

ERASMUS

Fissuration par le haut

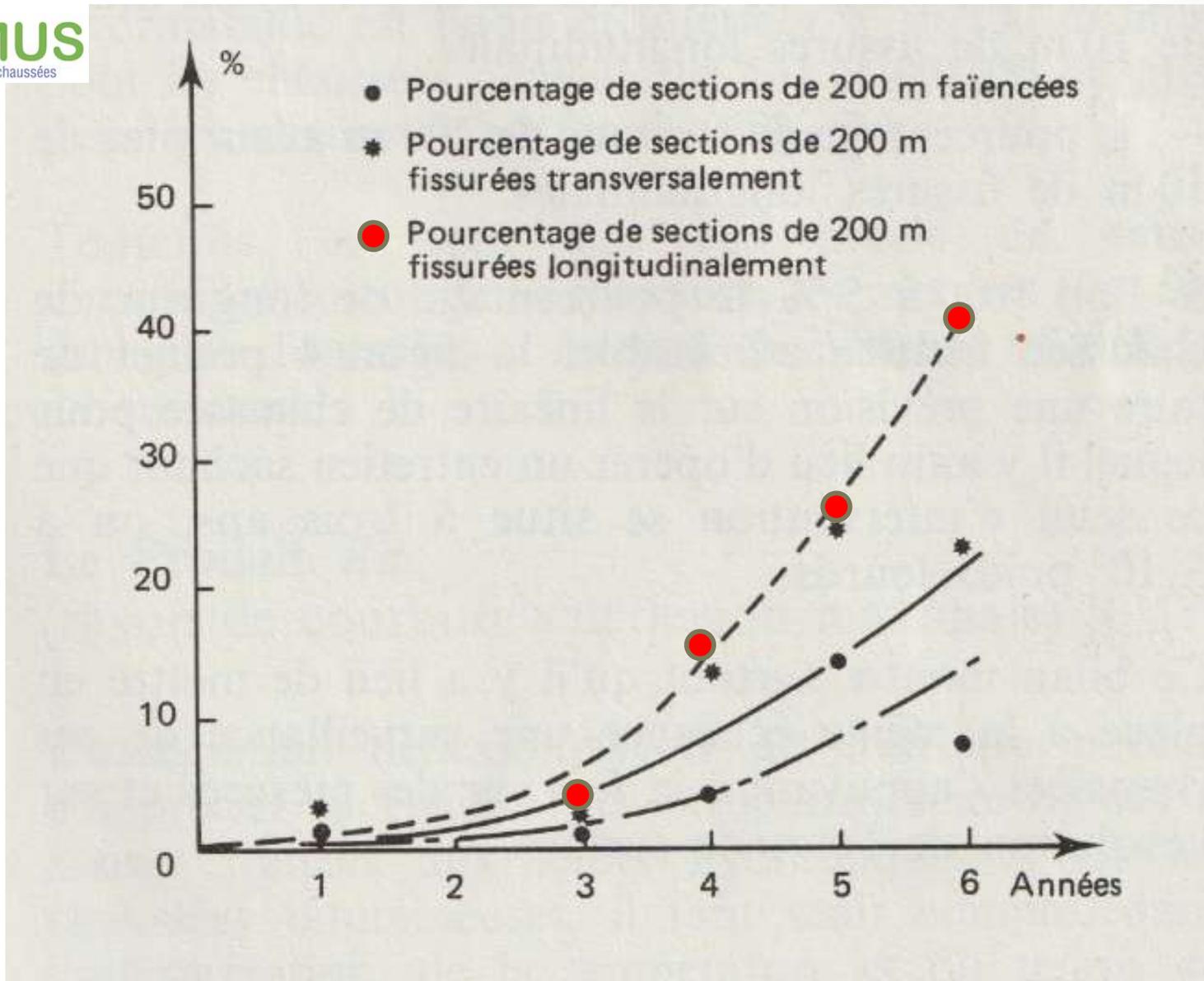
Problématique

- Importance grandissante des fissures longitudinales évoluant en faïençage sur les structures correctement dimensionnées
 1. Bibliographie dans ce domaine
 2. Diagnostic et conception de leur entretien par ERAMUS

Quelques connaissances sur la fissuration par le haut

En 1984 déjà M. Dauzats et R. Linder établissaient un bilan de comportement des chaussées bitumineuses

Méthodologie de suivi des chaussées à couches de base bitumineuses épaisses - B.L. des LPC n° 130



Méthodologie de suivi des chaussées à couches de base bitumineuses épaisses - B.L. des LPC n° 130

Cas avec décollement entre couche de roulement et couche de base	Chaussées neuves (%)	Renforcement (%)	Cas sans décollement entre couche de roulement et couche de base	Chaussées neuves (%)	Renforcement (%)
	25	3,4		2	0,8
	8	-		5	3,5
	5	45,8		18,5	34,8
	3,5	4,1		8	1,8
	10	2,4			3,4
	10	-		5	-

Fissure transversale

Fissure longitudinale

Échantillon

Chaussée neuve : n = 129 dont 60 carottes sur fissures

Renforcement : n = 246 dont 118 carottes sur fissures

Méthodolog
épaisses - B.

Observations sur carottes

neuses

Les études les plus nombreuses sont américaines

Les trouver sur le site

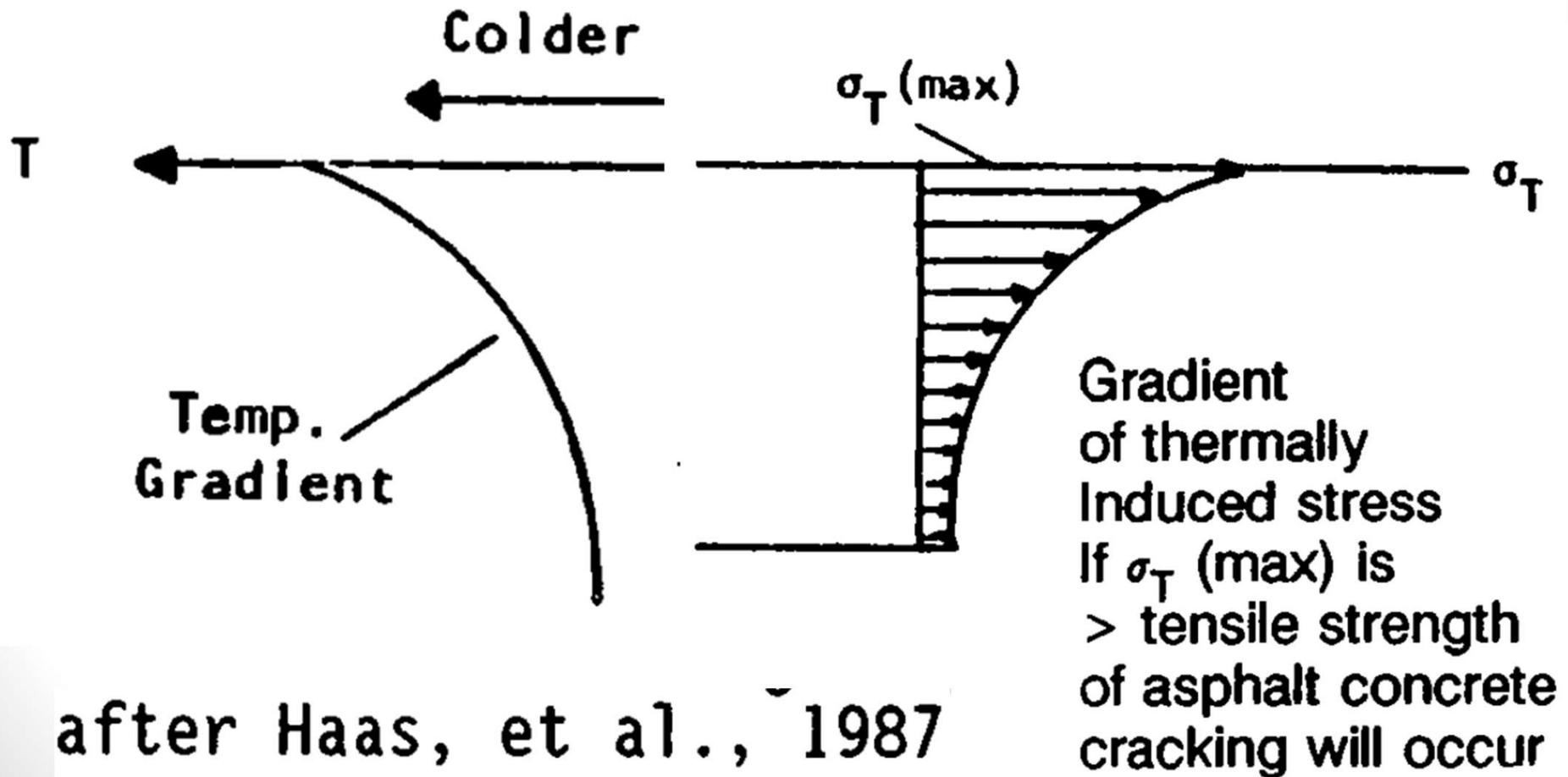
- The National Academies of
Sciences Engineering Medicine

Mot clé : Top-Down Cracking

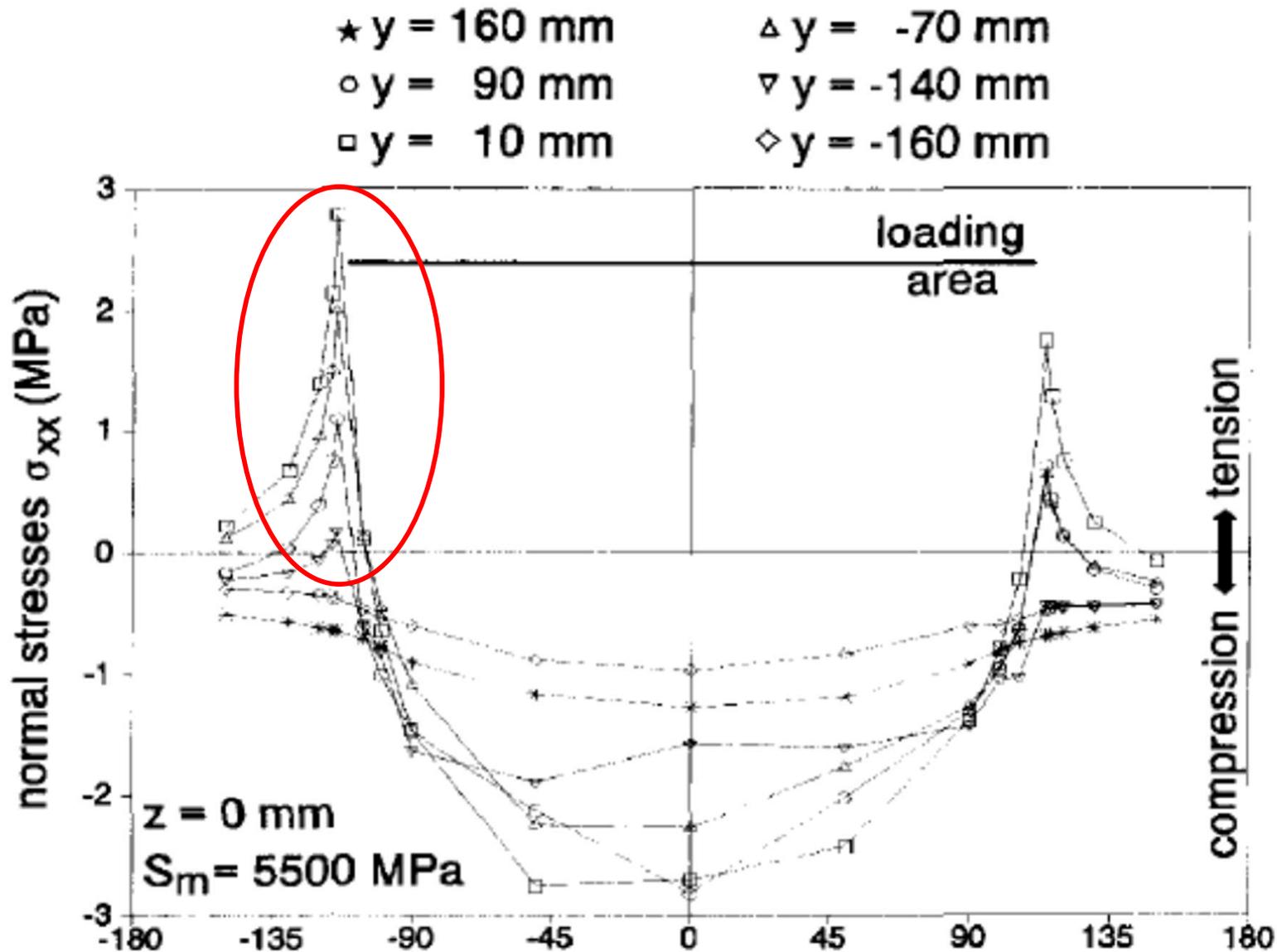
Facteurs importants dans l'apparition des fissures:

- *Evolution journalière des gradients de température dans les couches supérieures*
- *Les contraintes engendrées par les pneumatiques des poids lourds*
- *Les caractéristiques des enrobés*

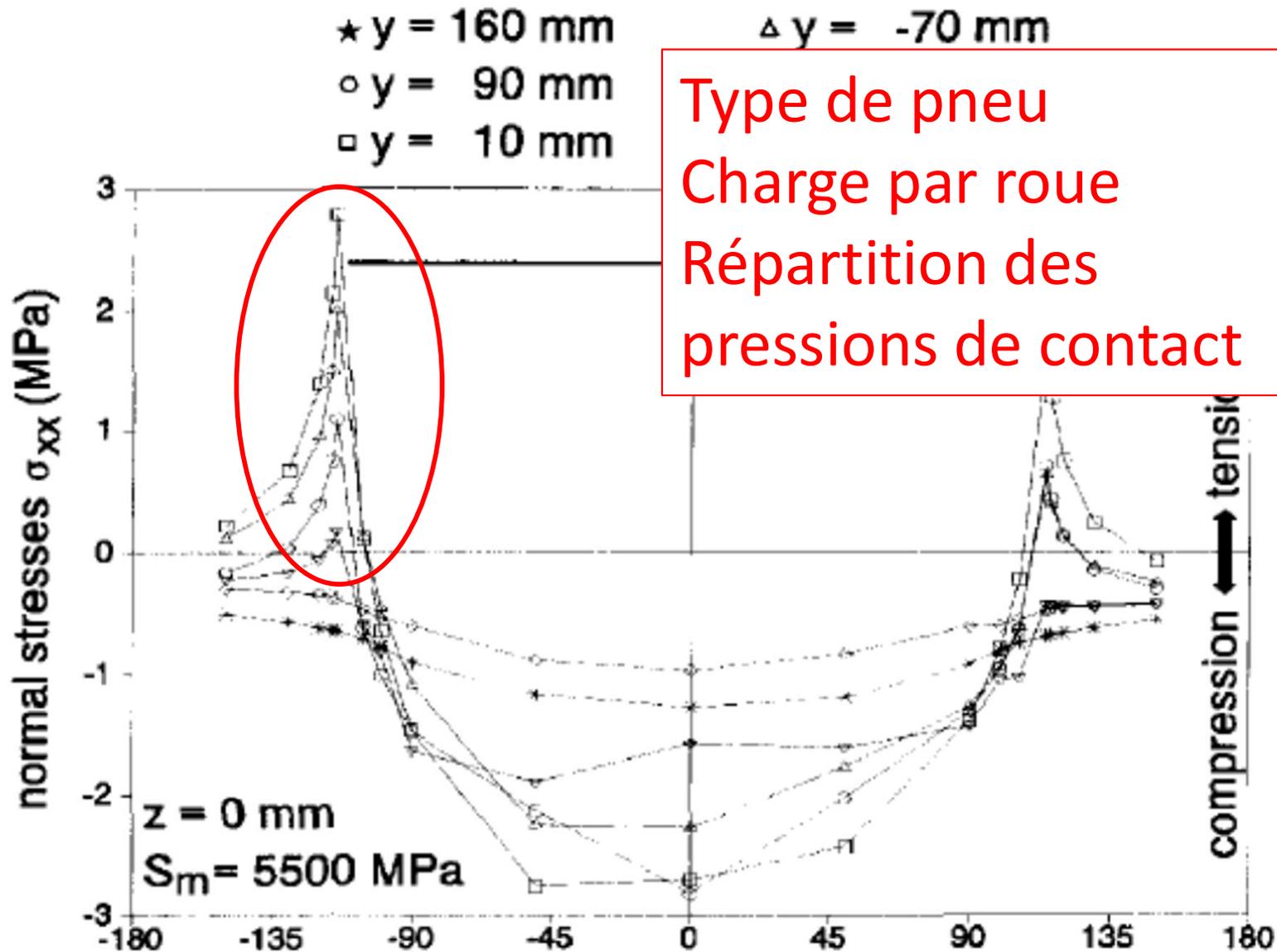
Evolution journalière des gradients de température dans les couches supérieures



Les contraintes engendrées par les pneumatiques des poids lourds



Les contraintes engendrées par les pneumatiques des poids lourds

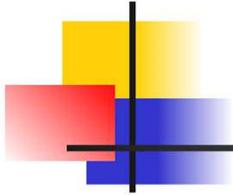


Les caractéristiques des enrobés

Etude de Thierry Pucci (EPFL) de 2002

**Sélection d'un liant sur la base de sa
performance à basse température**

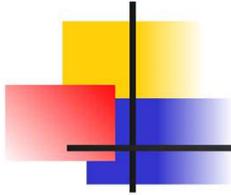
Les caractéristiques des enrobés



Les planches comparatives de la N9

- En 1988, 16 planches d'essais ont été réalisées sur la N9 en Valais entre Ardon et Vétroz
- Une vaste gamme de bitumes (purs et modifiés) ont été mis en œuvre en couche de roulement
- Ces planches offrent le possibilité de confronter les caractéristiques mesurées en laboratoire avec le comportement observé in situ à long terme

Les caractéristiques des enrobés



Les planches comparatives de la N9

- En 1988, 16 planches d'essais ont été réalisées sur la N9 en Valais entre Ardon et Vétroz
- Une vaste gamme de bitumes (purs et modifiés) ont été mis en œuvre en couche de roulement
- Ces planches offrent le possibilité de confronter les caractéristiques mesurées en laboratoire avec le comportement observé in situ à long terme

➤ **La fissuration de surface est la seule dégradation ayant évolué de façon significative durant les 14 années de suivi de la chaussée**

Les caractéristiques des enrobés

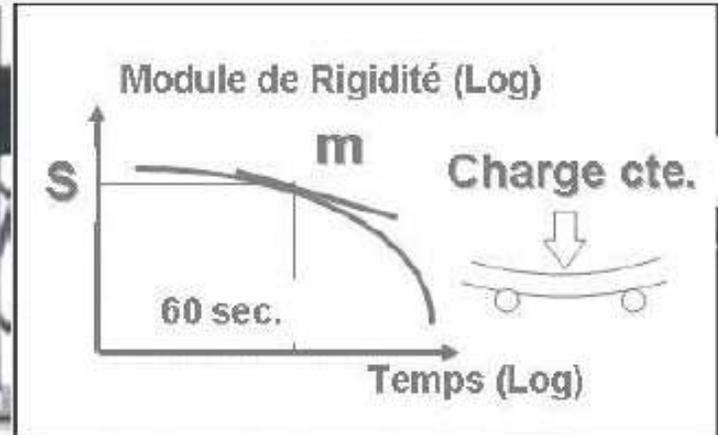
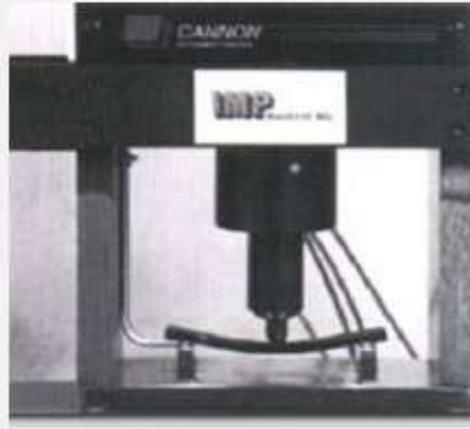
Essais sur les liants

- Pénétration à 25°C
- Anneau et Bille
- Viscosité dynamique sur rhéomètre à 60°C, 90°C, 130°C, 150°C et 170°C
- Point de rupture selon Fraass
- Essai de traction directe à +20°C
- Essai de traction directe à -10°C
- Teneur en asphalte
- Essai de ductilité-force à 5°C
- **Bending Beam Rheometer**
- Détermination des caractéristiques rhéologiques au Rhéomètre Dynamique

Fissuration à basse température

du bitume

- Essai BBR



➤ Temp. pour laquelle $S = 300$ MPa :

LST

➤ Temp. pour laquelle $m = 0,3$:

LmT

➤ Temp. la plus défavorable :

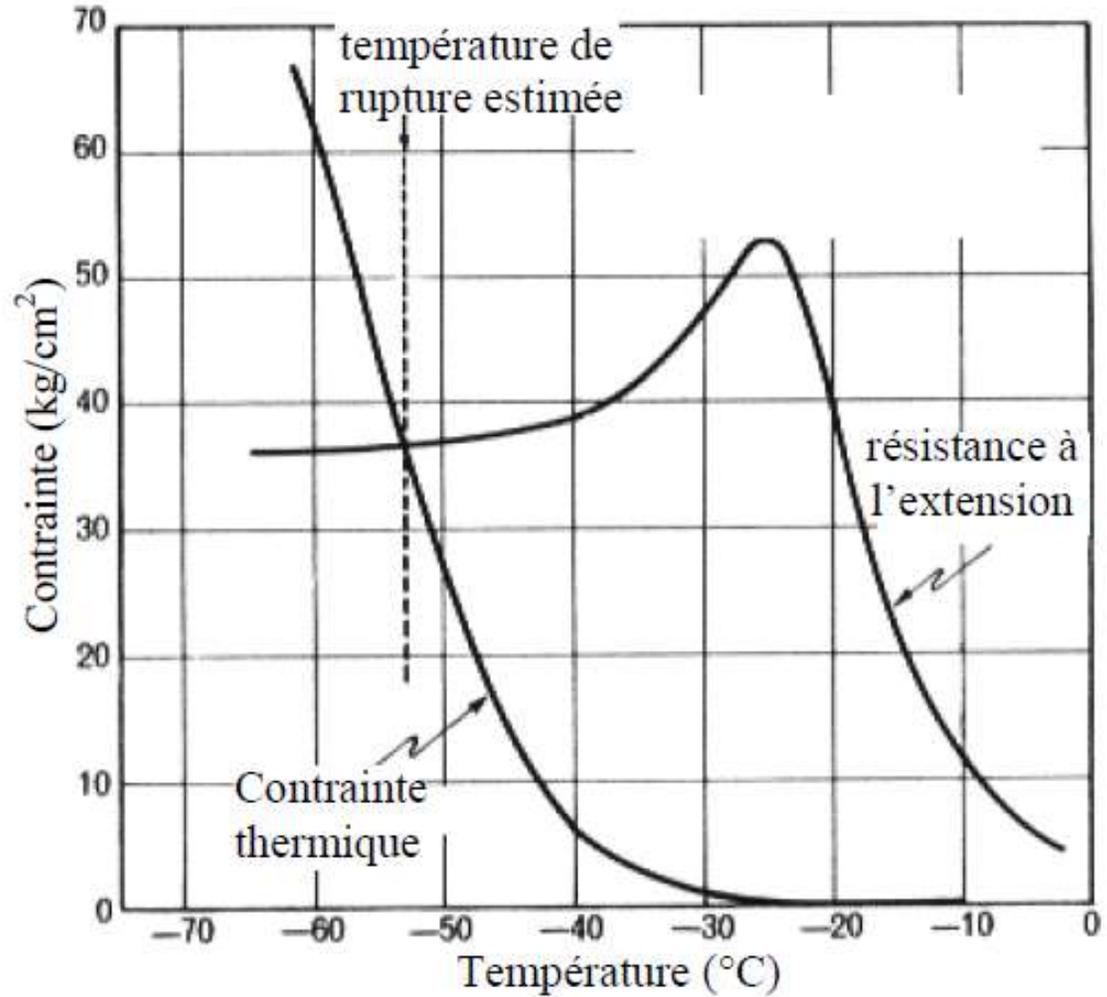
HLT = Max. (LST, LmT)

Les caractéristiques des enrobés

Essais sur les enrobés

- Module complexe 15°C; 10Hz
- Essai de Fatigue, déformation à 1xE6 cycles
- Compression diamétrale à -10°C, +45°C
- Essai de flexion dynamique -10°C
- Essai de fluage dynamique à 50°C
- Essai de retrait thermique empêché
- Essai de traction directe à basse température

Les caractéristiques des enrobés

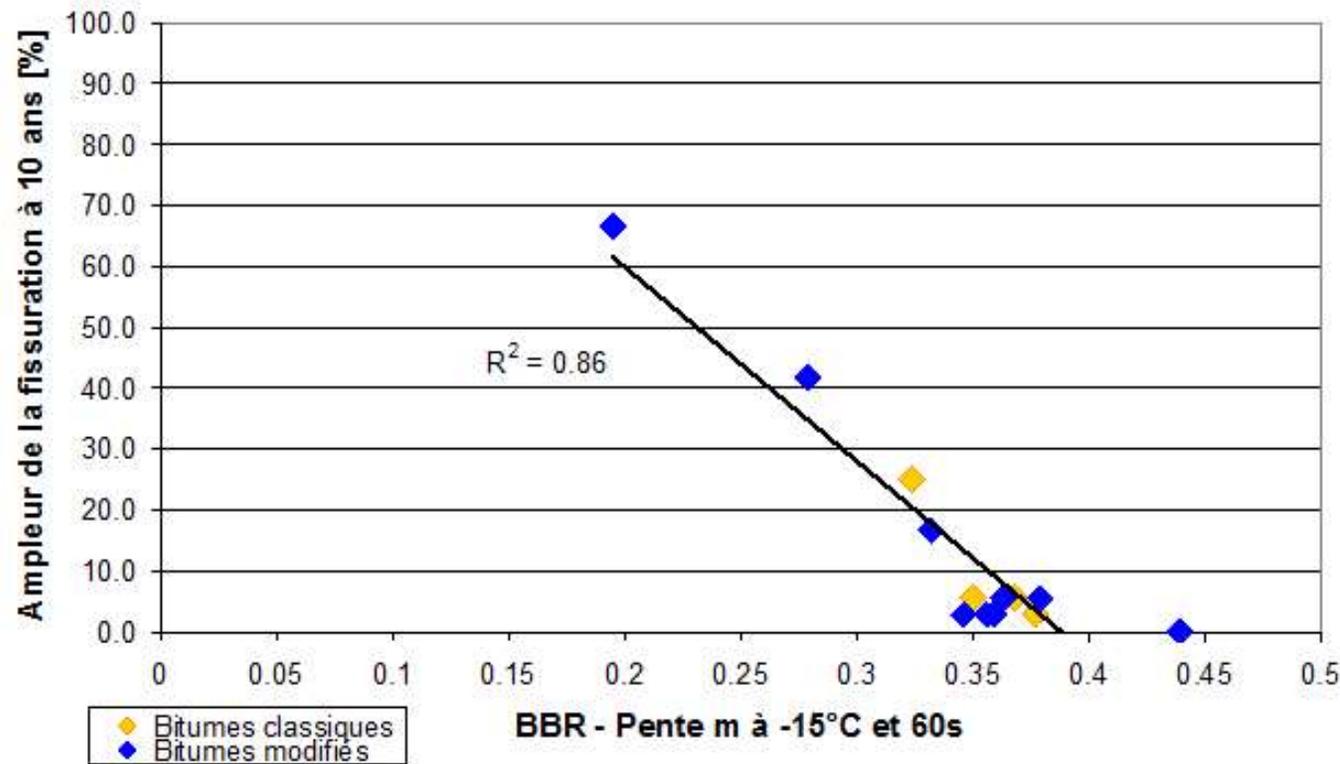


Les caractéristiques des enrobés

% de fissuration à 10 ans en fct de la pente m à -15° et 60s

Bending Beam Rheometer

Caractéristique mesurée après la mise en œuvre:

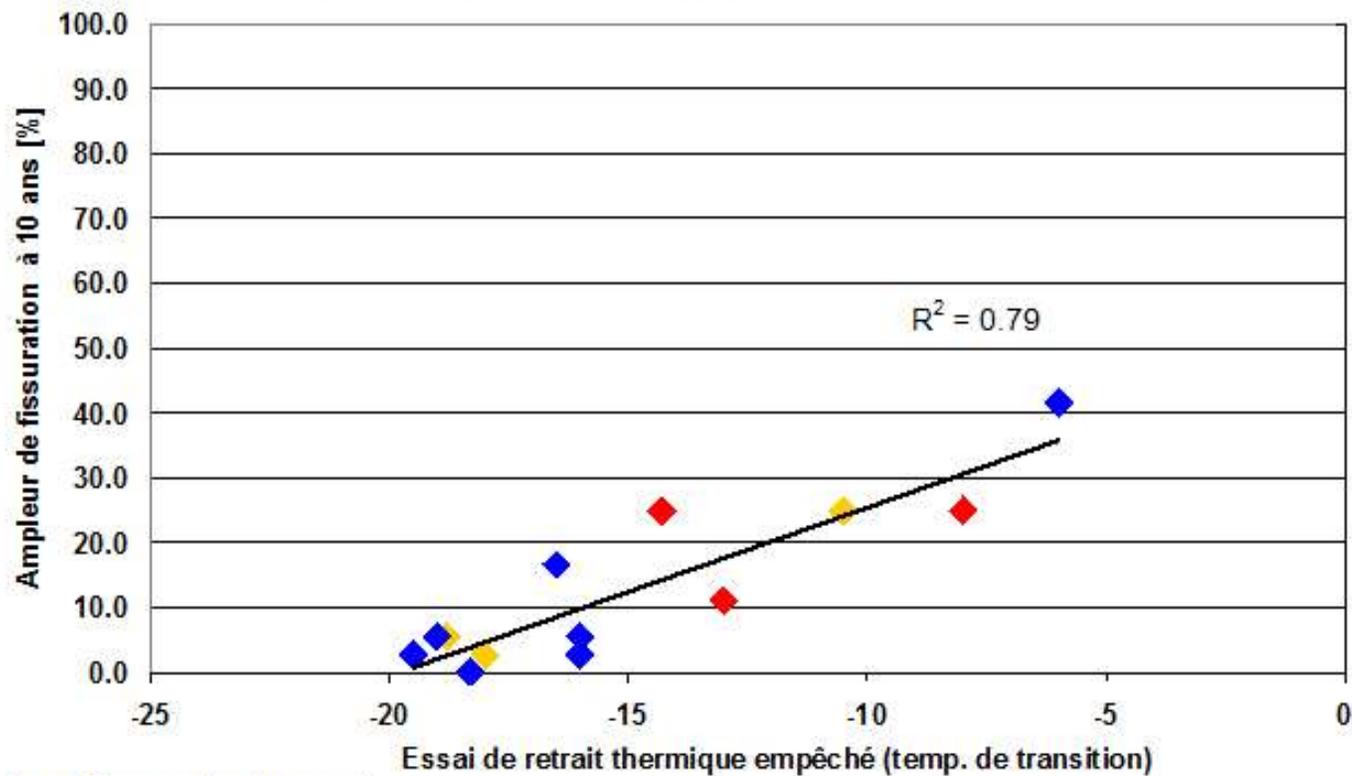


Les caractéristiques des enrobés

% de fissuration à 10 ans en fct de la temp. de transition

Essai de retrait thermique empêché

Caractéristique mesurée après la mise en œuvre:



- ◆ bitumes classiques
- ◆ Bitumes modifiés
- ◆ Bitumes avec ajouts



Conclusions sur les facteurs importants dans l'apparition des fissures

- *Evolution journalière des gradients de température dans les couches supérieures*
- *Les conditions de circulation des poids par les ponts*
On constate
les particularités des poids lourds
- *Les caractéristiques des enrobés*

Conclusions sur les Facteurs importants dans l'apparition des fissures

- *Evolutions des conditions de trafic*
Voir les fabricants de pneumatiques
gradations des pneus dans les conditions d'usage
- **Les contraintes engendrées par les pneumatiques des poids lourds**
- *Les caractéristiques des enrobés*

Conclusions sur les Facteurs importants dans l'apparition des fissures

- *Evolution journalière des*
Des progrès sont possibles au niveau des fabricants de bitume et des entreprises routières

journa

- **Les caractéristiques des enrobés**

Etudes de chaussées présentant de la fissuration par le haut

Diagnostic et conception de leur entretien par ERAMUS

Présentation de la route

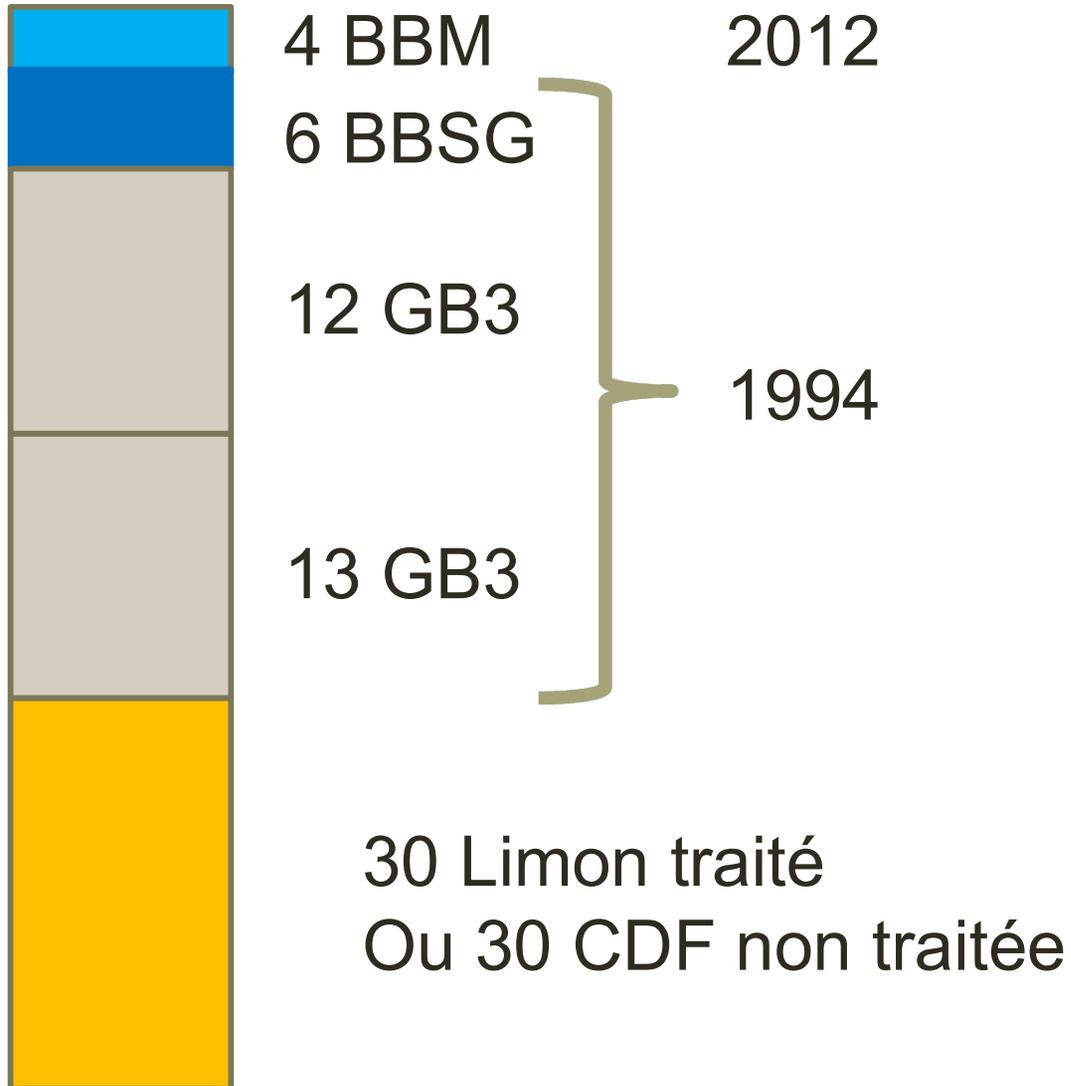
Route départementale

- rase campagne
- 2 voies
- Largeur chaussée : 7,6 m

Trafic 2019 : 10771 véh. dont 6% PL

⇒ 339 PL/J/sens

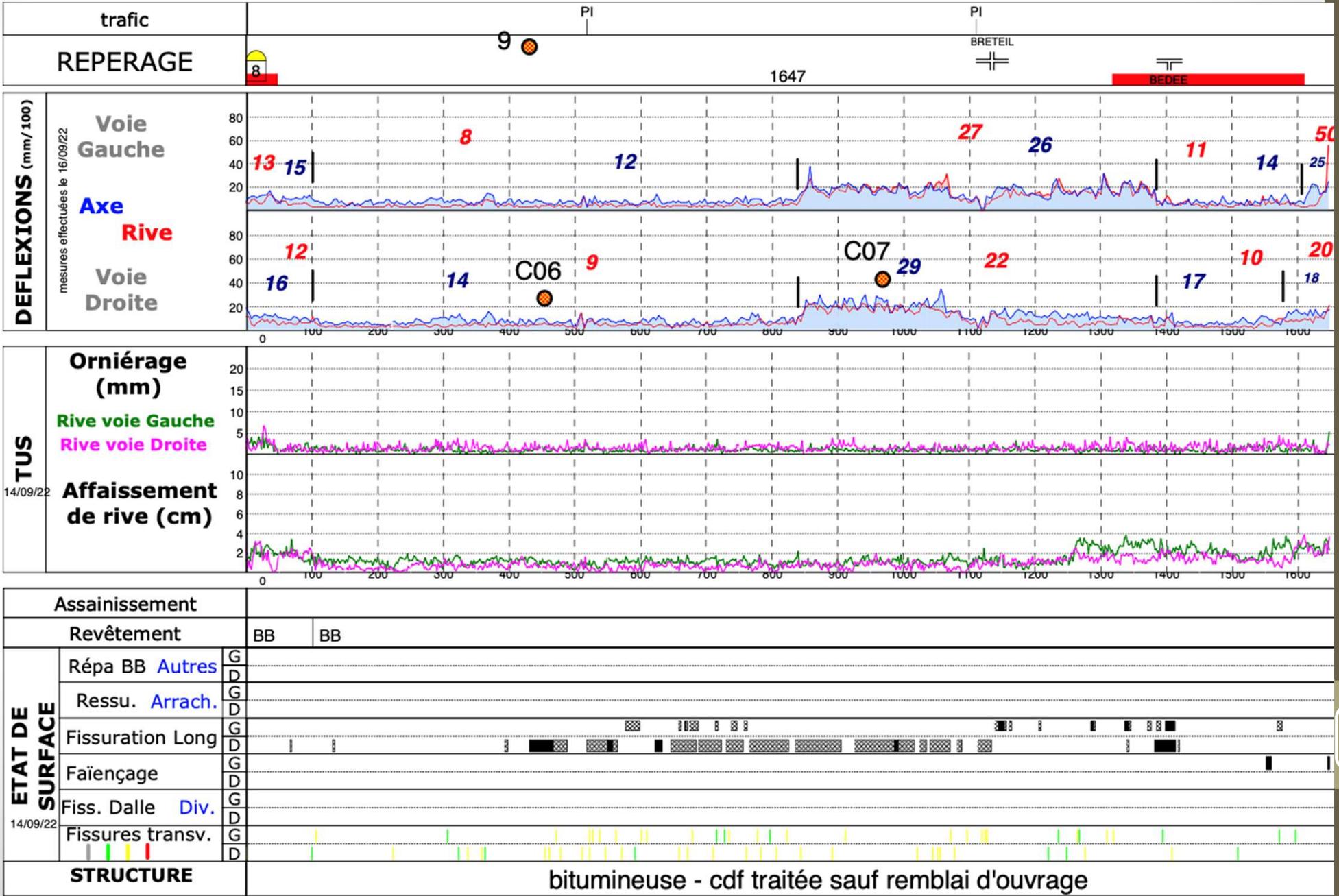
Historique



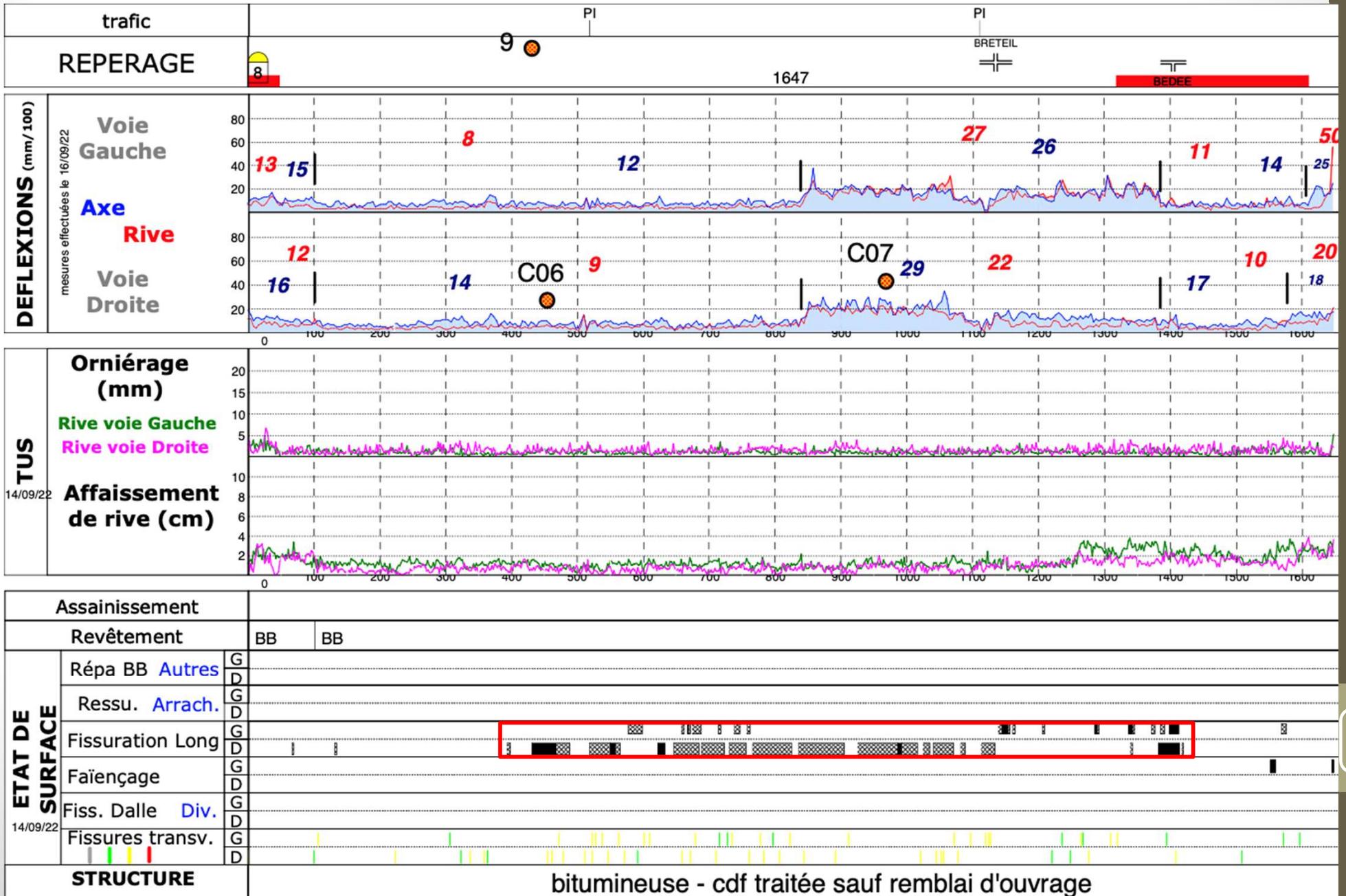
Investigations réalisées

- Mesures de déflexion au déflectographe 03 dans les deux sens
- Relevés de dégradation type M2
- Mesures des déformations transversales (TUS)
- Carottages ϕ 150

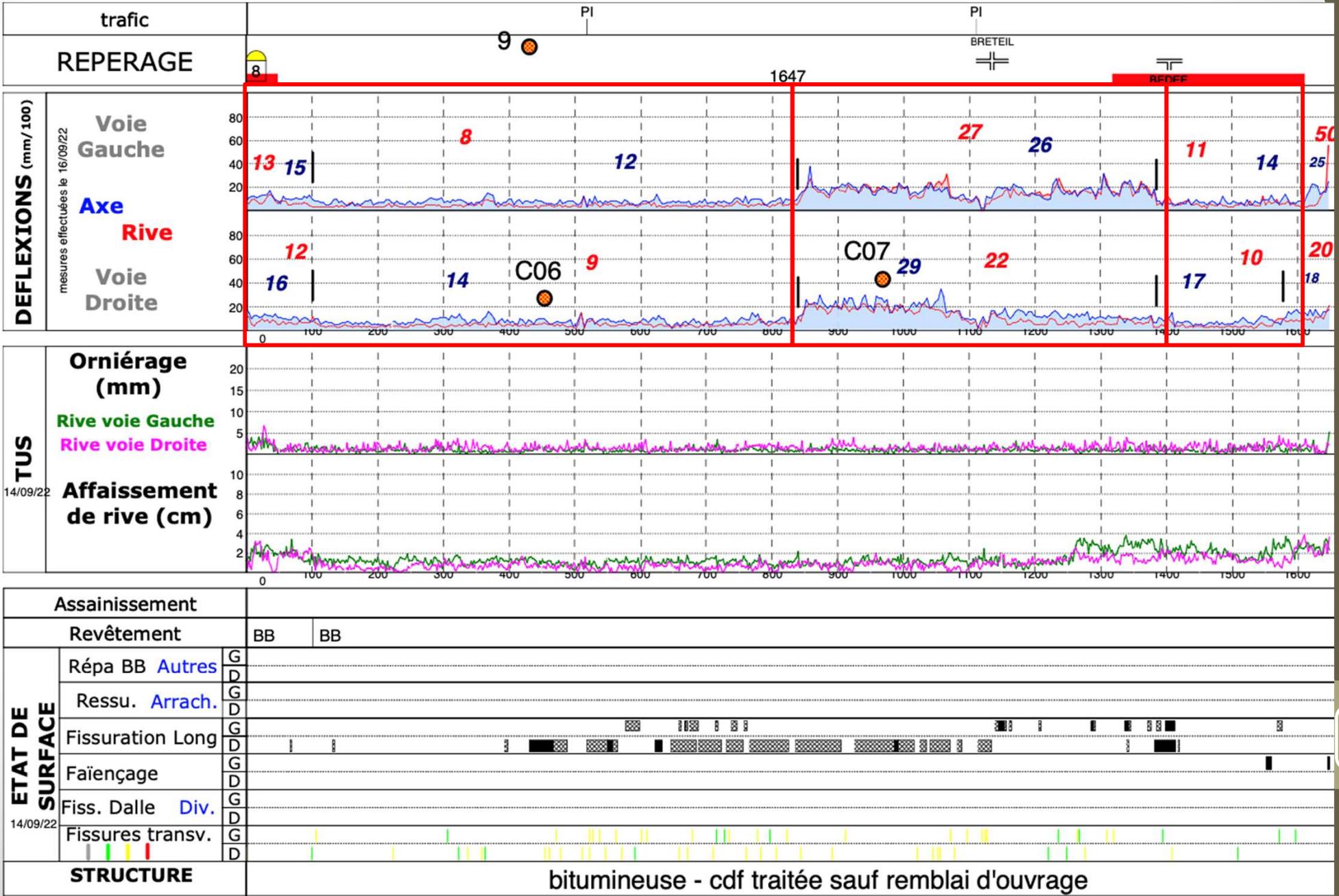
Schéma itinéraire



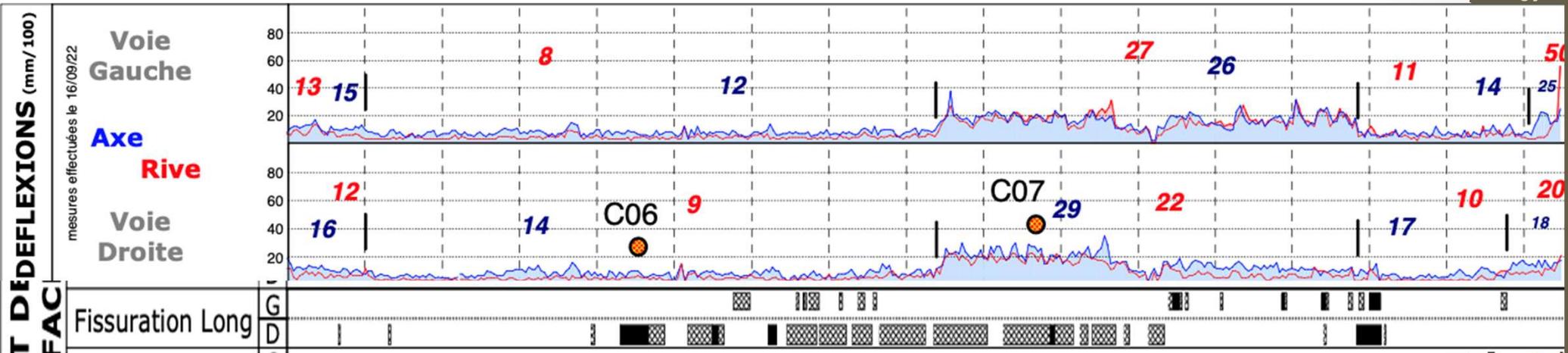
Dégradations : Fissures longitudinales



Déflexion : 3 Zones Homogènes



Relation : déflexion – fis. Long.



« Pas de relation »

Carottages 2023



Carottages 2023

FL



Fissure par le haut sur 5 cm

Limon traité à la chaux

Carottages 2023

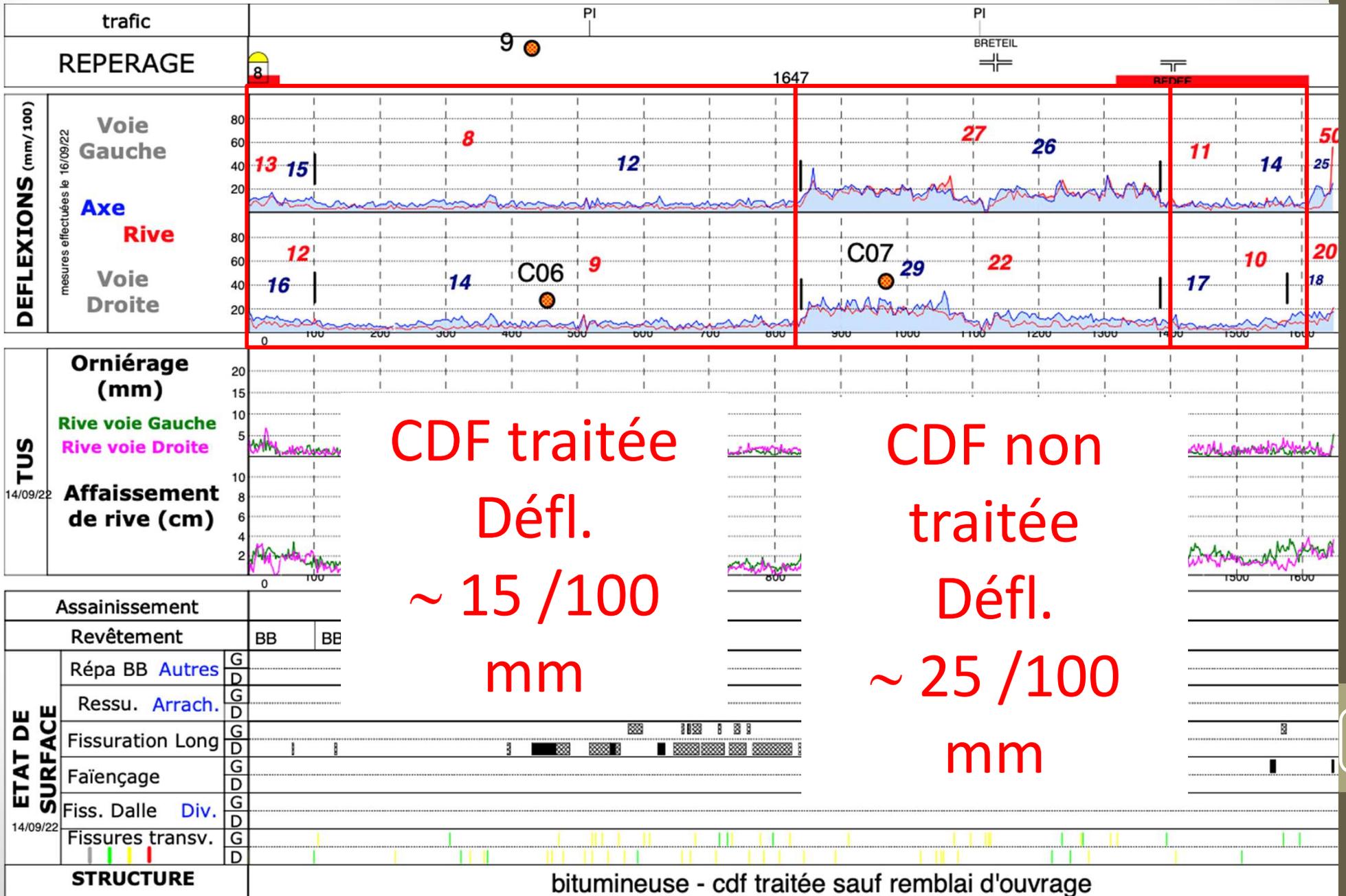
FL avec ramification



Fissure par le haut sur 16 cm

Absence de CDF traitée

Déflexion : 3 Zones Homogènes



CDF traitée
Défl.
~ 15 /100
mm

CDF non
traitée
Défl.
~ 25 /100
mm

Synthèse des investigations

- Structure neuve en GB cl.3 de 1994 (29 ans)
- Entretien BBM en 2012
- Déflexions deux zones :
 - CDF traitée à la chaux ~ 15/100 mm,
 - CDF non traitée ~ 25/100 mm
- Fissuration longitudinale, principalement dans les BdR de rive et d'axe

Diagnostic et conception à l'aide d'ERASMUS

Application d'ERASMUS

Général

Nom: 35rd72BD Voie: [dropdown]
 Gestionnaire: CD35 Département: 35
 Localisation d... Supprimer Localisation fin Supprimer
 pr: 8 pr: 8
 abs: 0 abs: 1 647
 Type chaussée: Chaussée m Sens chaussée: Sens +
 Bibliothèque: [dropdown] Répertoire: [dropdown]
 Longueur (m): 100 Largeur (cm): 700

Detail de l'étude

+ Créer un cas Vue panoramique Vue en plan Exporter

B6T: 8+450 14mm/100-VL-axe
100 m

- 4 bbdcm (11)
- 6 bbsg-0/10-C3 (29)
- 10 gb-0/14-C3 (29)
- 13 gb-0/14-C3 (29)

B61T: 8+452 14mm/100-VL-axe
100 m

- 4 bbdcm (11)
- 6 bbsg-0/10-C3 (29)
- 10 gb-0/14-C3 (29)
- 13 gb-0/14-C3 (29)
- 30 Trait-Chaux (29)

B7NT: 8+958 22mm/100-VL-axe
100 m

- 4 bbdcm (11)
- 6,5 bbsg-0/10-C3 (29)
- 7,5 gb-0/14-C3 (29)
- 14 gb-0/14-C3 (29)
- 30 cdf-non-traitée (29)

Climat Trafic Cahier des charges

Base de trafic: Chaussee_Desse
 Type de progression: Arithmetique
 Taux d'accroissement à l'origine: 2
 Mesuré ? [dropdown]

+
 X  2019
 Voie 1: 339 PL/j

Courant Essais Photos Document

Carottage: 2023, 3 Carottes, Ø 150 mm

Application d'ERASMUS

Trafic Cahier des charges

Base de trafic Chaussee_Desse

Type de progression Arithmetique

Taux d'accroissement à l'origine

Mesuré ?

 2019
Voie 1 : 339 PL/j

Application d'ERASMUS



Matériaux

ES bicouche

BBM 0/10

BBSG 0/10 cl.2

Examen au niveau du carottage sur CDF traitée

DIAGNOSTIC

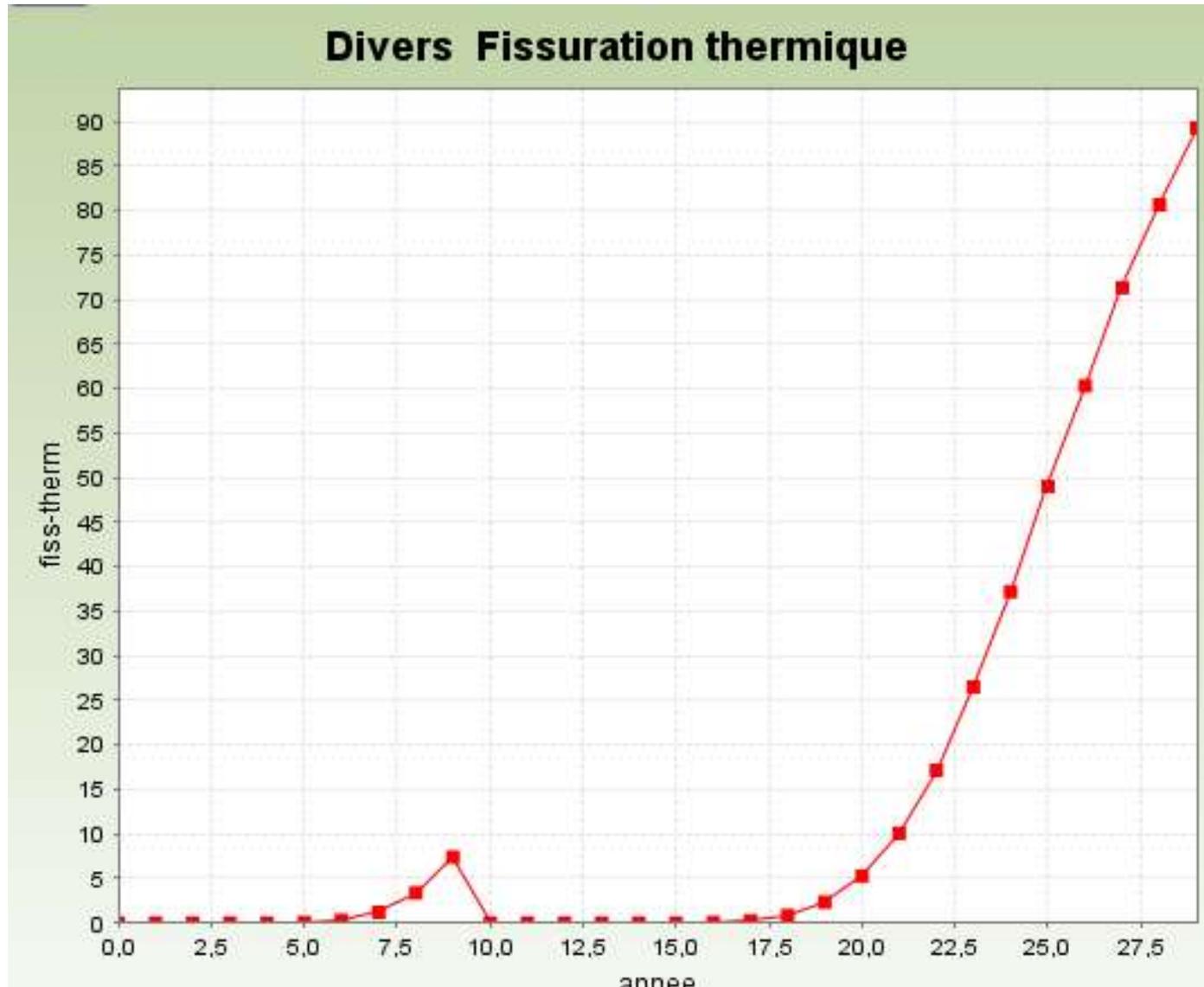
Solution 1	Fatigue	Fluage	Dégâts dus au gel	Fissuration thermi...
<p>Section Trafic: 366. PL/jour: t1 Calage mécanique (2023) Déflexion calculée: 19 mm/100 Valeur de calage: 23 mm/100</p>	faible	non	non	fort(e)
<p>bbdcm BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE (2004) 4 cm, 19 an(s), collé 2000 MPa / 4. cm</p>	non	non		fort(e)
<p>bbsg-0/10-C3 BBSG-0/10-CLASSE-3 (1994) 6 cm, 29 an(s), collé 5929 MPa / 6. cm</p>	non			fort(e)
<p>gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 10 cm, 29 an(s), frottement 13980 MPa / 10. cm</p>	faible			
<p>gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 13 cm, 29 an(s), décollé 14000 MPa / 13. cm</p>	faible			
<p>Trait-Chaux Trait-Chaux (1994) 30 cm, 29 an(s), collé 500 MPa / 30. cm sain</p>				X
<p>Sol 200 MPa</p>	non			X

Application d'ERASMUS

Examen au niveau du carottage sur

DIAGNOSTIC

CDF traitée



Application d'ERASMUS

Examen au niveau du carottage sur CDF traitée

CONCEPTION

Solutions de conception (6)
2023 - Enduit bicouche (N)
2023 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) Liant d'accrochage
2023 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) Liant d'accrochage
2023 - 4.0 cm - Fraisage

Echecs de conception (2)
Résultats de conception
2023 : BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm) Liant d'accrochage

Critères dimensionnants
Problème heuristique de BB discontinu couche mince Epaisseur mini si couche en dessous fissurée

Examen au niveau du carottage sur CDF traitée

CONCEPTION

Solutions de conception (6)
2023 - Enduit bicouche (N)
2023 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) Liant d'accrochage
2023 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) Liant d'accrochage
2023 - 4.0 cm - Fraisage

Echecs de conception (2)
Résultats de conception
2023 : BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm) Liant d'accrochage
Critères dimensionnants
Problème heuristique de BB discontinu couche mince Epaisseur mini si couche en dessous fissurée

DIAGNOSTIC

CDF non traitée

Solution 1	Fatigue	Fluage	Dégâts dus au ge	Fissuration thermi... F
Section Trafic: 366. PL/jour: t1 Calage mécanique (2023) Déflexion calculée: 27 mm/100 Valeur de calage: 27 mm/100	faible	non	non	fort(e)
bbdcm BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE (2004) 4 cm, 19 an(s), collé 2000 MPa / 4. cm	faible	non		fort(e)
bbsg-0/10-C3 BBSG-0/10-CLASSE-3 (1994) 6.5 cm, 29 an(s), collé 2000 MPa / 6.5 cm	faible			fort(e)
gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 7.5 cm, 29 an(s), décollé 2000 MPa / 5.5 cm 13593 MPa / 2. cm	faible			
gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 14 cm, 29 an(s), collé 13777 MPa / 14. cm	faible			
cdf-nt-3 Couche de forme non traitée (1994) 30 cm, 29 an(s), collé 159 MPa / 30 cm	non		X	X
Sol 159 MPa		X		X

Application d'ERASMUS

Examen au niveau du carottage sur CDF non traitée

DIAGNOSTIC

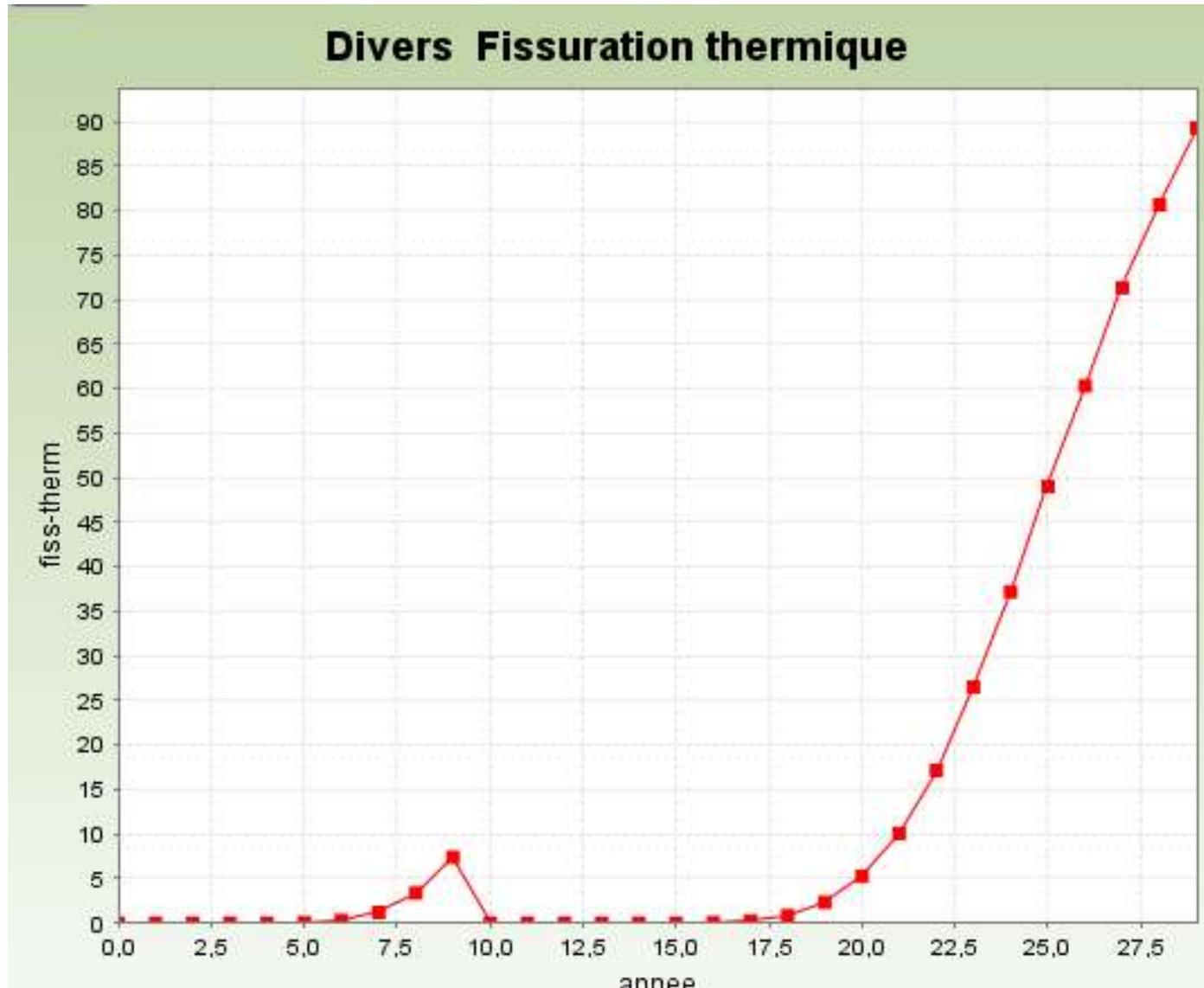
Solution 1	Fatigue	Fluage	Dégâts dus au ge	Fissuration thermi... F
Section Trafic: 366. PL/jour: t1 Calage mécanique (2023) Déflexion calculée: 27 mm/100 Valeur de calage: 27 mm/100	faible	non	non	fort(e)
bbdcm BB-DISCONTINU-COUCHE-MINCE (2004) 4 cm, 19 an(s), collé 2000 MPa / 4. cm	faible	non		fort(e)
bbsg-0/10-C3 BBSG-0/10-CLASSE-3 (1994) 6.5 cm, 29 an(s), collé 2000 MPa / 6.5 cm	faible			fort(e)
gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 7.5 cm, 29 an(s), décollé 2000 MPa / 5.5 cm 13593 MPa / 2. cm				
gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 14 cm, 29 an(s), collé 13777 MPa / 14. cm				
gb-0/14-C3 GB-0/14-CLASSE-3 (1994) 7.5 cm, 29 an(s), décollé 2000 MPa / 5.5 cm 13593 MPa / 2. cm				
cdf-nt-3 Couche de forme non traitée (1994) 30 cm, 29 an(s), collé 159 MPa / 30 cm	non		X	X
Sol 159 MPa		X		X

Application d'ERASMUS

Examen au niveau du carottage sur

DIAGNOSTIC

CDF non traitée



Application d'ERASMUS

Examen au niveau du carottage sur CDF non traitée

CONCEPTION

Solutions de conception (6)
2023 - Enduit bicouche (N)
2023 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) Liant d'accrochage
2023 - 6.0 cm - BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) Liant d'accrochage
2023 - 4.0 cm - Fraisage

**Même conception
que pour le
carottage sur CDF
traîtée**

Echecs de conception (2)
Résultats de conception
2023 : BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm) Liant d'accrochage

Critères dimensionnants
Problème heuristique de BB discontinu couche mince Epaisseur mini si couche en dessous fissurée

Conclusion

Cette structure bitumineuse épaisse, de 29 ans, présente une importante fissuration longitudinale, principalement dans les BdR de rive et d'axe.

Conclusion

Les carottages et le diagnostic par ERASMUS nous informent que nous sommes en présence de fissuration par le haut de type thermique

Conclusion

Les conceptions élaborées par ERASMUS, en fonction du cahier des charges,

- (ES bicouche ou 6 BBSG 0/10) prennent en compte, les critères structurels et la vitesse de remontée des fissures

Conclusion

Les fissurations par le haut

➤ Top-Down Cracking

deviennent les plus répandues pour les structures correctement dimensionnées.

ERASMUS par son module

FisTherm les prend en compte

Conclusion

Des innovations dans le domaine des enrobés de surface, aussi bien au niveau des liants que de la formulation, sont souhaitables afin de réduire la fissuration par le haut



**Merci de votre
attention**