

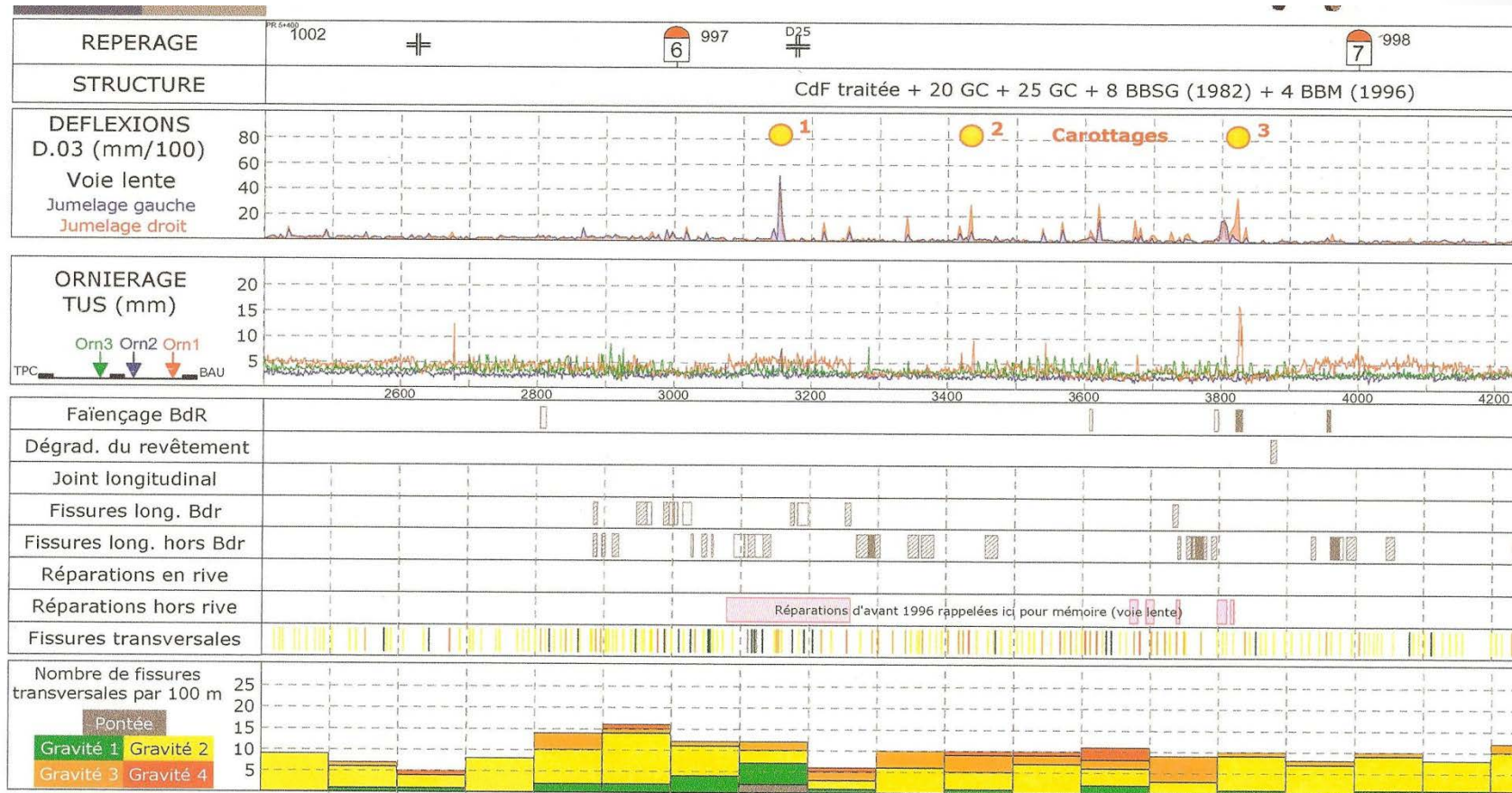
# Renforcement d'une chaussée semi-rigide avec conservation des enrobés en place

## Plan exposé

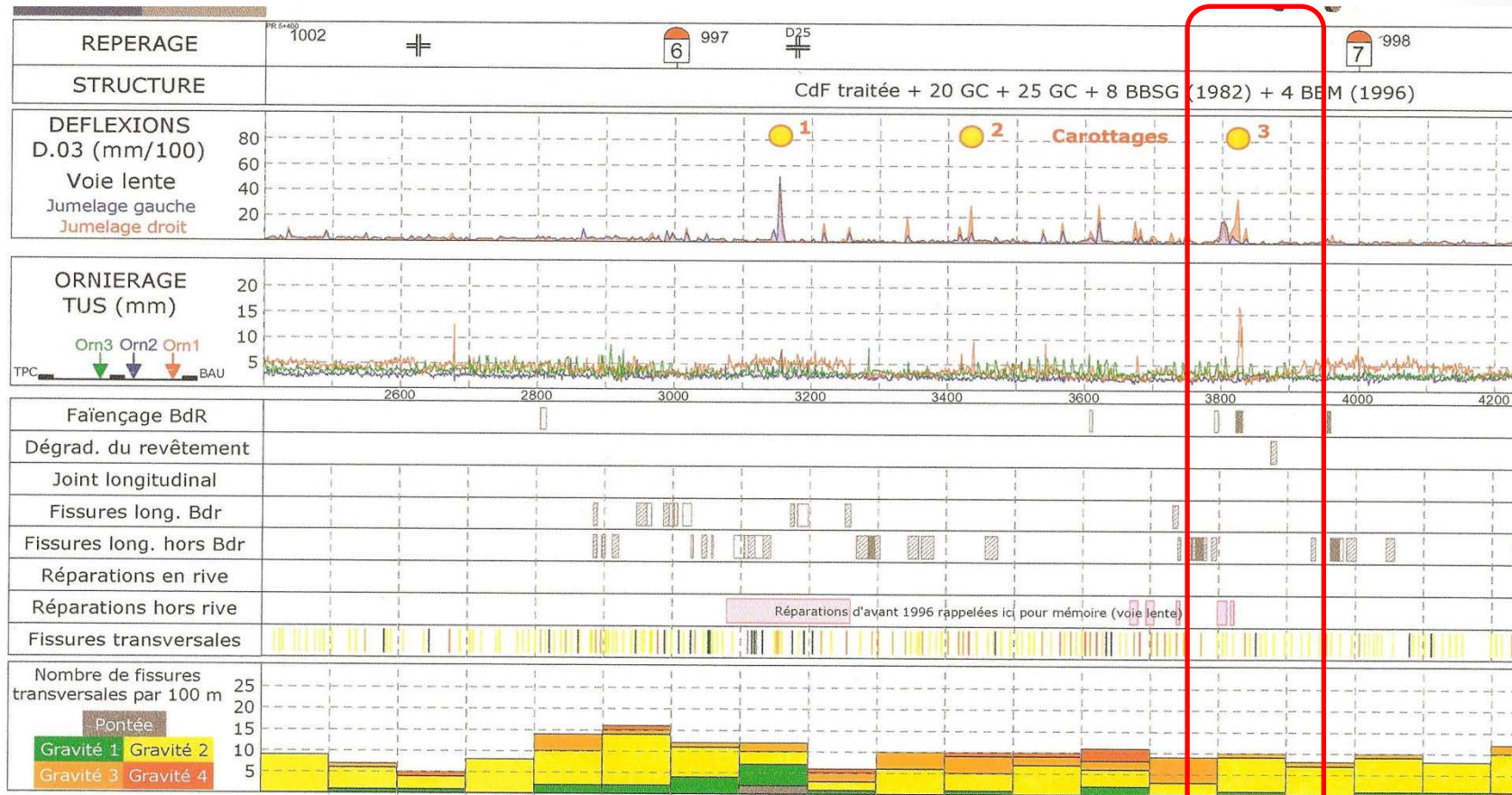
- **Traitement d'un cas de structure SR par ERASMUS et par le guide renforcement**
- **Données sur la structure et d'auscultation**
- **Traitement du cas dans ERASMUS**
- **Traitement du cas avec le guide renforcement**
- **Conclusion**

- **Données sur la structure et d'auscultation**

## Schéma itinéraire

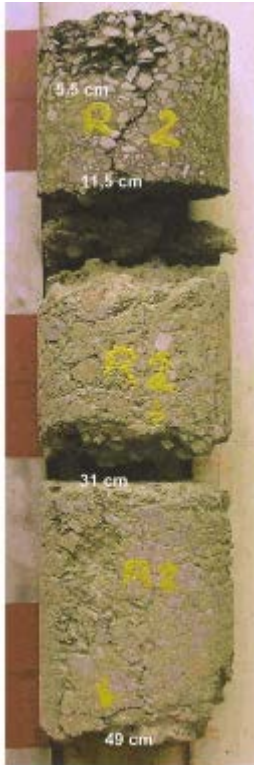


## Schéma itinéraire





## Carottage - Dégradations



## Diagnostic en fonction des données d'auscultation

- Dans les zones proches ne présentant pas de faïençage les carottages montrent une structure saine
- Le faïençage est principalement dû à la présence d'une grave ciment de faible caractéristique en haut de couche qui s'est désagrégée en présence d'eau au cours du temps (du trafic)

## • Traitement du cas dans ERASMUS

**Général**

Nom: forum062 Voie: RN12

Gestionnaire: Localisation d... Supprimer

Localisation fin Supprimer

pr: 7 abs: 0

Département: 22

**Photos**

**Cartographie**

**Climat**

Nantes

**Trafic**

Type de progression: Ar

Taux d'accroissement à l'origine:

Mesuré ?

2006

**Essais: Voie 1**

Déflexion

Carottage

**Dégradations: Voie 1**

Année du relevé: 2006

Faïencage sur BDR

Fissure transversale ramifiée et affaissée

Fissure transversale ramifiée

**Structure**

2014

Affichage proportionnel

**Voie 1**

BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE - 5,5 cm - 12 ans

beton bitumineux - 6,0 cm - 25 ans

grave ciment - 19,5 cm - 26 ans

grave ciment - 18,0 cm - 26 ans

Sol

**Coupe transversale**

Profil général (0 --> 500)

200.00 L. (cm)

760 L. (cm)

**Cahier des charges**

15 an(s) ???



## Voie 1

BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE - 5,5 cm - 12 ans

beton bitumineux - 6,0 cm - 25 ans

grave ciment - 19,5 cm - 26 ans

grave ciment - 18,0 cm - 26 ans

BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE - 5,5 cm - 12 ans									
Epaisseur (cm)		5.5		Décollement		Non			
Année de décollement estimée (XXXX)		... <=2		Décollement progressif					
<b>Sous épaisseurs</b>									
0 <	5.5	<= 5.5		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré	
						2006			
beton bitumineux - 6,0 cm - 25 ans									
Epaisseur (cm)		6		Décollement		Oui			
Année de décollement estimée (XXXX)		... <=2		Décollement progressif					
<b>Sous épaisseurs</b>									
0 <	6.0	<= 6.0		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré	
						2006			
grave ciment - 19,5 cm - 26 ans									
Epaisseur (cm)		19.5		Décollement					
Année de décollement estimée (XXXX)		... <=2		Décollement progressif					
<b>Sous épaisseurs</b>									
0 <	5.0	<= 19.5		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré	
								2006	
0 <	12.5	<= 14.5	1981						
0 <	2.0	<= 2.0							2006
grave ciment - 18,0 cm - 26 ans									
Epaisseur (cm)		18		Décollement		Non			

## Traitement d'un cas de structure SR par ERASMUS

Solution 1	Fatigue	Fluage	... Fissuration therm...	Fissuration de Retrait	Transfert de charges	Défaut d'Interface	Décohésion
<b>Section</b> Trafic: 1470. PL/jour: t0 Déflexion calculée (2007) 24 mm/100 Calage mécanique (2006) Déflexion calculée: 23 mm/100 Valeur de calage: 23 mm/100	fort(e)	non	...	non	fort(e)	faible	fort(e)
<b>bbdcm</b> BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE (n°1) 5.5 cm, 12 an(s), collé 2000 MPa / 5.5 cm	faible	non			X	X	X
<b>bb-standard</b> Béton bitumineux (n°2) 6 cm, 25 an(s), décollé 2000 MPa / 6. cm	fort(e)			fort(e)	X	X	X
<b>gc</b> Grave ciment (n°3) 19.5 cm, 26 an(s), collé 300 MPa / 5. cm désagrégé 23000 MPa / 12.5 cm sain 300 MPa / 2. cm désagrégé	faible	X		X	fort(e)	faible	fort(e)
<b>gc</b> Grave ciment (n°4) 18 cm, 26 an(s), collé 23000 MPa / 18 cm sain	faible	X		X			
<b>Sol</b> 88 MPa	non	X		X	X	X	X


## Traitement d'un cas de structure SR par ERASMUS

BB-DISCONTINU-COUCHE-M...	5.5 cm	2000.0 MPa	n= 0.35	ept= -72.3 10-6	Collage
Béton bitumineux (n°2)	6.0 cm	2000.0 MPa	n= 0.35	ept= -263.7 10-6	Glissement
Grave ciment (n°3)	5.0 cm	300.0 MPa	n= 0.25	sigt= 0.1 MPa	Collage
	12.5 cm	23000.0 MPa	n= 0.25	sigt= -0.6 MPa	Collage
	2.0 cm	300.0 MPa	n= 0.25	sigt= 0.0 MPa	Collage
Grave ciment (n°4)	18.0 cm	23000.0 MPa	n= 0.25	sigt= -0.9 MPa	Collage
Sol	600.0 cm	88.0 MPa	n= 0.35	epz= 124.1 10-6	Collage
		10000.0 MPa	n= 0.35		Collage

## Solution d'entretien avec décaissement partiel

Solutions de conception (38)	
2007 - 4.0 cm - BB discontinu couche mince (N)	
2007 - 13.0 cm - GB-0/14-CLASSE-3 (N)	
2007 - 16.5 cm - Fraisage	
2007 - 6.0 cm - BBME-0/10-CLASSE-3 (N)	
2007 - 11.0 cm - GB-0/14-CLASSE-3 (N)	
2007 - 16.5 cm - Fraisage	
2007 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-3 (N)	
2007 - 11.0 cm - GB-0/14-CLASSE-3 (N)	
2007 - 16.5 cm - Fraisage	
2007 - 2.5 cm - BB très mince 0/10 (N)	
2007 - 14.0 cm - GB-0/14-CLASSE-3 (N)	
2007 - 16.5 cm - Fraisage	
2007 - 2.5 cm - BB très mince 0/10 (N)	
2007 - 14.0 cm - GB-0/14-CLASSE-4 (N)	
2007 - 16.5 cm - Fraisage	
2007 - 2.5 cm - BB très mince 0/10 (N)	
2007 - 14.0 cm - GB-0/20-CLASSE-3 (N)	
2007 - 16.5 cm - Fraisage	

## Solution d'entretien avec décaissement partiel

Résultats de conception	Modèle mécanique	Durée ...	Défl...	Problèmes vérifiés	Critères dimensionnants
2007 : BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm) 2007 : GB-0/14-CLASSE-3 (N) (13.0 cm) 2007 : Fraisage (16.5 cm)		> 50	14.0	Fatigue de Sol Défaut d'Interface de Béton bitumineux (n°5) Fissuration de Retrait de Grave ciment (n°6) Transfert de charges de Grave ciment (n°6) Décohésion de Grave ciment (n°6) Fatigue de BB discontinu couche mince Problème heuristique de BB discontinu couche mince Fatigue de gb-0/14-C3 Problème heuristique de gb-0/14-C3 Cisaillement de gb-0/14-C3 Contrainte tangentielle de gb-0/14-C3	<b>Conception</b> Sous élévation -0.5 cm

BB discontinu couche mince...	4.0 cm	5500.0 MPa	n= 0.35	Compression	Collage
gb-0/14-C3 (n°2)	13.0 cm	9000.0 MPa	n= 0.35	Compression	Collage
Grave ciment (n°6)	12.5 cm	23000.0 MPa	n= 0.25	sigt= -0.5 MPa	Collage
	2.0 cm	300.0 MPa	n= 0.25	sigt= 0.0 MPa	Collage
Grave ciment (n°7)	18.0 cm	23000.0 MPa	n= 0.25	sigt= -0.5 MPa	Collage
Sol	600.0 cm	88.0 MPa	n= 0.35	epz= 73.4 10-6 (Adm = 431.9 10-6)	Collage
		10000.0 MPa	n= 0.35		Collage

## Solution d'entretien par rechargement

2007 - 6.0 cm - BBME-0/10-CLASSE-3 (N)

2007 - 8.0 cm - BB classique de liaison (N)

2007 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-3 (N)

2007 - 8.0 cm - BB classique de liaison (N)

2007 - 4.0 cm - BB discontinu couche mince (N)

2007 - 6.0 cm - BBME-LIAISON-0/10-CLASSE-3 (N)

2007 - 6.0 cm - BBME-0/10-CLASSE-3 (N)

2007 - 6.0 cm - BBME-LIAISON-0/10-CLASSE-3 (N)

2007 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-3 (N)

2007 - 6.0 cm - BBME-LIAISON-0/10-CLASSE-3 (N)



## Solution d'entretien par rechargement

2007 : BBME-0/10-CLASSE-3 (N) (6.0 cm)  
2007 : BBME-LIAISON-0/10-CLASSE-3 (N) (6.0 cm)



22

18.0


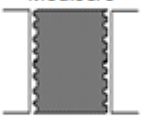

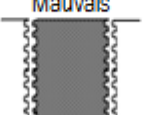
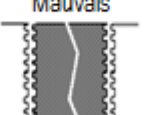


Fatigue de Sol  
Défaut d'Interface de Béton bitumineux (n°4)  
Fissuration de Retrait de Grave ciment (n°5)  
Transfert de charges de Grave ciment (n°5)  
Décohésion de Grave ciment (n°5)  
Fatigue de bbme-0/10-C3  
Problème heuristique de bbme-0/10-C3  
Fatigue de bbme-liaison-0/10-C3  
Problème heuristique de bbme-liaison-0/10-C3  
Cisaillement de bbme-liaison-0/10-C3  
Contrainte tangentielle de bbme-liaison-0/10-C3

bbme-0/10-C3 (n°1)	6.0 cm	11000.0 MPa	n = 0.35	ept= -2.6 10 <sup>-6</sup> (Adm = 63.8 10 <sup>-6</sup> )	Collage
bbme-liaison-0/10-C3 (n°2)	6.0 cm	11000.0 MPa	n = 0.35	ept= -55.6 10 <sup>-6</sup> (Adm = 62.2 10 <sup>-6</sup> ) sigt= -0.7302 MPa (Adm = 2 MPa)	Collage
BB-DISCONTINU-COUCHE-M...	5.5 cm	2000.0 MPa	n = 0.35	ept= -60.5 10 <sup>-6</sup>	Collage
Béton bitumineux (n°4)	6.0 cm	2000.0 MPa	n = 0.35	ept= -88.2 10 <sup>-6</sup>	frottement
Grave ciment (n°5)	5.0 cm	300.0 MPa	n = 0.25	sigt= 0.0 MPa	Collage
	12.5 cm	23000.0 MPa	n = 0.25	sigt= -0.2 MPa	Collage
	2.0 cm	300.0 MPa	n = 0.25	sigt= 0.0 MPa	Collage
Grave ciment (n°6)	18.0 cm	23000.0 MPa	n = 0.25	sigt= -0.5 MPa	Collage
Sol	600.0 cm	88.0 MPa	n = 0.35	epz= 74.8 10 <sup>-6</sup> (Adm = 431.9 10 <sup>-6</sup> )	Collage
		10000.0 MPa	n = 0.35		Collage

- **Traitement du cas avec le guide renforcement**

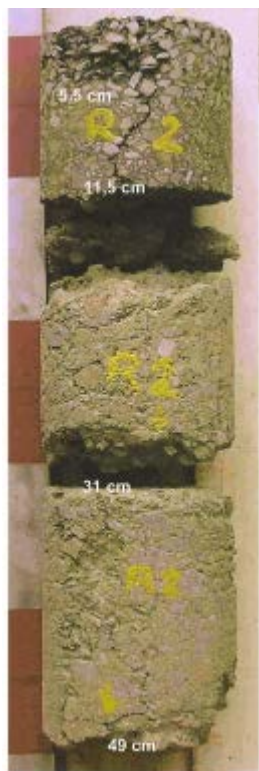
## Modélisation des couches de la structure

A partir des caractéristiques des matériaux obtenues carottages

		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité de la paroi	Lisse				Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré				

		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité des parois du trou de carottage	Lisses	$E_{ref}$	$E_{ref} \times 0,7$	$E_{ref} \times 0,3$	Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré	$E_{ref} \times 0,6$	$E_{ref} \times 0,3$	$E_{ref} \times 0,2$	500 MPa

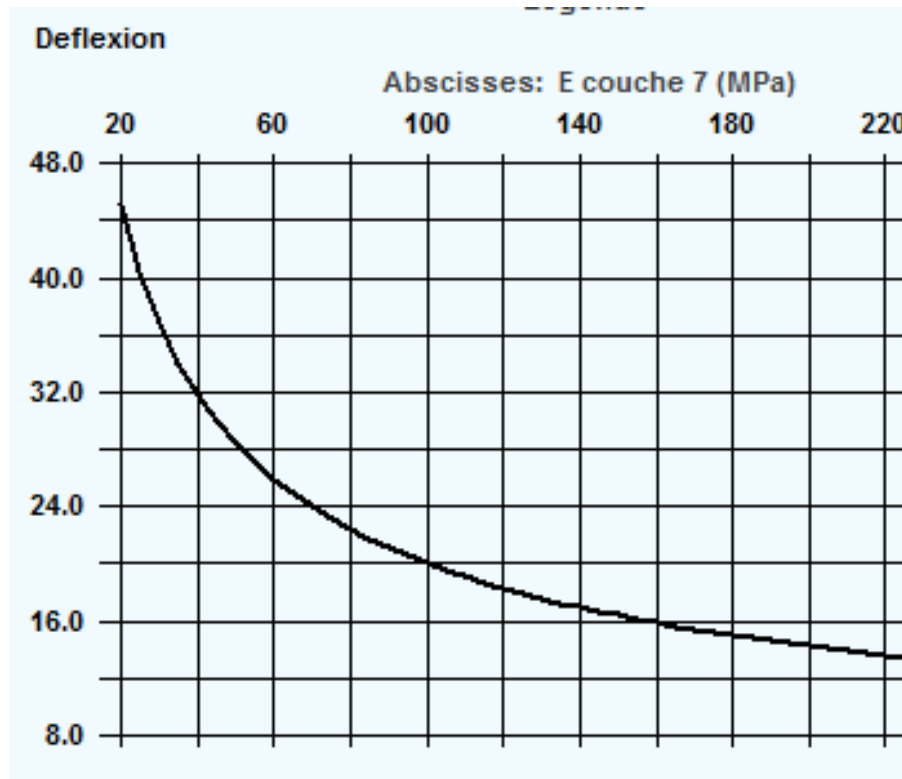
## Modélisation de la structure



	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
	0.050	2000.0	0.350	autre
collé	0.0600	2000.0	0.350	autre
glissant	0.050	500.0	0.250	autre
collé	0.125	23000.0	0.250	gc-t3
collé	0.020	500.0	0.250	autre
collé	0.180	23000.0	0.250	gc-t3
collé				

## Modélisation du sol support de la structure

A partir des caractéristiques des matériaux  
obtenues carottages et de la déflexion par  
calcul inverse



Nota :  
comme dans  
ERASMUS la  
déflexion  
mesurée est  
corrigée en fct  
de la rigidité  
de la structure

## Modélisation de la structure avant entretien

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)
0.050	2000.0 collé	0.350	0.000	-119.6	-0.210	104.1
			0.050	-70.4	-0.049	252.8
0.060	2000.0 glissant	0.350	0.050	-70.4	-0.049	252.8
			0.110	-232.2	-0.424	378.8
0.050	500.0 collé	0.250	0.110	11.4	0.082	764.1
			0.160	21.4	0.087	739.6
0.125	23000.0 collé	0.250	0.160	21.4	0.815	-3.3
			0.285	-19.3	-0.463	15.6
0.020	500.0 collé	0.250	0.285	-19.3	0.043	287.3
			0.305	8.8	0.057	249.3
0.180	23000.0 collé	0.250	0.305	8.8	0.343	-1.5
			0.485	-31.5	-0.926	19.4
6.000	60.0 collé	0.350	0.485	-31.5	0.002	130.9
			6.485	0.0	0.000	9.2
infini	10000.0	0.250	6.485	0.0	0.000	0.1

Nota : le dommage à la base de la GC de fondation est proche de 1



# Détermination des élongations admissibles pour une couche en BBME2

## Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	1400
<input type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	2.67
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	15
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	9.2747E+6

Cocher au plus 3 cases

## Aide

- ☐ Coefficients d'agressivité CAM  
☐ Valeurs des risques R

Guide Icp-c-sétra 94

Catalogue 1998

Norme NF P98-086

## Valeurs admissibles : données

matériau type :	eb-bbme2
coefficient CAM :	0.8
risque (%) :	2.0
trafic cumulé NE :	7.4198E+6
Epsilon6 (µdéf) :	100
-1/b :	5

Calculer EpsiT admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiT)

Calcul inverse Risk = f(EpsiT)

fréquence (Hz) :	10 Hz
Teta Equiv. (°C) :	15 °C
E(10°,10Hz) (MPa) :	14630
E(Teq,Freq) (MPa) :	11000
HstructureI MB (m) :	.1500
écart type Sh (m) :	0.025
écart type SN :	0.250
Kr (risque) :	0.716
Kc (calage) :	1.1
Ks : E(MPa) sous-jacent égal ou sup. à 120 MPa	1

## EpsilonT admissible =

H bbme	EPSI adm	EPSI adm *1.25
10	65.8	82.3
11	65.1	81.4
12	64.1	80.1
13	63.1	78.9
14	62	77.5
15	60.8	76

## Modélisation de l'entretien

Ancienne structure	Structure renforcée	Epaisseur ; module ; coef. Poisson
	Couche de surface (2)	H11 ; E11 ; $\nu$ 11
	Couche d'assise (2)	H12 ; E12 ; $\nu$ 12
Couche de surface	Couches de surface	h1 ; E1 ; $\nu$ 1 h <sub>j-1</sub> ; E <sub>j-1</sub> ; $\nu$ <sub>j-1</sub>
Grave traitée aux liants hydraulique	Grave traitée aux liants hydraulique	
Grave traitée aux liants hydraulique	Grave traitée aux liants hydraulique	H <sub>i-1</sub> ; E <sub>i-1</sub> ; $\nu$ <sub>i-1</sub> = 0,25



Conditions d'interface	Collée	Semi-collée	Décollée
Classe FT	FT1	FT2	FT3
Classe FL+FAI	F1 / F2	F3	F4 / F5
Priorité à la classe FL+FAI			

## Solution d'entretien

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	11000.0	0.350	0.000	-3.9	0.219	-16.7	0.660
	collé		0.060	-8.1	0.013	36.3	0.497
0.070	11000.0	0.350	0.060	-8.1	0.013	36.3	0.497
	glissant		0.130	-78.8	-1.097	85.4	0.241
0.050	2000.0	0.350	0.130	-10.0	0.089	55.0	0.241
	collé		0.180	-29.9	0.024	95.0	0.221
0.060	2000.0	0.350	0.180	-29.9	0.024	95.0	0.221
	glissant		0.240	-77.4	-0.109	129.5	0.197
0.050	500.0	0.250	0.240	30.3	0.084	304.2	0.197
	collé		0.290	20.0	0.077	304.1	0.192
0.125	23000.0	0.250	0.290	20.0	0.711	-8.2	0.192
	collé		0.415	-9.7	-0.225	8.9	0.117
0.020	500.0	0.250	0.415	-9.7	0.030	200.3	0.117
	collé		0.435	7.6	0.038	174.5	0.109
0.180	23000.0	0.250	0.435	7.6	0.281	-2.4	0.109
	collé		0.615	-26.4	-0.787	16.8	0.009
6.000	60.0	0.350	0.615	-26.4	0.002	119.3	0.009
	collé		6.615	0.0	0.000	9.2	0.001
infini	10000.0	0.250	6.615	0.0	0.000	0.1	0.001

- **Conclusions**

- *Pour le cas traité la solution décaissement partiel pour supprimer le défaut de la partie supérieure de la GC est théoriquement la meilleur solution*

## • **Conclusions**

- **ERASMUS permet rapidement :**
  - **d'effectuer le diagnostic, modules des différentes couches (sol compris), dommages des couches,**
  - **d'examiner l'incidence d'épaisseurs et de caractéristiques des matériaux obtenues sur différents carottages,**
  - **d'obtenir une gamme importante de solution d'entretien aussi bien en rechargement qu'en décaissement partiel**

## • Conclusions

- L'application du guide renforcement pour ce type de chaussée :
  - fait appel à une démarche par type de pathologie
  - reprend la description des carottages comme dans ERASMUS
  - introduit des conditions à l'interface entretien / ancienne chaussée fonction de l'état de dégradation
  - Introduit un coefficient multiplicateur au niveau des sollicitations admissibles



## • Conclusions

- Rappelons que ERASMUS GH à fait l'objet d'une validation sur une cinquantaine de cas
- Confrontation :
  - de la solution donnée par un collègue d'experts
  - à celle donnée par ERASMUS GH
- Plus de 80% des cas avait une différence d'épaisseur inférieure ou égale à 1 cm

# Merci de votre attention