

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



GC.0169

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

14/05

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE : ÉTUDE PRATIQUE DU PHÉNOMÈNE DE FISSURATION SUR DES ROUTES REVETUES AU SÉNÉGAL

AUTEUR : Zoulkanéïni SÉÏDOU

DIRECTEUR : Ismaïla GUEYE

CO-DIRECTEUR : Massamba DIENE

DIRECTEUR EXTERNE : Youssef SAKHO

DATE : Juin 95

DÉDICACE

A la mémoire de Moussa ABDOU-RAHMANE,

A mes parents,

A mes oncles Boukari OUARAKPÉ et Ibouaïma WARAKPÉ,

Aux familles HAMANI et NDIAYE

ET à tous ceux qui me sont chers.

REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis d'abord de remercier :

- M^r Ismaila GUEYE et M^r Massamba DIENE, tous professeurs à l'Ecole Polytechnique de Thiès ;
- M^r Youssouf SAKHO, Directeur National des Travaux Publics (DNTP) ;

pour avoir accepté de nous encadrer pour ce projet, pour la sollicitude dont ils ont fait montre et la richesse de leurs conseils tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont également aux sieurs :

- Kalidou NDIAYE et Joseph Gabriel SAMBOU respectivement chefs régionaux des Travaux Publics de Louga et de Thiès ;
- Ibrahima NGUETTE, DIAKHATE, Demba SALL (chef de Division) ingénieurs à la Division des Travaux Neufs et de Réhabilitation (DTNR) ;
- FATY, chef de la Division Planification et Programmation (DPP) ;
- Yaya DIATTA (chef de Division) et Salif NDIAYE de la Division du Matériel des Travaux Publics ;
- Albert GUILLEM, coopérant français à la Direction des Travaux Publics et chargé de la campagne de mesures d'uni ;

dont la collaboration nous a permis de tirer pleinement profit de ce projet.

Que nos remerciements parviennent également à :

- toutes les secrétaires de la DIRECTION des T.P., pour les accueils toujours chaleureux qu'elles nous ont réservés ;
- M^{me} GUEYE, épouse de notre directeur de projet pour son soutien matériel ;
- Karim NDIAYE, Lamine COUME, Baba BA, Aboubcar FALL, Karamoko TRAORE, tous élèves-ingénieurs à l'Ecole Polytechniques de Thiès (EPT), pour la saisie de ce document ;
- Matar LO, élève-ingénieur à l'EPT, pour son aide précieuse.

Nous ne saurons oublier les Etats béninois et sénégalais, et l'Agence Canadienne pour le Développement international (ACDI) à qui nous devons tous les supports financiers pour notre titre d'ingénieur de conception.

Enfin nos reconnaissances à tous ceux dont les noms ne sont pas cités ici et qui nous ont été utiles à plusieurs égards.

SOMMAIRE

Le présent document a pour but d'étudier de manière pratique le phénomène de fissuration sur la voirie de Ponpenguine et sur les tronçons Louga - Saint-Louis et CF Cynros-CF N 1 VU 124.

Il est constitué avant tout d'une présentation générale des phénomènes de fissuration ; vient ensuite une partie qui se penche au cadre d'étude, par la détermination des causes probables des fissures observées pour enfin aboutir à des remèdes tant curatifs que préventifs et à quelques recommandations contribuant à garantir la pérennité de nos routes.

Les généralités portent sur les différents types de fissures, leurs causes possibles et les conséquences qu'elles engendrent.

En ce qui concerne la détermination des causes qui sont non seulement internes (lié à la structure), mais également externes (trafic, climat, assainissement etc.), elle s'appuie sur des inspections visuelles, des mesures d'uni, certaines études effectuées, "l'historique" des tronçons de Dakar et Louga - Saint-Louis.

Quant aux remèdes, ce sont les méthodes de traitement des fissures et des techniques de lutte antifissures qui, pour la plupart sont des techniques nouvelles basées sur l'utilisation :

- d'un enduit épais ou chape gravillonnée ;
- d'un géotextile non tissé imprégné de liant ;
- ou d'un mastic riche en liant, en couche très mince.

TABLE DES MATIERES

	Page
DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ANNEXES	x
LISTE DES ABREVIATIONS	xi
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES PHENOMENES DE FISSURATION	
2.1 Les types de fissures et leurs causes probables	3
2.1.1 Les fissures des chaussées souples	4
2.1.1.1 Les fissures longitudinales	4
2.1.1.2 Les fissures transversales	6
2.1.1.3 Le faïençage	8
2.1.1.4 Les fissures polygonales	10
2.1.1.5 Les réseaux de fissures paraboliques	11
2.1.1.6 Les lézardes	12
2.1.1.7 Les fissures en forme de croissant	13
2.1.2 Les fissures des chaussées rigides	14
2.1.2.1 Les fissures longitudinales	14

4.3 Analyse et causes probables des fissures -----	31
4.3.1 Tronçon Louga - Saint-Louis -----	32
4.3.2 Tronçon CF Cymos-CF VU 124 -----	35
4.3.3 Voirie de Popenguine -----	36

CHAPITRE 5 : SOLUTIONS ENVISAGEES POUR LE TRAITEMENT DES FISSURES OU POUR EVITER LEUR APPARITION

5.1 Lutte curative -----	38
5.1.1 La réparation du revêtement -----	39
5.1.2 Le colmatage des fissures -----	39
5.1.3 La réparation localisée du corps de chaussée -----	41
5.2 Remèdes préventifs -----	41
5.2.1 Comment éviter la remontée de fissures -----	42
5.2.1.1 Utilisation d'un enduit épais ou chape gravillonnée -----	42
5.2.1.2 Utilisation d'un géotextile imprégné de liant -----	44
5.2.1.3 Utilisation d'un mastic riche en liant, en couche très mince -----	47
5.2.2 Comment lutter contre les fissures? -----	54
5.2.2.1 Fissures de retrait thermique -----	54
5.2.2.2 Fissures de retrait hydraulique -----	55
5.2.2.3 Fissures de joint -----	55

5.2.3 Solutions préconisées pour les tronçons étudiés -----	55
5.2.3.1 Tronçon Louga - Saint-Louis -----	55
5.2.3.2 Tronçon CF Cymos-CF VU 124 -----	57
5.2.3.3 Voirie de Popenguine -----	57
CHAPITRE 6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS -----	60
BIBLIOGRAPHIE -----	62
ANNEXES -----	64

LISTE DES FIGURES

FIGURE	PAGE
CHAUSSEE SOUPLE	
2.1 :	FISSURES LONGITUDINALES 6
2.2 :	FISSURES TRANSVERSALES 7
2.3 :	FAÏENÇAGES 9-10
2.4 :	FISSURES POLYGONALES 11
2.5 :	RÉSEAU DES FISSURES PARABOLIQUES 12
2.6 :	LES LÉZARDES 13
2.7 :	FISSURES EN FORME DE CROISSANT 14
CHAUSSEE RIGIDE	
2.8 :	FISSURES LONGITUDINALES 15
2.9 :	FISSURES TRANSVERSALES 16
2.10 :	FISSURES DE COIN 17
2.11 :	FISSURES DIAGONALES 18
2.12 :	FISSURES ALÉATOIRES 19
4. A :	EVOLUTION DE L'ÉTENDUE DE LA FISSURE EN FONCTION DU NOMBRE DE PASSAGES DE 100KN ET 130 KN 101
4.b :	EVOLUTION DE LA GRAVITÉ DE LA FISSURATION EN FONCTION DU NOMBRE DE PASSAGES DE 100 KN ET 130 KN 101
5.2 :	PRINCIPE DE DÉCOUPAGE 42
5.3 a :	PROCÉDÉ FISTOP 43
5.3 b :	PRINCIPE DE DÉCOUPLAGE DE FISTOP 43
5.4 :	PRINCIPE DE DÉCOUPLAGE AVEC LE COMPLEXE AMOPAVE 44
5.5 :	ESSAI RETRAIT-FLEXION. TEMPS DE FISSURATION 45
5.6.a :	INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR (BÉTON BITUMINEUX + LIANT 60/70) 48
5.6.b :	INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR (BÉTON BITUMINEUX + LIANT ELASTOMÈRE) 48
5.6.c :	INFLUENCE DU LIANT SUR LA DÉGRADATION DE L'ENROBÉ 48
5.7 :	PROCÉDÉ FLEXIPLAST 51
5.8.a :	ESSAI DE RETRAIT-FLEXION 53
5.8.b :	COEFFICIENT D'EFFICACITÉ 53

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU	PAGE
3.1 : TRAFIC QUOTIDIEN MOYEN (LOUGA - SAINT-LOUIS)	24
3.2 : TRAFIC DES ANNÉES PRÉCÉDENTES (LOUGA - SAINT-LOUIS)	24
5.1 : CARACTÉRISTIQUES DU "LIANT EP70"	46

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE	PAGE
1 : CADRE DE L'ÉTUDE	64
2 : -INSPECTIONS VISUELLES,ET AUTRES RENSEIGNEMENTS SUR LES TRONÇONS -INDICES	66
3 : ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN-SITU	83
4 : PHOTOS	91
5 : EVOLUTION DE LA FISSURATION EN FONCTION DU NOMBRE DU NOMBRE DE PASSAGES DE 100 KN ET 30 KN	101
6 : MÉTHODE DE RÉFECTION DU REVÊTEMENT	102
7 : RÉFECTION LOCALISÉE DU CORPS DE CHAUSSÉE	107
8 : DIMENSIONNEMENT DU FLEXIPLAST ET DE SA COUVERTURE BITUMINEUSE	111
9 : QUELQUES APPLICATIONS DES MÉTHODES DE LUTTE ANTIFISSURE	112
10 : CARTE DES SOLS NATURELS DU SENEGAL	117
11 : FILMS . DIAPPOSITIVES	

LISTE DES ABREVIATIONS

BB :	Béton bitumineux
CEREEQ :	Centre Expérimental de Recherche et d'Etudes pour l'Equipement
CF :	carrefour
CSS :	Compagnie Sucrière Sénégalaise
D (ou RD) :	Route Départementale
EMA :	Ethylène Méthyl Acétate
EVA :	Ethylène Vinyl Acétate
Fig :	Figure
ID :	Indice de Dégradation
LCPC :	Laboratoire Central des ponts et Chaussées
LPC :	Laboratoire des ponts et chaussées
N (ou RN) :	Route Nationale
SBS :	Styrène Butadiène Styrène
VU :	Voirie Urbaine

CHAPITRE 1 :

INTRODUCTION

Il n'est plus de secret pour personne qu'aucune politique de développement économique ou social (dont nos pays en voie de développement ont tant besoin !) ne peut réussir sans l'existence d'un réseau routier performant qui permet de répondre à la demande croissante de mobilité des personnes et d'acheminer les quantités toujours plus importantes de marchandises échangés dans un système économique.

Nous voyons donc l'intérêt que revêt la construction de routes pérennes surtout dans l'état actuel de notre développement et quand on sait que les projets routiers nécessitent d'importants investissements.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études, car s'intéressant à l'un des phénomènes de dégradation les plus fréquents et les plus néfastes que nous rencontrons de nos jours sur nos routes: il s'agit de la fissuration qui constitue en général une amorce à beaucoup d'autres dégradations.

Cette étude s'applique sur deux tronçons (CF CYRNOS-CF N I VU 124 à DAKAR et LOUGA-SAINT.LOUIS) et la voirie de POPENGUINE ; elle se limitera principalement au

revêtement et à la couche de base.

Nous nous intéresserons aux différentes catégories de fissures sur ces tronçons et à leurs causes ; et nous apporterons ensuite des remèdes tant curatifs que préventifs.

Par ailleurs, afin de mener à bien cette étude nous nous servirons des données de relevées (principalement visuels), des mesures d'uni, des documents d'étude effectuées sur la voirie de Popenguine et d'autres données disponibles relatives au cadre d'étude.



CHAPITRE 2 :

GÉNÉRALITÉS SUR LES PHÉNOMÈNES DE FISSURATION

Les fissures sont des dégradations qui consistent en de petites fentes (cassures du revêtement) dont l'importance est caractérisée par :

- la surface couverte (en m²) ;
- la longueur, la largeur, la profondeur ;
- la forme ;
- et l'espacement entre elles.

La fissuration des chaussées peut concerner non seulement leurs surfaces mais également leurs corps (superstructures), et les types rencontrés sont aussi diverses que leurs causes.

2.1 LES TYPES DE FISSURES ET LEURS CAUSES PROBABLES

Indépendamment de leur amorce par le haut (revêtement : surface de roulement) ou par le bas (autres couches de la superstructure), nous pouvons distinguer suivant leur forme, plusieurs types de fissures à savoir :

- **pour les chaussées souples :**
 - * les fissures longitudinales ;
 - * les fissures transversales ;

- * le faïençage ;
- * les fissures polygonales ;
- * les réseaux de fissures paraboliques ;
- * les lézardes ;
- * les fissures en forme de croissant.

- pour les chaussées rigides :

- * les fissures longitudinales ;
- * les fissures transversales ;
- * les fissures de coin ;
- * les fissures diagonales ;
- * les fissures aléatoires.

Il est à noter que ces différents types de fissures peuvent apparaître sur une chaussée recouvrant une ancienne au quel cas on parle de **fissures de réflexion**.

2.1.1 Fissures des chaussées souples

2.1.1.1 Fissures longitudinales

Ce sont les lignes de ruptures fines parallèles à l'axe de la route et apparaissant le plus souvent dans les traces des roues ou en bord de revêtement (rive). Ces fissures peuvent se présenter sous les formes suivantes :

- fines et uniques ou bien séparées (fig.2.1.1) ;
- ramifiées (fig.2.1.2) ;
- très ramifiées annonçant un début de faïençage (voir plus loin) (fig.2.1.3) ;
- franchement ouvertes (fig.2.1.4) ;
- ramifiées et très ouvertes (fig.2.1.5).

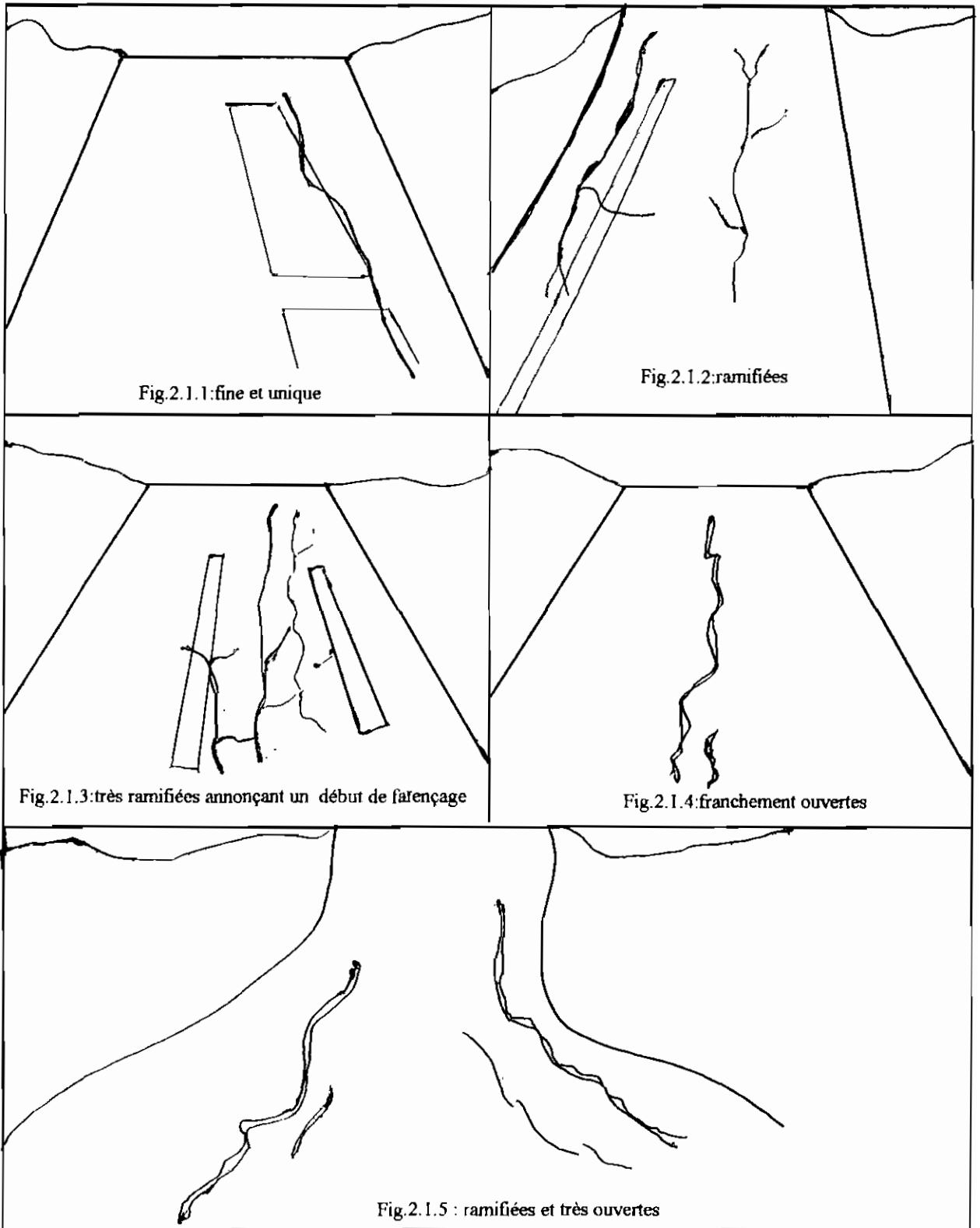
Dans cette catégorie de fissures nous pouvons citer les fissures longitudinales de joint et les fissures longitudinales de fatigue. Les fissures longitudinales de fatigue sont le plus souvent uniques et discontinues à l'origine, puis elles évoluent vers une fissuration continue avec quelques fois des ramifications avant de se multiplier dans les passages des roues jusqu'à devenir très serrées (annonce d'un début de faïençage).

Les fissures longitudinales **peuvent avoir comme causes :**

- une fatigue de la chaussée ;
- des conditions de trafic particulières (trafic non adéquat avec l'épaisseur de la chaussée) ;
- assèchement ;
- mauvaise construction du joint longitudinal entre deux bandes d'enrobés ;
- sous-dimensionnement des couches inférieures ;
- faute de fabrication ou de mise en oeuvre des matériaux ;
- manque de stabilité de chaussée sur les rives ;
- insuffisance de butée du corps de chaussée.

FIG.2.1 : fissures longitudinales

Référence : LCPC, Vizir, Dec. 91.

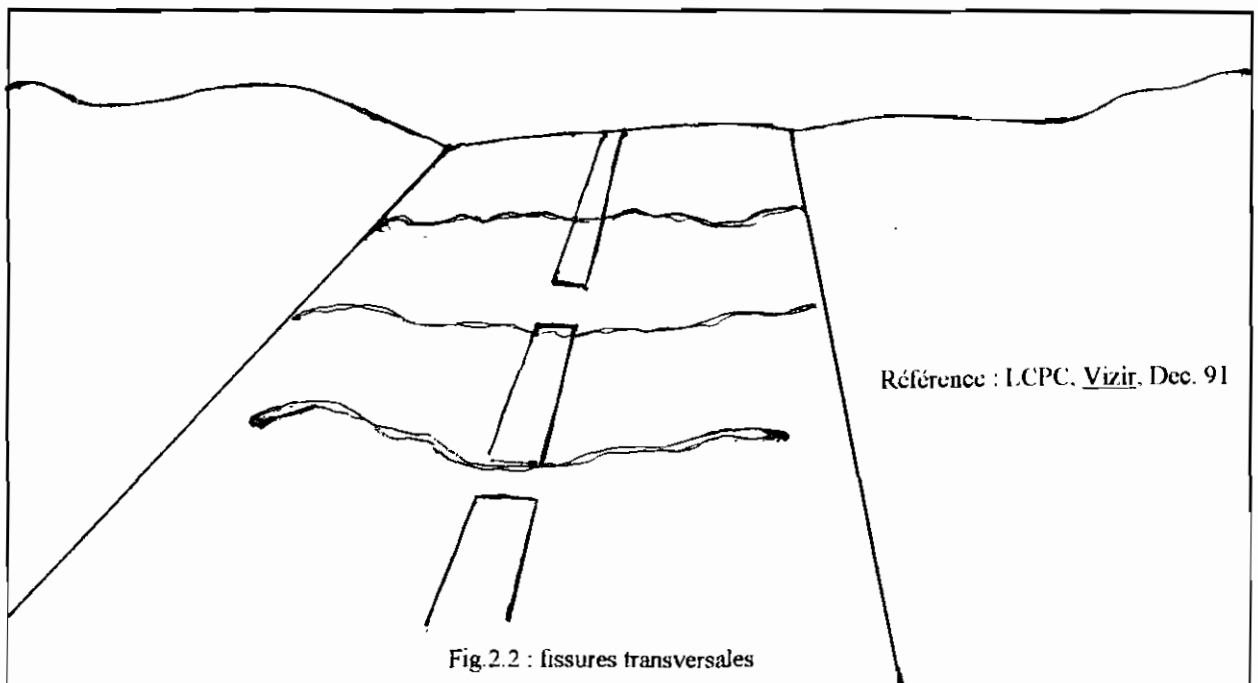


2.1.1.2 Les fissures transversales (fig.2.2)

Elles sont perpendiculaires à la chaussée et la traversent complètement ou partiellement et, généralement à intervalles irréguliers ; leur espacement varie de 5 à 20 m.

Causes possibles :

- abaissement subit de la température provoquant un retrait du revêtement ;
- retrait hydraulique des couches traitées ;
- défaut de colmatage du joint ;
- fissures sous-jacentes ;
- infiltration de l'eau dans les sols ;
- mouvement des couches inférieures dont les tassements non uniformes.



2.1.1.3 Le faïençage (fig.2.3)

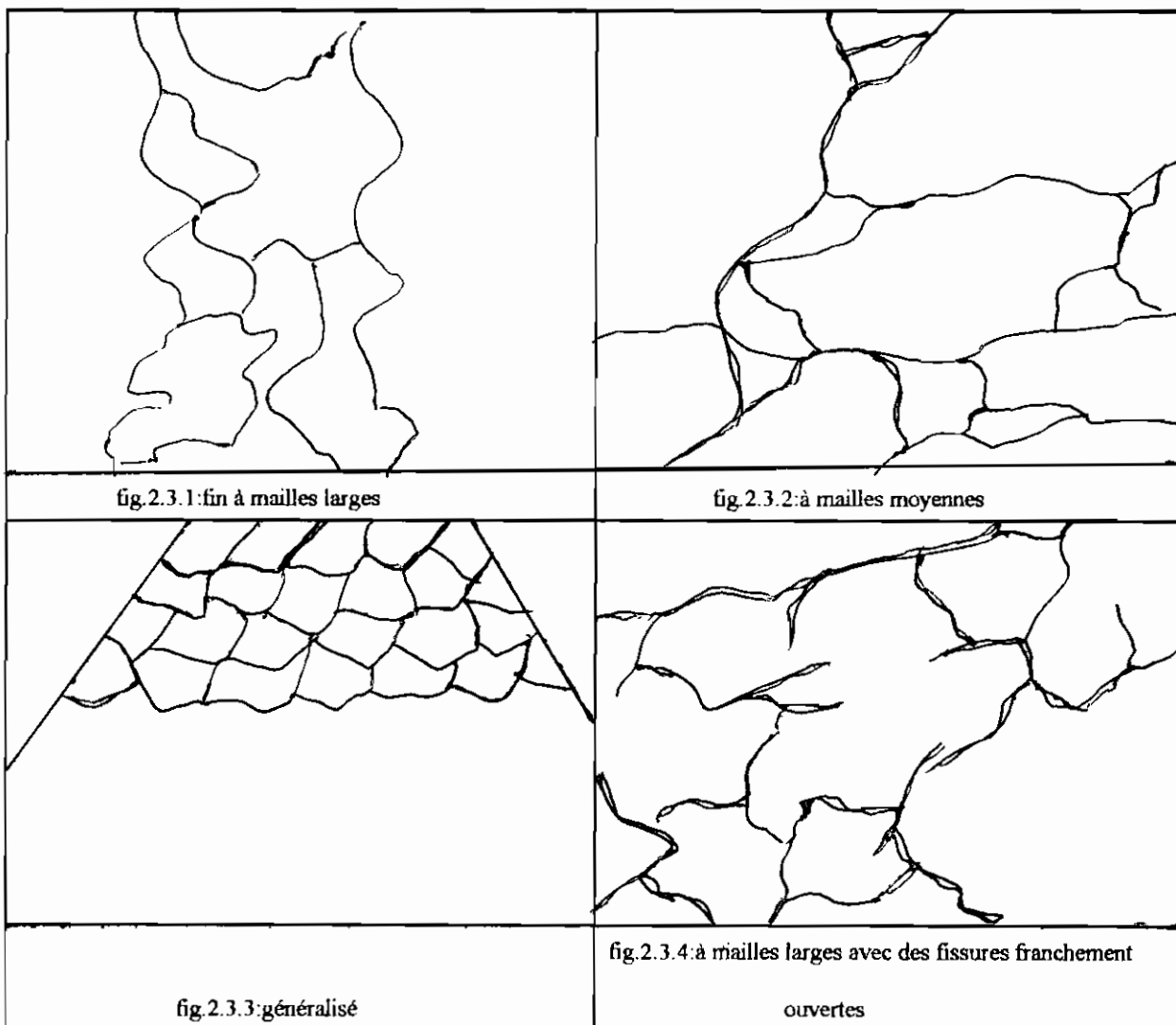
Il consiste plus ou moins à un croisement de fissures longitudinales et fissures transversales formant ainsi un réseau irrégulier, et parfois très serré de fissures arrivent rapidement à compromettre l'imperméabilité du revêtement. Son degré de gravité est apprécié par la dimension des mailles et l'existence d'arrachements au niveau des lèvres de fissures ; au départ, les mailles peuvent être lâches pour ensuite diminuer en taille sous l'effet conjugué du climat et du trafic.

C'est ainsi que nous pouvons avoir des faïençages :

- fins mailles larges (>50 cm) (fig.2.3.1);
- à mailles moyennes (<50 cm), sans déformation (fig.2.3.2) ;
- généralisés (découpage de la chaussée en pavés de petites dimensions- <20cm) (fig.2.3.3) ;
- à mailles larges avec des fissures franchement ouvertes (fig.2.3.4) ;
- généralisés à mailles serrées avec départ de matériaux (fig.2.3.5).

Le faïençage est une traduction d'un phénomène de fatigue intense de la chaussée et notamment des couches supérieures en matériaux bitumineux, ou à un manque d'imperméabilité de la couche de surface ou des remontées d'eau dans le corps de la chaussée.

FIG. 2.3 : faïençage



Référence : I.CPC, Vizir, Dec. 91.

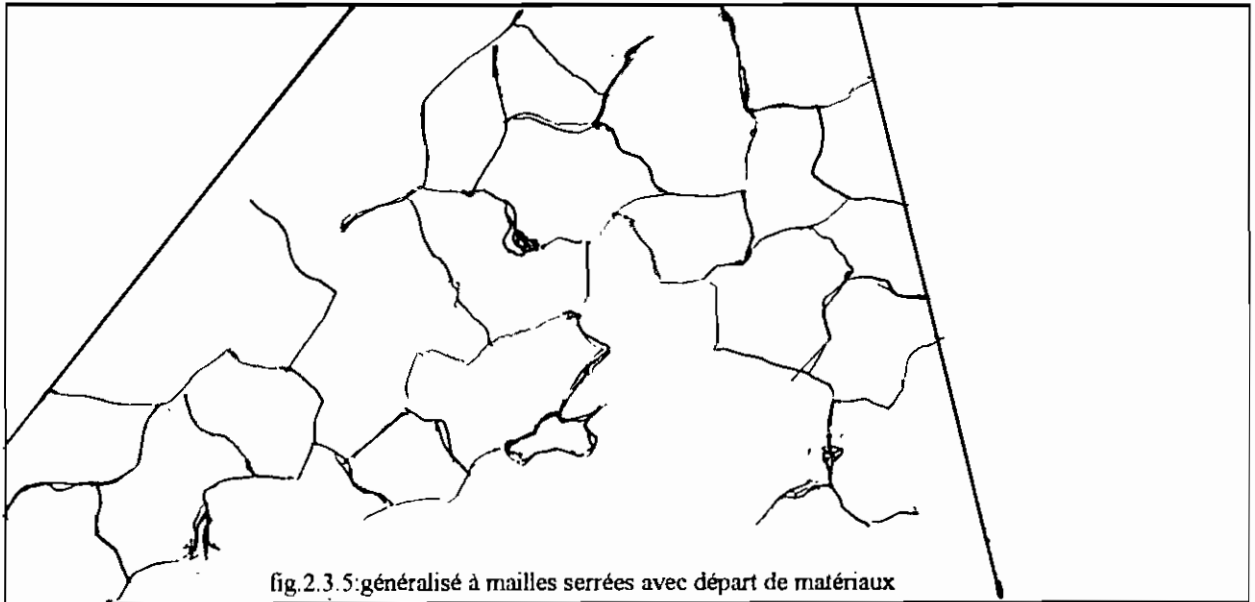


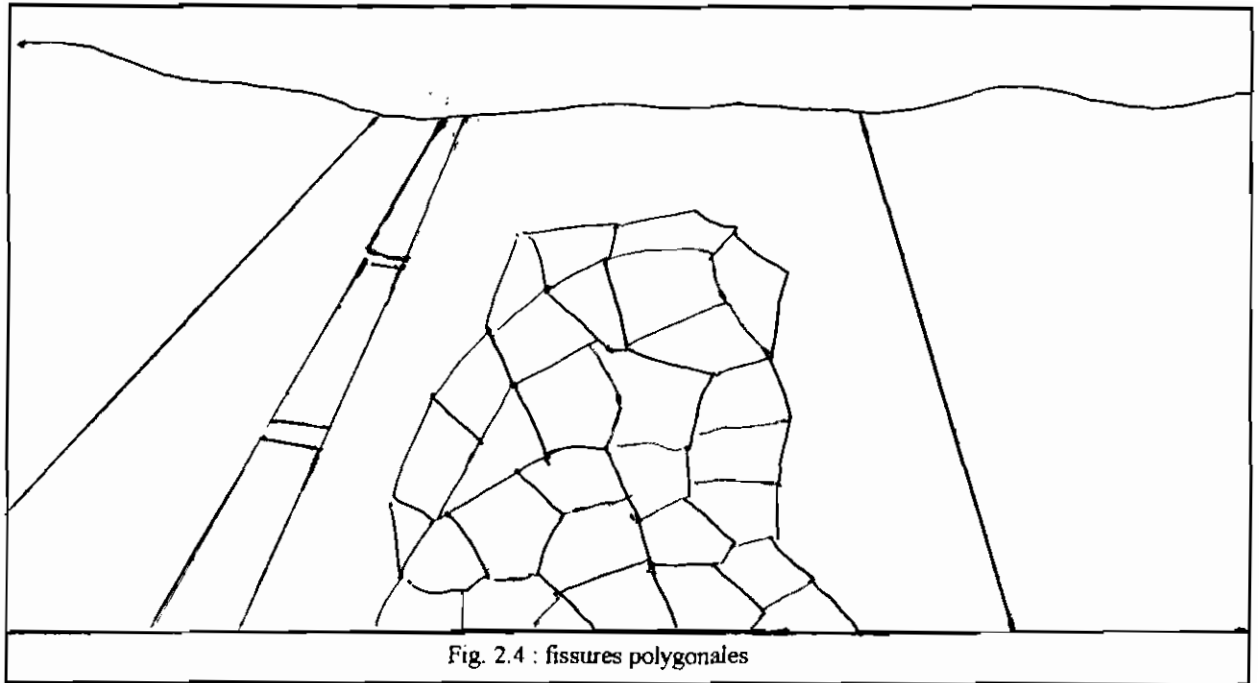
fig.2.3.5:généralisé à mailles serrées avec départ de matériaux

Référence : LCPC, Vizir, Dec. 91.

2.1.1.4 Les fissures polygonales (fig.2.4)

Il s'agit de réseau de fissures constituant des polygones de 7 à 20 cm de diamètre. Dans le langage populaire, ces fissures portent le nom de "peau de crocodile" ou "peau d'alligator".

Elles sont surtout observées sous le passage des roues et sont **en général dues à un défaut de résistance de la couche de base**. La fatigue peut aussi les causer : répétition des charges trop lourdes ou dépassant celles qui ont été prévues.



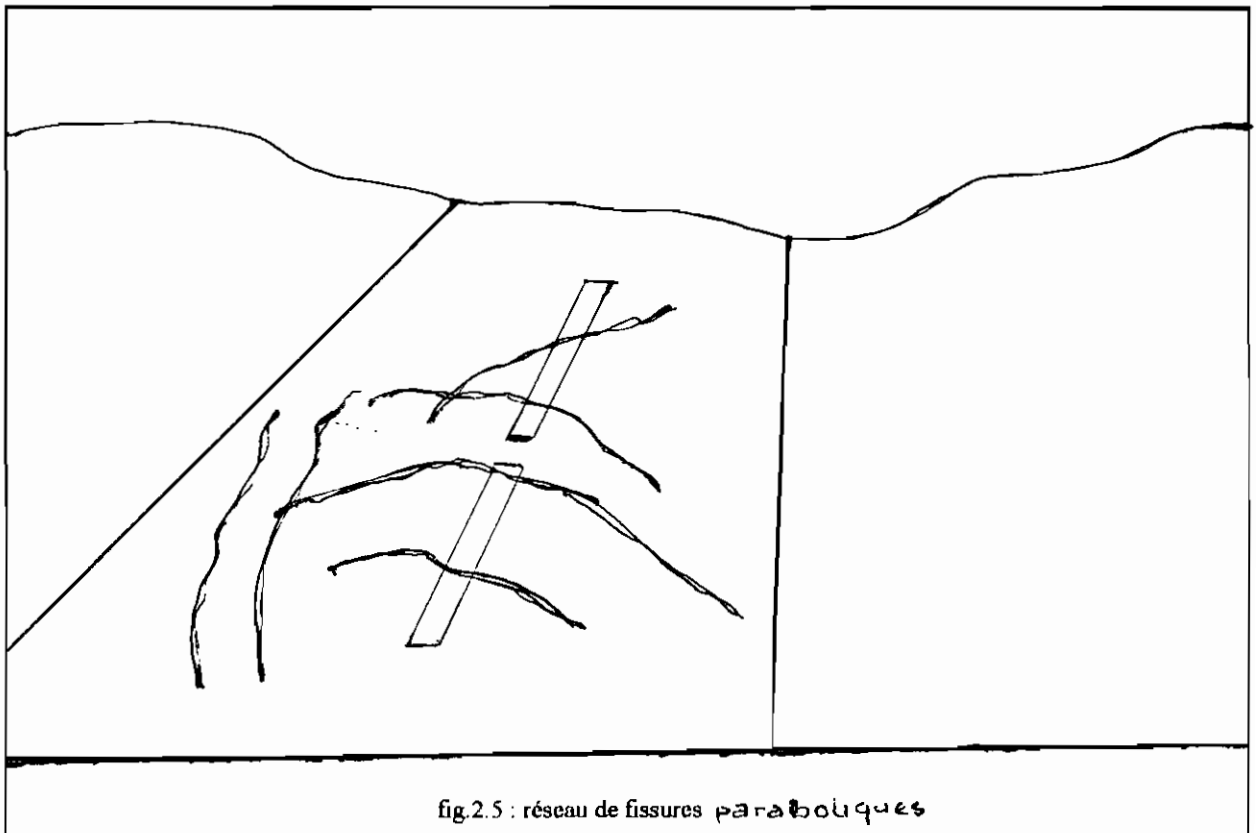
Référence : Luc GAGNON. Techniques routières, mars 1981.

2.1.1.5 Les réseaux de fissures paraboliques

Ce sont des réseaux constitués de fissures en forme de paraboles résultant de très importants mouvements de revêtement et, pouvant dans des cas extrêmes évoluer vers de larges déchirures.

Les causes possibles :

- collage défectueux sur la couche de base ;
- stabilité ou épaisseur insuffisante pour les charges supportées d'une couche de surface en enrobés minces.



Référence : Luc GAGNON, Techniques routières, mars 1981.

2.1.1.6 Les lézardes (fig.2.6)

Ce sont des fissures en général longitudinales et réparties au hasard. Cependant les lézardes sont à distinguer des fissures longitudinales du centre et les fissures latérales (longitudinales de rive).

Causes probables :

- infiltration de l'eau ;
- tassement différentiel surtout aux endroits où de la terre végétale ou arable a été laissée en place car il s'agit là de sols très compressibles ; ou bien quand on applique une charge comme un remblai par exemple, il se crée un premier tassement une fois la route terminée. Ensuite sous

le poids des véhicules, un tassement ultérieur se poursuit d'une façon différentielle pour créer des ondulations suivies de fissures ;

- perte de capacité de support d'un sol sensible en présence d'eau (par suite d'un mauvais drainage !) et fluage de ce dernier sur les côtés.

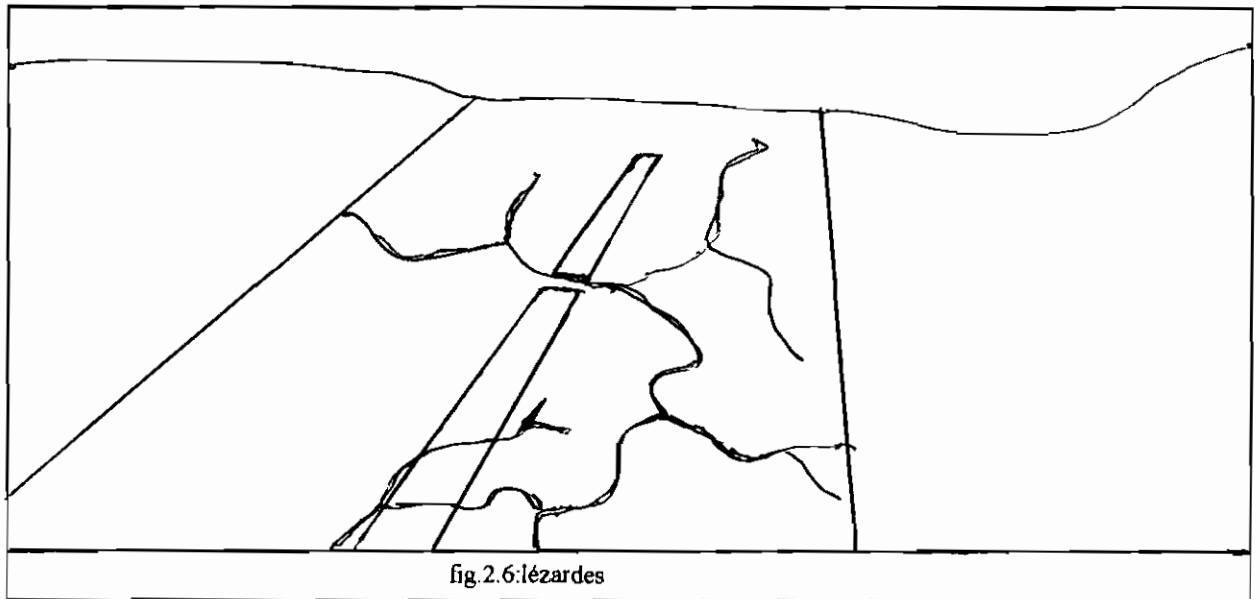


fig.2.6:lézardes

Référence : Luc GAGNON. Techniques routières, mars 1981.

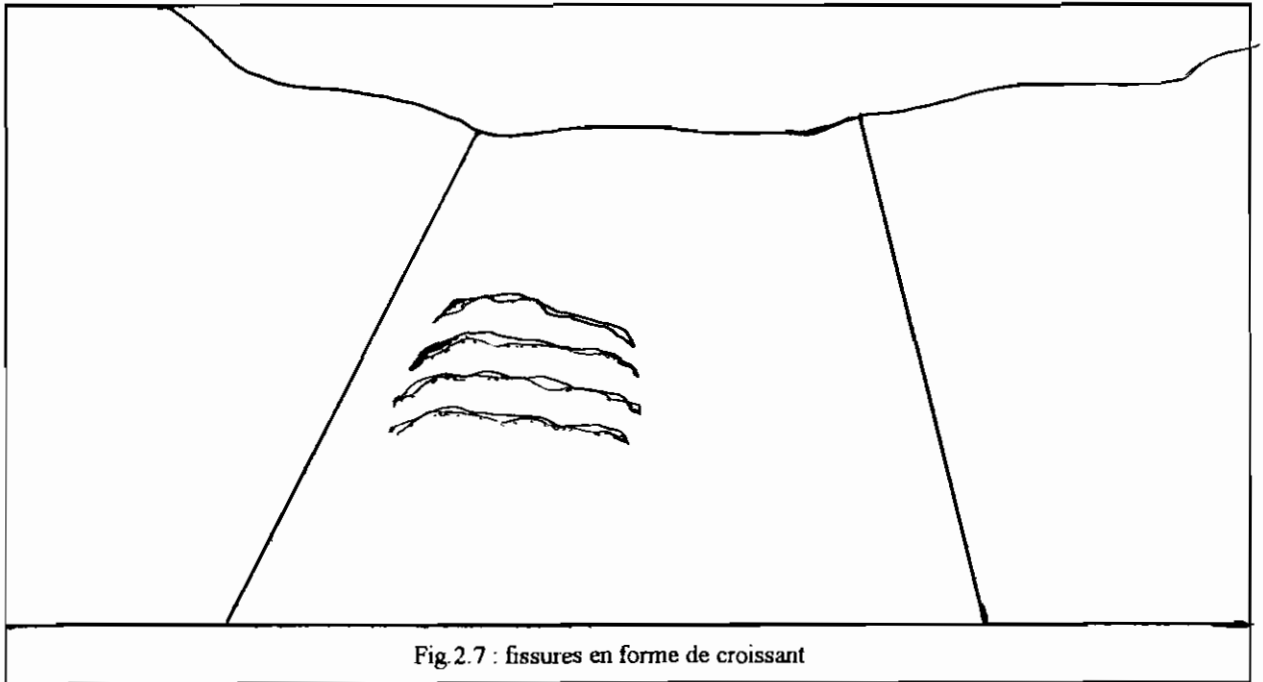
2.1.1.7 Les fissures en forme de croissant (fig.2.7)

Ce sont en général des fissures de glissement. Leur forme indique la direction de la poussée exercée par les roues.

Causes possibles :

- manque d'adhérence (dû à la poussière, à l'huile, à l'eau, au caoutchouc, à la saleté, ou tout autre matériau non adhésif entre la couche de surface et la couche sous-jacente) entre la couche de surface et la couche sous-jacente ;

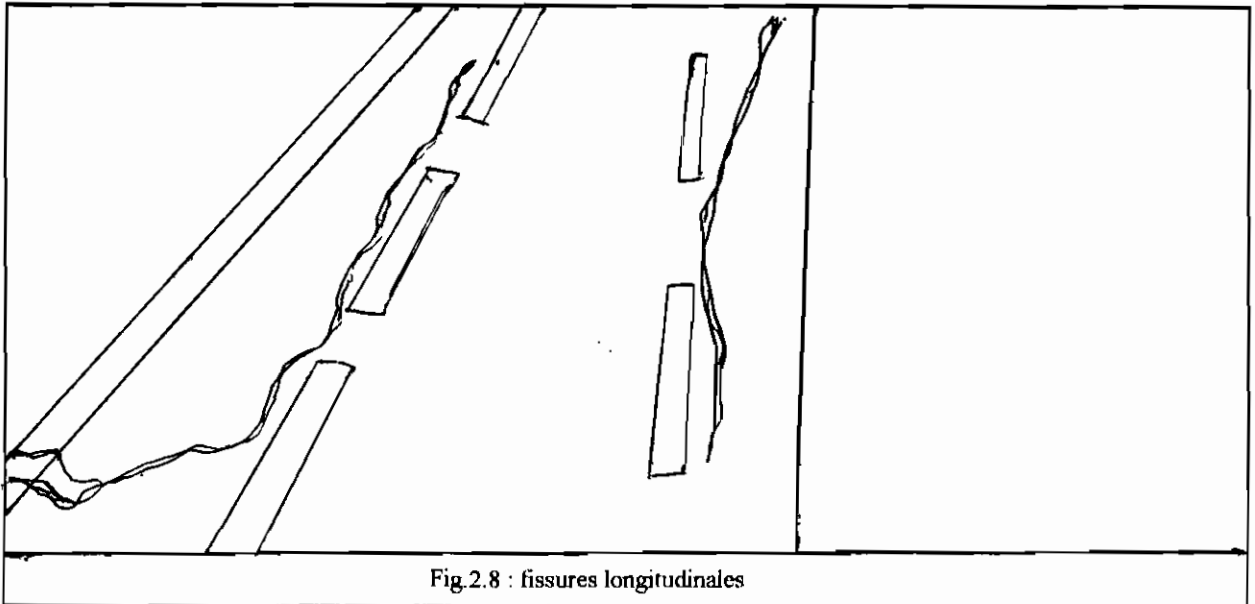
- mélange avec une haute teneur en sable ;
- mauvais compactage lors de la construction.



2.1.2 Les fissures des chaussées rigides

2.1.2.1 Les fissures longitudinales (fig.2.8)

Elles peuvent provenir dans ce cas d'un retrait latéral du béton ou d'une flexion latérale de la dalle, d'un tassement du remblai vers le bas ou les côtés, d'un manque de capacité de support, d'un joint longitudinal scié en retard ou de sols expansifs sous le centre de la dalle.



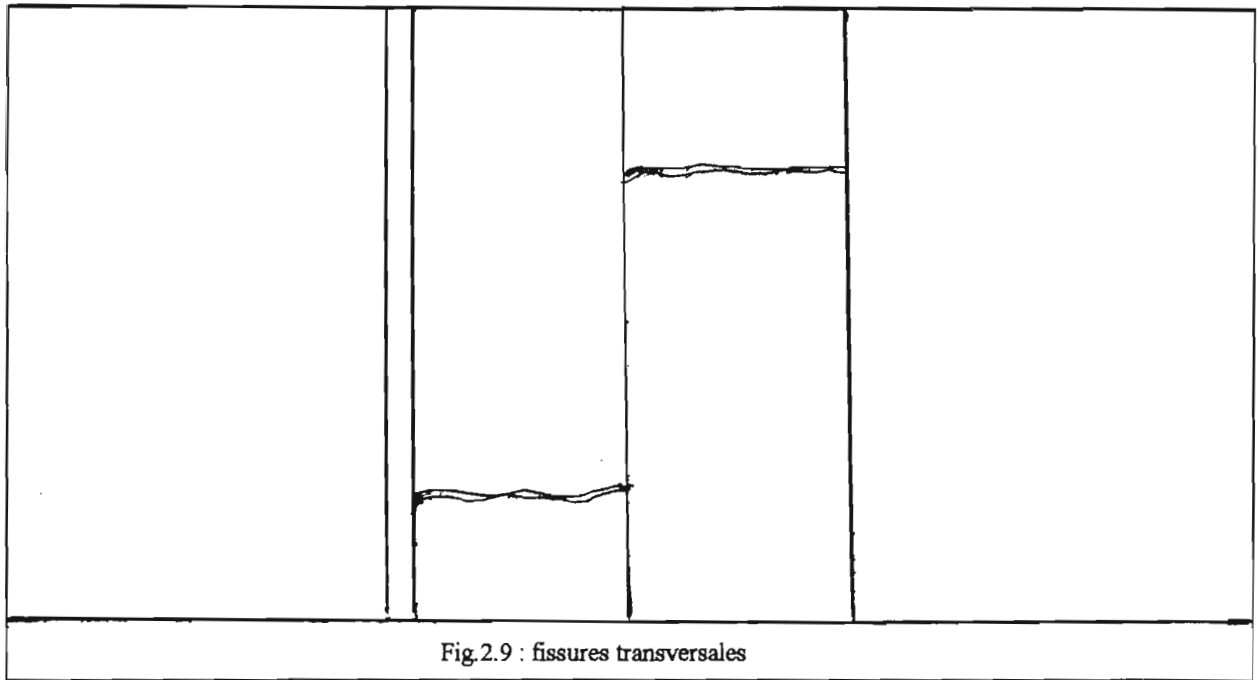
Référence : Luc GAGNON. Techniques routières, mars 1981.

2.1.2.2 Les fissures transversales (fig.2.9)

Elles sont relativement droites et perpendiculaires au joint longitudinal.

Leurs causes probables sont :

- un joint de retrait scié en retard ;
- espacement trop long entre les joints de retrait ;
- manque de capacité de support ;
- flexion répétée de dalle soumise au pompage ;
- gonflement ou retrait de sous-sol.



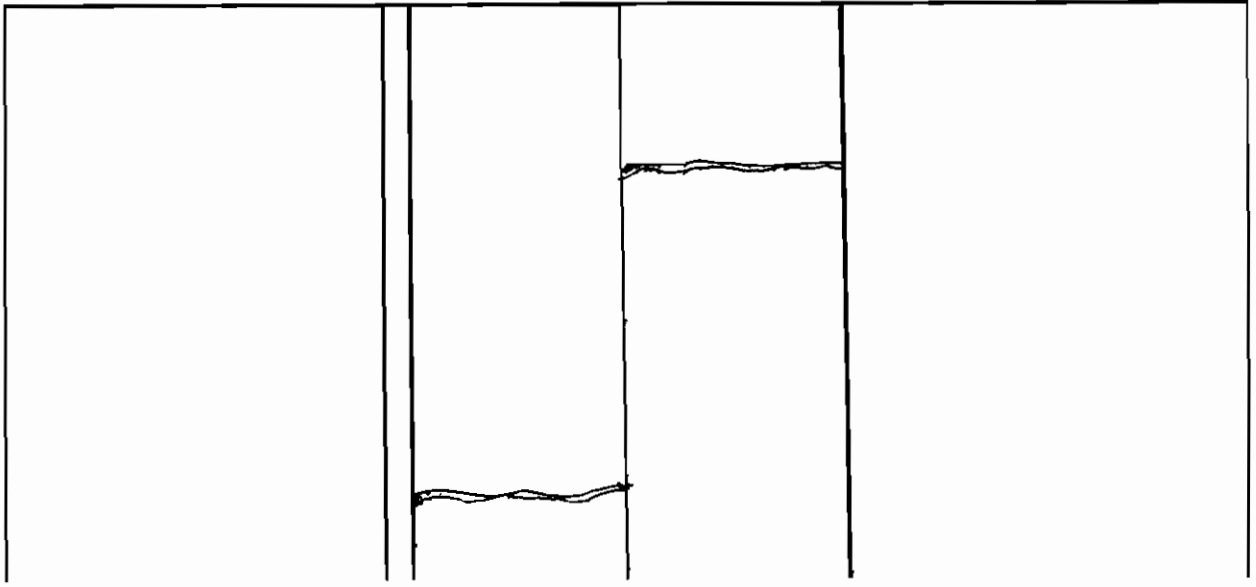
Référence : Luc GAGNON, Techniques routières, mars 1981.

2.1.2.3 Les fissures de coin (fig.2.10)

Ce sont des ruptures du coin de la dalle en forme de triangle, les deux côtés de l'angle droit du triangle étant les bords de la dalle formés par des joints ou non. Elles mesurent en général 30 à 60 cm.

Causes possibles : manque de support pouvant être dû :

- à la flexion de la dalle ;
- à la saturation des matériaux de fondation ;
- à la perte de matériaux de fondation par pompage.



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



GC.0149

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ÉTUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE : ÉTUDE PRATIQUE DU PHÉNOMÈNE DE FISSURATION SUR DES ROUTES REVETUES AU SÉNÉGAL

AUTEUR : Zoukaneïni SÉÏDOU

DIRECTEUR : Ismaïla GUEYE

CO-DIRECTEUR : Massamba DIENE

DIRECTEUR EXTERNE : Youssouf SAKHO

DATE : Juin 95

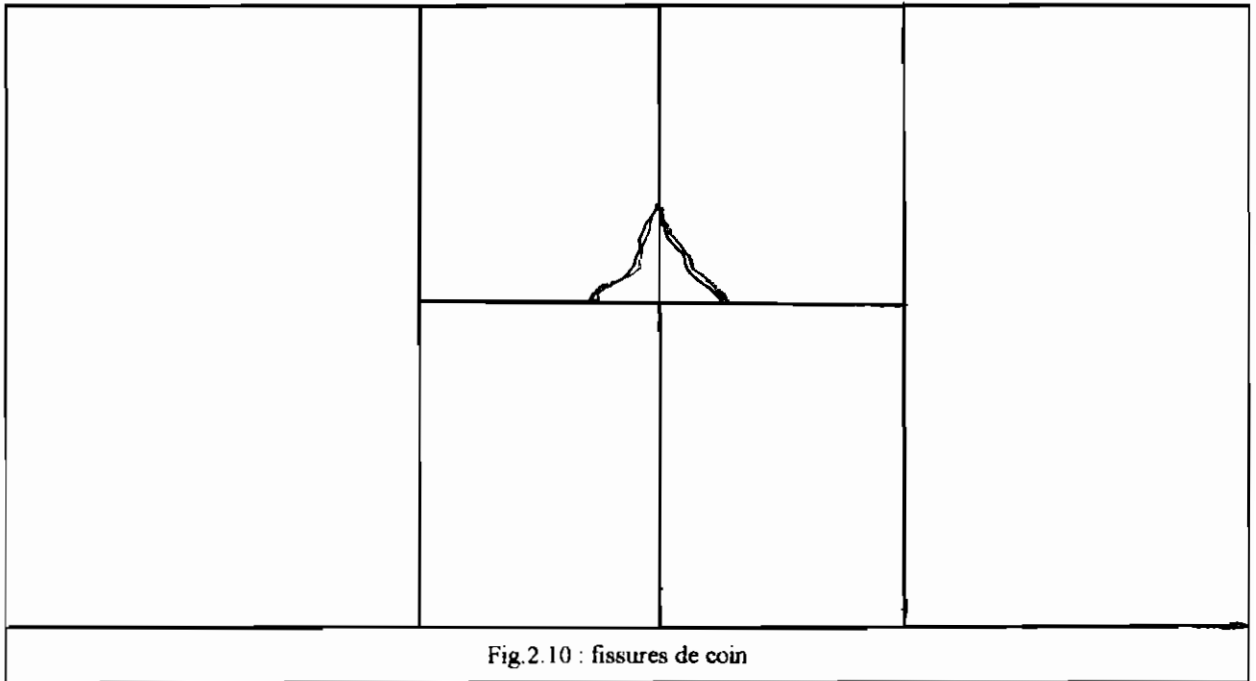


Fig.2.10 : fissures de coin

Référence : Luc GAGNON, Techniques routières, mars 1981.

2.1.2.4 Les fissures diagonales (fig.2.11)

Se présentant normalement sous la forme de diagonales, elles forment des triangles avec le joint transversal ou le bord du revêtement.

Causes possibles :

- manque de capacité de support ;
- épaisseur insuffisante du béton ;
- béton sous-armé ;
- fatigue de la chaussée.

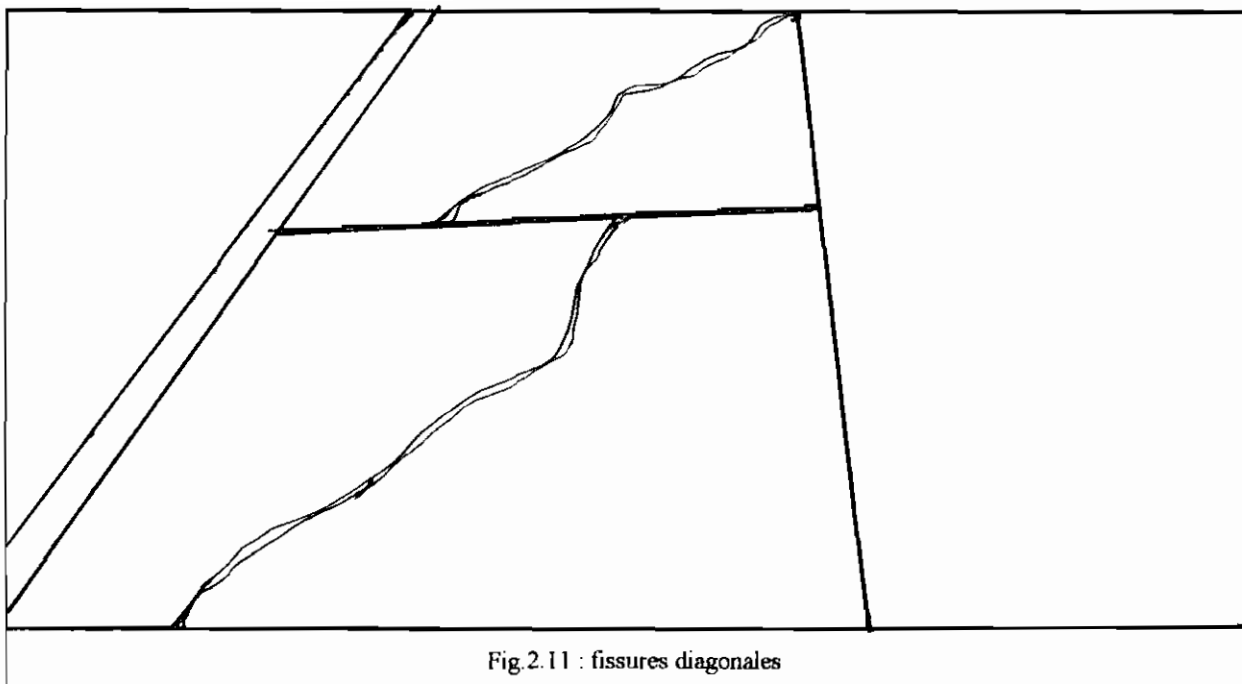


Fig.2.11 : fissures diagonales

Référence : Luc GAGNON, Techniques routières, mars 1981.

2.1.2.5 Les fissures aléatoires (fig.2.12)

Ce sont des fissurations maillées qui entraînent des dénivellations multiples et le morcellement de la chaussée.

Elles peuvent provenir :

- d'une rupture par fatigue ;
- d'un mouvement de masse de l'assiette ;
- d'une surcharge ;
- d'un affouillement de la fondation.

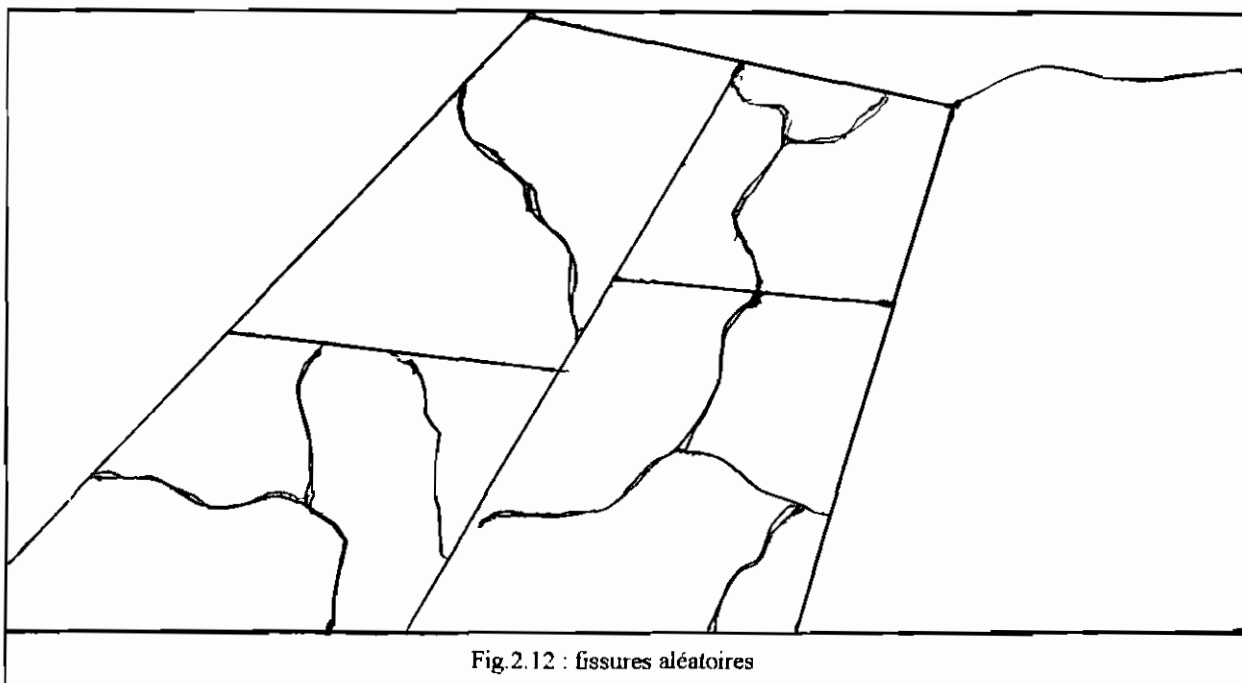


Fig.2.12 : fissures aléatoires

Référence : Luc GAGNON, Techniques routières, mars 1981.

2.2 LES CONSÉQUENCES

Les conséquences des phénomènes de fissuration sont diverses et peuvent évoluer jusqu'à une destruction (ruine ou désuétude structurale) générale ou localisée de la chaussée.

En effet avec l'apparition des fissures, l'imperméabilité de la chaussée se réduit, le revêtement perd alors son rôle protecteur et la teneur en eau résiduelle de la chaussée subit de grandes variations au cours de l'année ; pour les chaussées rigides par exemple cette pénétration de l'eau à travers les fissures entraîne la corrosion de l'armature, d'où la réduction de la capacité portante et même la ruine de la structure.

Il est également à noter qu'à travers les fissures, il peut y avoir remontée d'eau, de boue ou de fines sous l'effet du trafic. Aussi la dégradation se trouve être plus accentuée qu'en l'absence de ce phénomène.

CHAPITRE 3 :

PRÉSENTATION DES TRONÇONS ÉTUDIÉS

L'étude porte sur les tronçons suivants :

- la route de Rufisque sur la route nationale 1 (RN1) du passage Cynros jusqu'au croisement avec la VU 124 (autoroute) ;
- la voirie de Popenguine ;
- et la route Louga - Saint-Louis sur la RN2.

3.1 TRONÇON PASSAGE CYRNOS-CF VU 124

Situé sur la RN1 (sur la route de Rufisque) et précisément dans la ville de Dakar, il mesure environ 9 Km. Il a été construit depuis les années 48-52 et sa constitution est la suivante :

- 1 revêtement en enrobés denses (6 à 7 cm) ;
- 1 couche de base en empierrement calcaire (tout venant de concassage) d'épaisseur 24cm ;
- 1 plate-forme en sable dune.

Il a fait l'objet de travaux d'entretien et de renforcement se traduisant par de nombreux élargissements et renforcements :

1968 : élargissement et mise en place d'enrobés denses du PK 4.300 à 5.800 (9.5 m) et du 5.800 au PK 11.00 (9.00 m) mono-couche 8/16 inversé) ;

Il a un trafic élevé avec (T4 àT5) avec un pourcentage important de poids lourds.

Passant dans une zone à forte concentration industrielle, l'on comprend aisément pourquoi il est si sollicité. Aussi assure-t-il le transport de bon nombre de passagers, de marchandises des banlieues vers les centres commerciaux de la ville de Dakar et vice versa.

3.2 VOIRIE DE POPENGUINE

Popenguine est une petite ville côtière située dans la région de Thiès précisément dans le département de Mbour à 72 Km de Dakar. Les 90% de la voirie de cette ville sont revêtus.

Les documents disponibles nous indiquent que la voirie a une structure constituée des couches suivantes :

- un revêtement constitué de deux (2) couches distinctes de microbéton d'une épaisseur totale de 9 à 10 cm . La couche supérieure est un tapis mis en place dans le cadre de l'entretien de la voirie.
- une couche de base (CB) en graveleux latéritiques d'une épaisseur moyenne de 10 cm ;
- une couche moyenne de fondation (CF) non uniforme pour toute la voirie : une partie est constituée d'un sable argileux alors que l'autre est constitué de deux (2) couches de sable de basalte et de sable de mer. A noter qu'il existe des parties où la couche de base est pratiquement inexistante ;
- et une plate-forme constituée de sols argileux.

Quant à son trafic, il est très faible.

Elle enregistre des trafics saisonniers très importants, en l'occurrence lors du pèlerinage annuel chrétien. C'est d'ailleurs l'un des facteurs qui donnent à la voirie son importance en dehors du caractère touristique du site et du fait que ce dernier abrite le siège du petit palais présidentiel.

3.3 TRONCON LOUGA - SAINT-LOUIS

Il est situé sur la nationale n°2 (RN2) et relie les deux (2) villes : Louga et Saint-Louis.

Longue de 73 Km, cette route a été construite par étape :

- de 1958 à 1959, ce tronçon voyait la construction de la portion Rao - Saint-Louis (19 Km) par COLAS ; elle est constituée d'une couche de base en banco-coquillage stabilisée à 4 % de ciment (15 cm). L'imprégnation a été faite au 0/1 et la couche de revêtement est en enrobés d'une épaisseur de 3 cm avec comme granulats du coquillage concassé, du sable de basalte et du filler ;
- en 1960 c'est au tour des portions Louga-Baralé (28 Km) et Baralé-Rao (26 Km).

* Pour la première, la construction a été faite par COLAS-DUMÉZ et la constitution de la chaussée est la suivante :

- une plate-forme en sable dune du PK 204 au PK 212.7 (CBR = 10) et en sable limon du PK 212.7 jusqu'à Saint-Louis (CBR = 5) ;
- une couche de base en sable-ciment (8%) ;

.un enduit d'accrochage en bitume ;

.un revêtement en sand-asphalt (60 kg/m^2) constitué de deux couches ($2 \times 4 \text{ cm}$), la couche supérieure provenant d'un renforcement.

* Quant à la deuxième, construite par COLAS-GTE, elle est constituée de :

. une plate-forme en sable dune ;

. une couche de fondation en banco-coquillage ;

.une couche de base en banco-coquillage stabilisée à 4% de ciment, les 4 cm supérieurs sont traités au col sol ;

.et un revêtement en sand-asphalte (45 kg/m^2) renforcé par le même matériau.

Ce tronçon a fait l'objet de beaucoup de travaux d'entretien.

La dernière campagne nationale de comptage routier (Avril 93) nous donne le chiffre de 1314 TJM (dans les deux sens) se décomposant comme suit :

Tableau 3.1 : Trafic quotidien moyen (Louga - Saint-Louis)

Désignation	Trafic	%
- Véhicules particuliers	481	36.6
- Taxi interurbains	216	16.4
- camionnettes passagers-mimibus	214	16.3
- cars et autocars	154	11.7
- camionnettes marchandises	53	4
- camions à 2 essieux avec CU>2T	71	5.4
- camions à plus de deux essieux	29	2.2
- ensemble articulé	96	7.3

Source : DIRECTION DES TRAVAUX PUBLICS. Campagne nationale de comptage routier. Av. 93, vol. II.

Il est à noter d'autres types de véhicules : les deux (2) roues motorisées (33) et tous les autres n'entrant pas dans les catégories ci-dessus, donnant une moyenne de 2 (TJM).

Les résultats des années antérieures (en TJM) sont données dans le tableau suivant :

Tableau 3.2 : Trafic des années précédentes (Louga-Saint-Louis)

ANNEE	TRAFIC (TJMA)
1975	578
1978	943
1979	854
1981	1129
1984	837
1988	865
1989	960

Source : idem.

Quant à son importance, elle s'explique par la liaison qu'il assure entre les deux chefs lieux de région ; c'est ce tronçon qui mène également vers la Mauritanie ; il supporte le trafic lourd des véhicules de la compagnie sucrière du Sénégal (CSS) (à Richard-Toll) qui, on le sait, est une importante société de la sous région ; il est utilisé aussi par des touristes curieux de découvrir Saint-Louis, cette ville qui a été la capitale du Sénégal et localisée à l'embouchure du fleuve Sénégal. A noter également que le rôle qu'a joué Saint-Louis dans l'histoire lui vaut des rencontres internationales importantes (ex : festival de jazz...) d'où des trafics saisonniers élevés.

CHAPITRE 4 :

ETUDE DES TRONCONS

4.1 TRAVAUX EFFECTUES

Les travaux effectués ont consisté essentiellement en des inspections visuelles et des mesures d'uni au BUMP INTEGRATOR sur les tronçons concernés pour cette étude.

Des essais d'extraction des plaquettes de tapis prélevés en bordure de chaussée ont cependant pu être effectués pour ce qui est de Louga-Saint Louis. Nous disposons par ailleurs des travaux réalisés par le CEREEQ pour la voirie de Popenguine.

4.1.1 Inspection visuelles et mesures d'uni

Les résultats sont donnés à l'annexe . Pour la voirie de Popenguine seule la partie à l'extérieur de la zone A a fait l'objet de mesures d'uni au BUMP.

4.1.2 Essais de laboratoire effectués

Quatre plaquettes de tapis ont été prélevées en bordure de chaussée :

- Deux (2) entre Louga et Baralé où on a des revêtements en sand asphalt ;

- Une (1) entre Baralé et Rao ;
- Une (1) dernière entre Rao et Saint Louis.

Les pourcentages de bitume obtenus sont respectivement 6.7, 9.5, 7.2, 6.1 %.

(L'échantillon de la section n° 2 donne un pourcentage relativement élevé pour un sand asphalt contenant 6.1% de filler.)

Quant aux granulométries les résultats se trouvent à l'annexe 3.

(Pour chacune des quatre sections la granulométrie répond aux spécifications - fuseaux granulométriques - du CEBTP du Guide Pratique de Dimensionnement des chaussées Pour les Pays Tropicaux, mais pour les coefficients C_u et C_c , seuls ceux de la 2^e section s'approchent des valeurs recommandées ($3.5 \leq C_u \leq 20$ et $1 \leq C_c \leq 3$) pour sand asphalt)

4.1.3 Essais réalisés par le CEREEQ sur la voirie de Popenguine

Les résultats des travaux in-situ et des essais de laboratoire sont montrés à l'annexe 3.

Voir 4.3.3 pour l'essentiel des conclusions.

4.2 DESCRIPTION DE L'ÉTAT ACTUEL DES TRONCONS

4.2.1 Tronçon Louga - Saint-Louis

Ce tronçon se caractérise par des comportements très différents :

Du carrefour **DO13-N2** et sur environ 7-8 km, la route présente un état parfait dû au renforcement effectué par PAVIMENTAL (sept-oct 1994).

Cette section est suivie d'une autre qui fait apparaître des fissures très remarquables par leurs

ouvertures (1 à 2 cm et même 3.5 cm) et leurs étendues, mais avec des mailles moyennes à larges (**20cm < maille moyenne <50 cm et mailles larges >50 cm**) ; il s'agit de faïençage de mailles moyennes à larges avec des fissures franchement ouvertes. Nous observons également quelques fois des fissures qui se resserrent à la partie centrale sans pour autant être très ouvertes.

Par ailleurs nous notons d'autres types de fissures à savoir : les fissures en forme de croissant et les fissures longitudinales de rives (fissures latérales). Ce qui est également à noter pour cette section, c'est la couche de la base remarquablement fissurée qui apparaît à cause de départs du revêtement et ceci à certains points. Ce comportement de chaussée est observé jusqu'à **BARALE** d'où commence une autre structure de chaussée avec une couche de base en banco-coquillage traité au ciment (3^{ème} section), mais dont le revêtement est le même (sand-asphalt).

Cette troisième section (**BARALE-RAO**) où nous remarquons effectivement une couche de base en banco-coquillage stabilisé au ciment est nettement moins marquée que la précédente. Elle se caractérise par des faïençages fins à mailles larges à moyenne avec de faibles déformations (par rapport à la précédente). Les fissures se resserrent aussi quelques fois au centre et au niveau des virages en plus des fissures latérales très fréquentes sur des affaissements. Ce qui frappe surtout sur ce tronçon c'est le grand nombre de réparations qui font réapparaître pour la plupart le phénomène.

Ensuite de **sur 1.5 km à partir de RAO**, la chaussée est en parfait état : il n'y a presque pas de réparation et les fissures sont très insignifiantes (quelques fissures longitudinales très fins) c'est d'ailleurs une section qui a été renforcée en enrobé coquillage.

Nous avons par la suite quelques faïençages à mailles moyennes sans ou peu de déformations et des fissures transversales peu ramifiées.

Enfin de l'entrée de la ville de **SAINT-LOUIS** jusqu'au pont **FAIDHERBE**, cette zone se caractérise par la présence de faïençage généralisé avec quelques fois des départs de matériaux et l'existence de beaucoup de réparations ; il n'est pas rare de constater des fissures qui apparaissent sur ces dernières. Aussi les faïençages sont-ils observés au niveau des affaissements. Nous observons aussi quelques déformations.

Il est quand même très important de souligner pour l'ensemble de ce tronçon :

- que les zones qui subissent la traversée d'eau due à un mauvais drainage et celles proches du fleuve se trouvent être plus concernées ;
- que le côté droit dans le sens **LOUGA-SAINT-LOUIS** est beaucoup plus marqué ce qui se sent d'ailleurs par la fréquence des réparations sur ce dernier ;
- que les fissures ne dépassent pas les limites de la couche de base ;
- qu'il ne s'agit en général que de fissures de réflexion, donc apparaissant sur des revêtements couvrant un ancien.

Les autres détails observés sont consignés dans le tableau A1 de l'annexe 2.

4.2.2 Tronçon CF Cyrnos-CF N1 VU 124

D'une manière générale, les fissures observées sont de faible gravité et ne recouvrent qu'un pourcentage relativement faible de ce tronçon ; avec cependant, une portion beaucoup plus dégradée (**place Bakou-CF N 1 VU 124**) :

- du passage Cyrnos à la place Bakou, nous avons principalement des fissures longitudinales et transversales mais fines (<1 cm) et discontinues (1 à quelques mètres) avec peu de ramifications; elles sont quelquefois remarquées sur de faibles affaissements ou sur des réparations, par endroits du côté des rives, au niveau des virages, au droit des saignées de traversée... Il n'est pas rare qu'elles s'accompagnent de quelques arrachements.

Aussi existe-t-il des lézardes et des faïençages très ponctuels (en dehors de celui observé sur près de 30 m mais avec des mailles larges) sur des affaissements avec quelques départs de matériaux. La couche de base (en empierrement calcaire -tout venant de concassage) qui apparaît à certains endroits ne présente pas de fissurations ;

- de **la place Bakou à la fin**, nous avons les mêmes types de fissures à la seule différence qu'ils sont à un degré de gravité plus élevé, même si l'on remarque aussi quelques fissures très fines. Les fissures longitudinales sont observées surtout sur les orniérages (donc sur les traces des roues) profonds ou sur des affaissements ; le faïençage est souvent généralisé (maille < 20 cm) mais sur de faibles distances (exemple : faïençage en face de SOECO). Se font remarquer également les fissures (longitudinales) sur déformations au centre de

la chaussée.

4.2.3 Voirie de Popenguine

La partie de la voirie se trouvant à l'extérieur de la zone A (voir annexe 1) se caractérise par une fissuration de faible à moyenne importance : les fissures observées sont en général fines et discontinues ; elles sont quelques fois transversales ou longitudinales et se localisent à certains endroits sur des affaissements.

Quant à celles de la zone A, elles sont d'une gravité extrême : les nombreuses fissures longitudinales et transversales avec en général beaucoup de ramifications et même les lézardes qu'on y trouve sont franchement ouvertes (jusqu'à 3 cm de largeur !!) et profondes ; elles sont constituées quelquefois en de faïençages avec des mailles moyennes à larges et concernent presque toute cette partie de la voirie. Ce qu'il y a enfin à constater, c'est que ces fissures se développent dans tous les sens et en des endroits spécifiques la chaussée s'est bien comportée.

4.3 ANALYSE ET CAUSES PROBABLES DES FISSURES

Il est sans doute difficile (voir presque impossible) de déterminer la cause exacte d'une quel- conque dégradation. En effet, plusieurs éléments concourent à cette dégradation et sont divers et très variés. L'amorce se fait par telle cause mais accentuée par telle autre ; et l'on a toujours tendance à considérer la dernière comme étant la principale cause. Ce qui n'est toujours pas le cas !

Ainsi, compte tenu des informations dont nous disposons et des relevés que nous avons eu à faire qui ne sont essentiellement que des relevés visuels, il serait illusoire de parler de causes tout court, mais plutôt de causes probables.

A cet effet nous nous intéressons non seulement à l'âge de la chaussée mais également à sa structure (principalement le revêtement et la couche de base).

Ces éléments certes, jouent un rôle fondamental dans l'apparition des fissures observés mais ils ne sont pas les seuls concernés car une mauvaise exécution ou réalisation des étapes d'un projet de route par exemple conduit souvent à de graves problème!

Nous qualifierons donc ces derniers de causes internes (car spécifiques à la construction) tandis que les effets s'éloignant de l'essence même de la route et qui ont une influence non négligeable sur son comportement seront désignés sous le terme de causes externes (âge, trafic, action du climat....).

4.3.1 Tronçon Louga - Saint-Louis

Les fissures observées sur ce tronçon, comme il a été décrit précédemment proviennent en général de la couche de base traitée au ciment qui se caractérise par des fissures datant de près de trois décennies (principalement liées à la fissuration naturelle car tout matériau traité aux liants

hydrauliques ou pouzzolaniques subit ce type de fissuration : fissuration de retrait hydraulique) : il s'agit donc en fait d'une remontée de fissures à travers la couche de roulement d'autant plus que les granulométries utilisées pour les parties les plus concernées ne répondent pas à toutes les spécifications relatives aux coefficients d'uniformité et de courbure (voir annexe 3).

En effet sous l'effet conjugué du trafic, des conditions climatiques (température, pluie...) et de drainage, ces fissures remontent à la surface de roulement sous forme de fissures transversales fines puis progressent peu à peu vers de larges ouvertures et des ramifications qui se resserrent au fil du temps pour aboutir à quelques faiençages. Il suffit de voir les figures 4.1a et 4.1b (voir annexe 5) pour se rendre compte de l'importance du trafic sur l'évolution des fissures ; d'ailleurs c'est un tronçon qui a vu son trafic lourd atteindre 400-500 véh/j avec pour la plupart des essieux simples ce qui est encore plus dangereux ! Quand on sait que ce tronçon a plus que doublé sa durée de vie pour lequel il a été construit (puisque vieux de plus de 35 ans !) nous comprenons aisément sa difficulté à supporter le trafic lourd actuel.

Pour l'acuité du phénomène du côté droit (sens Louga-Saint-Louis), il se comprend simplement par le tonnage plus élevé des véhicules (surtout des poids lourds) sur ce dernier, augmentant donc la charge à l'essieu. En effet, le trafic lourd principalement, ravitaille la zone en produits pétroliers, en matériaux de constructions (bâtiments, projets etc.) et en intrants par exemple pour la CSS.

Par contre le resserrement de fissures observé au centre est dû au fait que les véhicules, par suite d'ensablement prononcé des côtés latéraux de la chaussée, évitent ces derniers pour circuler au

centre : la route devient alors à une voie !!

Quant aux fissures qui n'ont rien à voir le retrait, c'est-à-dire les fissures en forme de croissant ou les fissures latérales, elles sont dues pour ce qui est des premières au glissement du revêtement sur la couche de base , donc à un défaut d'adhérence sur cette dernière (incapacité d'absorption des contraintes de cisaillement développées). S'agissant des fissures latérales, nous attribuons principalement leurs causes au manque de support du côté des rives (car la couche de base qui joue le rôle de support est elle-même fissurée!).

Un autre groupe de fissures sur les réparations effectuées lors des entretiens du tronçon et qui s'apparentent aux autres par leurs formes seraient dues à la différence de qualités entre les matériaux utilisés et ceux de l'ancienne chaussée (ce qui entraîne alors des différences de rigidités pouvant entraîner des fissures avec le trafic) ou à des épaisseurs ou des compactages insuffisants; nous n'écartons pas également les conditions d'exécution de ces réparations qui, on le sait s'effectue avec les moyens (matériels et personnel) de bord des services régionaux des Travaux Publics.

Enfin ce qu'il ne faut pas perdre de vue surtout pour l'ensemble de ce tronçon, c'est son âge.

En effet cette route est vieille de plus de trente cinq (35) ans et, une route, même bien construite se dégrade avec le temps. C'est dire que certaines fissures proviennent du vieillissement ou accentuées par le vieillissement du revêtement et là, la qualité du bitume a un rôle important à jouer. C'est avec l'essai américain RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) dont le matériel n'existe pas malheureusement au Sénégal qu'on pourrait évaluer la susceptibilité au vieillissement du revêtement.

De toute façon cela ne nous empêche pas de dire que l'âge en est aussi pour quelque chose dans les fissures observées puisqu'un revêtement même souple se rigidifie (se fragilise) avec le temps et perd alors sa résistance à la traction.

4.3.2 Tronçon CF Cyrnos-CF N 1 VU 124

Ce qui a été dit précédemment sur l'âge de la chaussée ou les fissures de centre est aussi valable ici.

Par ailleurs, un défaut de collage au niveau de la jonction entre les élargissements et l'ancienne chaussée ou une différence des matériaux de l'élargissement par rapport à cette dernière expliqueraient les fissures longitudinales observées sur cette voie. Les fissures observées sur les réparations sont à mettre à l'actif de ce problème de rigidité provenant de la disparité entre les qualités des matériaux. S'agissant toujours des fissures longitudinales et précisément latérales, elles proviennent d'un orniérage profond dû aux passages répétés des véhicules.

Quant aux fissures transversales, elles se limitent pour la plupart au revêtement, ce qui nous pousse à dire qu'elles proviendraient d'un retrait thermique de ce dernier. D'autres, comme celles observées au niveau des virages seraient dues particulièrement aux efforts de cisaillement qui s'y sont développés.

Par contre les lézardes pourraient être dues à une infiltration d'eau (mauvais drainage) dans la superstructure, créant ainsi des zones de faiblesses par endroits d'où leur apparition avec l'effet du trafic. Ou encore à des différences de tassement des sous-couches.

Enfin les faïençages ponctuels (en général) trouveraient leurs origines sur la qualité des matériaux mis en place (matériaux plus déformables) ou sur un problème de compactage (sous-compactage ou sur-compactage) ; d'ailleurs ceci se conçoit très bien quand on sait qu'ils apparaissent pour la plupart sur des affaissements : la chaussée souple s'étant rigidifiée avec l'âge, ne peut plus suivre le mouvement des sous-couches sans se fracturer ! Ces fractures avec le passage répété des véhicules aboutissent à des faïençages.

Et si le phénomène est plus accentué sur la portion Place Bakou-CF N1 VU 124, c'est au trafic lourd plus élevé qu'on doit tourner nos regards (compte tenu de son effet beaucoup plus pénalisant par rapport aux autres composantes du trafic).

4.3.3 Voirie de Popenguine

Nature du sol de plate-forme et problème de drainage sont les principales causes de fissurations selon une étude récente du CEREEQ sur les importantes fissurations observées dans la zone A de la voirie.

En effet, toutes les parties de cette voirie au niveau desquelles la couche de base repose directement sur le sol de plate-forme sont les parties les plus touchées ; ce qui n'est du tout pas le cas des autres (exemple zone de la tranchée P4) où une couche de sable a été interposée entre la couche base et la plate-forme ; ces parties se sont bien comportées (quasi inexistence de fissures) car un bon drainage leur est assuré en plus de réduire la transmission de fissures à travers les couches supérieures.

La plate-forme argileuse sujette à des phénomènes de retrait et de gonflement (dessiccation et

imbibition) introduit des efforts supplémentaires de soulèvement et de traction qui, à la longue, se traduisent par des fissures en surface, le(s) revêtement devenant incapable(s) de résister à ces dernières, surtout avec les faibles compacités (70 à 87%)observées au niveau des sou-couches !

En plus de ces principaux facteurs, nous ajouterons une insuffisance de butée, une pente raide (une partie de la zone A), l'abondance d'arbres (surtout les petits arbres au bord de la chaussée car ils accélèrent l'effet de dessiccation) et une infiltration d'eau (arrosage etc.) à travers les accotements perméables (en général) ou à travers les premières fissures ou les saignées (dues aux travaux d'assainissement ou autre) ; il y a aussi les efforts tangentiels élevés dus aux pneumatiques dans les zones de virage. Tous ces éléments ne font qu'accélérer le processus de dégradation de cette partie de la voirie.

Quant aux fissures à l'extérieur de la zone A, elles proviennent tout simplement du retrait thermique du revêtement qui se superpose à un effort tangentiel plus élevé dans les virages ou à un sous-dimensionnement localisé ou à un défaut de compactage (pour les fissures sur affaissement).

Si la détermination des causes s'avère important, c'est parce qu'il permet d'apporter plus facilement des remèdes. Il sera donc question dans ce qui suit des solutions à envisager pour traiter ou éviter les fissures.

CHAPITRE 5 :

SOLUTIONS ENVISAGEES POUR LE TRAITEMENT DES FISSURES OU POUR EVITER LEUR APPARITION

Nous distinguerons deux types de solutions : les curatives et les préventives.

Les solutions curatives (lutte curative ou traitement des fissures apparues en surface) permettront au moins à la chaussée de pouvoir se maintenir dans un état tolérable, donc de garantir l'intégrité de sa surface en attendant son renforcement éventuel, moment où il faut d'ailleurs appliquer les remèdes préventifs en dehors de la phase de construction proprement dite.

Ces remèdes préventifs tant en construction qu'en renforcement assurent à la chaussée un comportement adéquat (parfait !) vis-à-vis de ce phénomène qu'est la fissuration, et ceci sur de très longues périodes ; elles éviteront (ou du moins atténueront considérablement) la transmission de fissures à travers le revêtement ou même l'apparition de ces dernières.

Par ailleurs, il est à signaler que ces solutions quelles qu'elles soient résultent soit des expériences dues au hasard, soit par référence à une analyse des phénomènes.

5.1 LA LUTTE CURATIVE

Il existe plusieurs méthodes de traitement de fissures. Nous distinguerons :

- la réfection du revêtement ;

- le colmatage des fissures ;
- et la réparation localisée du corps de chaussée.

5.1.1 La réparation du revêtement (voir annexe 6).

Elle constitue en fait une réparation localisée . L'annexe 6 montre les différentes étapes de cette opération qui sont au nombre de quatre à savoir :

- le nettoyage de la zone à réparer ;
- son marquage ;
- le répandage du liant (1.5 kg/m² d'émulsion de bitume) ;
- et le répandage du granulat (sable).

C'est une technique qui n'est pas adéquate quand les fissures sont profondes.

NB : pour les fissures de surface ou de corps de chaussée très étendues, la technique de l'imperméabilisation par enduit superficiel est plus adaptée.

5.1.2 Le colmatage des fissures

Trois familles de technique entrent dans cette catégorie ; ce sont : la pénétration , le garnissage et le pontage.

- La pénétration :

Elle consiste à insérer de façon gravitaire à l'intérieur des fissures, un produit d'étanchéité fluide, à froid ou à chaud. C'est une technique bien adaptée quand les fissures ne sont ni étroites ni larges.

En effet lorsque les fissures ne sont pas étroites il se pose un problème de pénétration (pénétration effective faible !) et lorsqu'elles sont larges le produit se perd au fond des fissures sans obturer leurs parties supérieures.

- Le garnissage :

Comme pour les joints de chaussée en béton, elle consiste à couler un produit d'étanchéité dans une réserve obtenue par élargissement mécanique de la fissure. Seulement nous avons affaire ici à une méthode lourde et onéreuse consistant à suivre parfaitement le tracé de la fissure ; de ce fait elle se trouve mieux adaptée à l'entretien des joints rectilignes.

- Le pontage :

Il vise à rétablir l'étanchéité de la surface par répandage d'un mastic en faible surépaisseur à cheval sur les fissures. Son avantage, c'est qu'il n'est pas tributaire des inconvénients liés aux autres méthodes ;

Le calibrage du mastic en largeur et en épaisseur est obtenu par déplacement d'un dispositif à patin, à roulette, ou à sabot le long de la fissure (fig.5.1).

Afin d'éviter le collage de mastic aux pneumatiques, de protéger et rétablir une certaine rugosité, un microgravillonnage à refus est en général exécuté immédiatement.

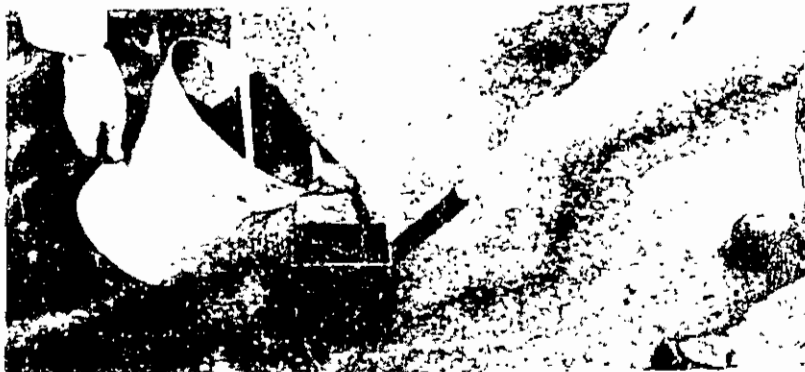


Fig. 5.1 : Pontage d'une fissure au sabot

Des traitements de colmatage s'apparentant au pontage sont décrits en annexe. Il s'agit en fait du traitement des fissures groupées et de celles des fissures isolées.

Les premières sont traitées avec un coulis bitumineux en quatre étapes : nettoyage, marquage, fabrication du coulis et son répandage.

Quant aux dernières, elles le sont avec du cut back (bitume fluidifié) ou une émulsion de bitume en trois étapes : nettoyage, répandage du liant, puis celui du sable.

5.1.3 La réparation localisée du corps de chaussée (voir annexe 7)

C'est le remède apporté aux faïençages localisés. Il est constitué de quatre actions :

- marquage de la zone à réparer ;
- excavation de la zone à réparer jusqu'à rencontrer un matériau compact ;
- bouchage de l'excavation ;
- réparation du revêtement.

NB: Les méthodes décrites ci-après peuvent être aussi utilisées en lutte curative.

5.2 REMÈDES PRÉVENTIFS

Nous distinguerons d'une part ceux qui permettront de retarder (voire éviter) la remontée des fissures d'autre part ceux qui lutteront contre ces dernières.

5.2.1 Comment éviter la remontée des fissures?

En dehors de la solution classique qui consiste à mettre en place une forte épaisseur de matériaux enrobés au bitume, les remèdes que nous considérerons utilisent le principe de découplage (fig. 5.2) qui consiste à interposer entre le support concerné et le revêtement un matériau dont les qualités lui permettront de résister efficacement à la remontée de fissures.

Selon le matériau utilisé pour le découplage, ils peuvent être classés comme suit :

- utilisation d'un enduit épais ou chape gravillonnée ;
- utilisation d'un géotextile non tissé imprégné de liant ;
- utilisation d'un mastic riche en liant en couche très mince.

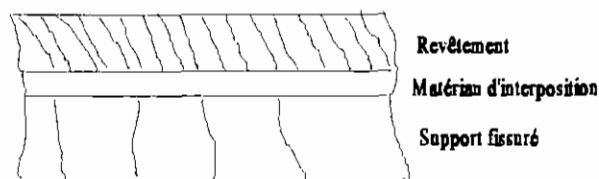


Fig.5.2 : principe de découplage

Référence : REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES (RGRA), n° 685, mai 91.

5.2.1.1 Utilisation d'un enduit épais ou chape gravillonnée

L'introduction d'une chape gravillonnée (membrane gravillonnée) est une technique introduite en France par l'entreprise SACER, il y a environ quatorze (14) ans (RGRA, n° 685, mai 91).

Nous ne considérons ici que le procédé **FISTOP** (fig. 5.3) qui consiste à mettre en place un enrobé bicouche antifissure dont la première couche est en sable enrobé fabriqué à partir d'un liant

(**sacerflex**) provenant de la modification d'un bitume pur 180/220 à l'aide de polymères SBS (Styrène Butadiène Styène) de 4.5 à 7.5 % selon les risques d'orniérage.

Avec une couverture bitumineuse épaisse, c'est une méthode qui s'adapte fort bien aux chaussées à trafic élevé, présentant des fissures à grande ouverture.

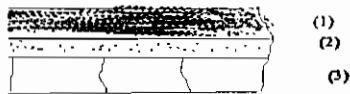


Fig.5.3.a : procédé Fistop

Référence : RGRA, n° 685.

- (1) : Revêtement (liant : 10 % liant anhydre ; bitume pur 180/220)
- (2) : Sable enrobé (2 cm) + légère couche d'accrochage
- (3) : Support fissuré



Fig. 5.3.b : principe de découplage de Fistop

Temps de remontée plus long car la fissure se transforme dans le matériau d'interposition en de multiples microfissures de faible amplitude.

NB: Une variante de cette solution est par exemple l'utilisation de grave bitume (solution qui peut être couplée avec un traitement préalable des fissures par l'une des méthodes curatives décrites plus haut) à la place du sable bitume, mais compte tenu de la faible déformabilité de la grave bitume par rapport au sable bitume, cette dernière offrira un temps de remonté moins long.

5.2.1.2 Utilisation d'un géotextile non tissé imprégné de liant (complexe amopave + bitume)

Le principe de cette technique est d'interposer entre le support fissuré (ou l'assise hydraulique) et la couche de roulement un complexe géotextile plus un liant d'accrochage destiné à faire écran à la remontée de fissures (figure 5.4). Cette association géotextile/liants bitumeux modifiés conduit à des dispositifs antiremontée de fissure de grande pérennité.

La composition du complexe est la suivante :

- **liant** (pour l'imprégnation du géotextile) : il s'agit d'un bitume modifié, mis au point et développé par la société VIAFRANCE ("liant E 150") composé de bitume routier, de polymères, d'un dope et d'une huile compatibilisable. C'est une composition qui lui confère d'ailleurs une faible susceptibilité thermique (indice de pénétrabilité positive) et un large intervalle de plasticité lié à l'augmentation du point de ramolissement (bille-anneau) et à une baisse du point de fragilité par rapport à un bitume pur.

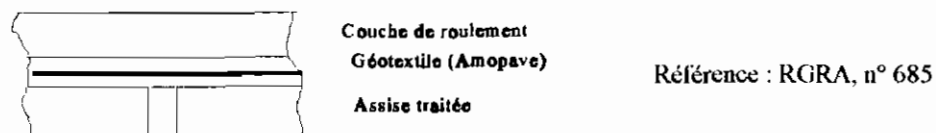


Fig. 5.4 : principe de découplage avec le complexe Amopave

- Temps de remontée long car amorçage très long pas de rupture du géotextile
- le décollement du géotextile peut générer une fissure fine mais sans gravité

- **géotextile** : il est non tissé aiguilleté et calandré en fibres de polypropylène et commercialisé sous le nom Amopave ; il a une présentation standard en rouleaux de 3,80 m × 100 m. Amopave est le résultat d'un compromis ; il doit être le plus souple possible pour limiter la formation des plis pendant l'étalement mais suffisamment peu compressible pour ne pas engendrer de fissuration du revêtement par fatigue. Il a les caractéristiques suivantes :

- * masse surfacique : 150g/m² ;
- * résistance à la traction : 400 N ;
- * allongement à la rupture : 55% ;
- * éclatométrie : 160 N/cm².

Les résultats obtenues à l'essai de retrait-flexion (voir fig.5.5) mis au point par les LPC montrent que le rapport : (temps de fissuration du complexe amopave + liant)/(temps de fissuration du témoin¹⁾) est supérieur à 0.9⁽²⁾ avec un bitume pur 180/220 et est largement supérieur à 1 avec un bitume polymère tel que le "liant E 150".

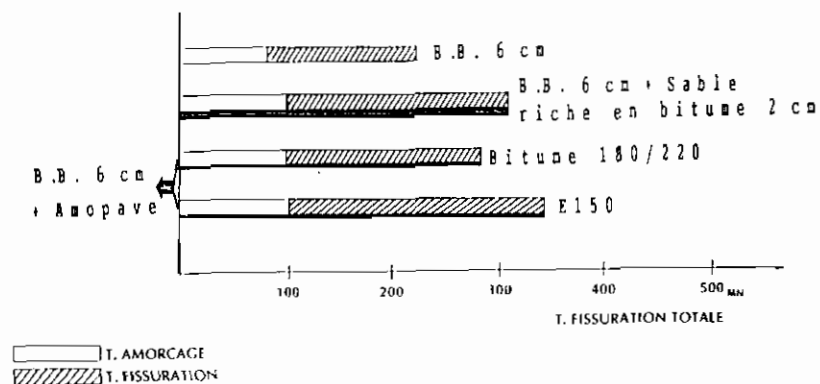


Fig. 5.5 : Essai retrait-flexion. Temps de fissuration

Référence : RGRA, n° 685.

1 : système témoin traditionnel constitué par un bicouche sable enrobé riche en bitume + BB.

2 : valeur seuil fixée par le LCPC pour classer la technique comme efficace

La couche de roulement pourra être constituée d'un enrobé 0/10 à liant modifié "liant EP 70" (mélange de bitume routier, d'un dope et de deux polymères type EVA (Ethylène Vinyl Acétate) et EMA (Ethylène Méthyl Acétate). Le "liant EP 70" est caractérisé par une micromorphologie particulièrement fine et homogène qui lui donne l'aspect d'un bitume pur et par sa très bonne cohésivité. Il présente un excellent comportement mécanique supérieur à celui de tout bitume pur (voir tableau 5.4) et confère aux enrobés d'excellentes caractéristiques, en particulier dans la tenue en fatigue et la résistance à l'ornièrage .

	METHODE	EP 70
Caractéristiques physiques		
Pénétrabilité à 25°C (d mm)	NFT 66004	60 à 80
Indice de pénétrabilité LCPC		≥ - 0,5
Température bille-anneau (°C)	NFT 66008	≥ 50
Point de fragilité Fraass (°C)		≤ - 10
Intervalle de plasticité (°C)		≥ 60
Caractéristiques mécaniques		
à 20°C - 500 mm/min		
Contrainte au seuil (MPa)		0,17
Allongement au seuil (%)	LCPC	50
Contrainte max. (MPa)	traction	0,07
Allongement max. (%)	directe	> 600
à 0°C - 10 mm/min		
Contrainte au seuil (MPa)	sur éprouvettes	1,0
Allongement au seuil (%)	H2	45
Contrainte rupture (MPa)		0,38
Allongement rupture (%)		300

Tableau 5.4 : Caractéristiques du "liant EP 70"

Source : Revue générale des routes et aérodromes (n° 685 mai 91)

Un exemple de réalisation de cette technique utilisée en France depuis plus de huit ans est montré à l'annexe 9.

5.2.1.3 Utilisation d'un mastic riche en liant, en couche très mince

Nous retiendrons le procédé Plastoger (mastic bitumineux Plastoger) de Gerland(R G R A , n° 685)
En fait le plastoger est un liant polymère que Gerland a conçu et expérimenté récemment et qui comporte une base bitumineuse 60/70 modifiée par des polymères plastoélastométriques. Son objectif principal est de trouver le meilleur compromis entre la résistance à la fissuration et le comportement à l'orniérage. C'est une technique qui consiste à intercaler entre le support fissuré et le revêtement (d'entretien) une couche d'enrobé fin de 15 à 20 mm d'épaisseur. C'est une technique qui a été utilisée avec succès en France dans les années 82 et elle est jugée très efficace (voir annexe 9).

Des expériences ont montré que le temps de remontée d'une fissure dans le complexe 2 cm de Plastoger + 6 cm de béton bitumineux 0/14 est réduit de 60 % par rapport à celui dans 8 cm 0/10 au bitume pur 60/70.

La formule utilisée pour le mastic a une granulométrie continue 0/4 avec des teneurs en fines et liant élevées :

- * sable enrobé 0/2 broyé basalte (65 %) ;
- * sable 0/4 roulé silico-calcaire (18 %) ;
- * gravillon 2/4 basalte (17%) ;
- * fines totales (12.6 %) ;
- * liant plastoger (10 % par rapport aux matériaux) ;

module de richesse 6

rapport fines/liant : 1.26

Il faut choisir le bitume de la couche de roulement⁽¹⁾ en fonction des conditions climatiques du milieu (ce qui limitera les risques d'orniérage !!)

Avec les expériences réalisées au Laboratoire Régional des Ponts et chaussées d'Autun, les résultats intéressants suivants ont été obtenus :

- * un béton bitumineux 60/70 de 8 cm d'épaisseur doit résister assez bien à la fissuration, par contre la différence de dégradation entre 4 cm et 6 cm est très minime et donc le surcroît engendré par la mise en oeuvre d'un tonnage supplémentaire d'enrobés n'est guère justifié (Fig.5.6.a) ;
- * avec le liant élastomère (liant Gerland), l'enrobé se détériore moins facilement et l'utilisation de 6 cm de béton donne sensiblement les mêmes résultats, d'où son intérêt (Fig.5.6.b) ;
- * à déformation imposée, les dégradations mesurées classent le liant élastomère comme beaucoup plus résistant aux sollicitations ouverture-fermeture (fissures de retrait thermique) surtout pour des mises en oeuvre en faible épaisseur : 4 cm d'enrobé au liant élastomère, par exemple, semble résister aussi bien à l'endommagement que 8 cm d'enrobé au bitume pur 60/70.

Ces résultats montrent qu'il est très intéressant de substituer à la solution classique d'utilisation

1 : mise en place 5 à 8 jours après celle du mastic.

d'une forte épaisseur de bb, celle d'un bb de faible épaisseur avec comme liant l'élastomère de Gerland.

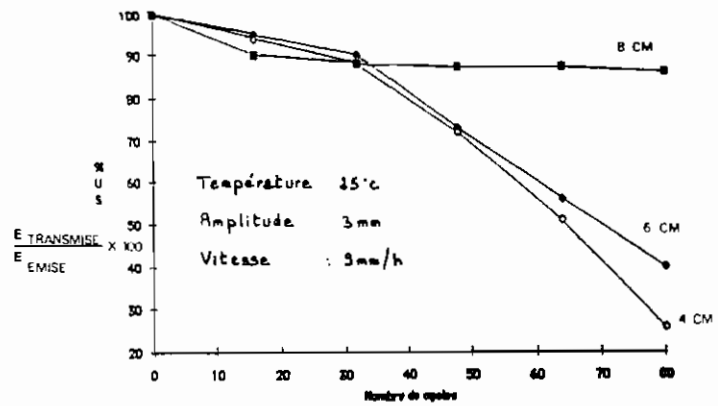


Figure 5.6a
Influence de l'épaisseur
béton bitumineux liant 60/70

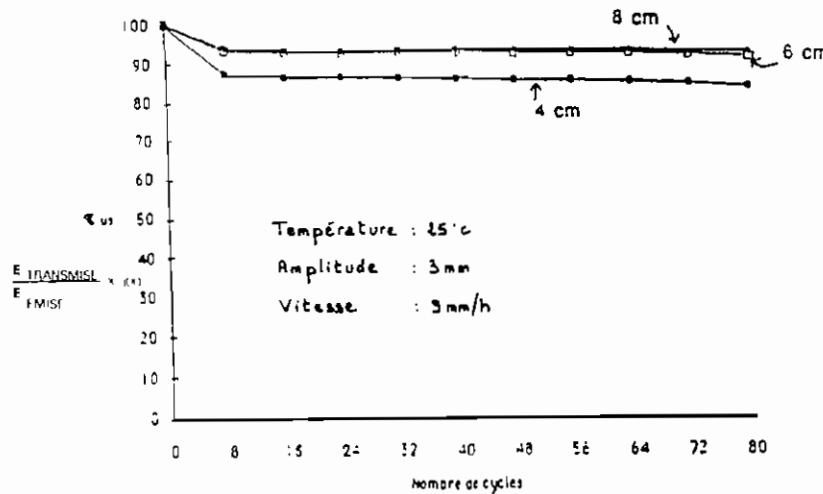


Figure 5.6b
Influence de l'épaisseur
béton bitumineux liant élastomère

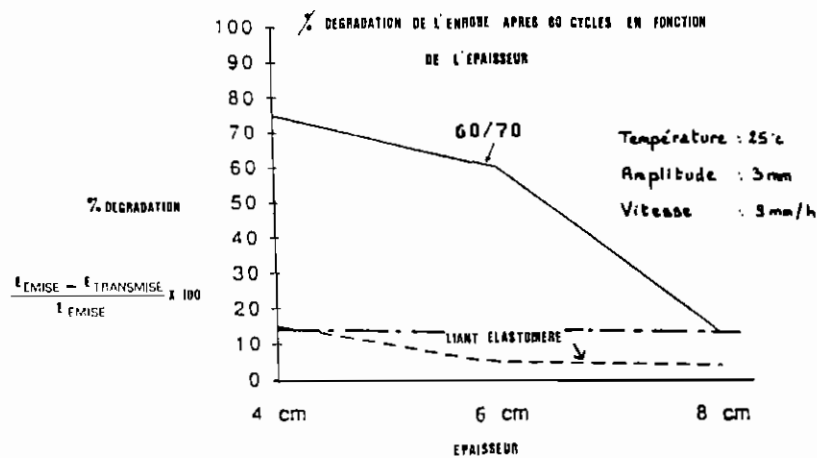


Figure 5.6c
Influence du liant sur la dégradation
de l'enrobé

Nous ajouterons à ces trois procédés que nous venons de décrire, les deux techniques suivantes :
l'emploi de grave concassé comme matériau d'interposition et le procédé Flexiplast de
l'entreprise Jean Lefebvre

- La technique de grave concassé⁽¹⁾ (tout-venants de concassage)

Elle consiste à interposer entre le support fissuré (ou fissurable) et la couche de roulement du
grave concassé qui consiste en un matériau granulaire permettant de s'opposer à la transmission
des fissures.

Par exemple au début des années 70, à Abidjan des chaussées dites "inverses" dont la structure
est constituée comme suit :

- * couche de fondation : sable ciment ;
- couche de base : grave concassé
- * revêtement : bb ; bb : béton bitumineux

ont été mises en oeuvre pour des voiries primaires soumises à des trafics importants et pénalisants.

Ces dernières se sont caractérisées par un comportement remarquable : pas de transmission de
fissures au revêtement ; et on obtient des compacités, pour ce qui est de la couche de base, très
proches de celles de graves surcompactés⁽²⁾ dont l'intérêt est mis en évidence par les recherches
de l'Ecole polytechnique de Zurich.

1 : fissure du 0/25 par exemple.

2 : grâce à la grande raideur du sable ciment.

- Quant au **procédé Flexiplast**, il permet de retarder encore plus longtemps la remontée de la fissuration, voire de la supprimer, tout en offrant une très grande souplesse de mise en oeuvre. Il est constitué de bas en haut comme l'indique la figure 5.7 par :

- * une membrane de bitume modifiée (Elastoplast) en contact avec les fissures ;
- * un enrobé coulé à froid à granulométrie continue contenant des fibres (Gripfibre)

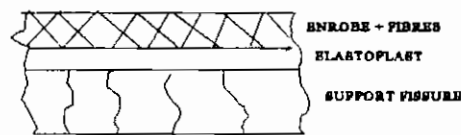


Fig. 5.7 : Procédé Flexiplast

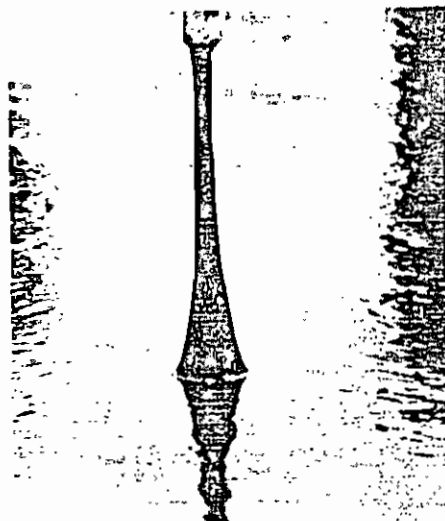
Référence : R G R A, n° 685

Le matériaux d'interposition, pour conduire à l'efficacité maximal doit être le plus élastique possible et aussi le plus épais possible, d'où les conditions suivantes à satisfaire :

- * prévoir une membrane à bitume modifié, matériau le plus déformable accessible à des conditions économiques raisonnables en choisissant des élastomères conduisant à une bonne élasticité ;
- * assurer une mise en oeuvre de cette membrane en forte épaisseur ;
- * faire en sorte que cette forte épaisseur ne soit pas réduite lors de la réalisation des travaux y compris lors de la pose des enrobés à chaud.

Ce sont des conditions auxquelles répond Flexiplast. En effet :

- * le liant Elastoplast constitutif de la membrane est un bitume modifié avec des élastomères du type SBS (Styrène Butadiène Styrène) qui conduisent à une excellente élasticité (voir photo ci-après) ;



Source : Revue générale des routes et aérodromes (n° 685 mai 91)

- * l'épaisseur de la membrane est forte : 1.5 à 3 mm selon l'état de fissuration du support et le type de fissuration ;
- * la réalisation est conduite de manière à maintenir cette forte épaisseur ;
- * on notera également que le gripfibre contribue à ralentir la remontée des fissures puisqu'il se comporte vis-à-vis de celles-ci à la façon d'un sable enrobé très déformable.

Les figures 5.8.a et 5.8.b montrent les performances de cette méthode.

Le dimensionnement du Flexiplast et de sa couverture bitumineuse est décrit à l'annexe 8.

Fig. 5.8a Essais de retrait-flexion à la machine du LRPC d'Autun

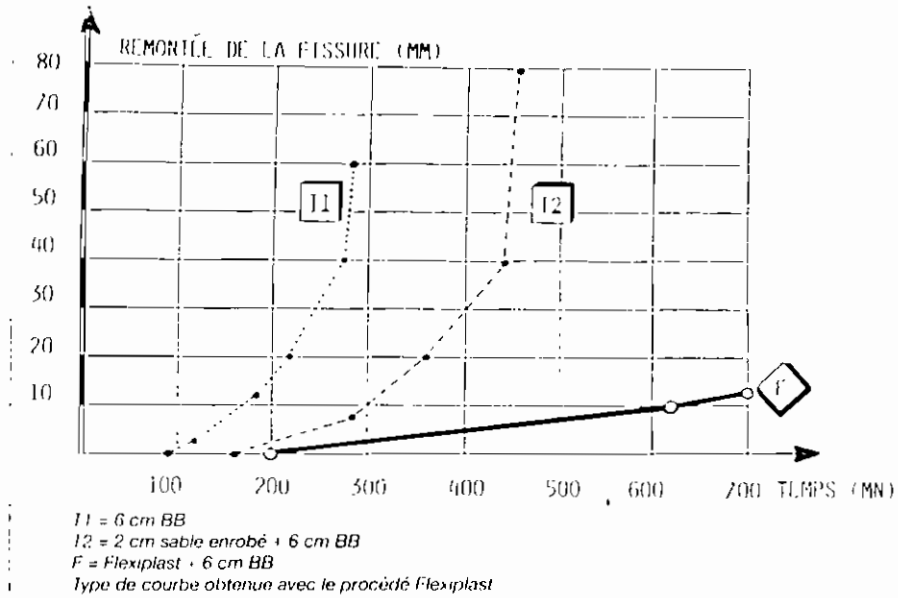
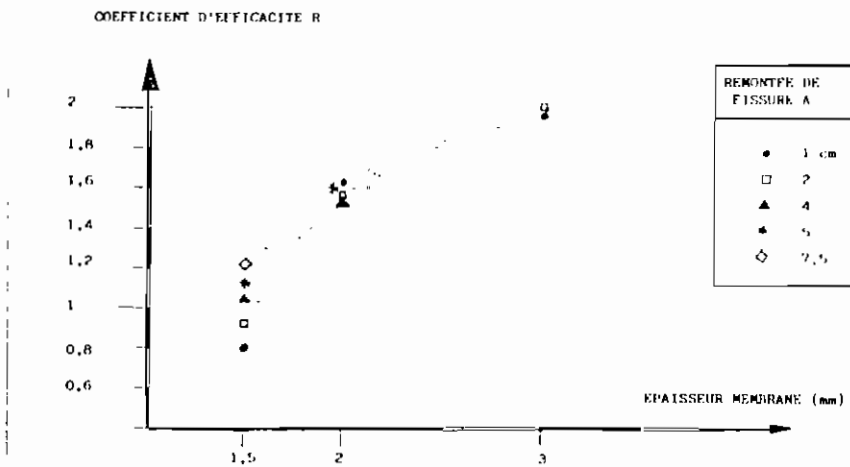


Fig. 5.8b



On définit pour le Flexiplast un coefficient d'efficacité vis-à-vis de la remontée de la fissuration RF tel que.

$$R = \frac{\text{Temps de remontée à } N \text{ cm pour Flexiplast + 6 cm BB}}{\text{Temps de remontée à } N \text{ cm pour témoin T2}}$$

RF a été calculé pour diverses hauteurs de remontée (1 - 2 - 4 - 5 et 7,5 cm) dans différents cas d'épaisseur de membrane (1,5 - 2 et 3 mm)

Le graphique donne la variation de RF en fonction de l'épaisseur de la membrane. Il est clair que plus la membrane est épaisse plus elle est efficace vis-à-vis de la remontée de la fissuration

5.2.2 Comment lutter contre les fissures?

Les remèdes anti-remontée de fissure que nous venons de décrire assureront en général au revêtement une grande résistance vis-à-vis des fissures de retrait. Les procédés Plastoger, Flexiplast et Elastoplast, pour ne citer que ceux-là, en sont des exemples.

Nous nous intéresserons ici aux fissures provenant du retrait (thermique ou hydraulique) et aux fissures de joint (longitudinal ou latéral). Des mesures pourront être prises pour les éviter ou du moins les retarder durablement.

5.2.2.1 Fissures de retrait thermique

- Eviter d'utiliser les liants trop durs : ils ont un comportement à moyen terme défavorable car ils sont sujets à un vieillissement accéléré ;
- éviter d'avoir des revêtements à coefficient de dilatation très élevés car ces derniers ont une forte sensibilité thermique ;
- utiliser des enrobés coulés à froid à granulométrie continue comportant des fibres ;
- utiliser la technique de la préfissuration en adoptant un pas faible (2 à 3 m) dans le cas des chaussées rigides : par exemple pour un abaissement de température donnée, on observe une réduction de 60 % de l'ouverture de la préfissure quand on fait passer le pas de 12 m à 3 m.

5.2.2.2 Fissure de retrait hydraulique

L'introduction de fibres synthétiques issues de l'industrie chimique (produits spécialement élaborés pour être utilisés les mélanges granulaires) dans le mélange hydraulique lors de sa fabrication permet au mélange granulats-eau-ciment de se constituer en une véritable armature qui se rigidifie avec la compacité. Ancrées fortement dans le mortier, ces fibres s'opposent au retrait hydraulique lors de la prise de ciment tout en améliorant les performances mécaniques de l'assise traitée ; la fissuration de retrait inéluctable aux assises traitées se transforme alors en microfissures qui ne se transmettent pas à travers le revêtement.

Un dosage de 330 g/m² pour ces fibres acryliques de 2.6 cm de long et 80 microns de diamètre suffirait à engendrer cet effet.

5.2.2.3 Les fissures de joint

- Travailler si possible en pleine largeur ou tout au moins adopter une disposition en quinconce ;
- faire le collage des joints chaud à chaud en utilisant un bitume élastomère.

5.2.3 Solutions préconisées pour les tronçons étudiés

5.2.3.1 Tronçon Louga - Saint-Louis

Compte tenu de l'état actuel des dégradations de ce tronçon (voir annexe pour les relevés et les

valeurs d'uni et d'ID), ce dernier pourra être qualifié de mauvais (hormis la partie qui vient d'être renforcée bien sûr !). Il nécessitera sans doute un renforcement s'il doit continuer à supporter le trafic actuel (voisin de T3) et celui dans une quinzaine d'années. Les fissures contribuant fortement aux valeurs élevées d'ID obtenus et ceci pour presque tout le tronçon, un simple traitement de surface serait dérisoire.

Nous suggérons lors de son renforcement que l'un des remèdes préventifs décrits précédemment soit appliqué, de préférence le **procédé de mastic riche en liant, en couche très mince** puisqu'on est en présence d'une zone riche en sable mais très peu cohérent et dont on pourra corriger quand même la granulométrie par un apport de sable de basalte, et de fines.

Ou bien nous pourrions adopter la technique d'**interposition de grave concassée** entre un support en sable ciment (donc en couche de fondation et dont la mise en oeuvre est moins exigeante qu'en couche de base) et le revêtement, une technique qui va aussi très bien avec le contexte spécifique de la région. Des calculs pourront être faits par exemple à l'aide de ALIZE III pour avoir des épaisseurs adéquates vis-à-vis du trafic et des caractéristiques des matériaux utilisés, ou d'autres méthodes de dimensionnement.

D'ailleurs le recours aux matériaux concassés offre l'avantage de réduire le déficit de la balance commerciale. Par exemple l'utilisation des granulats de type silicite qui a fait l'objet d'un projet de fin d'études (MAÏMOUNA SIDIBE, Utilisation des granulats de type silicite en géotechnique routière, EPT, juin 95.) conviendrait aussi bien comme matériau d'interposition que de revêtement.

Enfin une attention particulière devra être accordée à l'**assainissement** de ce tronçon, car un bon assainissement permettra à la route de mieux résister.

5.2.3.2 Tronçon CF Cyrnos-CF N 1 VU 124

Il serait plus indiqué pour ce tronçon très sollicité (trafic T4 -T5), et dans le cadre d'une intervention de renforcement ou de rechargement de lui appliquer l'une des méthodes préventives et de préférence la technique **Flexiplast**.

Mais pour l'instant afin de lui permettre d'avoir des réserves structurelles acceptables, une certaine aptitude au service d'ici une intervention généralisée nous préconisons de procéder à un traitement de surface et à des réfections localisées (voir lutte curative) et surtout d'améliorer l'état des accotements, l'assainissement (pour un bon drainage de la chaussée).

Par ailleurs les parties concernées par l'ensablement devront être désensablées pour leur éviter de se comporter comme une chaussée à voie unique, et donc amortir les effets pénalisants du trafic.

5.2.3.3 Voirie de Popenguine

A l'extérieur de la zone A, un traitement de surface, précisément le pontage pour les quel-ques fissures longitudinales et transversales observées serait suffisant pour redonner à la surface son imperméabilité qui permettra à la chaussée de garder son intégrité ; et une réfection localisée quant aux fissures sur les affaissements ponctuels.

Pour la zone A, il serait intéressant, pour une solution vraiment pérenne, de **redonner d'abord à la plate-forme** (accusant, en même temps que les autres sous-couches, une perte de portance)

une compacité adéquate ; des matériaux granulaires (sable de mer, sable de basalte, mais de préférence plus grossiers) pourront être interposés afin d'assurer un drainage sans érosion et en même temps participer à ralentir la transmission des fissures à travers les couches supérieures.

Ce qui suppose le décaissement des revêtements actuels !

On pourra appliquer ensuite le **procédé Flexiplast** car il s'adapte bien à tout type de support fissuré ou fissurable et pour n'importe quel trafic ; il procure en même temps une bonne étanchéité. La technique du mastic bitumineux, en couche très mince conviendrait aussi.

Ces solutions sont particulièrement intéressantes car évitant l'utilisation de fortes épaisseurs non compatibles avec cette voirie sujette à une plate forme gonflante : les remblais doivent être évités pour assurer une meilleure butée disponible à la chaussée.

Mais, une dimension (contrainte) dont il faut tenir compte ici, c'est qu'on ne dispose pas suffisamment de temps pour procéder à un décaissement !!

Nous nous contenterons alors d'adopter la solution suivante : après un traitement de surface, on posera **du sable bitume** (10 à 12 cm) avec un revêtement en béton bitumineux sur 4 cm.

L'utilisation de sable bitume est classé parmi les systèmes les plus performants contre la transmission des fissures. C'est d'ailleurs une solution très satisfaisante pour les trafics T1 à T3 ce qui répond au contexte actuel car nous avons affaire à une voirie très peu circulée (trafic T1 !).

De elle ne nécessite pas, d'une part de très grands moyens et de beaucoup d'énergie (de compactage) d'autre part comparativement à la grave bitume par exemple.

Quelle que soit la solution adoptée, une butée et un bon drainage de cette voirie seraient

indispensables pour qu'elle devienne pérenne ; Il faut par exemple imprégner l'accotement sur une certaine largeur pour atténuer les infiltrations ; imperméabiliser et même surdimensionner les fossés (fil d'eau à 20 cm sous le niveau de la plate-forme) ou éloigner le fil d'eau (latéralement) du corps ; déraciner si possible les petits arbres très proches de la chaussée (atténuation de l'effet de dessiccation).

NB: Le procédé flexiplast est aussi utilisable même si on ne procède pas à un décaissement, il suffira d'adopter un revêtement adéquat vis-à-vis du trafic et qui puisse protéger la membrane élastoplast.

CHAPITRE 6 :

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Bien que restrictive (car limitée principalement au revêtement et à la couche de base), cette étude nous a permis, grâce aux données dont nous avons pu disposer, de trouver les causes probables des phénomènes de fissuration observés et de prendre les mesures qui s'imposent.

En effet nous avons vu que :

- les nombreuses fissures du tronçon Louga - Saint-Louis sont essentiellement dues à une remontée des fissures de la couche de base traitée au ciment, à travers le revêtement (trop vieux !!) subissant l'effet pénalisant du trafic (surtout lourd) et du climat auquel il faut ajouter un mauvais assainissement résultant d'un manque d'entretien ;
- pour le tronçon CF Cynros-CF VU 124, en dehors de l'âge (vieillesse), de l'assainissement et d'un trafic relativement élevé, les quelques fissures (de moindre gravité) proviennent du retrait thermique du revêtement ou des différences de rigidité ;
- quant à la voirie de Ponpenguine (caractérisée en général par de larges ouvertures de fissures), nature de la plate-forme non prise en compte à certains endroits lors de la conception (ou tout au moins lors de la réalisation) et une déficience de drainage expliqueraient l'état de cette dernière ;

Des solutions visant à contribuer à la conception de routes pérennes ont été proposées, malheureusement le temps nous a fait défaut pour mener une analyse économique.

Par ailleurs, elle nous a permis de nous rendre compte des sérieuses difficultés relatives à la recherche de documentation et de renseignements (indispensables à une étude comme celle-ci) concernant les tronçons étudiés ; or ce sont des éléments qui devraient être facilement disponibles, heureusement avec l'alimentation actuel de la banque de données routières (VISAGE) des Travaux Publics, ces problèmes pourront être évités dans le futur.

Enfin, nous ne saurions terminer sans faire les recommandations suivantes :

- suivre l'efficacité des différentes solutions (techniques nouvelles pour la plupart) sur des planches expérimentales de quelques centaines de mètres, et qui seront réparties sur tout le territoire ;
- être rigoureux dans le respect des spécifications dans la conception et la réalisation des projets ;
- prendre des mesures pour le respect de la charge à l'essieu standard ;
- porter une attention particulière à l'entretien du patrimoine routier qui tienne compte des annexes de la chaussée et veiller à la qualité des matériaux à utiliser ;
- éviter autant que possible l'exécution anarchique des saignées lors des poses des conduites d'adduction par exemple ;
- impliquer enfin la population à la gestion du patrimoine routier.

BIBLIOGRAPHIE

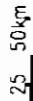
- ROBERT D. HOLTZ et W.D.KOVACS, Introduction à la géotechnique, traduction de Lafleur, édition EPM, 91.
- CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, Paris, 84.
- BCEOM et CEBTP, Les routes dans les zones tropicales et désertiques :
 - * tome 1 : Politique et économie routière, 2^{ème} édition 91.
 - * tome 2 : Etude techniques et construction, 2^{ème} édition 91.
 - * tome 3 : Entretien et gestion des routes, 91.
- LPC, Vizir : méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un réseau routier, Paris Décembre 91.
- P. HERSCHKORN, Couches de roulement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées-France, Février 88.
- L. COTAZ et L. PIGEONIS, conception de la superstructure routière, conception générale, dimensionnement.
- JEAN-GEORGES MALLOUK, Les enrobés bitumineux, tome 2, Editions Modulo Canada, 1982.
- LUC GAGNON, Techniques routières, mars 1981.
- BCEOM-LCPC-CEBTP-BAST-TRRL, Manuel d'entretien des routes-guide pratique pour l'entretien des routes en Afrique, tome III, Ministère de la Coopération et du Développement. 20 rue Monsieur 75700 Paris, 1982.
- CENTRE DE RECHERCHE ROUTIÈRE,
 - * Code de bonne pratique des enduits superficiels, Recommandation CRR R45/81 Bruxelles, 1981.
 - * Code de bonne pratique pour le renforcement des chaussées souples à l'aide de matériaux bitumineux, recommandation CRR- R 56/85, Bruxelles, 1985.
 - * Code de bonne pratique pour la réalisation d'écrans capillaires verticaux contre l'effet de bord sous les chaussées, recommandation 48/81, Bruxelles, 1981
 - * Code de bonne pratique pour le renforcement des chaussées à l'aide du béton de ciment, recommandation CRR. R 63/91 ,Bruxelles, 1991.

- * Code de bonne pratique pour la stabilisation du sol au ciment, Recommandation CRR-R.22/60, Bruxelles, 1960.
- AMAD DIOUF, Etude bibliographique des techniques de constructions routières en Afrique-causes des détériorations des chaussées dans la région de thies, EPT 78.
- LÉON DIOUF, Etude sur l'érosion par la pluie et le vent en bordure des routes au sénégal et les moyens d'y remédier, EPT 78.
- MOUSTAPHA NDIAYE, Compactage des sols utilisés en construction de de routes au Sénégal, EPT 78.
- ADAMA GUEYE, Etude du comportement des chaussées sur sols latéritiques, EPT 85.
- OUSMANE THIAM ET MOUSTAPHA GNING, Routes revêtues et facteur climatique au _____ Sénégal, ENSUT 78.
- YOUSSEUF SAKHO, La latérite et son utilisation en génie civil.
- CEREEQ (Dakar), Etude de la voirie de Popenguine, octobre 94.
- LUC COSYN, Réhabilitation de la route Guéoul Baralé, Rapport d'expertise, février 94.
- LAVALIN INTERNATIONAL-ORGATEC-B.E.T SITOR NDOUR, Renforcement des chaussées, Avril 88.
- LAVALIN INTERNATIONAL-ORGATEC-B.E.T. SITOR NDOUR, Entretien routier, Avril 88.
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMENBRANES, Volume I et II June 20-24, 84 Denver Colorado USA.
- JEAN LAFLEUR ET ANDRÉ L. ROLLIN, Etude des propriétés de complexe géomenbranes-géotextiles, EPM Décembre 83.
- DIRECTION DES TRAVAUX PUBLICS-DIRECTION DES TRANSPORTS TERRESTRES, Campagne nationale de compactage routier, volume II Juillet 93.
- REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES, n° 685, mai 1991.

ANNEXES

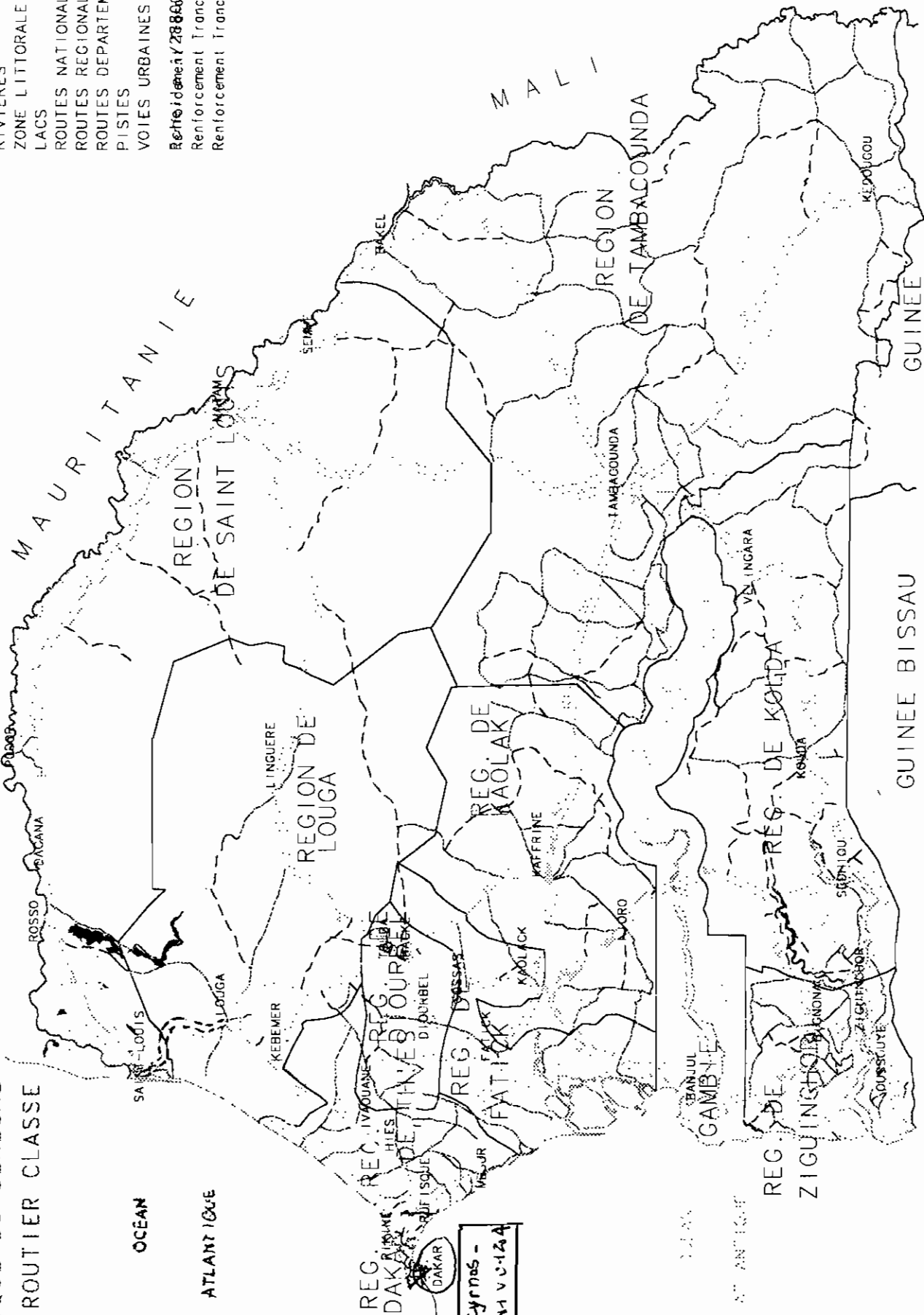
ANNEXE 1

- LIMITES PAYS
 - LIMITE REGION
 - RIVIERES
 - ZONE LITTORALE
 - LACS
 - ROUTES NATIONALES
 - ROUTES REGIONALES
 - ROUTES DEPARTEMENTALES
 - PISTES
 - VOIES URBAINES
- Reprojeté sur 28800000A-1
 Renforcement Tranche A-2
 Renforcement Tranche A-3



--- Louga - Saint-Louis

REPUBLIQUE DU SENEGAL
RESEAU ROUTIER CLASSE



CF Cyros -
CF N1 V-12A

ANNEXE 2

ANNEXE 2 : TABLEAU A.1

ANNEXE 2									
Mesure d'uni au "Bump Integrator"									
Tronçon : Louga-Saint-Louis									
		DEF : déformation	ORN : orniérage	REP : réparation	ARACH : arrachements				
1, 2, 3 : niveaux de dégradation (voir page 72)									
Etendue de la dégradation : () = ponctuelle (0 à 10°) ; / = 10 à 50 ° /									Un niveau de dégradation sans les signes précédents = généralisée (50 ° /)
RUBAN	BUMP	DEF-ORN	FISS-FAI	REP	ARACH	NIDS DE POULES	ETAT DES RIVES		
0									
.5	44	R							
1	52								
1.5	41		E						
2	41								
2.5	48			N					
3	48								
3.5	21				F				
4	25					O			
4.5	28								
5	27								
5.5	51								R
6	37								C
6.5	37								E
7	38								M
7.5	30								E
8	31								N
8.5	58								
9	62	1/	3						T
9.5	117		3	2					
10		1	3	3					
10.5	90	1/	3	2/					
11	83		3	1/					
11.5	132	2/	3	1/					
12	107	1/	3	1/					
12.5	64		3	1/					
13	86		3	1/					

RUBAN	BUMP	DEF-ORN	FISS-FAI	REP	ARACH	NIDS DE POULES	ETAT DES RIVES
13.5	100	1/	3	1/			
14	94		3	1/			
14.5	63		3				
15	135	2/	3	3/	(1)	(1)	
15.5	132	2/	3	3/	(1)	(1)	
16	177	2/	3	3/	(1)	(1)	
16.5	169	1/	3	1	(1)	(1)	
17	99	2/	3	3	(1)	(1)	
17.5	164	2/	3	3	(1)	(1)	
18	143	2/	3	3			
18.5	145	2/	3	3			
19	167	2/	3	3		(1)	
19.5	147	2/	3	3			
20	193	2/	3	3			
20.5	175	2/	3	3/			
21	127	1/	3	2/	(1)		
21.5	130	1/	3	2/	(1)		
22	181	2/	3	3/			
22.5	130	1/	3	3/			
23	111	1/	3	2/	(1)		
23.5	139	2/	2	1/			
24	106	2/	2	1/			
24.5	130	1/	3	3/			
25	110	1/	3	1/			
25.5	119	1/	3	1/			
26	116	1/	3	1/			
26.5	110	2/	3	2/			
27	109	1/	3	1/			
27.5	156	1/	3	3/			

RUBAN	BUMP	DEF-ORN	FISS-FAI	REP	ARACH	NIDS DE POULES	ETAT DES RIVES
PK							
42.5	86	1/	3	1/		(1)	
43	72	1/	3	1/		(1)	
43.5	60		2	1/			1/
44	57		2	1/			1/
44.5	86		2	1/			
45	57	1/	2				1/
45.5	75	1/	2	1/			1/
46	73	1/	3	1/			
46.5	110	2/	3	2/			1/
47	63	1/	2	1/			
47.5	94	(2)	2	1/			
48	58		2				1/
48.5	66		2	1/			1/
49	77	1/	2				1/
49.5	51	1/	2				1/
50	66	1/	2	1/			
50.5	56	1/	2	1/			(1)
51	96	1/	3	1/		(1)	1/
51.5	73	1/	3	1/			2
52	45						1/
52.5	50		1/				1/
53	94		1/				1/
53.5	46	1/	1/	1/			2
54	53		1/				
54.5	57	(1)		1/			
55	49			1/			
55.5	87	(1)					
56	70						
56.5	62						

RUBAN	BUMP	DEF-ORN	FISS-FAI	REP	ARACH	NIDS DE POULES	ETAT DES RIVES
57	80						
57.5	70						
58	109	1/					
58.5	105						
59	88						
59.5	76						
60	79	(1)					(1)
60.5	69	(1)					
61	94	1/	3/			(1)	
61.5	73	1/	2/		(1)		
62	93	1/	2/				
62.5	75	1/	1/				
63	84	1/	1/				
63.5	48	(1)	1/				1/
64	77	(2)	2/				
64.5	83	1/	2/	2/			
65		1/	3	2			
65.5	63		2	1/			
66	83	1/	2	1/	(1)		
66.5	76		2	2/			
67	74		2/	2			
67.5	77		2/	2/		(1)	
68	76		1/	1/			
68.5	113	(1)	2/	2/	(1)		1/
69	140	1/	2	2	1/	1/	
69.5	118	1/	2	1/	1/	1/	
70	169	1/	3	1/	1/	1/	
70.5	99	1	3	3			

NIVEAU DE GRAVITÉ DES DÉGRADATIONS DE TYPE A

Gravité Dégradation	①	②	③
Déformation orniéragé	Sensible à l'usager mais peu importante $f < 2$ cm	Graves déformations, affaissements localisés ou orniéragé $2 \leq f \leq 4$ cm	Déformations affectant gravement la sécurité ou le temps de parcours $f \geq 4$ cm
Fissuration	Fissures fines dans les traces de roues ou dans l'axe	Fissures franchement ouvertes et (ou) souvent ramifiées	Fissures très ramifiées et (ou) très ouvertes ; lèvres parfois dégradées.
Faïencage	Faïencage fin sans départ de matériaux Maillage large (> 50 cm)	Faïencage plus serré (< 50 cm), avec parfois départ de matériaux, arrachements et nids-de-poule en formation	Faïencage très ouvert, décaupage en pavés (< 20 cm), avec parfois départ de matériaux
Réparation	Soit refecton de tout ou partie du corps de chaussée Soit intervention de surface liée à des défauts de type B	Interventions de surfaces liées à des défauts de type A Tenue satisfaisante de la réparation	Dégradations apparaissant sur la réparation elle-même

NIVEAU DE GRAVITÉ DES DÉGRADATIONS DE TYPE B

Gravité Dégradation	①	②	③
Fissure longitudinale de joint	Fine et unique	<ul style="list-style-type: none"> • Large (1 cm ou plus) sans arrachement au • Fine ramifiée 	<ul style="list-style-type: none"> • Large avec épouffures des lèvres ou • Large ramifiée
Nid-de-poule	<ul style="list-style-type: none"> • Quantité < 5 • Taille $\varnothing 30$ max. 	<ul style="list-style-type: none"> 5 à 10 < 5 $\varnothing 30$ ou $\varnothing 100$ 	<ul style="list-style-type: none"> > 10 5 à 10 $\varnothing 30$ ou $\varnothing 100$
Pour 100 m de chaussée			
Arrachements : - désenrobage, - plumage, - pelade, et Mouvements de matériaux : ex. : ressuage	Fonctuels sans apparition de la couche de base	Continus ou ponctuels avec apparition de la couche de base	Continus avec apparition de la couche de base
	Fonctuel	Continus sur une bande de roulement	Continus sur une bande de roulement et « très marqués »

SOURCE : VIZIR

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : AGGLOMERATIONS

DATE D'EDITION : 2/006/95

BORNE DEBUT : 150 LOUGA
BORNE FIN : 220 SAINT-LOUIS

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES		AGGLOM.	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN		
150+	24m	152+	42m	150024 152042	LOUGA
156+	917m	157+	348m	156917 157348	MAKA BRAGUEYE
161+	42m	161+	338m	161042 161338	KHAMBALA
162+	302m	162+	567m	162302 162567	NGUENE SAR
162+	969m	163+	169m	162969 163169	MBANDE
164+	363m	164+	614m	164363 164614	NDIEYE NIANG
166+	252m	166+	517m	166252 166517	KHANADJI DAROU NIANG
166+	769m	167+	42m	166769 167042	NDIOK SAL
167+	564m	167+	735m	167564 167735	MBOUBENE MBATAR
168+	230m	168+	540m	168230 168540	TERMANDE DIENG TIEKE
169+	816m	170+	137m	169816 170137	NDIOBENE MBATAR
172+	66m	172+	261m	172066 172261	MASSAR DIOP 1
173+	316m	173+	691m	173316 173691	MASSAR DIOP 2
175+	378m	175+	519m	175378 175519	BOYO SECK
178+	488m	178+	996m	178488 178996	BARALE
180+	982m	181+	217m	180982 181217	MAKA KALE FALL
186+	909m	187+	802m	186909 187802	MPAL
193+	70m	193+	655m	193070 193655	FASS NGOM
195+	717m	195+	921m	195717 195921	SEMEL
201+	157m	202+	6m	201157 202006	RAO
209+	452m	209+	791m	209452 209791	GANDON
215+	357m	220+	196m	215357 220196	SAINT-LOUIS
220+	196m	222+	313m	220196 222313	SAINT-LOUIS

SOURCE: VISAGE (Banque de données routières)
Dr. MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS

PAYS 221
ROUTE N0002

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : TRAFIC MARCHANDISES

DATE D'EDITION : 02/06/95

REPERAGE SUR BORNES KM.				DIST. CUMULEES		TRF CAM+2 ES	TRF CAMT MRC	TRF 2ES > 2T	TRF ENS ARTC
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN						
0+	0m	30+	309m	0	30309	38	401	312	198
30+	309m	52+	846m	30309	52846	37	213	146	114
52+	846m	79+	729m	52846	79729	7	83	146	91
115+	271m	150+	24m	115271	150024	6	29	100	139
150+	24m	220+	134m	150024	220134	29	53	71	96
220+	134m	269+	913m	220134	269913	7	181	109	77
317+	595m	418+	986m	317595	418986	14	79	103	43
418+	986m	629+	818m	418986	629818	3	39	44	16
629+	818m	703+	73m	629818	703073	12	8	23	7
703+	73m	770+	836m	703073	770836	1	10	23	8
770+	836m	829+	999m	770836	829999	4	13	17	5

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : TMJA

DATE D'EDITION : 02/06/95

REPERAGE SUR BORNES KM.				DIST. CUMULEES		TRAFIC DATE	TMJA	NUM.DE POSTE	TRAFIC LIEU
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN						
0+	0m	30+	309m	0	30309	1993.04	5745	0401	THIÈS-DIAM-NIADIO (N
30+	309m	52+	846m	30309	52846	1993.04	3524	0405	THIÈS-TIVAOUANE (N-2
52+	846m	79+	729m	52846	79729	1993.04	1936	0421	TIVAOUANE-MÉKHÉ (N-2
115+	271m	150+	24m	115271	150024	1993.04	1396	0521	KÉBÉMÉR-LOUGA (N-2)
150+	24m	220+	134m	150024	220134	1993.04	1314	0602	SAINT-LOUIS-LOUGA (N
220+	134m	269+	913m	220134	269913	1993.04	1709	0601	SAINT-LOUIS-ROSS BÉT
317+	595m	418+	986m	317595	418986	1993.04	541	0621	RICHARD-TOLL-GUÉDÉ (
418+	986m	629+	818m	418986	629818	1993.04	307	0615	GUÉDÉ-OUROSSOGUI (N-
629+	818m	703+	73m	629818	703073	1993.04	236	0611	OUROSSOGUI-SEMMÉ (N-
703+	73m	770+	836m	703073	770836	1993.04	177	0712	BAKEL-SEMME (N-2)
770+	836m	829+	999m	770836	829999	1993.04	86	0711	NAYÉ-BAKEL (N-2)

PAYS 221
ROUTE N0002

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : ACCOTEMENT

LATERALISATION : G

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150
BORNE FIN : 220

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES P		LARG.	ACCOT.	NAT.	D'ACCOT	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN					
132+	398m	152+	42m	132398	152042	G	2.00	LAT
152+	42m	185+	357m	152042	185357	G	2.00	LAT
185+	357m	208+	725m	185357	208725	G	1.10	BQ
208+	725m	218+	436m	208725	218436	G	1.20	BQ
218+	436m	220+	196m	218436	220196	G	Inconnu	Inconnu
220+	196m	222+	567m	220196	222567	G	1.20	SA

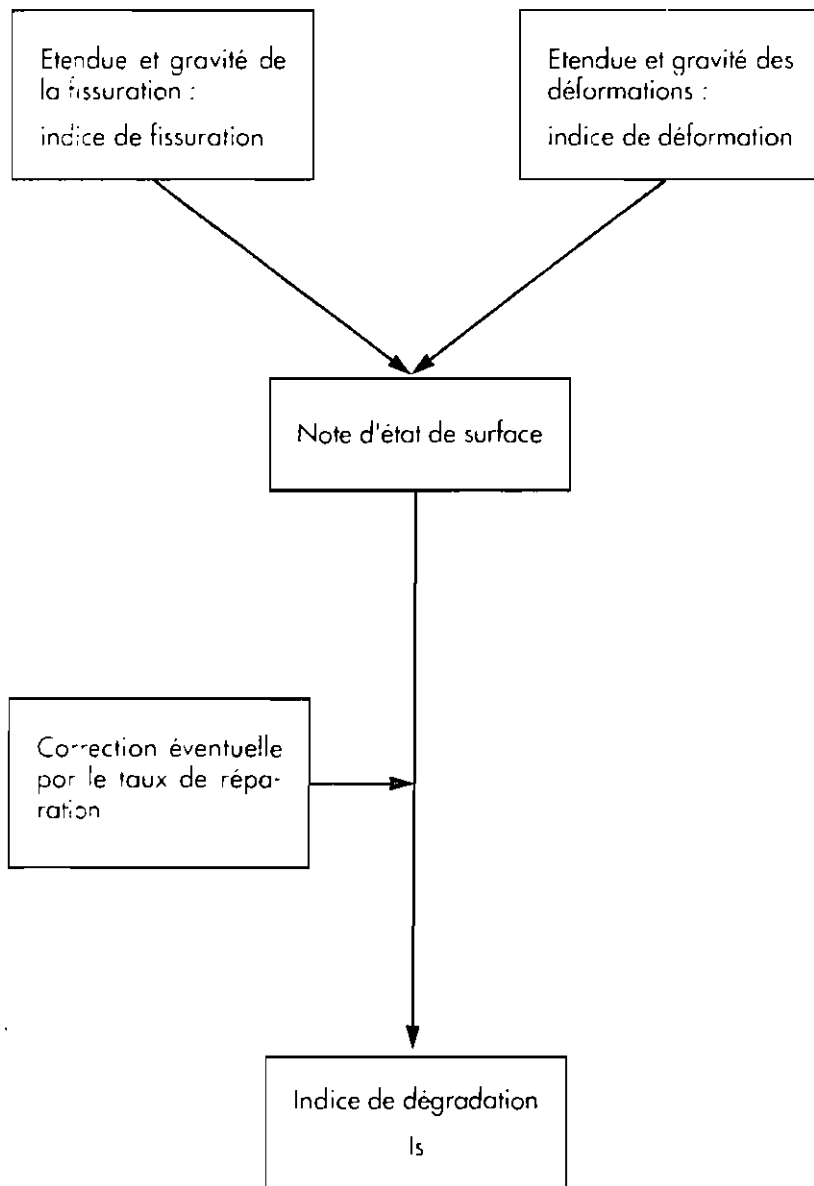
LATERALISATION : D

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150
BORNE FIN : 220

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES P		LARG.	ACCOT.	NAT.	D'ACCOT	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN					
132+	398m	152+	42m	132398	152042	D	2.00	LAT
152+	42m	185+	357m	152042	185357	D	2.00	LAT
185+	357m	208+	725m	185357	208725	D	1.10	BQ
208+	725m	220+	196m	208725	220196	D	1.20	BQ
220+	196m	222+	513m	220196	222513	D	1.20	SA

PRINCIPE DE LA DÉTERMINATION DE LA NOTE D'ÉTAT DE SURFACE



VIZIR

DÉTERMINATION DE L'INDICE DE DÉGRADATION

Pas de fissure ni de déformation	0
----------------------------------	---

Examen visuel	(1) Indice de fissuration If	Étendue Gravité	0 à 10 %	10 à 50 %	> 50 %
		1	1	2	3
		2	2	3	4
		3	3	4	5

Indice de déformation Id	Étendue Gravité	0 à 10 %	10 à 50 %	> 50 %
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

(1) Calcul effectué séparément pour la fissuration longitudinale et le faïençage. L'indice retenu est le plus grand des deux calculés.

Première note de dégradation	If	0	1-2	3	4-5
	0	1	2	3	4
	1-2	3	3	4	5
	3	4	5	5	6
	4-5	5	6	7	7

Étendue Gravité	0 à 10 %	10 à 50 %	> 50 %
1	0	0	0
2	0	0	+1
3	0	+1	+1

Correction pour réparation

Indice de dégradation de surface Is
Note de 1 à 7

Note finale

VIZIR

PAYS 221

ROUTE N0002

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : ETAT DE LA ROUTE

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150 LUGA
 BORNE FIN : 220 SAINT-LOUIS

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES		VALEUR D'IRI	DEGRADATION	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN			
149+	525m	150+	24m	149525 150024	2.77	1
150+	24m	150+	497m	150024 150497	3.40	1
150+	497m	150+	995m	150497 150995	3.62	1
150+	995m	151+	492m	150995 151492	3.31	1
151+	492m	151+	989m	151492 151989	3.31	1
151+	989m	152+	486m	151989 152486	3.51	1
152+	486m	152+	984m	152486 152984	3.51	1
152+	984m	153+	481m	152984 153481	2.74	1
153+	481m	153+	978m	153481 153978	2.85	1
153+	978m	154+	475m	153978 154475	2.94	1
154+	475m	154+	973m	154475 154973	2.91	1
154+	973m	155+	470m	154973 155470	3.60	1
155+	470m	155+	967m	155470 155967	3.19	1
155+	967m	156+	464m	155967 156464	3.19	1
156+	464m	156+	962m	156464 156962	3.22	1
156+	962m	157+	459m	156962 157459	2.99	1
157+	459m	157+	956m	157459 157956	3.02	1
157+	956m	158+	453m	157956 158453	3.80	1
158+	453m	158+	950m	158453 158950	3.91	4
158+	950m	159+	448m	158950 159448	5.52	5
159+	448m	159+	945m	159448 159945	7.33	7
159+	945m	160+	442m	159945 160442	4.73	5
160+	442m	160+	939m	160442 160939	4.52	4
160+	939m	161+	437m	160939 161437	5.96	6
161+	437m	161+	934m	161437 161934	5.22	5
161+	934m	162+	431m	161934 162431	3.97	4
162+	431m	162+	928m	162431 162928	4.61	4
162+	928m	163+	426m	162928 163426	5.02	5
163+	426m	163+	923m	163426 163923	4.84	4
163+	923m	164+	420m	163923 164420	3.94	4
164+	420m	164+	917m	164420 164917	6.05	7
164+	917m	165+	415m	164917 165415	5.96	7
165+	415m	165+	912m	165415 165912	7.30	7
165+	912m	166+	409m	165912 166409	7.06	7
166+	409m	166+	906m	166409 166906	4.99	5
166+	906m	167+	404m	166906 167404	6.91	7
167+	404m	167+	901m	167404 167901	6.29	7
167+	901m	168+	398m	167901 168398	6.35	7
168+	398m	168+	895m	168398 168895	7.00	7
168+	895m	169+	393m	168895 169393	6.41	7
169+	393m	169+	890m	169393 169890	7.79	7
169+	890m	170+	387m	169890 170387	7.24	7

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : ETAT DE LA ROUTE

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150

BORNE FIN : 220

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES		VALEUR D'IRI	DEGRADATION	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN			
170+	387m	170+	884m	170387 170884	5.81	5
170+	884m	171+	382m	170884 171382	5.90	5
171+	382m	171+	879m	171382 171879	7.42	7
171+	879m	172+	376m	171879 172376	5.90	6
172+	376m	172+	873m	172376 172873	5.34	5
172+	873m	173+	370m	172873 173370	6.17	5
173+	370m	173+	868m	173370 173868	5.19	6
173+	868m	174+	365m	173868 174365	5.90	6
174+	365m	174+	862m	174365 174862	5.31	5
174+	862m	175+	359m	174862 175359	5.58	5
175+	359m	175+	857m	175359 175857	5.49	5
175+	857m	176+	354m	175857 176354	5.31	6
176+	354m	176+	851m	176354 176851	5.28	5
176+	851m	177+	348m	176851 177348	6.67	6
177+	348m	177+	846m	177348 177846	6.91	7
177+	846m	178+	343m	177846 178343	6.29	6
178+	343m	178+	840m	178343 178840	5.19	5
178+	840m	179+	337m	178840 179337	5.37	5
179+	337m	179+	835m	179337 179835	6.43	6
179+	835m	180+	332m	179835 180332	5.49	6
180+	332m	180+	829m	180332 180829	5.31	5
180+	829m	181+	326m	180829 181326	4.52	4
181+	326m	181+	824m	181326 181824	5.46	7
181+	824m	182+	321m	181824 182321	4.81	7
182+	321m	182+	818m	182321 182818	4.55	4
182+	818m	183+	315m	182818 183315	4.35	4
183+	315m	183+	813m	183315 183813	4.87	4
183+	813m	184+	310m	183813 184310	5.25	5
184+	310m	184+	807m	184310 184807	5.52	5
184+	807m	185+	304m	184807 185304	4.84	5
185+	304m	185+	357m	185304 185357	5.13	4
185+	357m	185+	500m	185357 185500	4.84	5
185+	500m	186+	1m	185500 186001	5.13	4
186+	1m	186+	501m	186001 186501	5.63	5
186+	501m	187+	2m	186501 187002	4.96	4
187+	2m	187+	502m	187002 187502	5.16	4
187+	502m	188+	3m	187502 188003	5.05	5
188+	3m	188+	503m	188003 188503	4.29	4
188+	503m	189+	4m	188503 189004	4.26	4
189+	4m	189+	504m	189004 189504	4.38	5
189+	504m	190+	5m	189504 190005	5.05	5
190+	5m	190+	505m	190005 190505	4.84	5

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : ETAT DE LA ROUTE

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150

BORNE FIN : 220

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES		VALEUR D'IRI	DEGRADATION	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN			
190+	505m	191+	6m	190505 191006	4.58	5
191+	6m	191+	507m	191006 191507	4.17	3
191+	507m	192+	7m	191507 192007	4.00	5
192+	7m	192+	508m	192007 192508	4.61	5
192+	508m	193+	8m	192508 193008	4.20	5
193+	8m	193+	509m	193008 193509	3.86	4
193+	509m	194+	9m	193509 194009	3.77	4
194+	9m	194+	510m	194009 194510	4.61	4
194+	510m	195+	10m	194510 195010	3.77	5
195+	10m	195+	511m	195010 195511	4.29	5
195+	511m	196+	11m	195511 196011	4.23	5
196+	11m	196+	512m	196011 196512	5.31	6
196+	512m	197+	12m	196512 197012	3.94	5
197+	12m	197+	513m	197012 197513	4.84	5
197+	513m	198+	13m	197513 198013	3.80	4
198+	13m	198+	514m	198013 198514	4.03	4
198+	514m	199+	15m	198514 199015	4.35	5
199+	15m	199+	515m	199015 199515	3.60	5
199+	515m	200+	16m	199515 200016	4.03	5
200+	16m	200+	516m	200016 200516	3.74	5
200+	516m	201+	17m	200516 201017	4.90	5
201+	17m	201+	517m	201017 201517	4.23	5
201+	517m	202+	18m	201517 202018	3.42	1
202+	18m	202+	518m	202018 202518	3.57	2
202+	518m	203+	19m	202518 203019	4.84	2
203+	19m	203+	519m	203019 203519	3.45	3
203+	519m	204+	20m	203519 204020	3.65	2
204+	20m	204+	520m	204020 204520	3.77	3
204+	520m	205+	21m	204520 205021	3.54	1
205+	21m	205+	521m	205021 205521	4.64	3
205+	521m	206+	22m	205521 206022	4.14	1
206+	22m	206+	523m	206022 206523	3.91	1
206+	523m	207+	23m	206523 207023	4.43	1
207+	23m	207+	524m	207023 207524	4.14	1
207+	524m	208+	24m	207524 208024	5.28	3
208+	24m	208+	525m	208024 208525	5.16	1
208+	525m	209+	25m	208525 209025	4.67	1
209+	25m	209+	526m	209025 209526	4.32	1
209+	526m	210+	26m	209526 210026	4.41	3
210+	26m	210+	527m	210026 210527	4.12	3
210+	527m	211+	27m	210527 211027	4.84	5
211+	27m	211+	528m	211027 211528	4.23	4

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : ETAT DE LA ROUTE

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150

BORNE FIN : 220

REPERAGE SUR BORNES KM.		DIST. CUMULEES		VALEUR D'IRI	DEGRADATION	
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN			
211+	528m	212+	28m	211528 212028	4.81	4
212+	28m	212+	529m	212028 212529	4.29	3
212+	529m	213+	29m	212529 213029	4.55	3
213+	29m	213+	530m	213029 213530	3.51	3
213+	530m	214+	31m	213530 214031	4.35	4
214+	31m	214+	531m	214031 214531	4.52	4
214+	531m	215+	32m	214531 215032	6.73	6
215+	32m	215+	532m	215032 215532	3.94	4
215+	532m	216+	33m	215532 216033	4.52	5
216+	33m	216+	533m	216033 216533	4.32	4
216+	533m	217+	34m	216533 217034	4.26	4
217+	34m	217+	534m	217034 217534	4.35	3
217+	534m	218+	35m	217534 218035	4.32	2
218+	35m	218+	535m	218035 218535	5.40	4
218+	535m	219+	36m	218535 219036	6.20	6
219+	36m	219+	536m	219036 219536	5.55	5
219+	536m	220+	37m	219536 220037	7.06	5
220+	37m	220+	134m	220037 220134	4.99	6
220+	134m	220+	500m	220134 220500	4.99	6
220+	500m	220+	999m	220500 220999	9.53	6
220+	999m	221+	499m	220999 221499	7.33	2

REPERAGE DE LA RUBRIQUE : BAREME DES IRI ET ID

DATE D'EDITION : 02/06/95

BORNE DEBUT : 150

BORNE FIN : 220

REPERAGE SUR BORNES KM. DIST. CUMULEES				INT. IRI-ID	REPERAGE SUR BORNES KM. DIST. CUMULEES				INT. IRI-ID					
DEBUT	FIN	DEBUT	FIN		DEBUT	FIN	DEBUT	FIN						
138+	509m	158+	453m	138509	158453	1	203+	19m	205+	21m	203019	205021	1	
158+	453m	158+	950m	158453	158950	5	205+	21m	205+	521m	205021	205521	7	
158+	950m	160+	442m	158950	160442	9	205+	521m	206+	523m	205521	206523	4	
160+	442m	160+	939m	160442	160939	8	206+	523m	207+	23m	206523	207023	7	
160+	939m	161+	934m	160939	161934	9	207+	23m	207+	524m	207023	207524	4	
161+	934m	162+	431m	161934	162431	5	207+	524m	210+	26m	207524	210026	7	
162+	431m	162+	928m	162431	162928	8	210+	26m	210+	527m	210026	210527	4	
162+	928m	163+	426m	162928	163426	9	210+	527m	211+	27m	210527	211027	9	
163+	426m	163+	923m	163426	163923	8	211+	27m	212+	28m	211027	212028	8	
163+	923m	164+	420m	163923	164420	5	212+	28m	213+	29m	212028	213029	7	
164+	420m	180+	829m	164420	180829	9	213+	29m	213+	530m	213029	213530	1	
180+	829m	181+	326m	180829	181326	8	213+	530m	214+	531m	213530	214531	8	
181+	326m	182+	321m	181326	182321	9	214+	531m	215+	32m	214531	215032	9	
182+	321m	183+	813m	182321	183813	8	215+	32m	215+	532m	215032	215532	5	
183+	813m	185+	304m	183813	185304	9	215+	532m	216+	33m	215532	216033	9	
185+	304m	185+	357m	185304	185357	8	216+	33m	217+	34m	216033	217034	8	
185+	357m	185+	500m	185357	185500	9	217+	34m	218+	35m	217034	218035	7	
185+	500m	186+	1m	185500	186001	8	218+	35m	218+	535m	218035	218535	8	
186+	1m	186+	501m	186001	186501	9	218+	535m	220+	999m	218535	220999	9	
186+	501m	187+	502m	186501	187502	8	220+	999m	222+	498m	220999	222498	7	
187+	502m	188+	3m	187502	188003	9								
188+	3m	189+	4m	188003	189004	8								
189+	4m	191+	6m	189004	191006	9								
191+	6m	191+	507m	191006	191507	7								
191+	507m	192+	7m	191507	192007	6								
192+	7m	193+	8m	192007	193008	9								
193+	8m	193+	509m	193008	193509	5								
193+	509m	194+	9m	193509	194009	2								
194+	9m	194+	510m	194009	194510	8								
194+	510m	195+	10m	194510	195010	3								
195+	10m	196+	512m	195010	196512	9								
196+	512m	197+	12m	196512	197012	6								
197+	12m	197+	513m	197012	197513	9								
197+	513m	198+	13m	197513	198013	2								
198+	13m	198+	514m	198013	198514	5								
198+	514m	199+	15m	198514	199015	9								
199+	15m	199+	515m	199015	199515	3								
199+	515m	200+	16m	199515	200016	6								
200+	16m	200+	516m	200016	200516	3								
200+	516m	201+	517m	200516	201517	9								
201+	517m	202+	518m	201517	202518	1								
202+	518m	203+	19m	202518	203019	7								

ANNEXE 3

TRONCON LOUGA SAINT LOUIS

1. RESULTATS DE L'EXTRACTION DE BITUME

Section	LOUGA-BARALE (n°1)	BARALE-RAO (n°2)	RAO Au PK1.5 de RAO (n°3)	PK1.5-SAINT LOUIS (n°4)
type de revêtement	sand asphalt	sand asphalt	enrobé en banco coquillage	enrobé en banco coquillage
% bitume	6.7	9.5	7.2	6.1

2. GRANULOMETRIE

TAMIS		PASSANTS (%) POUR SECTIONS			
mm	P ₀	1	2	3	4
19	3/4"			100	100
12.5	1/2"			96.9	93.9
9.5	3/8"			91.3	89.9
4.75	n°4	100	100	68.7	71.1
2.36	n°8	99.0	97.2	48.8	52.6
1.18	N°16	89.2	87.0	36.5	40.0
0.600	n°30	80.9	76.5	28.9	30.9
0.300	n°50	62.5	58.1	21.0	22.3
0.150	n°100	34.0	31.7	10.0	10.9
0.075	n°200	5.5	6.1	3.4	4.3

CALCUL DE C_v ET C_c POUR LES SECTIONS 1 et 2

SECTION	D10	D30	D60	$C_v = D60/D10$	$C_c = (D30)^2 / (D10 * D60)$
1	0.087	0.139	0.287	3.3	0.8
2	0.086	0.145	0.331	3.8	0.87

VERIFICATION A FAIRE

* $3.5 \leq C_v \leq 20$

* $1 \leq C_c \leq 3$

Remarque : seule la deuxième section s'approche des spécifications (CERT)

CHANTIER: POPENGUINE

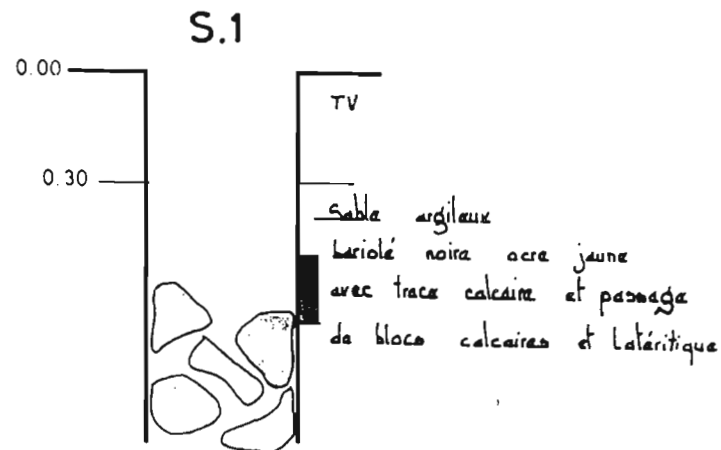
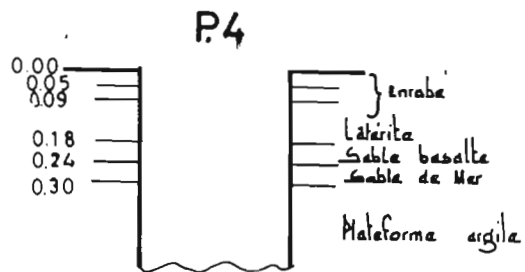
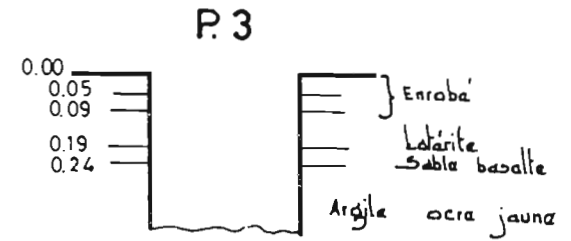
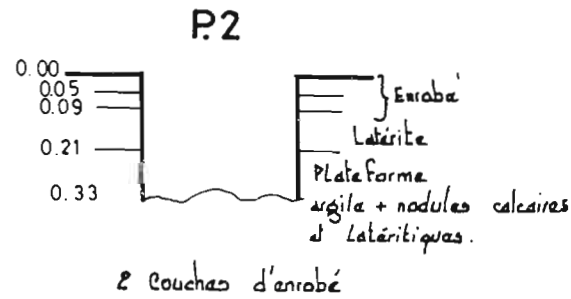
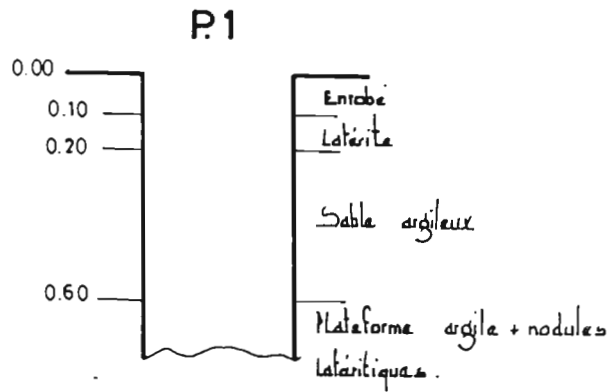
1_ Mesure de densités in_situ

TRANCHEE	P1	P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4
COUCHE	Base	Fond.	Platf.	Base	Platf.	Base	Platf.	Base	Platf.
DENSITE IN_SITU γ_d	1.436	1.586	1.545	1.670	1.527	1.657	1.733	1.780	1.605
W% IN_SITU	16.5	10.3	9.7	11.7	13.6	13.8	11.5	9.7	19.5
γ_d OPM	2.055	1.835	2.125	2.055	2.125	2.055	2.125	2.055	2.125
W% OPM	9.0	8.4	8.9	9.0	8.9	9.0	8.9	9.0	8.9
COMPACTITE %	70	86	73	81	72	81	81	87	75

2_ Caractéristiques du revêtement

	1 ^e COUCHE	2 ^e COUCHE
NATURE	0/3 MICRO BETON	0/3 MICRO BETON
% BITUME	11.2	9.3
DENSITE	2.10	2.05

CHANTIER: POPENGUINE

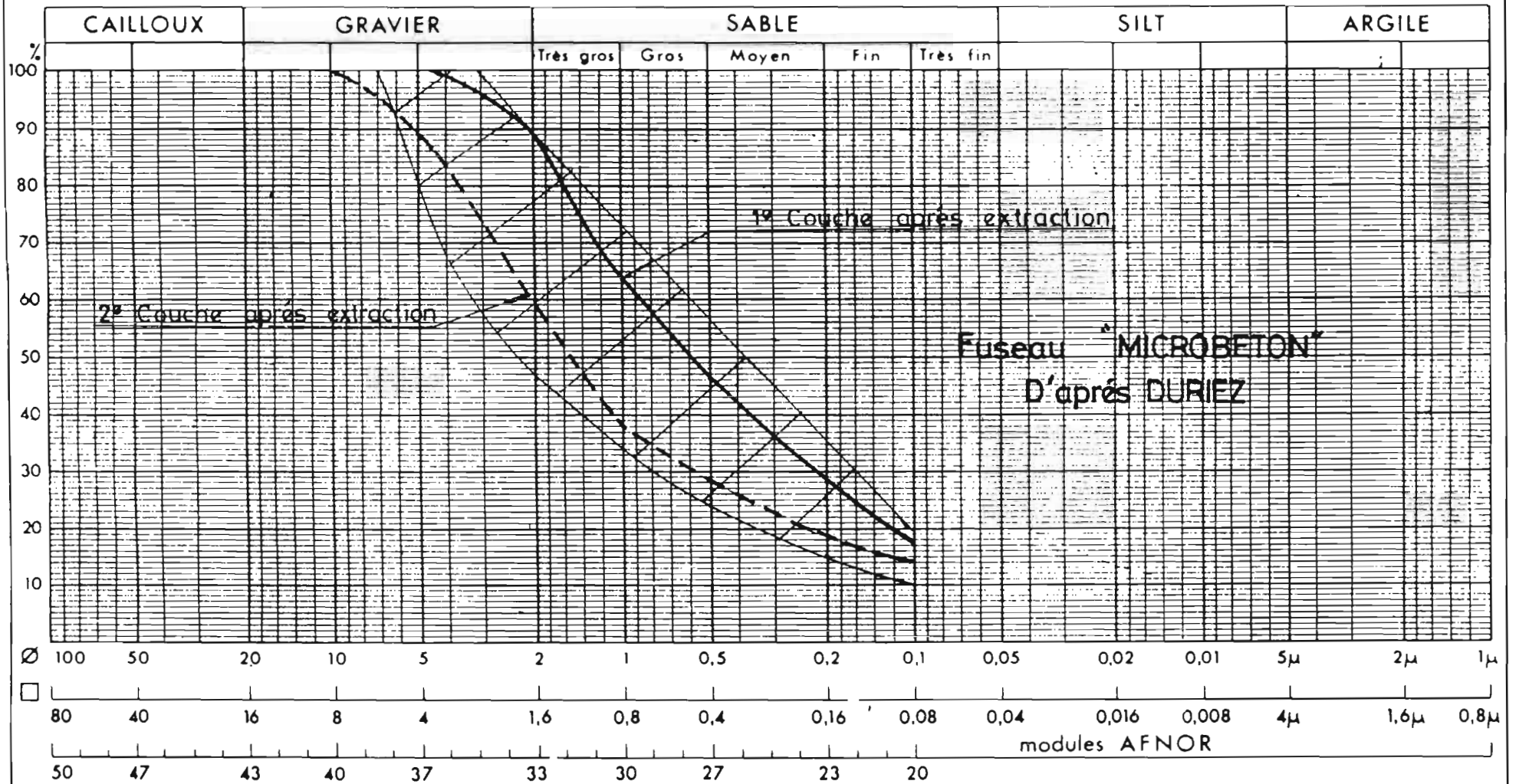


— Légende —

- TV : Terre végétale
- P : Tranchée sur la chaussée
- S : Puits manuel de reconnaissance des sols de plateforme...

ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES

ESSAI D'EXTRACTION SUR LE REVETEMENT



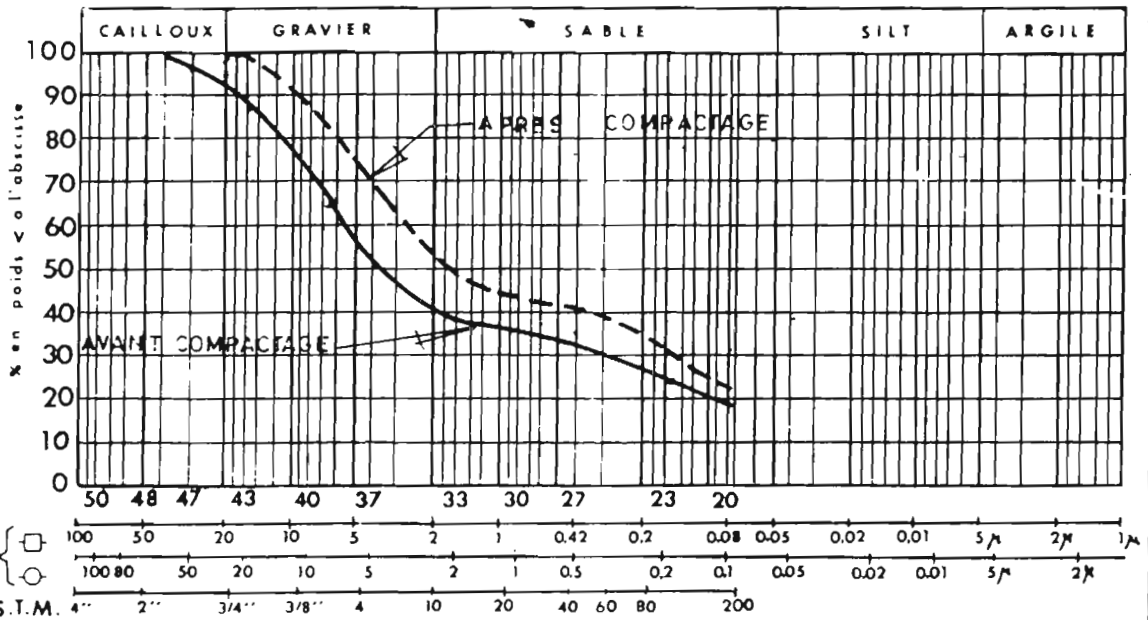
CHANTIER: POPENGUINE

CHANTIER: POPENGUINE

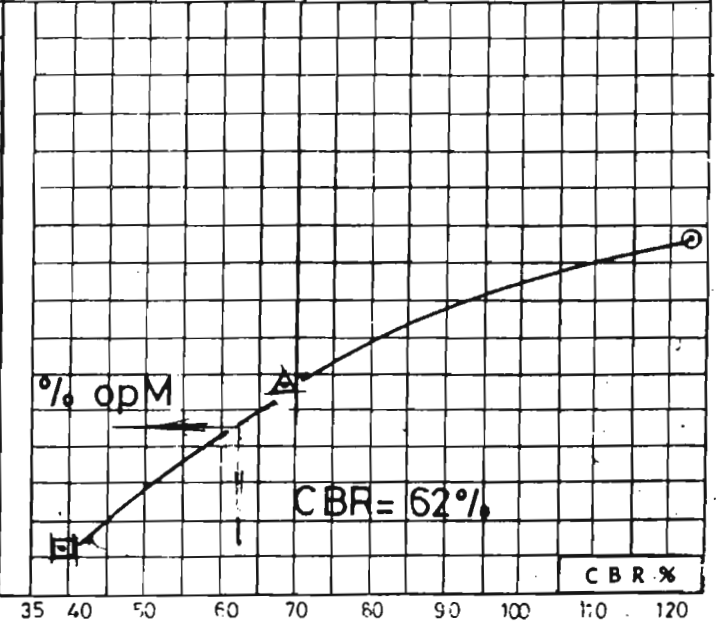
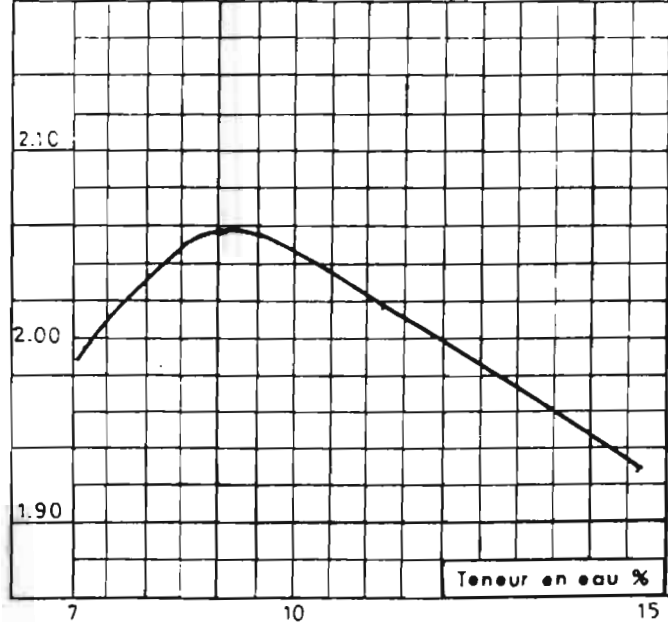
ESSAIS D'IDENTIFICATION

Ech.	Couche étudiée	Limites d'Atterberg			ES	Classification L.C.P.C
		WL	WP	IP		
1	Avant compactage	31	15.5	15.5		
2	Après " "	30	14	16.0		

GRANULOMETRIE



ESSAI PROCTOR			ESSAI CBR (après 96 heures d'imbibition)				
Couche étudiée	Densité sèche maximum	Teneur en eau optimum %	Couche étudiée	N coups	γ_d	W % saturation	Gonflement %
Latérite Crue	2.055	9.0	Latérite Crue	○ 55	2.05	11.5	NEANT
				△ 25	1.955	13.2	—
				□ 10	1.265	13.8	—
				○ 55			
				△ 25			
				□ 10			

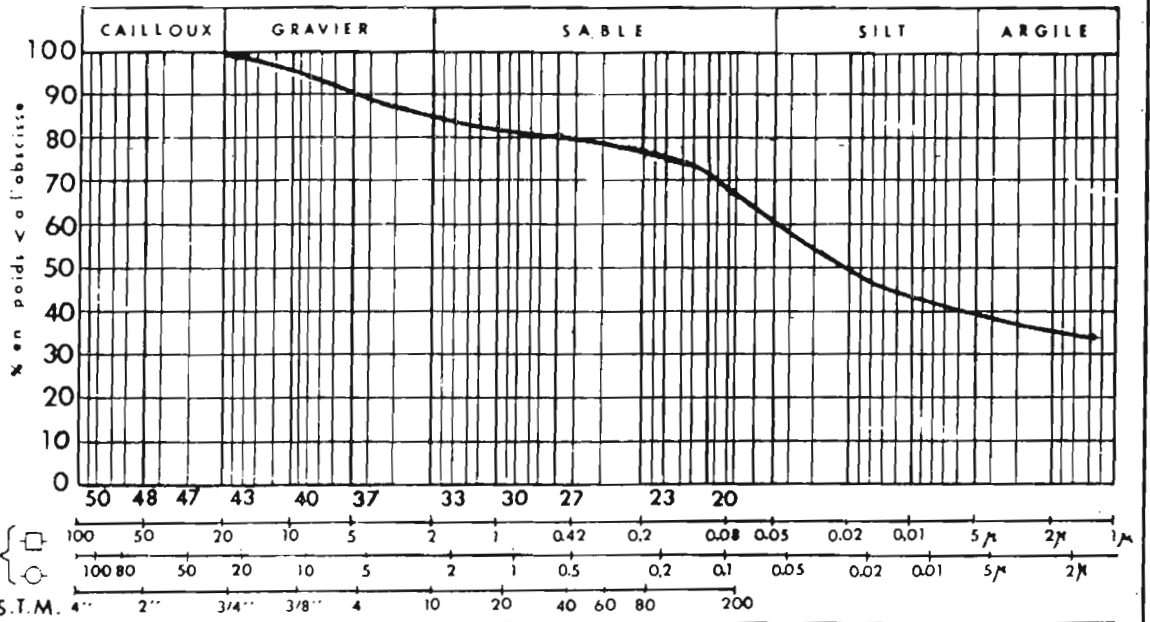


CHANTIER: POPENGUINE

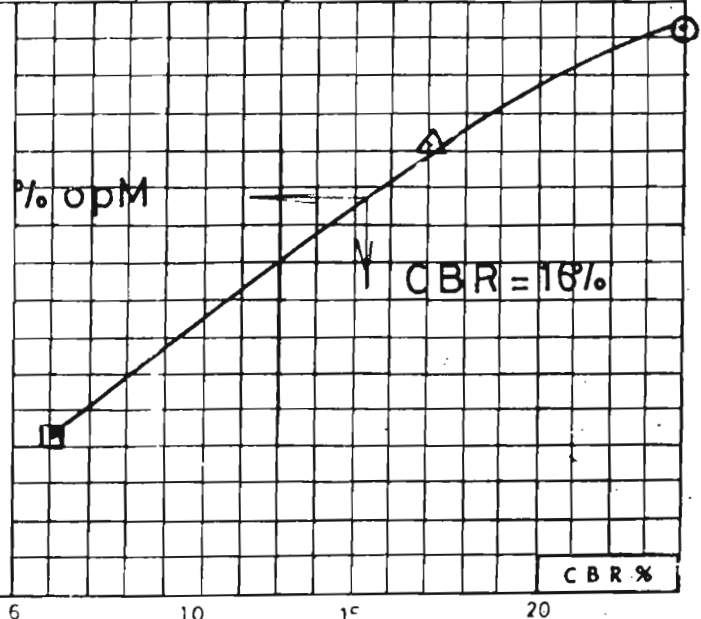
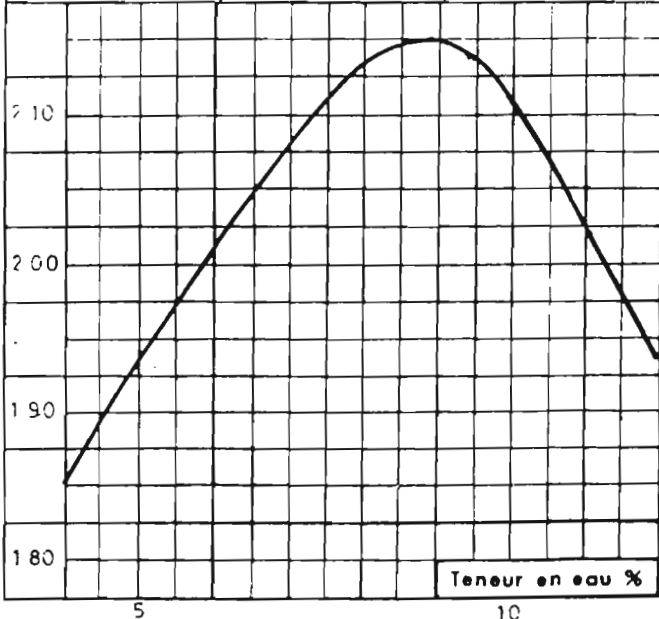
ESSAIS D'IDENTIFICATION

Ech.	Couche étudiée	Limites d'Atterberg			ES	Classification L.C.P.C
		WL	WP	IP		
1 2	Avant Compactage	46.0	15.0	31.0		

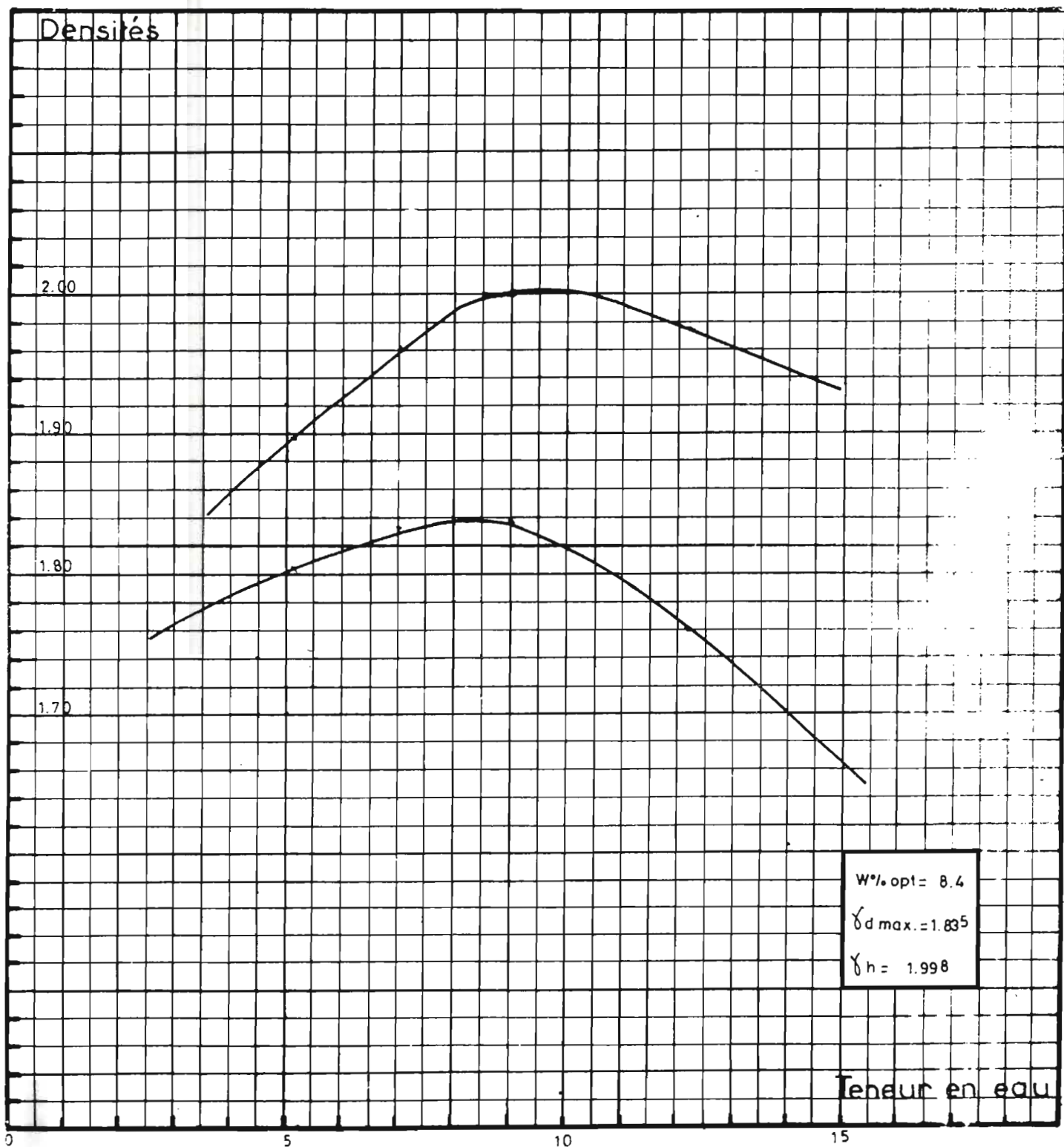
GRANULOMETRIE



ESSAI PROCTOR			ESSAI CBR (après 96 heures d'imbibition)				
Couche étudiée	Densité sèche maximum	Teneur en eau optimum %	Couche étudiée	N coups	γ_d	W% saturation	Gonflement %
argile • Nodules Lat. Calcaires	2.125	8.9	argile • Nodules Lat.	○ 55	2.138	11.7	0.314
				△ 25	2.04	12.3	1.35
				□ 10	1.878	13.5	0.8
				○ 55			
				△ 25			
				□ 10			



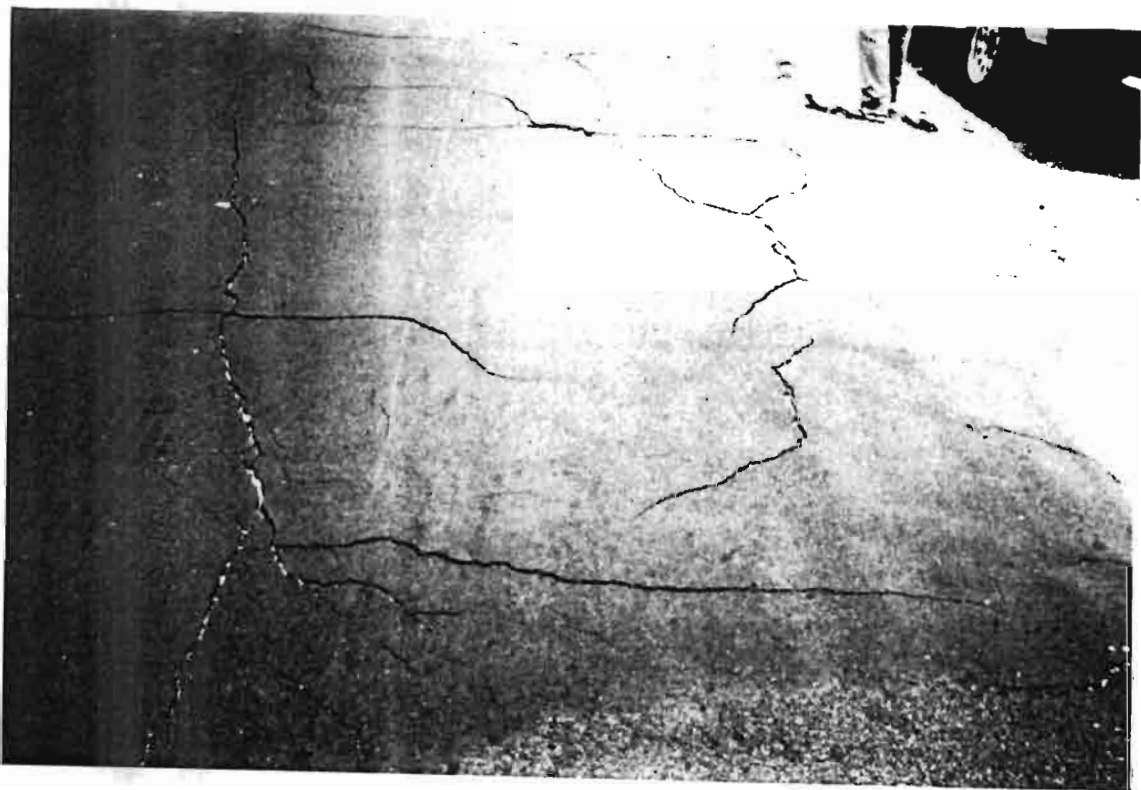
DOSSIER	CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET D'ETUDES POUR L'EQUIPEMENT Dakar (Sénégal)	SONDAGE P1 0.20_0.40
CHANTIER POPENGUINE	ESSAI PROCTOR AASHO	ECHANTILLON Sable Fondation

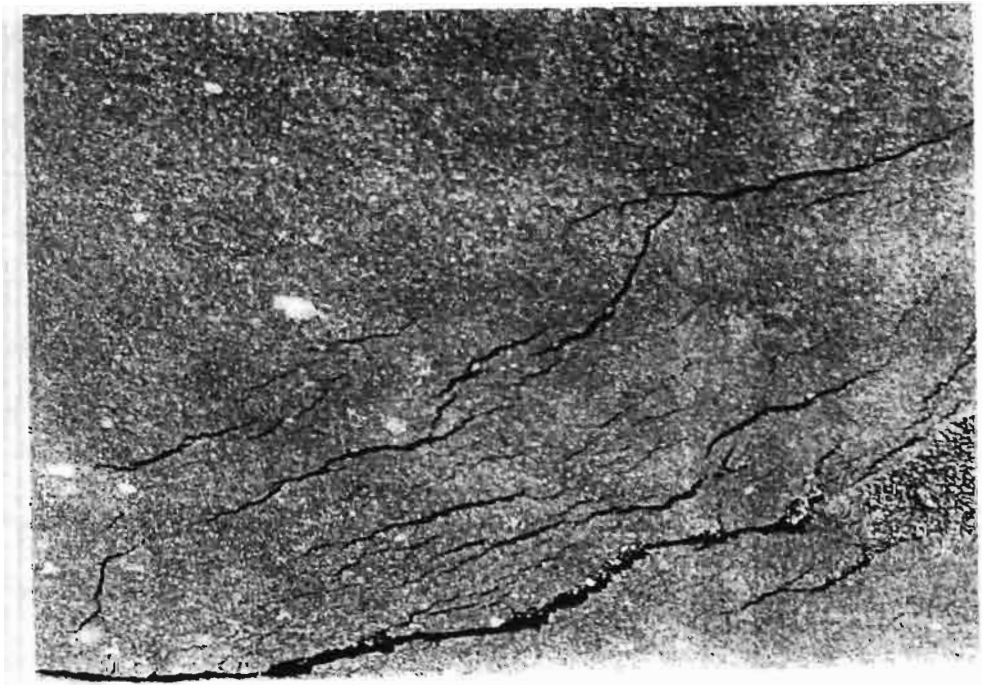
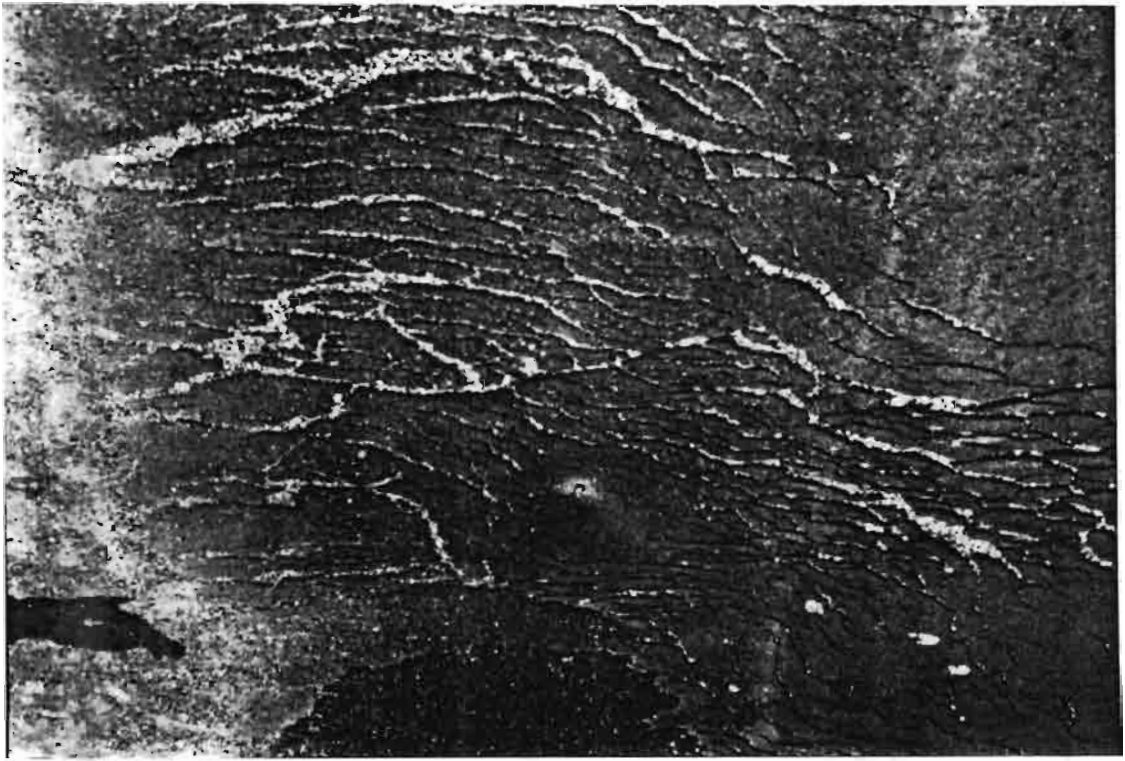


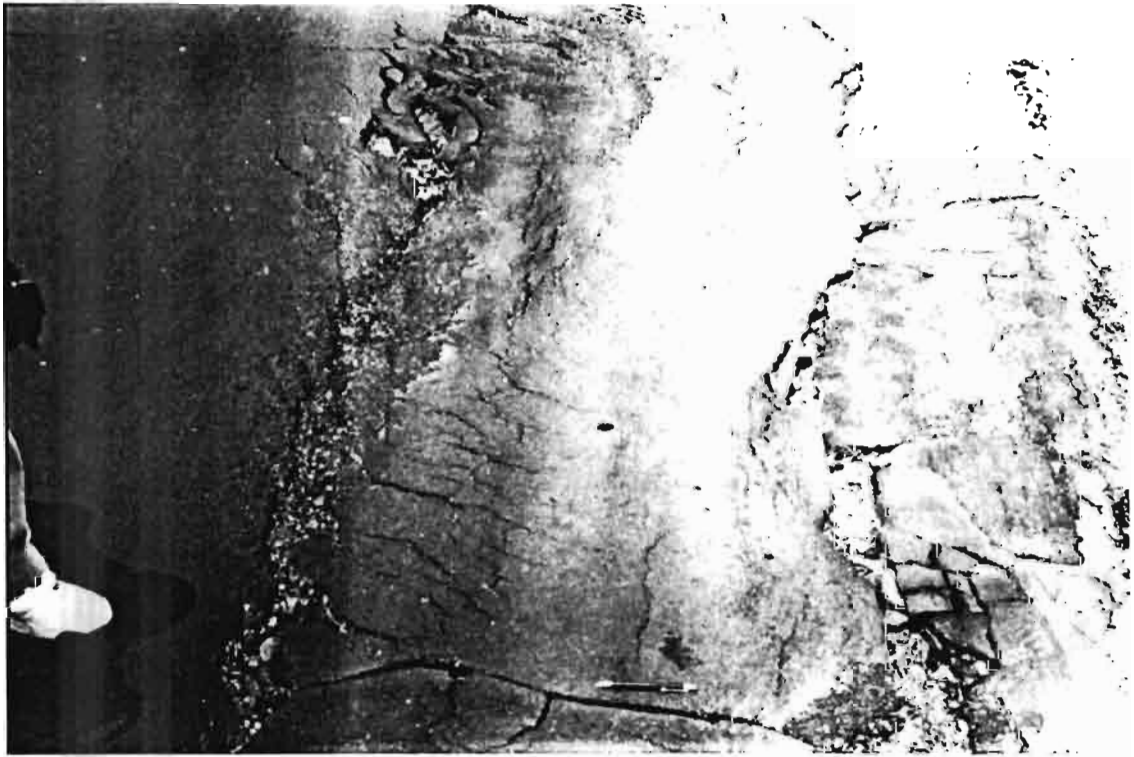
ANNEXE 4 : PHOTOS

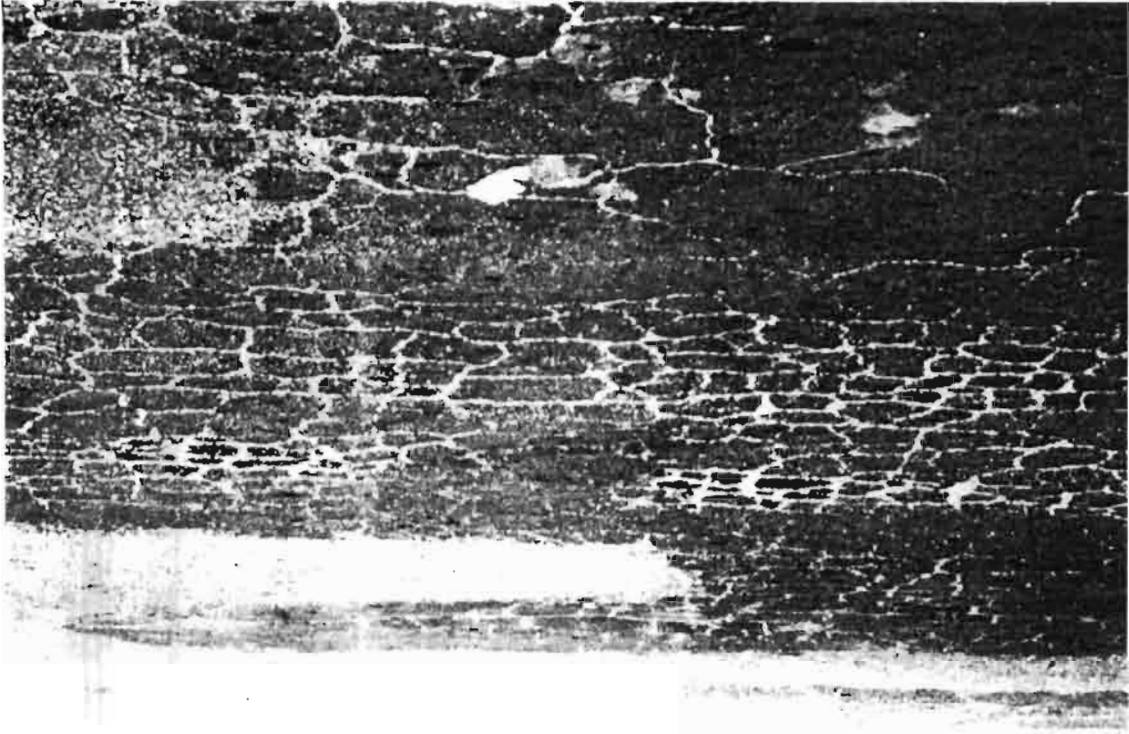
Louga - Saint-Louis









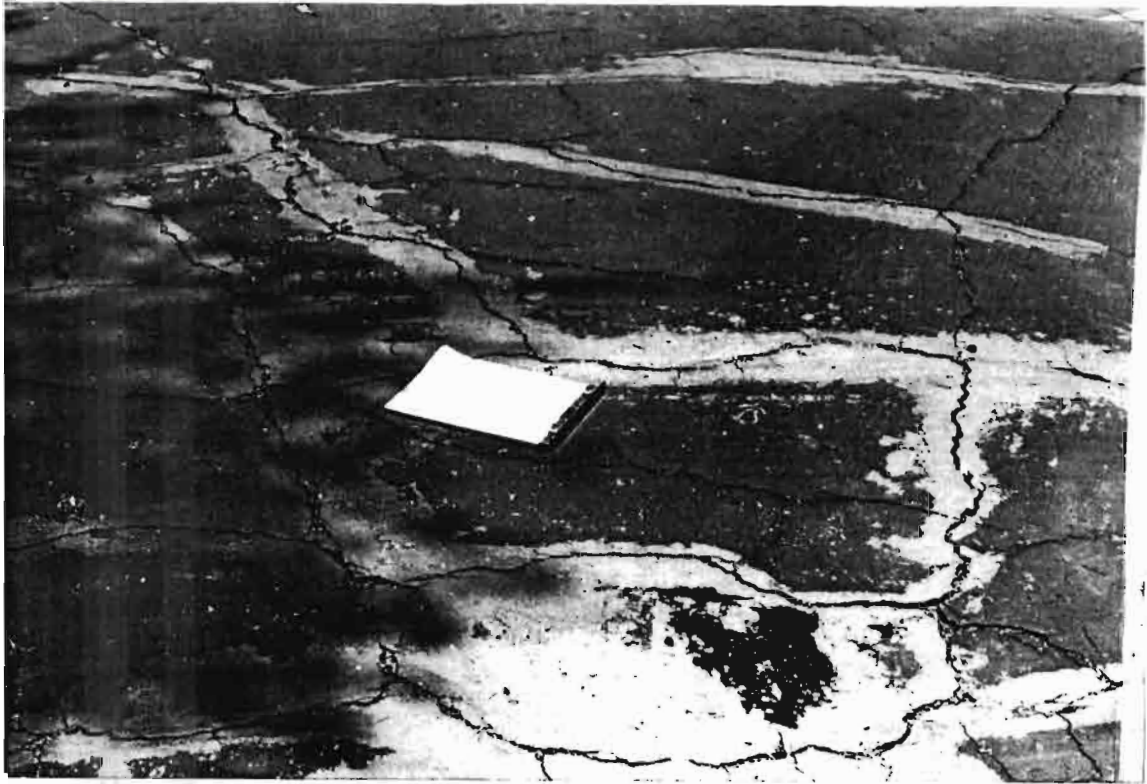


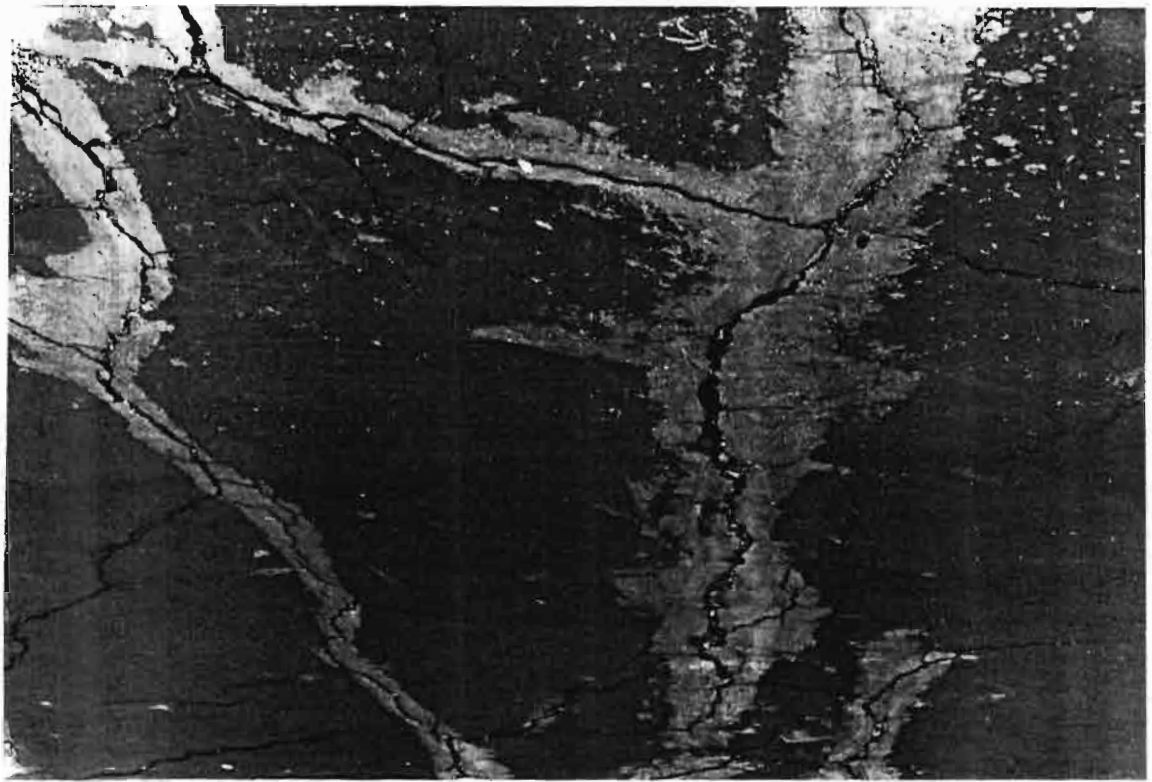
CF Cynos - CF VU 124





Voirie de Popenguine







ANNEXE 5

LOI D'ÉVOLUTION DE LA FISSURATION SUR L'ESSAI B₀

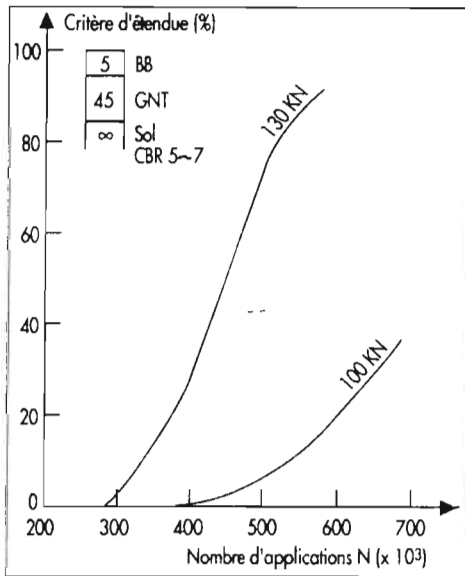


Figure 4-1-a
Évolution de l'étendue de la fissuration en fonction du nombre de passages de 100 kN et 130 kN (l'étendue est égale à la longueur de fissuration de la section ; la couche a été obtenue par ajustement d'une loi log-normale).

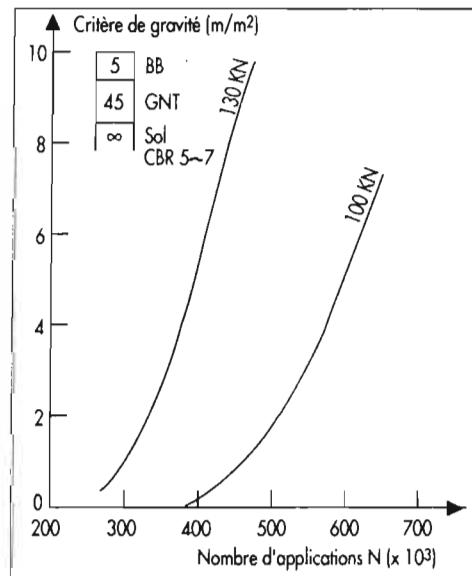
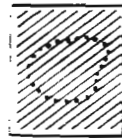
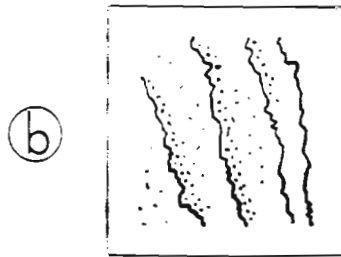
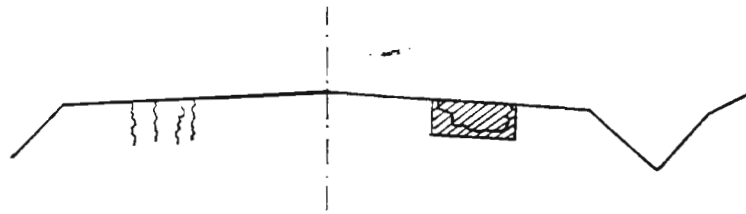


Figure 4-1-b
Évolution de la gravité de la fissuration en fonction du nombre de passages de 100 kN et 130 kN (la gravité est égale à la longueur totale de fissuration par m² dans la bande de roulement ; la courbe est obtenue par ajustement d'une loi log-normale).



52

REFECTION DU REVÊTEMENT

La réfection du revêtement est le remède apporté aux fissures (p. 13) : c'est aussi l'action qui finit une reprise localisée de la chaussée.

L'exécution du revêtement se fait en quatre actions :

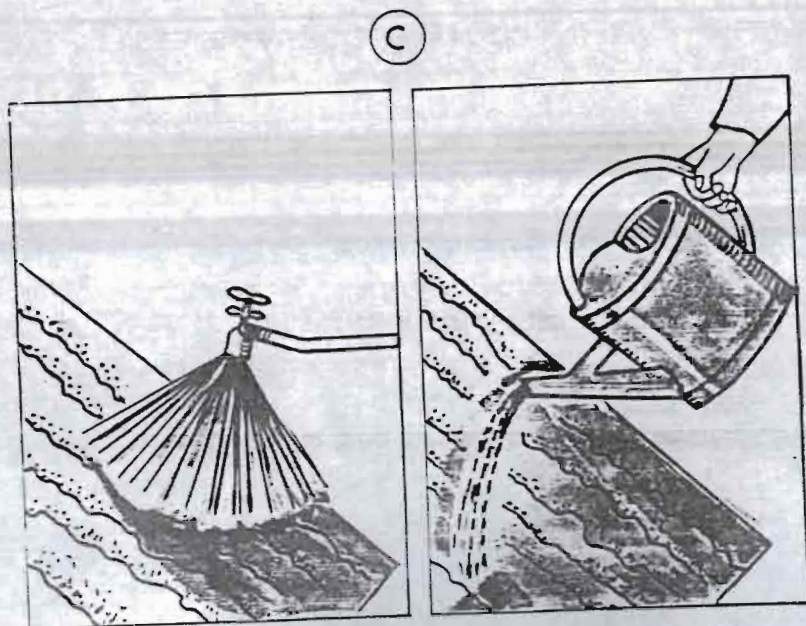
1 Balayer la zone (a)

Le balayage s'exécute avec les balais à main. La surface après balayage doit être propre et sèche.

2 Marquer la zone à réparer (b)

Le repérage de la zone à réparer se fait en marquant à la craie un rectangle délimitant la zone à revêtir.

53



3 Répandre le liant (c)

Le répandage du liant s'exécute à la lance* ou à l'arrosoir, aux dosages de l'ordre de :

- 1,5 kg/m² d'émulsion de bitume quand c'est une réparation de fissures,
- 1 kg/m² de bitume fluidifié (cut back) quand c'est la surface d'une reprise localisée.



4 Répandre le granulât (d)

Le répandage est fait à la volée avec :

- du sable quand c'est une réparation de fissures,
- du gravillon (6/10 par exemple) quand c'est la surface d'une reprise localisée.

Toute la surface doit être recouverte.

NOTA : Quand on utilise un gravillon, il faut compacter avec le petit rouleau.

COLMATAGE DES FISSURES

Le colmatage est le remède apporté aux fissures (p. 13).

Cas des fissures groupées

L'exécution du colmatage, avec un coulis bitumineux, se fait en quatre actions :

1 Balayer la zone (a)

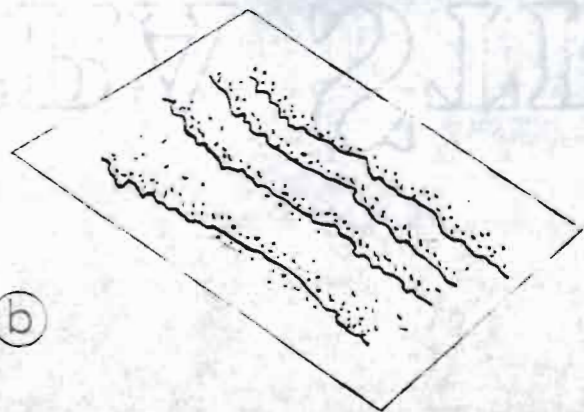
Le balayage s'exécute avec les balais à main. La surface après balayage doit être **propre et sèche**.



(a)

2 Marquer la zone à réparer (b)

Le repérage de la zone à réparer se fait en marquant à la craie les limites de la zone à colmater.



(b)

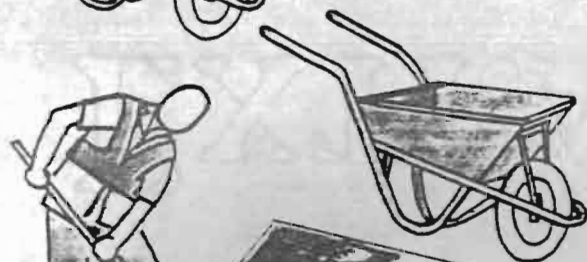


3 Fabriquer le coulis (c)

Le coulis est fabriqué en mélangeant dans la brouette du sable et de l'émulsion de bitume au dosage approximatif suivant :

· sable	20 litres
· émulsion	6 litres

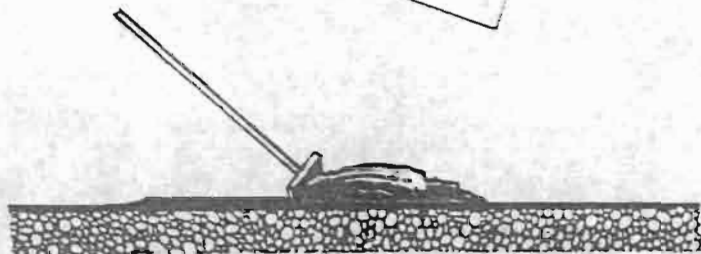
105



4 Répandre le coulis (d)

Le coulis est répandu à la raclette en une couche mince d'une épaisseur de 5 mm environ sur toute la surface marquée.

(c)



a



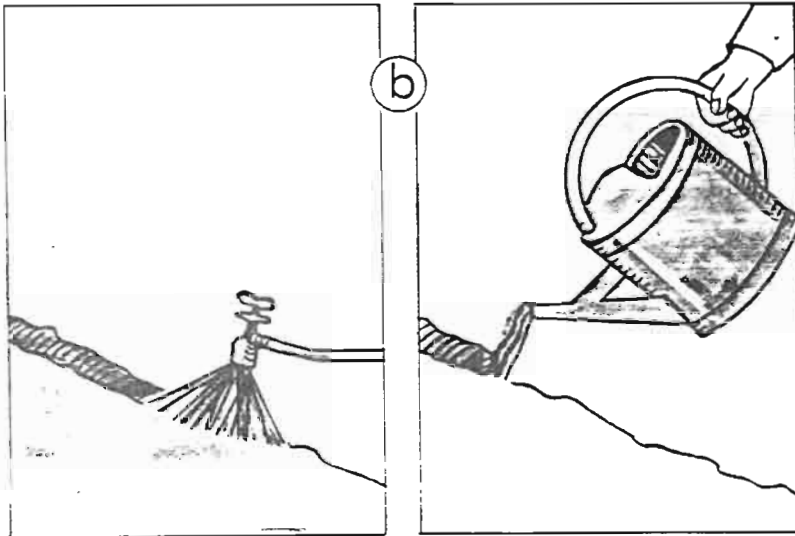
Cas des fissures isolées

L'exécution du colmatage se fait avec un bit fluidifié à chaud (cut back) en trois actions :

1 Balayer la zone (a)

La fissure après balayage doit être propre.

b



2 Répandre le liant (b)

Le répandage du liant s'exécute à la lance o l'arrosoir en suivant la fissure, le bec de la lance de l'arrosoir étant près de la surface ; la largeur répandage doit être la plus petite possible.

c



3 Répandre le sable (c)

Le sable est déposé à la pelle sur la fissure colmat par le liant.



REFECTION LOCALISÉE DU CORPS DE CHAUSSEE

Cette tâche est le remède apporté :

- aux fissures maillées (p. 13),
- aux affaissements par ornières et flaches (p. 17),
- aux affaissements localisés en bord de chaussée (p. 19),
- aux épaufrements (p. 21),
- aux nids de poule (p. 23),
- aux bourrelets (p. 25).

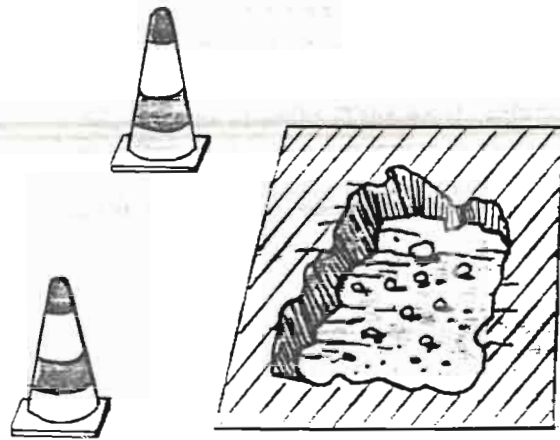
107



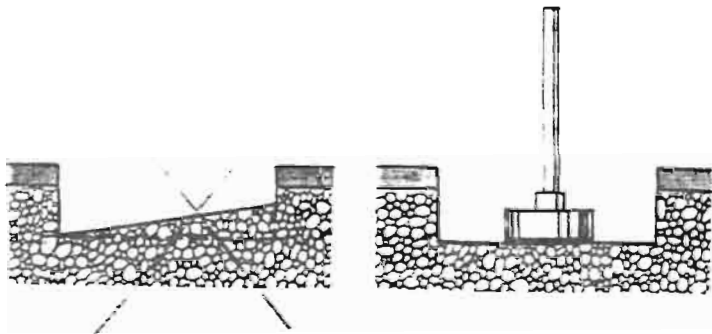
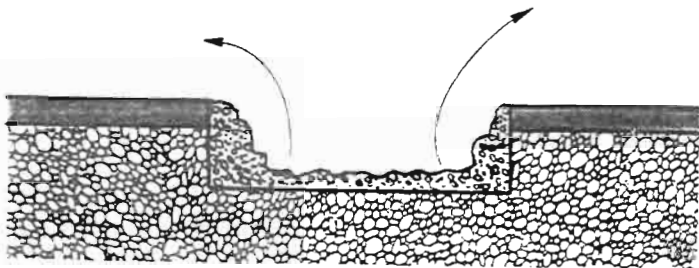
Elle comporte quatre actions :

1 Marquer la zone à réparer

Le repérage de la zone à réparer se fait en marquant à la craie un rectangle autour de la dégradation.



108



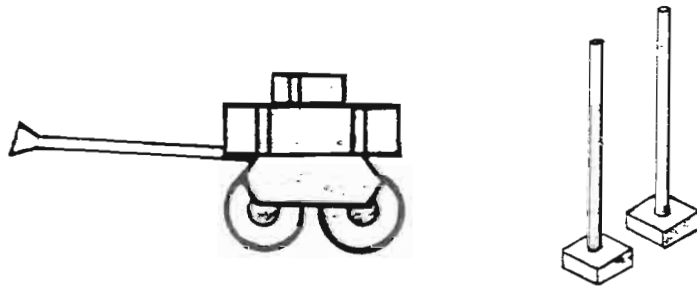
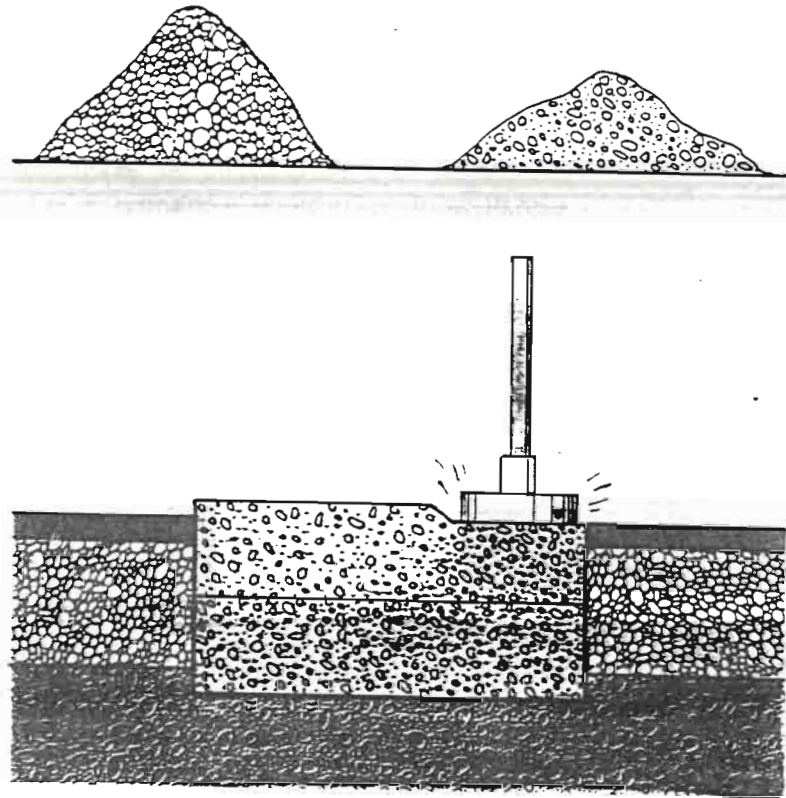
2 Excaver la zone à réparer

Il faut :

- retirer tout le matériau de la partie de chaussée marquée,

- approfondir l'excavation jusqu'à ^{rencontrer} au fond un matériau compact ; tailler les ^{parois} du trou pour qu'elles soient verticales,

- tailler le fond du trou : le rendre plat et horizontal puis le compacter.



3 Boucher l'excavation

Le bouchage est réalisé avec un **matériau sélectionné** de granularité 0/D chargé dans le camion-benne. Ce matériau peut être :

- un matériau de qualité équivalente à celle de la couche de base à réparer,
- ou un matériau enrobé à froid.

Le matériau est déposé et compacté dans l'excavation en une ou plusieurs couches d'épaisseur régulière selon la profondeur de l'excavation. La dernière couche avant le compactage doit être en légère surépaisseur pour tenir compte des tassements au compactage (environ 1/5 de la profondeur du trou).

Le compactage est effectué avec le petit rouleau vibrant ou à la dame, selon la taille du trou, jusqu'à ce que la surface ne se déforme plus.

4 Refaire le revêtement (p.



4.4. FINITION ET ENLEVEMENT DE LA SIGNALISATION

Les travaux de finition sont exécutés dès la fin de la réalisation des réparations et avant d'enlever la signalisation qui protège le chantier. Il faut :

- évacuer hors de la route les matériaux retirés des trous,
- retrousser* au balai les granulats sur le bord des réparations,

- sabler les zones surdosées en liant.

Dans les jours qui suivent, sabler toutes les réparations de surface sur lesquelles apparaissent des ressuges* (p. 11).

Dimensionnement du Flexiplast et de sa couverture bitumineuse

Flexiplast

L'épaisseur moyenne de la membrane est comprise entre 1,5 et 3 mm, à laquelle correspond un dosage en liant Elastoplast compris entre 1,5 et 3 kg/m². On détermine cette épaisseur en fonction de plusieurs paramètres :

- densité de fissuration ;
- type de fissuration et nature minéralogique du matériau fissuré liés à l'ouverture maximale des fissures ;
- conditions climatiques de la région ou est situé l'ouvrage (extrêmes hivernales, écart hiver été) ;
- microtexture du support qui peut nécessiter d'augmenter le dosage moyen ;
- l'épaisseur moyenne du Gripfibre est variable de 6 à 8 mm selon la granulométrie choisie, 0/4 ou 0/6 mm.

Couverture bitumineuse

La couverture bitumineuse du Flexiplast doit être adaptée aux sollicitations liées au trafic de manière à bien protéger la membrane et surtout à pouvoir résister elle-même à ces deux sollicitations.

On distinguera les deux types habituels d'entretien :

■ Entretien curatif de chaussées fissurées

En entretien curatif hors support béton, on modulera cette couverture bitumineuse en fonction du trafic et de la géométrie du tracé qui peut contribuer à augmenter considéra-

blement les efforts de cisaillement dans le cas de faibles rayons (voir le tableau 1).

Dans l'hypothèse de dalles de béton non goujonnées, il conviendra de mesurer les battements éventuels de celle-ci car, selon leur importance, il pourra s'avérer opportun de combiner l'emploi de Flexiplast avec un renforcement en enrobés à très haut module dont la rigidité réduira les fonctions verticales du Flexiplast qui pourra alors assurer un bon découplage. Dans le cas extrême de forts battements, la combinaison précédente pourra être appliquée après avoir réduit les battements par clavetage voire par rupture des dalles au mouton.

■ Entretien préventif de chaussées neuves fissurables (MTLH)

On dimensionnera la couverture bitumineuse comme on l'a proposé précédemment (hors support béton). Il devient alors inutile de maintenir les épaisseurs minimales d'enrobés prévues au catalogue de dimensionnement des chaussées semi-rigides (BB sur MTLH), des chaussées mixtes (BB + GB sur MTLH) et des chaussées inverses (BB + GB sur GRH + MTLH).

En effet ces épaisseurs minimales d'enrobés respectivement prévues pour assurer dans le premier cas l'étanchéité et un relatif ralentissement de la remontée de la fissuration de retrait, et pour supprimer cette dernière dans les deux derniers cas, deviennent surabondantes dès lors qu'on interpose du Flexiplast qui satisfait à lui seul aux objectifs recherchés : ralentir la remontée de la fissuration et maintenir l'étanchéité.

On pourra en conséquence dimensionner les structures semi-rigides et mixtes compor-

tant un Flexiplast par le calcul automatique classique (ALIZE) à partir d'une couverture bitumineuse définie selon les indications données ci-dessus.

Tableau 1. Quelques exemples de couvertures bitumineuses définies selon le trafic et selon le tracé

	Très minces	Minces		Epais *
	2 cm	3 à 4 cm	4 à 6 cm	> 6 cm
Enrobés	ULM ESTERE Gripfibre	BB	BB	ULM + BB ULM + GB ULM + BBTHM
Trafic	≤ T2	≤ T0	≤ T0	* Uniquement si le projet prévoit un renforcement ou un rechargement
Tracé en plan	Rectiligne ou très peu sinueux	Tous tracés même sinueux		

ULM : enrobé ultra-mince (à chaud)

ESTERE : enrobé superficiel très économique et à rendement élevé (à chaud)

Gripfibre : enrobé coulé à froid avec fibres synthétiques

BBTHM : béton bitumineux à très haut module

Quelques réalisations

En entretien curatif

● **Autoroute A392 Hanovre-Berlin.** C'est sur un tronçon de cette autoroute que le Flexiplast a été mis en œuvre pour la première fois, sur une longueur de 500 m, dans le cadre d'une comparaison entre procédés antiremontée des fissures. Il s'agissait d'une chaussée de type mixte, âgée de dix-sept ans et abondamment fissurée : retrait thermique des assises traitées au ciment et fissuration par le haut des enrobés (liant très dur). L'ensemble des opérations a été réalisé en un après-midi avec du matériel en importation temporaire ; la couche de roulement était constituée par 4 cm de splitmatic.

D'autres chantiers semblables, toujours en entretien curatif, ont suivi :

● **CD11 en travers de Thurin (Rhône)** sur chaussée souple très faïencée, avec une couverture de 2,5 cm d'enrobés ultra-minces.

● **RN7 à La Tour de Salvagny (Rhône)** sur chaussée semi-rigide dont les assises de grave traitée au ciment présentaient des fissures classiques de retrait thermique traversant les enrobés. La couverture bitumineuse du Flexiplast est ici de 5 cm (BB).

● **Voirie lourde au marché d'intérêt national de Rungis,** constituée d'un corps de chaussée semi-rigide (cendres volantes traitées au laitier granulé et au ciment) et d'un BB, fissurés à la suite du retrait thermique de ce corps de chaussée. Le revêtement posé sur le Flexiplast était ici un tapis de 3 cm d'enrobé très plein au bitume 40/50, à faible rugosité superficielle pour réduire les effets de cisaillement des camions manœuvrant pour accéder au bord à quai.

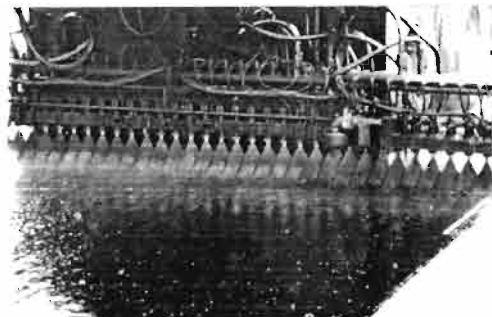
● **CD 909 entre Belloy et Viarmes,** au nord de Paris. Il s'agissait d'une chaussée constituée de dalles de béton non goudonnées, très anciennes recouvertes d'un enduit, dont le battement absolu moyen était de l'ordre de 40/100 mm. Après rabotage de l'enduit, les joints entre dalles et les fissures ont été colmatés au bitume élastomère avant l'appliquer du Flexiplast.

L'épaisseur de la couche de roulement en béton bitumineux classique était de 5 cm.

En entretien préventif

Un important chantier a été réalisé en 1990 sur la rocade de Périgueux. Le Flexiplast a été interposé entre le corps de chaussée épais constitué de sable laitier gypsonat, dont la fissuration avait commencé après l'été excessivement chaud que l'on a connu, et le tapis d'enrobés (6 cm d'épaisseur).

Le support du Flexiplast était opportunément composé d'un enduit monocouche fin (4/6 mm) jouant le rôle de couche de cure du sable laitier et de couche de roulement provisoire, l'épaisseur de la membrane était ici de 2,3 kg/m².



Répannage de la membrane à chaud à la rampe thermostafluide, autoroute Hanovre - Berlin.



Coulage du Gripfibre sur la membrane Travail par demi-chaussée RN7 La Tour de Salvagny (Rhône)



Exemple de fissuration des dalles de béton non goudonnées de la chaussée du CD 909 à Viarmes traitées par le procédé Flexiplast



Coulage du Gripfibre sur la membrane rocade de Périgueux

1 Application du procédé Plastoger au chantier d'élargissement de la A9

Les structures

La chaussée existante était composée sur les deux voies d'une structure rigide, comportant une fondation en graves cendres volantes et une couche de roulement en béton de ciment. Cette structure reposait sur une plate-forme en remblais dits "améliorés". La couche de roulement en béton débordait de 0,75 m sur la bande d'arrêt d'urgence (voir figure 1).

Il a été choisi de faire l'élargissement sur cette section par l'extérieur. Dans ces conditions, la voie rapide a conservé en couche de base l'ancienne chaussée béton qui a été recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux classique.

Ce béton bitumineux a été mis en œuvre sur un mastic très mince pour retarder la réapparition des joints sciés.

Le béton de l'ancienne voie lente a été détruit.

Les voies médiane et lente nouvellement construites comportent maintenant deux couches de grave bitume 0/20 de 15 cm d'épaisseur chacune surmontées d'une couche de roulement de 8 cm du même béton bitumineux.

Le mastic bitumineux Plastoger

La conservation de l'ex voie rapide en béton de ciment sur cette section de l'autoroute A9 nécessitait l'utilisation d'un procédé permettant de lutter efficacement contre la remontée des fissures dans la couche de roulement au droit des joints de la dalle béton (photo 1). L'entreprise Mazza a utilisé le procédé Plastoger de Gerland qui est du type couche d'interposition visant à obtenir un découplage entre le béton et la couche bitumineuse.

Cette technique, qui consiste à intercaler entre le support fissuré et l'enrobé d'entretien une couche d'enrobé fin de 15 à 20 mm d'épaisseur, a déjà été utilisée avec satisfaction, notamment sur la RN 20 en 1982 (cf. communication de M. Bonnot au séminaire USAP de 1985) et sur la A 61 en 1986 par l'Entreprise Malet.

Les expérimentations précédentes ont sans doute été faites en majorité sur des supports en graves traitées aux liants hydrauliques et sur des surfaces limitées.

Conditions d'application

Le Plastoger a été appliqué du PK 118 au PK 128 dans le sens Montpellier - Béziers sur le district de Sète.

Le support est un béton de ciment d'épaisseur 0,20 m avec joints sciés tous les 5 m et colmatés au bitume élastomère.

Pour le mastic, la largeur de mise en œuvre est de 4,60 m et la surface recouverte de 48 000 m² (photo 2).

Le chantier s'est déroulé entre le 1er et le 12 juin 1990 dans d'excellentes conditions météorologiques (vent modéré, température ambiante de 15 à 25 °C).

Le complexe est constitué de :
 - mastic Plastoger 18 mm
 - béton bitumineux 0/14 type recommandation à 5,5 % de bitume 40/50 sur 6 cm.

Formulation

La formule utilisée présente une granularité continue 0/4 et des teneurs en fines et en liant élevées (figure 2)

- sable 0/2 broyé basalte, carrière de Naffrie	65 %
- sable 0/4 roulé silico-calcaire	18 %
- gravillon 2/4 basalte, carrière de Naffrie	17 %
- fines totales	12,6 %
- liant Plastoger (par rapport aux matériaux)	10 %
- module de richesse : 6	
- rapport fines/liant : 1,26	

Le liant Plastoger comporte une base bitume 60/70 modifiée par des polymères plasto-élastomériques.

Cette composition a été optimisée par des essais spécifiques effectués au laboratoire central de Gerland et au laboratoire régional des ponts et chaussées d'Autun pour la mesure des résistances à la traction et à l'orniérage du complexe final Plastoger + enrobé de roulement.

Résultats d'étude

Caractéristiques du mastic proprement dit

DESIGNATION DES ESSAIS	VALEURS OBTENUES	VALEURS SOUHAITABLES
Maniabilité à la PCG C 20	94,6 %	> 91 %
Essai Durliez à 18°C		
Compacité	96,9 %	
Résistance sec. R	8 MPa	> 7 MPa
Résistance humide R	8 MPa	
Rapport R'/R	1	≥ 0,9
Résistance à l'indentation (40°C 31 mm 52,5 kg)	6,5 /100 mm	< 10/100 mm
Essais Hubbard Field (18°C 24 H en kg)	2033	

Mesures des résistances à l'orniérage sur complexe 2 cm mastic Plastoger + 8 cm BB 0/14 bitume pur

MODE DE COMPACTAGE	COMPACTITE %	DRIERE N CYCLES (%)					
		100	300	1000	3000	10000	30000
Compactage fort	95	2,3	2,7	3,1	3,9	4,6	5,1
	93,9	2,1	2,6	3	3,6	4,5	5,1
	94,5	2,2	2,7	3,1	3,8	4,6	5,1
Compactage faible	89,3	2,6	3,3	4,3	6	7,7	9,7
	89	2,6	3,4	4,4	5,5	7	8
	89,2	2,6	3,4	4,4	5,8	7,4	8,9

La réduction du temps de remontée d'une fissure dans le complexe 2 cm de Plastoger + 6 cm de béton bitumineux 0/14 est de 60 % par rapport à celle dans 8 cm de béton bitumineux 0/10 au bitume pur 60/70 (procès-verbal n° 89/1907 de mars 1989 LRPC d'Autun).

L'objectif principal de l'étude est surtout de trouver le meilleur compromis entre la résistance à la fissuration et le comportement à l'orniérage.

Le chantier se situant dans une région particulièrement ensoleillée, le choix du bitume pour la couche de roulement s'est porté sur le grade 40/50. Les bitumes 60/70, voire 80/100 pour l'enrobé de roulement, auraient permis de réduire encore la vitesse de remontée des fissures mais sans doute au détriment du comportement à l'orniérage.

Fabrication et mise en œuvre

Fabrication du liant Plastoger

Le liant du mastic Plastoger a été fabriqué dans une usine mobile implantée sur le site de la carrière de basalte à Naffrie et capable de produire 20 t de liant modifié par heure.

Les contrôles de fabrication ont porté sur les températures des constituants et les caractéristiques rhéologiques du mélange final. Le bitume de base utilisé était du bitume pur de classe 60/70.

Fabrication du mastic Plastoger

La fabrication du mélange granulats-liant a été réalisée dans un poste à tambour sèche enrobé avec un débit de 140 t/h, sans modification particulière des réglages conventionnels (photo 3, page suivante).

La bonne faisabilité du mastic Plastoger a été confirmée sans collage sur les organes en mouvement ni coulure dans la trémie de

réception du produit fini.

Nous avons toutefois évité le stockage du mastic dans la trémie réceptrice. La teneur en liant est restée comprise entre 9,9 % à 10,1 % par rapport aux matériaux, ce qui correspond à un module de richesse de 6.

La granularité est restée conforme à l'étude.

La température de l'enrobé à la sortie du poste a oscillé entre 130 et 140 °C.



Photo 3
Le poste à tambour sècheuse enrobeur

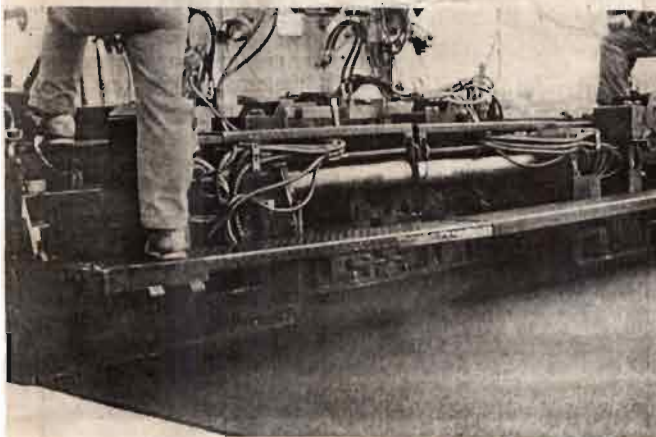


Photo 4
Mise en œuvre du Plastoger



Photo 5
Compactage au compacteur à deux cylindres lisses

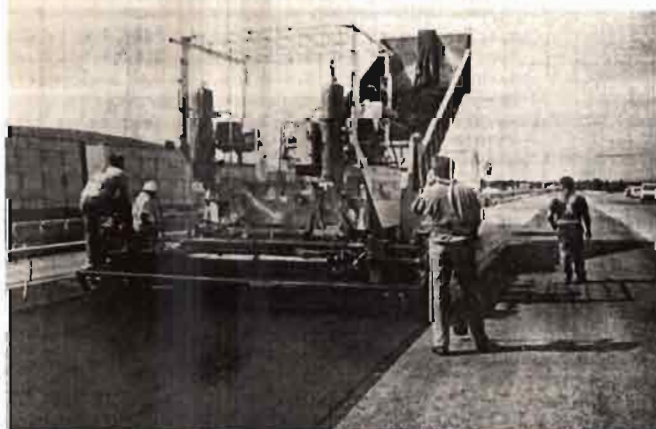


Photo 6
L'épaisseur moyenne de mise en œuvre est de 18 mm

Mise en œuvre

Le collage du mastic sur le béton a été assuré par une émulsion cationique de bitume à 60 %, répandue à raison de 300 g/m² de liant résiduel.

Le **Plastoger** a été mis en œuvre en 4,60 m de large à une vitesse d'avancement de 14 à 20 m/minute (photo 4).

Le compactage a été réalisé avec un compacteur à deux cylindres lisses, sans utiliser la vibration et immédiatement derrière le finisseur (photo 5). L'épaisseur moyenne de mise en œuvre a été de 18 mm (photo 6). La traficabilité au compactage a été remarquable même derrière le finisseur (140 °C).

Nous n'avons pas observé visuellement de défauts caractéristiques à ce type de chantier tels que :

- glissement du sable enrobé sur le support,
- marquage de surface par le compacteur ou le trafic de chantier.

L'enrobé constituant la couche de roulement a été mis en œuvre cinq à huit jours après l'application du **Plastoger**.

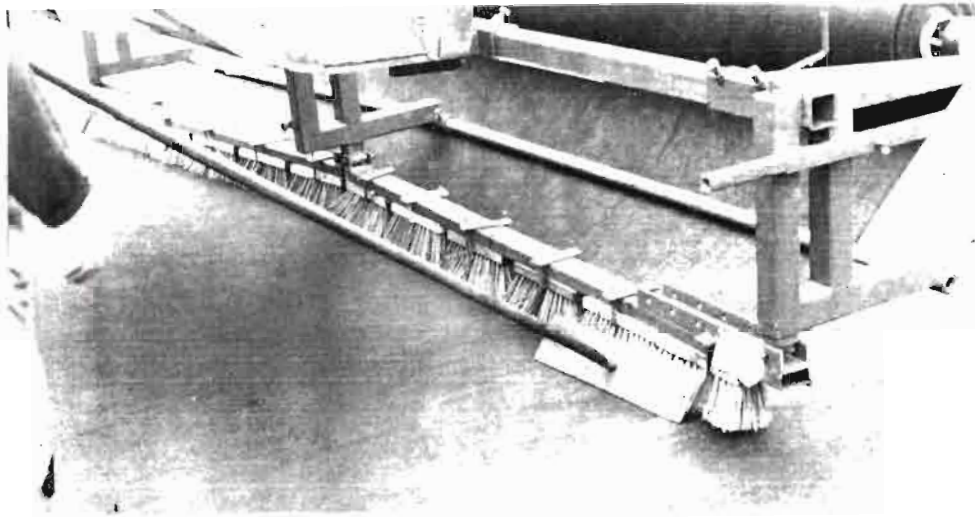
Dans cet intervalle de temps, le **Plastoger** s'est bien comporté à la circulation occasionnelle de chantier ainsi qu'au passage du finisseur et des camions d'approvisionnement.

Au cours d'un après-midi très chaud, après l'application, nous avons observé quelques apparitions très localisées de cloques de 10 cm de diamètre, comme celles qui se produisent dans l'asphalte d'étanchéité.

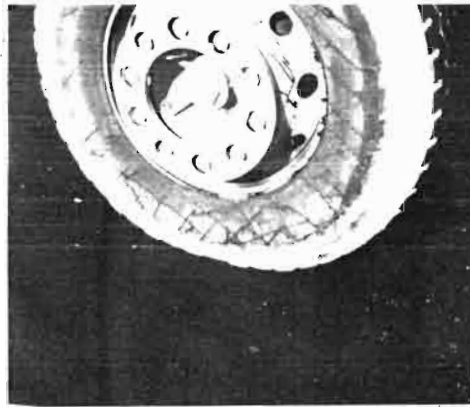
Ces déformations qui sont vraisemblablement dues au dégagement de vapeur d'eau provenant du béton ont été éliminées par un passage supplémentaire d'un compacteur lisse.

Contrôles du liant **Plastoger**

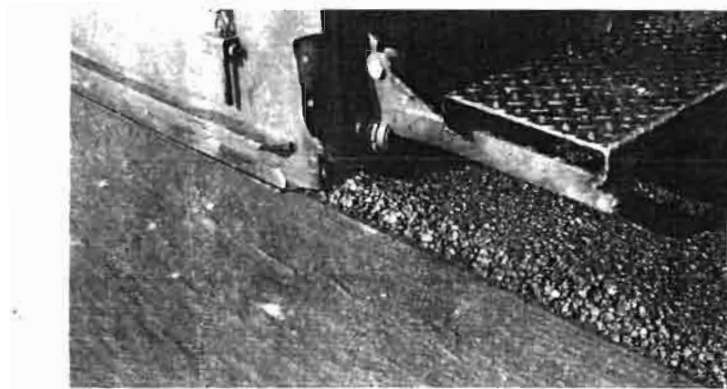
LIANT	LIANT PLASTOGER
Pénétrabilité à 25°C	72. 1/10 mm
Point de ramollissement Bille et Anneau	53,4 °C
Indice de pénétrabilité	+ 0.6



Mise en œuvre du géotextile



*Circulation
sans problème
sur le géotextile*



*Application
des enrobés
sur le géotextile*








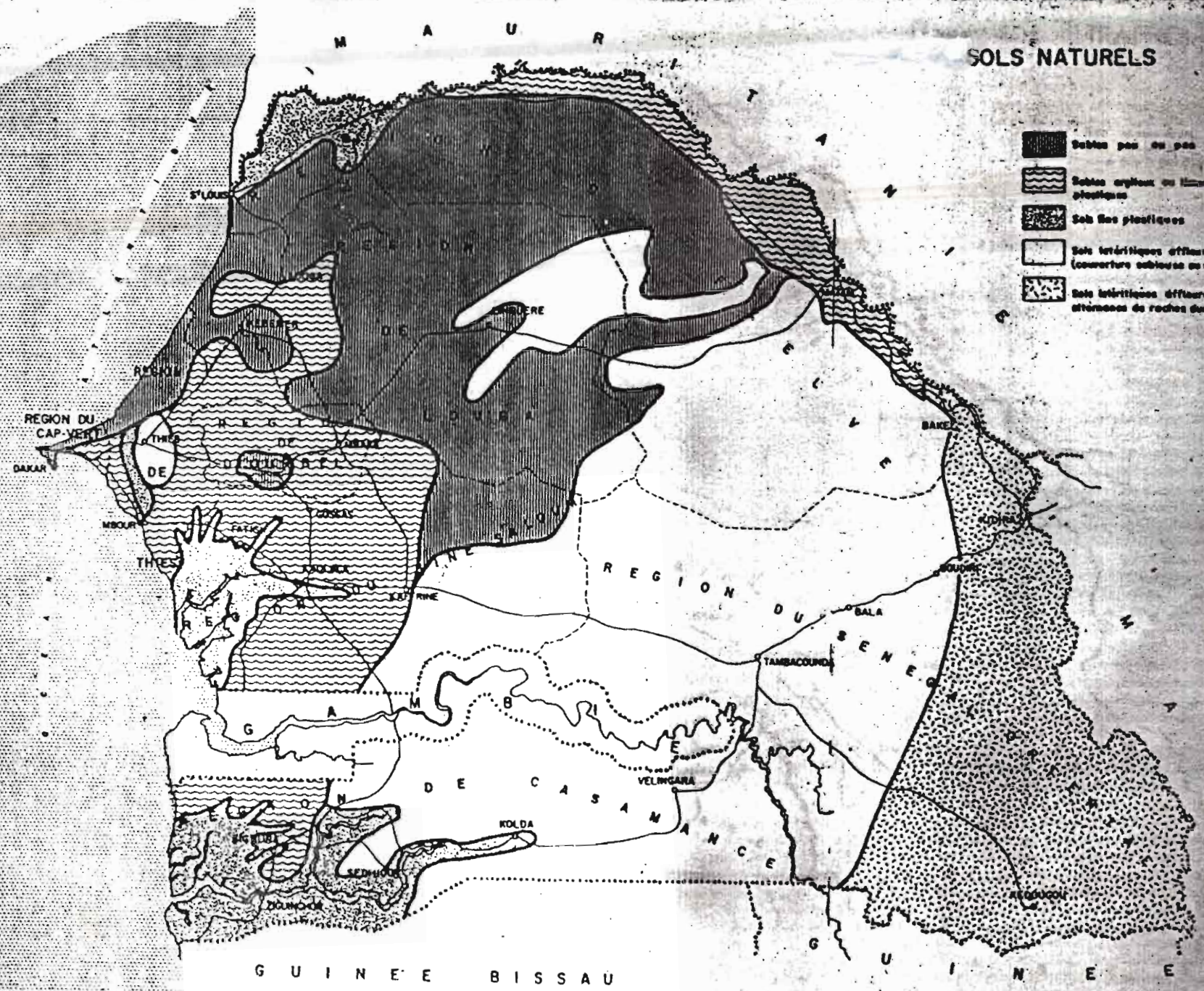
Avant : état d'une zone dégradée

Après : chantier terminé



SOLS NATURELS

-  Sables pas ou pas schists
-  Sables argileux ou limons plastiques
-  Sols des plateaux
-  Sols latéritiques effleurants (couverture sablonneuse ou colle limoneuse)
-  Sols latéritiques effleurants avec altération de roches dures



ECHELLE 1/2.000.000

ANNEXE 10

117