

# ERASMUS V5

## Conception et entretien des giratoires

### **Conception des structures neuves**

Spécificités

Paramètres de dimensionnement

### **Entretien**

Désordres caractéristiques, diagnostic

Conception

### **Application dans ERASMUS V5**

# Conception des structures neuves

## Documents de référence

FA169297

ISSN 0335-3021

norme française

**NF P 98-086**

Octobre 2011

Indice de classement : P 98-086

ICS : 93.080.20

Dimensionnement des structures  
des chaussées routières  
**Application aux chaussées neuves**

E : Road pavement design — Application of new pavement  
D : Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen —  
Anwendung auf neue Straßen

**Norme française homologuée**

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 29 septembre 2011 pour prendre effet le 29 octobre 2011.  
Remplace la norme homologuée NF P 98-086, de décembre 1992.

**Correspondance**

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux de normalisation internationaux ou européens traitant du même sujet.

**Analyse**

Le présent document définit la méthode de dimensionnement des structures neuves de chaussées routières applicable en France.

**Descripteurs**

Thésaurus International Technique : route, chaussée, structure, calcul, charge, charge d'exploitation, modèle.

**Modifications**

Par rapport au document remplacé, révision de la norme.

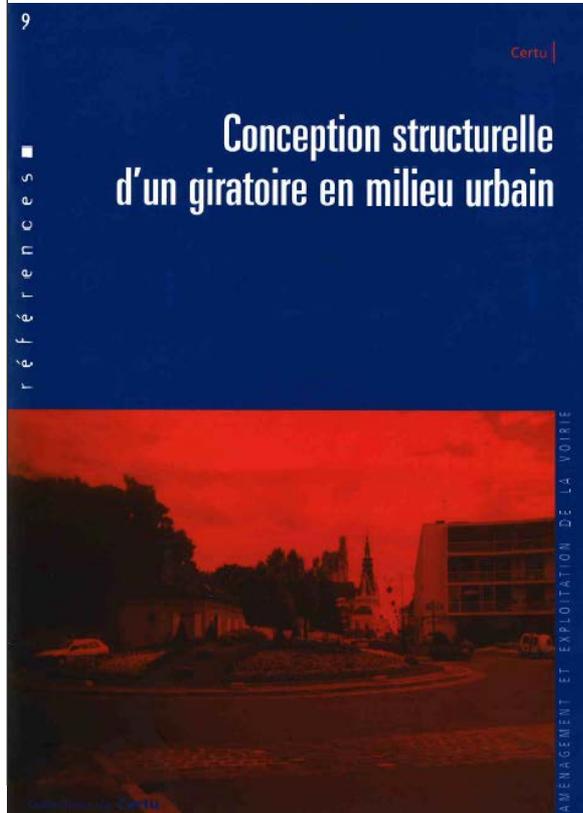
**Corrections**

Édité et diffusé par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Francis de Pressensé — 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex  
Tél. : + 33 (0)1 41 62 90 00 — Fax : + 33 (0)1 49 17 90 00 — [www.afnor.org](http://www.afnor.org)

© AFNOR

AFNOR 2011

1<sup>er</sup> tirage 2011-10-F



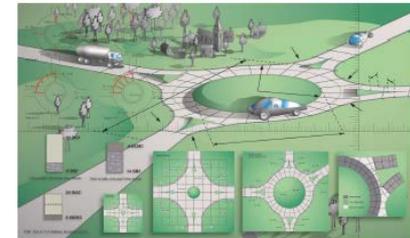
COLLECTION  
TECHNIQUE  
CIMBÉTON

T 63

CARREFOURS GIRATOIRES EN BÉTON

TOME 1

Guide de dimensionnement



**CIMbéton**  
CENTRE D'INFORMATION SUR  
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

# Conception des structures neuves

## Spécificités



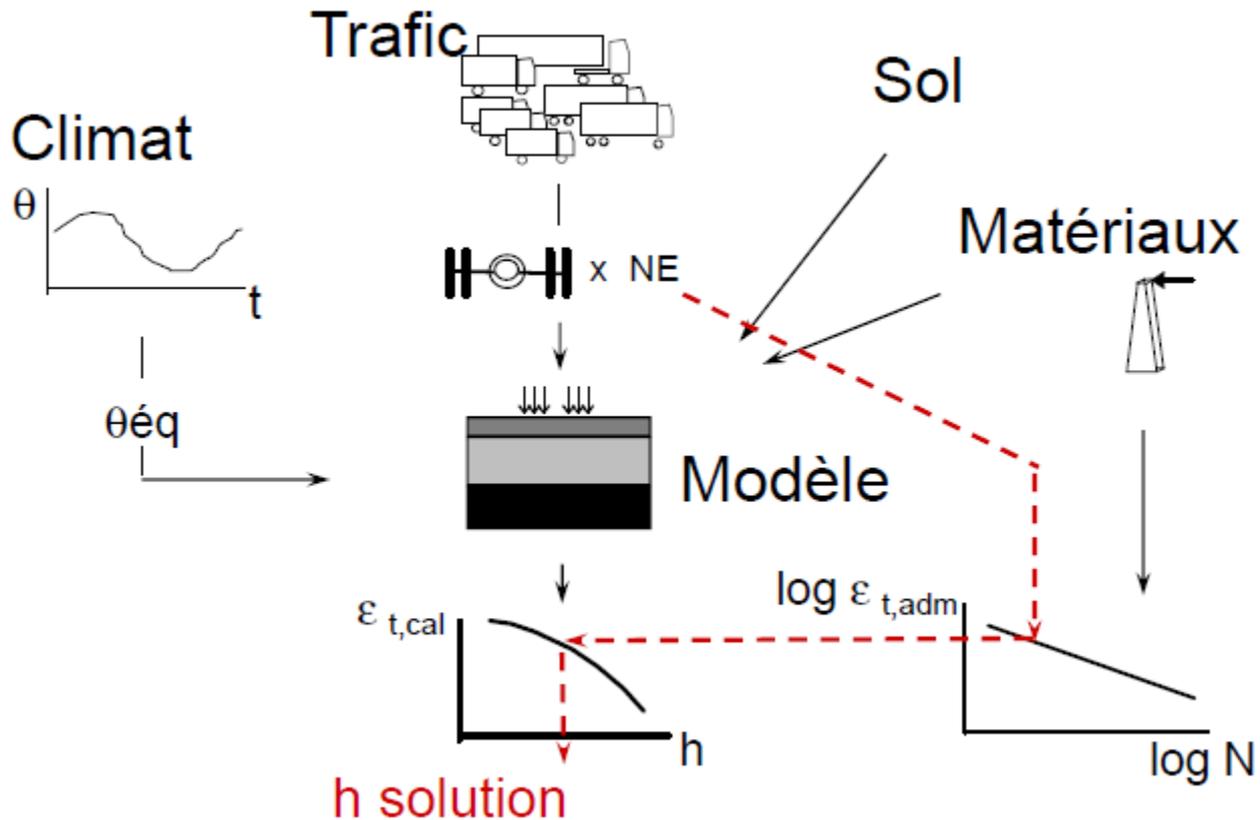
## Sollicitations supplémentaires de la chaussée engendrées par les poids lourds :

- Zone d'approche et de sortie
  - freinage et accélération
- Zone de trajectoire circulaire
  - effet de la force centrifuge
    - déport des charges verticales
    - forces tangentielles à l'interface :
      - roue-chaussée
      - couche de roulement / couche de base
    - ripage des roues des tridems



# Conception des structures neuves

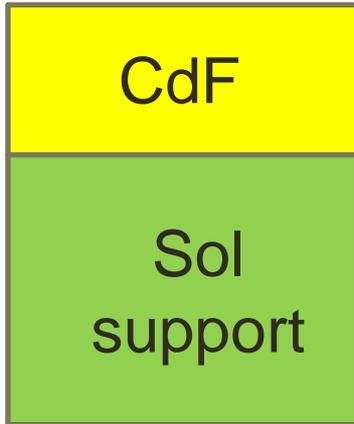
## Rappel du dimensionnement mécanique



- **Plate forme support**
- **Trafic**
- **Durée de service**
- **Risque de calcul**
- **Dispersion des épaisseurs**
- **Matériaux (couches d'assise – couches de surface)**
- **Données climatiques Gel**

# Conception des structures neuves

## Plateforme



**3 classes retenues**

Module EV2 MPa	50	80	120	
Classe de plateforme		PF2	PF2 <sup>qs</sup>	PF3
Ks		<b>1/1,1</b>	<b>1/1,065</b>	<b>1</b>

## Trafic

Trafic PL à prendre en compte

$$= \frac{1}{2} \sum (\text{des trafics entrants})$$

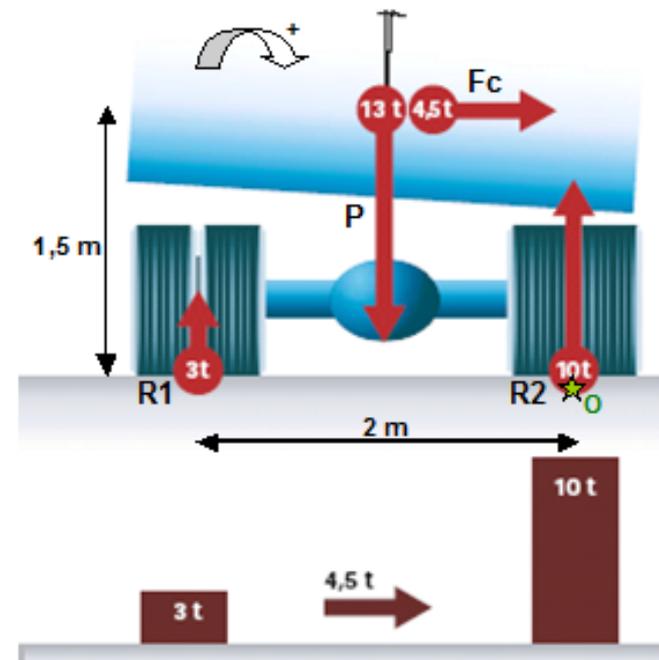
Le Coefficient d'Agressivité  
Moyen (**CAM**) doit prendre en  
compte le transfert de charge dû  
à la force centripète.



## Spécificités des carrefours giratoires

### ⊙ Calcul du transfert de charge :

- ◆ Accélération centripète :  $A_c = V^2/r$ 
  - V vitesse en m/s ( 30 km/h soit  $25/3$  m/s )
  - r : rayon du giratoire en m ( 20 m )
- ◆ Force centripète en N :  $F_c = m.V^2/r$ 
  - m : masse de l'essieu en kg ( 13 000 kg )
  - $F_c = 13\ 000 \times (25/3)^2 / 20 = 45\ 140$  N soit **4,5 t** (avec  $g = 10\ ms^{-2}$ )
- ◆ Transfert : Somme des moments en O = 0 (  $\sum \hat{M}_{t_0} = \hat{0}$  )
  - $R_1 + R_2 = P = 13\ t$
  - $R_1 \times 2 - P \times 1 + F_c \times 1,5 = R_1 \times 2 - 13 \times 1 + 4,7 \times 1,5 = 0$
  - D'où  **$R_1 = 3\ t$**  et  **$R_2 = 10\ t$**



# Conception des structures neuves

## CAM

L'agressivité engendrée par l'essieu extérieur dans ces conditions est égale à :

$$A = K \left( \frac{10}{6,5} \right)^\alpha$$

Pour une structure bitumineuse et un essieu simple :  $\alpha = 5$  ;  $K = 1$

$$A = 8,6$$

# Conception des structures neuves

## CAM

### Remarque

Actuellement sur les VNRS le CAM retenu est de 0,5 pour les Struct. Bitumineuses

Si un PL est composé d'un essieu de charge prédominante

$$0,5 = (P_c/130)^5 \text{ soit } P_c = 113 \text{ kN}$$

**Au niveau de force centripète diminution de la charge sur l'essieu extérieur**

# Conception des structures neuves

## CAM structure bitumineuse

Si  $P_c = 113$  kN et si on prend en compte la vitesse et le rayon du giratoire, les valeurs des CAM sont :

CAM	Vitesse km/h	
	20	30
Rayon en m	20	30
20	1,4	4
35	0,9	1,8

# Conception des structures neuves

## Rappel de la norme NF P 98-086

**Tableau C.3 — Coefficients d'Agressivité Moyen fonction du trafic et du type de matériaux pour les chaussées en milieu urbain**

	Voie de desserte	Voie de distribution	Voie principale à trafic lourd
<b>CAM Matériaux Bitumineux</b>	0,1	0,2	0,2
<b>CAM Matériaux Traités aux Liants Hydrauliques et béton</b>	0,1	0,2	0,4
<b>CAM sur giratoire</b>	0,2	0,5	1,0

Le CAM est multiplié par 5 pour les giratoires en milieu urbain pour les Struct. Bitumineuses

## Durée de service

- Guide CERTU : 20 ans
- Catalogue des structures types de chaussées neuves pour le réseau VRNS : 20 ans

## Risque de calcul

- Guide CERTU : 5%
- Norme NFP 98086 (structures bitumineuses)
  - **2 % pour trafic T0 (750 à 2000 PL/J/sens)**
  - **5 % pour trafic T1 (300 à 750 PL/J/sens)**
  - **12 % pour trafic T2 (150 à 300 PL/J/sens)**
  - **25 % pour trafic T3 (50 à 150 PL/J/sens)**

## Dispersion des épaisseurs

Des carottages sur une centaine de giratoires montrent des **dispersions d'épaisseurs doubles** de celles des sections courantes

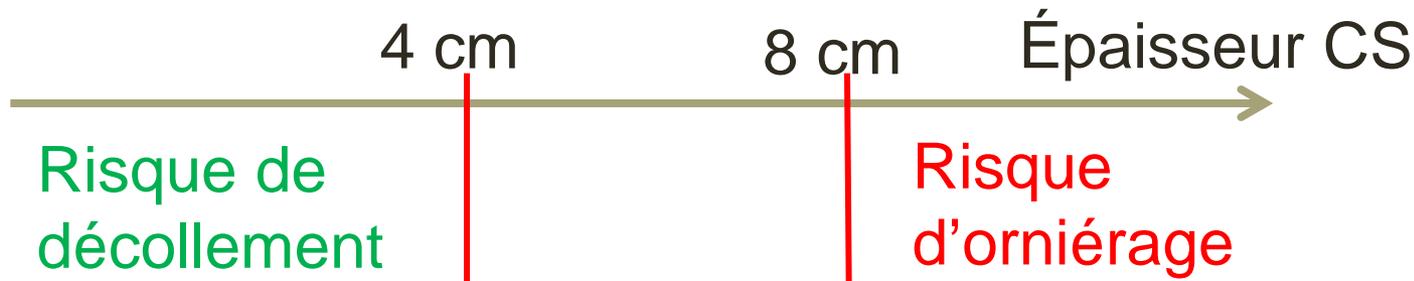
Ainsi :

- pour les matériaux bitumineux  $Sh = 5 \text{ cm}$
- pour les matériaux traités aux LH  $Sh = 6 \text{ cm}$

# Matériaux de **Couche de surface**

Ceux-ci doivent résister :

- à l'orniérage (vitesse lente)
- aux efforts de cisaillements



**Recommandations : 6 - 7 cm BBSG ou BBME (EB10 ou EB14)**

# Conception des structures neuves

## Spécifications, classes des BBSG et BBME

### Résistance à l'orniérage : guide CERTU

	Classe de Trafic		
Climat	T5	T3	≥ T1
<b>Continental montagneux</b>	Pas de spéc.	Classe 1	Classe 3
<b>Méditerranéen</b>	Pas de spéc.	Classe 2	Classe 3
<b>Océanique</b>	Pas de spéc.	Classe 1	Classe 3

# Conception des structures neuves

## Spécifications des bitumes pour les BBSG et BBME (guide CERTU)

**Résistance à la fissuration thermique**  **Orniérage**

	Classe de Trafic		
Climat	T5	T3	≥ T1
Continental montagneux	Bitume pur	Bitume pur ou modifié	Bitume modifié
Méditerranéen		Bitume modifié ou spécial	
Océanique		Bitume pur	Bitume modifié

# Conception des structures neuves

## Matériaux des Couches d'assise

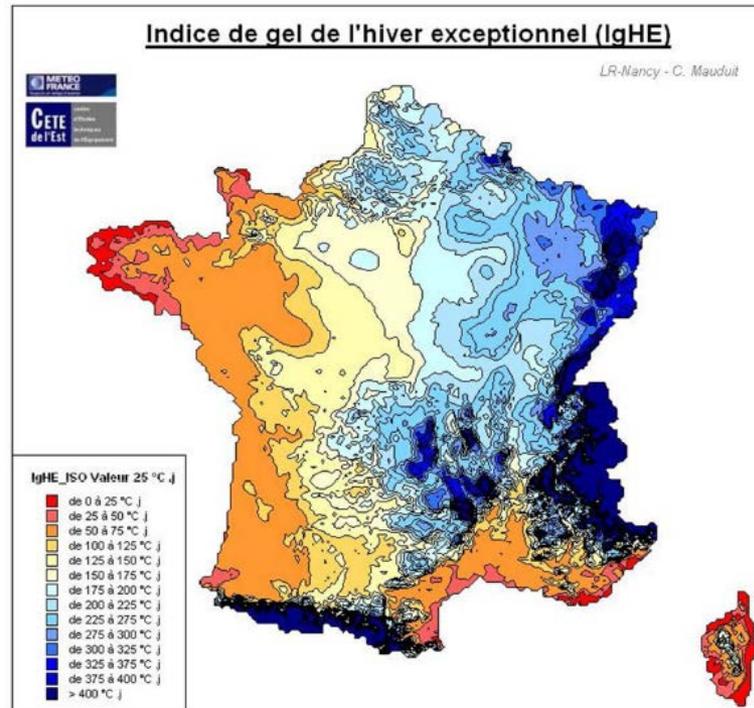
Ceux-ci doivent résister à la **fatigue**

- GB2, GB3, GB4
- EME2
- GC, GL
- BC

Caractéristiques mécaniques conformes  
à la norme NFP 98086 annexe F

## Principe :

$I_{\text{admissible de la chaussée}} \geq I_{\text{hiver de référence}}$



Carte de  
C. Mauduit

# Diapo de J.M. Balay

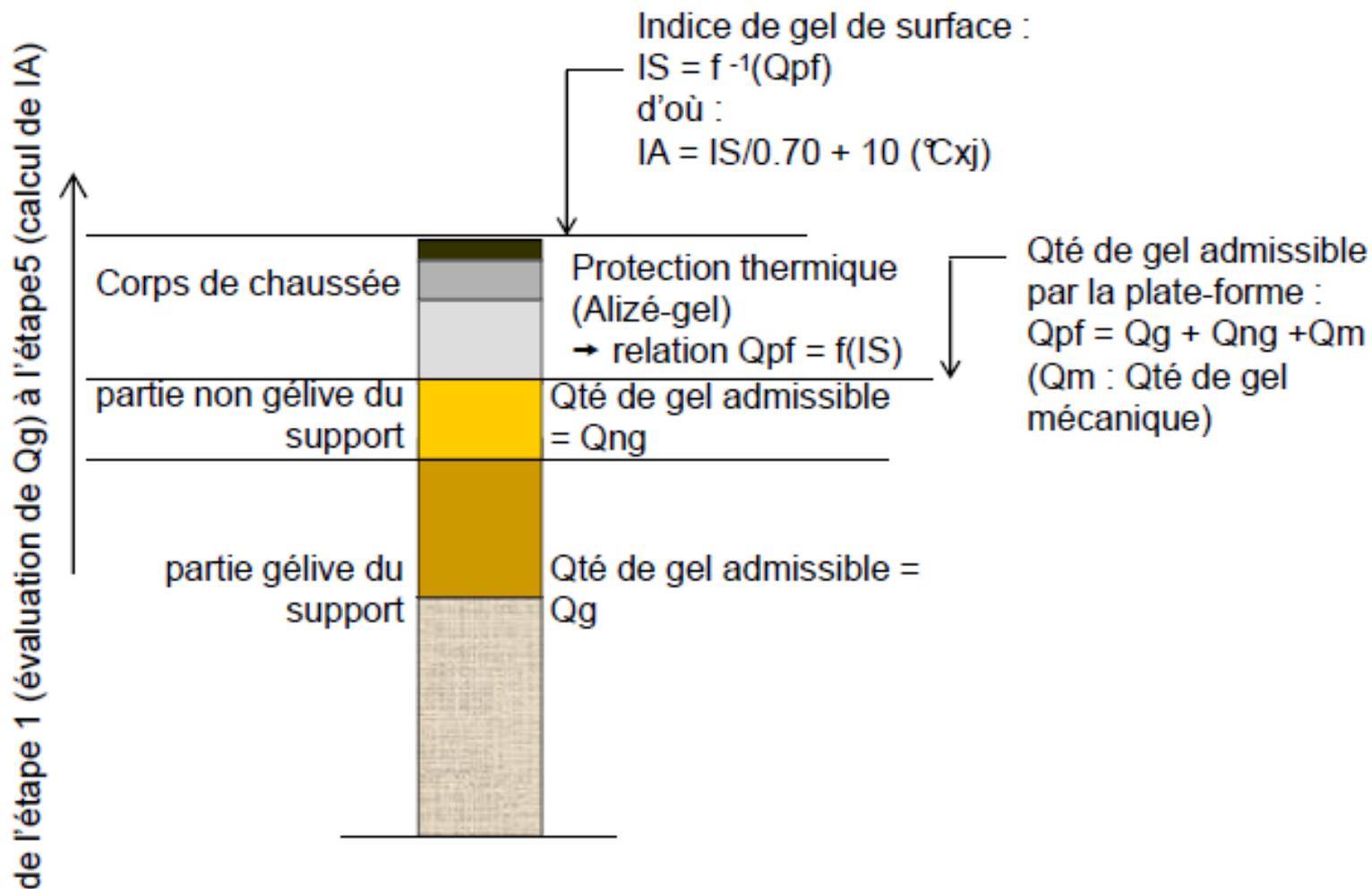


Plate forme support : PF2, PF3

Trafic CAM = 1 sur les voies PL

Durée de service : 20 ans

Risque de calcul : 5 %

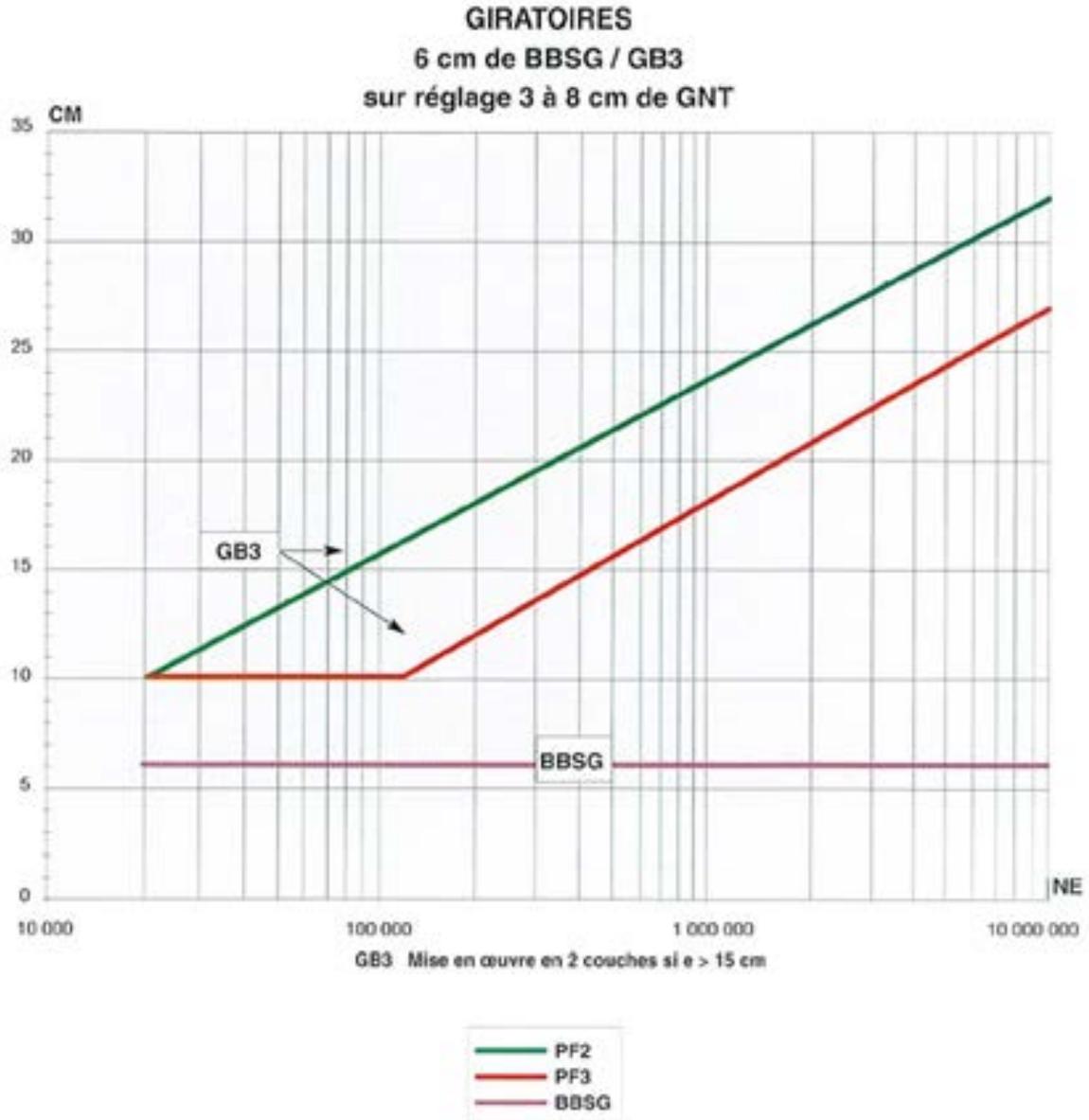
Dispersion des épaisseurs : Sh = 2,5 cm (MB)

Epaisseur CS : 6 cm BBSG ou BBME

Epaisseur C d'assise :

Epaisseur calculée x 1,15 (pour tenir compte des spécificités des giratoires)

# Exemple d'abaque guide CERTU



# Conception des structures neuves

## Comparaison entre :

- majoration de 15 % des épaisseurs des couches d'assise

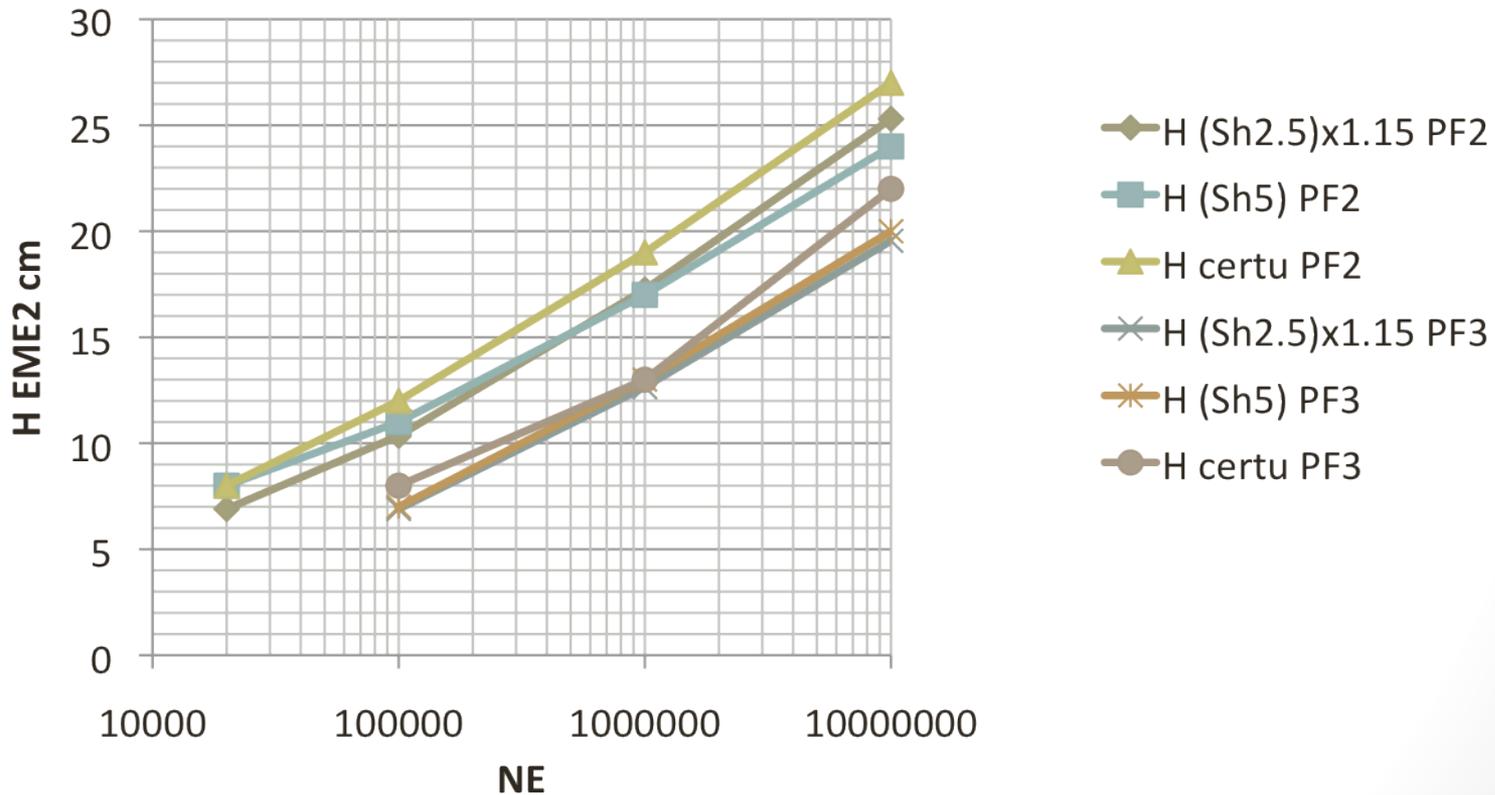
et

- prise en compte des dispersions doubles des épaisseurs relevées sur les giratoires

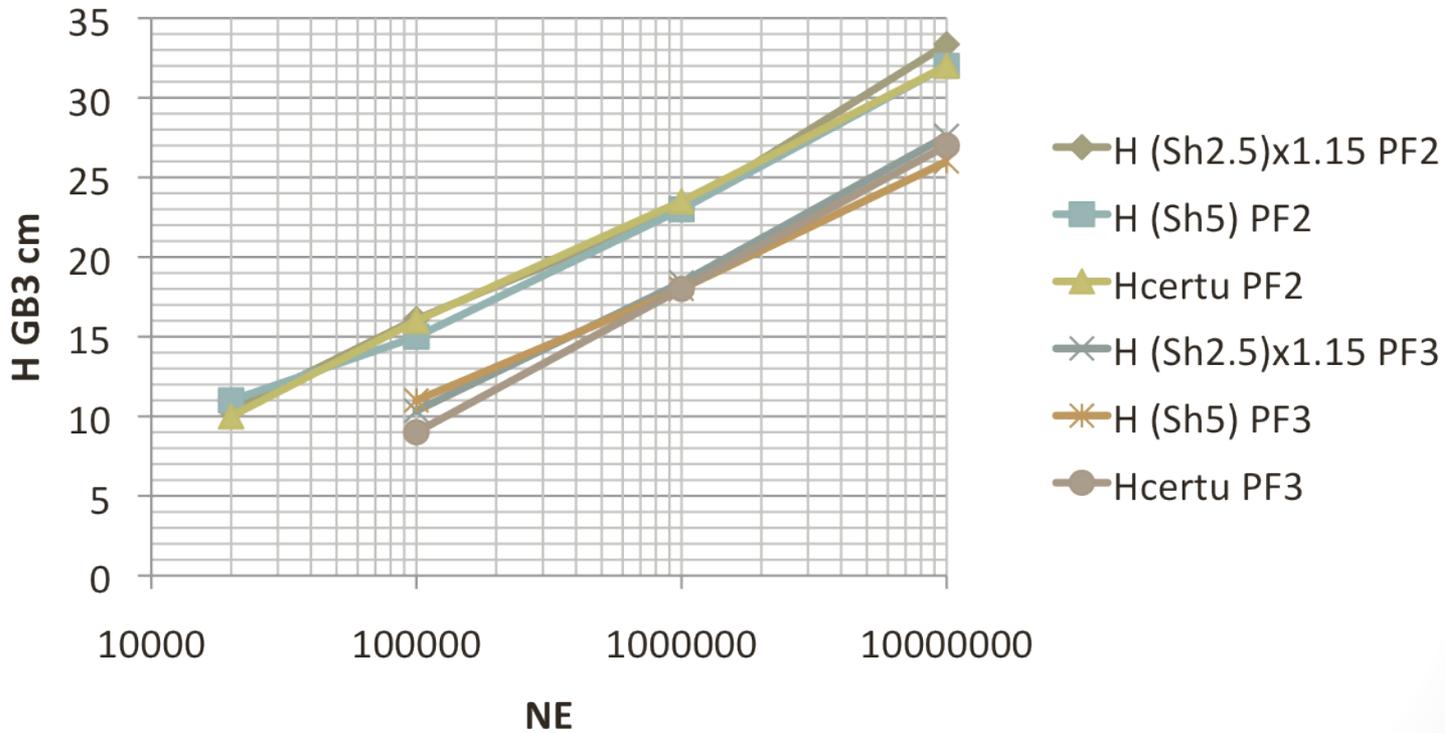
Cas des structures en GB3 et EME2 sur  
PF2 et PF3

Sh = 5 cm (constant)

## Epaisseurs EME2 en fonction de NE pour diverses hypothèses (CR 6 cm BBSG)



## Epaisseurs GB3 en fonction de NE pour diverses hypothèses (CR 6 cm BBSG)



## Conclusions

Très peu de différence d'épaisseur d'EME2 ou de GB3 pour les 2 hypothèses

- $Sh = 2,5 \text{ cm}$  et  $H_{GB3 \text{ ou EME2}} \times 1,15$
- $Sh = 5 \text{ cm}$

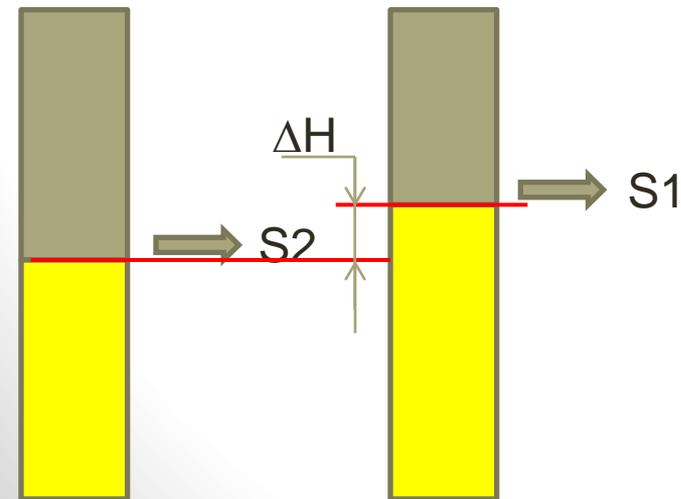
Dans l'application ERASMUS V5  
retenons  $Sh = 5 \text{ cm}$

## Rappel des 2 formules essentielles de méca-chaussée

$$\log S = a - b \times \log N \quad \frac{S1}{S2} = \left( \frac{N2}{N1} \right)^b$$

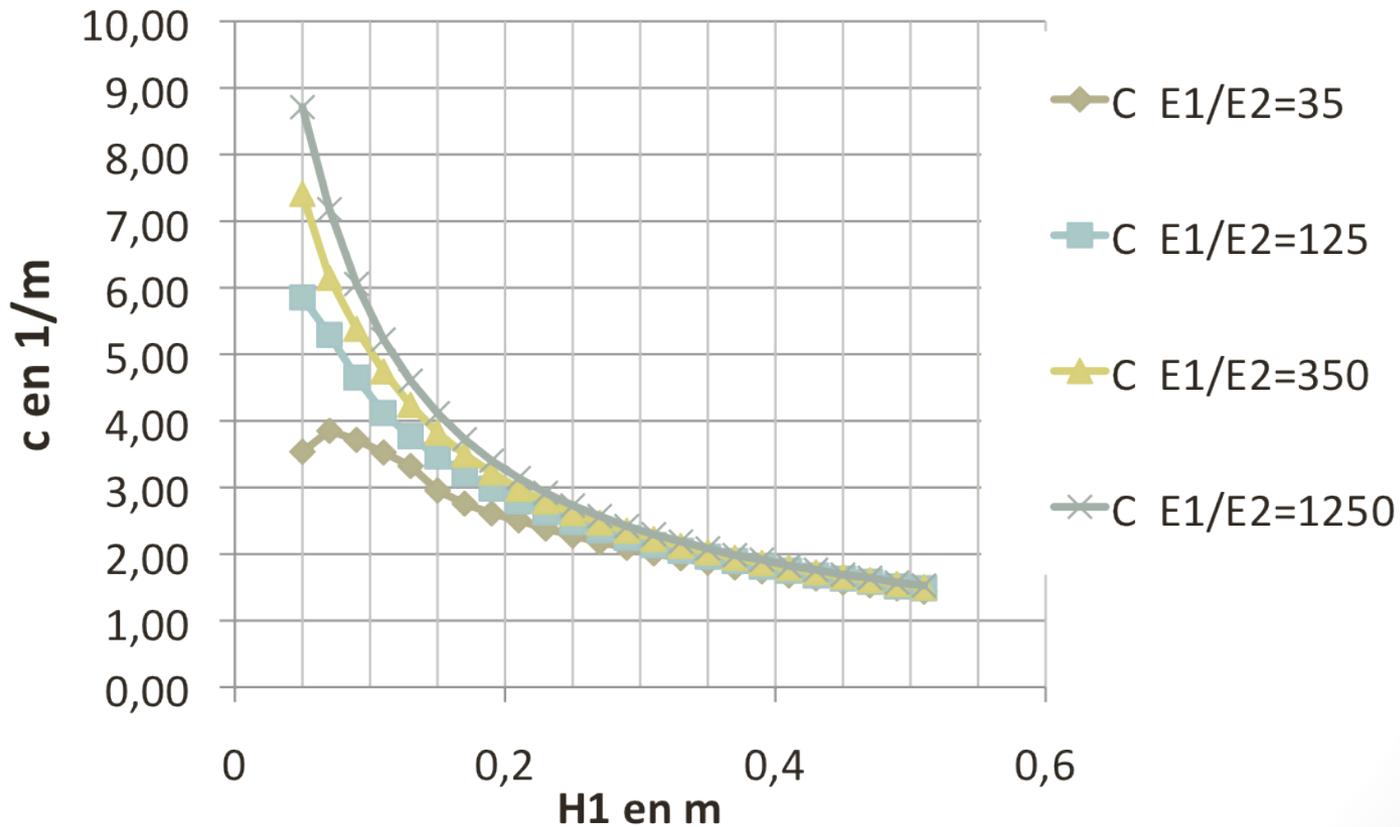
$$\log \frac{S1}{S2} = c \times \Delta H \quad \frac{S1}{S2} = 10^{c \times \Delta H}$$

$$\left( \frac{N2}{N1} \right)^b = 10^{c \times \Delta H}$$



## Bicouche

Valeur de C en fct de H1 pour différents rapports E1/E2



$$b \times \log \frac{N2}{N1} = c \times \Delta H$$

Si  $\frac{N2}{N1} = 2$  et  $b = 0,2$

$$\Delta H = \frac{1}{c} \times 0,2 \times 0,3$$

Si  $c = 2 \text{ m}^{-1}$

$$\Delta H = 0,03 \text{ m}$$

# Exemple d'application d'ERASMUS V5 pour la construction d'un giratoire

## **Cahier des charges**

Trafic : 457 PL/J (classe T1)

1% de taux d'accroissement arithmétique du trafic PL

CAM : 1,5

Durée : 20 ans

Classe de plateforme : PF3

Matériaux d'assises : GB3 ou EME2

Risque de calcul : 5%

CS : 6 cm BBSG 0/10 classe 3

**Construction (Construction) - giratoire - GIRATOIRE**

**Général**

Nom: giratoire Voie: RD999  
 Gestionnaire: Localisation début: Supprimer  
 Localisation fin: Supprimer pr: 9  
 pr: 0 abs: 0  
 abs: 200 Département: 99

**Cahier des charges**

20 an(s) ???

**Climat**

Nantes

**Trafic**

Type de progression: Arithmetique  
 Base de trafic: giratoire

2013  
 Voie 1 : 457 PL/j

**Structure**

2013 Affichage proportionnel

**Voie 1**

BBSG-0/10-CLASSE-3 - 6,0 cm  
 GB-0/14-CLASSE-3  
 Plateforme 120.0 Mpa - roches-insensibles-a-l-eau - D3

**Courant: GB-0/14-CLASSE-3**

Année: 2013  
 Epaisseur (cm): 5,0 <= <=20,0  
 Matériau: Nature GB-0/14-CLASSE-3  
 Paramètres avancés de conception: Supprimer

Module (MPa):  
 Dispersion d'épaisseur (cm): 5  
 Coefficient de Poisson:  
 Décollement:

## Courant: Cahier des charges

Annee de construction	2013
Examen du gel en diagnostic	Non
Durée de vie (ans)	0 <= 20
Epaisseur min à fraiser (cm)	
Risque de dimensionnement (%)	1,0 <= 5
Adhérence	
Couche de roulement	
Séparation des fonctions de la CR	<input type="checkbox"/>
Couche de liaison	
Atténuation du bruit	
Qualité de l'uni	

Contrainte de seuil

Demande de gel

### Paramètres Conception avancés

Taux d'actualisation des prix (%)	
Evolution des modules	
Blocage du sol	
CAM sur les matériaux bitumineux	1.5
CAM sur les matériaux hydraulique	
CAM sur le sol	1

## Courant: Cahier des charges

Année de construction

Examen du gel en diagnostic

Durée de vie (ans)

Épaisseur min à fraiser (cm)

Risque de dimensionnement (%)

— Paramètres Conception avancés

Taux d'actualisation des prix (%)

Evolution des modules

Blocage du sol

CAM sur les matériaux bitumineux 1.5

CAM sur les matériaux hydraulique

CAM sur le sol

1

Courant: Trafic (2013)

Année de mesure

2013<=

2013

Taux d'accroissement futur

1

— Nombres de PL

— Voie 1

Nombre de PL 457

## Courant: GB-0/14-CLASSE-3

Année 2013

Epaisseur (cm) 5,0 <=

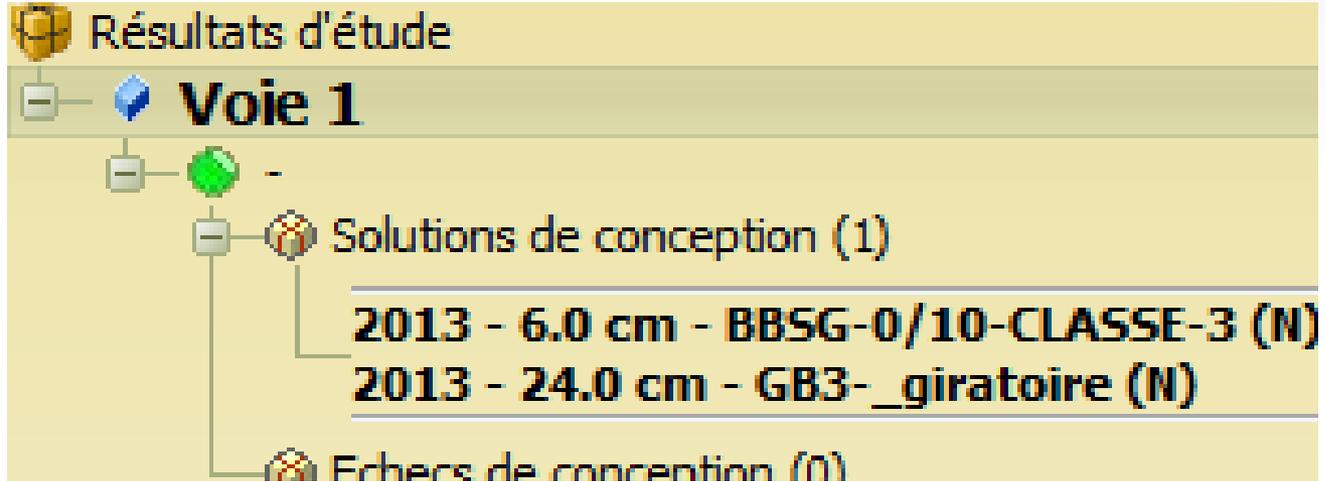
— Matériau

Nature GB-0/14-CLASSE-3

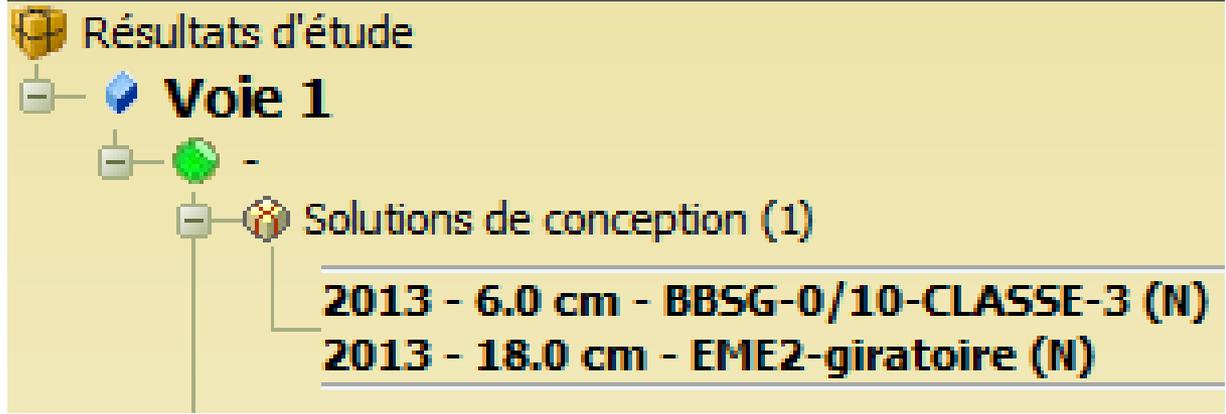
— Paramètres avancés de conception

Module (MPa)

Dispersion d'epaisseur (cm) 5

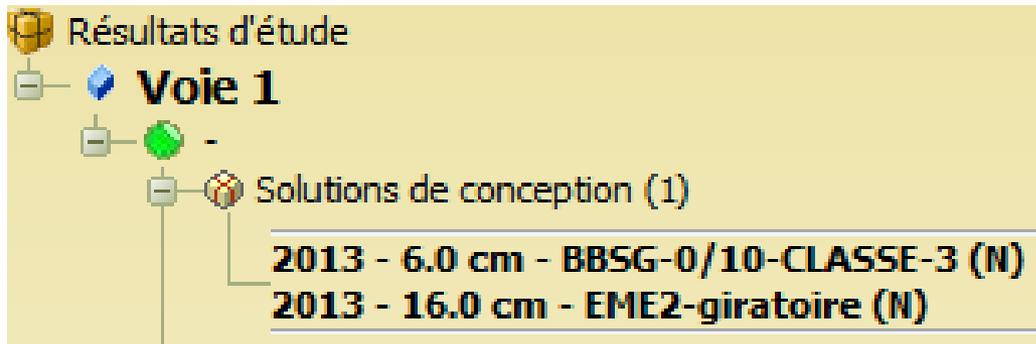
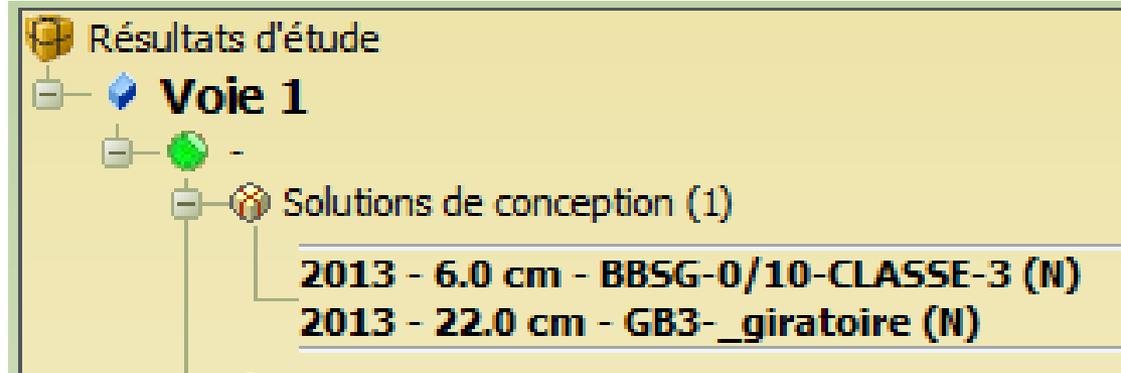


6 cm	BBSG 0/10 C3
12 cm	GB3 0/14 ou 0/20
12 cm	GB3 0/14 ou 0/20



6 cm	BBSG 0/10 C3
9 cm	EME2 0/14
9 cm	EME2 0/14

# Si CAM = 1



# Réhabilitation des giratoires

## Principaux désordres rencontrés sur les giratoires



# Réhabilitation des giratoires

## Principaux désordres rencontrés sur les giratoires



### Arrachements au niveau :

- Des joints longitudinaux et transversaux
- Des fissures

# Réhabilitation des giratoires

## Principaux désordres rencontrés sur les giratoires



**Orniérage**  
généralement de  
faible intensité



## Principaux désordres rencontrés sur les giratoires



Glaçage,  
Glissement avec  
faïençage

# Réhabilitation des giratoires

## Principaux désordres rencontrés sur les giratoires



### Fissurations

- Longitudinale
- Transversale
- Grande maille



# Réhabilitation des giratoires

## Principaux désordres rencontrés sur les giratoires



Faiénçage

## Diagnostic

### Recueil des données d'auscultation

- Historique de la chaussée
- Trafic
- Environnement
- Climat
- Etat visuel de surface
- Déflexions
- Carottages

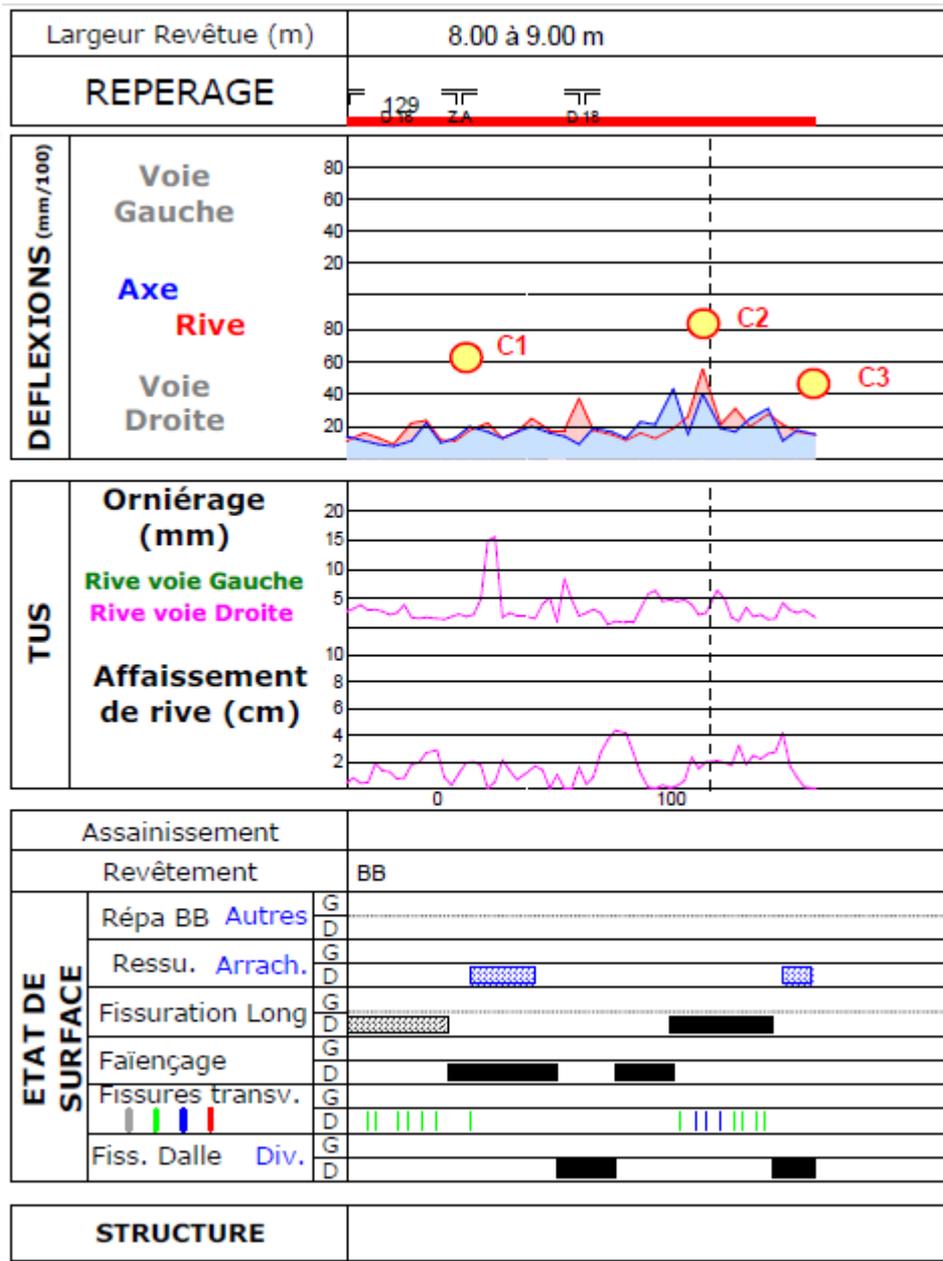


Schéma itinéraire



# Carottages sur fissures

# Réhabilitation des giratoires

## Techniques de réhabilitation

### **Couches de surface**

Idem construction neuves :

6 - 7 cm BBSG ou BBME

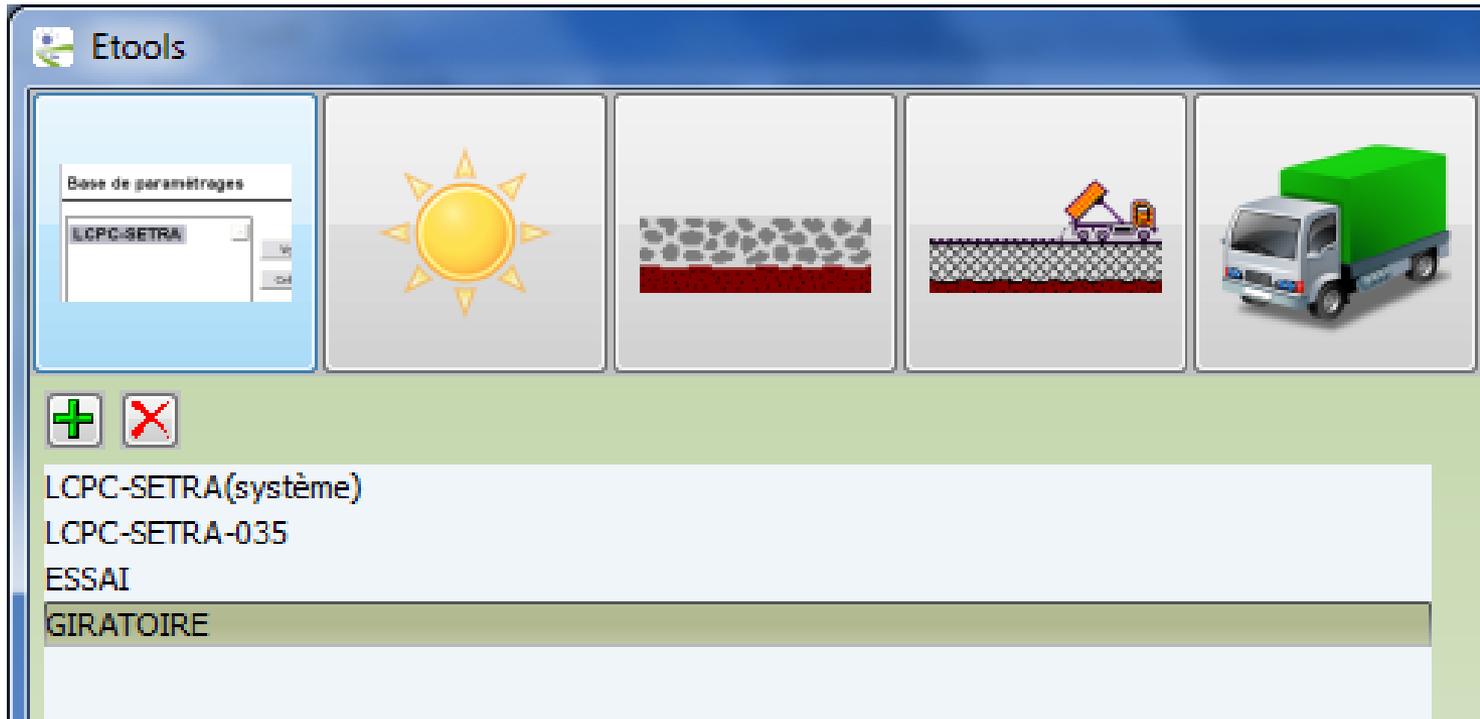
### **Couches d'assise**

GB3, GB4, EME2

# Réhabilitation des giratoires

## Application d'ERASMUS V5

### Création d'une configuration « Giratoire »



# Réhabilitation des giratoires

## Application d'ERASMUS V5

Création d'une configuration « Giratoire »



# Réhabilitation des giratoires

## Application d'ERASMUS V5

Création d'une configuration « Giratoire » **Agressivité**

Agressivités	
Agressivité/enrobés de surface*	1.5
Agressivité/enrobés de base*	1.5
Agressivité/matériaux hydrauliques*	1.3
Agressivité/graves non traitées*	1.5
Agressivité/sols*	1

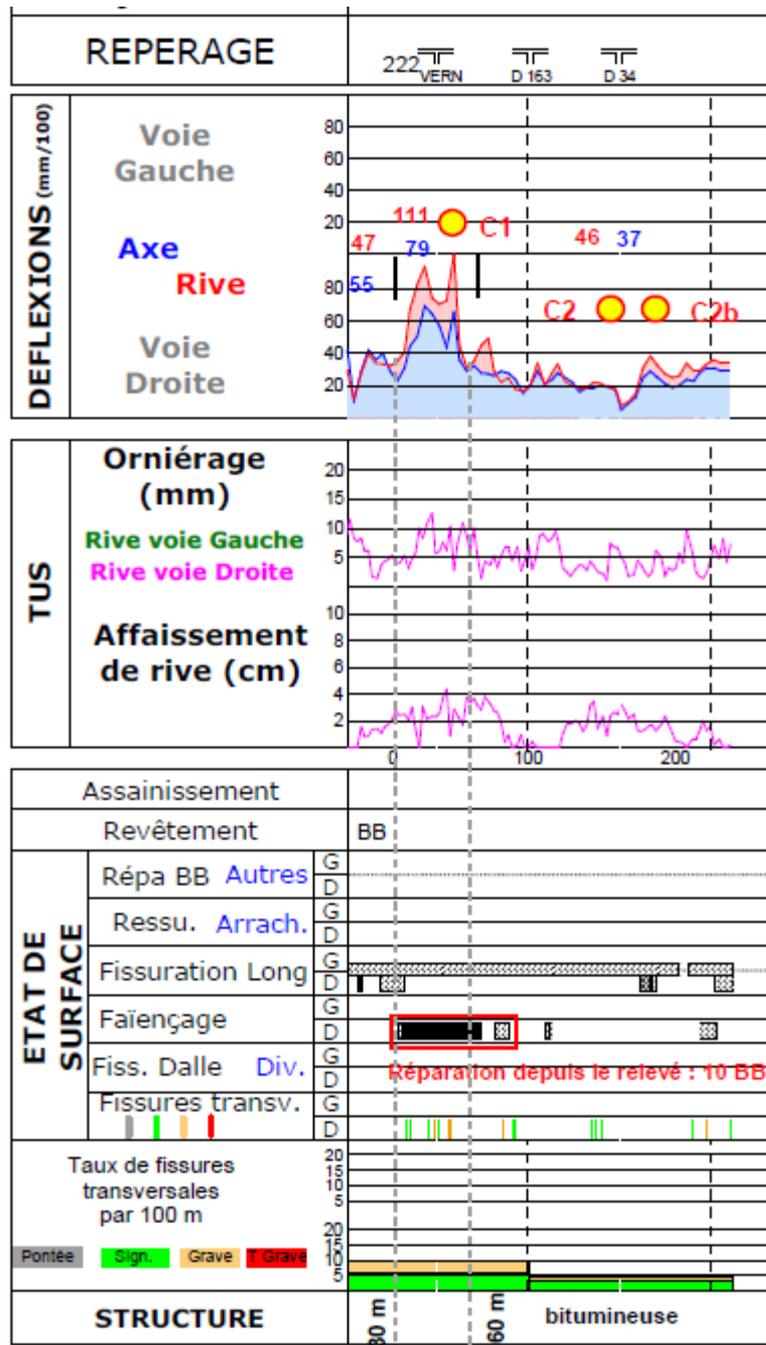
# Réhabilitation des giratoires

## Application d'ERASMUS V5

### Cas du giratoire RD 999

#### Recueil des données

- **Historique**
- **Trafic**
- **Déflexions**
- **Dégradations**
- **Carottages**



## Schéma itinéraire

# Réhabilitation des giratoires

## Application d'ERASMUS V5

### **Déflexions**

### **Dégradations**

- **2 sections**
  - **Déflexions 110/100 mm et faïençage**
  - **44/100 mm et fissuration dans et hors bdr**

# Réhabilitation des giratoires

## Application d'ERASMUS V5

### **Carottages**

#### **Section 1:**

**Déf. 110/100 mm et faïençage ► carotte fissurée**

#### **Section 2:**

**Déf. 46/100 mm et fissuration dans et hors bdr ► carotte fissurée par le haut sur 5 cm**

C

5,5 BBSG

C

6,5 GB

C

6,5 GB



**Général**

Nom: RD 163PF l'origine 29+ Voie: RD 163PF l'origine

**Climat**

Nantes

**Trafic**

Type de progression: Arithr

Taux d'accroissement à l'origine: 4

2013  
Voie 1: 1120 PL/j

**Essais: Voie 1**

111 79  
??? ???

Déflexion

Carottage

**Dégradations: Voie 1**

Année du relevé: 2013

2013

**Photos**

**Structure**

2013  Affichage proportionnel

**Voie 1**

- beton bitumineux - 5,0 cm - 16 ans
- grave bitume - 13,5 cm - 16 ans
- grave non traitée - 50,0 cm - 16 ans

**Courant: Essai (Carottage)**

Année: 2013

beton bitumineux - 5,0 cm - 16 ans

Epaisseur (cm): 5 Décollement:

**Sous épaisseurs**

	Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagrégé
0 < 5.0	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2013	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<= 5.0	<input type="text"/>				

grave bitume - 13,5 cm - 16 ans

Epaisseur (cm): 13.5 Décollement:

**Cartographie**

Coupe transversale

Profil général (0 --> 500)

200.00  
L. (cm)

**Cahier des charges**

12 an(s)  
<= -1

<b>Solution 1: Orniérage / / existe</b> Hypothèse Orniérage existe	Fatigue	Fluage	Dégâts d...	Fissuratio...	Remonté...
<b>Section</b> Trafic: 1120. PL/jour: t0_gir Déflexion calculée (2013) 111 mm/100 Calage mécanique (2010) Déflexion calculée:111 mm/100 Valeur de calage:111 mm/100	fort(e)	non	non	non	X
<b>bb-standard</b> Béton bitumineux (n°1) 5 cm, 16 an(s), collé 2000 MPa / 5. cm	faible	non			fort(e)
<b>gb4.5</b> Grave bitume (n°2) 13.5 cm, 16 an(s), collé 2000 MPa / 13.5 cm	fort(e)				non
<b>gnt3</b> Grave non traitée (n°3) 50 cm, 16 an(s), collé 240 MPa / 10 cm 240 MPa / 10 cm 195 MPa / 10 cm 98 MPa / 10 cm 49 MPa / 10 cm	non		X	X	X
<b>Sol</b> 24 MPa	fort(e)	X		X	X

Solutions de conception (18)

2013 - 6.0 cm - BBME-0/10-CLASSE-3 (N)

2013 - 18.0 cm - EME-0/14-CLASSE-2 (N)

2013 - 25.0 cm - Fraisage

2013 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-3 (N)

2013 - 20.0 cm - EME-0/14-CLASSE-2 (N)

2013 - 27.0 cm - Fraisage

2013 - 6.0 cm - BBME-0/10-CLASSE-3 (N)

2013 - 18.0 cm - EME-0/20-CLASSE-2 (N)

2013 - 25.0 cm - Fraisage

2013 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-3 (N)

2013 - 20.0 cm - EME-0/20-CLASSE-2 (N)

2013 - 27.0 cm - Fraisage

2013 - 6.0 cm - BBME-0/10-CLASSE-3 (N)

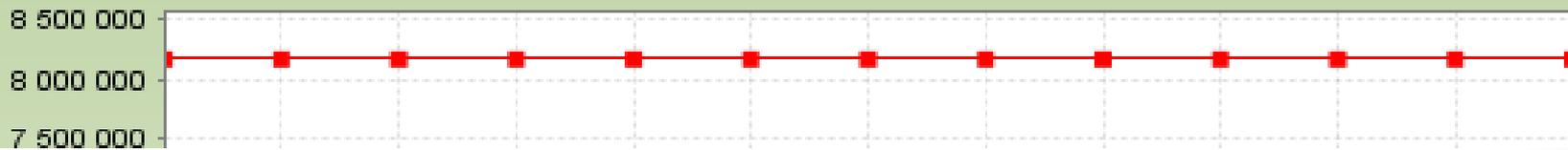
2013 - 26.0 cm - GB-0/14-CLASSE-3 (N)

2013 - 33.0 cm - Fraisage

## Divers Trafic cumulé



## Nb cycles subis eme-0/14-C2



# Section 2

**Général**

Nom: RD163PF2 29+10 29- Voie: RD163PF2

**Climat**

Nantes

**Trafic**

Type de progression: Arithr

Taux d'accroissement à l'origine: 2

2013  
Voie 1: 1120 PL/

**Essais: Voie 1**

Carottage: 46 40  
Déflexion: ??? ???

Carottage sur fissure

**Dégradations: Voie 1**

Année du relevé: 2013

Fissure longitudinale hors BDR

Fissure longitudinale sur BDR

**Photos**

**Structure**

2013

Affichage proportionnel

- beton bitumineux - 5,5 cm - 16 ans
- grave bitume - 8,5 cm - 16 ans
- grave bitume - 8,5 cm - 16 ans
- grave non traitée - 10,0 cm - 16 ans
- grave non traitée - 60,0 cm - 16 ans

**Courant: Essai (Carottage sur fissure)**

beton bitumineux - 5,5 cm - 16 ans

Décollement: Non

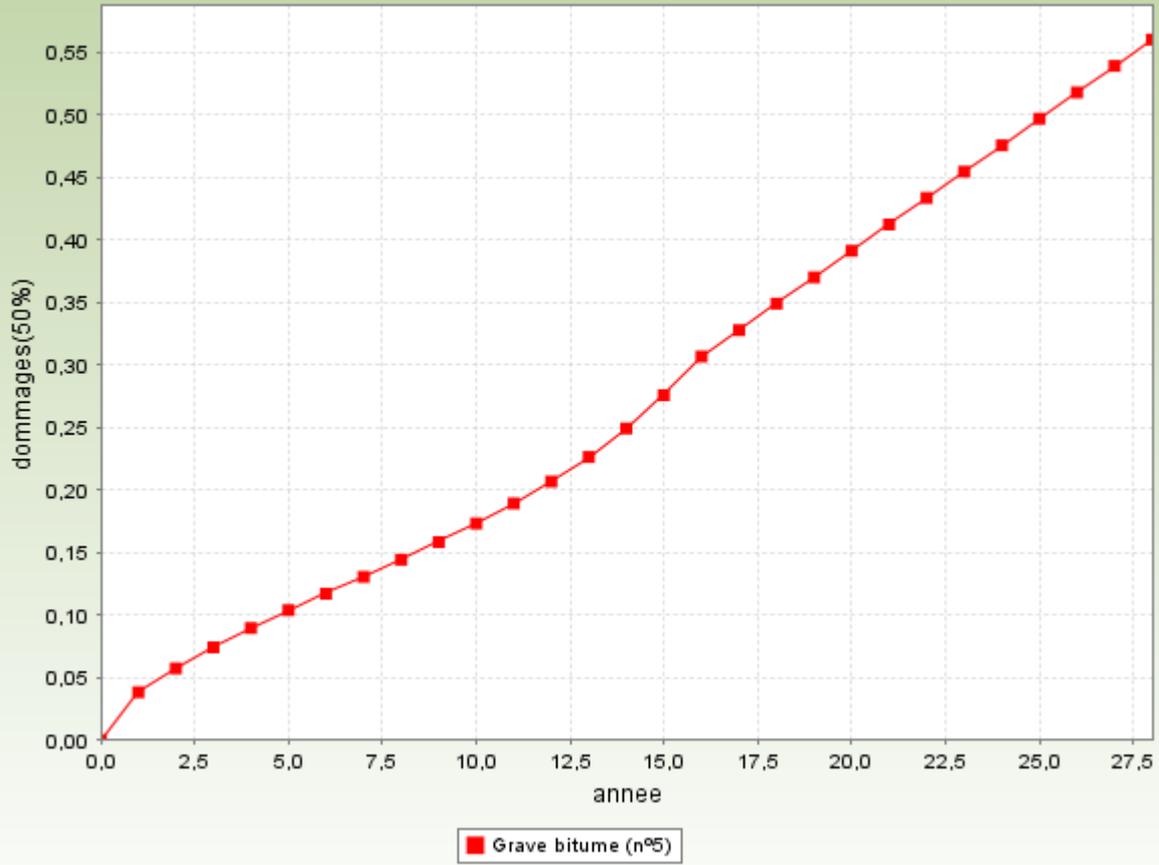
**Sous épaisseurs**

0 <	5.5	<= 5.5	Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagréé
					2013		

Solution 1	Fatigue	Fluage	Dégâts d...	Fissuratio...	Remonté...
<b>Section</b> Trafic: 1120. PL/jour: t0_gir Déflexion calculée (2013) 47 mm/100 Calage mécanique (2010) Déflexion calculée:46 mm/100 Valeur de calage:46 mm/100	faible	non	non	fort(e)	X
<b>bb-standard</b> Béton bitumineux (n°1) 5.5 cm, 16 an(s), collé 2000 MPa / 5.5 cm	non	non		fort(e)	non
<b>gb4.5</b> Grave bitume (n°2) 8.5 cm, 16 an(s), collé 13763 MPa / 8.5 cm	faible				faible
<b>gb4.5</b> Grave bitume (n°3) 8.5 cm, 16 an(s), collé 12910 MPa / 8.5 cm	faible				non
<b>gnt3</b> Grave non traitée (n°4) 10 cm, 16 an(s), collé 240 MPa / 10 cm	non		X	X	X
<b>gnt3</b> Grave non traitée (n°5) 60 cm, 16 an(s), collé 240 MPa / 10 cm 240 MPa / 10 cm 240 MPa / 10 cm 240 MPa / 10 cm 180 MPa / 10 cm 90 MPa / 10 cm	non		X	X	X
<b>Sol</b> 45 MPa	non	X		X	X



### dommages Grave bitume (n°5)



# Conclusions

Dans ERASMUS V5

Prise en compte

- De l'agressivité du trafic
- De la dispersion des épaisseurs des couches d'assise pour les structures neuves

## Remerciements

**Je tiens à remercier particulièrement  
Anthony Guenanen du LRPC de Saint-  
Brieuc pour son aide sur la  
problématique des giratoires**

**Merci de votre attention**

