

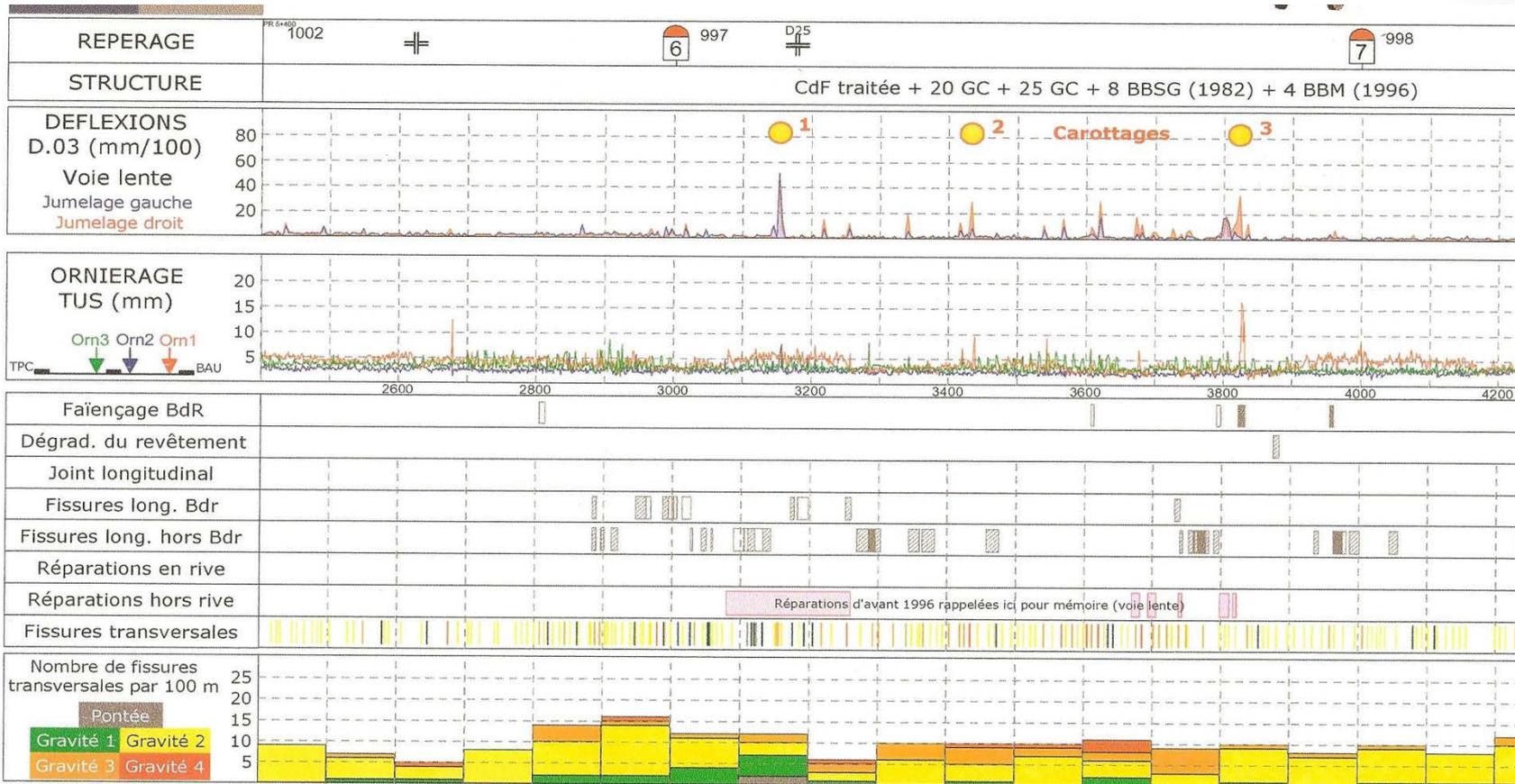
# Renforcement d'une chaussée semi-rigide avec conservation des enrobés en place

## Plan exposé

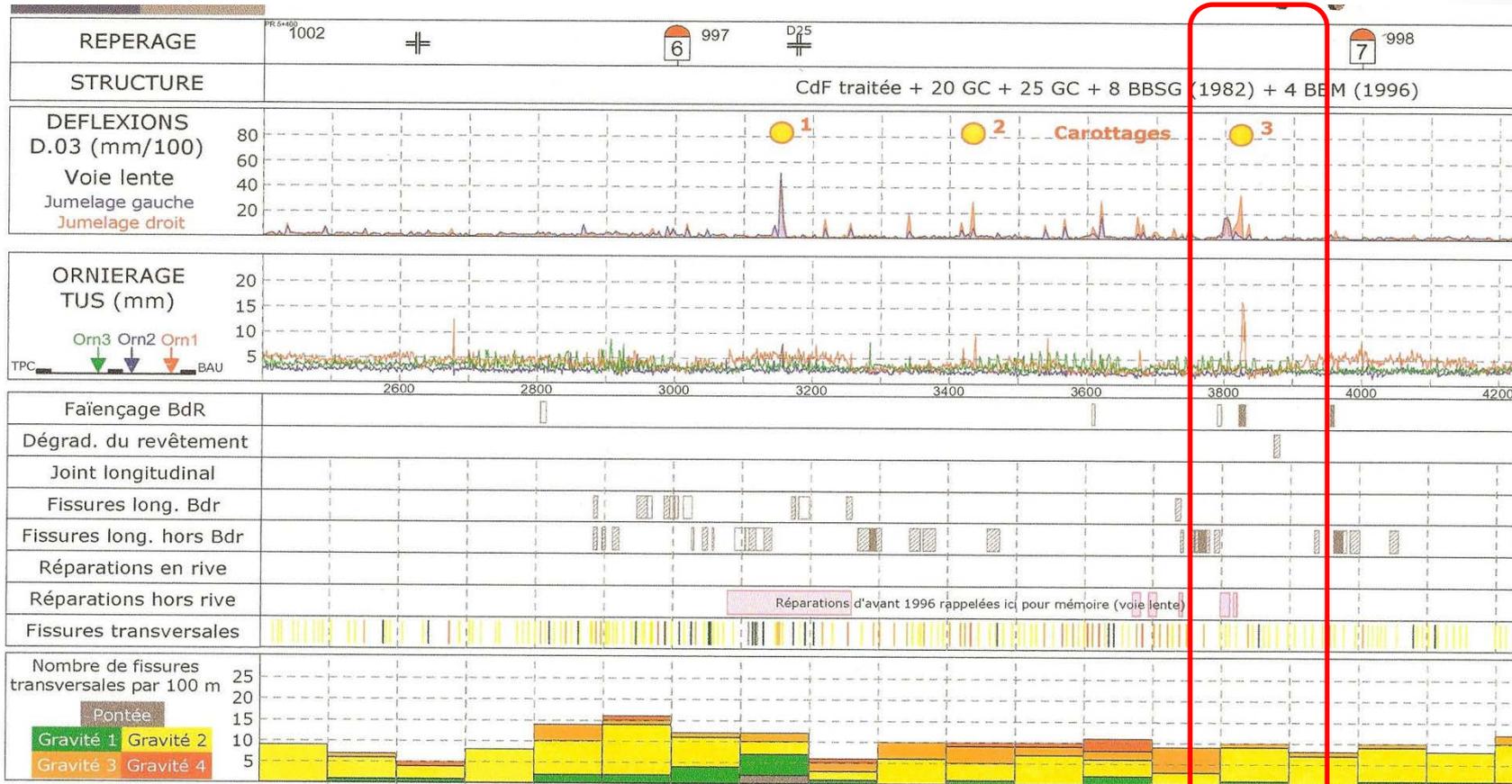
- **Traitement d'un cas de structure SR par ERASMUS et par le guide renforcement**
- **Données sur la structure et d'auscultation**
- **Traitement du cas dans ERASMUS**
- **Traitement du cas avec le guide renforcement**
- **Conclusion**

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

## Schéma itinéraire



## Schéma itinéraire



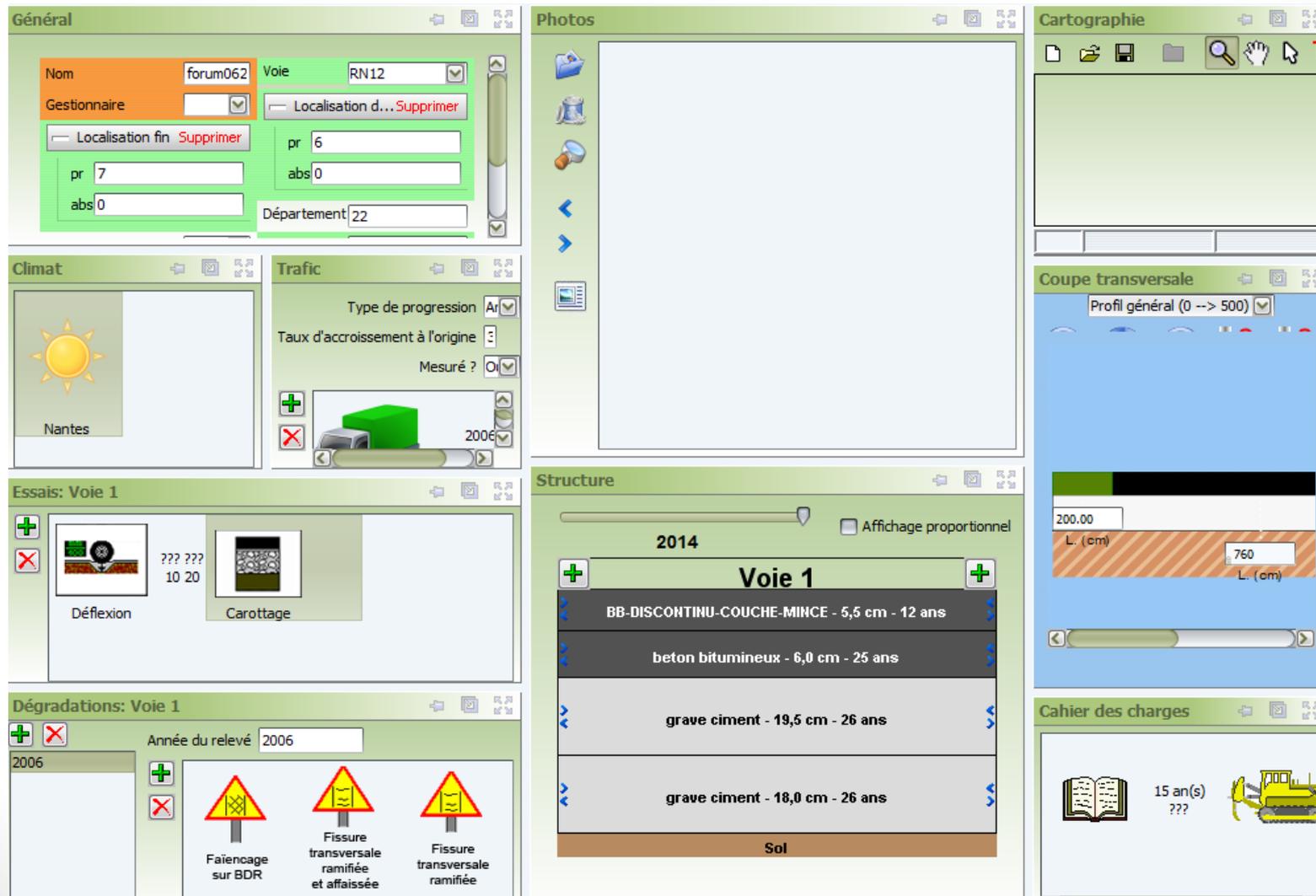
## Carottage - Dégradations



## 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**



The screenshot displays the ERASMUS software interface with several panels:

- Général:** Nom: forum062, Voie: RN12, Gestionnaire: [dropdown], Localisation fin: Supprimer, pr: 7, abs: 0, Département: 22.
- Photos:** Empty photo gallery.
- Cartographie:** Empty map area.
- Climat:** Nantes, sun icon.
- Trafic:** Type de progression: Ar, Taux d'accroissement à l'origine: [dropdown], Mesuré?: [checkbox], 2006.
- Essais: Voie 1:** Déflexion (10 20), 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) ???, truck icon.

## 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	2006
Fracturé	
Désagrégé	
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	2006
Fracturé	
Désagrégé	
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	
Désagrégé	2006
0 <	12.5
<=	14.5
Sain	1981
Médiocre	
Fissuré	
Fracturé	
Désagrégé	
0 <	2.0
<=	2.0
Sain	
Médiocre	
Fissuré	
Fracturé	
Désagrégé	2006
grave ciment - 18,0 cm - 26 ans	
Epaisseur (cm)	18
Décollement	Non

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

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
<p>2007 : BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm)            2007 : GB-0/14-CLASSE-3 (N) (13.0 cm)            2007 : Fraisage (16.5 cm)</p>		> 50	14.0	<p>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</p>	<p><b>Conception</b>            Sous élévation -0.5 cm</p>

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

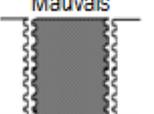
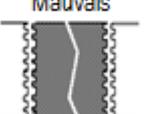
Fatigue de Sol  
Défaut d'Interface de Béton bitumineux (n°4)  
Fissuration de Retrait de Grave ciment (n°5)  
Transfert de charges de Grave ciment (n°5)  
Décohésion de Grave ciment (n°5)  
Fatigue de bbme-0/10-C3  
Problème heuristique de bbme-0/10-C3  
Fatigue de bbme-liaison-0/10-C3  
Problème heuristique 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	 <p>Sain</p>	 <p>Médiocre</p>	 <p>Fissuré</p>	Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré	 <p>Mauvais</p>	 <p>Mauvais</p>	 <p>Fragmenté</p>	 <p>Désagrégé</p>

		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

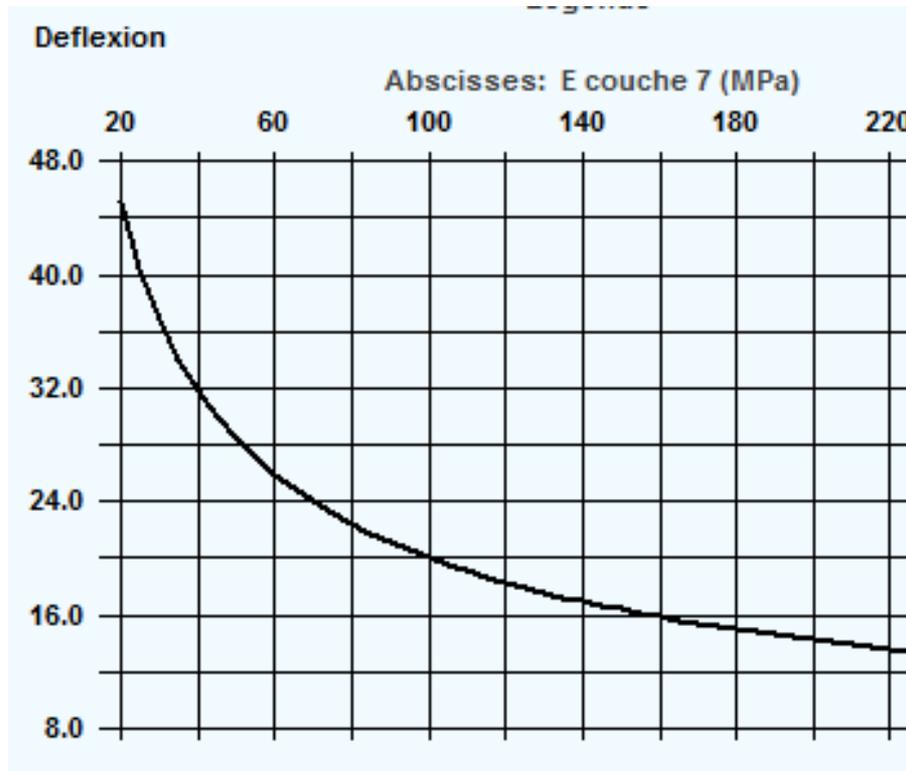
## Modélisation de la structure



	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

## 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

**Aide**

Coefficients d'agressivité CAM  
 Valeurs des risques R

**Cocher au plus 3 cases**

**Valeurs admissibles : données**

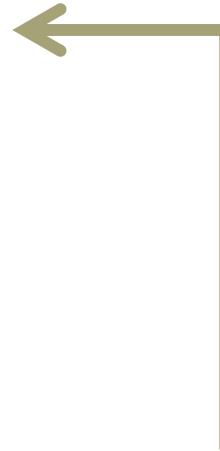
matériau type :	eb-bbme2	fréquence (Hz) :	10 Hz
coefficient CAM :	0.8	Teta Equiv. (°C) :	15 °C
risque (%) :	2.0	E(10°,10Hz) (MPa) :	14630
trafic cumulé NE :	7.4198E+6	E(Teq,Freq) (MPa) :	11000
Epsilon6 (µdéf) :	100	HstructureI MB (m) :	.1500
-1/b :	5	écart type Sh (m) :	0.025
<input type="button" value="Calculer EpsiT admissible"/>		écart type SN :	0.250
<input type="button" value="Calcul inverse NE = f(EpsiT)"/>		Kr (risque) :	0.716
<input type="button" value="Calcul inverse Risk = f(EpsiT)"/>		Kc (calage) :	1.1
		Ks : E(MPa) sousjacent 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 ; v11
	Couche d'assise (2)	H12 ; E12 ; v12
Couche de surface	Couches de surface	h1 ; E1 ; v1 ----- hj-1 ; Ej-1 ; vj-1
Grave traitée aux liants hydraulique	Grave traitée aux liants hydraulique	
Grave traitée aux liants hydraulique	Grave traitée aux liants hydraulique	Hi-1 ; Ei-1 ; vi-1 = 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 cinquante 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