



*Erasmus, votre partenaire d'aide à la décision pour vos chaussées !*

# Décohésion dans les chaussées bitumineuses

# Sollicitations des enrobés

- Mécaniques ,
- Thermiques avec des phénomènes chimiques qui vont participer +/- rapidement selon le niveau de sollicitation à la dégradation de l'enrobé
- Trafic: effet dynamique dus aux passages répétés des PL, statiques ( ralentissement du trafic)
- Frottements de surface ( pneu chaussée)usure

# Sollicitations des enrobés

- **Climatiques** : entraînent des variations de température au sein des enrobés; variations de courte durée ( journalières) ou de longue durée ( saisonnières)
- **Chimiques** :
  - Oxydation naturelle des liants
  - Action des sels de déverglaçage
  - Action du rayonnement solaire;
- Ces actions jouent un rôle important dans les dégradations: fis. de surface voire Faïençage, orniérage, polissage des granulats, désenrobages avec perte de gravillons , pelades et nids de poule.

# Désordres constatés sur RN 4 2006

Apparition de nids de poule, d'arrachements en plaques des couches de roulement

•« la couche de surface est partie en plaque ».

•« Les dégradations sont apparues en un laps de temps très réduit de quelques heures à une journée, lors de phénomènes pluvieux importants. »

•« Aucun élément précurseur des phénomènes n'ont été perçus par le service. »



# Désordres constatés sur RN 4 2006

Couche de roulement intègre et cohérente mais couche sous jacente complètement dégradée



# Désordres constatés sur A712 2010

Apparition rapide des dégradations à partir du 13 janvier 2010, s'amplifiant rapidement les jours suivants  
Fermeture de la circulation le 17





# Désordres constatés sur A712 2010

Couche de roulement BBM  
fissurée mais intègre

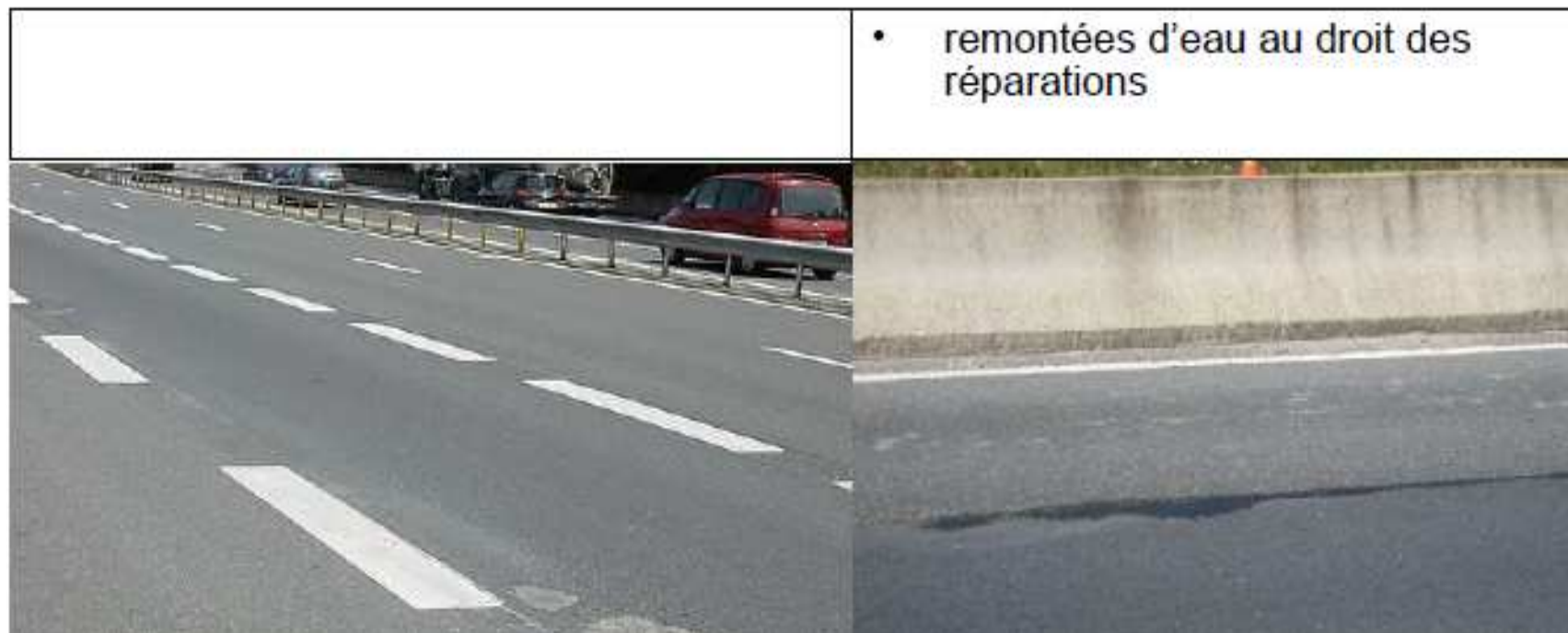
Ancienne couche de BBDr  
désagrégée



# Désordres constatés sur A20 (2010)

1ères dégradations en 2001

Visite en 2007





# Désordres constatés sur A20 (2010)

Évolution rapide en un week-end suite à variations très importantes de températures de  $-12^{\circ}\text{C}$  à  $+15^{\circ}\text{C}$

Fermeture de la voie à  
la circulation le 24/12/2010



# Désordres constatés sur A20 (2010)

Depuis 2003 :



Décollement du BBTM ou BBL  
Circulations d'eau  
Désagrégation du BBL



# Bilan des gestionnaires et labos

- Phénomène rapide lié à un cycle météo particulier
- Dégradation de la couche inférieure
- Mauvais collage
- Circulations d'eau
- Peut-être des signes précurseurs



6 et décembre 2012



Michel DAUZATS



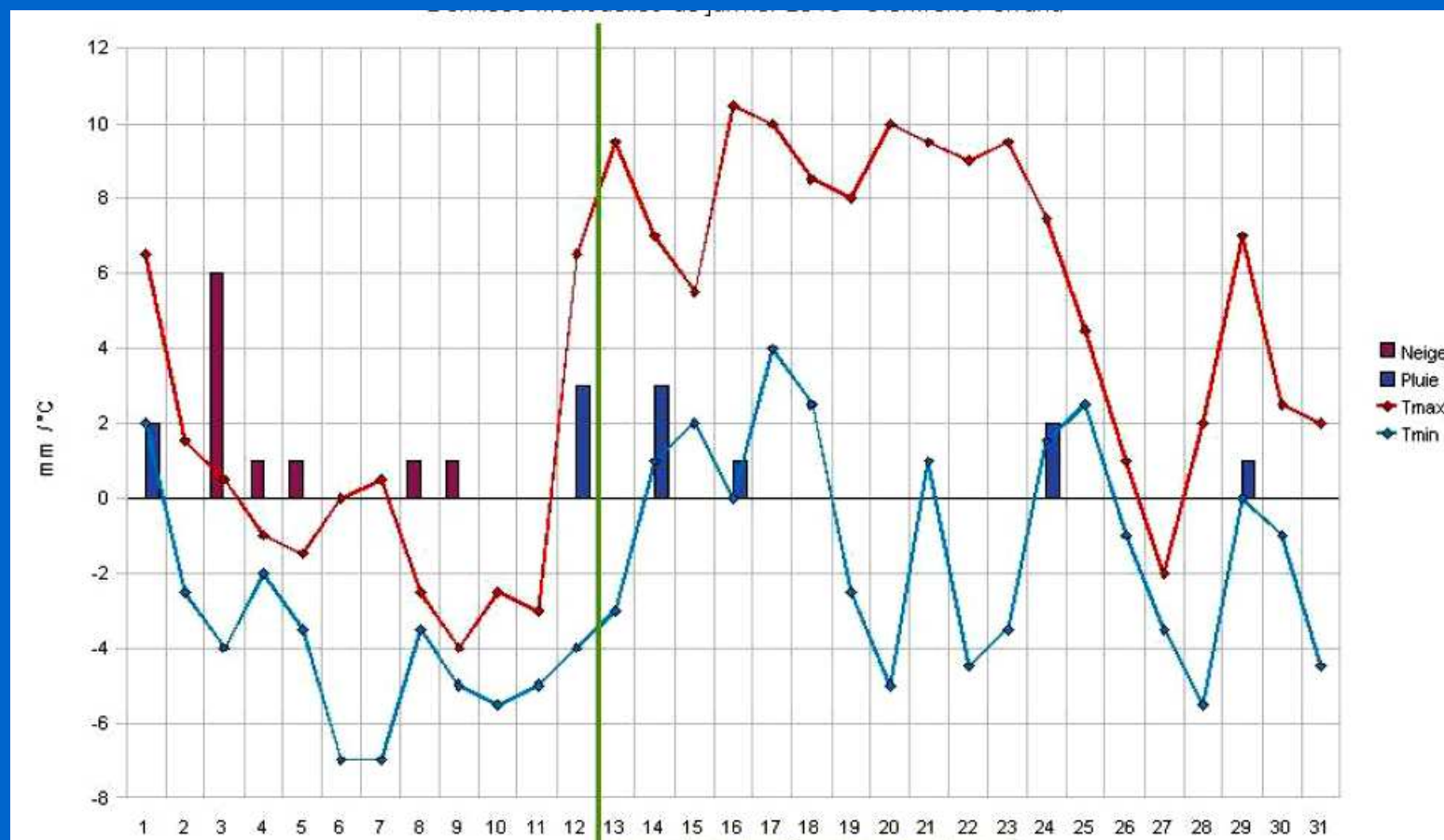
11

# Sollicitations thermiques (Fistherm dans Erasmus)

- Mis à part l'accélération du vieillissement du matériau et les pertes de portance des chaussées en période de dégel dues à la présence de sols gélifs dans les couches de chaussées, les variations de la température ont deux effets mécaniques principaux:
  - variation du module de l'enrobé bitumineux (facteur jusqu'à 100x),
  - création de contraintes et déformations au sein du matériau en raison des dilatations-contractions thermiques lors des changements de température (couplage thermomécanique).



# Relevés météorologiques: $\theta$ + précipitations janv.2010 Clermont





# Précautions

- Meilleure prise en compte du DURIEZ,
- Qualifier la couche de roulement à recouvrir essais sur carottes ( pseudo duriez) et essais sur liants;
- Eviter de recouvrir des couches de roulement très fissurées par des couches minces ou très minces
- Collage des couches ??
- Drainage?? Circulations d'eau

# Essai duriez et pseudo duriez



**COMPACTAGE DOUBLE EFFET 5 min**

	Enrobé D <sub>E</sub> 14 mm	Enrobé D <sub>E</sub> 14 mm
Ø éprouvette	8 cm	12 cm
Masse	1 kg	3,5 kg
F <sub>appliquée</sub>	68 kN	180 kN

Observation 7 jours  
Compression simple



**r / R**

I/C (r/R) : tenue à l'eau =  
aptitude de l'enrobé à résister au  
désherbage sous l'action de l'eau



# Facteurs d'influence sur tenue à l'eau DURIEZ

Rapport I/C (r/R) Duriez	
Inférieur à la valeur visée	Très inférieur à la valeur visée
<ul style="list-style-type: none"><li>- dopage du bitume dans la masse (0,3 % à 0,6 % par rapport au bitume)</li><li>- emploi de fines activées par 20 % de chaux vive ou éteinte</li><li>- augmenter le module de richesse (et diminuer le passant à 2 mm)</li><li>- employer un bitume plus dur</li><li>- augmenter la compacité en diminuant le 2/6</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- apport de 1 % de chaux vive ou éteinte</li><li>- remplacement de tout ou partie du sable par un sable d'une autre origine</li></ul>

# ITSR et Pseudo Duriez

- **ITSR** : norme européenne éprouvettes écrasées en traction indirecte:



# ITSR et Pseudo Duriez

- Pseudo Duriez: principe identique au Duriez mais sur carottes - écrasement en traction indirecte.( brésilien)





# ITSR et Pseudo Duriez

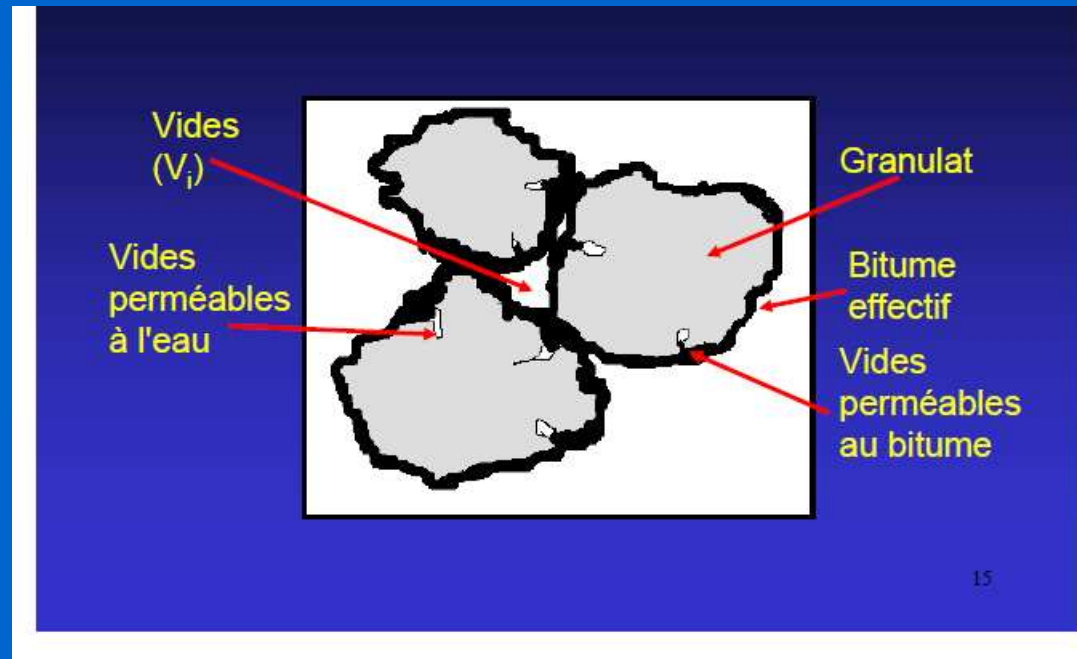
- Cet essai pratiqué sur certaines sections autoroutières ne semble pas très discriminant (influence de l'immersion faible).
- A priori si le rapport  $r/R$  est inférieur à 0,5 , l'enrobé testé aurait une très mauvaise tenue à l'eau .
- Cet essai est indicatif et doit être amélioré pour améliorer sa pertinence dans le but de qualifier l'enrobé support.

# Mécanisme d'adhésivité bitume granulat

- En présence de poussières à la surface des granulats il peut y avoir recouvrement sans adhésion.
- Adhésion assurée par liaisons intermoléculaires entre bitume et granulats ( liaisons électrostatiques, hydrogènes ( groupements hydroxyles) Van der Waal .
- L'eau de nature très polaire interagit mieux que le bitume vis à vis des granulats , cette compétition est à l'origine des désenrobages.
- L'affinité entre bitume et granulat dépend de la nature de la roche et de sa texture. Le potentiel de désenrobage des granulats siliceux est supérieur à celui des granulats calcaires.
- Après évaporation de l'eau il peut y avoir auto réparation en période sèche , mais par contre les phénomènes seront exacerbés dans les zones d'accumulation d'eau.

# Mécanisme d'adhésivité bitume granulat

- L'accès de l'eau à l'interface bitume granulat constitue une condition préalable au déplacement du film de bitume par l'eau.
- Ces mécanismes très complexes et faisant intervenir 3 entités ( eau granulat bitume) ne sont pas encore suffisamment codifiés pour régler ce type de problème.
- Les formulateurs possèdent quelques arguments pour traiter de manière empirique les problèmes d'adhésivité et donc de tenue à l'eau : dopes , utilisation de chaux ou ciments au lieu et place des fillers issus du concassage des granulats.

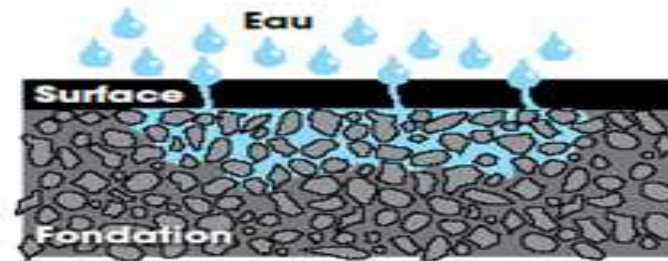


# Ex: formation des nids de poule

Plus la surface d'un bitume est âgée plus elle devient poreuse ce qui permet l'infiltration d'eau par les fissures.

Par temps froid, l'eau infiltrée sous la surface du bitume gèle et se dilate.

Quand la température extérieure augmente, l'eau infiltrée s'évapore et crée un trou sous la surface du bitume.





# Les phénomènes de décohésion des couches bitumineuses dans Erasmus

- *Les couches de surface sollicitées par le trafic, les contraintes climatiques voire chimiques, se dégradent . Comment les prendre en compte dans une analyse Erasmus??.*
- Généralement après sa mise en service la couche de roulement est collée à son support et donc peu sollicitée en traction par le trafic. Par contre et quel que soit le trafic , elle est fortement soumise aux agressions climatiques et à l'usure au contact pneu/enrobé par frottement et ce dès sa mise en circulation.

# Evolution des couches de surface sous Erasmus

- les couche de surface, sont soumises à deux types de sollicitations:
  - ) *dans un premier temps vieillissement et fatigue thermique :*
    - augmentation de la raideur de l'enrobé compte tenu du vieillissement du liant,
    - fissuration par la double action de la température et de la fatigue thermique.
  - -) *dans un deuxième temps et seulement lorsque le décollement de cet enrobé est effectif ,*
  - Travail par traction excessive à la base de la couche et endommagement par fatigue

# Evolution des couches de surface sous Erasmus

- Pour une section représentative, le « guide des renforcements » propose en fonction de l'état de la carotte et de la qualité des parois du trou de carottage une échelle des modules des matériaux pour la modélisation

		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité des parois	Lisses	Eref	0,7 x Eref	2000 MPa	Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré	0,7 x Eref	2000 MPa	1000 MPa	500 MPa

# Evolution des couches de surface sous Erasmus

Hypothèse: Si état *désagrégé* correspond à une couche *décollée* et si état *sain* → couche *collée*, l'espace de temps entre ces deux états pourrait être découpé en quatre phases soit en quatre états de raideur de l'enrobé.

Toute la difficulté de cette démarche est de mettre en place une échelle de temps en fonction de l'état de l'enrobé.

Notre objectif est de modéliser avec Erasmus l'incidence de l'évolution sur le long terme (20 ans) d'un BBTM sur l'état de la chaussée.

# Evolution des couches de surface sous Erasmus

- Lorsque l'enrobé étudié est collé au support et à priori non sollicité en fatigue, des dégradations de type fissuration peuvent être présentes en fonction du site et du climat. FISTHERM sous programme d'ERASMUS fait une évaluation prédictive de la surface fissurée à basse température et par fatigue thermique pour expliquer les désordres de surface.
- Le couplage de cette analyse temporelle par Fistherm avec l'évolution des modules des couches de surface peut être aussi associée s'il y a lieu avec l'endommagement de cette couche lorsque celle-ci est sollicitée en fatigue suite à un décollement par exemple.



# Etude de cas (autoroute)

>	BB-TRES-MINCE-0/10 - 2,4 cm - 12 ans	<
>	BB-TRES-MINCE-0/10 - 2,0 cm - 23 ans	<
>	BBME-0/14-CLASSE-2 - 7,0 cm - 23 ans	<
>	beton bitumineux - 8,0 cm - 36 ans	<
>	beton bitumineux - 4,0 cm - 43 ans	<
>	beton bitumineux - 5,0 cm - 43 ans	<
>	grave laitier - 19,0 cm - 43 ans	<
>	grave laitier - 18,0 cm - 43 ans	<
	- sables-graves-avec-fines - B2	

# Etude de cas (autoroute)

**Trafic**

Type de progression: Arithmetic

Taux d'accroissement à l'origine: 7

2012

Voie 1 : 4876 PL/j

Voie 2 : 1219 PL/j

Voie 3 : ??? PL/j

**Essais: Voie 1**

Déflexion

Carottage

**Dégradations: Voie 1**

Année du relevé: 2012

2012

Fissure longitudinale hors BDR

Fissure transversale franche

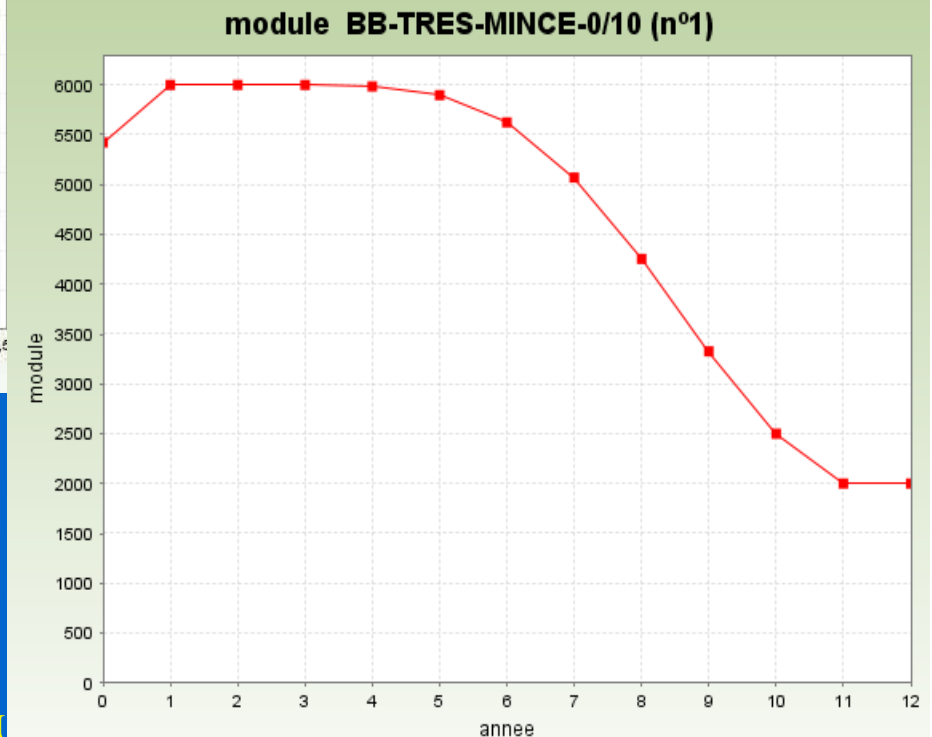
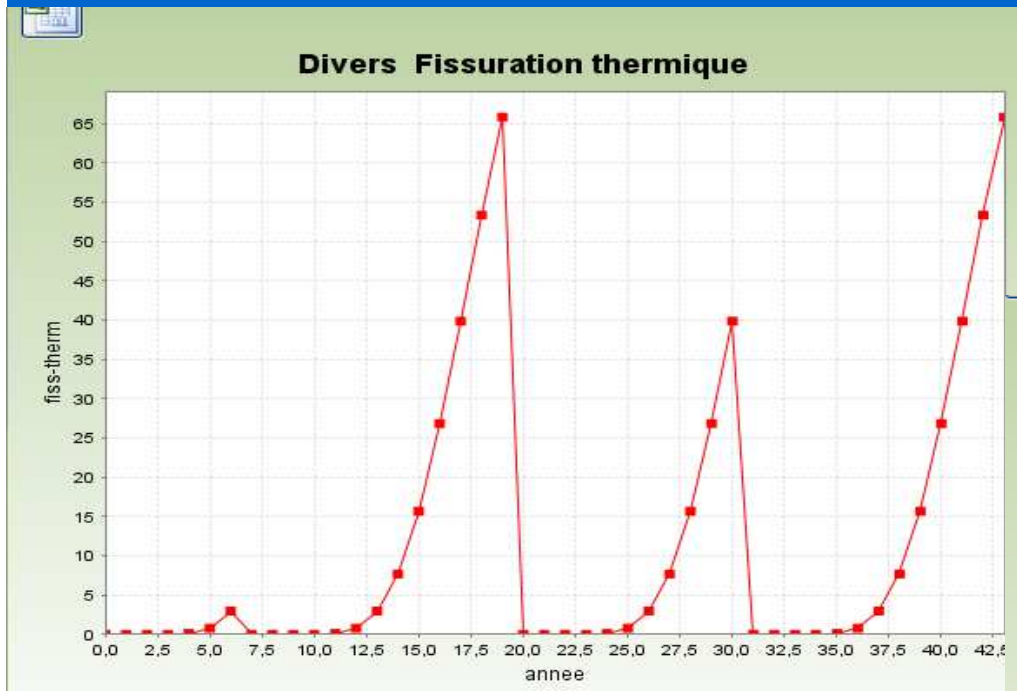
Fissure transversale ramifiée

Solution 1	Fatigue	Fluage	Dégâts dus au gel	Fissuration ther...	Fissuration de R...	Transfert de c
<b>Section</b> Trafic: 4876. PL/jour: s-t0 Calage mécanique (2012) Déflexion calculée: 23 mm/100 Valeur de calage: 23 mm/100	fort(e)	non	non	fort(e)	moyen(ne)	non
<b>bbtm10</b> BB-TRES-MINCE-0/10 (n°1) 2.4 cm, 12 an(s), collé 2000 MPa / 2.4 cm	faible	non		fort(e)	×	×
<b>bbtm10</b> BB-TRES-MINCE-0/10 (n°2) 2 cm, 23 an(s), collé 1000 MPa / 2 cm	faible			fort(e)	×	×
<b>bbme-0/14-C2</b> BBME-0/14-CLASSE-2 (n°3) 7 cm, 23 an(s), décollé 3000 MPa / 7 cm	fort(e)				×	×
<b>bb-standard</b> Béton bitumineux (n°4) 8 cm, 36 an(s), décollé 2000 MPa / 8 cm	fort(e)			fort(e)	×	×

# Etude de cas (autoroute) modélisation

BB-TRES-MINCE-0/10 (n°1)	2.4 cm	2000.0 MPa	n= 0.35	ept= -16.0 10-6	Collage
BB-TRES-MINCE-0/10 (n°2)	2.0 cm	1000.0 MPa	n= 0.35	ept= -31.6 10-6	Collage
BBME-0/14-CLASSE-2 (n°3)	7.0 cm	3000.0 MPa	n= 0.35	ept= -144.9 10-6	Glissement
Béton bitumineux (n°4)	8.0 cm	2000.0 MPa	n= 0.35	ept= -103.2 10-6	Glissement
Béton bitumineux (n°5)	4.0 cm	5780.0 MPa	n= 0.35	Compression	Collage
Béton bitumineux (n°6)	5.0 cm	7000.0 MPa	n= 0.35	Compression	Collage
Grave laitier (n°7)	19.0 cm	15000.0 MPa	n= 0.25	sigt= -0.1 MPa	Collage
Grave laitier (n°8)	18.0 cm	15000.0 MPa	n= 0.25	sigt= -0.5 MPa	Collage
Sol	600.0 cm	44.0 MPa	n= 0.35	epz= 98.1 10-6	Collage
		10000.0 MPa	n= 0.35		Collage

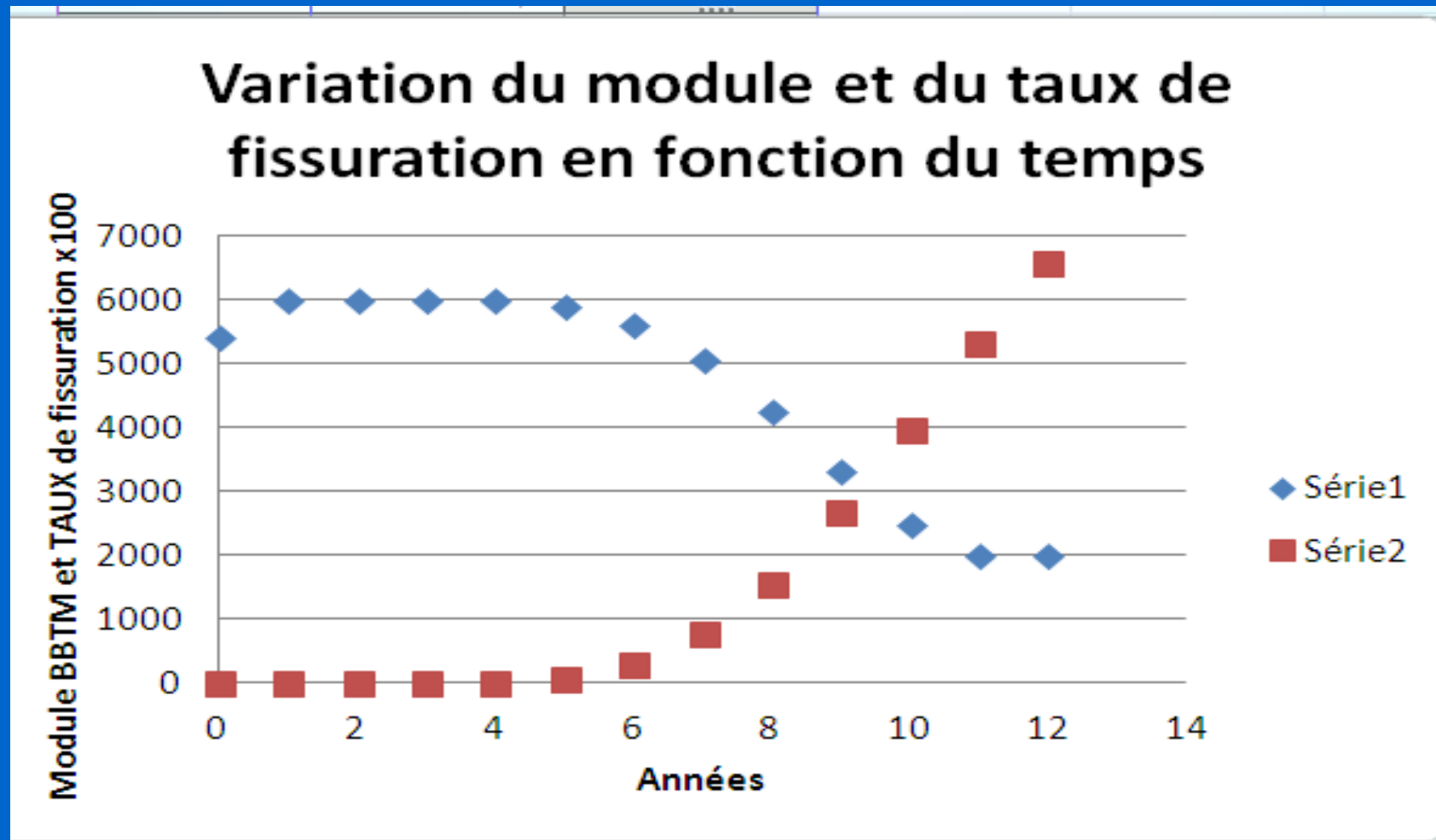
# Etude de cas (autoroute)



6 et décembre 2012

Michel DAU

# Taux de fissuration et module



# Etude de cas (autoroute) Variante BBTM de roulement décollé

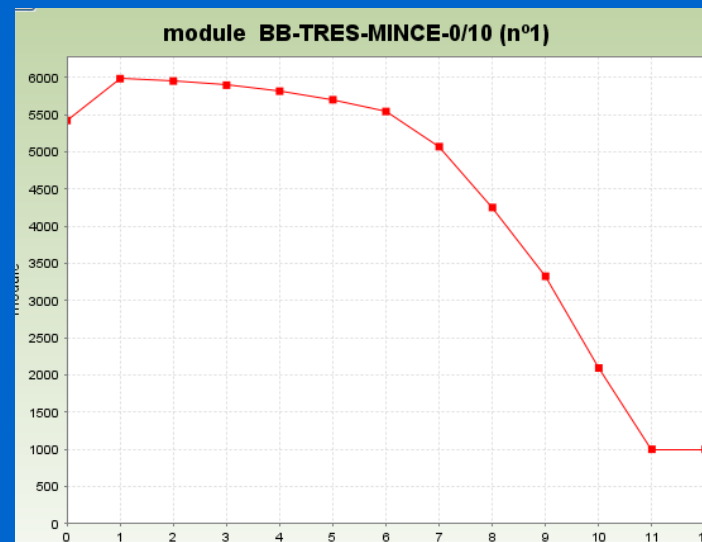
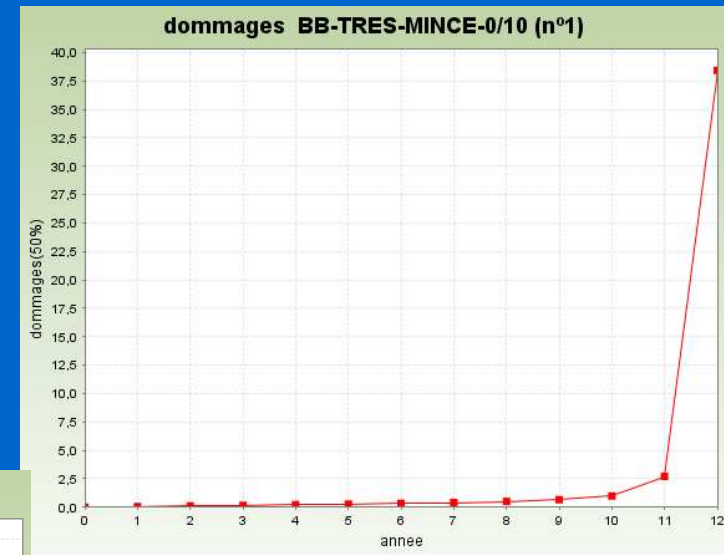
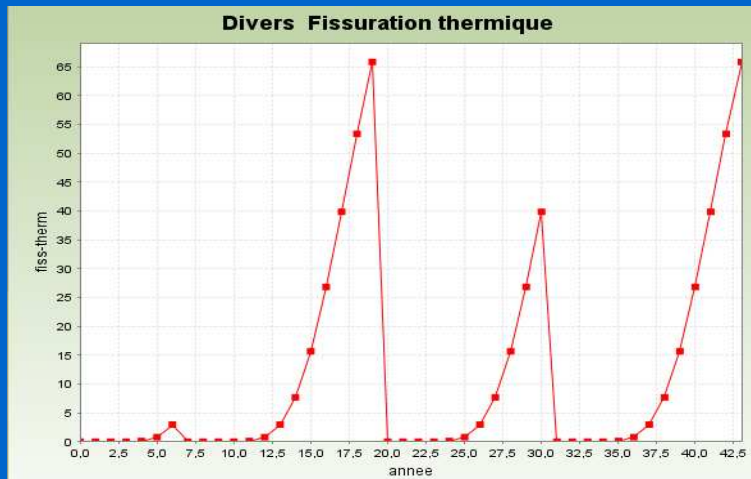
- Diagnostic

Solution 1: Fissure longitudinale / Gravité / plus grave Hypothèse Fissure longitudinale	Fatigue	Fluage	Dégâts dus au ...	Fissuration the...	Fissuration de ...
<b>Section</b> Trafic: 4876. PL/jour: s-t0 Calage mécanique (2012) Déflexion calculée: 23 mm/100 Valeur de calage: 23 mm/100	fort(e)	non	non	fort(e)	moyen(ne)
<b>bbtm10</b> BB-TRES-MINCE-0/10 (n°1) 2.4 cm, 12 an(s), décollé 1000 MPa / 2.4 cm	fort(e)	non		fort(e)	×
<b>bbtm10</b> BB-TRES-MINCE-0/10 (n°2) 2 cm, 23 an(s), collé 1000 MPa / 2 cm	faible			fort(e)	×
<b>bbme-0/14-C2</b> BBME-0/14-CLASSE-2 (n°3) 7 cm, 23 an(s), décollé 3000 MPa / 7 cm	fort(e)				×
<b>bb-standard</b> Béton bitumineux (n°4) 8 cm, 36 an(s), décollé 2000 MPa / 8 cm	fort(e)			fort(e)	×



# Etude de cas (autoroute)

## Variante: BBTM de roulement décollé

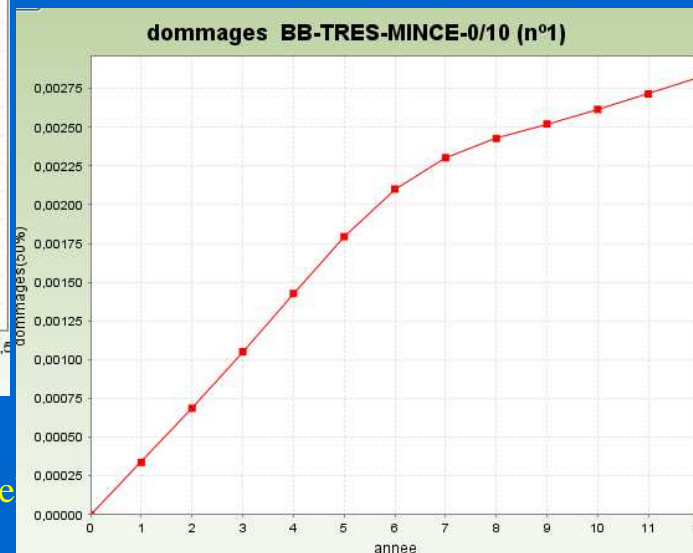
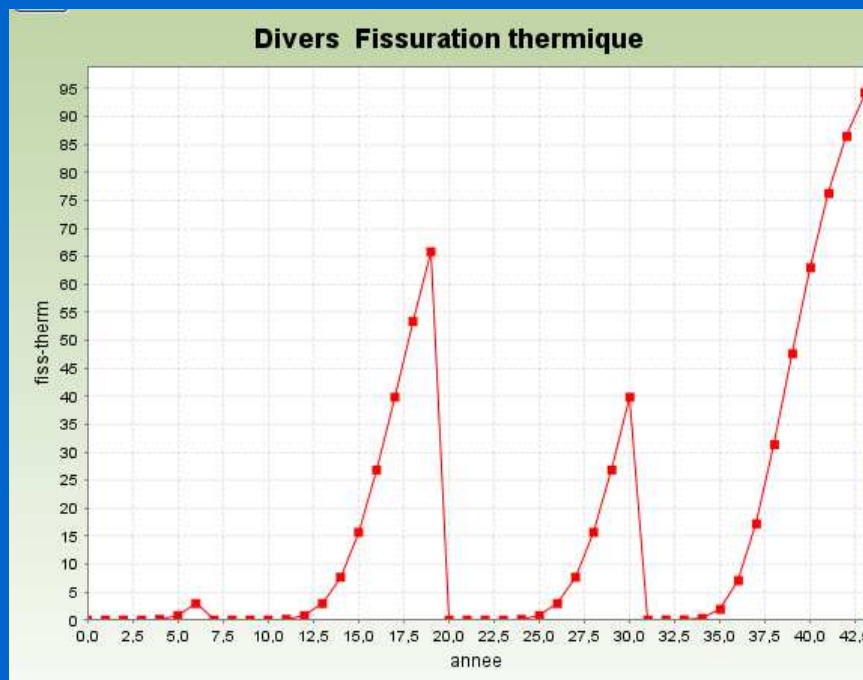


6 et décembre 2012

36

# Etude de cas (autoroute)

## Variante: BBTM de roulement % de vides 5% TL 5%



6 et décembre 2012

Miché

37

# Evolution temporelle des modules dans une structure

- Actuellement , lorsqu'on déclenche une étude , on effectue des investigations et en particulier des carottages .On constate et on vérifie sur ces carottes l'état de l'enrobé :épaisseurs , collage , état apparent de la carotte , détermination des caractéristiques du matériau(%de vides , TL, granulo etc), du liant,( pen , tba , asphaltènes etc).
- On qualifie l'état de cet enrobé , mais on est incapable de déterminer l'historique de cette évolution, on connaît seulement son début ( état neuf) et l'état constaté, l'évolution a pu être lente ou rapide selon les sollicitations ( trafic, météo etc) .
- On sait prendre en compte la fatigue( structurelle) mais assez mal les autres contraintes .

# Evolution temporelle des modules dans une structure

- Dans sa version actuelle ,il est possible de prendre en compte pour **les structures semi-rigides** et en **particulier pour les MTLH** , l'état de la couche constaté au carottage :

Courant: Essai (Carottage)

— grave ciment - 18,0 cm - 14 ans

Epaisseur (cm) 18      Décollement Oui

**Sous épaisseurs**

0 < 18,0      <= 18,0      Sain

— sable ciment - 30,0 cm - 14 ans

Epaisseur (cm) 30

**Sous épaisseurs**

0 < 30,0      <= 30,0

Désagrégé  
Fissuré  
Fracturé  
Médiocre  
Sain  
Sain

# Evolution temporelle des modules dans une structure

- Cette possibilité a été étendue aux MB car depuis la généralisation des GB et autres EME dans les structures de chaussées (40 -25ans) on peut constater que tout ou partie du matériau carotté peut être :

***sain , fissuré,fragmenté , désagrégré.***

- L'utilisateur peut donc qualifier ,outre l'épaisseur de matériau présentant cet état, depuis quand cette couche ou partie de couche!!! se trouve dans cet état (date) ,

# Nouveau développement d'ERASMUS( carottages)

BB5G-0/10-CLASSE-2 - 6,0 cm - 23 ans

Epaisseur (cm) 6

Décollement



## Sous épaisseurs

			Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagréé
0 <	3.0	<= 6.0			1997		
0 <	3.0	<= 3.0				1999	

GB3.5 - 15,0 cm - 32 ans

Epaisseur (cm) 15

Décollement



## Sous épaisseurs

			Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagréé
0 <	2.0	<= 15.0					1988
0 <	10.0	<= 13.0	1980				
0 <	3.0	<= 3.0			1988		

# Nouveau développement d'ERASMUS( carottages)

- Ce développement permet de faire une très bonne description de la carotte.
- On pourra toujours critiquer l'attribution d'une date à laquelle a été constaté l'état de la carotte ou de sa sous couche mais comme il est assez courant d'effectuer avant tout entretien , une étude et donc des carottages , cette datation est loin d'être aberrante .



# Nouveau développement d'ERASMUS( carottages)

- Exemple : données et résultat

The screenshot displays the ERASMUS software interface for road data management. The interface is divided into several panels:

- Top Left Panel:** Contains a sun icon, a dropdown for 'Type de progression', a text field for 'Taux d'accroissement à l'origine', and a truck icon with the year '2012' and 'Voie 1 : 2700 PL/}'. Below this is a 'Lyon-zone1' label and a small map.
- Essais: Voie 1 Panel:** Shows two test results for 'Voie 1'. The first is 'Déflexion' with values '45 35' and '??? ???'. The second is 'Carottage' with a corresponding image.
- Dégradations: Voie 1 Panel:** Displays 'Année du relevé' as '2012'. It includes two warning icons: 'Nids de poule' (potholes) and 'Faiencage sur RDB' (tile paving on RDB).
- Main Results Panel (Right):** Titled '2012' and 'Affichage proportionnel'. It lists the road structure for 'Voie 1':
  - BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE - 4,0 cm - 2 ans
  - BB-TRES-MINCE-0/10 - 2,5 cm - 12 ans
  - BBSG-0/10-CLASSE-2 - 6,0 cm - 23 ans
  - BBSG-0/14-CLASSE-2 - 7,0 cm - 32 ans
  - GB3.5 - 15,0 cm - 32 ans
  - GRAVE-RECONSTITUEE-HUMIDIFIEE - 25,0 cm - 32 ans
  - Sol
- Courant Panel:** A section at the bottom right, currently empty.

# Nouveau développement d'ERASMUS( carottages)

Courant: Essai (Carottage)

BB-TRES-MINCE-0/10 - 2,5 cm - 12 ans

Epaisseur (cm) 2.5 Décollement: Oui

**Sous épaisseurs**

		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré
0 <	2.5			2004		2009
	<= 2.5					

BBSG-0/10-CLASSE-2 - 6,0 cm - 23 ans

Epaisseur (cm) 6 Décollement:

**Sous épaisseurs**

		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré
0 <	3.0			1997		
	<= 6.0					
0 <	3.0				1999	
	<= 3.0					

BBSG-0/14-CLASSE-2 - 7,0 cm - 32 ans

Epaisseur (cm) 7 Décollement:

**Sous épaisseurs**

		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré
0 <	7.0			1988		
	<= 7.0					

GB3.5 - 15,0 cm - 32 ans

Epaisseur (cm) 15 Décollement:

**Sous épaisseurs**

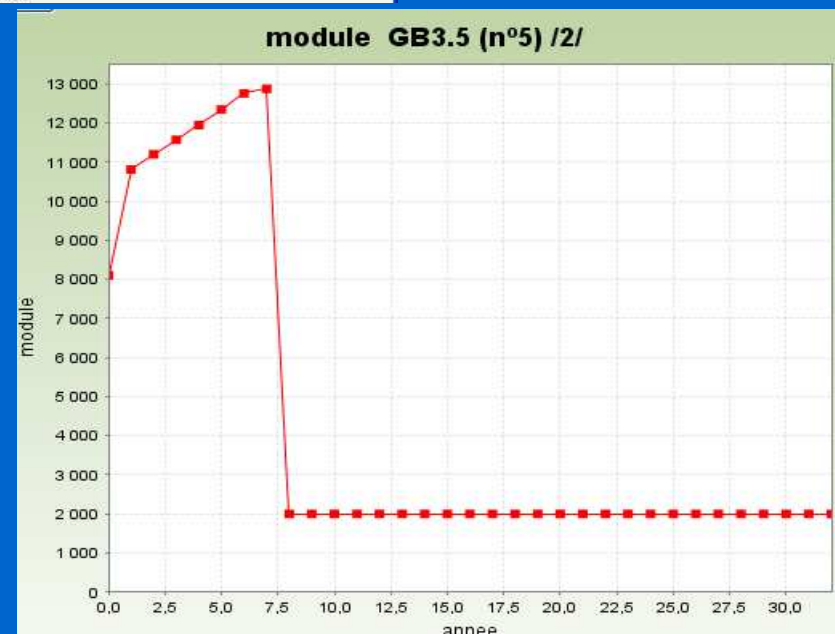
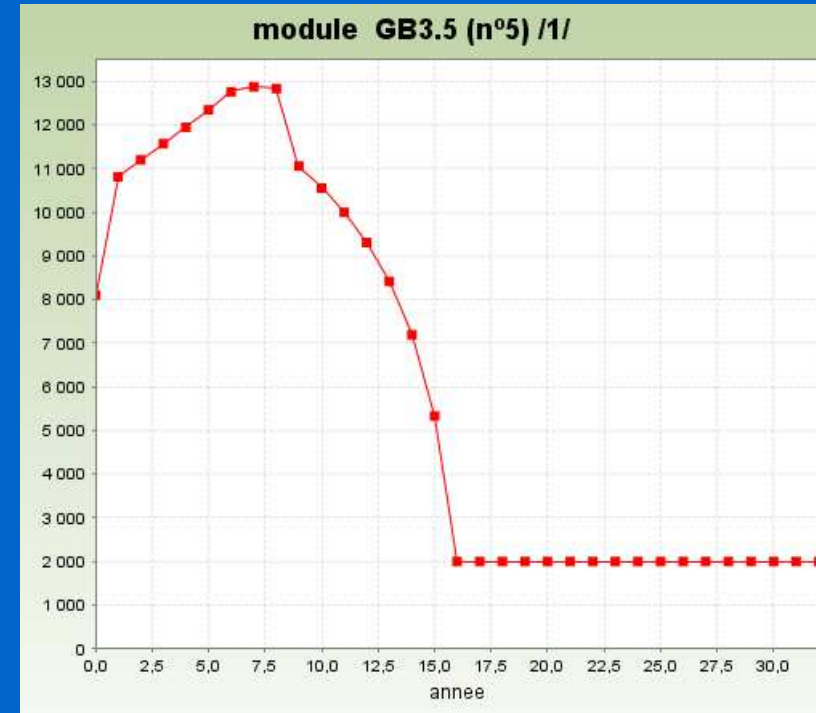
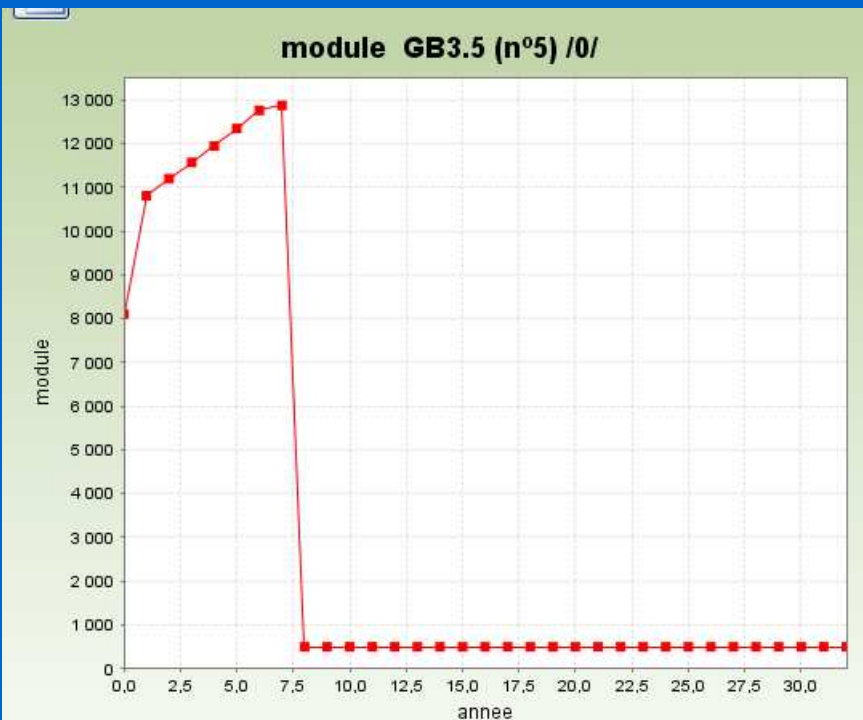
		Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré
0 <	2.0					1988
	<= 15.0					
0 <	10.0	1980				
	<= 13.0					
0 <	3.0			1988		
	<= 3.0					

## Nouveau développement (diagnostic)

Solution 1: Fissure longitudinale // existe	Fatigue	Fluage	Dégâts dus a...	Fissuration th...	Remontée de ...
<b>Hypothèse</b> Fissure longitudinale existe					
<b>Traffic: 2700. PL/jour: s-t0</b> <b>Calage mécanique (2012)</b> <b>Déflexion calculée: 45 mm/100</b> <b>Valeur de calage: 45 mm/100</b>	<b>fort(e)</b>	<b>non</b>	<b>non</b>	<b>non</b>	×
<b>bbdcm</b> <b>BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE (n°1)</b> 4 cm, 2 an(s), collé 1000 MPa / 4. cm	<b>fort(e)</b>	<b>non</b>			<b>non</b>
<b>bbtm10</b> <b>BB-TRES-MINCE-0/10 (n°2)</b> 2.5 cm, 12 an(s), décollé 500 MPa / 2.5 cm	<b>fort(e)</b>			<b>fort(e)</b>	<b>non</b>
<b>bbsg-0/10-C2</b> <b>BBSG-0/10-CLASSE-2 (n°3)</b> 6 cm, 23 an(s), collé 2000 MPa / 3. cm 1000 MPa / 3. cm	<b>faible</b>			<b>fort(e)</b>	<b>moyen(ne)</b>
<b>bbsg-0/14-C2</b> <b>BBSG-0/14-CLASSE-2 (n°4)</b> 7 cm, 32 an(s), collé 2000 MPa / 7. cm	<b>fort(e)</b>			<b>fort(e)</b>	<b>moyen(ne)</b>
<b>GBFi</b> <b>GB3.5 (n°5)</b> 15 cm, 32 an(s), collé 500 MPa / 2. cm 2000 MPa / 10. cm 2000 MPa / 3. cm	<b>fort(e)</b>			<b>non</b>	<b>non</b>

BB-DISCONTINU-COUCHE-M...	4.0 cm	1000.0 MPa	n= 0.35	ept= -317.9 10-6	Collage
BB-TRES-MINCE-0/10 (n°2)	2.5 cm	500.0 MPa	n= 0.35	ept= -495.9 10-6	Glissement
BBSG-0/10-CLASSE-2 (n°3)	3.0 cm	2000.0 MPa	n= 0.35	Compression	Collage
	3.0 cm	1000.0 MPa	n= 0.35	Compression	Collage
BBSG-0/14-CLASSE-2 (n°4)	7.0 cm	2000.0 MPa	n= 0.35	ept= -88.1 10-6	Collage
GB3.5 (n°5)	2.0 cm	500.0 MPa	n= 0.25	ept= -88.1 10-6	Collage
	10.0 cm	2000.0 MPa	n= 0.25	ept= -104.2 10-6	Collage
	3.0 cm	2000.0 MPa	n= 0.25	ept= -143.6 10-6	Collage
GRAVE-RECONSTITUEE-HUM...	5.0 cm	480.0 MPa	n= 0.35	epz= 232.5 10-6	Collage
	10.0 cm	341.0 MPa	n= 0.35	epz= 245.2 10-6	Collage
	10.0 cm	171.0 MPa	n= 0.35	epz= 307.5 10-6	Collage

6 et décembre 2



4cm BBM 2010

2,5cm BBTM 2000

3BBSG 1989

3BBSG 1989

7BBSG fissuré1980

2 GB désagre1980

10GB sain1980

3 GB fissuré1980

6 et décembre 2012

46

# Conclusions

- La décohésion des matériaux en GH a été prise en compte dans ERSAMUS GH depuis l'origine : phénomène assez courant au niveau des interfaces , en raison d'une mise en œuvre déficiente ou d'un défaut de composition.
- Pour les enrobés , le phénomène était moins fréquent , mais la généralisation des couches minces et très minces, mises en œuvre sur des supports très fissurés a contribué à leur développement.
- Les développements effectués sur ERASMUS nous ont conduit à essayer de prendre en compte ce type de détérioration pour effectuer un diagnostic réaliste .
- Des progrès restent à faire , ils devront s'appuyer sur les travaux de recherche en cours .

# Merci pour votre attention



*Erasmus, votre partenaire d'aide à la décision pour vos chaussées !*