

Le nouveau guide technique renforcement et ERASMUS *les apports réciproques*

Plan de l'exposé

- **Préambule**
- **Corpus des connaissances**
- **ERASMUS**
- **Le guide technique renforcement**
- **Apports réciproques**

Plan de l'exposé

- **Préambule**
- **Corpus des connaissances**
- ERASMUS
- Le guide technique renforcement
- Apports réciproques

Préambule

Corpus des connaissances

- Rappel historique
- **1968 Mise en place du dimensionnement rationnel des chaussées**
 - Caractérisation mécaniques des matériaux
 - Modèle de calcul de structure des chaussées
 - Définition des épaisseurs par comparaison des sollicitations calculées et celles jugées admissibles pour un nombre de cycles de chargement
 - Prise en compte du postulat d'additivité de Miner (des dommages)
 - Calage entre les résultats du modèle et le comportement réel des chaussées (sections d'essais)

Préambule

Corpus des connaissances

- Rappel historique
- **1978 Guide technique de « Dimensionnement des renforcements des chaussées souples »**
 - Solutions de renforcement en BB, GB, GH par classe de trafic, de déflection, d'épaisseur de matériaux bitumineux
 - Vérification au gel dégel par abaque
 - *La méthode est décrite dans la publication "Design of asphalt overlays for pavement" Ann Arbor 1977*

Préambule

Corpus des connaissances

- Rappel historique
- **1985 Note pour l'utilisation du programme ALIZE**
 - Description des hypothèses de calcul
 - *Trafic : classes, CAM, taux de croissance*
 - *Sols, plateforme : classes, Epsi limites, Ks*
 - *Structures - Matériaux : E , ν , S_6 , b , SN , SH , risques, k_c , k_d*

1986 ERASMUS CS

1990 ERASMUS GB

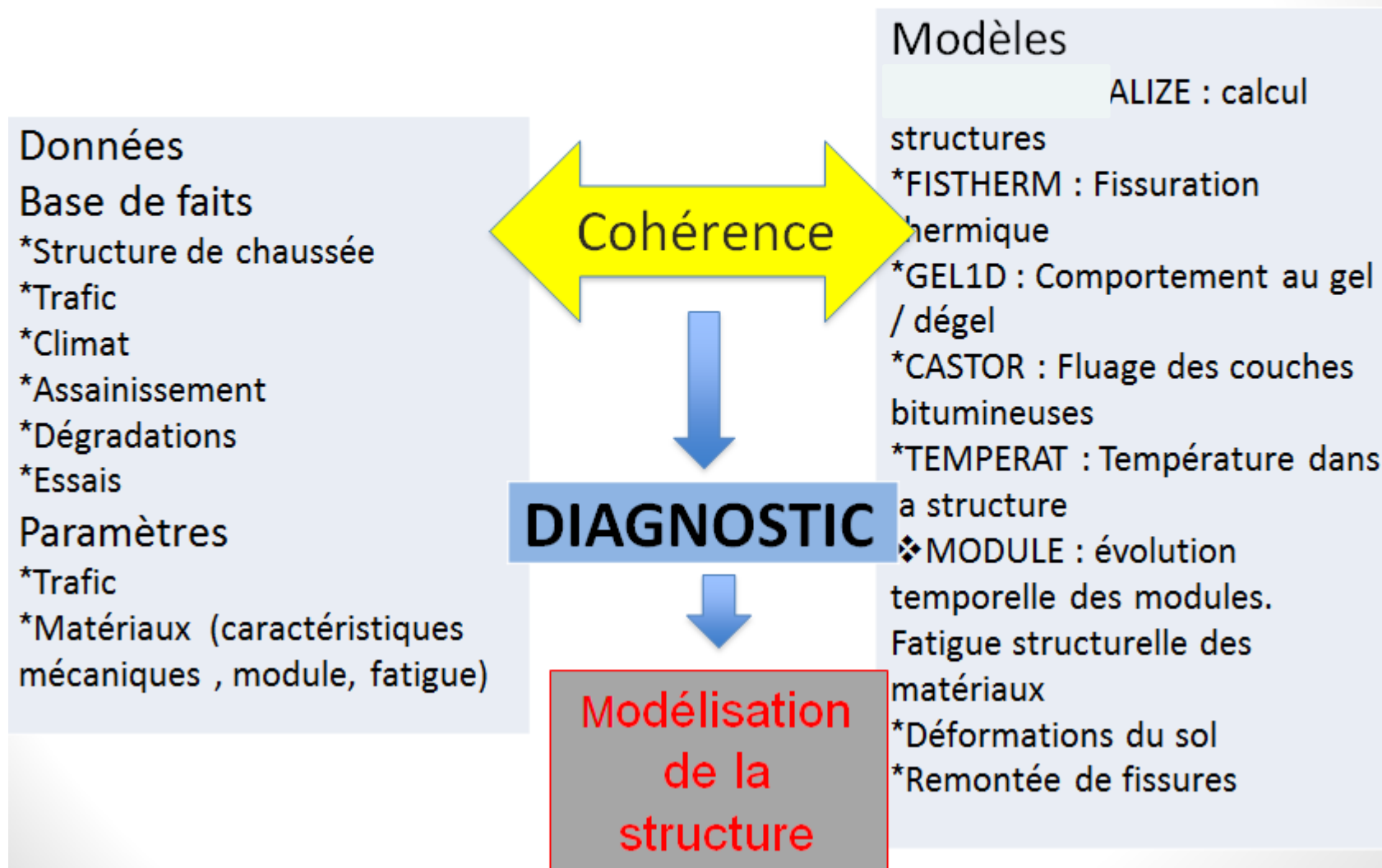
1996 ERASMUS GH

- **Préambule**
- **Corpus des connaissances**
- **ERASMUS**
- **Le guide technique renforcement**
- **Apports réciproques**

ERASMUS

- Retient la démarche rationnelle et l'ensemble des connaissances antérieures
- Est un **système expert** pour optimiser les travaux de réhabilitation des chaussées

Schéma de l'architecture d'ERASMUS



- **Préambule**
- **Corpus des connaissances**
- **ERASMUS**
- **Le guide technique renforcement**
- **Apports réciproques**

Le guide technique « Les renforcements de chaussées »

- **Contexte**
- A partir des années 90 forte volonté de diffusion des connaissances dans le domaine du dimensionnement
- 1994 Guide technique « Conception et dimensionnement des structures de chaussées »
- 2002 mise en place d'un groupe de travail CFTR
« Dimensionnement des renforcements de chaussées »
 - établir un document de type méthodologique en continuité et cohérence avec le Guide de 1994

Le guide technique « Les renforcements de chaussées » *Diagnostic et conception*

SOMMAIRE

- Fondement de la méthode
- Recueil des données d'auscultation
- Diagnostic et modélisation
- Conception des solutions de travaux de renforcement
- Dispositions constructives

Fondement de la méthode Recueil des données d'auscultation

- Mode de fonctionnement et d'endommagement des chaussées

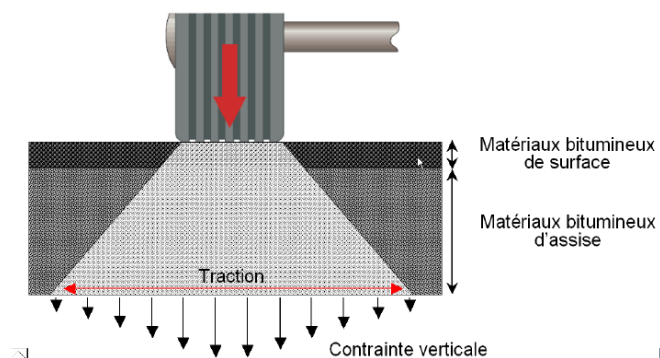


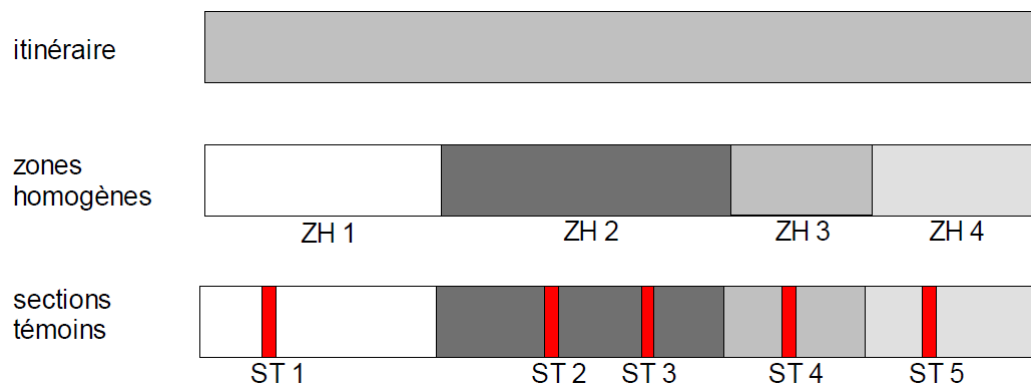
Figure 2 : fonctionnement d'une structure bitumineuse épaisse



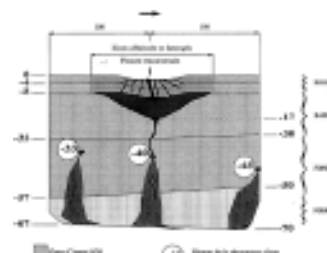
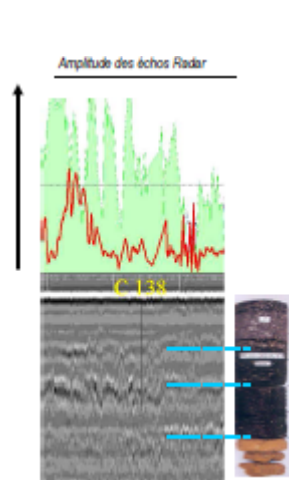
Fondement de la méthode

Recueil des données d'auscultation

- Principes d'auscultation



- Apports et exploitations des différentes auscultations







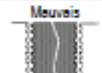


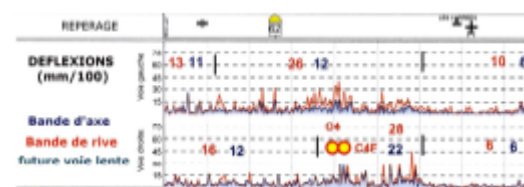
		Qualité de la corotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité de la paroi	Lisse				Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré				

Tableau 11 - Classification de la qualité des matériaux des sous-couches



Classements des dégradations

Localisation des fissures/faïençage	Niveau de gravité	Classe de fissuration/faïençage				
		F1	F2	F3	F4	F5
Dans les bandes de roulement Σ % de (FL + Fai)	Significatives	< 5 %	< 5 %	5 à 10 %	10 à 30 %	> 30 %
	Graves	< 2 %	< 2 %	2 à 5 %	5 à 10 %	> 10 %
Non spécifique aux bandes de roulement Σ % de (FL + Fai)	Graves	< 20 %	≥ 20 %			

Classes Fissures Transversales		FT 1	FT 2	FT 3
Nbre de Fissures Transversales / 100 m	graves	≤ 2	> 2	
	très graves	0	≤ 2	> 2

Classes d'orniérage		Déformation en mm		
		< 10	10 à 20	> 20
Extension en %	≤ 10 %	ORN1	ORN2	ORN4
	> 10 %		ORN3	

Classes de l'affaissement		Affaissement en mm		
		< 30	30 à 60	> 60
Extension en %	≤ 10 %	AFF1	AFF2	AFF4
	> 10 %		AFF3	

Implantation des carottages

- Chaussées bitumineuses épaisses

Classe de fissuration/faïençage		F1	F2	F3	F4	F5
Nombre de carottes	Sur zone saine dans les bandes de roulement	4	2	4	3	2
	Sur faïençage, FL ou FT dans les bandes de roulement	-	-	3	4	5
	Sur faïençage, FL ou FT hors bandes de roulement	2	4	-	-	-

Implantation des carottages

- Chaussées à assise traitées aux liants hydrauliques

Classes Fissures Transversales		FT 1	FT 2	FT 3
Nbre de Fissures <u>Trans.</u> / 100 m	Graves	≤ 2	> 2	
	Très graves	0	≤ 2	> 2
Zone caractéristique du cas		Pleine dalle	En bord de FT graves	En bord de FT très graves
Nombre de carottages	Sur zone saine	4	1	1
	En bord de FT graves	2	4	1
	En bord de FT très graves		1	4
Carottages sur Fissure Longitudinale et/ou Faïençage	Absence de FL + <u>Faï</u>	0		
	FL + <u>Faï</u> $< 2 \%$	1		
	FL + <u>Faï</u> 2% à 5%	2		
	FL + <u>Faï</u> $> 5 \%$	3		

Le guide technique

« Les renforcements de chaussées »

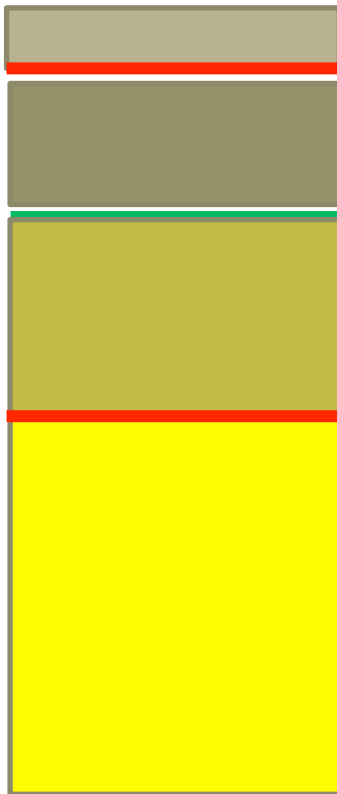
Diagnostic et conception

- SOMMAIRE
- Fondement de la méthode
- Recueil des données d'auscultation
- Diagnostic et modélisation
- Conception des solutions de travaux de renforcement
- Dispositions constructives

Diagnostic et modélisation

- L'ensemble des données disponibles doit alors être analysé dans le but d'explicitier le comportement des sections témoins.
- 1^{er} vérifier la cohérence des informations disponibles,
- 2^{ème} temps intégrer ces éléments dans une approche calculatoire de la structure.

- **Modélisation de la section témoin**



Hmat lié, Emat lié (fct matériaux et Q carotte)


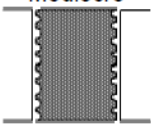

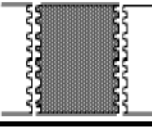
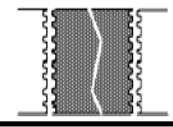
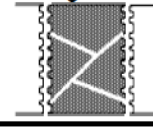
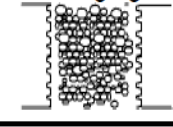
Interface fct carottage

Hgnt, Egnt (Emax fct Q gnt)

Hsol = 6 m, E1(fct déflexion)

Diagnostic et modélisation

• Modélisation de la section témoin

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

Matériaux Bitumineux		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité des parois du trou de carottage	Lisses	E_{ref}	$0,7 \times E_{ref}$	2000 MPa	Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré	$0,7 \times E_{ref}$	2000 MPa	1000 MPa	500 MPa

Matériaux ATLH		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	$E_{ref} \times 0,6$	$E_{ref} \times 0,3$	$E_{ref} \times 0,2$	

- **Modélisation de la section témoin**

Collée	Bon accrochage, bonne liaison
Semi collée	Liaison détruite au carottage (surface brillante de l'interface) Paroi lisse au niveau de la liaison
Décollée	Paroi avec formation d'une cavité au niveau de la liaison et/ou érosion des bords des deux couches concernées et/ou présence de pollution au niveau de l'interface

(Tableau 19) Tableau 19 – Classification de la qualité des interfaces

Diagnostic et modélisation

- **Analyse calculatoire de la structure.**
- Elle porte sur la fatigue des matériaux apportée par le trafic PL
- Calcul du dommage de chacune des couches (le module reste constant)

$$d_{total\ cumulé} = \sum_{i=1}^n d_{cumulé}^{(i)} = \sum_{i=1}^n \frac{ne_{subi}^{(i)}}{NE_{durée\ de\ vie}^{(i)}}$$

- $Ne_{subi} = F (N_{PL} \times CAM)$ $Ne_{durée\ de\ vie} = G (S_t, S_{adm})$

Diagnostic et modélisation

- **Analyse calculatoire de la structure.**
- Elle porte sur la vérification au gel/dégel
 - Si $IA \geq IR$ pas de dommage supplémentaire
 - Si $IA < IR$ dommage existe
 - *IA indice de gel admissible*
 - *IR indice de gel de l'hiver de référence*

Le guide technique

« Les renforcements de chaussées »

Diagnostic et conception

- SOMMAIRE
- Fondement de la méthode
- Recueil des données d'auscultation
- Diagnostic et modélisation
- Conception des solutions de travaux de renforcement
- Dispositions constructives

Conception des solutions de travaux de renforcement

- **Méthode de calcul des renforcements**
- Deux cas
 - Dommages de toutes les couches < 1
 - *On valorise le dommage résiduel*
 - Dommages d'au moins une couche > 1
 - *Le renforcement se calcule comme une chaussée neuve*

Conception des solutions de travaux de renforcement

- modélisation d'un rechargement

Ancienne structure	Structure renforcée	Sollicitations dimensionnantes	Epaisseur ; module ; coef. Poisson	Interface
	Couche de surface		H11 ; E11 ; ν 11	Collée
	Couche d'assise	$S_{T12 \text{ inf}}$	H12 ; E12 ; ν 12	Collée ou semi-collée ou décollée
Couche de surface	Couche de surface	$S_{T1 \text{ inf}}$	h1 ; E1 ; ν 1	Collée ou semi-collée ou décollée
Assise traitée	Assise traitée	$S_{T2 \text{ inf}}$	h2 ; E2 ; ν 2	Collée
Grave non traitée	Grave non traitée	$S_{Z3 \text{ sup.}}$	h3 ; E3 ; ν 3	Collée
Sol support	Sol support	$S_{Zn \text{ sup.}}$	Hn = 6m ; En ; ν n	Collée
Substratum rigide	Substratum rigide		Infini ; E= 10000 MPa ; ν = 0,25	

Conception des solutions de travaux de renforcement

- modélisation d'un décaissement partiel dans un matériau traité

Ancienne structure	Structure renforcée avec décaissement partiel dans l'assise traitée	Sollicitations dimensionnantes	Epaisseur ; module ; coef. Poisson	Interface
	Couche de surface		H11 ; E11 ; ν 11	Collée
Couche de surface	Couche d'assise	$S_{T12 \text{ inf}}$	H12 ; E12 ; ν 12	Collée ou semi-collée ou décollée
Assise traitée	Assise traitée	$S_{T21 \text{ inf}}$	h21 ; E2 ; ν 2	Collée
Grave non traitée	Grave non traitée	$S_{Z3 \text{ sup.}}$	h3 ; E3 ; ν 3	Collée
Sol support	Sol support	$S_{Zn \text{ sup.}}$	Hn = 6m ; En ; ν n	Collée
Substratum rigide	Substratum rigide		Infini ; E= 10000 MPa ; $\nu = 0,25$	

Conception des solutions de travaux de renforcement

- **Méthode de calcul des renforcements**
- Pour chacune des chaussées
 - *Souples et bitumineuses épaisses*
 - *A Assise Traitée aux Liants Hydrauliques*
 - *Mixtes*
 - *Inverses*

précisions des hypothèses particulières prises en compte

Conception des solutions de travaux de renforcement

- **Vérification au gel – dégel des renforcements**
- Application de la méthode appliquée pour les chaussées neuves avec pondération de la gélivité

	Etat de la couche de surface Qualité du drainage	Imperméable	Fissurée	Faïencée
fc	Bonne	- 1,5	- 1,0	- 0,5
	Insuffisante	- 0,5	0	+ 0,5
	Mauvaise	+ 0,5	+ 1,0	+ 1,5

(Tableau 79) Tableau 79 - Facteur de correction fc de la gélivité du sol support

	$gc < 0,5$	$0,5 \leq gc < 1,5$	$1,5 \leq gc < 3,0$	$3,0 \leq gc$
k_{gc}	1	2	4	6

(Tableau 80) Tableau 80 - Valeur de k_{gc} caractérisant la chute de portance du sol au dégel

Le guide technique

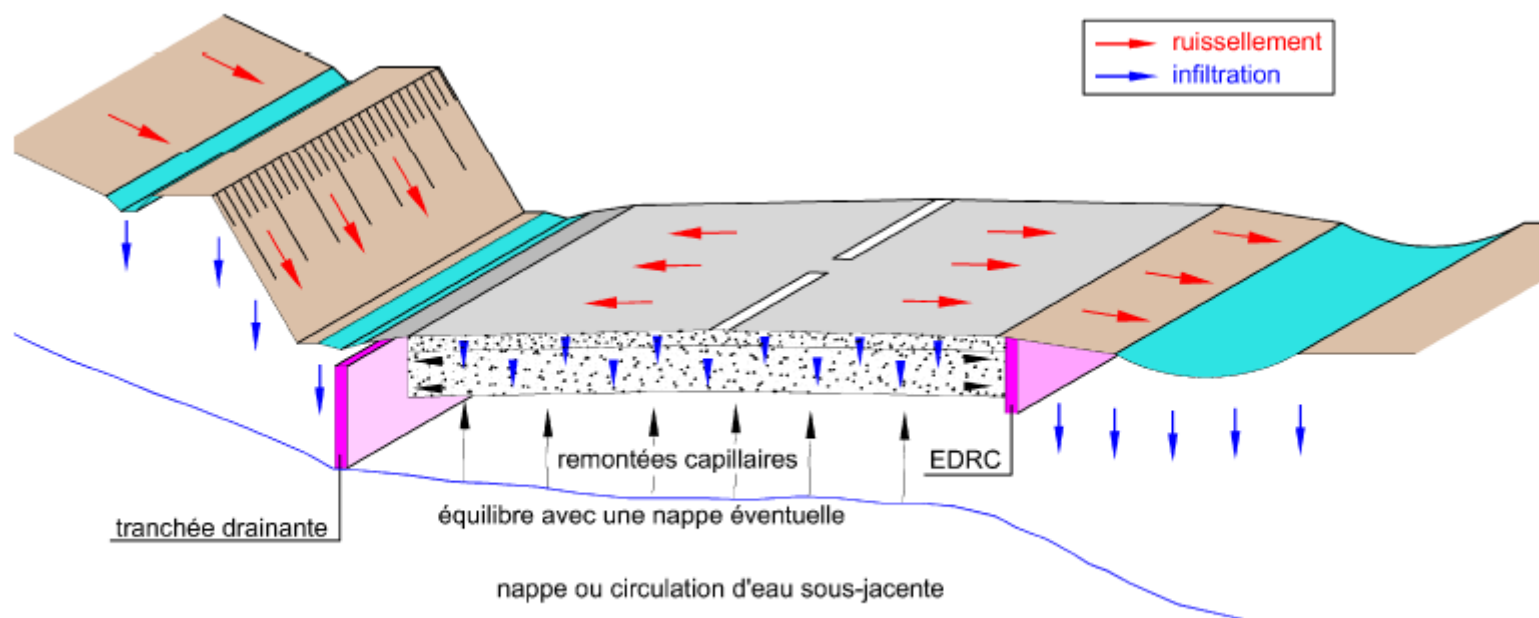
« Les renforcements de chaussées »

Diagnostic et conception

- SOMMAIRE
- Fondement de la méthode
- Recueil des données d'auscultation
- Diagnostic et modélisation
- Conception des solutions de travaux de renforcement
- Dispositions constructives

Dispositions constructives

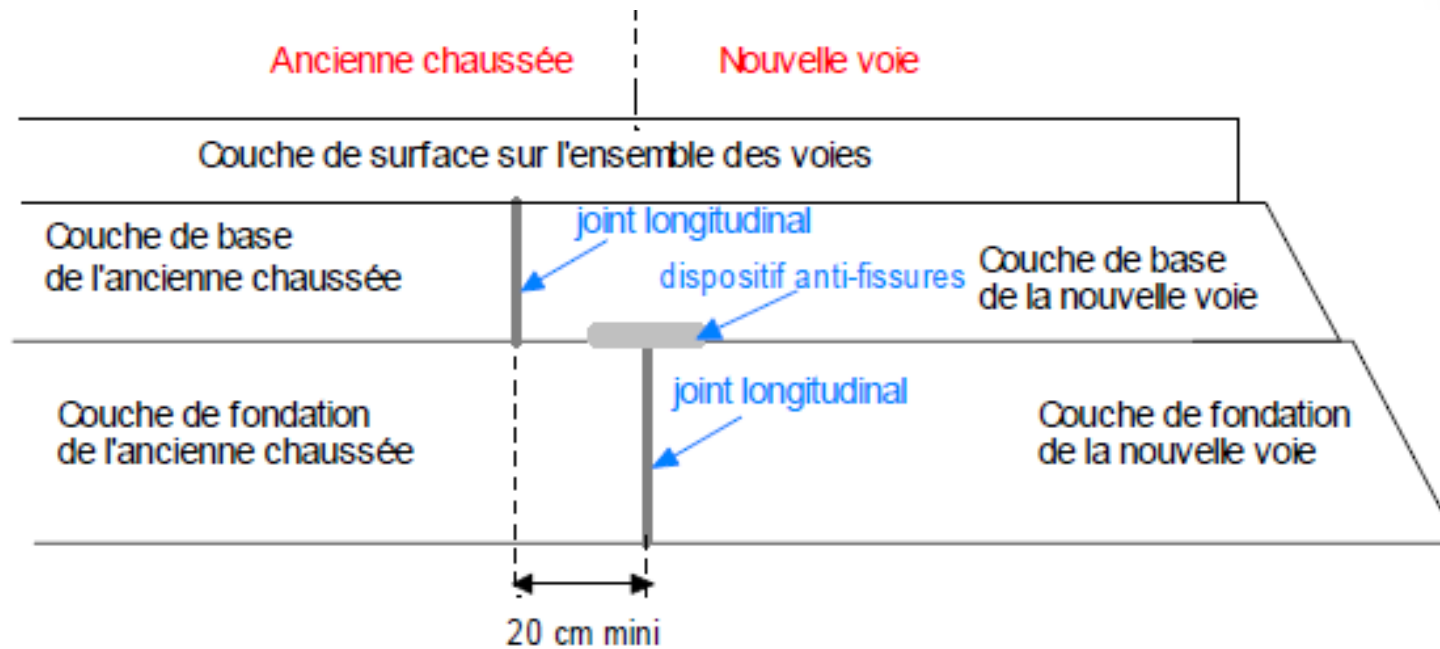
- Assainissement routier



(Figure 70) Figure 70 : situation des réseaux de drainage sur le profil en travers d'une route à 2 x 2 voies

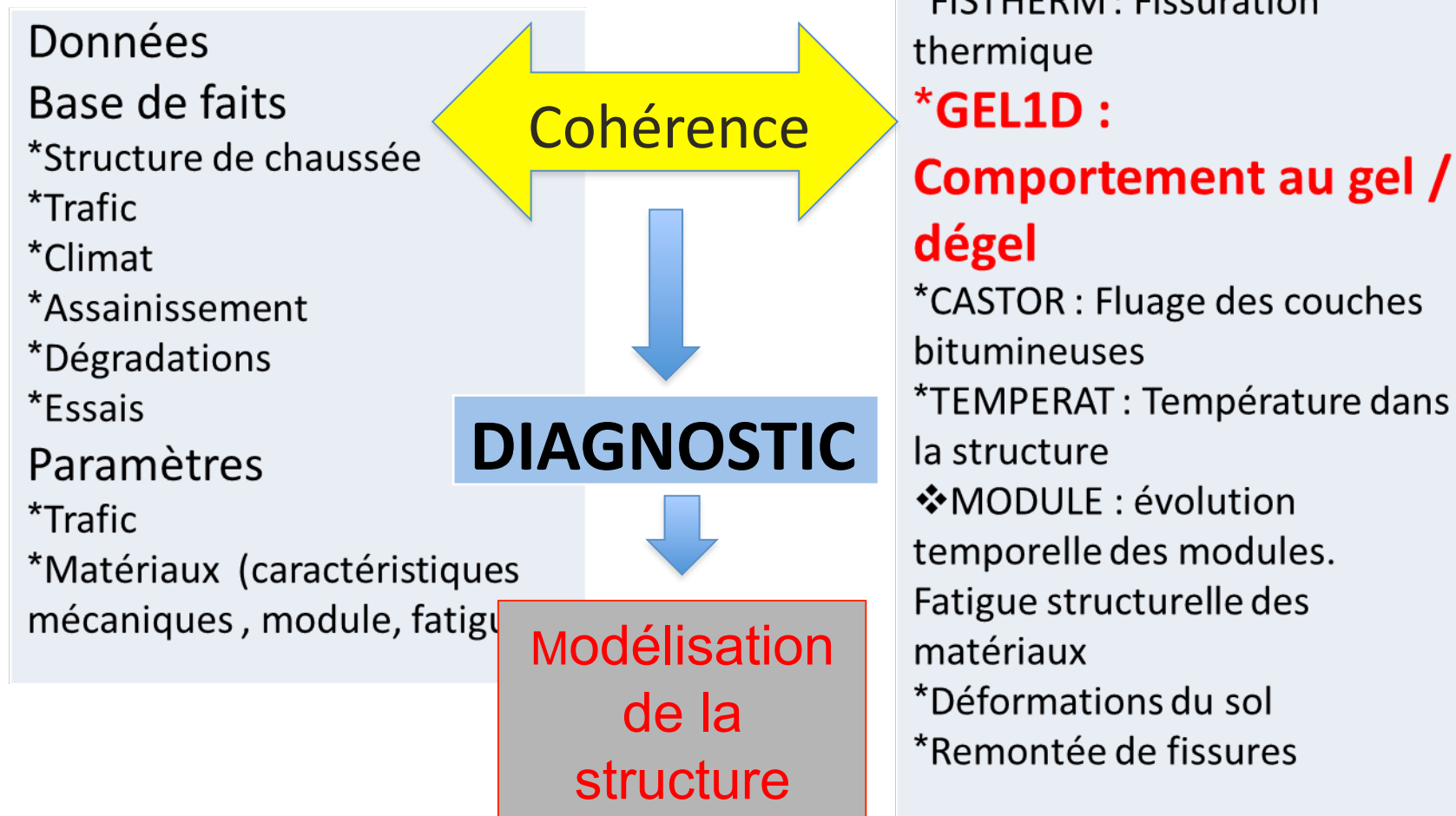
Dispositions constructives

- **Elargissements**



(Figure 74) Figure 74 : profil en travers type pour un élargissement

Le guide et ERASMUS



Le guide et ERASMUS

- **Le guide ne traite pas au niveau du diagnostic :**
 - De la fissuration thermique
 - De la température dans la structure
 - De l'évolution temporelle du module des couches
 - De la remontée des fissures

Le guide et ERASMUS

- **Ils ont la même approche**
 - Pour la prise en compte de l'état des carottes
 - Pour les valeurs des modules des couches endommagées
 - Pour les caractéristiques des matériaux de renforcement
 - Pour le calcul rationnel du dimensionnement des renforcements
 - Pour la vérification au gel – dégel

Le guide et ERASMUS

Année

☐ Couche de BB - 7,6 cm - 11 ans

Epaisseur (cm) Décollement

Année de décollement estimée (XXXX) Décollement progressif

☐ grave ciment - 16,0 cm - 11 ans

Epaisseur (cm) Décollement

Année de décollement estimée (XXXX) Décollement progressif

Sous épaisseurs

	Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré
0 < <input type="text" value="16.0"/> <= 16.0	<input type="text" value="1973"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

☐ grave ciment - 22,0 cm - 11 ans

Epaisseur (cm) Décollement

Année de décollement estimée (XXXX) Décollement progressif

Sous épaisseurs

	Sain	Médiocre	Fissuré	Fracturé	Désagré
0 < <input type="text" value="16.9"/> <= 22.0	<input type="text" value="1973"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0 < <input type="text" value="5.0"/> <= 5.1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1973"/>

☐ CDF non traitée - 60,0 cm - 11 ans

Epaisseur (cm) Décollement

Le guide et ERASMUS

- **Ils ont la même approche**
 - Pour la prise en compte de l'état des carottes
 - Pour les valeurs des modules des couches endommagées
 - Pour les caractéristiques des matériaux de renforcement
 - Pour le calcul rationnel du dimensionnement des renforcements
 - Pour la vérification au gel – dégel

Conclusions

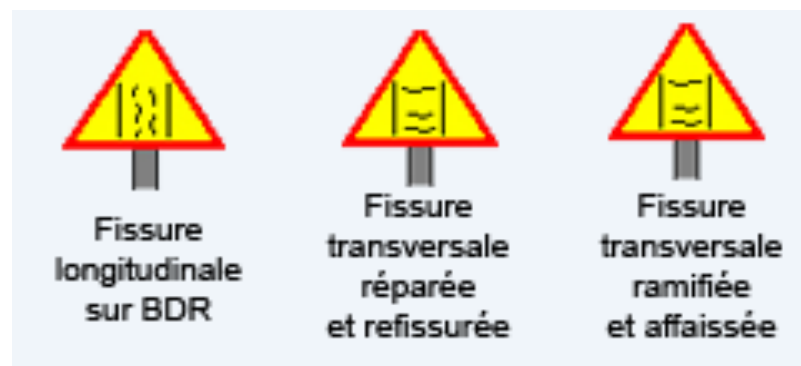
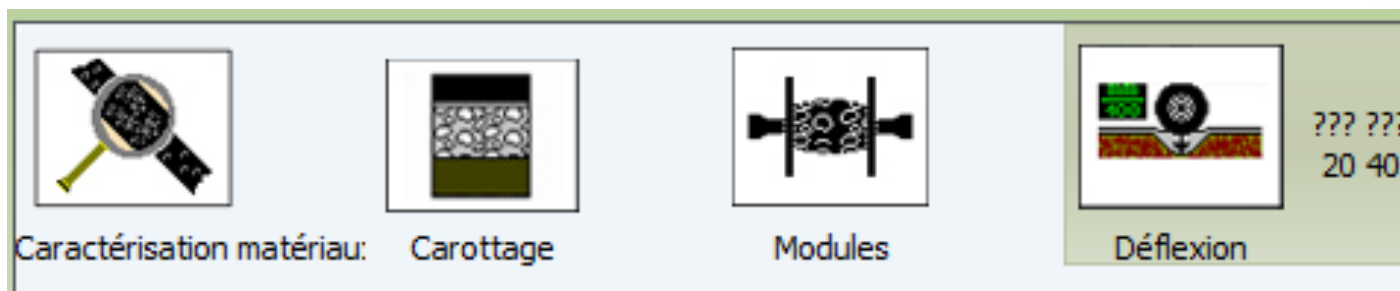
- **Le guide de renforcement :**
 - est un très bon manuel pour l'étude *in situ* des chaussées et de leurs environnements
 - permet la démarche rationnelle de l'évaluation de l'endommagement et du calcul des renforcements (nécessite de disposer des programmes ALIZE et GEL1D), mais nécessite une bonne formation pour traiter les cas et est très consommateur de temps

Conclusions

- **ERASMUS :**
 - Traite les données d'auscultation recueillis
 - Permet de simuler l'importance du manque de données
 - Fournit une évolution temporelle de la structure
 - Propose des suspicions au niveau du diagnostic
 - Intègre une base de données sur les matériaux anciens et présents
 - Présente une rapidité de calcul qui permet d'examiner de nombreuses variantes
 - *Traite le dimensionnement des chaussées neuves*

Conclusions

- **ERASMUS :**

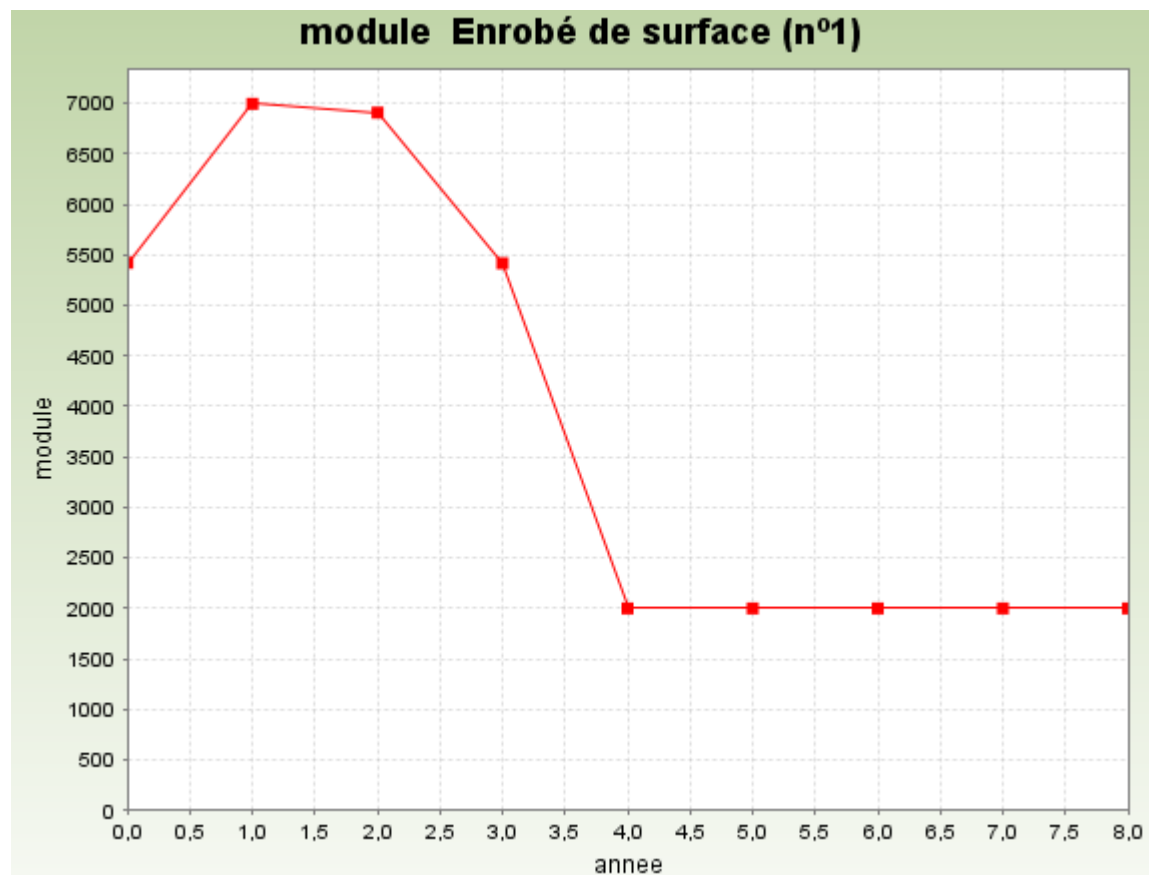


Conclusions

- **ERASMUS :**
 - Traite les données d'auscultation recueillis
 - Permet de simuler l'importance du manque de données
 - Fournit une évolution temporelle de la structure
 - Propose des suspicions au niveau du diagnostic
 - Intègre une base de données sur les matériaux anciens et présents
 - Présente une rapidité de calcul qui permet d'examiner de nombreuses variantes
 - *Traite le dimensionnement des chaussées neuves*

Conclusions

- **ERASMUS :**



Conclusions

- **ERASMUS :**
 - Traite les données d'auscultation recueillis
 - Permet de simuler l'importance du manque de données
 - Fournit une évolution temporelle de la structure
 - Propose des suspicions au niveau du diagnostic
 - Intègre une base de données sur les matériaux anciens et présents
 - Présente une rapidité de calcul qui permet d'examiner de nombreuses variantes
 - ***Traite le dimensionnement des chaussées neuves***

Merci de votre attention