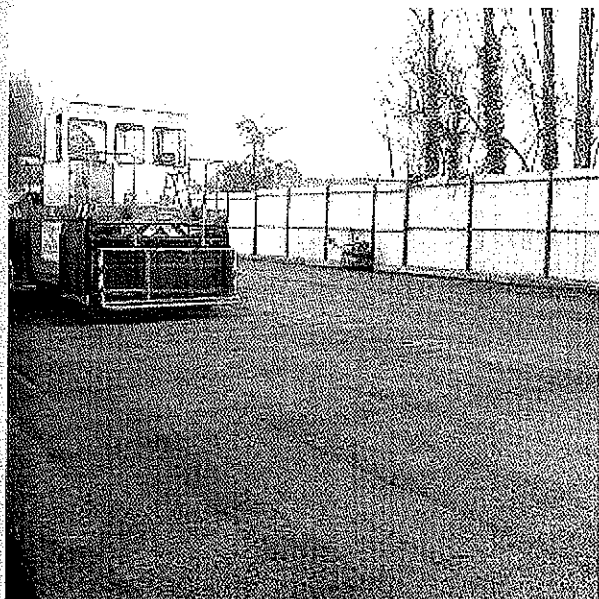
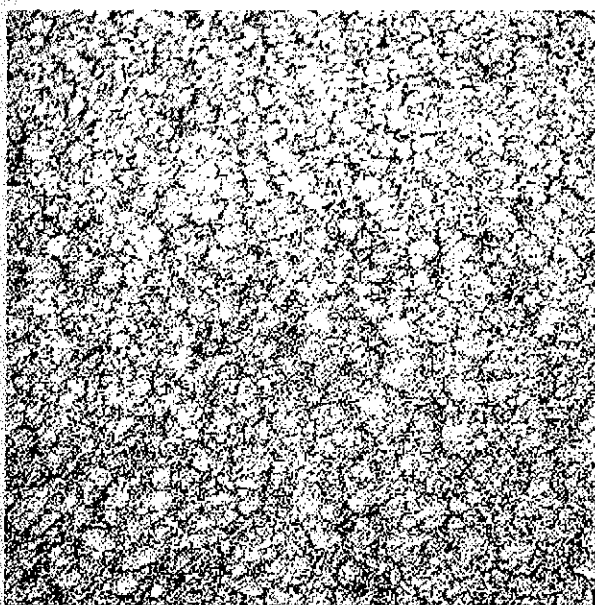
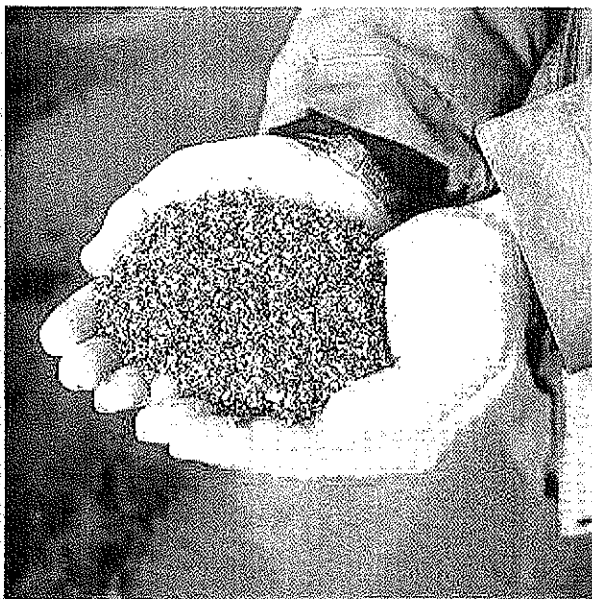
Enrobé bitumineux anti-orniérant pour les couches de liaison et de roulement
des chaussées à trafic lourd, agressif et intense.



POLYPLAST®



POLYPLAST®



EXIGENCE DE POIDS

Engins, poids lourds, autobus... Leur nombre augmente et leur trafic s'intensifie. Les chaussées doivent résister, longtemps, aux désordres que peut engendrer ce type de trafic. POLYPLAST® est la réponse au fluage des bétons bitumineux dans les traces de roulement ; c'est la réponse anti-orniérante. C'est la réponse pour aménager toute surface exposée aux poids lourds : rocade, rond-point, voie d'autobus, zone industrielle, aire aéroportuaire.

TECHNIQUE DE RESISTANCE

De longs essais sur le manège de fatigue du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées à Nantes confirment les performances du POLYPLAST® liées, notamment, à l'ajout de polyéthylènes soigneusement sélectionnés. Les granulats, issus du concassage de roches massives ou de matériaux de ballastière, sont conformes à la norme NFP 18-101. Le liant est introduit à une teneur légèrement supérieure à celle préconisée dans les normes relatives aux enrobés. L'ajout de polyéthylène vise un double effet : d'une part, sa dissolution partielle entraîne augmentation de la consistance, amélioration de la cohésion et diminution de la susceptibilité thermique du liant ; d'autre part, la fraction insoluble, constituant une sorte d'armature, permet d'obtenir un effet bloquant dans l'enrobé, qui améliore considérablement ses caractéristiques mécaniques et physiques.

SOUPLESSE D'EMPLOI

En centrale, les additifs, conditionnés en sacs fusibles, sont introduits directement dans le malaxeur ou, lorsqu'ils se présentent en vrac, par l'intermédiaire d'un doseur étalonné. La mise en œuvre se fait classiquement à l'aide d'un finisseur et d'un atelier de compactage, sur une couche d'accrochage parfaitement dosée.

POLYPLAST®

- Couches de liaison et de roulement pour trafic agressif
- Très forte résistance à l'orniérage
- Mise en œuvre classique
- Solution extrêmement économique



JEAN LEFEBVRE
TRAVAILLE POUR VOUS

ANNEXE 8

COMPTE-RENDU DU LCPC NANTES CONCERNANT **L'ESSAI D'ORNIERAGE TVM**

**Laboratoire Central
des Ponts et Chaussées
Centre de Nantes**

division Msc

**section Manège de fatigue
des structures routières**

**section Conception des
chaussées et
Géotechnique routière**

**L'essai d'orniérage TVM sur le Manège de Fatigue du Lcpc,
juillet-septembre 1999**

Rapport d'étude

Bouguenais, 02-12-1999 :

J.-C. Gramsammer,	section Mfsr
J.-P. Kerzreho,	section Mfsr
J. Balay,	section Ccgr

Sommaire :

I- Introduction, but des essais	1
II- Le Manège de Fatigue des structures routières	2
III- Description de l'essai TVM	4
III-1 Les chaussées et leur instrumentation	4
III-2. La configuration du Manège et des charges	5
III-3 Les modalités de fonctionnement et de suivi	9
III-4 Le trafic	11
IV- Présentation des résultats	12
IV-1 Les conditions climatiques	12
IV-2 Les résultats des mesures de suivi de l'orniérage	14
IV-3 Les résultats finaux à 100.000 chargements	22
IV-3.1 Orniérage	22
IV-3.2 Texture	24
V- Analyse des résultats	25
V-1. Aspect chaussées	25
V-2 Aspect configuration de charge	26
VI- Conclusions	27

I- Introduction, but des essais

Dans le but d'étudier la faisabilité de nouveaux systèmes intermédiaires de transport urbains sur pneus en site propre, il a été créé, sous l'égide du PREDIT, un groupement d'intérêt économique auquel participent les sociétés d'exploitation de ces systèmes, des spécialistes de la RATP, des industriels de la construction mécanique et du pneumatique, des professionnels de la construction routière, des représentants de grandes villes et du réseau technique du Ministère de l'Equipeement. Les 3 industriels ou groupements d'industriels ont proposé chacun une configuration de charge. Ce sont les systèmes TVR, TRANSLOHR et CIVIS présentés respectivement par BOMBARDIER-ANF Industries-SPIE Enertrans, LOHR Industries et RVI-MATRA Transport. Les entreprises routières participantes sont E.J.L., GERLAND et SCREG-ROUTES et celles-ci ont proposé, chacune, en définitive, 2 chaussées.

Ce groupement d'intérêt économique dit TRANS VAL de MARNE (GIE TVM) a décidé de procéder à des essais en vraie grandeur sur la tenue des chaussées proposées par les 3 entreprises routières et de tester l'agressivité, vis à vis de l'orniérage de ces chaussées, des configurations de charge présentées par les 3 industriels ou groupe d'industriels.

Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) a proposé un plan d'expérience, dit essai TVM, mené sur son Manège de Fatigue des structures routières et visant à tester le comportement des chaussées expérimentales sous l'action des différentes configurations de charges proposées. Ces configurations de charges seront comparées à la charge de référence utilisée sur le Manège. De même, les chaussées expérimentales devront être comparées à une chaussée de référence. C'est en définitive 28 essais élémentaires qui seront menés simultanément au cours de cette expérience puisqu'il s'agit d'étudier le comportement de 7 chaussées sous l'action de 4 charges différentes.

Cette proposition a été retenue par le GIE TVM mais a été limitée au seul aspect orniérage par fluage des couches de surface car on ne dispose pas encore de modèles théoriques satisfaisants pour prendre en compte l'orniérage créé par ce type de trafic ultra canalisé.

L'aspect endommagement des chaussées par traction-flexion n'est pas envisagé car on dispose de modèles théoriques performants qui peuvent être facilement transposés dans ce cas.

Enfin le dernier aspect sur l'endommagement des chaussées concerne l'hypothétique apparition de fissures longitudinales, dans la couche de surface, par cisaillement pur. Cette évolution est liée, entre autres, au vieillissement des bitumes au cours des années et est donc impossible à reproduire lors d'un essai accéléré. Cependant ces points seront vérifiés éventuellement sur la machine FABAC qui est un autre système de sollicitation associé aussi aux essais orniérage TVM.

Après un bref rappel sur la description du Manège et de l'essai, il sera présenté les conditions dans lesquelles l'expérience s'est déroulée et les principaux résultats obtenus. Les conclusions porteront sur la comparaison des comportements des différentes chaussées étudiées et, également, sur la comparaison des agressivités des configurations de charges utilisées

II- Le Manège de Fatigue des structures routières

Le Manège de Fatigue du LCPC fonctionne depuis plus de quinze ans sur le site de Bouguenais (LCPC - Centre de Nantes). Ce grand équipement de recherche offre la possibilité d'étudier expérimentalement, en vraie grandeur, le comportement de chaussées soumises à un trafic poids lourds très accéléré. Il peut simuler, en l'espace de 3 à 4 mois, l'ensemble du trafic lourd subi par une de nos grandes routes nationales pendant les 15 à 20 ans de sa durée de service. Il contribue, entre beaucoup d'autres choses, à une meilleure connaissance des modes de fonctionnement et des mécanismes d'endommagement des chaussées de tout type. Il occupe de ce fait une place essentielle dans le développement et le calage des modèles théoriques de chaussées, modèles qui sont à la base des méthodes rationnelles de dimensionnement des structures routières et autoroutières en France et dans de nombreux pays.

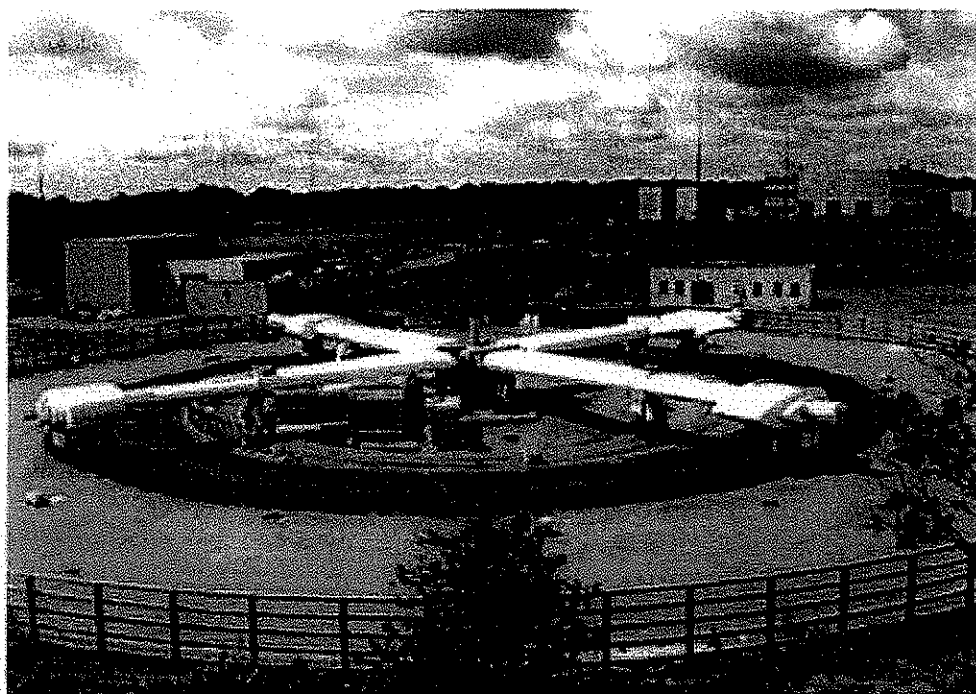


Photo 1 : Le Manège de Fatigue

Le Manège a simulé à ce jour le passage de plus de 55 millions d'essieux lourds dans le cadre de 180 essais tous menés en partenariat avec la profession. Cette installation exploitée par une équipe expérimentée bénéficie à Bouguenais d'un environnement scientifique très favorable avec la présence sur ce site de l'ensemble du pôle Chaussées du LCPC. Ceci facilite, entre autres, les contrôles de mise en œuvre des chaussées, les études de formulation et de fatigue des matériaux en laboratoire et, enfin, les travaux d'analyse et de modélisation qui font suite, en général, aux expérimentations.

Les modules peuvent simuler toutes les charges routières existantes du demi-essieu à roue simple de 7 tonnes, comme la roue « Translohr » dans cet essai TVM, jusqu'à des demi-ensembles arrière constitués par des tridems jumelés dépassant les 40 tonnes. Les charges appliquées sont maintenues constantes par une suspension originale faisant appel à un appui roulant intermédiaire. En version légère les vitesses des charges peuvent dépasser 100 km/h mais en général les essais « fatigue » et « orniérage » se font, respectivement à 70 et 45 km/h environ. Les charges peuvent ne pas être canalisées et effectuer, lorsque la machine est en fonctionnement, des balayages dans le profil en travers. Ces balayages sont pilotés en largeur et en fréquence par un automate programmable.

La machine peut fonctionner en l'absence de tout personnel grâce à l'existence de multiples sécurités qui stoppent l'installation dès qu'une anomalie est détectée. Cette possibilité est largement exploitée lors des longs essais de fatigue qui nécessitent des fonctionnements de nuit et pendant les week-ends.

Enfin, la dernière et principale originalité de cette installation est qu'elle est transportable d'un site d'essai à un autre en l'espace de quelques jours. Il y a actuellement 3 sites d'essais (photo 2). Ces dispositions facilitent grandement la programmation, la préparation et la réalisation des essais qui peuvent, pour certains, comporter plusieurs phases séparées dans le temps comme par exemple l'étude du comportement de diverses solutions de réparation de chaussées dégradées au cours d'une première phase de fatigue.

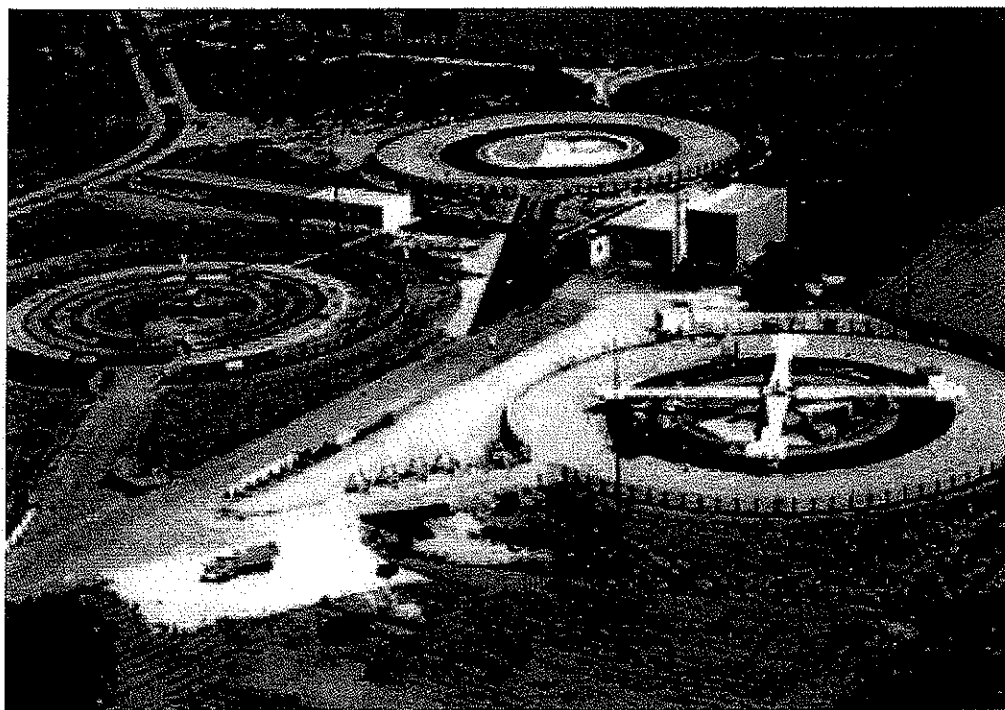


Photo 2 : Le manège et ses trois sites d'essais

Sur un anneau expérimental, dont le rayon moyen est de 17,5 m et la largeur de 6,5 m, on construit le plus souvent 4 chaussées différentes occupant chacune $\frac{1}{4}$ d'anneau. Ces chaussées sont des chaussées construites à l'identique des chaussées réelles avec des moyens tout à fait habituels. En général, il y a, sur les 4 chaussées, une chaussée de référence, dont le

comportement est bien connu. Les comportements des 3 autres chaussées sont comparés à celui de la chaussée de référence. C'est ce qui a été fait pour l'essai TVM.

Le suivi des chaussées se fait par l'inspection visuelle quotidienne des chaussées, par des auscultations classiques au moyen d'appareils de surface et par l'interrogation de capteurs divers installés dans les chaussées pendant ou après leur construction. La grande majorité de ces capteurs sont des jauges de déformation placées dans toutes les directions et tous les niveaux dans les chaussées. Parallèlement, les mesures d'environnement (température, pluviométrie...) sont relevées par un système d'interrogation périodique qui fonctionne sans arrêt pendant toute la durée de l'essai. Pour un essai « orniérage » du type de l'essai TVM ce sont évidemment les mesures de température et les mesures d'orniérage qui vont être les plus importantes.

III- Description de l'essai TVM

III-1 Les chaussées et leur instrumentation

L'anneau B du Manège, dédié aux essais orniérage, a été préparé pour recevoir les chaussées expérimentales du projet TVM. Le support est constitué par 40 cm de GB (15+15+10cm). C'est une GB 0/14 de classe 3 à 4,5% de bitume 35/50 Elf-Donges. La GB surmonte 40 cm de GRH.

T6

	Secteur I BB 0/14 à 5,5% de bitume 35/50	Secteur II EJL	Secteur III GERLAND	Secteur IV SCREG
	BB + coulis ciment		2,5 BBTM 0/6 2,5 BBTM 0/6 4,5 BB 0/10 metalflex	
F5	10 cm BB	6 cm BB 0/10	6 cm BB 0/14	
F4		7 cm BB	7 cm GB	10,5 cm GB
F3				9,5 cm BB 0/14 7,5 cm BB 0/14
F2	10 cm GB			
F1	15 cm GB			
	15 cm GB			
	40 cm GRH			
	20 cm 80/100			

BB référence 0/14 avec 36% de sable broyé de Cusset(0/2)
fraction 2/14 en granulats de la Noubleau
GB 0/14 à 4,6 % de bitume 35/50

Figure 1 : Ensemble des structures testées

L'anneau a été divisé en 4 parties d'égale longueur destinées à recevoir les chaussées des 3 entreprises et la chaussée de référence. Le support, a été amené, par rabotage des couches de roulement de l'essai précédent, à la cote voulue de façon à avoir une pente longitudinale nulle en surface. Cette cote, par rapport à la surface, est de -10 cm pour le secteur de référence, -13 cm pour les secteurs EIJL et GERLAND et -12 cm pour le secteur SCREG. Chaque entreprise a construit 2 chaussées par $\frac{1}{4}$ d'anneau. L'ensemble des structures est récapitulé sur la figure 1. Il n'est pas donné dans ce rapport d'informations supplémentaires sur les 6 chaussées des entreprises. Ces informations sont disponibles directement auprès des entreprises.

La figure 2 situe les différents secteurs sur l'anneau d'essai. Sur le secteur 1 se trouve la chaussée de référence. Sur le secteur 2, réservé à EIJL, on a la partie percolée avec du coulis de ciment. Ce sera la chaussée 2a, la seconde chaussée de ce secteur étant la chaussée 2b. De même, sur le secteur 3 dédié à GERLAND, la première chaussée revêtue de BB 0/14 sera la chaussée 3a et la partie BB 0/6 sera la chaussée 3b. Enfin sur le secteur 4, octroyé à SCREG, se trouve la partie BB 0/6 qui sera la chaussée 4a et la partie Métalflex qui sera la chaussée 4b.

La chaussée de référence occupe un $\frac{1}{4}$ d'anneau complet soit une trentaine de mètres. Cette chaussée sert de référence sur le Manège pour tous les essais d'orniérage. Elle est revêtue d'une couche de roulement de 10 cm d'épaisseur constituée par un enrobé 0/14 à 5,5% de bitume 35/50 Elf Donges. Le pourcentage de la partie sableuse 0/2 (sable de Cusset) est de 36%. La fraction 2/14 provient de la carrière de la Noubleau. Cette formulation résulte d'études menées l'année précédente pour obtenir au moins 13% d'ornière à 3000 cycles avec l'orniéreur du LCPC à 60°C.

La chaussée de référence a été construite le 20 mai 99, dans des conditions climatiques idéales, par l'agence de NANTES de l'Entreprise Jean Lefebvre. L'enrobé a été fabriqué par la centrale discontinue de la SATR, comme d'ailleurs tous les autres matériaux utilisés au cours de cet essai TVM. Le matériau a été mis en œuvre à 175°C par un finisseur VOGELLE 18100 en 2 passes (3,5 et 2,5 m de large). Le compactage s'est fait en 4 passes avec un P5 ALBARET et 5 passes avec un double bille CATERPILLAR C 534 (sans vibrations). Les compacités obtenues oscillent entre 96 et 97%. Les épaisseurs de la couche d'enrobé sont comprises entre 10 et 11 cm.

Sur la figure 1, l'implantation des thermocouples, dans le secteur 1, est schématisée. Il a été implanté dans le secteur de référence une douzaine de jauges de déformation et 2 jauges dans chacune des autres chaussées. Ces capteurs sont destinés à compléter la banque de données constituée par la Division Matériaux et Structures de Chaussées et les résultats obtenus ne sont ni fournis et à fortiori ni analysés dans ce rapport.

III-2. La configuration du Manège et des charges

Comme cela est illustré sur la figure 2, les charges ont été brochées sur 4 rayons différents : 19,5 m (TRANLOHR), 18,5 m (TVR), 17,5 m (CIVIS) et 16,5 m pour la roue de référence toujours utilisée lors des essais orniérage sur le Manège.

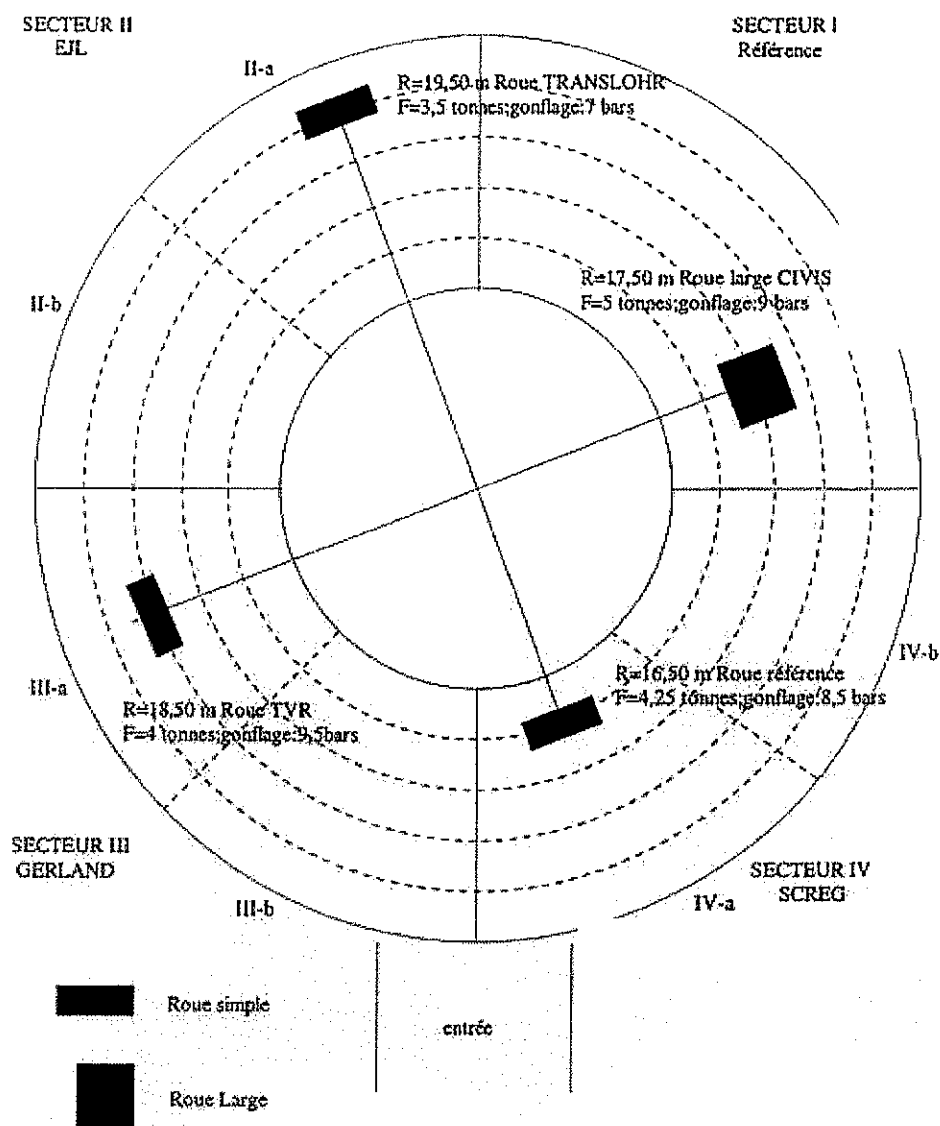


Figure 2 : Différents secteurs sur l'anneau

Les caractéristiques des roues (charge, pression position) sont récapitulées ci-dessous

bras n°	rayon	monte simple	charge (kN)	gonflage (MPa)
4	19,5 m	TRANSLOHR 385/65 R 22.5	35,0	0,70
2	18,5 m	TYR 365/80 R 20	40,5	0,95
3	17,5 m	CIVIS 495/45 R 22.5	50,25	0,90
1	16,5 m	REF. 385/45 R 22,5	42,5	0,85

Caractéristiques des charges

Les 4 configurations font l'objet des photos ci-dessous (photos 3,4,5 et 6).

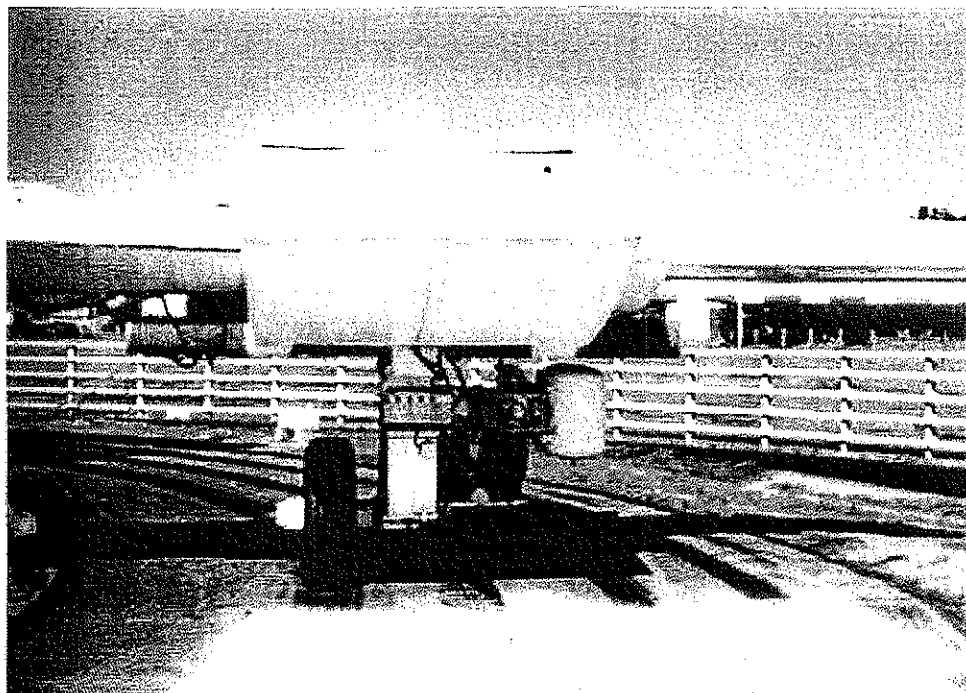


Photo 3 : Roue simple de référence ($R=16.50\text{m}$ $F=42,5\text{ kN}$)

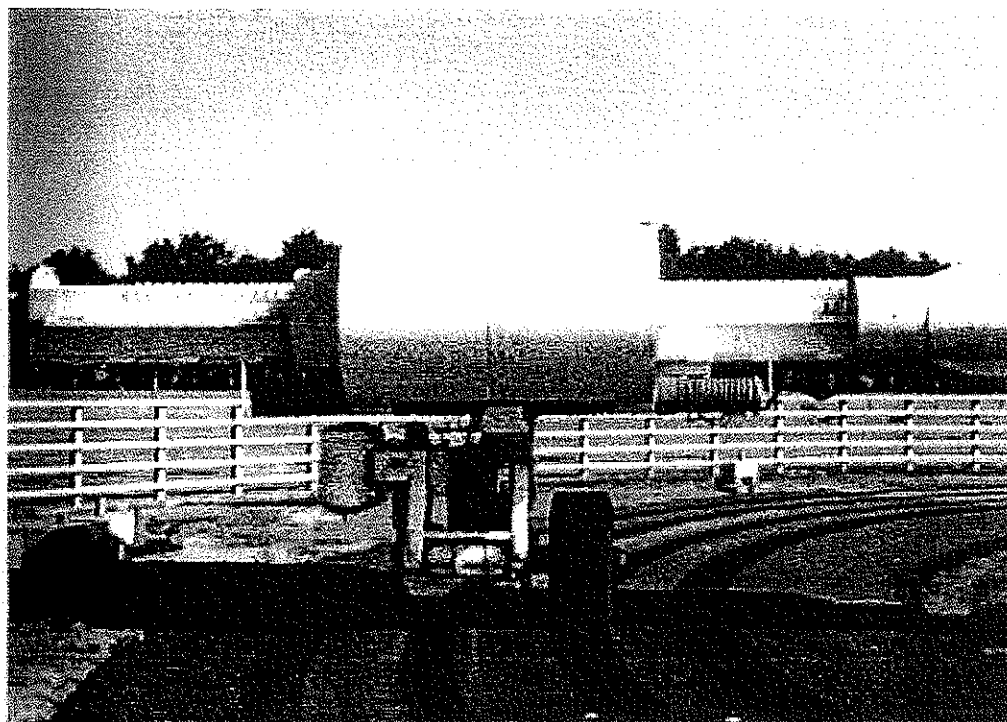


Photo 4 : Roue CIVIS ($R=17.50\text{m}$ $F=50.25\text{ kN}$)

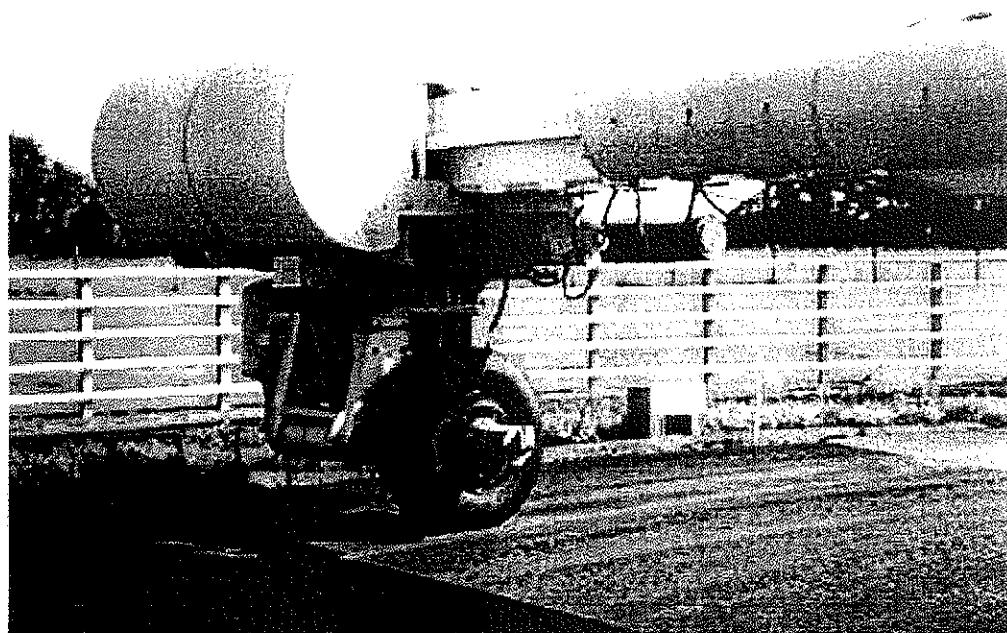


Photo 5 Roue TVR (R= 8,50 m F= 40 kN)

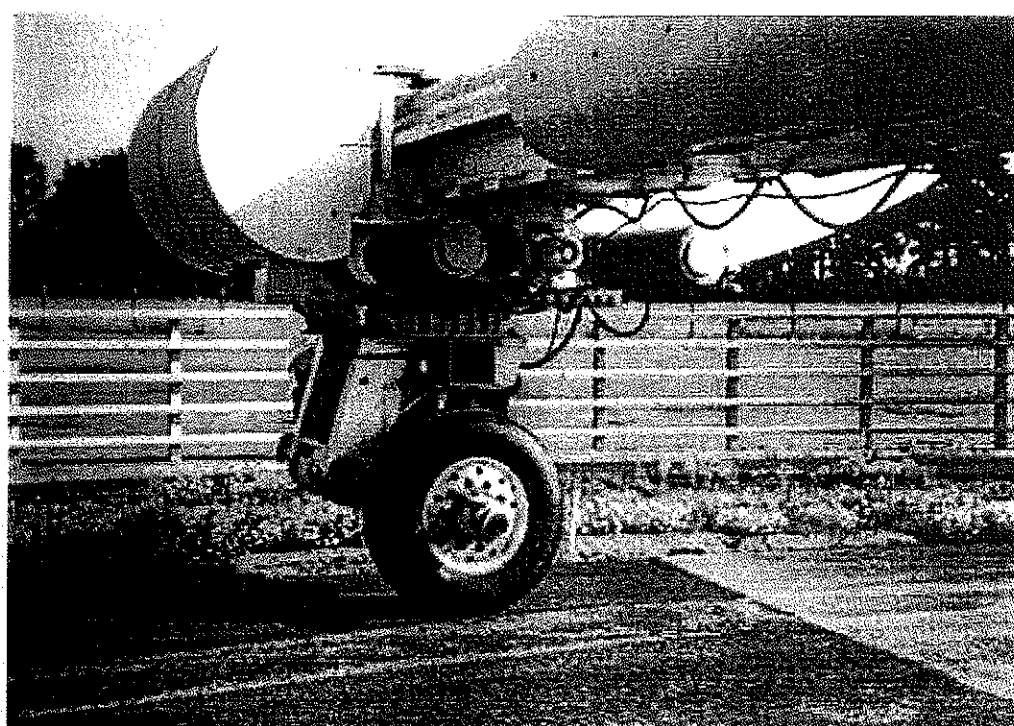
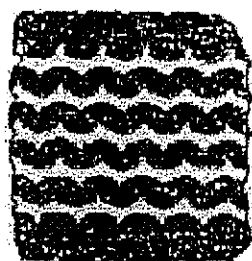
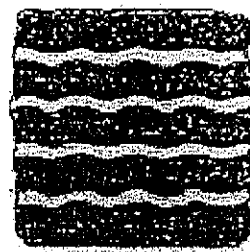


Photo 6 Roue Translohr (R= 9,50 F= kN)

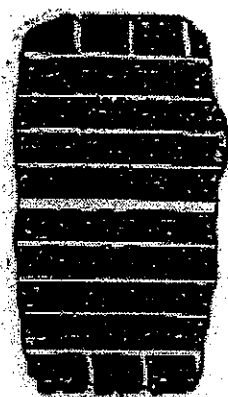
A la fin des essais il y a eu des relevés d'empreintes des roues qui figurent ci-dessous avec le calcul des pressions de contact correspondantes. Les empreintes ont été obtenues en peignant à la bombe de peinture un carton sur lequel la roue repose..



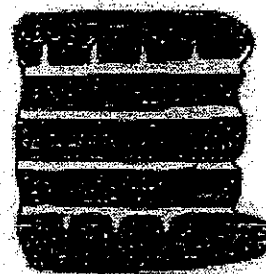
Roue Translohr F = 3.5 T
Pression gonflage = 7 bars
S=745 cm²
Pression de contact = 4,7 bars



Roue TVR F = 4T
Pression de gonflage = 9,5 bars
S=728 cm²
Pression de contact = 5,5 bars



Roue CIVIS F = 5 T
Pression de gonflage = 9bars
S=966 cm²
Pression de contact = 5,2 bars



Référence F = 4,25 T
Pression de gonflage = 9bars
S=726 cm²
Pression de contact = 5,8 bars

III-3 Les modalités de fonctionnement et de suivi

La vitesse choisie pour cet essai est la vitesse habituelle des essais orniérage soit 6, 5 tours/minute ce qui correspond à 47,8 km/h au rayon de 19,5m et 40,3 km au rayon de 16,5 m.

Pour reproduire les conditions réelles d'utilisation des 3 systèmes étudiés, le balayage des roues dans le profil en travers est nul, les charges étant donc parfaitement canalisées. Par contre pour conserver le caractère de référence de la charge du même nom, brochée à 16,5 m, il a été décidé de lui faire faire son balayage habituel de + ou - 10 cm autour de la position moyenne, 50% des charges étant appliquées sur la position centrale et 25% sur chacune des positions latérales.

L'essai a démarré le 12/07/99 et s'est terminé le 08/09/99. Au niveau du fonctionnement du Manège, les règles habituelles ont été appliquées. L'installation n'a fonctionné que pendant les périodes où la température, au sein des couches de roulement, a atteint ou dépassé 30°C. Comme à l'habitude cela s'est produit entre 11 h et 18 ou 20 h les jours de beau temps. Selon les conditions climatiques, l'installation a fonctionné pratiquement un week-end sur deux.

En ce qui concerne le suivi des essais, outre les mesures horaires de température, il y a eu uniquement des mesures d'orniérage transversaux à 0, 700, 10.000, 14.000, 19.000, 29.000, 41.000, 50.000, 64.600, 75.000, 85.000 et 100.000 chargements. Les figures 3 et 4 sont des exemples d'enregistrements obtenus à l'aide du transversoprofilographe numérique. Les ornières sont calculées automatiquement par un logiciel de traitement. Notons aussi, à la fin, des mesures de texture à la hauteur au sable.

Les mesures d'orniérage sont effectuées en 17 points repérés sur l'anneau d'essai. avec 5 points sur la chaussée de référence et 2 points sur chaque chaussée d'entreprises. En fait il y a eu 34 mesures par séquence d'essai car, sur chaque profil, il a fallu faire une mesure à l'extérieur et une mesure à l'intérieur pour avoir toute la largeur de la chaussée. Ces mesures ont été utilisées pour établir les courbes d'évolution de l'orniérage sur chaque chaussée et sous chaque configuration. A 100.000 chargements le nombre des points de mesure sur les chaussées d'entreprises a été doublé de façon à avoir une moyenne plus significative.

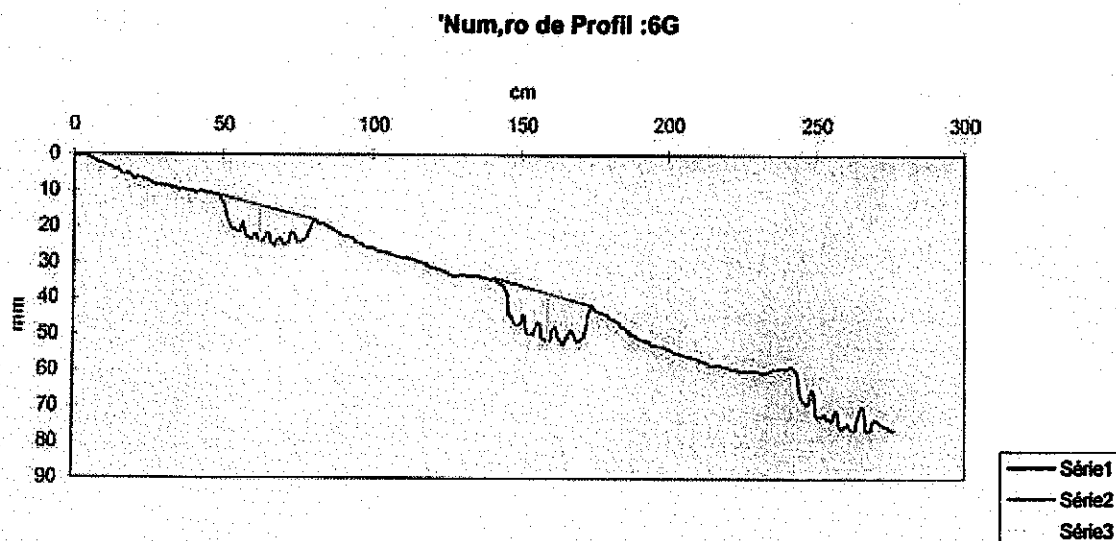


Figure 3 : Exemple d'orniérage prononcé.

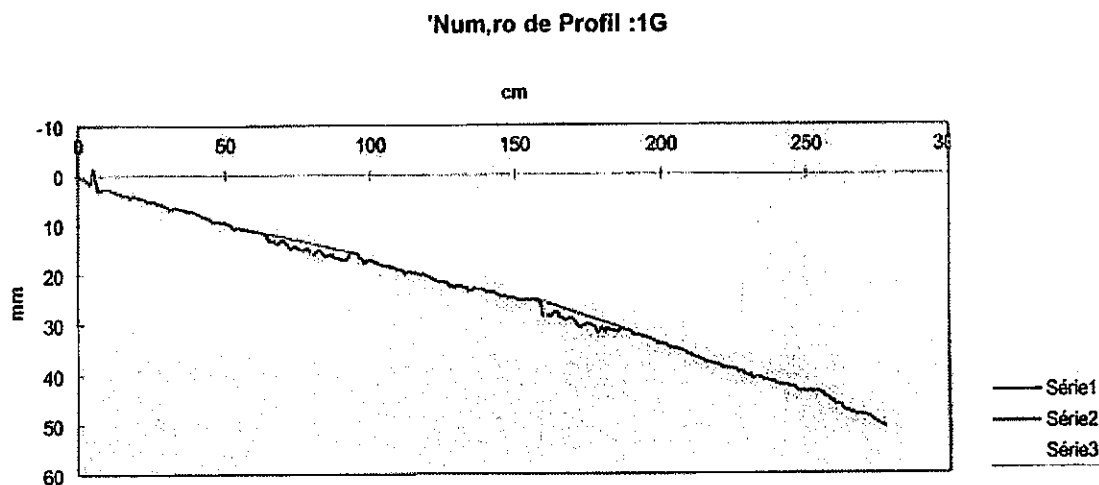


Figure 4 : Exemple d'orniérage peu prononcé

III-4 Le trafic

En prenant en compte un trafic de 1200 rames par semaine et un taux d'accroissement géométrique annuel de 1,5%, on aboutit au bout de 7 ans, à un trafic cumulé de 460.000 rames, 7 ans étant la période au bout de laquelle il est admis de procéder aux premiers travaux d'entretien. On admet que l'orniérage, n'apparaît que lorsque les températures dépassent sensiblement 30° C dans les chaussées bitumineuses. Cela ne se produit, normalement, qu'au cours des 3 mois les plus chauds de l'année, entre 11 et 20 h.. Pendant cette période, il n'y a que 60% du trafic qui s'écoule. Ceci conduit, pendant les périodes défavorables pour l'orniérage (60% du trafic pendant ¼ de l'année) à un trafic de $460.000 \times 0.6/4 = 69.000$ rames, ceci pour 7 ans soit $69.000 \times 4 = 270.000$ essieux simples.

En fait ces calculs sont pessimistes (pour l'orniérage) car il ne fera pas toujours plus de 30°C, 90 jours par an, pendant 7 ans, fusse entre 11 et 20 h et le nombre des rotations peut probablement être ramené à 100.000.

C'est ce qui a été fait pour cet essai TVM sur le Manège et officialisé dans une convention passée entre le GIE-TVM et le LCPC.

IV- Présentation des résultats

IV-1 Les conditions climatiques

Ces conditions climatiques font l'objet des 3 histogrammes de la page suivante. Le premier histogramme correspond à la température ambiante, le second à la température mesurée à 1 cm sous la surface de la chaussée de référence et le dernier à la moyenne arithmétique des températures mesurées à 1 cm, 5cm et 10cm sous la surface de la chaussée de référence.

La figure 5 associée à la température mesurée à -1 cm, le nombre de charges appliqué. On voit qu'entre 25.000 et 55.000 chargements cette température a presque toujours dépassé 45°C. En conclusion, ces courbes et histogrammes traduisent un été tout à fait normal

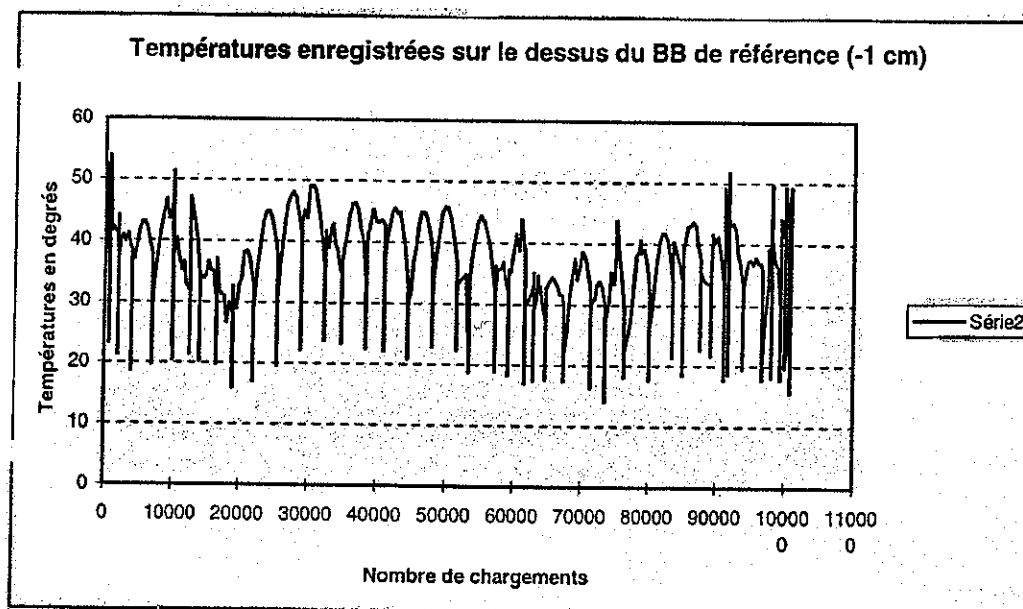
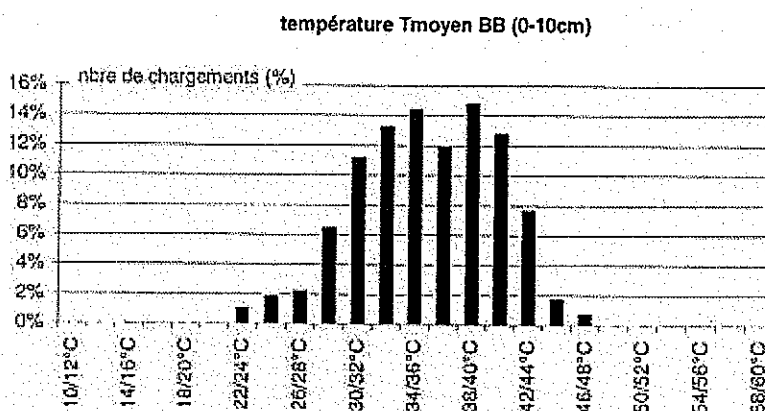
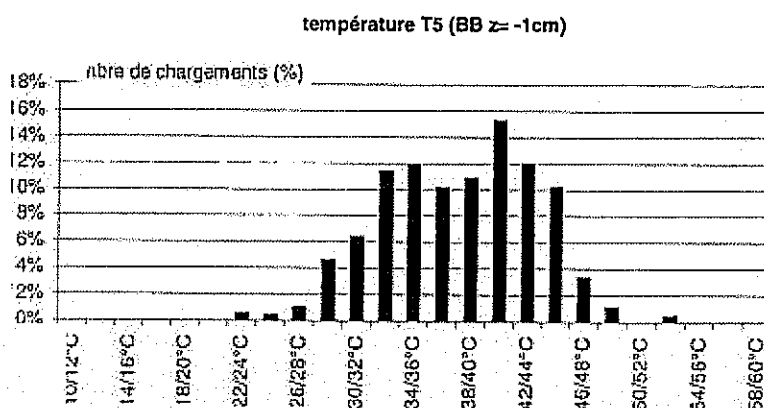
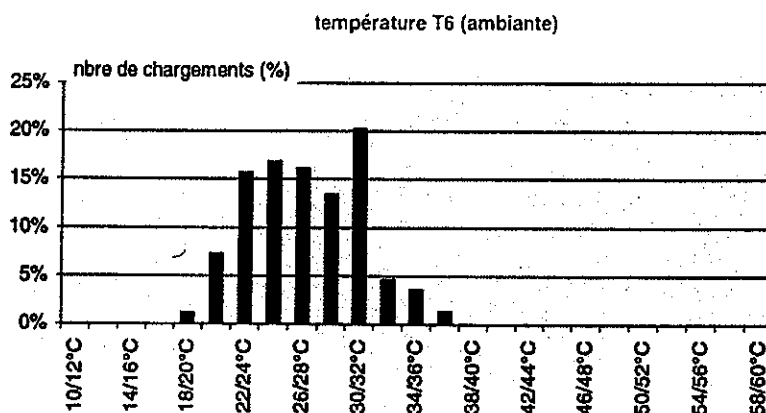


Figure 5 : enregistrement continu de la température sur la chaussée de référence



Histogramme de répartition des cycles de chargement en fonction des températures ambiante et mesurées dans la structure, pendant toute la durée de l'essai

IV-2 Les résultats des mesures de suivi de l'orniérage

Les résultats font l'objet des 4 pages suivantes, chaque page correspondant à une configuration de charge sur un des rayons de rotation. Sur chaque page se trouvent les tableaux de résultats chiffrés des profondeurs de l'orniérage des différentes chaussées en fonction du trafic exercé et les courbes d'évolution correspondantes.

Les résultats concernant la chaussée 2a (BB percolé par un coulis de ciment) ne figurent pas sur ces pages car l'orniérage y est inférieur à la précision de l'appareil de mesures. On notera cependant l'apparition sur cette chaussée d'une micro-fissuration.

De tous ces résultats il apparaît nettement la bonne tenue générale des chaussées d'entreprises, vis à vis de l'orniérage, par rapport à la chaussée de référence. La comparaison entre elles de ces différentes chaussées s'avère, par contre, plus délicate.

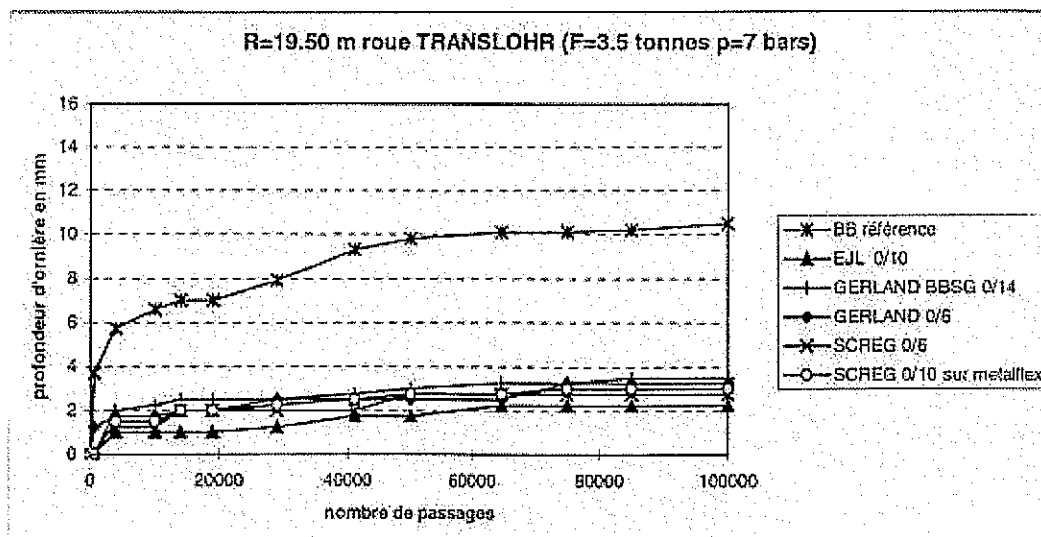
Cette évolution de l'orniérage justifie, à posteriori, le choix initial de 100.000 chargements pour obtenir des résultats significatifs au cours de cet essai.

Les photos des pages suivantes illustrent l'état des chaussées en fin d'essai (photos 7,8,9,10,11 ;12 et 13).

L'essai d'orniérage TVM sur le Manège de fatigue du Lcpc - juillet-septembre 1999 : rapport d'étude

R=19,50 m
F=3,5 Tonnes
p=7 bars
Roue Translohr
385/65 R22,5

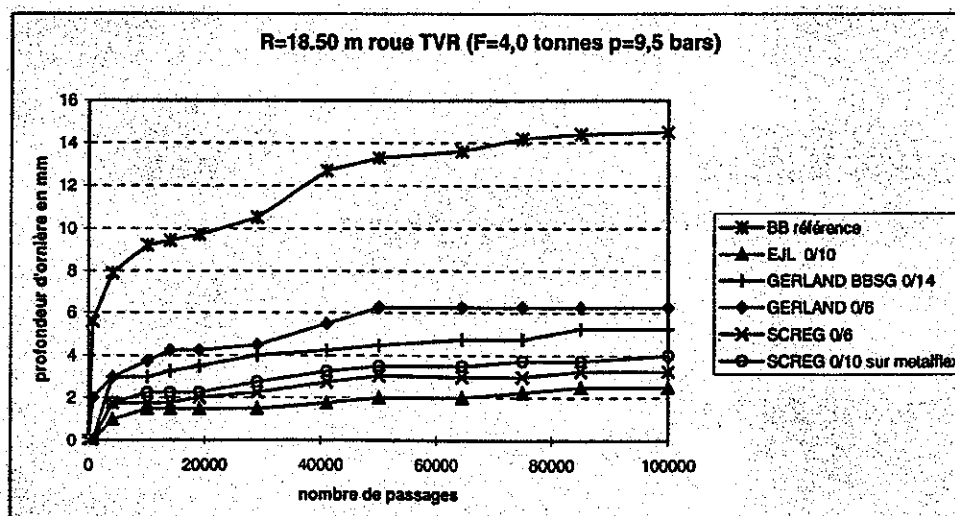
	Nb de passages	0	700	4000	10000	14000	19000	29000	41000	50000	64600	75000	85000	10 ⁵
Pts														
1 SCREG 0/6		0	1.5	1.5	2	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
2		0	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
moyenne		0	1.25	1.25	2	2	2	2	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
3 SCREG Métalflex		0	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3	3	3	3	3	3
4		0	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3
moyenne		0	1.5	1.5	2	2	2.25	2.5	2.75	2.75	3	3	3	3
5 Référence		0	3	5	6.5	6.5	6.5	8	9.5	10	10	10	10.5	10.5
6		0	4	5.5	6.5	7	7	8	9.5	10.5	10	10	10	10.5
7		0	4.5	7.5	8	8.5	8.5	9	11	11	12.5	12.5	12.5	13
8		0	4	6	6	6.5	6.5	7.5	8	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
9		0	3	4.5	6	6.5	6.5	7	8.5	9	9.5	9.5	9.5	10
moyenne		0	3.7	5.7	6.6	7	7	7.9	9.3	9.8	10.1	10.1	10.2	10.5
10 E.J.L coulis		0												
11		0												
12 E.J.L 0/14		0	1	1	1	1	1.5	2	2	3	3	3	3	3
13		0	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
moyenne		0	1	1	1	1	1.25	1.75	1.75	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
14 GERLAND 0/14		0	2	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
15		0	2	2	2	2	2	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5	3.5
moyenne		0	2	2.25	2.5	2.5	2.5	2.75	3	3.25	3.25	3.5	3.5	3.5
16 GERLAND 0/6		0	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
17		0	1.5	2	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	4
moyenne		0	1.3	1.75	1.75	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	3.25	3.25	3.25



L'essai d'orniérage TVM sur le Manège de fatigue du Lcpc - juillet-septembre 1999 : rapport d'étude

R=18,50 m
F=4,0 Tonnes
p=9,5 bars
Roue TVR
365/80 R20

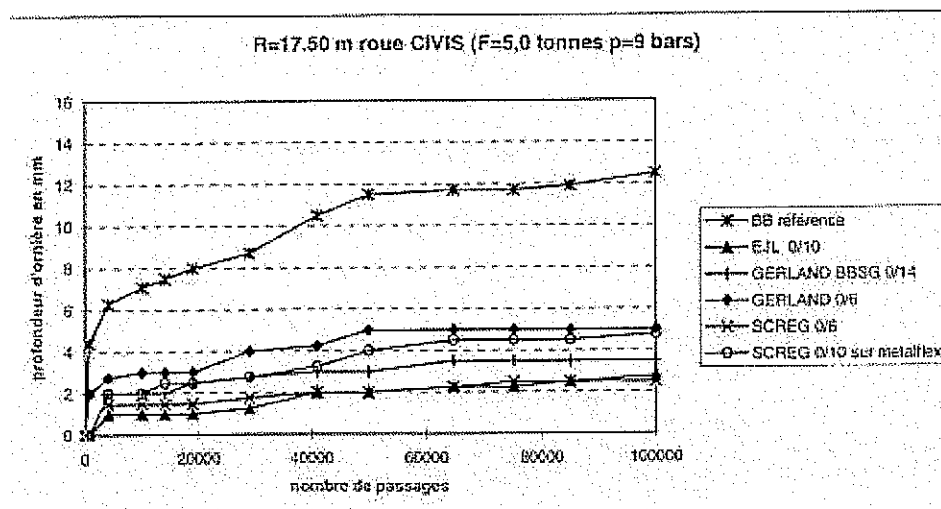
		Nb passages												
		de 0	700	4000	10000	14000	19000	29000	41000	50000	64600	75000	85000	10 ⁵
Pts														
1	SCREG 0/6	0	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2.5	2.6	2.5	2.5	3	3	
2		0	2	2	2	2.5	2.5	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
moyenne		0	1.75	1.75	1.75	2	2.25	2.75	3.05	3	3	3.25	3.25	
3	SCREG Métalflex	0	2	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5	4	4	4.5	4.5	4.5	
4		0	1.5	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3.5
moyenne		0	1.75	2.25	2.25	2.25	2.75	3.25	3.5	3.5	3.75	3.75		
5	Référence	0	4	6.5	7.5	8.5	8.5	9.5	12	13.5	13.5	15	15	15
6		0	5	9	9.5	9.5	10.5	11	13	13	13.5	14	14	14
7		0	7	9.5	12	12	12	12.5	15	15.5	16	17	17	17.5
8		0	6.5	7.5	8	8	8.5	9.5	11	12	12	12	12	12
9		0	5.5	7	9	9	9	10	12.5	12.5	13	13	14	14
moyenne		0	5.6	7.9	9.2	9.4	9.7	10.5	12.7	13.3	13.6	14.2	14.4	14.5
10	EJL coulis	0												
11		0												
12	EJL 0/14	0	1	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3	3	3
13		0	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	2
moyenne		0	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.75	2	2	2.25	2.5	2.5	
14	GERLAND 0/14	0	3	3	3.5	4	4	4.5	5	5	5	5.5	5.5	5.5
15		0	3	3	3	3	4	4	4	4.5	4.5	5	5	5
moyenne		0	3	3	3.25	3.5	4	4.25	4.5	4.75	4.75	5.25	5.25	
16	GERLAND 0/6	0	2.5	3	3.5	4	4	4.5	5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
17		0	1.5	3	4	4.5	4.5	4.5	6	6	6	6	6	6
moyenne		0	2	3	3.75	4.25	4.25	4.5	5.5	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25



L'essai d'orniérage TVM sur le Manège de fatigue du Lcpc - juillet-septembre 1999 : rapport d'étude

R=17,50 m
F=5,0 Tonnes
p=9 bars
Roue CIVIS
495/45 R22,5

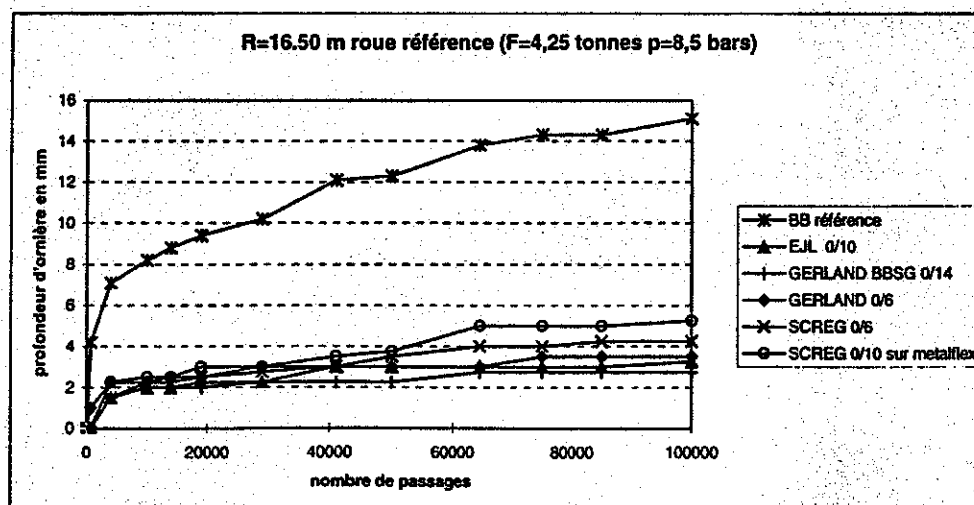
Nb de passages		0	700	4000	10000	14000	19000	29000	41000	50000	64600	75000	85000	10 ⁵
Pts														
1	SCREG 0/6	0		1		1		1	1.5	1.5	1.5	2	2	2
2		0		2	2	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3
moyenne		0		1.5	5	1.5	1.5	1.75	2	2	2.25	2.5	2.5	2.5
3	SCREG	0		2	2	2.5	2.5	3	3.5	4	5	5	5	5
Métalflex														
4		0		2	2	2.5	2.5	2.5	3	4	4	4	4	4.5
moyenne		0		2	2	2.5	2.5	2.75	3.25	4	4.5	4.5	4.5	4.75
5	Référence	0	3	5.5	6.5	7	7.5	8	10	11	11	11	11.5	12
6		0	5	7	8	8	10	11	12	13	13	13	13	14
7		0	4.5	7	8	8	8	8.5	11.5	13.5	14	14	14	14
8		0	6.5	8	8	9	9	9.5	11	11	11.5	11.5	11.5	12.5
9		0	3	4	5	5.5	5.5	6.5	8	9	9	9	9.5	10
moyenne		0	4.4	6.3	7.1	7.5	8	8.7	10.5	11.5	11.7	11.7	11.9	12.5
10	EJL coulis	0												
11		0												
12	EJL 0/14	0		1	1	1	1	1.5	2	2	2	2	2	2.5
13		0		1	1	1	1	1	2	2	2.5	2.5	3	3
moyenne		0		1	1	1	1	1.25	2	2	2.25	2.25	2.5	2.75
14	GERLAND 0/14	0		2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
15		0		2	2	2	2	2.5	3	3	3	3	3	3
moyenne		0		2	2	2	2.5	2.75	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5
16	GERLAND 0/6	0	1.5	2	2	2	2	3	3.5	4	4	4	4	4
17		0	2.5	3.5	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6
moyenne		0	2	2.75	3	3	3	4	4.25	5	5	5	5	5



L'essai d'orniérage TVM sur le Manège de fatigue du Lcpc - juillet-septembre 1999 : rapport d'étude

R=16,50 m
F=4,25 Tonnes
8,5 bars
Roue Référence
385/45 R22,5

Nb de passages		0	700	4000	10000	14000	19000	29000	41000	50000	64600	75000	85000	10 ⁵
Pts														
1	SCREG 0/6	0	1		2	2.5	3	3	3.5	4	4	4.5	4.5	
2		0	2		2.5	2.5	2.5	3	3.5	4	4	4	4	
	moyenne	0	1.5		2.25	2.5	2.75	3	3.5	4	4	4.25	4.25	
3	SCREG Métalflex	0	2.5		2.5	3	3	3.5	4	6	6	6	6	
4		0	2		2.5	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4.5	
	moyenne	0	2.25		2.5	3	3	3.5	3.75	5	5	5	5.25	
5	Référence	0	3	6.5	6.5	8	8	8.5	11	11		13		13
6		0	3.5	7	8	9	10	11	12.5	12.5		14		15
7		0	3.5	6.5	8	8	8.5	8.5	11	12		13		14
8		0	7	10.5	11	11	12.5	13	14	14		17		18
9		0	4	5	7.5	8	8	10	12	12		14.		15.5
	moyenne	0	4.2	7.1	8.2	8.8	9.4	10.2	12.1	12.3		14.		15.1
10	EJL coulis	0												
11		0												
12	EJL 0/14	0	2	2	2	2.5	2.5	3	3	3	3	3	3	3.5
13		0	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
	moyenne	0	1.5	2	2	2.25	2.25	3	3	3	3	3	3	3.25
14	GERLAND 0/14	0	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
15		0	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	2	3	3	3	3	3
	moyenne	0	1.5	2	2	2	2.25	2.25	2.25	2.75	2.7	2.75	2.75	2.75
16	GERLAND 0/6	0	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
17		0	1	2.5	2.5	3	3	4	4	4	4	4	4	4
	moyenne	0	1	2.25	2.25	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5



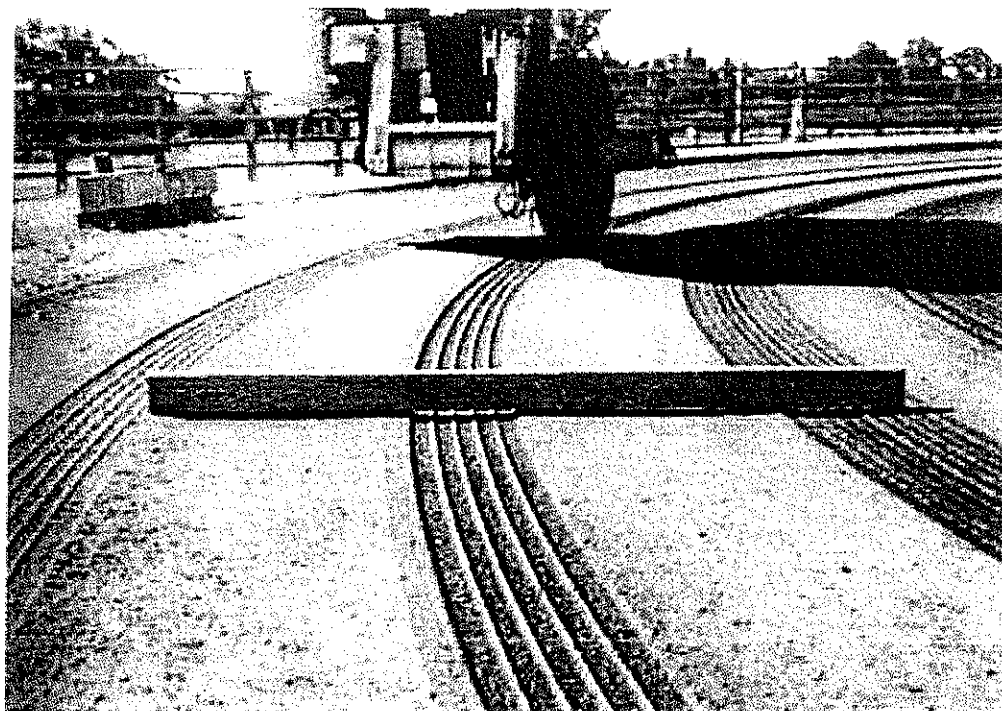


Photo 7 : Structure I de référence

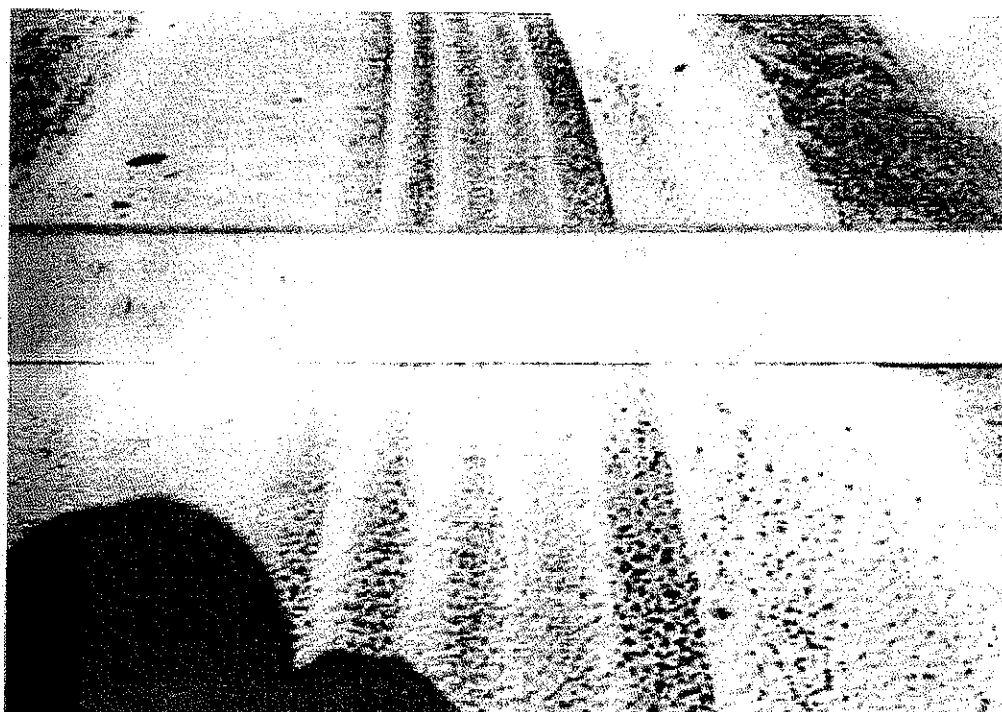


Photo 8 : Structure II-a EJL (BB percolé par coulis de ciment)

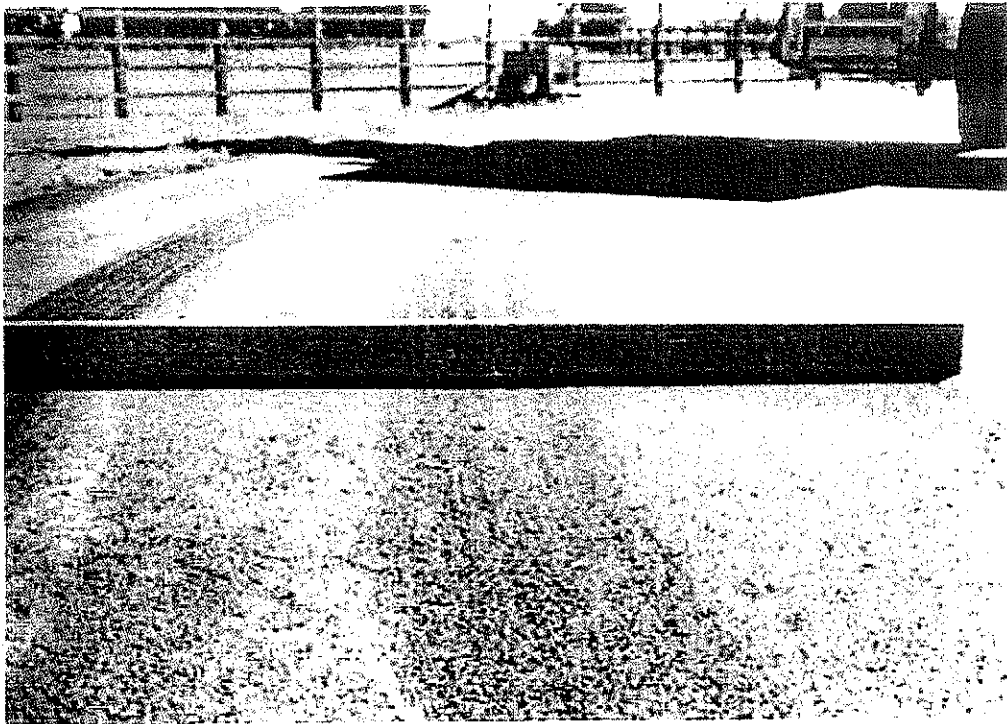


Photo 9 : Structure II-b EJL (BB 0/10)



Photo 10 : Structure III-a GERLAND (BB 0/14)

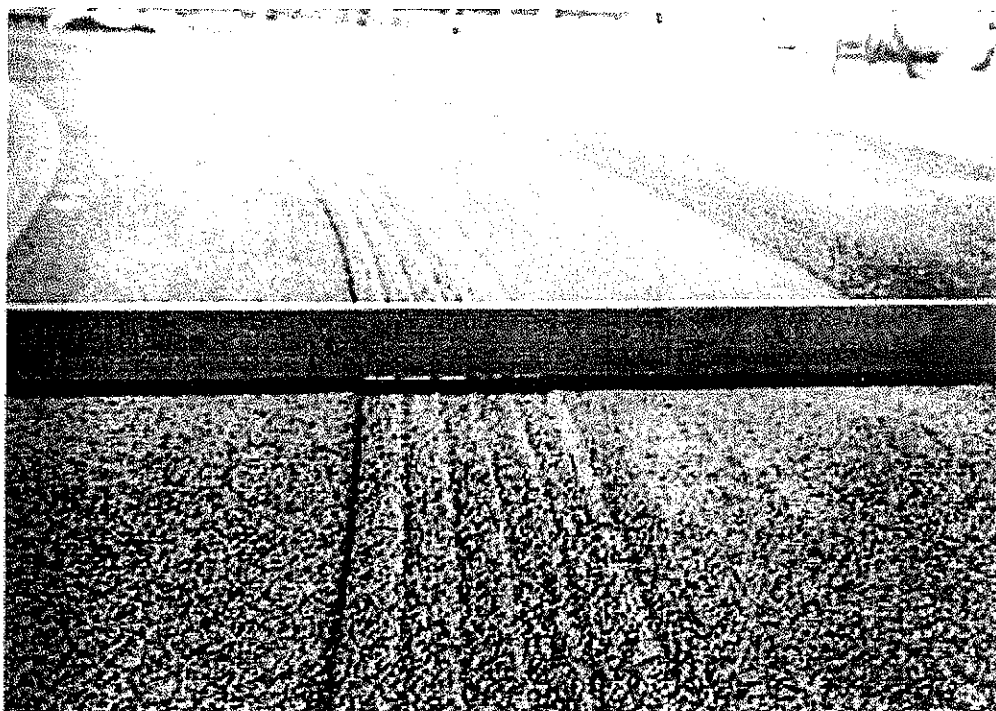


Photo 11 : Structure III-b GERLAND (BB 0/6)



Photo 12 : Structure IV-a SCREG (BB 0/6)

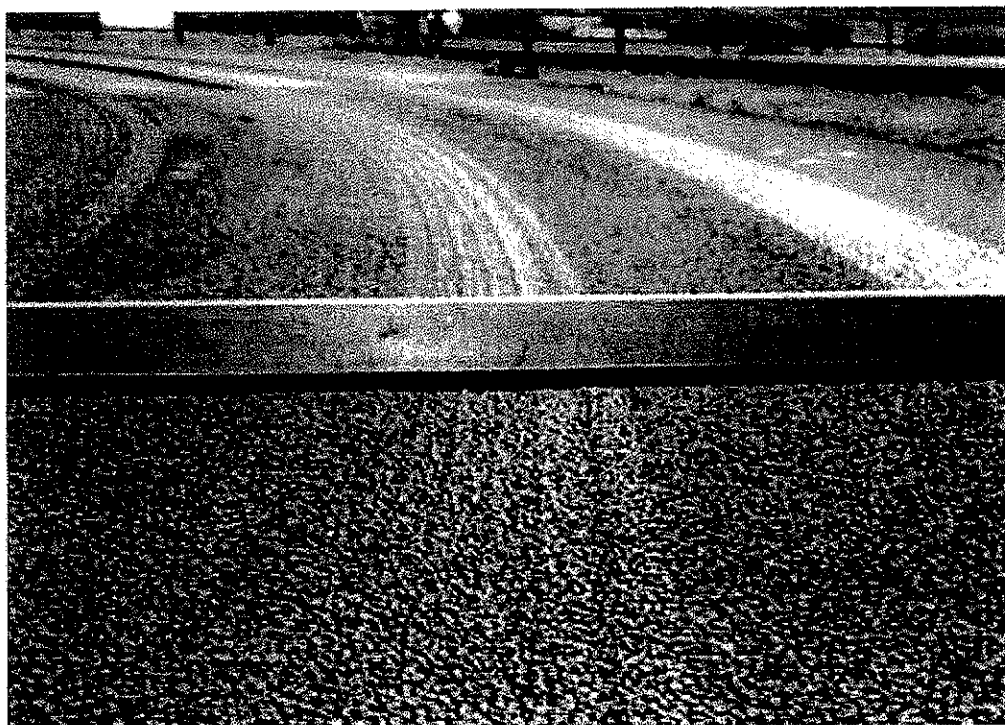


Photo 13 : Structure IV-b SCREG (Métalflex)

IV-3 Les résultats finaux à 100.000 chargements

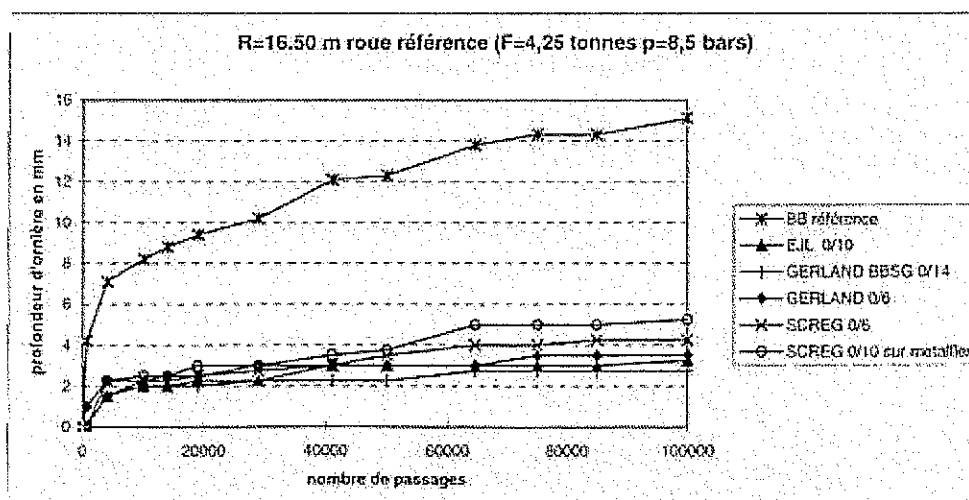
IV-3.1 Orniérage

Les tableaux ci-dessous récapitulent les derniers résultats des mesures d'orniérage réalisées en fin d'essai sur les chaussées d'entreprises en doublant le nombre des points de mesure (4 points par chaussée). La chaussée 2a n'est pas concernée par ces mesures pour les raisons mentionnées ci-dessus.

L'essai d'orniérage TVM sur le Manège de fatigue du Lcpc - juillet-septembre 1999 : rapport d'étude

R=16,50 m
F=4,25 Tonnes
8,5 bars
Roue Référence
385/45 R22,5

Nb de passages		0	700	4000	10000	14000	19000	29000	41000	50000	64600	75000	85000	10 ⁵
Pts														
1	SCREG 0/6	0	1	2	2	2.5	3	3	3.5	4	4	4.5	4.5	
2		0	2	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3.5	4	4	4	4	
	moyenne	0	1.5	2.25	2.25	2.5	2.75	3	3.5	4	4	4.25	4.25	
3	SCREG Métalflex	0	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	4	6	6	6	6	
4		0	2	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4.5	
	moyenne	0	2.25	2.5	2.5	3	3	3.5	3.75	5	5	5	5.25	
5	Référence	0	3	6.5	6.5	8	8	8.5	11	11	12.5	13	13	13
6		0	3.5	7	8	9	10	11	12.5	12.5	14	14	14	15
7		0	3.5	6.5	8	8	8.5	8.5	11	12	12.5	13	13	14
8		0	7	10.5	11	11	12.5	13	14	14	16	17	17	18
9		0	4	5	7.5	8	8	10	12	12	14	14.5	14.5	15.5
	moyenne	0	4.2	7.1	8.2	8.8	9.4	10.2	12.1	12.3	13.8	14.3	14.3	15.1
10	EJL coulis	0												
11		0												
12	EJL 0/14	0	2	2	2	2.5	2.5	3	3	3	3	3	3	3.5
13		0	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
	moyenne	0	1.5	2	2	2.25	2.25	3	3	3	3	3	3	3.25
14	GERLAND 0/14	0	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
15		0	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	2	3	3	3	3	3
	moyenne	0	1.5	2	2	2	2.25	2.25	2.25	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
16	GERLAND 0/6	0	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
17		0	1	2.5	2.5	3	3	4	4	4	4	4	4	4
	moyenne	0	1	2.25	2.25	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5



ROUE TRANLOHR- R=19,5 m

Chaussée	Secteur.	Entreprise	Mesures en mm	Moyenne en mm
4a	4	SCREG	2,5-3,0-3,0-2,5	2,7
4b	4	SCREG	3,0-3,0-3,0-3,0	3,0
2b	2	EJL	3,0-2,0-1,5-1,5	2,0
3a	3	GERLAND	3,5-3,0-3,5-3,0	3,2
	3	GERLAND	2,5- 2,5-4,0-4,0	

ROUE TVR - R=18,5 m

4a	4	SCREG	3,0-4,0-3,5-3,0	3,3
4b	4	SCREG	4,5-3,0-3,5-2,5	3,3
2b	2	EJL	3,0-2,5-2,0-2,5	2,5
3a	3	GERLAND	5,5-4,0-5,0-3,5	4,5
	3	GERLAND	6,5-5,5-6,0-6,0	

ROUE CIVIS - R=17,5 m

4a	4	SCREG	2,0-3,5-3,0-4,0	3,1
4b	4	SCREG	5,0-4,5-4,5-5,0	4,7
2b	2	EJL	2,5-2,5-3,0-3,0	2,7
3a	3	GERLAND	4,0-3,0-3,0-3,5	3,3
	3	GERLAND	4,0-3,5-6,0-6,0	

ROUE REFERENCE - R=16,5 m

4a	4	SCREG	4,5-4,5-4,0-3,0	4,0
	4	SCREG	6,0-5,0-4,5-7,0	
	2	EJL	3,5-3,0-3,0-4,0	
	3	GERLAND	2,5-3,0-3,0-2,0	
	3	GERLAND	3,0-3,5-4,0-5,0	

Pour la chaussée de référence, les orniérages finaux, mesurés en 5 points, aux différents rayons, sont les suivants :

Rayon m	Roue	Résultats en mm	Moyenne
19,5	Translohr	10,5-10,5-13,0-8,5-10	10,5
18,5	TVR	15,0-14,0-17,5-12,0-14,0	14,5
17,5	Civis	12,0-14,0-14,0-12,5-10,0	12,5
	Référence	13,0-15,0-14,0-18,0-15,5	

Résultats des mesures d'orniérage finaux sur la chaussée de référence

IV-3.2 Texture

Des mesures de hauteurs au sable ont été réalisées sur toutes les planches en fin d'expérience.

Pour chaque 1/8 de secteur il y a eu 2 mesures réalisées en dehors des traces de roulement (trafic=0), et dans la trace circulée du train de roulement ayant donné la plus grande profondeur d'ornière à R=18,50m sous la roue TVR. (F=4 tonnes, pression gonflage=9,5 bars).

Les résultats sont les suivants :

Structures	Matériaux	Zone non circulée	Zone circulée
Structure IV-a	BB 0/6 SCREG	1,7	1,9
Structure IV-a	BB 0/6 SCREG	1,6	1,7
Structure IV-b	BB 0/10 Metaflex SCREG	1,6	1,6
Structure IV-b	BB 0/10 Metaflex SCREG	1,6	1,5
Structure I	BB 0/14 Référence	0,49	Pas possible (stries)
Structure I	BB 0/14 Référence	0,53	Pas possible (stries)
Structure I	BB 0/14 Référence	0,53	Pas possible (stries)
Structure II-a	BB 0/10 coulis ciment EJJ		0,49
Structure II-a	BB 0/10 coulis ciment EJJ	0,55	0,51
Structure II-b	BB 0/10 EJJ	0,72	0,63
Structure II-b	BB 0/10 EJJ	0,59	0,58
Structure III-a	BB 0/14 GERLAND	0,75	0,95
Structure III-a	BB 0/14 GERLAND	0,75	0,95
Structure III-b	BB 0/6 GERLAND	1,0	1,3
	BB 0/6 GERLAND	1,0	

V- Analyse des résultats

V-1. Aspect chaussées

On retrouve, sur les courbes d'évolution de l'orniérage de la chaussée de référence, la période « chaude » de l'essai, entre 25.000 et 55.000 chargements. Cela se traduit par un changement de pente puis par une allure asymptotique lorsque l'on va sortir de cette période privilégiant l'orniérage. Ces allures sont moins nettes sur les chaussées d'entreprise mais on en voit les tendances au moins sous les roues TVR et CIVIS. Par contre on constate, partout, comme à l'habitude, le démarrage brutal de l'orniérage dû au post-compactage des chaussées.

La chaussée de référence est de 2 à 5 fois plus orniérée que ne le sont les chaussées d'entreprises.

Mis à part cette chaussée de référence, il serait illusoire de vouloir classer les chaussées, en fonction de l'orniérage, sous les roues TRANSLOHR et Référence où les orniérages finaux se retrouvent tous dans une fourchette de moins de 2 mm.

Par contre, au niveau des roues CIVIS et, surtout, TVR, il apparaît des nuances

La chaussée 2b (0/14 Ejl) est la moins orniérable de toutes les chaussées d'entreprises (en ne tenant toujours pas compte de la chaussée 2a d'Ejl).

A l'inverse, c'est la chaussée 3b (GERLAND 0/6) qui présente l'orniérage le plus marqué.

Entre ces 2 extrêmes on trouve la chaussée 4a (SCREG 0/6) très proche de la chaussée 2b puis, enfin, les chaussées 4b (SCREG Métalflex) et 3a (GERLAND 0/14) dont les classements s'inversent entre la roue CIVIS et la roue TVR.

Le classement proposé s'établit donc ainsi, dans l'ordre croissant de l'orniérage :

chaussée 2b (Ejl 0/14)
chaussée 4a (SCREG 0/6), 4b (Métalflex) et 3a (GERLAND 0/14)
chaussée 3b (GERLAND 0/6)

Tout le monde est conscient que ces nuances n'ont pas une grande signification pratique dans la réalité et que le fait important est que toutes les solutions d'entreprises présentent un comportement satisfaisant vis à vis de l'orniérage par rapport à la chaussée de référence.

En ce qui concerne la texture des chaussées et leur évolution, on ne note pratiquement pas d'évolution de cette texture avec le trafic si ce n'est une mesure sur les produits GERLAND. Cette comparaison entre zones circulées et non circulées est rendue délicate, voire impossible, par la présence des stries créées par les sculptures des pneumatiques. Pour les parties non circulées on remarque les meilleures valeurs des produits SCREG par rapport aux autres produits et notamment par rapport à l'enrobé de référence.

V-2 Aspect configuration de charge

Il ne suffit pas, pour classer les charges en fonction de leur agressivité vis à vis de l'orniérage, de comparer les moyennes des profondeurs d'ornière obtenues sous chacune de ces charges. Il y a, en effet, sur un Manège circulaire, comme celui du LCPC, un effet rayon qui augmente l'orniérage quand le rayon diminue. Ce phénomène est dû aux effets conjugués de l'augmentation du cisaillement et de la diminution de la vitesse lorsque le rayon de rotation décroît. Autrement dit, si il y avait les mêmes configurations de charge sur chaque rayon, on aurait un orniérage qui diminuerait régulièrement du plus petit des rayons au plus grand.

On a souvent eu sur le Manège des essais d'orniérage où on retrouvait les mêmes configurations de charge sur des rayons différents. Cela a permis d'établir que la relation profondeur d'ornière - rayon de rotation, dans le domaine de variation étudié :

- est linéaire pour un matériau et une configuration de charge donnés, .
et que la pente négative est pratiquement insensible à la configuration de charge et dépend uniquement du matériau et, sans doute, du balayage exercé.

En ce qui concerne l'ensemble chaussée-charge-balayage de référence, il a été observé, lors d'essais passés, que la variation d'orniérage avec le rayon était de - 2mm/m. Ces considérations vont permettre d'avoir une valeur d'orniérage corrigé pour la charge de référence sur les rayons parcourus par les configurations TRANSLOHR, TVR et CIVIS et donc de classer les effets de ces charges les unes par rapport aux autres.

Ces valeurs de référence sont de

- 15,1-2=13,1 mm pour CIVIS,
- 11,1 pour TVR
- 9,1 pour TRANSLOHR.

En ramenant tout en coordonnées réduites on trouve, en définitive, un classement par rapport à la valeur de référence :

Charge de référence	15,1/15,1 =	1,00
CIVIS	12,5/13,1 =	0,95
TVR	14,5/11,1 =	1,31
TRANSLOHR	10,5/9,1 =	1,15

On ne peut pas comparer directement l'agressivité des configurations par rapport à la charge de référence puisque celle-ci effectue un balayage. Par contre, on peut classer l'agressivité de ces configurations entre elles. C'est évidemment la configuration TVR qui est la plus agressive avec 1,3 fois plus que la valeur de référence (il suffit d'ailleurs de remarquer que l'orniérage provoqué par la roue TVR est supérieur à celui de la roue CIVIS alors que cette roue TVR roule sur un plus grand rayon que la roue CIVIS). On peut penser qu'avec un même balayage les configurations TVR et Référence auraient des effets très comparables. C'est d'ailleurs ce que montre les pressions de contact de ces configurations qui ne diffèrent

qu'un peu plus de 5%. En ce qui concerne les configurations CIVIS et TRANSLOHR on trouve un léger avantage pour CIVIS ce qui va un peu à l'encontre de ce que l'on pouvait penser au vu des charges, des pressions pneus et des pressions de contact.

VI- Conclusions

Cet essai TVM s'est déroulé dans de bonnes conditions techniques et climatiques. Les constructions des chaussées d'entreprises se sont déroulées sans trop de problèmes malgré la reprise de certaines parties et la mise en œuvre de liants hydrauliques demandant au moins 28 jours de prise.

Les résultats obtenus sont relativement clairs. On a pu classer les chaussées des entreprises en fonction de l'orniérage, on pourrait dans certains cas plutôt parler de marquage, produits par les différentes charges. On a pu surtout vérifier les qualités anti orniérantes de l'ensemble des chaussées des entreprises.

Au niveau des configurations de charge, la configuration TVR s'est révélée comme étant la plus agressive et comparable à la configuration de référence. Les 2 autres configurations se classent, l'une par rapport à l'autre, de manière inverse à ce que l'on aurait pu prévoir avec un léger avantage pour la roue CIVIS. La réponse se trouve peut-être dans les caractéristiques des pneus utilisés.

ANNEXE 9

CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES

GRANULATS MOULINS LES VILLETES ESSAI MDE

N° d'origine :
N°PV : D 52 0568 02
43b/RC
DATE : 06,06,00

Essai MDE

NF P 18-572

Chantier **R.N. 88 Pont Salomon**

Technicien **R.Callies**

Destinataire:

- M. Teyssier E JL
- DDE 43 et CETE 63
- Cit Labo

Nature du matériau : **6 / 10 concassé**

Echantillon n° 545

Origine du matériau : **MOULIN Les Villettes**

Mode de prélèvement : **Stock le 23,05,00**

Production 2000

Dédestination du matériau: **Enrobés**

Classe granulaire	6 / 10
Masse initiale (g) M	500
Masse totale de la charge (g)	2000
Quantité d'eau (l)	2,5
Temps d'essai (min)	120

RESULTATS :

Refus au tamis de 1.6 mm (g) : m' = **449**
Passant au tamis de 1.6 mm (g) : m = **51**

MDE = 10

Observation :

Matériel utilisé : <ul style="list-style-type: none">- Balance B5- Tamis TAMMDE- Etuve E5- MDE 1	VISA :
--	---------------------------

AGREMENT LABOROUTE N° 95-31

Laboratoire E JL Sud-Est ; 77, Ave du Progrès . 69680 Chassieu ; Tel. : 04.72.47.68.37. , Fax : 04.72.47.68.39.

ANNEXE 10

CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES

GRANULATS MOULINS LES VILLETES ESSAI LOS ANGELES

N° d'origine :
N°CR : D 52 0568 02
43a/RC
DATE : 06,06,00

Essai LOS ANGELES

Chantier R.N. 88 Pont Salomon

TECHNICIEN : R. Callies

Destinataire:

- M. TEYSSIER E JL
- DDE 43 et CETE 63
- Clt Labo

Nature du matériau : **6 / 10 concassé**

Echantillon n° 545

Origine du matériau : **MOULIN Les Villettes**

Mode de prélèvement : **Stock le 23,05,00**

Production 2000

Destination du matériau : **Enrobés**

Classe granulaire	6 / 10
Masse initiale (g) M	5000
Nombre de boulets	9
Masse totale de la charge (g)	3905
Nombre de rotations	500

RESULTATS :

Refus au tamis de 1.6 mm (g) m' = 3763,0

Passant au tamis de 1.6 mm (g) m = 1237,0

$$LA = (m/5000) \cdot 100$$

LA = 25

Observation :


Matériel utilisé :	VISA :
- Balance B5 - Tamis TAMLOS	- Etuve E5 - LOS 1

AGREMENT LABOROUTE N° 95-31

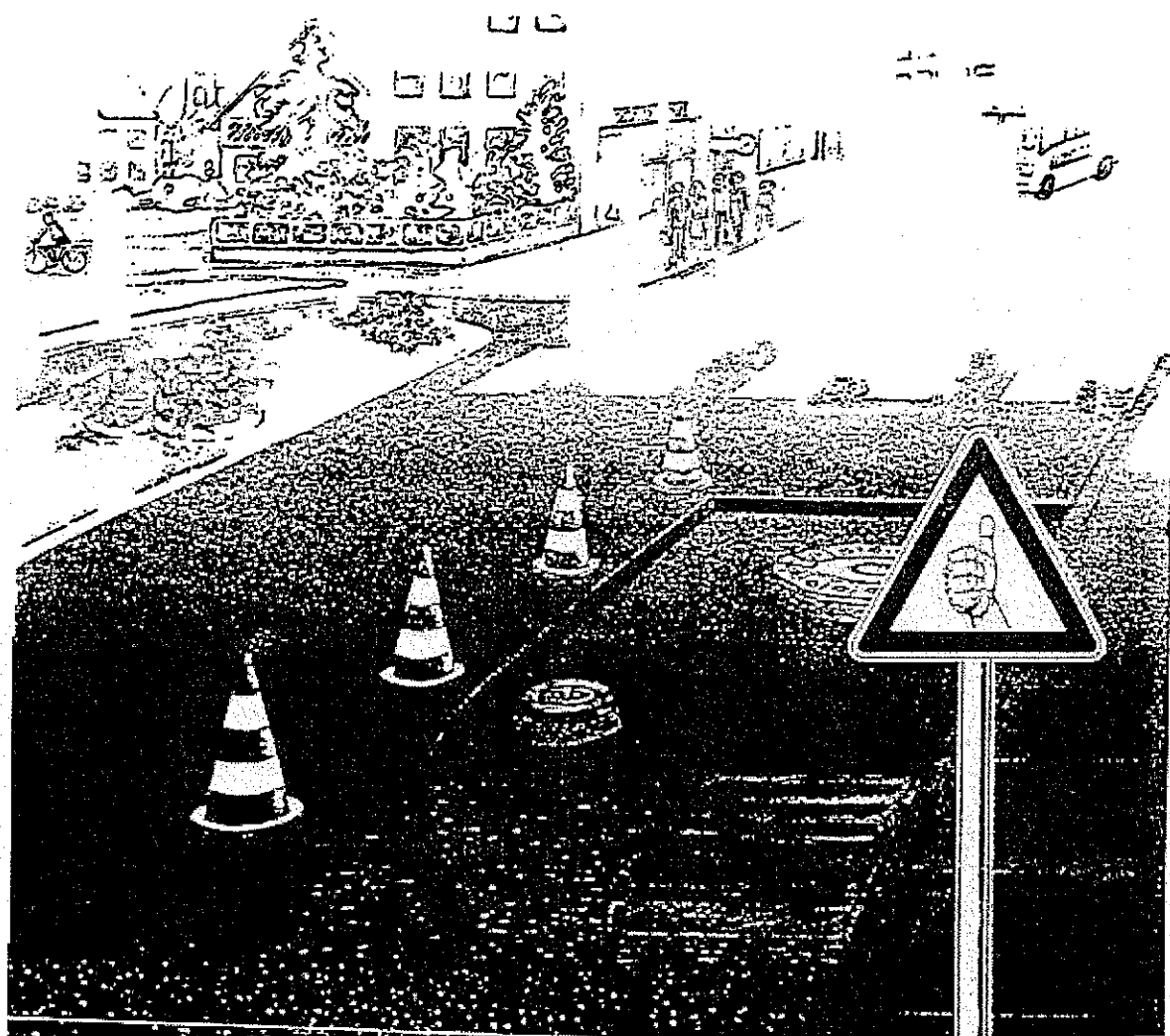


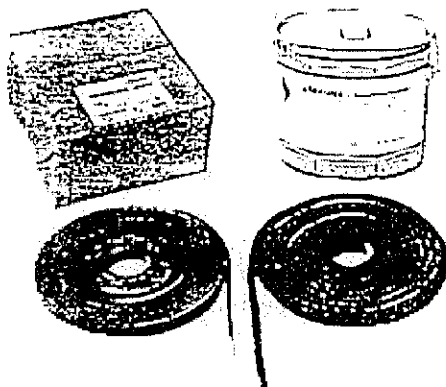
BANDE DE JOINT

 Joint préboudiné plasto – élastique

 Liaison avec L'asphalte

 Joint de canalisation en béton





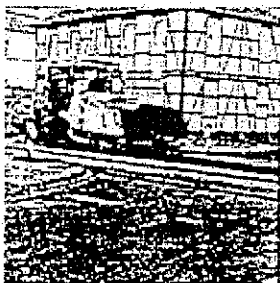
Caractéristiques

- Joint bitumineux, préformé, mise en place verticale
- Excellente adhérence sur asphalte
- Résiste aux intempéries
- Résiste aux trafics routiers

Domaine d'utilisation

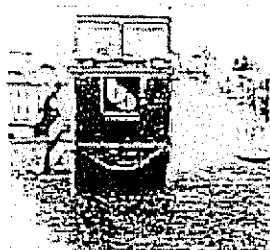
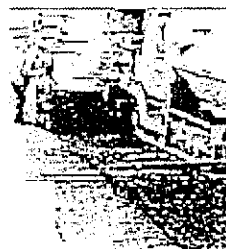
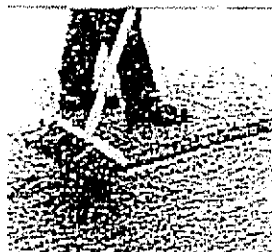
construction voie de circulation liaison entre l'ancien et le nouveau est suffisante

- Joint de cahalisation



Mise en oeuvre

Nettoyer la partie de réception du joint (phc). Pour une excellente adhérence, elle sera exempte de parties friables et de poussières. Le joint sera mis en place grassement au pinceau. Choisir la bande de joint adaptée: la hauteur conseillée est celle du revêtement (+ 5 mm). La largeur en général est de 10 mm, pour des réalisations d'une épaisseur inférieure à 30 mm, la largeur sera de 8 mm.



Mise en place de la bande de joint

Dérouler la bande sur la longueur à réaliser, chauffer la bande à l'aide d'un brûleur au propane et avec un outil approprié presser le joint contre le flan d'asphalte (photo B).

Bande de joint livrable en

Dimensions en mm:	Métrage: par carton
20 x 8	04 ML
25 x 8	78 ML
30 x 8	73 ML
35 x 8	59 ML
40 x 8	
30 x 10	63 ML
35 x 10	48 ML
40 x 10	40 ML
45 x 10	40 ML

Divers

Emballage de 5 KG



NINABAT
RESINES SYNTHETIQUES

Zone Industrielle
rue Jacques de Maucanson
F-17184 PENIGNY-Cedex
Tel. 05 46 45 26 45
Fax 05 46 45 24 02

