

Guide technique

Les renforcements de chaussées

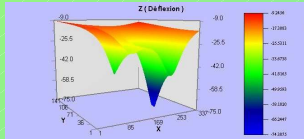
Diagnostic et conception

Hugues Odéon

*Chef de groupe GTC
LRPC de Strasbourg*



Plan de l'intervention



- Historique
- Objectifs du guide
- Plan
- Contenu
- Délai de publication

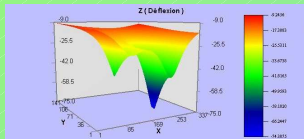




Objectifs du Guide Renforcements



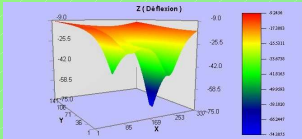
- **Contexte années 2000 :**
 - Vieillessement du réseau routier ;
 - Réduction des crédits pour la route ;
 - Diversification des acteurs :
Bureaux d'études, Maîtres Œuvre ;



- **Objectif principal :**
Établir une méthodologie pour le dimensionnement des renforcements des chaussées existantes (sauf béton⁽¹⁾), acceptable par tous, adossée à la méthode française de dimt (Alizé), avec une forte composante didactique



⁽¹⁾ *Guide technique Entretien des chaussées en béton – Oct 2002*



- **Public visé :**

- Spécialistes du domaine Chaussées, travaillant dans les bureaux d'études (publics et privés) en charge de l'auscultation, de l'entretien et de la réhabilitation des chaussées ;
- Maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, soucieux de développer de la compétence technique propre à définir une commande adaptée à la problématique ;

- **Objectif secondaire :**

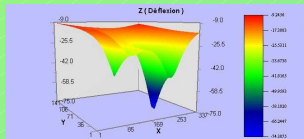
Favoriser le dialogue entre donneurs d'ordre et techniciens, en vue d'aboutir à des solutions adaptées à la politique du gestionnaire



Plan du document



- Avant propos
- Chapitre 1 – Fondements de la méthode (12 p)
- Chapitre 2 – Recueil des données d'auscultation (34 p)
- Chapitre 3 – Diagnostic et modélisation (78 p)
- Chapitre 4 – Conception des solutions de travaux de renforcement (54 p)
- Chapitre 5 – Dispositions constructives (14 p)
- Annexes : terminologie et notations, références bibliographiques, indices de gel, ...

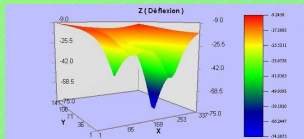




Avant-propos



L'avant-propos précise :



- Le domaine d'application : toutes les structures routières, à l'exception des chaussées en béton (1).



- La connaissance des objectifs du maître d'ouvrage : vocation de la voie, durée de service des futurs travaux, trafic, politique au gel/dégel, qualité d'usage ;



- Les fondements de la méthode, en l'occurrence la méthode française de dimensionnement des chaussées ;

- L'organisation du document.

(1) *Guide technique Entretien des chaussées en béton – Oct 2002*

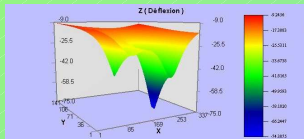
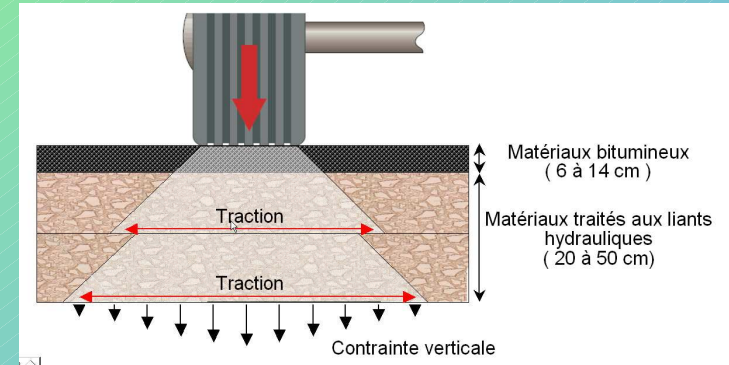


Chapitre 1 - Fondements



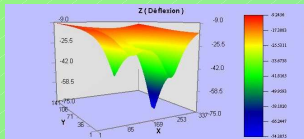
On y détaille :

- Le mode de fonctionnement et de dégradations des différents types de chaussées (rappels) ;



Exemple : cas des chaussées bitumineuses épaisses normalement dimensionnée :

- 1 – d’abord potentiellement les couches de surface : orniérage, arrachements de gravillons, fissuration thermique ;
- 2 – ensuite la structure : déformation du sol support rarissime, fissuration longitudinale par fatigue (bas en haut) voire de haut en bas



- Les facteurs influant sur les dégradations :

- **Facteurs extérieurs** : trafic, climat (canicule, période de gel, effet de l'eau,...) ;

- **Structure elle-même** : sous-épaisseur, défaut d'accrochage, fissuration de retrait, élargissement, joints, tranchées ;

- **Facteurs liés aux matériaux et aux conditions de mise en œuvre** : sous-compactage, teneur en eau, déficit ou excès de liant, sur-compactage ;

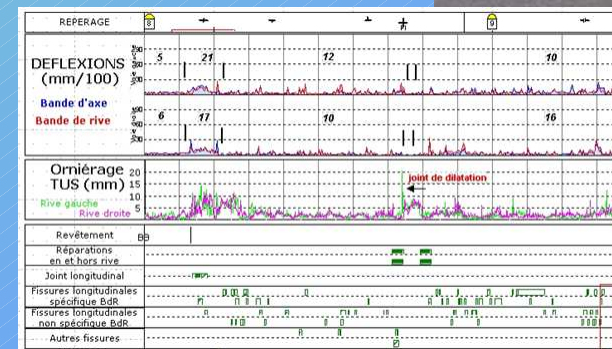
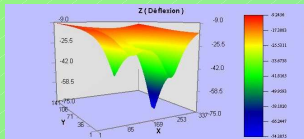


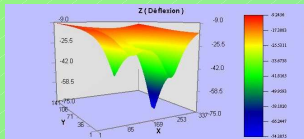


Chapitre 2 – Recueil des données

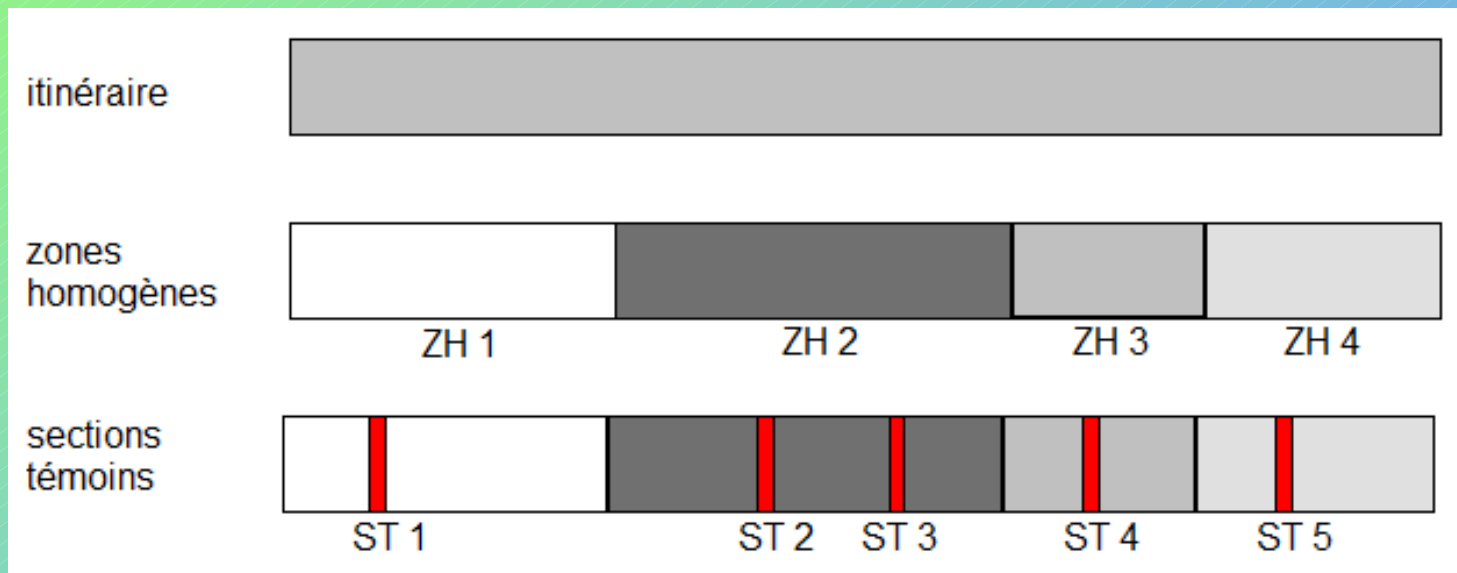
Explications des principes de l'auscultation, et des données à collecter :

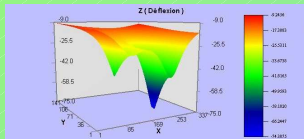
- Principes de l'auscultation
- Phase 1 - Recueil des données continues ;
- Phase 2 - Découpage de l'itinéraire en zones homogènes, implantation des zones témoins
- Phase 3 – Investigations complémentaires sur zones témoins
- Synthèse des données (schéma itinéraire)





• Principes de l'auscultation

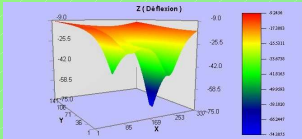




• **Phase 1 - Recueil des données continues :**

- Historique de la chaussée ;
- Trafic ;
- Environnement de la chaussée ;
- Climat ;
- Etat visuel de surface (méthode LPC n 38-2) :
M1 si trafic \geq T2, sinon M2 ;
- Déflexion (méthode LCP n 39 ou ponctuelle) ;
- Rayon de courbure ;
- Uni transversal et longitudinal (Méthode LCP n46) ;
- Radar.

Itinéraire: RENNES-BREST		RN: 12	C
Intersections Ouvrages		Buse	Buse
Points singuliers			
Repères			
Agglomérations			
Largueur			
Tracé en plan			
Profil en long			
Déblai-Remblai	D	r	R
Accotements	TPC	2.50A.S	2.50 R 2.5
Drainage-Obstacle	TPC		



- **Phase 2 - Découpage de l'itinéraire en zones homogènes, implantation des zones témoins ;**

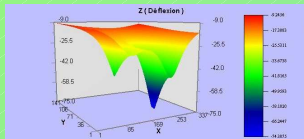
Zone homogène : zone pour laquelle les données :

- de situation (agglomération, rase campagne),
- d'historique (structure, trafic, date de réalisation) et
- de caractéristiques de la chaussée,

sont identiques.

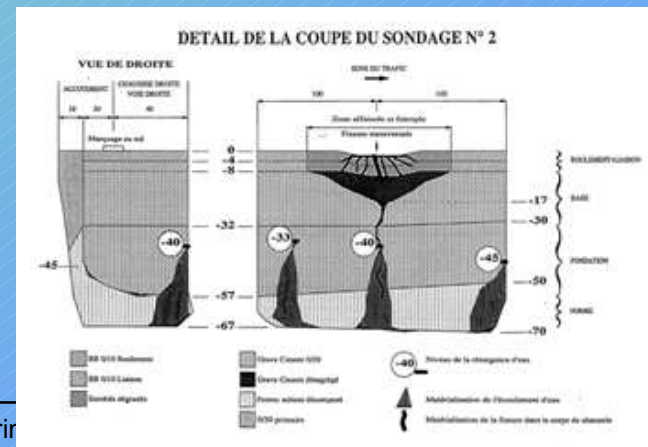
Section témoin : zone d'investigations complémentaires permettant de comprendre les origines des dégradations observées sur la section témoin :

- choisie pour sa représentativité,
- parfois toute la zone homogène ;
- tenir compte des contraintes de sécurité !



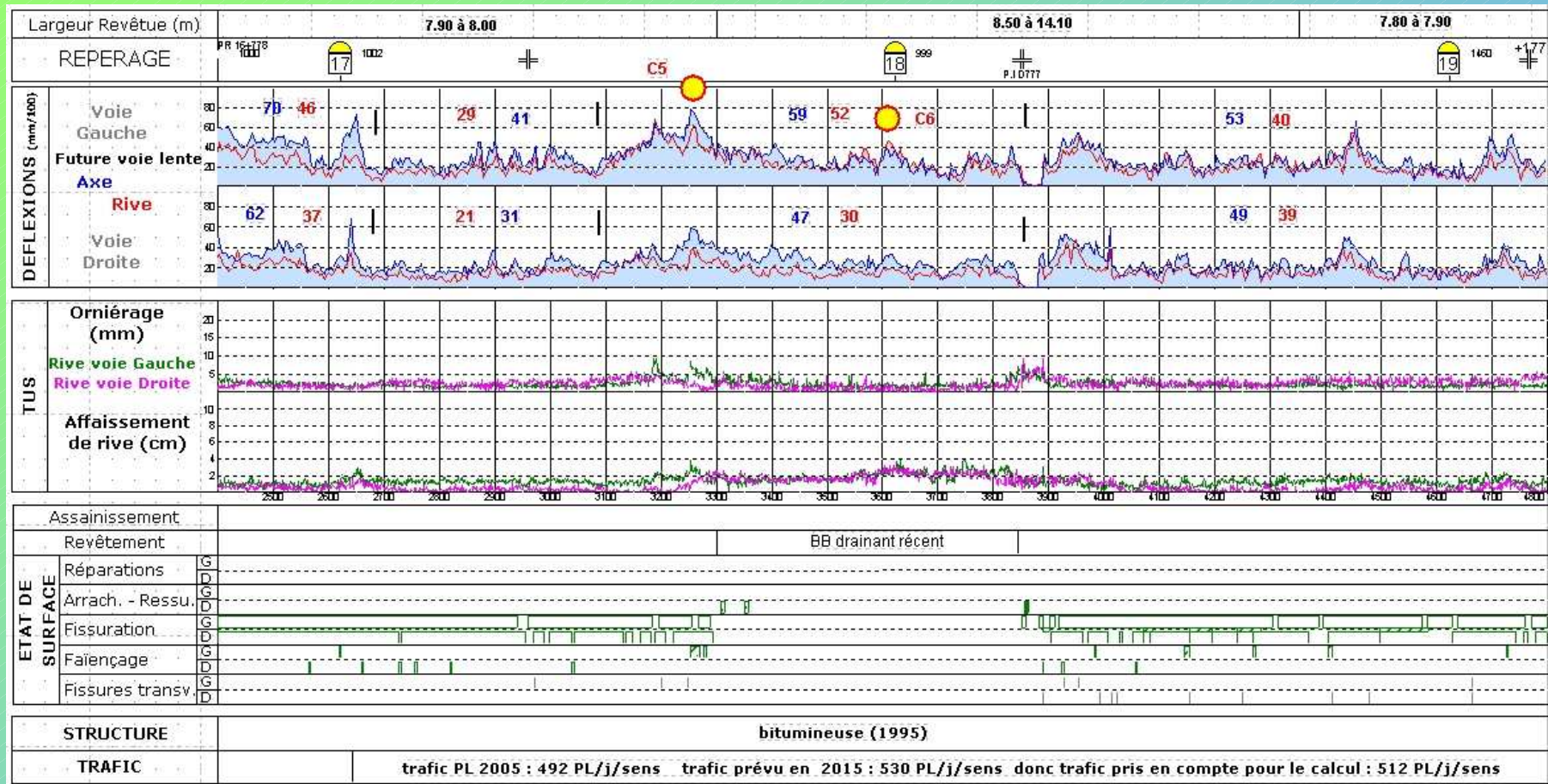
• Phase 3 – Investigations complémentaires sur sections témoins :

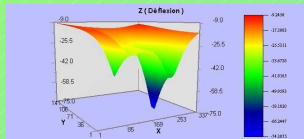
- déflexion sur fissures (battements) ;
- rayon de courbure (si pas fait en phase 1) ;
- sondages et carottages (méthode LPC n 43)





Exemple : cas des chaussées bitumineuses épaisses

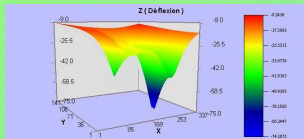




Chapitre 3 – Diagnostic et modélisation

Trouver un modèle de la chaussée, états neuf et dégradé, qui explique la cause probable de la dégradation.

- Principes généraux (méthode française de dimt);
- Analyse calculatoire : dommage mécanique, gel/dégel ;
- Détail par type de structure :
 - Pathologies classiques ;
 - Indications pour analyse en zones homogènes ;
 - Modélisation de la chaussée et dommage ;
 - Cohérence calculs/désordres et synthèse ;
- Pathologies autres que structurelles : orniérage, défauts de surface, défauts de conception et réalisation



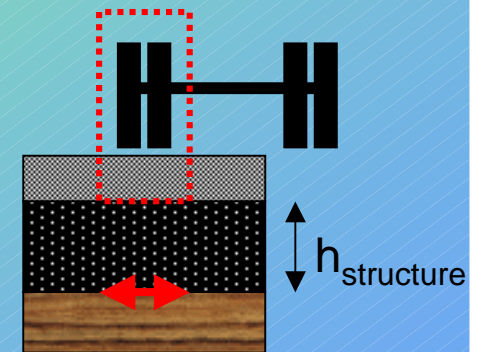
- **Analyse calculatoire** : dommage mécanique, gel/dégel :

Dimensionnement chaussée neuve

On connaît : N_{PL} (=> $NE = NPL \times CAM$)

On ajuste $h_{structure}$ jusqu'à :

$$S_{tadm} = f(mat, NE, R\%, PFi) \geq S_{t\text{ calculé}}$$

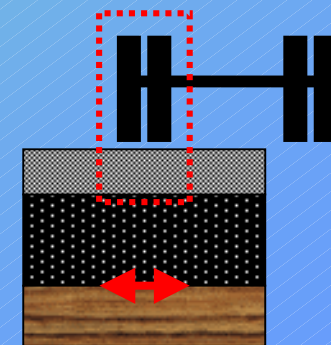


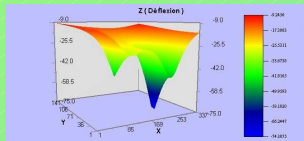
Estimation durée de vie chaussée existante

On connaît la structure (épaisseur, matériaux) ;

On pose : $S_{tadm} = S_{t\text{ calculé}}$

On en déduit : $NE = f^{-1}(mat, R\%, PFi, S_{t\text{ calculé}})$
 puis N_{PL} : trafic admissible par la structure





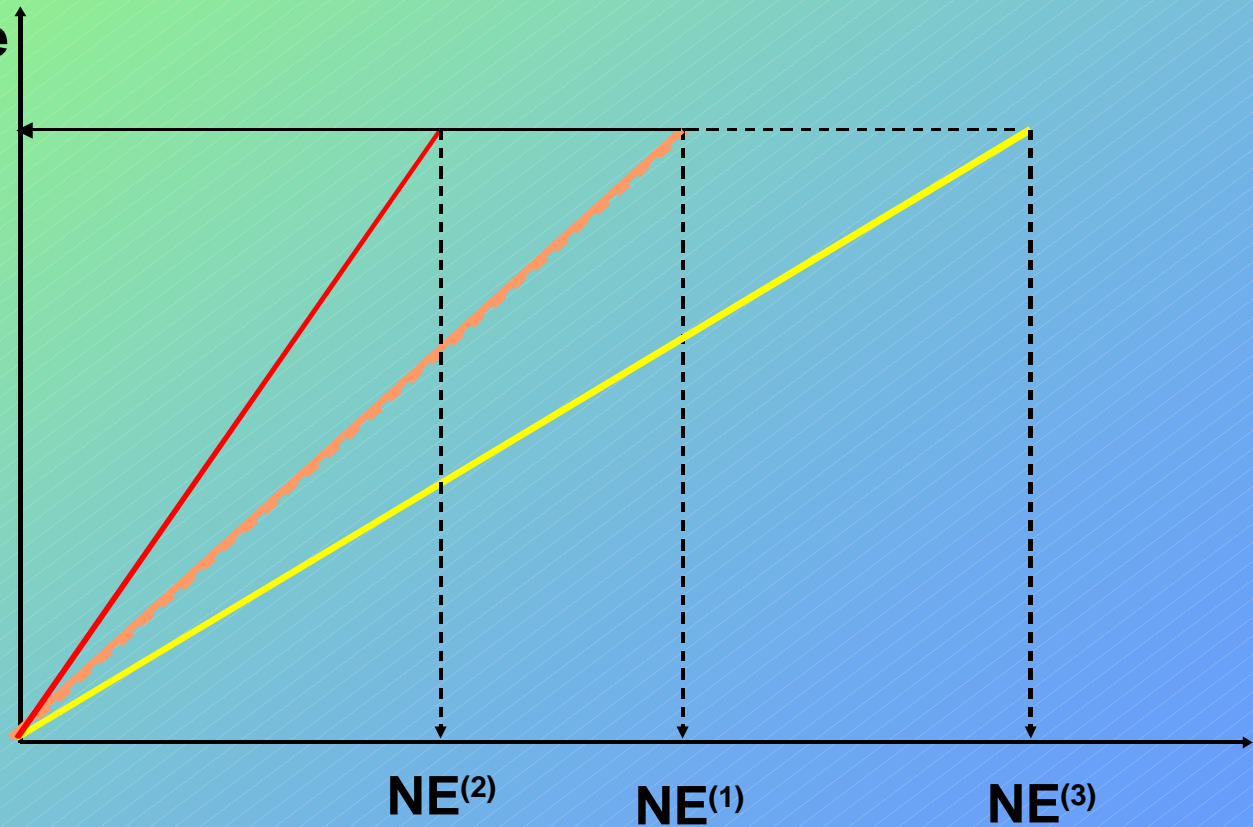
Structure originelle : $S^{(1)} \Rightarrow NE^{(1)} \Rightarrow d^{(1)}_{\text{élémentaire}}$

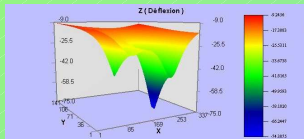
Structure décollée : $S^{(2)} \Rightarrow NE^{(2)} \Rightarrow d^{(2)}_{\text{élémentaire}}$

Structure rechargée : $S^{(3)} \Rightarrow NE^{(3)} \Rightarrow d^{(3)}_{\text{élémentaire}}$



Dommage
100 %

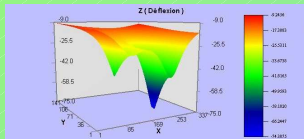




Difficulté : obtenir un modèle pertinent de la chaussée :

- Epaisseurs des couches et interfaces : carottages et sondages ;
- Modules des couches :
 - Sol support : estimé à partir de la déflexion caractéristique (introduction substratum rigide) ;
 - Couches traitées : évaluées à partir des mesures de rayon de courbure, ou estimées d'après carottes

		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



- Mise en cohérence de l'ensemble des données disponibles par section témoin :
 - Données d'auscultation et pathologie supposée ;
 - Calcul d'endommagement ;
 - Voire prise en compte du gel/dégel.

Si problème : les relevés ont toujours raison !

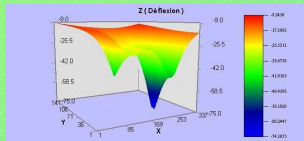
Exemple : cas des chaussées bitumineuses épaisses

Définition de trois grands cas types :

Cas 1 : fissuration de surface de la couche de roulement ;

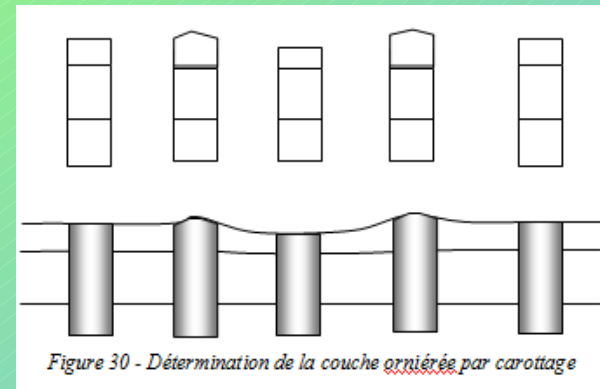
Cas 2 : dégradation interne des couches de surface ;

Cas 3 : fissuration de fatigue de l'assise

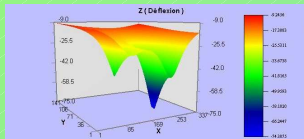


• Pathologies autres que structurelles :

- orniérage,
- défauts de surface,
- défauts de conception et réalisation



Chapitre 4 – Conception des solutions de travaux de renforcement

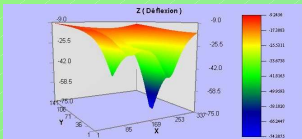


Description de la méthodologie permettant de définir (parfois sans calculs) la solution de renforcement ;

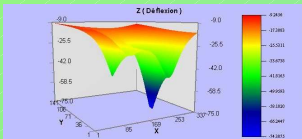
- Objectifs des travaux ;
- Cahier des charges du gestionnaire ;
- Méthode de calcul ;
- Détail par type de structure :
 - Rechargement, décaissement ou retraitement ⁽²⁾ ;
- Vérification au gel/dégel ;
- Avantages et inconvénients des solutions.

Ancienne structure	Structure renforcée avec décaissement partiel dans la grave non traitée
	Couche de surface
Couche de surface	
Assise traitée	Couche d'assise
Grave non traitée	Grave non traitée
Sol support	Sol support

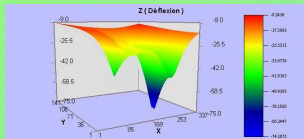
⁽²⁾ *Guide technique Retraitement en place à froid – Juillet 2003*



- Objectifs des travaux (1/2) :
- Soit une **réhabilitation** : dégradations nombreuses concernant la structure et validées par l'analyse du dommage structural de la chaussée. Options du MO :
 - soit investissement lourd : durée longue (20 à 30 ans), risque faible risque et entretien ultérieur ;
 - soit investissement faible : durée courte (10 à 15 ans), risque élevé et reprise à 10 à 12 ans ;
 - prise en compte du « Gel/Dégel » (protection thermique et mécanique pour une rigueur d'hiver choisie ou protection avec barrière de dégel).

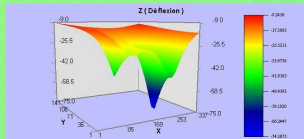


- Objectifs des travaux (2/2) :
- Soit un **entretien des caractéristiques de surface** : dégradations structurelles peu nombreuses, maintien des caractéristiques structurelles résiduelles à un niveau suffisant pendant toute la durée de l'entretien envisagé. Options du MO :
 - travaux limités à un entretien de surface (pas de dimensionnement mécanique) ;
 - conception de l'entretien compensant les défauts ou adaptant progressivement la structure à l'objectif initial de durée de service (durée longue 15 à 20 ans) ;
 - conception du dimensionnement de l'entretien prenant en compte une modification des conditions d'exploitation de la chaussée (modification du trafic supporté, prolongation de la durée de service).



• Cahier des charges du gestionnaire :

- trafic PL : TMJA, taux de croissance, agressivité ;
- durée de dimensionnement et risque retenu ;
- tenue au gel/dégel : indice de gel de référence ou barrière de dégel ;
- contraintes de seuils ;
- profil en travers de la future chaussée (élargissement, épaulement, mise à pente unique...) ;
- présence de réseaux ;
- techniques de réhabilitation ou d'entretien ;
- caractéristiques d'usage, uni, adhérence, bruit, couleur ;
- gênes à l'utilisateur et aux riverains ;
- impact environnemental des solutions proposées.



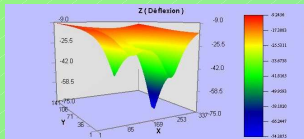
• **Méthode de calcul :**

- Calcul d'un rechargement ou décaissement, avec intégration du dommage résiduel des couches en place ;
- Linéarisation de la valeur de ks (portance du sol) :

$$ks = 0,0929 \times \ln (E) + 0,552$$
- Linéarisation du risque de calcul avec TMJA :

Critère de dimensionnement	Valeur de u
Matériaux bitumineux	$u = - 0,411 \times \ln (MJA PL) + 0,914$
MTLH	$u = - 0,303 \times \ln (MJA PL) + 0,164$
MTLH fondation de structures mixte et inverse	$u = - 0,476 \times \ln (MJA PL) + 1,694$

Nota : u est toujours compris entre -2,326 et 0 (R ≤ 50 %)

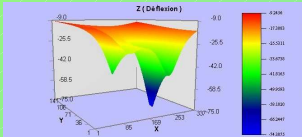


• **Méthode de calcul :**

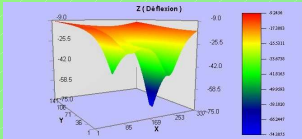
Ancienne structure	Structure renforcée
	Couche de surface
	Couche d'assise
Couche de surface	Couche de surface
Assise traitée	Assise traitée
Grave non traitée	Grave non traitée
Sol support	Sol support
Substratum rigide	Substratum rigide

Ancienne structure	Structure renforcée avec décaissement partiel dans l'assise traitée
	Couche de surface
Couche de surface	Couche de surface
Assise traitée	Couche d'assise
	Assise traitée
Grave non traitée	Grave non traitée
Sol support	Sol support
Substratum rigide	Substratum rigide

Ancienne structure	Structure renforcée avec décaissement total
	Couche de surface
Couche de surface	Couche d'assise
Assise traitée	
Grave non traitée	Couche de réglage ou couche de forme (à définir selon le cas)
Sol support	Sol support
Substratum rigide	Substratum rigide



- **Vérification au gel/dégel ;**
- Développement d'une méthode de calcul proche de celle appliquée pour les chaussées neuves, valorisant :
 - la chaussée en place,
 - la gélivité des sols en place ;
 - les conditions de drainage et d'étanchéité.
- Explication de la méthode de calcul d'une barrière de dégel pour une chaussée souple.



- **Avantages et inconvénients des solutions.**

Description par type de technique (matériau) des avantages et inconvénients, et des limites d'utilisation.

Exemple : cas des EME

Conçus pour remplacer les GB, notamment dans les cas de renforcement des chaussées en traverses d'agglomération :

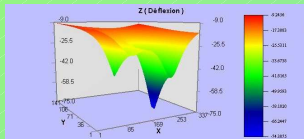
Avantages

- Solution en EME moins épaisse que celle en GB (respect des seuils en traverses par exemple).
- Bonne maniabilité du produit (bonne compacité).
- Bitume dur = résistance à l'orniérage.

Inconvénients

- Température d'enrobage élevée (coût d'enrobage !).
- Attention à température de mise en œuvre pour conserver la maniabilité lors du compactage.

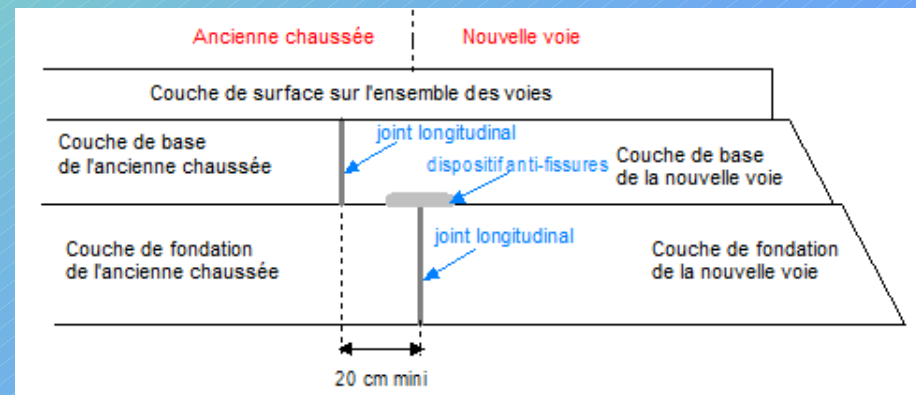
Chapitre 5 – Dispositions constructives



Attirer l'attention du « concepteur » sur le fait que le renforcement dépasse le seul calcul de la solution.

Autres aspects à prendre en compte :

- Drainage et assainissement ;
- Cas des carrefours giratoires : dimt, mise en œuvre ;
- Elargissements : dispositions constructives ;
- Mise en œuvre, uni, épaisseurs



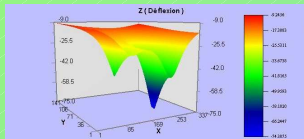


Publication



Forme :

- Un cahier méthodologie (environ 200 pages)
- Un cahier exemples (environ 150 pages), finalisé après l'enquête (1 exemple = environ 15 pages)



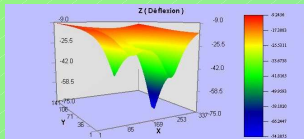
Délais :

- Mise à enquête : début juin (réunion du comité méthodologique en cours à l'IDRRIM)
- Publication : fin 2012





Un grand merci à...

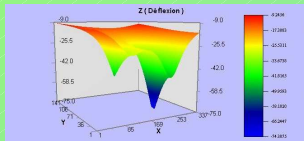


Contributeurs :

- M. Dauzats
- A. Destombes
- G. Durand
- JF. Griselin
- O. Hameury
- J. Maribas
- Y. Meunier
- JP Michaut
- M. Paillard (pilote 1)
- JC. Vaniscote

Rédacteurs :

- P. Bauer
- E. Delaval
- L. Deloffre
- L. Grin
- A. Guenanen
- R. Kobisch (pilote 2)
- Y. Lefebvre
- H. Odéon (pilote 3)
- S. Ollier
- S. Périgois
- H. Pham Doan



Merci pour votre attention !