



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et Architecture



N° d'ordre : M...../GCA/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voiries et Ouvrages d'art (VOA)

Thème

**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET ANALYSE DES
PATHOLOGIES DES CHAUSSEES**

Présenté par :

M^{me} AMAIR Asmaa

Soutenu le : 15/07/2021 devant le jury composé de :

Président : M^r BOUHALOUFA Ahmed

Examinatrice : M^{me} MOSTEFA Fouzia

Encadrant : M^{me} ELMASCRI Setti

Année Universitaire : 2020 / 2021



Remerciment

Je tiens à remercier tout d'abord Dieu qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Ma profonde gratitude s'adresse tout particulièrement à mon encadrant Madame « SETTI ELMASACRI » pour son support exemplaire durant l'exercice.

C'est aussi avec un grand plaisir que j'exprime ma reconnaissance ... qui ont accepté de juger ce travail, qu'ils en soient remercié

AMAIR Asmaa

Je dédie ce lapidaire travail à :

*A mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs
Encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes
études.*

*Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma
considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont
consentis pour mon instruction et mon bien-être.*

*Trouvez ici, chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le
fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression
de ma gratitude et de mon profond amour.*

*A mon très cher mari BENHOUSSINE MOUBAREK : Tes
sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir
mes études.*

A mon chère frère Samy et mes sœurs Sara et Rania

*A mes deux enfants MOHAMED HABIB et ALI TAHA qui n'a pas
encore vu la lumière*

*A mon neveu Mohamed Islem et mes nièces Alaa, Widjdane et
Chaimaa*

Sans oublier mon petit frère TOUBEL MOHAMED ALI

A mes chères amies et à Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

AMAIR Asmaa

Résumé

L'interface est la frontière qui sépare deux éléments dans la structure de chaussée, on définitive la zone de contact entre deux couches de matériaux, jouant un rôle prépondérant dans le comportement de la chaussée, en particulier sur sa durée de vie.

Pendant la période de service, l'apparition précoce de dégradation (fissures, faïençage, l'orniérage, anarchique), qui conduise à des travaux de réfection coûteux à cause de décollement entre les différentes couches.

L'optimisation de la gestion de l'entretien des réseaux routiers n'a de sens que si elle s'appuie sur des méthodes prévisionnelles qui permettent de fixer des objectifs de niveau de service sur le long terme, et de s'assurer de leur compatibilité avec les moyens économiques et financiers disponibles pour les atteindre.

Notre travail est axé sur un état de l'art des différents types de structure de chaussées ainsi que les différentes pathologies qui peuvent apparaître en citant les causes probables et les méthodes d'entretiens possibles.

Mots clés : pathologie, structure, chaussées, dégradation, fissures, entretien, indice de service.

ملخص

السطح الفاصل هو الحدود التي تفصل بين عنصرين في هيكل الرصف و بصفة نهائية هي منطقة التلامس بين طبقتي المادة التي تلعب دورًا هامًا في سلوك الرصف بصفة خاصة في مدة حياتها. أثناء فترة الانجاز تظهر بعض الأضرار مبكرا (تشققات، تجزع، تخدد،.....) التي تؤدي إلى زيادة قيمة تصليحها نتيجة عدم التصاق الطبقات بعضها البعض.

لا يكون تحسين إدارة صيانة شبكة الطرق منطقيًا إلا إذا كان يعتمد على أساليب التنبؤ التي تجعل من الممكن تحديد أهداف مستوى الانجاز على المدى الطويل ، والتأكد من توافقها مع الوسائل الاقتصادية والمالية المتاحة لتحقيقها.

يرتكز عملنا على أحدث أنواع هياكل الرصف بالإضافة إلى الأمراض المختلفة التي يمكن أن تظهر، مع ذكر الأسباب المحتملة وطرق الصيانة الممكنة.

الكلمات المفتاحية: الأرصفة، التدهور، الشقوق، الصيانة، مؤشر الخدمة.

Abstract

Interface is the border that separates two elements in the structure of pavement, forming the area of contact between two layers of materials, playing a dominant role in the performance of pavement, especially on its duration.

During the service period the early onset degradation (cracks, crazing, rutting, and anarchy), which leads to costly repair work because of the delamination between different layers.

Optimizing the management of road network maintenance only makes sense if it is based on forecasting methods that make it possible to set long-term service level objectives, and to ensure that they are met. Compatibility with the economic and financial means available to achieve them.

Our work focuses on a state of the art of the different types of pavement structures as well as the different pathologies that can appear, citing the probable causes and possible maintenance methods.

Key words: pathology, structure, pavements, degradation, cracks, maintenance, service index.

Liste des figures

Figure I.1 : Coupe transversal type d'une chaussée souple	4
Figure I.2 : Transfert de charge dans la structure granulaire.....	7
Figure I.3 : schéma se fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante.....	8
Figure I.4 : Réparation des contraintes d'une chaussée souple	9
Figure I.5 : Section transversal de chaussée rigide	9
Figure I.6 : Section transversal de chaussée semi-rigide	11
Figure II.1 : Arrachement.....	19
Figure II.2 : Nid de poule	20
Figure II.3 : Les remontées.....	22
Figure II.4 : Tassement	23
Figure II.5 : Affaissement	23
Figure II.6 : Flache	24
Figure II.7 : tôle ondulée.....	25
Figure II.8 : Bourrelet	25
Figure II.9 : Bosses	26
Figure II.10 : faïençage circulaire.....	27
Figure II.11 : Fissure parabolique de glissement.....	28
Figure II.12 : fissure fine et transversale.....	29
Figure II.13 : Fissure longitudinale.....	30
Figure III.1 : Principe d'essai de torsion	44
Figure III.2 : Dispositif d'essai de traction direct	44
Figure III.3 : Principe d'essai de traction direct.....	45
Figure III.4 : Principe et dispositif d'essai de cisaillement direct	46
Figure III.5 : Effet de l'état de l'interface sur la valeur du rayon de courbure	47
Figure III.6 : Appareillage et principe de fonctionnement du FWD	48
Figure III.7 : Illustration du collometre	49
Figure IV.1 : Point-à-Temps automatique.....	58
Figure IV.2 : procédés par projection	59
Figure IV.3 : Le pontage.....	60

Liste des tableaux

Tableau I.1.: Eléments indicatifs pour le choix de la couche de roulement

Tableau I.2 : Les coefficients d'équivalence

Tableau I.3: Classement du trafic suivant le catalogue

Tableau I.4 : Classe de sols

Tableau II.1 : Principale dégradation liées à un défaut de mise en œuvre

Tableau II.2 : principal dégradation liées à un défaut de structure

Tableau IV.1: choix des techniques d'entretien

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableau

Résumé

INTRODUCTION GENERAL..... 1

Chapitre I : Généralité sur la structure des chaussées

I.1.introduction.....3

I.2.La structure des chaussées3

I.2.1.Les différents couches de chaussée4

I.3.Les différents types des structures de chaussée7

I.3.1.Les chaussées souples.....7

I.3.2.Les chaussées rigides.....9

I.3.2.1Les types de chaussées rigides.....10

I.3.3Les chaussées semi-rigides.....10

I.4.Principe de fonctionnement des couches de structure de chaussée.....12

I.5.Methode CBR12

I.5.2.Notions de l'épaisseur équivalente13

I.5.3.Methode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP).....14

I.5.4.Methode du catalogue des structures des chaussées neuves « setra ».....14

I.5.4.1.Determination de la classe du trafic.....15

I.5.4.2.Determination de la classe du sol.....15

I.6.Conclusion.....16

Bibliographie.....17

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

II.1.Introduction.....18

II.2.Description et classification des principales dégradations.....	18
II.2.1Types de pathologies de la chaussée.....	18
II.2.2Familles de dégradations de chaussées.....	19
II.2.2.1.Arrachement.....	19
II.2.2.2.Les remontés.....	21
II.2.2.3.Les déformation.....	22
II.2.2.4.Les fissuration.....	26
II.3.Processus de dégradation des chaussées.....	30
II.3.1.Processus général.....	30
II.3.1.1.Dégradation structurelle.....	31
II.3.1.2.Dégradation superficielle.....	31
II.4.Les facteurs influant sur les dégradations.....	31
II.4.1.Les facteurs extérieurs.....	32
II.4.2.Facteurs liées à la structure.....	33
II.4.3.Facteurs liées aux matériaux.....	34
II.5.Mode de dégradation de structure de chaussée.....	36
II.5.1.Chaussées souples.....	36
II.5.2.Chaussées rigides.....	37
II.6.Conclusion.....	38
Bibliographie.....	39

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

III.1.Introduction.....	40
III.2.Stratégie d'auscultation.....	40
III.3.Les principaux critères d'auscultation.....	41
III.3.1.Etat de surface.....	41
III.3.2.Etat structurale.....	41
III.4.Les techniques d'auscultation.....	42
III.4.1.Auscultation visuelle.....	42
III.4.1.1.Méthode de relevé des dégradations de surface.....	42
III.4.2.Méthode de technique d'essai destructif.....	42
III.4.2.1.L'essai de carottage.....	43
III.4.2.2.L'essai de torsion.....	43
III.4.2.3.L'essai de cisaillement direct.....	45
III.4.3.Méthode de mesure de déformabilité des surfaces.....	46
III.4.3.1.L'essai deflectographe.....	46
III.4.3.2.L'essai de flactometre FWD.....	47
III.4.4.Méthode de mesure par technique radar.....	48
III.4.5.Méthode d'impédance mécanique.....	48
III.4.5.1.L'essai de colometre.....	48
III.4.5.2.L'essai de collographe.....	49
III.5.Conclusion.....	50
Bibliographie.....	51

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

IV.1.Introduction.....	54
IV.2.Les différents traitements des pathologies des chaussées.....	54
IV.2.1.Les fissures.....	54
IV.2.2.Les déformations.....	55
IV.2.3.Les arrachements.....	56

IV.2.4. Les remontées.....	56
IV.3. Les solutions techniques pour l'entretien.....	56
IV.3.1. Technique de nettoyage du support.....	57
IV.3.2. Point-à-temps automatique à l'émulsion (PATA) ou birépondeur.....	57
IV.3.3. L'enrobé stockable à l'émulsion.....	58
IV.3.4. Procèdes par projection.....	59
IV.3.5. Le pontage.....	59
IV.4. Entretien des chaussées rigides.....	61
IV.4.1. Scellement de joint et fissure	61
IV.4.2. Matériaux.....	62
IV.4.3. Stabilisation de dalle	62
IV.4.4. Rapiéçage	62
IV.5. Entretien des chaussées souples et semi-rigides.....	62
IV.5.1. Les différents types d'entretien.....	62
IV.6. Conclusion.....	64
Bibliographie.....	65
CONCLUSION GENERALE.....	66
Bibliographie.....	67

Introduction général

Le corps de chaussée est une structure multicouche de matériaux. Son comportement global dépend de la nature de matériaux, et leur importance de réaliser un bon collage à l'interface entre couches de chaussée, pendant toute sa durée de vie. Les sollicitations dues au trafic ainsi que les conditions d'environnement sont les principales causes d'endommagement des couches de la chaussée, conduisent à plusieurs modes de dégradation, nuit à la sécurité, et à la qualité de service, pour réduire le coût de maintenance, un bon collage entre couches de chaussée est nécessaire.

Une chaussée est dite rigide si elle comporte une dalle de béton qui correspond à la fois à la couche de base et la couche de surface. Généralement elle repose sur une couche de fondation en matériaux non traités, et une sous couche peut être interposée entre la couche de fondation et le terrain naturel. Quant aux chaussées semi-rigides, ce sont des structures qui comportent une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50 cm.

Les chaussées souples sont des structures qui comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inferieur à 15 cm) parfois réduite à un simple enduit superficiel reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités.

Ces chaussées au cours de leur exploitation, sont soumises aux actions des intempéries et de trafic lourd. Ces actions entraînent dans le corps de chaussées des contraintes dont les applications répétées provoquent des désordres visibles à la surface de la chaussée qu'on appelle **pathologie ou bien dégradation**.

Au cours du temps ces dégradations peuvent passer du stade faible au stade majeur, qui lorsqu'il est atteint, une intervention de réfection ou de correction devait être envisagée dans les meilleurs délais possibles.

Notre travail de fin d'étude est une recherche sur les différents types de pathologies des chaussées, et il s'articule autour de quatre chapitres :
Après une introduction générale, le premier chapitre présente des généralités sur la structures des chaussées, Le deuxième chapitre passera en vue les différents types de pathologies des chaussées.

Introduction général

Le troisième chapitre expose les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées. Le quatrième et dernier chapitre est consacré à l'entretien et réparation des pathologies des chaussées. Le manuscrit sera finalisé par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur la structure des chaussées

I.1-Introduction

Les chaussées (routières, ferroviaires, aéroportuaires, de tramway, industrielles, etc.) sont des structures composites, multicouches, souvent complexes, conçues pour résister sur une durée de vie relativement longue aux multiples sollicitations mécaniques (liées principalement au passage de charges lourdes) et climatiques (cycles de température, pluie, gel, UV, etc.), qui l'une après l'autre dégradent imperceptiblement les performances initiales des matériaux et de leurs interfaces.

La construction d'une route passe par les étapes de choix de tracé, terrassement (préparation du terrain, comblement des trous, rognage des bosses, planéité de l'arase de terrassement), mise en œuvre d'une couche de forme (elle participe au fonctionnement mécanique de la chaussée), puis d'une couche d'assise (elle apporte la résistance mécanique aux charges), puis d'une couche d'accrochage (liaison entre couche d'assise et couche de roulement, elle est réalisée avec une émulsion de bitume), et enfin d'une couche de roulement.

Ce chapitre donne un aperçu des types de chaussées, des couches et de leurs fonctions, des matériaux utilisés ainsi que leurs dimensionnements.

I.2- La structure des chaussées

Une chaussée est une structure constituée de couches superposées de matériaux traités au-dessus du sol de fondation naturel, dont la fonction principale est de répartir les charges de véhicule appliquées sur le sol de fondation. La structure de la chaussée doit être en mesure de fournir une surface de qualité de roulement acceptable, une résistance au dérapage adéquate, des caractéristiques géométriques assurant un confort et une sécurité aux usagers. L'objectif ultime est de s'assurer que les contraintes transmises dues à la charge des roues sont suffisamment réduites, afin qu'elles ne dépassent pas la capacité portante de la plate-forme.

Les chaussées peuvent être classées en fonction des performances structurelles en trois, chaussées souples, chaussées semi-rigides et chaussées rigides. Dans les chaussées souples, les charges de roue sont transférées par contact grain à grain de l'agrégat à travers la structure granulaire. La chaussée souple, ayant moins de résistance à la flexion, agit

Chapitre I : généralité sur les chaussées

comme une feuille souple (par exemple route bitumineuse). Au contraire, dans les chaussées rigides, les charges des roues sont transférées au sol de fondation par la résistance à la flexion de la chaussée et la chaussée agit comme une plaque rigide (par exemple, les routes en béton de ciment). La chaussée semi-rigide quand à elle, a un comportement mécanique intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples ; la répartition des charges sur le support est bonne mais des contraintes de traction se développent à la base des couches (condition déterminante pour le dimensionnement de ces couches). En plus de ceux-ci, des chaussées composites sont également disponibles. Une fine couche de chaussée flexible sur une chaussée rigide est une chaussée idéale avec les caractéristiques les plus souhaitables. Cependant, ces chaussées sont rarement utilisées dans les nouvelles constructions en raison du coût élevé et des analyses complexes requises.

I.2.1. Les différentes couches des chaussées

Les couches typiques d'une chaussée souple comprennent une couche de surface, une couche d'assise et plateforme support de chaussée. (Figure I.4).

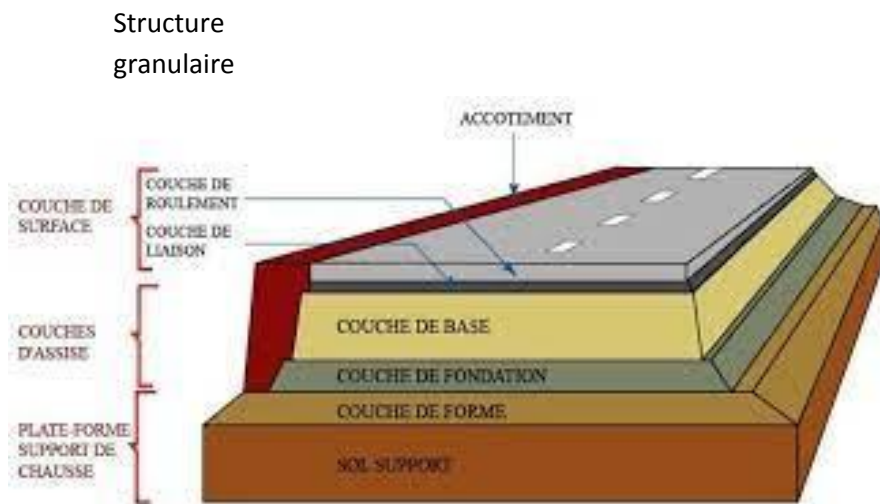


Figure I.1 : coupe transversale type d'une chaussée souple

Chapitre I : généralité sur les chaussées

A. La couche de surface

Elle comprend :

1. La couche de roulement

Elle est directement en contact avec les charges de trafic et contient généralement des matériaux de qualité supérieure. Ils sont généralement construits avec du béton bitumineux dense (AC). Les fonctions et les exigences de cette couche sont :

- Elle fournit des caractéristiques telles que le frottement, la douceur, le drainage, etc. Elle empêchera également l'entrée de quantités excessives d'eau de surface dans la couche de base, de fondation et la sous-couche sous-jacentes,
- Elle doit être solide pour résister à la déformation sous la circulation et fournir une surface de roulement lisse et antidérapante,
- Elle doit être étanche pour protéger l'ensemble de la couche de base et de fondation de l'effet affaiblissant de l'eau.

2. Couche de liaison

Elle permet de spécialiser la couche de roulement au confort et à la sécurité des usagers.

B. La couche d'assise

Elle est généralement constituée de deux couches:

1. Couche de base

La couche de base est la couche de matériau immédiatement sous la surface de la couche de liant, elle fournit une répartition de charge supplémentaire et contribue au drainage souterrain. Elle peut être composée de pierre concassée, de laitier concassé et d'autres matériaux non traités ou stabilisés.

2. Couche de fondation

C'est la couche de matériau sous la couche de base et dont les fonctions principales sont de fournir un support structurel, d'améliorer le drainage et de réduire l'intrusion de fines de la couche de fondation dans la structure de la chaussée.

C. Plateforme support de chaussée

Elle contient :

1. Couche de forme :

Cette couche doit présenter des caractéristiques minimales de :

- traficabilité, pour assurer, pendant l'exécution des travaux de chaussée, la circulation des engins approvisionnant les matériaux de l'assise ;
- nivellement, pour garantir la régularité de l'épaisseur des couches de la chaussée terminée
- déformabilité, pour permettre le compactage correct des couches de chaussée
- résistance, vis-à-vis du gel si nécessaire.

A long terme (pendant l'exploitation de l'ouvrage), ses fonctions se rapportent au comportement de la chaussée au service, à savoir :

- l'homogénéisation de la portance
- le maintien dans le temps d'une portance minimale de la plate forme
- la contribution au drainage de la chaussée.

2. Sol support :

Le sol support est désigné dans sa partie supérieure par le terme « *Partie Supérieure des Terrassements* » (PST). Sa surface constitue l'arase de terrassement (AR). Il peut être en remblai, ou en déblai.

Tableau I.1.: Eléments indicatifs pour le choix de la couche de roulement

Objectifs	Caractéristiques	ES	ECF	BBTM	BBDr	BBM	BB	BBME
Sécurité	Epaisseur (cm)	≈ 1	< 1,5	2 à 3	3 à 4	3 à 5	5 à 9	5 à 9
	Adhérence initiale	++	0 à +	+	+	+	0	0
	Adhérence à 5 ans	0 à +	0 à -	+	+	0	0 à -	0
Confort	Amélioration de l'uni	-	--	0	+	+	+	+
	Silence	- à --	0	+	++	0 à +	0 à +	0 à +
Apport structurel	Imperméabilité	+	-	+	--	+	++	++
	Anti remontée de fissures	-	--	-	0	0	+	+
	Orniéage			+	++	0	0	++

000++: Très bon, +: bon, 0: moyen, -: médiocre, --: mauvais

I.3. Les différents types de structure de chaussée

I.3.1. Les chaussées souples

Les chaussées souples transmettront les contraintes de charge des roues aux couches inférieures par transfert de grain à grain à travers les points de contact dans la structure granulaire (Figure I.2).

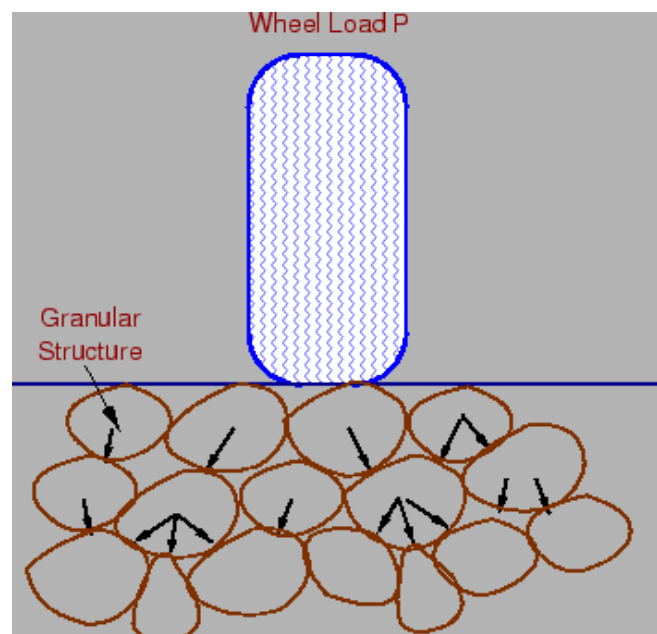


Figure I. 2 : Transfert de charge dans la structure granulaire

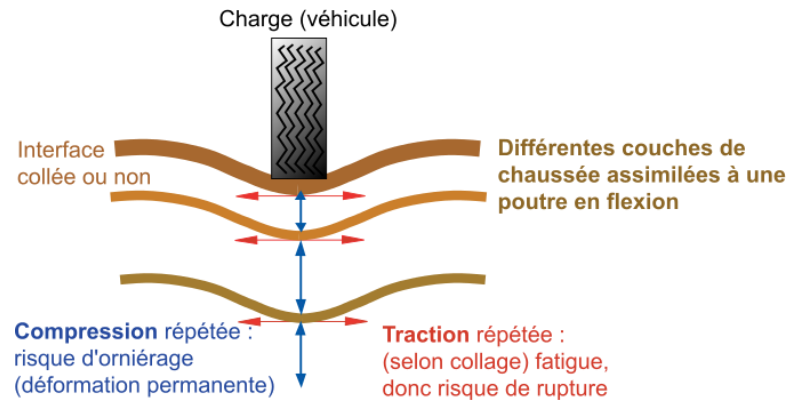


Figure I.3 : Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante

La charge de roue agissant sur la chaussée sera répartie sur une zone plus large et la contrainte diminue avec la profondeur (Figure I.2, Figure I.3). Profitant de cette caractéristique de répartition des contraintes, les chaussées souples comportent normalement de nombreuses couches. Par conséquent, la conception d'une chaussée souple utilise le concept de système en couches. Sur cette base, une chaussée souple peut être construite en plusieurs couches et la couche supérieure doit être de la meilleure qualité pour supporter une contrainte de compression maximale, en plus de l'usure. Les couches inférieures subiront une contrainte de moindre ampleur et des matériaux de mauvaise qualité peuvent être utilisés. Les chaussées souples sont construites avec des matériaux bitumineux. Ceux-ci peuvent être soit sous forme de traitements de surface (comme les traitements de surface bitumineux que l'on trouve généralement sur les routes à faible débit) ou, couches de surface en béton bitumineux (généralement utilisées sur les routes à fort trafic telles que les routes nationales). Les couches de chaussée flexible reflètent la déformation des couches inférieures sur la couche de surface (par exemple, s'il y a une ondulation dans le sol de fondation, elle sera transférée à la couche de surface). Dans le cas d'une chaussée souple, la conception est basée sur les performances globales de la chaussée souple, et les contraintes produites doivent être maintenues bien en deçà des contraintes admissibles de chaque couche de chaussée.

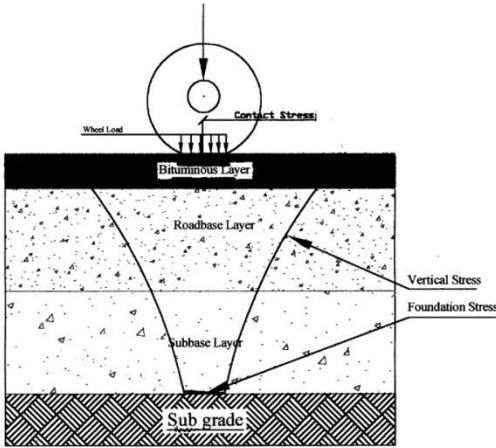


Figure I.4 : Répartition des contraintes dans une chaussée souple

I.3.2. Les chaussées rigides

La chaussée rigide est construite avec du béton de ciment portland (PCC) et des agrégats et se compose généralement de deux couches principales et parfois de trois couches, comme illustrée dans la figure I.5. Les chaussées rigides ont une résistance à la flexion suffisante pour transmettre les contraintes de charge des roues à une zone plus large en dessous.

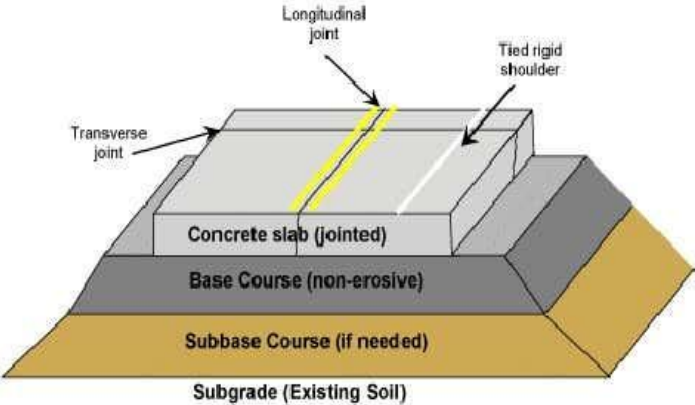


Figure I. 5: Section transversal de chaussée rigide

Chapitre I : généralité sur les chaussées

Au regard du module d'élasticité élevé du béton armé, les sollicitations déterminantes sont celles de traction par flexion dans la dalle.

- Ces structures sont sensibles à la fissuration produite essentiellement par retrait. La dalle se déséquilibre et bouge au passage du trafic, ce qui amplifie le phénomène ;
- Les variations journalières de la température ambiante créent dans les dalles des gradients thermiques. Les dalles ont alors tendance à se déformer. Il s'ensuit une modification des conditions d'appui sur le support conduisant à majorer l'effet du trafic

I.3.2.1. Types de chaussées rigides

Les chaussées rigides peuvent être classées en quatre types :

- Chaussée en béton uni (JPCP),
- Chaussée jointive en béton armé (JRCP),
- Chaussée continue en béton armé (CRCP), et
- Chaussée en béton précontraint (PCP).

Chaussée en béton simple jointé :

Sont des chaussées en béton de ciment simples construites avec des joints de contraction rapprochés. Des goujons ou des verrouillages d'agrégats sont normalement utilisés pour le transfert de charge à travers les joints. Ils ont normalement un espacement entre les joints de 5 à 10 m.

Chaussée en béton armé jointif :

Bien que les renforts n'améliorent pas de manière significative la capacité structurelle, ils peuvent augmenter considérablement l'espacement des joints jusqu'à 10 à 30 m. Des goujons sont nécessaires pour le transfert de charge. Les renforts aident à maintenir la dalle ensemble même après des fissures.

Chaussée continue en béton armé :

L'élimination complète des joints est obtenue par renforcement.

I.3.3. Les chaussées semi-rigides :

Chaussée avec une couche de surface hydrocarbonée reposant sur une ou plusieurs couches traitées aux liants hydrauliques jouant un rôle structurel déterminant (ou couches traitées aux

Chapitre I : généralité sur les chaussées

liants hydrocarbonés qui par leur rigidité ou épaisseur ne peuvent être considérées structurellement comme souples comme montre la figure I.6

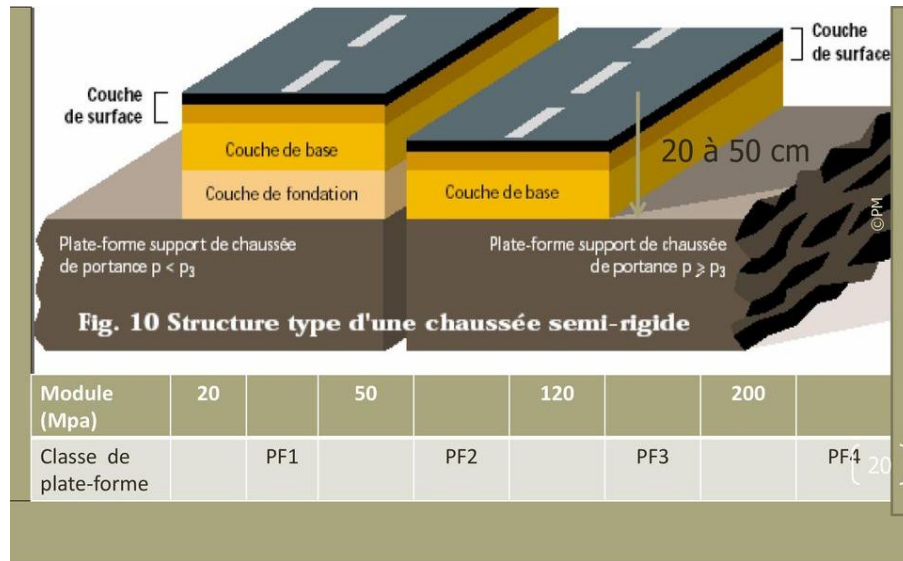


Figure I.6: Section transversal de chaussée semi-rigide

- Compte tenu de la grande rigidité des matériaux traités aux liants hydrauliques, les contraintes verticales transmises au support de chaussée sont faibles. En revanche, l'assise traitée subit des contraintes de traction-flexion qui sont déterminantes pour le dimensionnement de ces chaussées ;
- Lorsque l'adhérence entre la couche de base et la couche de fondation assure la continuité des déplacements, la contrainte maximale de traction est observée à la base de la couche de fondation ;
- Les assises traitées aux liants hydrauliques sont sujettes aux retraits thermiques qui peuvent provoquer des fissurations transversales qui remontent à travers la couche de roulement.
Ces fissures apparaissent en surface de la chaussée avec un espacement assez régulier (entre 5 et 15 m).
- La fissuration de retrait favorise la pénétration de l'eau, ce qui provoque la dégradation de la chaussée.

Chapitre I : généralité sur les chaussées

I.4. Principes de fonctionnement des couches de structures de chaussée

Le fonctionnement mécanique d'une structure de chaussée dépend de celui des couches qui la compose. Ces couches peuvent être réalisées suivant deux types :

- Les couches composées de matériaux granulaires peu liés entre eux : les GNT
Ces couches fonctionnent comme un empilement de billes, elles seront désignées sous le terme de couches souples.
- Les couches composées de matériaux granulaires liés entre eux de manière plus ou moins fortes : Graves traitées, Graves bitumineuses, béton... Ces couches fonctionnent comme des plaques en flexion, elles seront désignées sous le terme de couches rigides. Suivant le type de liant utilisé, cette rigidité sera plus ou moins importante.

I.5. Méthodes de dimensionnement du corps de chaussée

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Le corps de chaussée est dimensionné en général avec les méthodes suivantes :

- Méthode CBR.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP.
- Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves « SETRA »

I.5.1- C.B.R (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode (Semi-Empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100) % de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 (cm). Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon. (A.BEZZAR, 2020)

L'épaisseur sera obtenu en appliquant la formule I.1

$$e = \frac{100 + P \times \left[75 + 50 \times \log \left(\frac{N}{10} \right) \right]}{I_{CBR} + 5} \dots\dots\dots(I.1)$$

Chapitre I : généralité sur les chaussées

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

- I_{CBR} : indice CBR.
- N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- log : logarithme décimal.
- e : épaisseur équivalent.

I.5.2. Notion de l'épaisseur équivalente

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches calculer suivant la formule I.2 :

$$E_{eq} = \sum e_i(\text{réelle}) \times a_i \dots\dots(\mathbf{I.2})$$

Avec $i=1, 2$ et 3

e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a_1, a_2, a_3 : sont Les coefficients d'équivalence des matériaux des couches e_1, e_2 et e_3 .

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau I.2.

Chapitre I : généralité sur les chaussées

Tableau I.2 : Les coefficients d'équivalence (REZIGA.A, DEKKAR. M, 2020)

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.6 à 0.7
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

I.5.3. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- **Matériaux** : traités au bitume (GB, BB), non traités (GNT, TVO...)
- **Trafic** : classé selon le nombre de (Pl /j/sens) à l'année de la mise en service.
- **Portance du sol support**: selon l'indice CBR (voir le tableau).
- **Climat**: l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi-aride, aride).

I.5.4. Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves « SETRA »

Le catalogue des structures type neuf est établi par « SETRA ». Il distingue les structures de chaussée suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB). Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance. (Guide de l'entretien routier, Algérie 1995)

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20^{ème} année T_i .

Chapitre I : généralité sur les chaussées

- Les caractéristiques du sol (Si).

I.5.4.1. Détermination de la classe du trafic

La classe de trafic est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau I.3

Tableau I.3: Classement du trafic suivant le catalogue. (Guide de l'entretien routier, Algérie1995)

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T1	$T < 105 \times 7.3$
T2	$105 \times 7.3 < T < 106 \times 2$
T3	$106 \times 2 < T < 106 \times 7.3$
T4	$106 \times 7.3 < T < 107 \times 4$
T5	$T \geq 107 \times 4$

On commence par la détermination du trafic poids lourds cumulé sur 20 ans et définir à partir du tableau ci-dessus la classe de trafic correspondant. Le trafic cumulé est donné par la formule I.3:

$$T_C = T_{PL} \times \left(1 + (1 + \tau)^{n+1} - \frac{1}{\tau} \right) \times 365 \quad \dots\dots\dots(I.3)$$

T_{PL} : Trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : Durée de vie

τ : Taux de croissance du trafic.

I.5.4.2. Détermination de la classe du sol

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données par le tableau I.4.

Tableau I.4 : Classe de sols (Guide de l'entretien routier, Algérie1995)

Classe du sol	Indice CBR
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	<5

I.6. Conclusion

Les chaussées constituent la structure de support de base du transport routier. Chaque couche de chaussée a une multitude de fonctions à remplir qui doivent être dûment prises en compte lors du processus de conception. Différents types de chaussées peuvent être adoptés en fonction des exigences du trafic. Une mauvaise conception des chaussées entraîne une défaillance précoce des chaussées affectant également la qualité de conduite.

Bibliographies

- [Amani Abdelkader, 2017] : projet fin d'étude ; modèle de chaussée routier, 2017
- [Haseeb jamal, 2017]: Flexible Pavement Definition and Explanation, 2017
- [Tom V. Mathew, 2009]: Introduction to pavement design, 2009
- Guide de l'entretien routier, Algérie1995
- Site internet : www.genecivil.com
- Site internet : www.scribd.fr

Chapitre II

Les différents types de pathologies des chaussées

II.1-Introduction

La pathologie est une science qui a pour objet l'étude de l'évolution de la durée de vie de l'ouvrage, des désordres qui peuvent apparaître, des méthodes de diagnostic qui permettent de déterminer l'état de santé de l'ouvrage.

Dès leur construction, les routes subissent des sollicitations qui font qu'elles se dégradent plus ou moins rapidement selon la qualité de la réalisation ainsi que l'agressivité de l'environnement de la route.

Pour pouvoir proposer des mesures raisonnables contre la dégradation des chaussées, il est nécessaire de comprendre leurs origines et leurs évolutions. Dans cette partie, on présentera les différents types de dégradations que les chaussées subissent.

II.2-Description et classification des principales dégradations

Les dégradations des chaussées, selon le catalogue des dégradations de surface des chaussées (LCPC, 1998), peuvent être divisées en quatre familles : les arrachements, les remontées de matériaux, les dégradations de déformations et les fissures.

Les deux premières familles reflètent la qualité de la couche de surface. Les deux dernières familles concernent la détérioration mécanique de la structure.

II.2.1-Types de pathologies de la chaussée :

- **Pathologie supérieure** : elle se produit sur la couche de roulement
- **Pathologie semi-profonde** : elle se produit dans la couche supérieure ou la couche de base
- **Pathologie profonde** : elle se produit dans la couche de forme, la couche de fondation ou dans le sol d'assise

II.2.2-Familles de dégradations de la chaussée

- **Couche supérieure** : Arrachement, remontées
- **Couche inférieure** : Déformation, Fissure

II.2.2.1-Arrachement

Ce type de dégradation concerne plutôt la qualité des surfaces, qui engendre des problèmes d'insécurité routière ayant un rapport avec l'adhérence des chaussées. Ces phénomènes sont dus soit à l'usure de la couche de surface, le départ de gravillons du revêtement, le départ localisé de matériaux de la couche de surface ou bien le départ de liant autour des granulats dans la couche de surface. Il s'agit de désordres affectant en général la couche de roulement comme illustré sur la figure II.1 :



Figure II.1 : Arrachement

On distingue alors :

a - nids de poule et trou :

Cavité de taille variées et de forme arrondie à bord francs, créées à la surface de la chaussée par enlèvement des matériaux.

❖ Origine :

L'apparition de ce type de dégradation, se traduit par une désintégration avec arrachement des matériaux le défaut original est provoquée par la circulation sur les points faibles de revêtement c'est-à-dire sur les zones mal contacter sur les granulats mal incrustés.



Figure II.2: Nids de poule

b- pelade : Arrachement par plaque plus ou moins grande de l'enrobé de la couche de roulement.

❖ Origine :

- Épaisseur ou stabilité insuffisante de la couche de roulement.
- Défaut d'adhérence à la couche inférieure.

c- plumage, peignage, désenrobage :

Peignage : Arrachement de gravillons du revêtement.

Plumage : il s'agit du départ de gravillons se développant suivant des sillons parallèle à l'axe de la chaussée.

Désenrobage : il s'agit du départ de mastique (Liant et fine) autour des granulats d'une couche de roulement en enrobés.

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

❖ Origine :

Mauvaise mise en œuvre rampe mal réglé ou partiellement bouchée, ainsi qu'a la mauvaise application du liant sur la chaussée et le ré pondage à trop basse température

d-Tête de chat et perte de matériaux :

Apparition excessive de granulats dure en relief par usure du mortier les entourant.

❖ Origine :

Usure de revêtement laissant apparaître des pierres dures.

e- Dégradation de rive (épaufure)

Cassure du revêtement au bord de la chaussée

❖ Origine:

-Assèchement du sol support

-Discontinuité dans la structure (ex élargissement)

-Apport latérale d'eau de ruissellement dans la structure de la chaussée (milieu urbain)

II.2.2.2-Les remontés

Ces dégradations sont causés par des remontées du liants à la surface de la chaussée par l'enfoncement des gravillons dans l'enrobés en période chaude, les remontées des éléments fins à la structure de chaussée ou par l'éjection de l'eau à la surface lors du passage des véhicules lourds par suite de l'existence de cavités sous la couche de surface. Il s'agit d'apparition en surface de remonter des couches inférieures de boue, d'eau, de liant ou de sel.



Figure II.3 : Les remontés

II.2.2.3-Les déformations

Il s'agit des dégradations entraînant une modification de la route donnant à la surface de la chaussée un aspect de défaire de celui désiré. C'est des formations qui prennent naissance dans le corps de la chaussée affecte en général les couches inférieure pour atteindre ensuite la couche de roulement et peuvent se distinguer selon leurs formes ou leur localisation comme suit :

a-Tassement : Abaissement du niveau de la chaussée comme illustré dans la figure II.4.

❖ **Origine** :

- Déformation permanente du sol support souvent observé au raccordement d'ouvrage d'art au droit de tranchées
- Changement de la teneur en eau de sol support
- Compactage insuffisant
- Trafic lourd important



Figure II.4 : Tassement

b- Affaissement : Variations du niveau de profil longitudinal aussi bien suivant l'axe de la rive ou transversale, ils peuvent être localisés ou généralisés (figure II.5)

❖ **Origine**

- Dégradation localisée des couches inférieures pouvant être due à un défaut de drainage ou à la présence de matériaux de mauvaise consistance
- Écroulement de cavités souterraines



Figure II.5 : Affaissement

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

C-flache : Dépression localisé en forme arrondie ou ovale (figure II.6).

❖ **Origine**

-Dégradation des couches inférieure à un point sensible suite à la présence des matériaux sans consistance.

-Rupture d'une canalisation



Figure II.6 : flache

d-tôle ondulé : Ondulation régulières est rapprochées perpendiculaires à l'axe de la chaussée rencontrée fréquemment sur les routes non revêtues (figure II.7)

❖ **Origine**

-Mauvaise mise en œuvre de la couche de surface

-Faible stabilité des mélanges bituminés

-Zone de frottement sollicitée par les effets tangentiels

-Comme sur des rampes fortes avec un trafic lourd important ou dans les zones de freinage fréquent.



Figure II.7 : Tôle ondulé

e-bourrelet : Gonflement apparaissant à la surface de la chaussée suivant un profil longitudinale ou transversale (figure II.8).

❖ **Origine**

-Mélange peut stable

-Manque de liaison entre le revêtement bitumineux et la couche sous-jacente

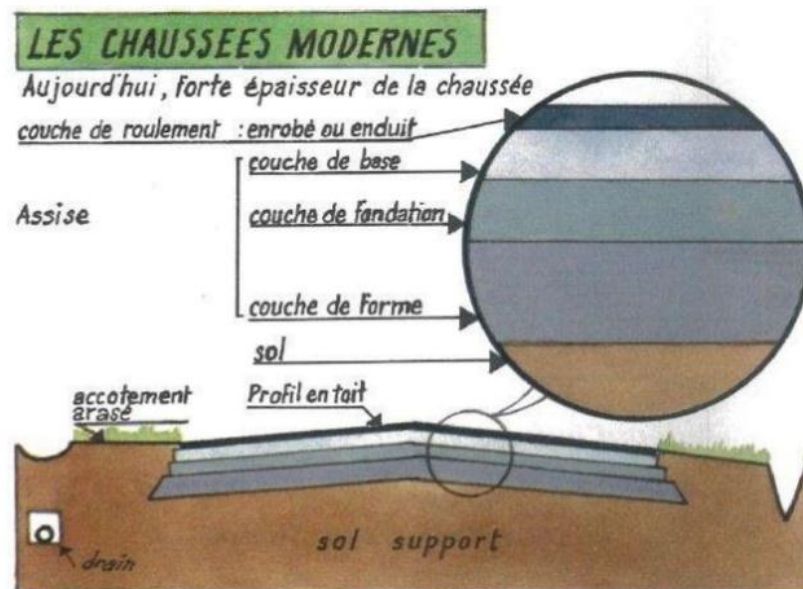


Figure II.8 : Bourrelet

f-bosses : Soulèvement localisée de la chaussée (figure II.9).

❖ **Origine**

- Absorption d'humidité par des matériaux sujets au gonflement
- Bombement de la chaussée du fait d'un refoulement



Figure II.9 : Bosses

II.2.2.4-Fissuration

Avec le problème de l'orniérage, Les fissures sont considérées comme un des plus grands modes de dégradation de chaussées. En effet leur présence associées ou non à l'eau met en péril la durabilité à terme de la structure sous le passage répétée de véhicules lourds. Le problème des fissurations peut-être regardé du côté de l'endommagement des matériaux, et de leur rupture.

a-faiënçages :

Cassures en mailles du revêtement. Elles sont dites mailles fines ou peau de crocodile lorsque le côté varie de 10 à 40 cm et mailles large au-delà de 40 cm de côté. Il existe trois types de faiënçages :

a.1 Faiénçage dans les bandes de roulement :

Le faiénçage dans les bandes de roulement est un ensemble de fissures entrelacées ou maillées (mailles fines inférieures à 30 cm) formant une série de polygones.

Ces types de fissures concernent pratiquement toutes les structures de chaussées (les chaussées souples traditionnelles, les chaussées bitumineuses épaisses, les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, les chaussées inverses)

Elles sont probablement causées par :

- ✚ soit une fatigue excessive de l'assise provoquée par un excès de contrainte de traction par flexion à la base de la ou des couches traitées
- ✚ soit un décollement de la couche de roulement.

a.2 Faiénçage non spécifiques aux bandes de roulement

a.3 Faiénçage circulaire

C'est un ensemble de fissure entrelacées ou maillées (mailles fines inférieures à 30 cm) formant une série de polygones apparaissant ponctuellement et affectant une zone de forme sensiblement circulaire dont le diamètre est généralement inférieur à 1 m.

Ces types de fissures concernent les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, ou les chaussées mixtes. (LCPC, 1998)



Figure II.10- faiénçage circulaire

b- Fissures parabolique de glissement

Fissure ou déchirements de la chaussée en forme de demi-lune ou de croissant à axe longitudinal (figure II.11).

❖ Origine:

- Glissement de la couche de roulement dans les zones où le revêtement est soumis à des efforts importants de cisaillement en l'occurrence dans les zones de freinage et d'accélération. (DRCR-SETRA, 1979).
- Défaut d'accrochage de la couche de roulement à la couche inférieure.
- Epaisseur insuffisante de la couche de roulement.
- Dégradation d'une couche de base traitée au liant hydraulique, dans ce cas, elle est généralement associée à une remontée de boues.



Figure II.11 : Fissure parabolique de glissement

c-Fissures fines

Petites fissures superficielles rapprochées et fines (figure II.12).

❖ Origine

- Mauvais dosage en bitume.
- Excès de fines en surface.
- Cylindrage au mauvais moment, cylindrage pendant que le mélange est encore très chauds, non stable lors du compactage.



Figure II.12 : Fissure fine et transversale

d-Fissuration longitudinale

Fissures suivant l'axe ou la rive et en dents de scie (figure II.13).

❖ Origine

- Tassement d'un éboulement ou d'un élargissement de la chaussée.
- Rupture créée à la suite d'un mouvement de terre dont le glissement du remblai.
- Largeur insuffisante de la chaussée qui pousse la circulation trop près de la rive.
- Trop forte déformabilité du corps de la chaussée.
- Mauvais drainage.
- Mauvaise mise en œuvre des matériaux.
- Remblais avec talus instables



Figure II.13 : Fissure longitudinale

e-Fissuration transversale

C'est des fissures qui sont quasi-perpendiculaires à l'axe de roulement des charges sur la chaussée. Elles peuvent être isolées ou périodique d'espacement variable, traversant tout ou en partie la largeur de la chaussée (figure II.12), il s'agit des lignes de rupture transversales.

❖ Origine

Elles sont généralement dues à cause du retrait thermique du revêtement ou retrait hydraulique des couches traitées.

II.3. Processus de dégradation des chaussées

II.3.1 Processus général

Les chaussées évoluent et se dégradent essentiellement sous l'effet de trafic lourd et des conditions climatiques. La rapidité de cette évolution et les désordres qui apparaissent sont également liés à la nature et à l'épaisseur des matériaux utilisés, leurs conditions de fabrication et de la mise en œuvre. (LCPC, 1998)

Certains désordres consécutifs à l'instabilité du support de la chaussée (remblais ou terrain naturel) peuvent apparaître indépendamment du trafic et du climat.

Les dégradations les plus couramment rencontrées se classent en deux grandes familles: les dégradations structurelles et les dégradations superficielles.

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

Les premiers apparaissent au sein de la structure de chaussée ou de son support et met en cause le patrimoine (LCPC, 1998). Les secondes prennent naissance dans la couche de surface de la chaussée et affectent d'abord ses qualités superficielles. (LCPC, 1998)

II.3.1.1 Dégradation structurelle

Fissuration de fatigue des assises de chaussée de la couche de roulement due à la répétition des efforts de traction par flexion au passage des charges.

Cette dégradation apparaît dans les bandes de roulement parallèlement à l'axe de la chaussée; elle évolue vers un faïençage à mailles de plus en plus fine pouvant prendre l'aspect, sur certaines structures d'une fissuration en dalles.

Déformation structurel dues à un sol support peu portant est insuffisamment protégé par la chaussée, ou des matériaux de chaussée de mauvaise qualité. Il peut s'agir d'ornièrre à grand rayon, d'affaissement de rive ou de flache suivant la localisation et l'extension des déformations. (S.E.T.I-B.C.E.O.M, 1976)

II.3.1.2 Dégradation superficielle

Remonter de Liant en excès à la surface de la couche de roulement lors de périodes chaudes.

- Usure de la couche de roulement se traduisant par le polissage des gravillons, leur arrachement ou celui du mortier sous l'effet de frottements des pneumatiques et des efforts tangentiels exercées par les charges roulante.
- Ornièrre par fluage dit à (un petit rayon) de la couche de roulement ou de son support bitumineux sous l'effet de trafic lourd.
- Fissuration de la couche de roulement liée à une mauvaise exécution des joints de construction, au vieillissement du liant ou à une sensibilité du bitume à la contrainte thermique.

II.4. Les facteurs influant sur les dégradations

Les structures de chaussée sont conçues pour répondre aux objectifs définis par le maître d'ouvrage.

Elles vont se dégrader sous l'action de différents facteurs (S.E.T.I-B.C.E.O.M, 1976). Qui peuvent être classés en trois catégories :

- Extérieur de la chaussée
- Liés à la structure elle-même, à ses défauts de conception et de réalisation.
- Liés aux matériaux constitutifs.

II.4.1. Facteurs extérieurs

Le trafic est l'un des premiers facteurs extérieurs provoquant la ruine des chaussées. Il agit d'une part en sollicitant les couches traitées en traction/extension par flexion et en poinçonnant les couches non liées (sol support et GNT) provoquant respectivement fissures et déformation permanentes.

Il peut également susciter l'orniérage par fluage des couches des surfaces bitumineuses. Les facteurs extérieurs pouvant intervenir à ce niveau sont: une température durablement élevée (période de canicule), une vitesse de sollicitation lente (rampe), une zone de fort cisaillement (virage, présence de feu ou stop).

Le trafic exerce également une augmentation de pression dans les fissures ou l'eau s'est infiltrée par la suite, cette eau sous pression attaque les éventuels points faibles des matériaux ou de la structure, à savoir décolle les interfaces entre couches, entraîne les fines produites par l'attrition (au niveau de la fissure ou des interfaces), déchausse les granulats.

Les conditions climatiques influent sur le comportement des structures de façon directe ou induite :

- La pluviométrie influe sur la teneur en eau des sols support et sur leur portance, sur la rigidité des matériaux non traités et sur la dégradation des discontinuités de la structure (fissure, interfaces), l'influence de ce facteur est amplifiée par le profil de la route (remblais, déblais), la nature et la largeur des accotements, l'état du dispositif de drainage et l'état de surface de la chaussée (déjà dégradé ou intacte).
- Les températures estivales augmentent la sensibilité à l'orniérage ou au ressuage des couches de surface.
- Les températures hivernales augmentent la fragilité des couches bitumineuses et les sollicitations au voisinage des discontinuités dans les structures rigides et à assise traitée au liant hydraulique.
- Les variations journalières de température influent sur le fonctionnement de la structure notamment en modifiant la cambrure des dalles rigides et leur mode de fonctionnement, ainsi que la susceptibilité des matériaux bitumineux dans le cas où une trop grande amplitude journalière de température fragilise le matériau à basse température (pas d'accommodation possible).
- Les variations journalières de température influent elle-aussi sur le fonctionnement de la structure, en agissant sur la rigidité des matériaux pour la structure à couches bitumineuses et sur les conditions d'engrènement pour les structures à couches traitées aux liants hydrauliques.

- L'ensoleillement et l'exposition aux intempéries, provoquent un vieillissement des matériaux, qui se traduit par un durcissement des liants bitumineux et une fragilisation des liaisons granulats/liant.
- Le gel peut, lorsqu'il est intense, provoquer le soulèvement de la structure (principalement sous nos latitudes si ses couches non traitées sont gorgées d'eau) et une dégradation de certains matériaux après de nombreux cycles de gel.
- Plus dommageable, le dégel induit une dégradation accélérée de la structure par chute de portance du sol support (cas des sols fins, des craies..).
- Des périodes de grande sécheresse entraînent la dessiccation des sols (surtout ceux présentant des indices de plasticité élevés) et l'apparition de fissures de retrait en surface des chaussées

II.4.2. Facteurs liées à la structure

L'épaisseur de la structure est déterminée afin que la chaussée assure la circulation d'un trafic poids lourds sur un sol support donné pendant une certaine durée. Des travaux réalisés selon les règles de l'art intègrent des variations « usuelles » d'épaisseur qui sont prise en compte dans le calcul de l'épaisseur nominale. Toute sous-épaisseur, ponctuelle ou étendue, induit dès l'origine un excès de sollicitation dans la zone sous-dimensionnée, qui se traduit à plus ou moins long terme par l'apparition prématurée de fissures ou faïençage. Ces sous-épaisseurs sont d'autant plus dommageables que le matériau est rigide.

Les cas les plus fréquents de sous-épaisseurs se rencontrent dans les agglomérations, sur les giratoires, ou sur plate-forme mal nivelée.

Les conditions de collage entre couches sont également déterminantes sur la durabilité des structures. Celles-ci sont calculées en adoptant des hypothèses de collage représentatives des conditions habituellement rencontrées ; par exemple, les couches bitumineuses sont supposées collées sur le support. Tout défaut de collage entre deux couches supposées solidaires conduit à une sollicitation excessive de chacune des couches de la structure, et donc à leur ruine prématurée.

Il n'est pas rare, sur chaussées souples et bitumineuses épaisses sous fort trafic, de rencontrer des fissures longitudinales voire du faïençage dans les bandes de roulement et de mettre en évidence le décollement de la seule couche de surface par carottage.

Un défaut d'accrochage peut résulter de l'absence ou d'un mauvais dosage de la couche d'accrochage, des conditions météorologiques lors de mise en œuvre (averse) ou de la présence d'une pollution sur la couche sous-jacente avant mise en œuvre.

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

Les travaux de type élargissement constituent souvent des points faibles de la structure. Des comportements différentiels entre ancienne chaussée et élargissement peuvent être observés, résultat :

- Des matériaux utilisés pour son élargissement qui ne sont pas nécessairement de même nature que ceux du corps de chaussée.
- Du sol support remanié lors de terrassement des élargissements.
- Des difficultés de mise en œuvre en faible largeur

II.4.3. Facteurs liés aux matériaux

❖ Tous matériaux

La rigidité d'un matériau de chaussée dépend de son taux de compactage. Tous les matériaux requièrent un niveau de compactage minimal, garantissant une rigidité et un comportement en fatigue, tout défaut de compactage affecte la rigidité du matériau, et par suite suscite une augmentation de la sollicitation induite au passage de charges lourdes, la durée de vie de la chaussée s'en voit réduite. Un matériau non adapté au trafic peut également être un facteur à l'origine de l'ornièrage des chaussées. (O.C.D.E, 1987)

❖ Matériaux non traités

Une teneur en eau trop élevée altère les performances mécaniques de ses matériaux, aussi bien en rigidité qu'en résistance à la déformation permanente. Cette teneur en eau augmente lorsque les couches supérieures ne sont plus imperméables (forte fissuration par exemple), qu'une alimentation en eau peut se faire par un terre-plein central et/ou que le dispositif de drainage ne fonctionne pas (problème d'altimétrie, de colmatage des exutoires..).

La teneur en fines et la propreté (MB) sont également des facteurs déterminants, en ce sens qu'elles contribuent à la rétention d'eau libre et adsorbée et au mouvement d'eau libre (par capillarité), rendant ce fait le matériau sensible au gel, cette instabilité conduit généralement à une fissuration des couches supérieures et à l'ornièrage.

❖ Matériaux bitumineux

La teneur en liant, dont l'optimum a été déterminé lors de l'étude de formulation du mélange, est également un facteur déterminant.

- Un sous dosage conduit à :

-Une réduction des performances en fatigue (donc à une moindre durabilité des matériaux).

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

-Une moindre maniabilité du mélange (donc à une plus grande difficulté à atteindre la compacité requise).

-Une plus grande sensibilité à l'eau (décohésionnement de liaison liant/granulats). Dans une moindre mesure une perte de rigidité du mélange.

- Un surdosage en liant a peu de conséquences pour les couches d'assise mais pénalisant pour les couches de surface où il conduit à :

-Une plus grande sensibilité à l'orniérage et au ressuage

-Un état de surface plus fermé (donc une moindre macro texture) défavorable à l'adhérence sur chaussée humide.

Un manque de fines important conduit à une plus grande sensibilité à l'orniérage.

La surchauffe des mélanges bitumineux à la fabrication en central entraîne un vieillissement prématuré du liant et conduit généralement au désenrobage et à la fissuration des couches de surface.

- Le sur-compactage de la couche de surface induit un risque accru d'orniérage, et un manque de macro texture.
- Le sous-compactage des matériaux bitumineux peut également conduire, en plus d'un affaissement des caractéristiques mécaniques (module et fatigue), à un risque d'orniérage par post-compactage. (O.C.D.E, 1987)

L'emploi de bitume dure qui s'est développé ces dernières années pour améliorer la résistance à l'orniérage des couches de roulement et rigidifier les couches d'assises, conduit généralement à une plus grande sensibilité des matériaux aux basses températures, ce qui peut poser problème dans les zones à fort écarts thermique, cela se traduit alors par l'apparition en surface de la chaussée de fissures orientées de façon aléatoire, dans et hors bandes de roulement initiées par le haut de la couche de roulement. Cette fissuration peut être aggravée dans les bandes de roulement sous l'effet du trafic lourd.

Cette fragilité du matériau bitumineux face aux températures les plus basses peut également se rencontrer pour des couches de surface élaborées à partir d'agrégats d'enrobé (bitume résultant après mélange plutôt dur), ou ayant fait l'objet de thermo-recyclage (thermo-reprofilage ou thermo-régénération), pour peu que les études préalables n'aient pas suffisamment anticipé ce phénomène.

❖ Matériaux traités aux liants hydrauliques

Un sous-dosage en liants hydrauliques (ou en eau) conduit à une moindre performance du mélange, aussi bien en rigidité qu'en résistance en traction. Cette réduction des performances mécaniques conduit à une réduction importante de la durée de vie.

Un sur-dosage en liant hydraulique rend le matériau plus rigide et plus résistant à la traction.

Le sous-dosage en eau conduit à une diminution des performances mécaniques, tandis qu'un sous-dosage réduit le délai de maniabilité.

Les conditions de mise en œuvre sont déterminantes sur la durabilité de ces matériaux :

- La dessiccation de la partie supérieure de la couche doit être évitée par mise en œuvre de couche de cure.
- Le sur-compactage et/ou l'apport de couche en faible épaisseur peuvent provoquer le feuilletage de la partie supérieure de la couche.
- Les travaux en arrière saison et en hiver sont à proscrire (risque de gel)
- Un délai minimal doit être respecté avant remise sous circulation.

II.5.Mode de dégradation de structure de chaussée

II.5.1.Chaussée souple

L'évolution caractéristique des chaussées souples comportent:

-L'apparition de déformations permanentes (flaches, affaissement de rive, et ornière a grand rayon) qui croissent en gravité (amplitude verticale) et en étendue.

-L'apparition d'une fissuration longitudinale dans les bandes de roulement, qui se ramifie, se dédouble et évolue un faïençage à mailles fines.

La fissuration favorise les infiltrations d'eau qui amplifient la réduction de portance du support en période pluvieuse, donc aggravent les déformations permanentes, ces infiltrations d'eau accélèrent également l'évolution de la fissuration en provoquant l'épaufrure des bords de fissure, des arrachements puis de nids de poule.

En période de dégel, l'augmentation très rapide des déformations permanentes peut conduire à la ruine de ce type de chaussée si des mesures de restriction du trafic poids lourds ne sont pas prises en compte. (O.C.D.E, 1987)

II.5.2. Chaussée rigide

Sous l'effet des conditions climatiques (infiltration des eaux superficielles dans la structure mouvement dus aux variations de température) et sous l'effet des agressions du trafic, (essentiellement des poids lourds pour chaussées routières et des aéronefs pour les aires aéronautiques), les infrastructures, les ouvrages en béton n'échappent pas a cette règle.

Les dégradations peuvent être classées en trois catégories :

- Celles liées à des défauts de mise en œuvre de la chaussée.
- Celles concernant la surface de chaussée
- Celles intéressant sa structure

Cette dernière est évidemment la plus grave, car elle met en péril la pérennité même de la chaussée. Cependant, les dégradations dues à des défauts de mise en œuvre et de structure sont parfois les mêmes. Pour les distinguer, il convient de savoir à quel moment elles sont apparues.

Pour les voies routières le catalogue des dégradations, méthodes d'essai n52' du LCPC répertorie les différentes dégradations et notamment celles des chaussées en béton.

Pour information, les dégradations sont relevées sur chaussées routières selon le mode opératoire de la méthode d'essai LCP numéro 38-2.

Pour les voies aéronautiques, c'est le 'catalogue de dégradations-état de la surface des chaussées aéronautiques ' qui est utilisé.

Les principales dégradations prises en compte pour l'entretien dans le présent guide, sont décrites ci-après. (LCPC-SETRA, 1998)

❖ Dégradation liées à la mise en œuvre :

Ces dégradations apparaissent généralement très tôt après la réalisation de la chaussée (tableau II.1).

Chapitre II : Les différents types de pathologies des chaussées

Tableau II.1 : principale dégradation liées à un défaut de mise en œuvre (LCPC-SETRA, 1998)

Dégradation	Causes probables
Fissures transversales	Mauvais positionnement des goujons
Cassures d'angle	Retard de sciage
Epaufitures	Défaut de traitement de surface
Nids de poule	Inclusion accidentelle dans le béton frais

❖ Dégradation de surface

C'est essentiellement la diminution d'adhérence et le confort de l'utilisateur, qui sont pris en compte dans la programmation de l'entretien.

Les mesures des caractéristiques d'adhérence d'uni sont réalisées avec des appareils d'écrits à l'annexe I du guide technique.

❖ Dégradation de structure

Les dégradations prises en compte dans le présent Guide sont sur le tableau II.2:

Tableau II.2 : principales dégradation liées à un défaut de structure (LCPC-SETRA, 1998)

Dégradation	Causes probables
Fissures transversales ou longitudinales	Rupture par fatigue, défaut d'appuis de la dalle
Fissure (apparaissant après quelque année)	Rupture par fatigue
Fissure en dalle	Excès de contraintes à la base des dalles

II.6. Conclusion

Toute structure de chaussée va se dégrader sous l'action de plusieurs facteurs. Pour pouvoir mener un diagnostic efficace, il est important de connaître les différents types de pathologies et désordres pouvant affecter les structures de chaussée, les processus de dégradation pour chaque type de chaussée ainsi que les facteurs d'influence associés.

Bibliographie :

- [DRCCR-SETRA, 1979] : Entretien préventif du réseau routier National-Répertoire des dégradations, 1979.
- [IFSTTAR, 2014] : Catalogue des dégradations des chaussées technique et méthodes de laboratoire des ponts et chaussée ; méthode d'essai N38-2,2014
- [LCPC, 1998] Autopsie d'une chaussée « Triston LORINO » ; établissement public à caractère scientifique et technologique ; Paris.
- [LCPC-SETRA, 1998] : Conception et dimensionnement des structures de chaussée- Guide technique 1998.
- [O.C.D.E, 1987] : Catalogue des dégradations de surface de chaussée Paris, 1987.
- [S.E.T.I-B.C.E.O.M, 1976]: Type de dégradation de chaussée-; ministère des travaux publics-Algérie, octobre 1976.

Chapitre III

Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

III.1. Introduction

Auscultation d'une chaussée revient à évaluer son état structurel et à établir son diagnostic afin d'y apporter des remèdes nécessaires pour son maintien dans un niveau de service appréciable. Il faut donc apporter des solutions appropriées au choix de la technique à mettre en œuvre et ce à travers des paramètres d'état bien définies.

Les techniques d'auscultation peuvent se classer en quatre catégories :

- Le relevé de l'état de surface de la chaussée, soit par observation visuelle comme l'indique la méthode de relever de dégradation [Bertrand, 1997], soit par mesure de la géométrie de surface profil en long [Jendryka, 2000], profil en travers [Lepert, 2001]. Ces techniques recueillent des informations sur les propriétés de structure et de la surface de la chaussée.
- Les techniques d'essais destructifs: sondages, carottages [Lepert, 1996b], arrachements, ovalisation [Martin, 1995]. Ces techniques recueillent des informations sur les propriétés de la chaussée
- Les techniques d'essais non destructifs avec sollicitation: mesure de déformabilité de surface [Simonin, 1997], radar [Bertrand, 1996, Dérobert, 2003], auscultation dynamique [Lepert, 1994b]. ces techniques recueillent des informations sur les propriétés de structure de la chaussée
- Les techniques d'essais non destructifs sans sollicitation: mesure de bruit au passage [ISO, 1997], mesure de la tache au sable, mesure de glissement [Boulet, 2002], mesure de réflexion optique. Ces techniques recueillent des informations sur les propriétés de surface ou d'environnement de la chaussée.

III.2. Stratégie d'auscultation

La stratégie d'auscultation consiste à déterminer l'approche que prendra une ville pour connaître l'état des infrastructures sous étude. La détermination de cette stratégie est essentielle dans tous les travaux d'auscultation des différents réseaux et dans tous les projets de plan d'intervention. Elle est définie comme étant le choix des moyens pour procéder à l'examen des segments (sections ou tronçons) qui composent le réseau sous

étude. Le choix de la méthode d'auscultation est un des éléments à considérer lors de la planification de l'auscultation des infrastructures.

III.3. Les principaux critères d'auscultation

III.3.1. état de surface

L'évaluation de l'état de surface d'une chaussée consiste à évaluer quatre principales caractéristiques de surface : la fissuration, le confort au roulement, l'orniérage, la texture et l'adhérence. (Document d'auscultation)

- La fissuration constitue une information essentielle en gestion des chaussées pour déterminer la cause de la déficience d'une chaussée en vue de la corriger. Les fissures sont classées par causes en fonction de leur forme, leur orientation et leur position.
- Le confort au roulement sert à déterminer la qualité de roulement offerte par les chaussées, il est la principale caractéristique perçue par les usagers de la route.
- Les ornières sont des dépressions longitudinales situées dans les pistes de roue. Elles sont susceptibles de retenir l'eau et de provoquer l'hydroplanage des véhicules. Elles rendent également la conduite inconfortable. Elles ont une incidence importante sur la sécurité offerte par les chaussées.
- L'adhérence et la texture sont des caractéristiques de surface qui influencent de plus en plus le choix d'un revêtement routier. Elles sont en lien direct avec le bruit pneu-chaussée.

Ces mesures constituent les données de bases à l'entrée de tout système de gestion de chaussée. Cependant d'autres relevés spécifiques additionnels peuvent encore être demandés selon les conditions locales et la nature du projet: nids-de-poule, pelade, défaut autour des structures d'accès, ressuage, etc. Les relevés de dégradations de surface permettent d'identifier le type, l'emplacement l'étendue et la sévérité des différents défauts qui sont présents à la surface de la chaussée.

III.3.2. État structural

L'état structural d'une chaussée fait référence à deux principales caractéristiques, telles la capacité structurale et la susceptibilité au gel. La capacité structurale représente l'aptitude d'une chaussée à répartir les contraintes induites par le trafic, elle est habituellement déterminée au moyen d'essais effectués sur le terrain.

La susceptibilité au gel d'une chaussée représente sa tendance à se déformer sous l'influence du gel, il peut alors en résulter des soulèvements différentiels qui sont responsables de la

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

dégradation accélérée de la surface des chaussées. A cet égard, trois facteurs sont essentiels à l'apparition de ces soulèvements : un sol susceptible au gel, des températures sous le point de congélation et la présence d'eau.

III.4. Les techniques d'auscultation

III.4.1. Auscultation visuelle

La description précise des défauts d'une chaussée est incontestablement un des éléments importants à prendre en compte pour établir le diagnostic et choisir la technique d'entretien à mettre en œuvre. On est amené à recenser et à décrire avec soin les défauts apparents dans le souci d'une classification adéquate et d'une meilleure appréciation des causes permettant de proposer des remèdes les plus appropriées. L'analyse de l'état de dégradation doit être faite sur la base d'une inspection visuelle détaillée qui doit porter sur un relevé systématique du type de chaque dégradation, de son étendue et de sa gravité. La longueur de section de relevé dépendra d'une manière générale de l'homogénéité de l'itinéraire à ausculter. En Algérie, les relevés de dégradations sont à effectuer par section élémentaire de 100m pour les routes du nord, et 200 m pour les routes du sud [CTTP, 1995].

Pour ce faire, le technicien chargé du relevé devra parcourir la section à bord d'un véhicule avec une vitesse très réduite qui lui permettra de noter toutes les dégradations et de s'y arrêter pour effectuer les mesures nécessaires. Les moyens matériels dont il doit disposer pour mener son travail sont :

- Un véhicule muni d'un compteur métrique,
- Les feuilles de routes,
- Une règle droite de 2 m équipée d'un dispositif pour mesurer les profondeurs de déformations,
- Un calibre pour mesurer les largeurs des fissurations

III.4.1.1 Méthode de relevé des dégradations de surface

La méthode de relevé des dégradations [Bertrand, 1997], consiste à parcourir la section de chaussée, à repérer les dégradations qui apparaissent à la surface de la chaussée, à les identifier, et enfin à les localiser sur papier ou support informatique. Il existe de nombreux types de dégradations qui peuvent apparaître sous différentes formes (gravité). Le catalogue des dégradations [LCPC, 1998], qui sert de référence pour identifier les dégradations, indique également les causes probables ayant engendré ces dégradations et leurs évolutions prévisibles. Ainsi, la présence de faïençage à maille fine est significative de problèmes d'accrochage dans le cas de chaussées souples ou bitumineuses. Dans le cas de chaussées

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

semi rigides ou rigides, la présence de laitance ou de fines au droit des fissures laisse présager d'une désagrégation d'une interface. Si la méthode de relevé des dégradations de surface est pertinente pour révéler la présence de défauts internes à la chaussée, elle présente deux inconvénients majeurs: Les dégradations de surface peuvent être masquées par un entretien de surface qui ne résout pas les problèmes structurels existants. L'apparition des dégradations en surface est tardive et préjudiciable à la structure de chaussée. En effet, les fissures et autres faïençages dans la couche de roulement impliquent que celle-ci n'assure plus son rôle d'étanchéité vis-à-vis de la structure. L'eau peut s'introduire dans le corps de chaussée conduisant à une accélération du processus de dégradation.

III.4.2 Méthode de technique d'essai destructif

III.4.2.1 L'essai de carottage

La méthode de carottage [Lepert, 1996b] est un essai destructif qui consiste à prélever un échantillon cylindrique dans un corps de chaussée. Seuls les matériaux traités peuvent être extraits par carottage. L'examen de la carotte permet visuellement de vérifier l'état des interfaces. Cependant, les contraintes engendrées lors de l'essai peuvent conduire à affecter les états d'interface de la carotte. C'est pourquoi il est conseillé d'examiner également le trou de carottage. Pour limiter les efforts lors du carottage, un diamètre minimum de 15 mm est conseillé [Kobich, 2004].

III.4.2.2 L'essai d'ovalisation

L'essai d'ovalisation [Martin, 1995; Gaocoulou, 1983] vient valoriser l'essai de carottage précédent. Il consiste à mesurer la déformation dans le trou de carottage sous le passage d'une charge. Cette mesure est réalisée suivant différentes directions horizontales (longitudinale, transversale, et 45°) et répétée à différentes profondeurs (de par et d'autre des interfaces). Dans le cas d'une interface collée les déformations mesurées de part et d'autre de celle-ci sont égales. Des écarts significatifs sont révélateurs d'un glissement au niveau de l'interface plus ou moins prononcé.

Les résultats d'ovalisation peuvent également être utiles pour en déduire les caractéristiques mécaniques des matériaux de la chaussée à partir d'un modèle incluant le trou de carottage. Ce modèle est repris pour calculer les contraintes et déformations sans le trou de carottage, puis évaluer au besoin la solution de renforcement nécessaire.

III.4.2.3 L'essai de torsion

L'essai de cisaillement par torsion, également connu sous le terme " napkin-ring test" dans le domaine des matériaux composites, fut développé par Bruyne, et consistait à coller bout à

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

bout deux cylindres de fine épaisseur. Cet essai vise à mesurer la résistance au cisaillement par torsion d'une interface entre deux couches d'enrobés. Le principe de l'essai est de solliciter en torsion une éprouvette bi matériau de manière à générer des contraintes de cisaillement à l'interface. Ce type d'essai est largement utilisé dans beaucoup de domaines d'ingénierie pour l'évaluation de la performance d'un assemblage collé (GUILLENET 2001), (POPINEAU 2005), mais demeure peu utilisé dans le domaine des chaussées pour l'étude du collage entre couches de chaussée. (Figure III.1)

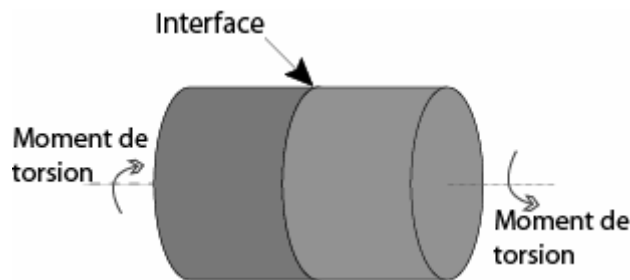


Figure III.1 : Principe d'essai de torsion [M DIAKHATE 2007]

Sur chantier, l'essai consiste à carotter jusqu'à une profondeur d'environ 10 mm en dessous de l'interface à tester et à appliquer, au moyen d'une clé dynamométrique, une sollicitation monotone de torsion sur un disque préalablement collé à la surface de la carotte. L'essai est réalisé manuellement, et à température ambiante. De ce fait, on ne peut pas garantir une vitesse constante chargement; l'essai étant rapide, on suppose que la température reste invariable.

En laboratoire, un dispositif et une presse mono-axe permettent d'appliquer, via des disques collés aux extrémités d'une éprouvette cylindrique bi matériau, une sollicitation monotone de torsion. L'essai de torsion en laboratoire est utilisé (figure III.2)



Figure III.2 : Dispositif d'essai torsion en laboratoire [M DIAKHATE 2007]

L'essai de traction est l'un des premiers essais développés pour mesurer la résistance à l'arrachement, sous chargement monotone, des couches d'étanchéité sur les tabliers de ponts. L'objectif de l'essai est de générer des contraintes de traction à l'interface de deux couches. Il

s'agit alors de mettre en traction une éprouvette bicouche, l'interface étant disposée orthogonalement à la direction de l'effort de traction. (Figure III.3)

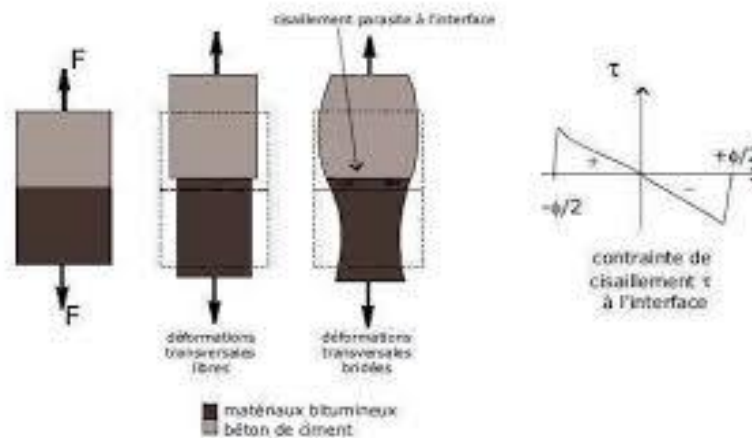


Figure III.3 : Principe d'essai de traction directe [B POUTEAU 2004]

Sur chantier, l'essai de mesure de la force de liaison entre deux couches d'enrobés consiste à effectuer un carottage d'un diamètre de 100 mm, à environ 10 à 20 mm sous l'interface entre la couche de surface et la couche sous-jacente. Ce type d'essai peut être réalisé aussi bien en laboratoire que sur chaussée. Un système de préhension sans colle est placé sur le pourtour de la carotte jusqu'à une profondeur de 35 mm dans la couche de surface. Une contrainte de traction est appliquée à la vitesse de 240N/s

III.4.2.4. L'essai de cisaillement direct

Ce type d'essai fréquemment utilisé pour étudier le comportement mécanique du collage entre deux couches d'enrobés bitumineux. L'essai de cisaillement direct vise générer directement des contraintes de cisaillement à l'interface de deux couches de matériaux (IV-6) des dispositifs d'essais ont été développés sur la base de ce principe. Dès 1979, Leutner a proposé un dispositif d'essai du style "guillotine" (LEUTNER en 1979), (COLLOP en 2003), idée également reprise par Romanoshi en 1999, Mohammed et al en 2002, pour déterminer, sous chargement monotone, la résistance au cisaillement de l'interface entre deux couches d'enrobés. Sur la base de ce style "guillotine" les Suisses ont développé un dispositif d'essai (LPDS: layer-Parallel Direct Shear) et normalisé la procédure d'essai (SN 671 961) (RAAB 2004) (figure III.4). Ce type d'essai fait intervenir des éprouvettes cylindriques bimatériaux de diamètre 150 mm qui peuvent être carottées sur chantier, ou fabriquées en laboratoire sur une presse mono-axe, deux mâchoires espacées de 4 à 5mm (SHLAR en 2002), (BUCHANAN en 2004) et positionnées de part et d'autre de l'interface permettent de générer la sollicitation de cisaillement directe. L'Université d'Ancone (SANTAGATA 1998), (CANESTRARI en 2005) a proposé une boîte de cisaillement (ASTRA: Ancona Shear Testingue Research and

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

Analysis), type boîte de Gasagrand, pour étudier en laboratoire le comportement mécanique de l'interface entre deux couche d'enrobés. Outre la sollicitation monotone de cisaillement, ce dispositif d'essai permet d'appliquer et de contrôler l'effort normal à l'interface (figure IV-6). L'éprouvette testée peut être prismatique avec une section cisailée de 100x100mm².

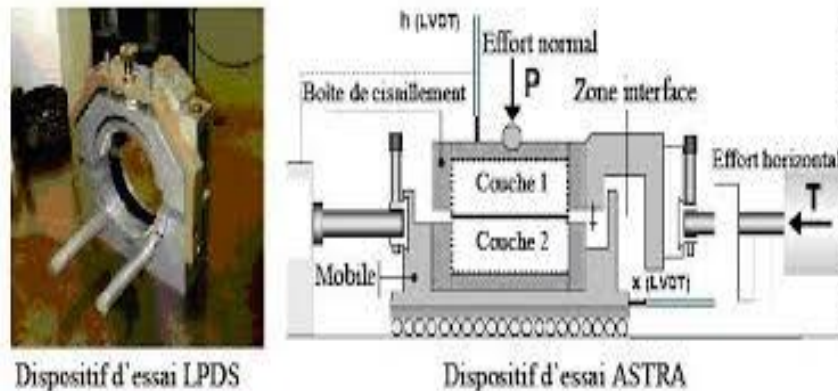


Figure III.4 : Principe et dispositif d'essai de cisaillement direct [M DIAKHATE 2007]

III.4.3 Méthode de mesure de déformabilité de surface

La méthode de mesure de déformabilité de surface [Simonin, 1997], plus généralement appelée mesure de déflexion, consiste à mesurer la déformation de la chaussée sous l'action d'une charge lourde. De nombreux appareils réalisent cette mesure: déflectographe [de Boissoudy, 1984; Simonin, 1997, Vialletel 1997], curviamètre [paquet, 1977; Martinez 1990; Lepert 1997b], déflactometre à masse tombant plus connu sous le nom de FWD [Lepert, 1997].

D'autres sont en cours de développement [Simonin, 2005b; Hildebrand 2002; Andren, 1999]. La mesure de déformation verticale déduite de l'essai est généralement utilisée pour estimer les caractéristiques résiduelles de la chaussée, soit en termes d'épaisseur équivalente d'un modèle mono-couche, soit en terme module d'Young d'un modèle multicouches, soit en termes de durée de vie résiduelle ou encore d'épaisseur de renforcement nécessaire en utilisant un matériaux type.

III.4.3.1 l'essai de déflectographe

Utilisé notamment pour la surveillance d'un réseau routier, la détection des zones défectueuses à renforcer (etc.), l'essai au déflectographe est une technique d'auscultation mécanique statique ou quasi statique qui permet de mesurer le déplacement vertical de la surface de la chaussée (déflexion) sous l'effet d'un essieu d'un poids lourd en mouvement à vitesse constante. Le principe de l'essai fait intervenir une poutre de référence désolidarisée du véhicule, et qui repose sur la chaussée par trois points situés hors de la zone d'influence de la

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

charge de 13 tonnes. Le véhicule avançant, les capteurs de la poutre mesurent les valeurs de flexion jusqu'au passage de l'essieu arrière. La poutre est ensuite ramenée à l'avant, dans sa position initiale vis-à-vis du véhicule, pour une nouvelle mesure. La forme et l'amplitude du bassin de déflexion renseignent sur la capacité et la condition structurale du corps de chaussée. Les valeurs de déflexion et de rayon de courbure du bassin sont influencées par les caractéristiques (modules élastiques et épaisseurs) des différentes couches de la structure de la chaussée et les niveaux de collage aux interfaces (figure III.5).en effet, lorsque le niveau de collage à l'interface diminue, la déflexion augmente et le rayon de courbure diminue.

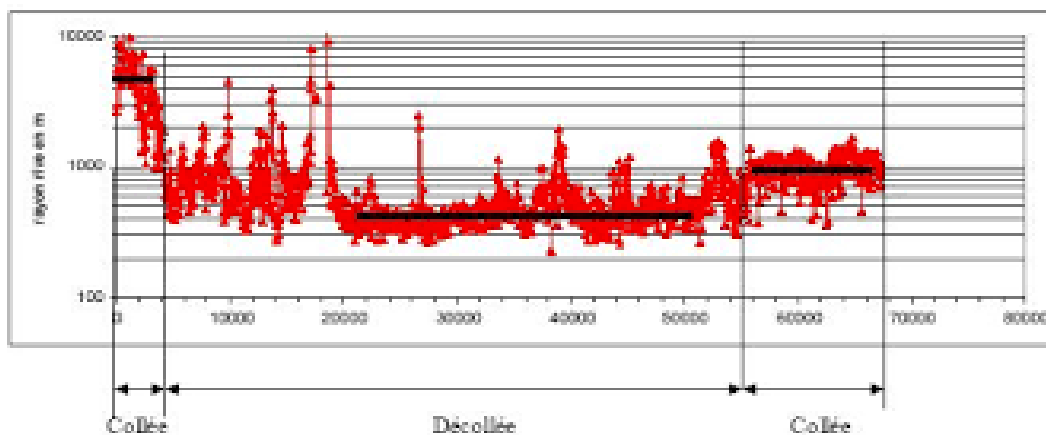


Figure III.5 : Effet de l'état de l'interface sur la valeur du rayon de courbure [M DIAKHATE 2007]

III.4.3.2 L'essai de Déflactomètre FWD

L'essai au FWD est une technique d'auscultation mécanique statique ou quasi statique. Le FWD (déflactomètre à masse tombant) est conçu pour mesurer un bassin de déflexion à la différence que la charge est tombante et appliquée sur une plaque de 300mm de diamètre. Il se compose d'une remorque tractée de 850 kg environ (transportant les éléments de mise en charge et les capteurs de déplacement) et d'un système de pilotage automatique, d'acquisition et de traitement des données.

Le principe de l'essai est le suivant. Suivant le type de structure de chaussée à tester, la masse est libérée d'une hauteur variant de 20 à 400 mm provoquant une force variant de 7 à 105 KN. La charge est transmise à la chaussée par l'intermédiaire d'un ressort dont la constante de raideur permet de déterminer la durée du chargement. Les neufs capteurs de déplacement (dont un au centre de la plaque) mesurent les valeurs de la déformée horizontale sur 2 mètres environ du point d'application de la charge (figure III.6) Pour les structures routières, les

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

paramètres de chargement sont réglés de manière à obtenir une impulsion d'une durée de 28 ms (34Hz), correspondant à la durée de charge d'un poids lourd circulant à une vitesse moyenne d'environ 70km/h s'appliquent également à l'essai au FWD. Le niveau de déflexion obtenu est global et dépend aussi bien de l'état de l'interface pourrait cependant être vérifié pour une chaussée neuve.

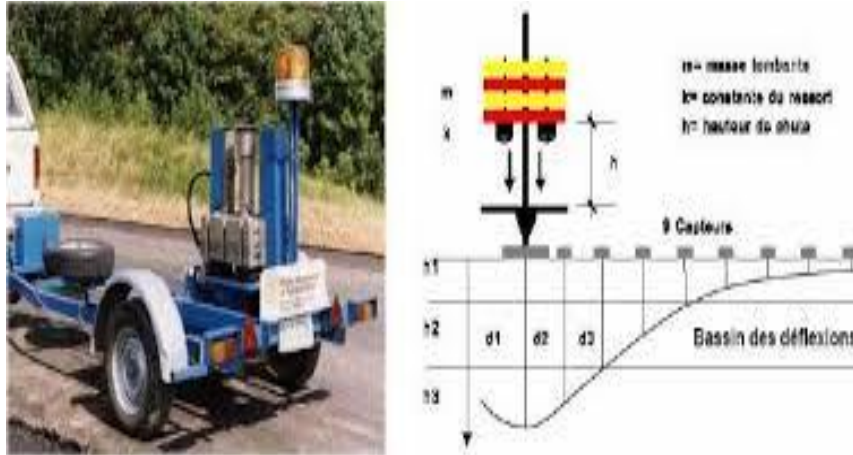


Figure III.6 : Appareillage et principe de fonctionnement du FWD [M DIAKHATE 2007]

III.4.4. Méthode de mesure par technique radar

La méthode RADAR consiste à faire propager une onde électromagnétique vers la structure de chaussée. L'objectif premier de la technique RADAR est de déterminer les épaisseurs de mise en œuvre des couches des matériaux. En effet, à chaque discontinuité diélectrique du milieu, une partie de l'impulsion est réfléchie vers la surface. Pour certains auteurs, une analyse plus avancée des signaux RADAR met en évidence des variations de réponse en termes d'amplitude d'échos, et qu'ils interprètent comme des variations du niveau de collage à l'interface (DEROBERT 2003)

III.4.5 Méthode d'impédance mécanique

Sous ce vocable, nous désignons un ensemble de méthodes qui estiment une réponse complexe en fréquence [Plusquellec, 2001] de la chaussée. L'essai consiste à appliquer une sollicitation à la chaussée, et à mesurer sa réponse en surface. La réponse complexe en fréquence est définie comme le rapport entre la réponse mesurée et la force appliquée. Si la réponse mesurée est un déplacement (resp. vitesse, accélération), la réponse en fréquence est nommée admittance (resp. mobilité, inertance)

III.4.5.1 L'essai de collomètre

Le collomètre a été développé en 1975 pour détecter les couches décollées. Son principe repose sur de constatations pratiques. Lorsque les couches sont collées entre elles, alors suite

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

à un choc donné à la surface de la chaussée, une grande partie de l'énergie est transmise vers le sol. S'il y a défaut (décollement) à l'interface, l'énergie est réfléchiée vers la surface. Le collomètre se compose d'une masse tombante et des géophones qui, placés à 100 mm autour du point d'impact, mesurent la réponse de la structure. Cet appareil est remplacé par le collographe. (Figure III.7)

III.4.5.2 L'essai de collographe

L'essai au collographe consiste à appliquer par l'intermédiaire d'une bille vibrante, une sollicitation sinusoïdale, d'amplitude 2000 N et de fréquence 60 Hz, à la surface de la chaussée. Des capteurs mesurent la composante traduite l'état structurel de la chaussée, elle est constante le long d'une section homogène et vraie en présence singularité. Cependant, le collographe est peu utilisé pour la détection des défauts de collage à l'interface car il est peu sensible à ce type de dégradation. (Figure III.7)

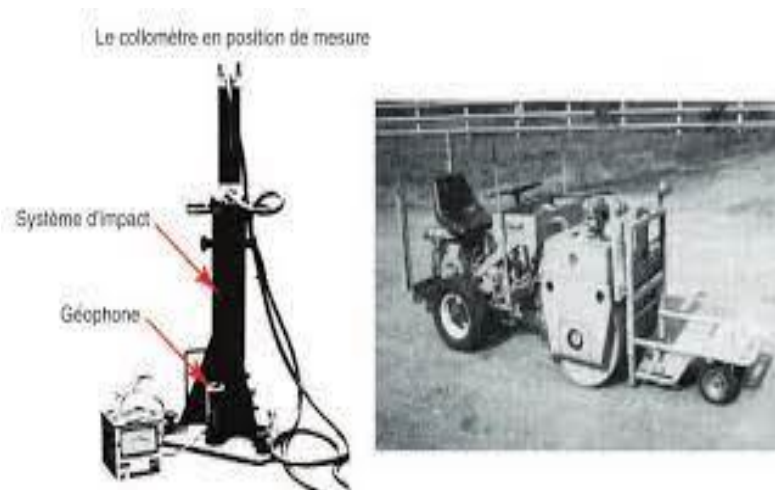


Figure III.7 : illustration du collomètre (Guillemin, 1975) à gauche et du collographe à droite (Boulet, 1983)

III.4.6. Méthode de propagation d'ondes mécaniques

La dispersion des ondes de Rayleigh a été utilisée sur les chaussées routières dès les années 1960. Le bulletin de liaison spécial J, résume parfaitement toutes les études pratiques et théoriques conduites à l'époque. Cette méthode a été presque abandonnée au cours des années 1980 en raison des difficultés de mise en œuvre de la méthode (durée de l'essai). Depuis les années 1990, elle fait l'objet d'un regain d'intérêt dans les applications des chaussées [Caprioli, 1991; Hall, 2002]. Ceci s'explique par l'utilisation de systèmes d'impact plutôt que de systèmes vibrants conduisant à une réduction de la durée de l'essai, et par l'évolution des techniques de mesure et de traitement du signal. La méthode impact écho a été mise au point aux Etats-Unis dans les années 80 90 comme technique d'auscultation non destructive

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

appliquée au béton ABRAHAM 2003, et se base sur l'analyse d'un spectre de réponse. Le principe de l'essai est de générer, à la surface et à l'aide d'une bille d'acier, une onde mécanique pulsionnelle qui se propage dans le matériau. Dans une dalle, les multiples réflexions de l'onde (entre la surface, le fond et les défauts de taille suffisante) provoquent une réponse cyclique amortie enregistrée par un capteur situé au voisinage immédiat du point d'impact. Dans une structure multicouche, les fréquences d'apparition de ces échos sont caractéristiques des épaisseurs des différentes couches. Un changement de ces fréquences est traduit par la présence d'un défaut (interface ou vide) à la profondeur indiquée. Un décollement à l'interface est susceptible d'être décelé par IE sous certaines conditions. Il doit avoir une ouverture d'au moins 0,1 mm, et sa plus petite dimension latérale doit être supérieure à 25% de longueur d'onde de l'impulsion produite par le choc de la bille. Ces conditions sont généralement satisfaites dans les structures de chaussée. Toutefois, des études expérimentales montrent que la méthode est sensible à la température des matériaux bitumineux. L'interprétation des résultats est plus délicate en présence de ces matériaux, il faut nécessairement adapter un facteur correctif dépendant du coefficient du poisson, mais aussi et surtout, tenir compte de la dépendance des propriétés des matériaux bitumineux avec la fréquence et la température.

III.5.Conclusion

Le diagnostic et l'analyse des données relevées par les différentes méthodes d'auscultations, permettent de déterminer les causes les plus probables des dégradations dans les différents types de chaussées. Ces dégradations sont principalement causées par plusieurs facteurs à savoir :

- Le trafic (efforts verticaux, efforts tangentiels, dus aux véhicules poids lourds)
- L'influence des conditions climatiques (action de l'eau, effet de la température)
- Les malfaçons (sous-dimensionnement par rapport au trafic et sol support, la répartition inadéquate du liant, la contamination des granulats, l'insuffisance de compactage)

Le choix de la méthode d'auscultation permet d'expliquer les phénomènes des dégradations des chaussées et de proposer les solutions les plus appropriées.

Bibliographie

- [B POUTEAU 2004] Pouteau B., Durabilité mécanique du collage blanc sur noir, Thèse de doctorat, Ecole centrale et université de Nantes, déc. 2004.
- [Bertrand, 1996] Bertrand L et al., Etudes routières, Application d'un radar pulsé mono-statique
- [Boissoudy, 1984] Boissoudy A B, Manuel de conception des chaussées à circulation légère, presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1084.
- [Boulet, 1983] Boulet M., Gramsammer J.-CL., L'auscultation des chaussées en France, les laboratoires des ponts et chaussées, Missions et recherches, LCPC, pp.93-97, déc. 1983.
- [CANESTRARI 2005] Canestrari F, et al., Tests avancés et caractérisation de la résistance au cisaillement intercalaire, 2005.
- [COLLOP 2003] Collop AC et al., Absorption du bitume dans le caoutchouc granulé à l'aide de la méthode de drainage par panier, International Journal of Pavement Engineering 4(2):105-119, juin 2003
- [CTTP, 1995] Contrôle technique des travaux publics « guide de l'entretien routier » Algérie, 1995
- [Dérobert, 2003] Dérobert X., Techniques radar appliquées au génie civil, LCPC, Etude et recherches des LPC, Sciences pour l'ingénieur n° 19, 109 pages, Octobre, 2003.
- [Goacolou et Marchand, 1982] Goacolou H. et Marchand J.P. Fissuration des couches de roulement. 5eme Conférence internationale sur les chaussées bitumineuses. 1982.
- [Guillemin 1975] Guillemin R., Le collomètre : Dispositif de la détection des défauts au voisinage de l'interface béton bitumineux – assise traitée, Bulletin de Liaison des LPC, n°80, pp.19-21, nov.-dec. 1975.
- [Jendryka 2000] Jendryka, W et al., Identification des défauts d'uni des chaussées lors de leur mise en œuvre, 2000
- [LCPC, 1998]. Catalogue des dégradations de surface des chaussées. Rapport technique, Méthode d'essai n°52, 1998.
- [LCPC, 2009] Méthode d'essai n°70, Auscultation dynamique des structures de chaussée, LCPC, Mai 2009, 52 pages.

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

- [Lepert, 1994] LEPERT Ph., GOUX M.-T., Évaluation du Réseau français de routes nationales basée sur le relevé de dégradations de surface, IVe Congrès International de la route, Rabat, Maroc, 2 juin 1994
- [Lepert, 1996] Lepert Ph. Et al., Etude routières, Exécution et exploitation des carottages de chaussées, LCPC, Méthode d'essai LPC n°43, nov. 1996.
- [Lepert, 1997]. LEPERT Ph., SIMONIN J.-M., KOBISCH R., (1997), Le FWD, performances, utilisation en France et en Europe, Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, 209, mai-juin 1997.
- [Lepert, 2001] LEPERT, P et al., « Modèles de performance des chaussées », Innovation Transports, numéro 11, MTQ, octobre 2001.
- [Leutner, 1979] Leutner R.L. Research on adhesion between layers of flexible pavements. Bitumen 3. 1979.
- [M. DIAKHATE 2007] Fatigue et comportement des couches d'accrochages dans les structures de chaussées bitumineuses
- [Martin, 1995] Martin J-M., Etudes routières, Ovalisation, Exécution et exploitation des mesures, LCPC, Méthode d'essai n°41, juin 1995.
- [Mohammed et al 2002] Mohammad, L. N., M. A. Raqub, Z. Wu, and B. Huang. Measurement of Interlayer Bond Strength Through Shear Tests. Proc., 3rd International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements, Thessaloniki, Greece, 2002.
- [POPINEAU 2005] Popineau S., Durabilité en milieu humide d'assemblages structuraux collés type aluminium/composite, 2005
- [Raab C e Partl MN 2004] Interlayer shear performance: experience with different pavement structures. Anais da 3°. Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, Austria, p.535-545.
- [Romanoshi, S. A. 1999] Characterization of pavement layer interface, PhD Dissertation. Louisiana State University, Baton Rouge, USA.
- [SANTAGATA 1998] Factors affecting the initial stiffness and stiffness degradation behaviour of cohesive soils. PhD. Thesis. Department of Civil and environmental engineering. Massachusetts institute of technology, cambridge, MA.
- [Simonin, 1997] Simonin J-M et al., Etudes routières, déformabilité des surfaces des chaussées, et exploitation des mesures, LCPC, Méthode d'essai LPC n°39, Avril 1997.
- [Simonin, 2005] Simonin J-M et al., Dynamic investigation of pavement, Bearing Capacity of Roads Railways and Airfields, Trondheim, Norvège, juin 2005.

Chapitre III : Les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées

- [Vialletel 1997] VIALLETTEL H., MOUTIER F., La PCG 3, Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, 211, septembre-octobre, 1997.

Chapitre IV

Entretien et réparation des pathologies des chaussées

IV.1.Introduction

Il est vraisemblable à partir des études et constats effectuées sur les dégradations des chaussées, que le problème majeur de ces dernières résulte d'un mauvais fonctionnement du système de drainage et assainissement mettant en jeu la sécurité du corps de chaussée. La stratégie est d'intervenir au bon moment avec des solutions disponibles afin de reporter une intervention majeure le plus loin possible et de conserver aux utilisateurs une route digne de ce nom.

IV.2. Les différents traitements des pathologies des chaussées

IV.2.1. Les fissures

Fissure longitudinale et transversales

Les solutions préconisées sont :

- L'imperméabilisation localisée du revêtement ou colmatage des fissures (pour les fissures superficielles et les fissures du corps de chaussée) qui est destinée à éviter que l'eau ne pénètre à l'intérieur du corps de chaussée et à empêcher le départ des matériaux de surfaces.
- La réparation localisée du corps de chaussée (en cas de grave fissuration sur le corps de chaussée). L'application d'un enduit superficiel ou de tapis d'enrobé est aussi une alternative.

Faïençage

Dans le cas où le corps de chaussée n'est pas affecté, les solutions préconisées sont :

- La réparation localisée ou la réalisation d'un enduit superficiel qui permet de rétablir l'imperméabilité de la couche de surface.

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

- On peut aussi procéder au décapage de la couche de roulement et à la mise en œuvre d'une couche d'enrobé à chaud (après couche d'accrochage).

Dans le cas contraire, il faut se résigner à une reprise de la partie concernée.

Fissure de rive

Des solutions préventives visant à retarder le phénomène doivent être prise durant la mise en œuvre. Il s'agit de veiller au bon compactage des couches mais surtout du sol support notamment dans les accotements. Aussi, une attention particulière doit être accordée à la protection des accotements contre les effets de l'eau particulièrement l'érosion et du trafic.

Dans les solutions curatives, on retiendra la réfection localisée du corps de chaussée et la reprise des conditions de drainage (mise en place de butées).

IV.2.2. Les déformations

Ornières de faible et grand rayon

Les principales techniques d'entretien sont

- Le reprofilage : Il s'agit de redonner à la chaussée un profil en travers correct afin d'évacuer l'eau et un profil en long régulier pour sécuriser et améliorer le confort des usagers, généralement par rapport des matériaux. Pour les ornières avec des matériaux bitumineux (ornières inférieures à 5 cm) et le rechargement (ornière supérieure à 5cm).
- Dépression longitudinale simple, double et parfois triple, l'or de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues. Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

Affaissement

Les principales solutions préconisées sont:

- Le deflachage (pour les affaissements de moins de 5cm) et la réaction localisée du corps de chaussée (pour les affaissements de forte hauteur).
- Distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduite souterraines.

IV.2.3. Les arrachements

Désenrobage et arrachement

La solution préconisée est la méthode dite des emplois partiels. Elle permet de traiter aussi bien les plumages que les pelades. Elle consiste, après délimitation et balayages de la zone à traiter, à deux options au choix: L'imperméabilisation, l'application d'enrobé.

Pelade

Lorsque les surfaces concernées ne sont pas importantes, l'entretien consiste en un bouchage aux enrobés adaptés, précédé d'une couche d'accrochage à l'émulsion.

Cependant, si la dégradation se généralise, on procédera par reprofilage en enrobé à chaud avec toujours une couche d'accrochage. Une autre solution consiste en l'application d'enduit superficiel.

Nid-de-poule

La technique d'entretien la plus connue est le bouchage de nid de poule. En plus, quand les nids de poule atteignent certains niveaux de gravité, la réfection localisée du corps de chaussée est plus préconisée.

IV.2.4. Les remontées

Ressuage

Les solutions préconisées sont : l'application d'un enduit superficiel ou un sablage suivi d'un cylindrage léger.

Sablage: est un reponnage d'un sable grossier (jusqu'à 6mm) sur la surface et à l'étaler à l'aide d'un balai pour que la surface soit recouverte de manière uniforme, Le cylindrage consiste alors à compacter légèrement la surface ainsi recouverte.

IV.3. Les solutions techniques pour l'entretien

Les solutions techniques envisageables pour la réparation des dégradations routières :

- L'enduit superficiel
- L'enrobé coulé à froid
- L'enrobé coulé à émulsion

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

- Les graves émulsions
- L'enrobé stockable à émulsion
- Le point-a-temps automatique à l'émulsion (PATA) ou biréparateur
- Le procédé par projection

IV.3.1. Technique de nettoyage du support

▪ Soufflage à l'air comprimé

Cette technique permettra d'éliminer tous les éléments non adhérents et instables. En cas d'utilisation d'air à température ambiante, la condensation d'humidité sur les fissures peut survenir et diminuer l'adhérence d'un mastic de pontage.

▪ Brossage mécanique

Cela permet d'éliminer tous les éléments non adhérents et également les salissures adhérentes.

▪ Décapage et séchage à la lance thermo-pneumatique

Ce type de nettoyage est le plus performant. Il permet un décapage énergique tant en surface des chaussées qu'à l'intérieur des fissures. Il permet également de réduire les arrêts de travail dus aux intempéries.

Le séchage au chalumeau à flamme directe est à proscrire.

IV.3.2. Point-à-temps automatique à l'émulsion (PATA) ou biréparateur

Ce terme désigne à la fois un procédé et un matériel de repandage d'émulsion et de repandage de gravillons destinés à la réparation de défauts de surface peu profonds (faïençage, pelade, plumage, ressuage, défaut de joints).

Les avantages du système de biréparateur sont :

Technique: maîtrise des dosages en granulats et en liant devant éviter les sur-dosages. Compactage systématique des réparations.

Economique: rendement élevé permettant de repandre jusqu'à 9 tonnes d'émulsion, soit environ 5 fois plus qu'un point-à-temps traditionnel, et de réduire le coût de 40 à 60%

Sécurité : absence de personnel travaillant sur la chaussée.



Figure IV.1 : Point-à-temps automatique

IV.3.3. L'enrobé stockable à l'émulsion

Ces enrobés sont, soit ouverts (teneur en vides > 18%) de granularité 2/4, 2/6 ou 4/6, soit semi-denses (teneur en vides comprise entre 10 et 15%), de granularité 0/4, 0/6 ou 0/10. Ils contiennent souvent un mélange de sable roulé et de sable concassé. L'émulsion de bitume employée contient une proportion non négligeable d'huile de fluxage, dont le dosage est fonction de la saison d'emploi et de la stockabilité recherchée.

Ils sont utilisés en entretien curatif ponctuel : bouchage de nid-de-poule, comblement d'affaissement de rive, de flache, d'ornière et également pour des usages des spécifiques: Rebouchage des tranchées, terrains de sport, aires de jeux, etc.

Du fait de la présence de fluxant, les performances mécaniques sont très évolutives et les risques de fluage et de plumage au jeune âge sont importants. Il convient donc d'éviter les sections à fort trafic et fortes contraintes de cisaillement. La fiche technique doit préciser les modalités de stockage et d'usage.

Bien qu'aujourd'hui la compacité des enrobés stockables ait augmenté, la porosité du matériau peut conduire à un risque de sous-dosage relatif par absorption de liant lors de réalisation d'un futur enduit superficiel.

La mise en œuvre est interrompue par de pluie ou lorsque la température sous abris est inférieure à 5 C.

IV.3.4. Procédé par projection

Les domaines d'application de cette technique sont les mêmes que ceux des point-à-temps ou des enrobés stockables: nid-de-poule, dégradation de surface, faïençage, fissures, joints défectueux.

Dans le cas de bouchage des nids-de-poule et du traitement des affaissements localisés des chaussées, la procédure est la suivante :

- Nettoyage à l'air comprimé à l'aide d'une lance flexible.
- Projection de la couche d'accrochage
- Projection de l'émulsion et des granulats en même temps avec la même lance. Si nécessaire, ajout de granulats en surface toujours à l'aide de la même lance pour donner une certaine rugosité.

Dans le cas de traitement des fissures et du faïençage, la procédure est la suivante :

- Projection de l'émulsion pour colmater les fissures
- Projection du mélange émulsion +sable (2/4 ou 1/2) pour le scellement de la surface.



Figure IV.2 : Procédé par projection

IV.3.5. Le pontage

Le pontage des fissures vise à rétablir l'étanchéité à la surface de la couche de roulement au droit des « ligne de rupture » constituées par les fissures.

Le traitement d'une fissure ou d'un joint nécessite un support absolument propre, sec et non cohésif.

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

La température du support doit être supérieure à 5°C. On a souvent recours au traitement thermo pneumatique qui consiste à souffler et sécher le support. Le réchauffement localisé du support permet une meilleure liaison avec le mastic de scellement.

Une macro rugosité élevée améliore l'adhérence des mastics, le support ne doit donc pas être trop lisse.



Figure IV.3 : Le pontage

Tableau IV.1 : Choix des techniques d'entretien (Issam Khezami, 2015)

	Enrobé stockable	Grave - emulsion	PATA	Enduit superficiel	ECF	Béton bitumineux à l'émulsion	Procédé par projection	Pontage
Flaches	X	X					X	
Affaissement de rives	X	X					X	
Orniérage		X				X		
Nids-de-poule	X						X	
Pelade	X		X				X	
Plumage			X	X	X	X		
Ressuage			X	X	X	X		
Glaçage (usure)				X	X	X		
Fissures longitudinales							X	X
Fissures transversales								X
Faïençage			X	X	X	X	X	
Joints défectueux	X				X			X

IV.4. Entretien des chaussées rigides

Concernant l'entretien des chaussées rigides, les interventions courantes permettent de maintenir ou entretenir les chaussées en état de service minimum, afin d'améliorer le niveau de service.

Ces interventions se distinguent en cela, des travaux de réfection et de renforcement. L'entretien peut être classé selon les objectifs :

- Préventif tendant à ralentir le processus de dégradation de la chaussée et à retarder le recours à des techniques plus lourdes de réfection
- Curatif visant à redonner à la chaussée des caractéristiques fonctionnelles suffisante

Il est naturellement préférable de prévenir les dégradations des chaussées existantes que les curer toujours. Cette attention préventive portera essentiellement sur la qualité des joints et sur le phénomène de battements de dalles. La réalité de ce dernier sera confirmée par une campagne de mesures, elle-même déclenchée par les premières apparitions de fissures caractéristiques ou par des remontées de fines au travers des joints.

IV.4.1. Scellement de joint et fissure

Bien que la plupart des joints de chaussée rigides soient scellés au temps de nouvelle construction, la vie du produit de garnissage est limitée. Il est courant d'admettre comme durée de vie des joints, une période de 2 à 3 ans durant laquelle leur état physique et leur efficacité doivent être suivie. Les produits de garnissage étanches sont utilisés pour remplir des joints et fissures dans le but de prévenir l'infiltration de l'eau à travers les fissures et/ou les joints et pour éviter l'entrée des corps étrangers incompressibles

Il est nécessaire de remarquer que l'apparition de la fissuration étendue ou prématurée est un symptôme de plus grand problème tel que, faible portance du support, structure de chaussée non adaptée au trafic ou défaut de mise en œuvre, lequel ne peut pas être réparé par un simple scellement de la fissure.

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

IV.4.2. Matériaux

Il y a trois familles de produits de garnissage de joints :

- Les produits coulés à chaud
- Les produits coulés à froid
- Les produits préformés ou profilés

IV.4.3. Stabilisation de dalle

La stabilisation du bloc cherche à remplir des vides causés par le pompage sous la dalle. S'il n'y a pas de réparation, ces vides qui sont souvent tout à fait petits (sur l'ordre de 3 mm (0.125 pouces) profond), peuvent causer d'autres problèmes tels que fractures localisées, fissures en coin. Les vides sont remplis typiquement par injection de coulis de ciment à travers des trous forés sur la dalle. Cette stabilisation est faite comme une maintenance préventive et corrective du support de la dalle pour prévenir des dégradations sérieuses telles que la fracture de fissure en coin.

IV.4.4. Rapiécage

Le rapiécage est utilisé pour traiter ou réparées les dégradations localisées telles que écaillages, morcellement, etc.; et des autres dégradations en surface comme détérioration de joints, fracture en coin. Si la dégradation est de faible profondeur, on va procéder au rapiécage sur une profondeur partielle, sinon du rapiécage sur toute l'épaisseur de la dalle est recommandé.

IV.5. Entretien des chaussées souples et semi-rigides

Une amélioration structurale ou fonctionnelle d'une chaussée qui produit une extension substantielle de la durée de vie, en renouvelant nettement l'état de la chaussée et de la qualité de roulement.

IV.5.1. Les différents types d'entretien

Entretien Préventif

- Appliquer lorsque la chaussée est encore relativement en bon état et ne présente véritablement aucun dommage structural

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

- Vise à augmenter la durée de vie utile de la chaussée
- Regroupe l'ensemble des traitements dont l'application prévient la dégradation prématurée de la chaussée ou ralentit sa détérioration
- Fait l'objet d'une planification qui tient compte de l'évolution de la déficience constatée sur la chaussée

➤ **Les activités de base**

- L'imperméabilisation
 - Scellement de fissures
- Resurfaçage en couche mince
 - Enrobé chaud
 - Traitement de surface
 - Enrobé coulé à froid
- Le drainage
 - Nettoyage de l'ensemble du système d'évacuation d'eau

✚ **L'entretien correctif (réactif)**

- Interventions localisées de défauts de la chaussée pour assurer la conservation et la sécurité des usagers du réseau
- Traitements pour corriger les faiblesses potentiellement dangereuses et réparer les imperfections qui ont une incidence importante sur la durabilité de la chaussée.
- Interventions partielles qui se réalisent sur le revêtement et la fondation en temps réel
- L'entretien d'urgence

➤ **Les techniques de base (rapiéçage)**

- Rapiéçage à chaud
- Rapiéçage à froid
- Rapiéçage mécanisé
- Thermo rapiéçage ou régénération

✚ **L'entretien palliatif**

- Solution d'attente visant à maintenir le revêtement de la chaussée, jusqu'à ce qu'on procède à une réhabilitation plus importante ou permanente

✚ La réhabilitation

- Des traitements visant à prolonger la durée de vie d'une chaussée, en rétablissant ses capacités structurales initiales, et à augmenter son support structural.

Il existe deux types de réhabilitations des chaussées.

- Les réhabilitations mineures, visant à rétablir la surface du pavage sans intervention structurale.
- Les réhabilitations majeures visant à rétablir la structure du pavage afin d'éviter une reconstruction totale.

➤ Les techniques de base

- Réhabilitations mineures
 - Planage / Pavage
 - Planage / Pavage avec membrane
 - Réhabilitations majeures
 - Recyclage du pavage existant
- En centrale
 - En place Stabilisation en profondeur
 - Émulsion ou bitume moussé

IV.6.Conclusion

L'entretien des chaussées permet d'économiser à long terme et d'offrir une meilleure qualité de chaussée tout au long de sa durée de vie ralentissant ainsi le processus de dégradation et répondant aux attentes des usagers. Dans ce chapitre nous avons abordé quelques-uns des options d'entretiens couramment rencontrés.

L'efficacité de chaque option est dépendante d'une multitude de conditions locales. Pour que les travaux d'entretien des chaussées puissent se faire au bon endroit, au bon moment, avec la meilleure méthode et conformément aux règles de l'art, il est important de suivre certaines étapes clés pour arriver à un bon résultat.

Chapitre IV : Entretien et réparation des pathologies des chaussées

Bibliographie

- [BARINAIVOHERY Dina, 2004] : mémoire fin d'étude ; dimensionnement de chaussée rigide, 2004
- [Issam Khezami, 2015] : Université libre de Tunis, 2015
- [PIARC, 1995] : association internationale permanente des congrès de la route, 1995
- [SETRA, 1996] : l'entretien courant des chaussées, 1996
- [SETRA, 1996] : service d'études techniques des routes et des autoroutes, 1996
- [SETRA, 2002] : entretien des chaussées en béton ,2002

Conclusion général

Les chaussées constituent la structure de support de base du transport routier. Chaque couche de chaussée a une multitude de fonctions à remplir qui doivent être dûment prises en compte lors du processus de conception. Différents types de chaussées peuvent être adoptés en fonction des exigences du trafic. Une mauvaise conception des chaussées entraîne une défaillance précoce des chaussées affectant également la qualité de conduite.

Dès leur construction, les routes subissent des sollicitations qui font qu'elles se dégradent plus ou moins rapidement selon la qualité de la réalisation ainsi que l'agressivité de l'environnement de la route.

Les dégradations des chaussées, selon le catalogue des dégradations de surface des chaussées (LCPC, 1998), peuvent être divisées en quatre familles : les arrachements, les remontées de matériaux, les dégradations de déformations et les fissures.

Auscultation d'une chaussée revient à évaluer son état structurel et à établir son diagnostic afin d'y apporter des remèdes nécessaires pour son maintien dans un niveau de service appréciable donc apporter des solutions appropriées au choix de la technique à mettre en œuvre et ce à travers des paramètres d'état bien définies.

L'entretien prolonge la vie de la chaussée en ralentissant le processus d'évolution de dégradation. L'efficacité de chaque option est dépendante d'une multitude de conditions locales.

Bibliographie

Bibliographie

- [Amani Abdelkader, 2017] : projet fin d'étude ; modèle de chaussée routier, 2017
- [BARINAIVOHERY Dina, 2004] : mémoire fin d'étude ; dimensionnement de chaussée rigide, 2004
- [DRCCR-SETRA, 1979] : Entretien préventif du réseau routier National-Répertoire des dégradations, 1979.
- [Haseeb jamal, 2017]: Flexible Pavement Definition and Explanation, 2017
- [IFSTTAR, 2014] : Catalogue des dégradations des chaussées technique et méthodes de laboratoire des ponts et chaussée ; méthode d'essai N38-2,2014
- [Issam Khezami, 2015] : Université libre de Tunis, 2015
- [LCPC, 1998]Autopsie d'une chaussée « Triston LORINO » ; établissement public à caractère scientifique et technologique ; Paris.
- [LCPC-SETRA, 1998] : Conception et dimensionnement des structures de chaussée-Guide technique 1998.
- [Lepert, 1994] LEPERT Ph., GOUX M.-T., Évaluation du Réseau français de routes nationales basée sur le relevé de dégradations de surface, IVe Congrès International de la route, Rabat, Maroc, 2 juin 1994
- [Lepert, 1996] Lepert Ph. Et al., Etude routières, Exécution et exploitation des carottages de chaussées, LCPC, Méthode d'essai LPC n°43, nov. 1996.
- [Lepert, 1997]. LEPERT Ph., SIMONIN J.-M., KOBISCH R., (1997), Le FWD, performances, utilisation en France et en Europe, Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, 209, mai-juin 1997.
- [Lepert, 2001] LEPERT, P et al., « Modèles de performance des chaussées », Innovation Transports, numéro 11, MTQ, octobre 2001.
- [Leutner, 1979] Leutner R.L. Research on adhesion between layers of flexible pavements. Bitumen 3. 1979.
- [M. DIAKHATE 2007] Fatigue et comportement des couches d'accrochages dans les structures de chaussées bitumineuses
- [Martin, 1995] Martin J-M., Etudes routières, Ovalisation, Exécution et exploitation des mesures, LCPC, Méthode d'essai n°41, juin 1995.
- [Mohammed et al 2002] Mohammad, L. N., M. A. Raqub, Z. Wu, and B. Huang. Measurement of Interlayer Bond Strength Through Shear Tests. Proc., 3rd International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements, Thessaloniki, Greece, 2002.

Bibliographie

- [O.C.D.E, 1987] : Catalogue des dégradations de surface de chaussée Paris, 1987.
- [PIARC, 1995] : association internationale permanente des congrès de la route, 1995
- [POPINEAU 2005] Popineau S., Durabilité en milieu humide d'assemblages structuraux collés type aluminium/composite, 2005
- [Raab C e Partl MN 2004] Interlayer shear performance: experience with different pavement structures. Anais da 3°. Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, Austria, p.535-545.
- [Romanoshi, S. A. 1999] Characterization of pavement layer interface, PhD Dissertation. Louisiana State University, Baton Rouge, USA.
- [S.E.T.I-B.C.E.O.M, 1976]: Type de dégradation de chaussée-; ministère des travaux publics-Algérie, octobre 1976.
- [SANTAGATA 1998] Factors affecting the initial stiffness and stiffness degradation behaviour of cohesive soils. PhD. Thesis.Department of Civil and environmental engineering. Massachusetts institute of technology, Cambridge, MA.
- [SETRA, 1996] : l'entretien courant des chaussées, 1996
- [SETRA, 1996] : service d'études techniques des routes et des autoroutes, 1996
- [SETRA, 2002] : entretien des chaussées en béton ,2002
- [Simonin, 1997] Simonin J-M et al., Etudes routières, déformabilité des surfaces des chaussées, et exploitation des mesures, LCPC, Méthode d'essai LPC n°39, Avril 1997.
- [Simonin, 2005] Simonin J-M et al., Dynamic investigation of pavement,Bearing Capacity of Roads Railways and Airfields, Trondheim, Norvège, juin 2005.
- [Tom V. Mathew, 2009]: Introduction to pavement design, 2009
- [Vialletel 1997] VIALLETTEL H., MOUTIER F., La PCG 3, Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, 211, septembre-octobre, 1997.
- Guide de l'entretien routier, Algérie 1995
- Site internet : www.genecivil.com
- Site internet : www.scribd.fr