

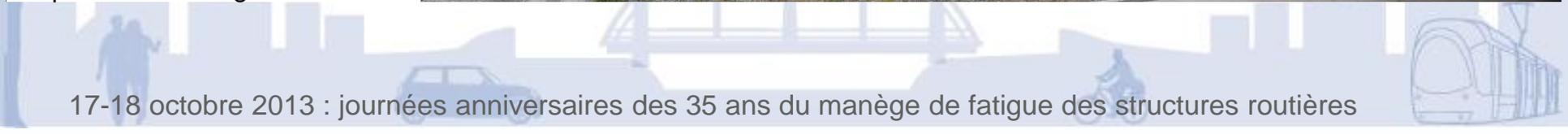
Les expérimentations avec Eiffage

Bernard HERITIER

1978-2013
Un parcours d'expériences inédites



<http://35ans-manege.ifsttar.fr>



L'expérimentation EMTE®

➤ Le projet

- ✓ Initié par TOTAL
- ✓ Validation d'un bitume innovant: MODULOTAL®
- ✓ Programme de recherche
- ✓ Expérimentation TOTAL – SCR (Eiffage) – LCPC

➤ EMTE®

- ✓ Enrobé à haut pouvoir structurel
- ✓ Module très élevé
- ✓ Le concept: «matériau d'assise idéal qui présente une rigidité aussi élevée que possible tout en offrant une bonne résistance à la fatigue mécanique et à la fissuration thermique »

Les caractéristiques de l'EMTE®

- EMTE® 0/14 avec granulats La Meilleraie
- Bitume Modulotal®0/10 dosé à 6,5 ppc
- Module à 15° C – 10Hz: 25 000 MPa

Matériaux	EMTE®		GB		
	Traction - Compression	Flexion 2 points	Traction - Compression	Flexion 2 points	Flexion 2 points
Provenance des matériaux	De la centrale compacté en laboratoire	Extrait de la piste, zone non circulée, en fin d'essai	Extrait de la piste zone non circulée, en fin d'essai	Extrait de la piste zone non circulée, en fin d'essai	Extrait de la piste zone non circulée, en fin d'essai
Température en °C	15	15	15	10	15
Fréquence en Hz	25	25	25	25	25
Pente	- 0,1	- 0,16	- 0,124	- 0,18	- 0,17
$\epsilon_6 \cdot 10^6$	85 ± 16	136 ± 7	79 ± 16	94 ± 8	113 ± 10
SN	0,54	0,37	0,57	0,44	0,35
Pente	- 0,09				
σ_6 Mpa	2,2 ± 0,2				
SN	0,57				

D.R.

Les structures du manège

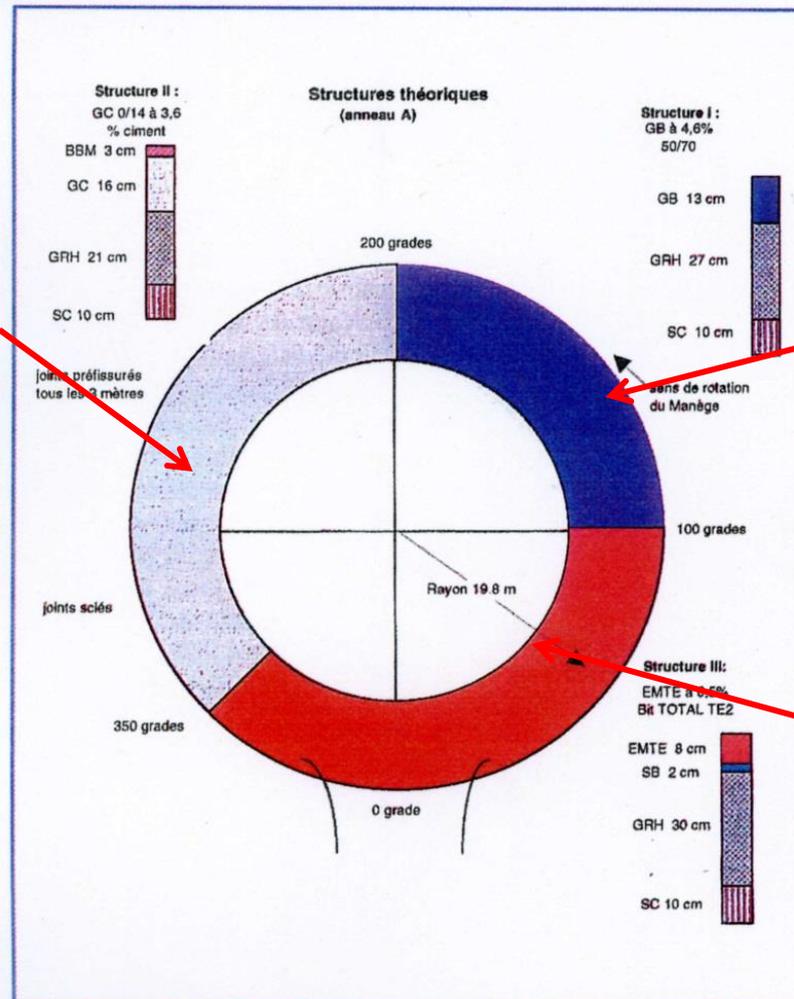
Secteur II - GC

BBM 3 cm

GC 16 cm

GRH 21 cm

SC 10 cm



Secteur I - GB

GB 13 cm

GRH 27 cm

SC 10 cm

Secteur III - EMTE

EMTE 8 cm

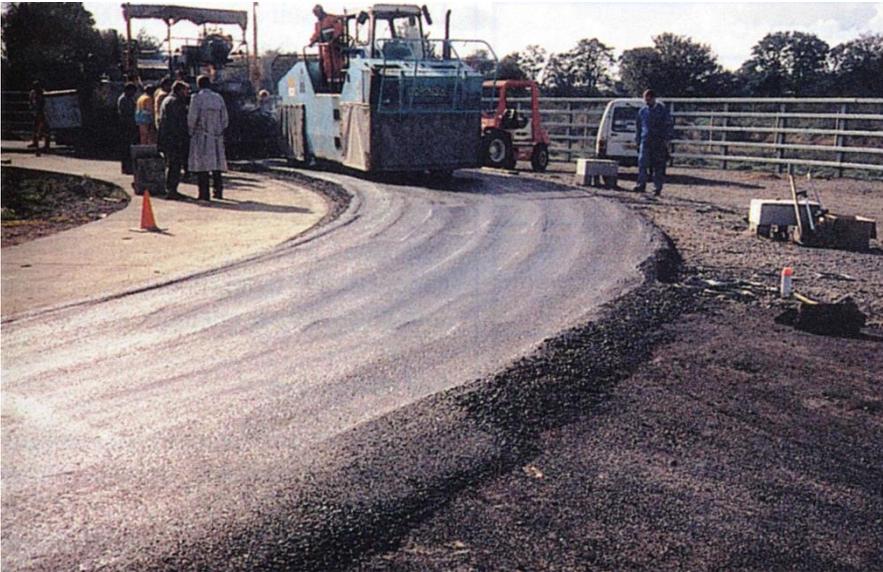
SB 2 cm

GRH 30 cm

SC 10 cm

Construction du manège

- Mise en œuvre sur le manège - EMTE® 20/10/1994



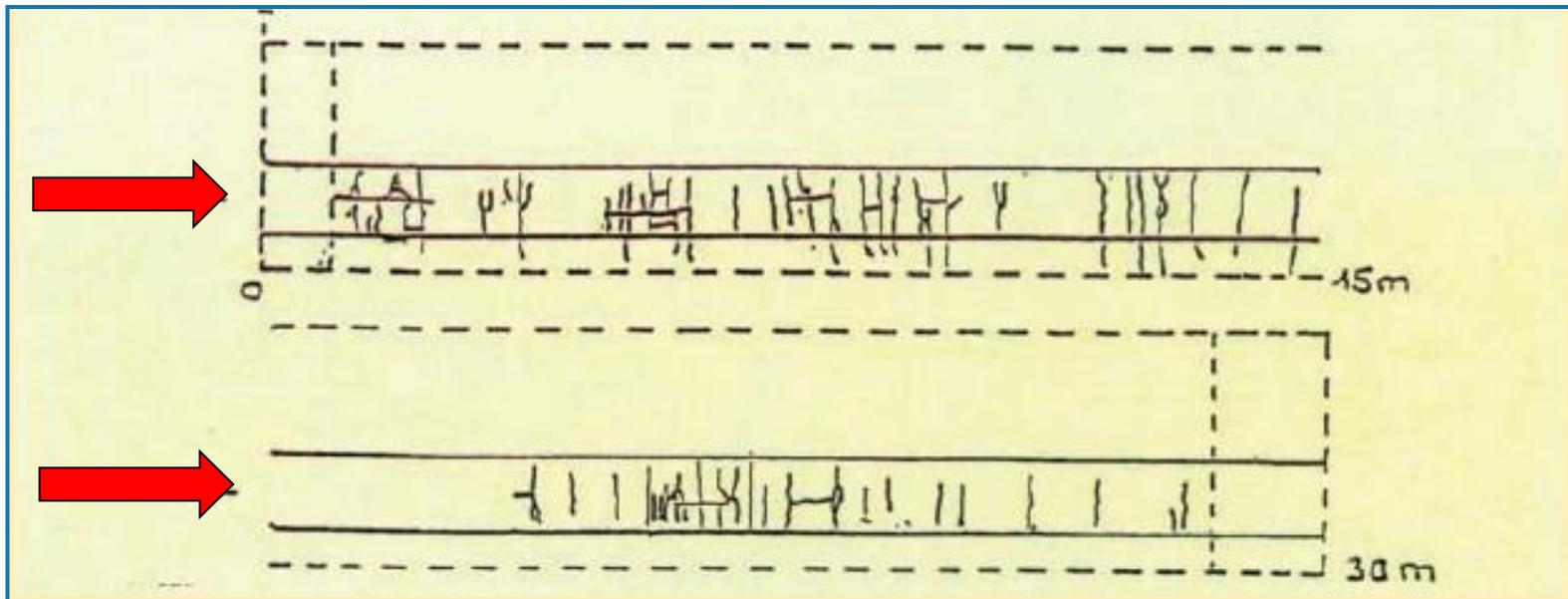
Expérimentation 1994



Expérimentation 2010

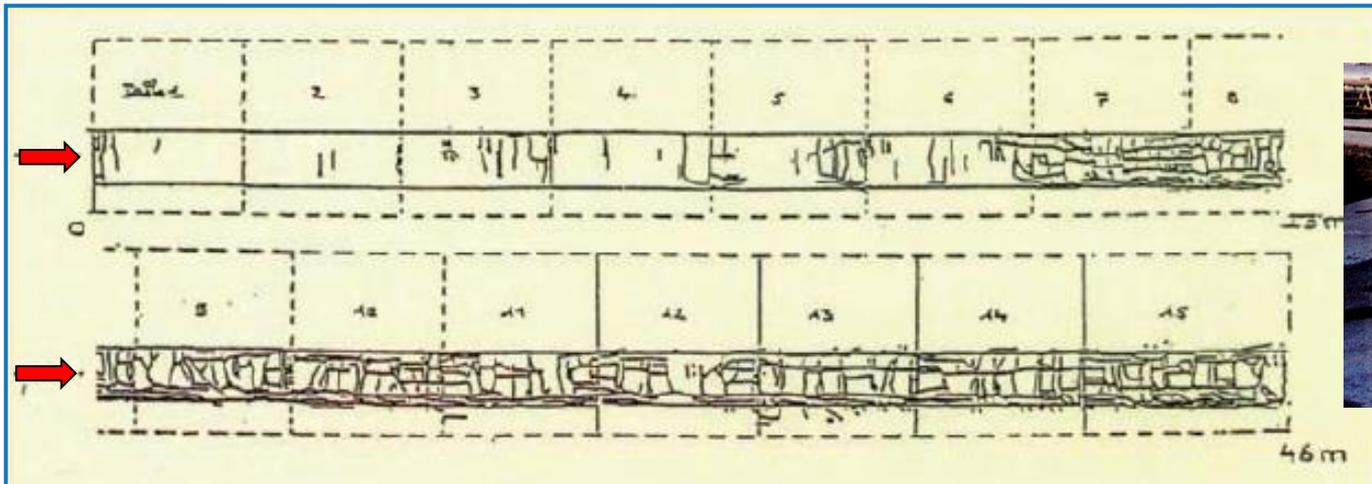
Endommagements des structures

- GB: épaisseur régulière: 13,2 cm ($\sigma = 0,4\text{cm}$)
- GB: état de la fissuration à 3 millions de chargements



Endommagements des structures

- GC: fissuration à 550 000 chargements

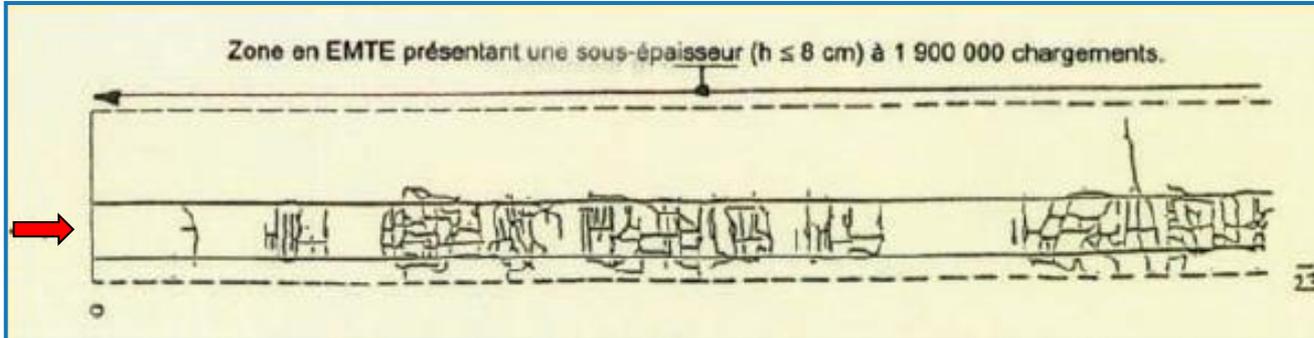


- Une question: comment poursuivre l'expérimentation?
 - ✓ Solution Plastoflex 2 cm + Tapiprène 4 cm

Endommagements des structures

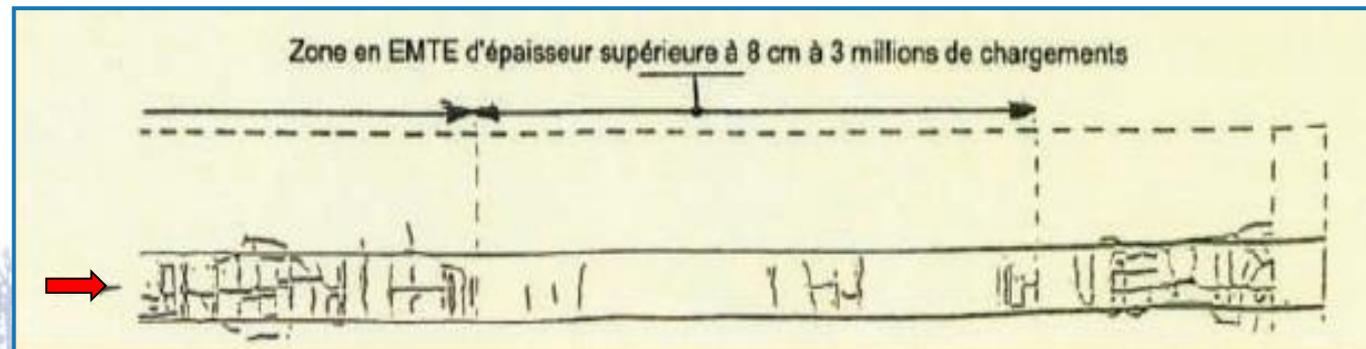
- EMTE®: $h \leq 8\text{cm}$ - fissuration à 1 900 000 chargements

Zone en EMTE présentant une sous-épaisseur ($h \leq 8\text{ cm}$) à 1 900 000 chargements.



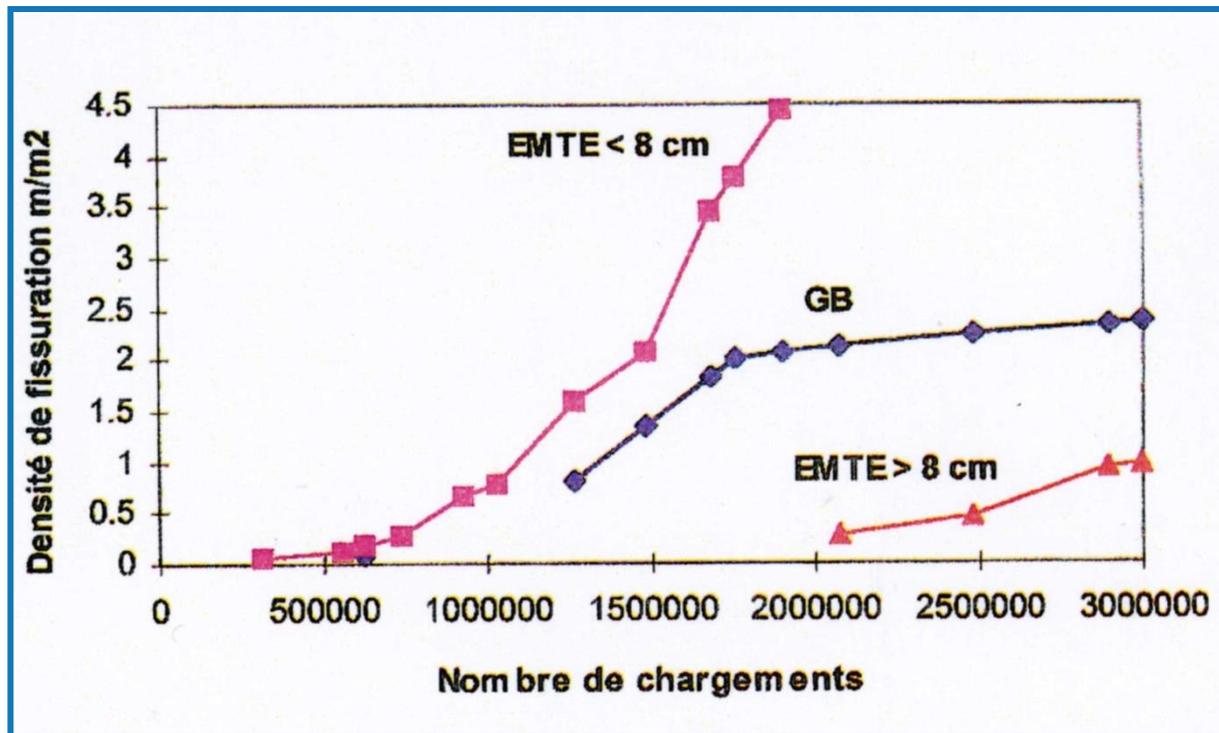
- EMTE®: $h \geq 8\text{cm}$ - fissuration à 3 000 000 chargements

Zone en EMTE d'épaisseur supérieure à 8 cm à 3 millions de chargements



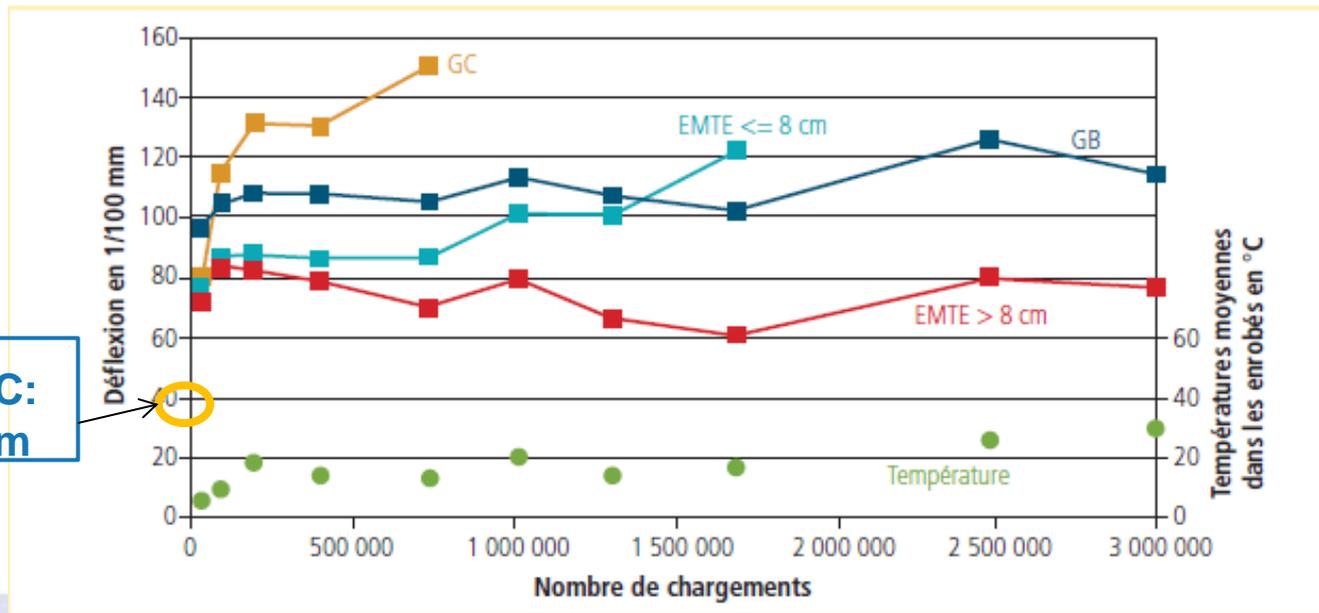
Endommagements des structures

➤ Evolution de la densité de fissuration



Endommagements: les facteurs externes !

- Importantes chutes de pluie
- Remontée de la nappe (- 2m à -1m en janvier)
- Evolution des déflexions



**Déflexion GC:
37/100 mm**

Modélisation des structures

➤ Sol support

- ✓ Plate-forme: calcul inverse à partir du FWD
- ✓ Sol ciment: 500 MPa
- ✓ GNT et sol support: déflexions et rayons de courbure

➤ Matériaux bitumineux

- ✓ Modules déduits des essais de laboratoire

Structure EMTE®						
Nombre de chargements		35 000	95 000		35 000	95 000
Température lors des essais		5 °C	9 °C		5 °C	9 °C
Matériaux	h (cm)	E (Mpa)	E (Mpa)	h (cm)	E (Mpa)	E (Mpa)
EMTE®	6,5	25 000	23 000	9,5	25 000	23 000
S.E.	2	4 600	3 300	2	4 600	3 300
GNT	30	200	200	30	200	200
S.C.	10	500	500	10	500	500
Sol	400	21	21	400	21	21

Expérimentations

- Essai Flers (Normandie)
- Charte innovation routière
- Climat océanique
 - ✓ RN 177 – Calvados
 - ✓ RN 123 – Rocade de Chartres
- Climat de montagne
 - ✓ RN 88 – Haute Loire

RN 123 Rocade de Chartres





Expérimentation 1994

L'expérimentation RECYROUTE



➤ **Projet de recherche RECYROUTE**

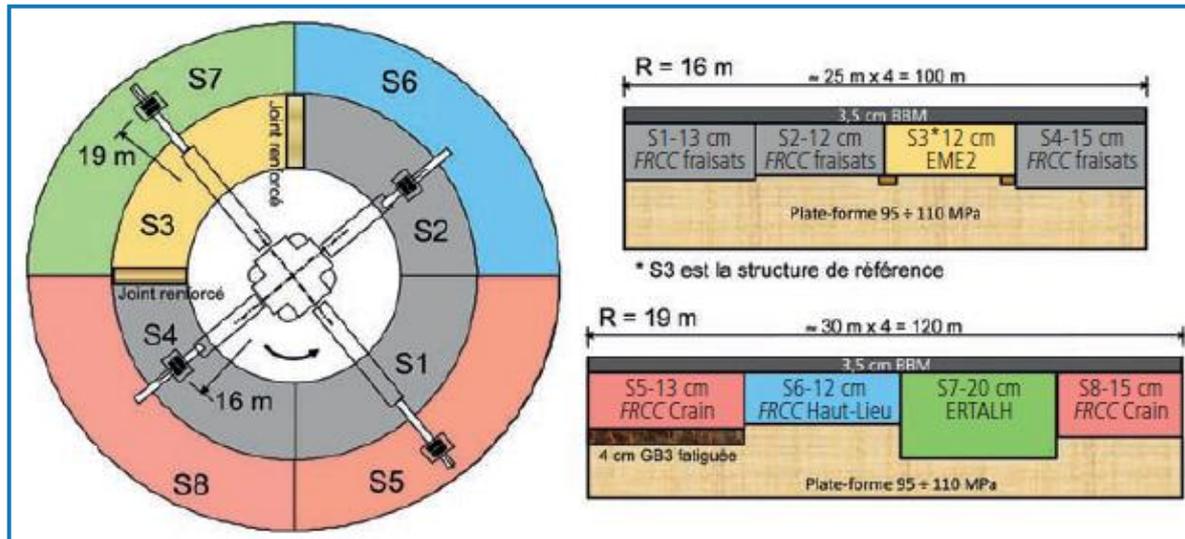
- ✓ Projet ANR RGCU 2007
- ✓ Evaluation de matériaux d'aasises composites incluant des fraisats bitumineux traités aux liants hydrauliques
- ✓ FRCC®: Fiber-reinforced roller compacted concrete
- ✓ ERTALH®: enrobés recyclés traités aux liants hydrauliques

➤ **Partenariat**

- ✓ Entreprises: Eiffage Travaux Publics, APRR, CTI
- ✓ MOA: Ville de Paris
- ✓ Ecoles- Instituts: CETE IdF, ENTPE, IFSTTAR

Les structures du manège

➤ 8 structures sur 2 anneaux



S1	FRCC® fraisats	13 cm	70 % de fraisats 0/14
S2	FRCC® fraisats	12 cm	
S3	EME2	12 cm	Matériau de référence
S4	FRCC® fraisats	15 cm	
S5	FRCC® grain	13 cm	Granulats grain : calcaire tendre
S6	FRCC® haut lieu	12 cm	Granulats haut lieu : calcaire dur
S7	Grave ERTALH®	20 cm	
S8	FRCC® grain	15 cm	70 % de fraisats 0/14

Caractéristiques des matériaux

➤ FRCC® et ERTALH®

Matériaux	FRCC Haut-Lieu	FRCC Crain	FRCC fraisats	Grave ERTALH
Sable alluvionnaire Gurgy 0/4	23 %	23 %	18 %	/
Gravillon 0/6,3	35 %	35 %	/	25 %
Gravillon 6,3/14	30 %	30 %	/	/
Fraisat enrobés Touraine 0/14	0	0	70 %	70 %
Liant Ligex FPL2	12 %	12 %	12 %	5 %
Plastifiant Sika	0,5 %	0,5 %	0,5 %	/
Teneur en eau*	5,5 %	6,0 %	6,1 %	6,1 %
Fibres métalliques haute résistance**	30 kg/m ³	30 kg/m ³	20 kg/m ³	/

* Teneur en eau volumique rapportée aux granulats
 ** Fibres Dramix® RC-80/60-BN de Bekaert : 60 mm de longueur et 0,75 mm de diamètre, avec des extrémités de forme d'ancrage

ifstar

Vue des planches de l'expérimentation



Déroulement de l'expérimentation

- 2 millions de chargements entre janvier et septembre 2010
- 150 000 passages en surcharge (75 kN sur jumelage) pour dégrader les structures
- Vitesse de rotation de 10 tours/min soit 60,3 km/h au rayon de 16 m et de 71,6 km/h au rayon de 19m



Paramètres de dimensionnement des matériaux FRCC® et ERTALH®

- Evaluation positive des matériaux composites en assises de chaussées
- Exigences de contrôle: homogénéité du dosage en fibres, compacités élevées, maîtrise des épaisseurs

Matériaux	Module E 15 °C, 10 Hz (MPa)	σ_6 (MPa)	-1/b	S_N	S_h (m)	k_c	1/kd	
							H1	H2
ERTALH	10 000	0,82	10,7	1	0,02	1,4	1	
FRCC fraisats	12 000	1,75	12,4	1	0,02	1,5	1,21	1,29

H1 : hypothèse de fonctionnement continu de la structure associé à un contrôle complet de la fissuration

H2 : hypothèse de fonctionnement discontinu associé à une fissuration ouverte

ifsttar

Les enseignements du manège

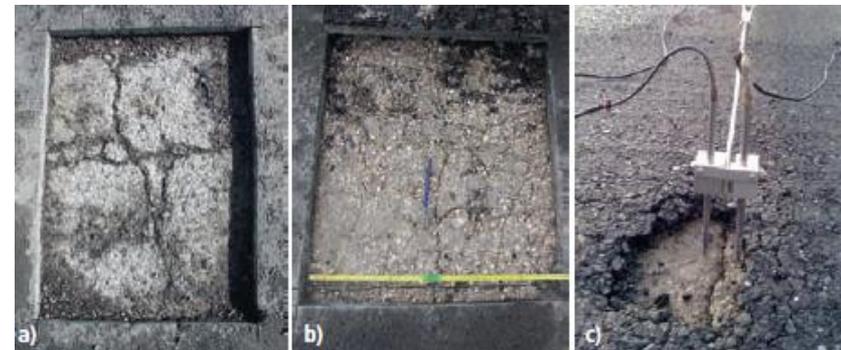
➤ Matériaux et mise en œuvre

- ✓ Comportement des matériaux
- ✓ Conditions de mise en œuvre
- ✓ Interfaces

➤ Dimensionnement

- ✓ Instrumentation
- ✓ Mécanismes de dégradations
- ✓ Modélisation

➤ Un travail d'équipe....





Merci pour votre attention