

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté des Sciences Appliquées
Département d'Hydraulique et Génie Civil

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية العلوم التطبيقية
قسم الري والهندسة
المدنية

Mémoire de fin d'études pour l'obtention
du diplôme Master Académique en Génie Civil
Option : Voies et ouvrages d'art

THEME
TRAITEMENT DE REMONTEE DES FISSURES DANS LES
CHAUSSEES AERONAUTIQUES

Présenté par :
GUEDD MOUSSA

Proposé et dirigé par :
Mr : Abimouloud Youcef

Soutenu Publiquement : Le 28/Mai/2017 devant le jury composé de :

- Président: Mr : Kebaili Mustapha M.C.B Université Ouargla
- Examineur: Mr: Moudjahed Noureddine Directeur LTPS Ouargla

Promotion 2017

Remerciement

Je remercie en premier ALLAH pour tout.

*Je remercie à cet égard mon encadreur Mr :
ABMOULOU Youcef enseignant à l'université de
Ouargla ; ainsi que tous les enseignants du département
de génie civil et d'hydraulique pour la formation qu'elle
nous a donné.*

*Je remercie également le président et les membres de jury
D'avoir accepté d'examiner mon travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À Ceux qui sont toujours présents dans mon cœur

À l'âme de Mes parents

À ma très chère femme

*À mes fils, mes frères et mes sœurs et ma grande famille et
proches.*

À mes collègues de la promotion ; et à tous

Personnes ayant contribué à ce travail de Prés ou de Soins.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERAL	1
CHAPITRE I: HISTORIQUE DE L'AERODROME	
I.1 -HISTORIQUE	2
I.2- ETAT ACTUEL DE LA PISTE PRINCIPALE 02/20.....	4
CHAPITRE II: LES FISSURES DANS LES CHAUSSEES SOUPLE	
II.1 STRUCTURE DE CHAUSSEE SOUPLE.....	5
II.2 FISSURATION DANS LES CHAUSSEES	6
II.3 DIFFERENTES FORMES DE FISSURES DANS LES CHAUSSEES SOUPLES.....	6
II.3.1 ORIGINES DES FISSURES	6
II.3.2 FORMES ET CHEMINS DE FISSURATION.....	7
II.4 DIFFERENTES TYPES DE FISSURATION.....	9
II.4.1 FISSURES AFFECTANT TOUTES LES STRUCTURES.....	9
II.4.2 FISSURES SPECIFIQUES A LA STRUCTURE SOUPLE	9
a-FISSURE DE FATIGUE.....	9
b-FAÏENÇAGE DE FATIGUE	11
c-FISSURE DE JOINT	12
d-FISSURE DE RETRAIT	13
e-FAÏENÇAGE DE RETRAIT	15
f -FISSURES PARABOLIQUES/ENROBÉ TIRÉ	16
II.5 DIAGNOSTIQUE DES AERODROME DE OUARGLA	17
II.6 REMONTEE DE FISSURE DANS LA COUCHE DE ROULEMENT.....	19
II.6.1 DESCRIPTION SCHEMATIQUE DE LA REMONTEE DE FISSURE AU TRAVERS DE LA COUCHE DE ROULEMENT.....	22
II.6.2 Propagation des fissures du haut vers le bas	23
II.6.3 Carottes prélevées au droit des fissures	23
II.7 CONCLUSION SUR LA NATURE, L'ORIGINE ET LE DIAGNOSTIC DES FISSURES.....	24
CHAPITRE III : TECHNIQUE ANTIREMONTÉE DES FISSURES	
III.1 MESURES PREVENTIVES LORS DE LA CONSTRUCTION	25
III.1.1 La formulation des matériaux	25

III.1.2 Conception des structures	27
III.1.3 La couche de roulement	28
III.2 Propagation de fissure	29
III.3 Comportement de la couche fissurée	30
III.3.1 Le colmatage	30
III.3 .2 Techniques anti-fissures en entretien	32
III.3.3 Présentation du renforcement de l'aérodrome d'Ouargla par géotextile :.....	38
III.3.3 .1 Fonction des caractéristiques du matériau composant la géo grille.....	39
III.3.3. 2 Effets positifs sur le comportement et la durée de vie des enrobés.....	40
III.3.3 .3 Remontée des fissures à l'origine thermique	40
III.3.3 .4 Remontée de fissures induites par le trafic.....	42
III.3.3. 5 Fissuration de fatigue.....	42
III.4 Conclusion sur sur la prévention contre la fissuration	43

CHAPITRE IV : COMPORTEMENT DES CHAUSSEES SOUPLES ET COMPARAISON

TECHNICO -ECONOMIQUE

IV.1 CONSISTANCE DES TRAVAUX.....	44
IV. 1.1 TRAITEMENT ET ANALYSE DES ARCHIVES.....	44
IV. 1.2 TRAITEMENT DE LA GB 0/20 PAR LE GEOCOMPOSITE.....	47
IV 1.2.1 DESCRIPTION DU GEOCOMPOSITE.....	47
IV 1.2.2 MISE EN ŒUVRE DU GEOCOMPOSITE.....	48
IV. 2 SUIVI DE COMPORTEMENT DE LA PISTE PRINCIPALE TRAITEE GEOCOMPOSITE.....	51
IV 2.1 ETUDE DU TRAFIC DES AERONEFS.....	51.
IV 2.2 EFFET DU CLIMAT.....	52
IV 2.3 AUSCULTATION VISUEL DE L'ETAT DE SURFACE DE LA PISTE PRINCIPALE 02/20.....	53.
IV.3 MESURE DE DEFLEXIONS A L'HWD.....	55
IV 3.1 DESCRIPTION DE L'APPAREIL D'AQUISITION L'HWD (HEAVY WEIGHT DEFLECTOMETER) MODELE 8082-86.....	55
IV 3.1.1 PLAN D'INTERVENTION.....	56
IV 3.1.2 PRINCIPE DE L'ESSAI.....	59
IV 3.1.3 MESURE DE DEFLEXION.....	59.
IV 3.1.4 PISTE PRINCIPALE 02/20.....	60
IV 3.1.5 DUREE DE VIE RESIDUELLE.....	63

IV 3.1.6 ESTIMATION DU PCN (PAVEMENT CLASSIFICATION NUMBRE).....	64
IV 4 MESURE DE L'UNI.....	65
IV 4.1 INTRODUCTION.....	65
IV 4.2 MATERIEL UTILISE.....	66
IV 4.3 PRINCIPE DE MESURE.....	66
IV 4.4 IMPLANTATION DES PROFILS.....	67
IV 4.5 ANALYSE DES RESULTATS.....	67
CHAPITRE V : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	
V.1 CONCLUSION GENERALE	70
V.2 RECOMMANDATIONS.....	71

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I.1 Plan général de l'aérodrome de Ouargla	2
--	---

CHAPITRE II

FIGURE II.1.1: Répartition des contraintes dans une structure de chaussée.....	5
FIGURE II.2 : Différents aspects de la fissuration.....	8
FIGURE II.3 : Différents chemins de fissuration (vue de haut de la chaussée).....	9
FIGURE II.4 : Aérodrome d'Ouargla: Fissures longitudinales non colmatées	11
FIGURE II.5 Aérodrome d'Ouargla piste principale : Apparition des fissures à maille large.....	12
FIGURE II.6 Présence de fissures de joints est celles transversales formant faïençage à maille large.....	13
FIGURE II.7 Fissures longitudinale et transversales formant un faïençage à maille large.	14
FIGURE II.8 Accumulation de fissures longitudinales et transversales faïençage à maille large.....	15
FIGURE II.9 Aérodrome Ouargla la piste principale : fissures parabolique.....	16
FIGURE II.10: Photos ces dessus de la Bretelle 1 ; Réapparitions des fissurations après le colmatage.....	17
FIGURE II.11 : : Faïençage à mailles larges	17
FIGURE II.12 : : Faïençage généralisé	17
FIGURE II.13 : La piste 0 2/20.....	18
FIGURE II.14 : Réparation des fissures + nouvelles fissures,	18
FIGURE II.15: Mode I ouverture des lèvres	20
FIGURE II.16 : Mode II cisaillement	20
FIGURE II.17 : Mode III : déchirement.....	20
FIGURE II.18: Mouvements possibles des pointes de la fissure.....	21
FIGURE II.19 : Cheminements d'une fissure	22
FIGURE II.20: : Carotte prélevée au droit d'une fissure parabolique.....	23
FIGURE II.21: Carotte prélevée au droit d'une fissure remonte de la fissure.....	23

CHAPITRE III

FIGURE III.1 : Répartition de la charge d'une roue 'atterrisseur dans les différentes couches de matériau constituant une chaussée souple.....	28
FIGURE III.2: Aérodrome d'ouargla : Colmatage de fissures de joints	31
FIGURE III.3 : Coupe présenté un fissure traité par sable enrobé vue en plan; la mise en place de sable enrobé;.....	31
FIGURE III 4 : Technique de mise en œuvre du géotextile.....	36
FIGURE III 5: L'application de géotextile PGM dans l'aérodrome de Macapagal manila 2004.....	37

FIGURE III 6: L'application de géotextile dans l'aérodrome de Ouargla.....	39
FIGURE III 7: La grille AR1 empêche le développement de la déformation au centre de la fissure, procurant à l'enrobé une résistance accrue à la fissuration thermique.....	40.
FIGURE III.8 : Essai pour un système retardateur de remontées de fissures.....	41
FIGURE III.9 : Les grilles permettent de limiter les concentrations de déformations à la base de la couche d'enrobés.	42

CHAPITRE IV

FIGURE IV. 1 : Structure actuelle de la PP 02/20 et 01/19 après renforcement.....	46
FIGURE IV .2 : Structure actuelle de la PP 01/19 après réalisation aérodrome Touggourt.....	46
FIGURE IV.3 : Echantillon du géocomposite PGM G 50x50	47
FIGURE IV.4: Mise en œuvre de la couche d'accrochage en émulsion cationique 65%.....	49
FIGURE IV.5: Mise en œuvre du géocomposite.....	49
FIGURE IV.6: Quelques problèmes de plissement du géocomposite.....	50
FIGURE IV .7 : Mise en œuvre de l'enrobé à chaud 0/14	50
FIGURE IV.8 : Répartition des mouvements des avions durant la période 2011/2012.....	52
FIGURE IV.9 : Répartition en % des avions ayant fréquenté la PP 02/20 durant 2011 et 2012.....	52
FIGURE du N°IV.10 au N° IV 12 : Schéma détaillé du relevé de dégradation	(annexe)
FIGURE IV.13: Evolution de la température moyenne durant l'année 2010.....	53
FIGURE IV.14 : Photos des ouvertures des joints longitudinaux.....	54
FIGURE IV.15 : Variation de la compacité moyenne au niveau de joint de bande sur la PP 02/20.....	55
FIGURE IV.16 : HWD modèle 8082-86.....	56
FIGURE IV.17: Schéma des profils de l'HWD réalisés sur la piste 02/20.....	58
FIGURE IV.18 : Bassin de déflexion.....	59
FIGURE du N°IV.19 au IV 24 : :Profils de mesure de déflexion de la piste 02/20.....	61-63
FIGURE du N°IV.25 au N° IV 30 : Profils mesure dure de vie résiduel de la piste 02/20.....	(annexe)
FIGURE du N°31 au N°IV.36 : Profils mesure ACN/PCN.....	(annexe)
FIGURE IV.37: Profil mètre à laser de DYNATEST.....	66
FIGURE IV.38: Position des profils.....	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (IV.1) : STRUCTURE DES PISTES.....	44
Tableau (IV.2) : COUCHE DE ROULEMENT EN BB 0/14.....	45
Tableau (IV.3) : COUCHE DE BASE EN GB 0/20.....	45
Tableau (IV.4) : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE GEO-GRILLE.....	48
Tableau (IV.5) : PROFILS DU MESURE.....	57
Tableau (IV.6) : LES DÉFLEXIONS MESUREES.....	60
Tableau (IV.7) : ESTIMATION DE PCN.....	64
Tableau (IV.8) : LES VALEURS MOYENNES D'IRI.....	68
Tableau (IV.9) : LES VALEURS MAX ET LEUR POURCENTAGES.....	68
Tableau (IV.10) : LA COMPARAISON ENTRE LES DEUX PISTES	69

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les problèmes de la fissuration des assises de chaussées et celui de la remontée des fissures à travers les couches de surface sont complexes ; ils appellent encore des innovations dans la conception des structures, dans la nature des matériaux et dans le développement de techniques habituellement présentées comme des techniques anti-fissures. En chaussées aéronautiques, les problèmes sont identiques à ceux de la route mais avec des conséquences accentuées concernant essentiellement l'uni et l'étanchéité.

Les chaussées présentent souvent de nombreuses fissures dont les causes peuvent être très variées, sous l'effet des sollicitations mécaniques (trafic) et des sollicitations thermiques (écarts thermiques), on observe une remontée des fissures du substrat déjà fissurée à la surface de la nouvelle couche mise en place: ce phénomène s'appelle la remontée des fissures. L'Algérie compte dans son réseau aéroportuaire de chaussées souples, Ces chaussées souples présentent de nombreux défauts dont la fissuration transversale et la fissuration de fatigue. La principale cause de la fissuration transversale est le retrait thermique "empêché" imposé par les importantes chutes de température durant la période d'hiver. Par ailleurs, la fissuration de fatigue est attribuable au trafic des poids lourds dont les caractéristiques évoluent continuellement (pression pneumatique, chargements aux essieux, etc ...).

Des nombreux concepts ont été développés au cours des dernières années et ont fait l'objectif de nombreuses études et expérimentations dans la nature des matériaux, dans la conception des structures et aussi dans le développement des techniques anti-fissures qui essaient de répondre à nos questions.

Vu le coût élevé de l'entretien courante a travers le patrimoine des ouvrages d'aérodromes en

Algérie, notre étude comparative technico- économique entre les différentes méthodes de

L'entretien exemple renforcement de la piste principale 02/20 aérodrome de Ouargla traite par géocomposite et la piste principale 01/19, aérodrome sidi Mehdi Touggourt, qui a connu le renouvellement du corps de chaussée et non traitée par ce produit. Pour but de minimisé le coût, assure la Sécurité des usages et prolonger la durée de vie de la chaussée.

Chapitre I : HISTORIQUE DE L'AERODROME

I-1-HISTORIQUE

L'aérodrome d'Ouargla date de la période coloniale (vers 1951), construit sous l'administration Française pour des fins surtout militaires ; au lendemain de l'indépendance il devient un aéroport mixte (civil et militaire).

Le site de l'aérodrome se situe à environ 7 km sur la sortie Est de la ville de Ouargla en empruntant la route en direction de Hassi-Massoud.

Le sous sol du site est formé d'un terrain sédimentaire constitué en surface de gros sables en dessous desquels vient un gré plus au moins consolidé.

Implantation: Commune de Ain Beida -Ouargla

Situation de l'aérodrome : Ouvert

Classe : C

Altitude : 141 m

Température : 42°

Catégorie : Aérodrome National

Avion critique : Boeing 737-800

Nombre de pistes: 02 (3000 x 45 m chacune)

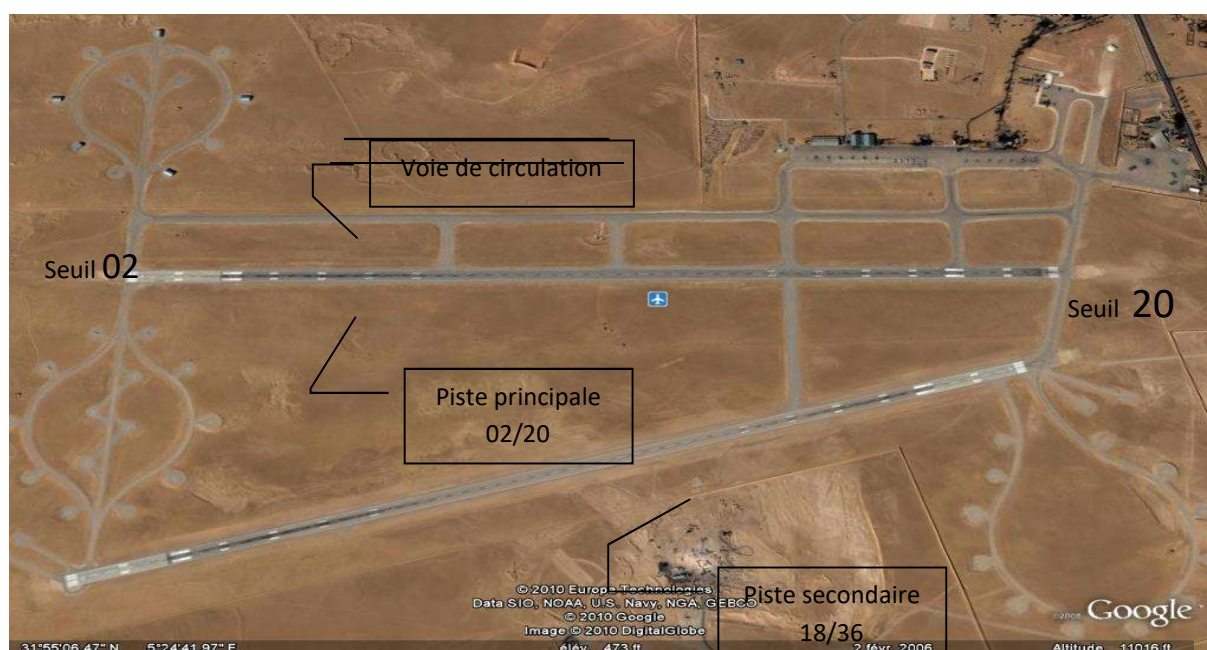


Figure I.1 : Plan général de l'aérodrome de Ouargla

Subit plusieurs renforcements et extensions la dernière en date est c'elle de 2010

L aéroport a subi un renforcement de ces infrastructures durant les années 1992 à 1994.

Les informations disponibles, recueillies dans nos archives mettent en évidence les opérations de renforcement suivantes :

- PISTE PRINCIPALE 02/20

DU PK 0+000 au PK 1+000

Au dessus de l'ancienne structure vient se poser une couche de béton bitumineux de 8 à 10 cm d'épaisseurs après reprofilage de cette section en grave bitume.

Du PK 1+000 au PK 2+662

Scarification de l'ancienne couche de roulement jusqu'à la limite du bout de piste en béton.

Correction du profil en long de la piste par un remblai d'emplanture en sable gypseux. Entre le PK 1 et PK 1+850 sur une épaisseur maximale de 1.40m par couche de 20 cm

Mise en œuvre d'une couche de fondation de 20 cm en sable gypseux.

Mise en œuvre d'une couche de base de 18 cm en grave concassée.

Mise en œuvre d'un béton bitumineux de 12 cm en 2 couches.

- TAXIWAY ET BRETELLES

Globalement le taxiway et les bretelles ont été renforcés en scarifiant l'ancien revêtement et en mettant en place :

Une couche de fondation en sable gypseux.

Une couche de base de 20 cm grave concassée.

Une couche de roulement en béton bitumineux d'épaisseurs moyenne 8 cm

Sauf pour les bretelles BR 1 et BR 5 qui ont subi un reprofilage en grave bitume

- PARKING CIVIL

Le parking civil a subi une extension du côté Est de 7x250 m et une extension sur sa partie Sud-ouest de 80 x 100 m environ. Ces parties sont constituées comme suit :

Une couche de forme en sable gypseux.

Une couche de fondation en grave concassée sur 21 cm.

Une couche de base en grave bitume d'épaisseur moyenne 20 cm.

Une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur moyenne 9 cm.

Pour le reste du parking la nouvelle structure posée sur la couche de roulement est constituée comme suit :

Une couche de fondation en grave concassée de 15 cm.

Une couche de base en grave bitume d'épaisseur moyenne 12 cm.

Une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur moyenne 9 cm.

Aussi il a été entretenu régulièrement à partir de l'an 2000.

En 2000 : - colmatage des fissures de la piste 02/20 sur 48000 Ml

En 2001 : - colmatage des fissures de la piste 02/20 sur 48000 Ml

En 2002 : - colmatage des fissures de la piste 02/20 sur 16000 Ml.

- réparation des joints des dalles de la piste 02/20 sur 2850 Ml.

En 2003 : - dégomme de la piste 02/20 sur 10/850 m².

- colmatage des fissures de la piste 02/20 sur 5000 ml.

En 2004 : - dégomme de la piste 02/20 sur 15000m².

- colmatage des fissures de la piste 02/20 sur 8000 ml.

Et en 2005 : - colmatage des fissures de la piste 02/20 sur 26000 ml.

I.2 ETAT ACTUEL DE LA PISTE PRINCIPALE 02/20

L'état actuel de la piste principale 02/20 de l'aérodrome de Ouargla est comme suit :

- présence de fissures longitudinale et transversale, parfois joignant une fissure longitudinale à une transversale.
- pratiquement tous les joints longitudinaux entre bandes sont fissurés.
- On relève une homogénéité des dégradations tous au long de la piste jusqu' au PK 2+711 à partir duquel commence la partie rigide.
- La partie rigide est constituée de 240 dalles carrées, dénotant que la zone bétonnée est en bon état.

Chapitre II: LES FISSURES DANS LES CHAUSSEES SOUPLS

II.1 STRUCTURE D'UN CHAUSSEE SOUPLE

Une chaussée est une structure multicouche constituée de trois parties principales qui ont chacune un rôle bien défini [LCPC, 1994] (figure II.1).

Une des fonctions premières de la chaussée est de diminuer les contraintes induites par le trafic au niveau du sol support. Ce dernier, serait en effet incapable de supporter seul les contraintes induites par le passage répété de charges roulantes (figure II .1).

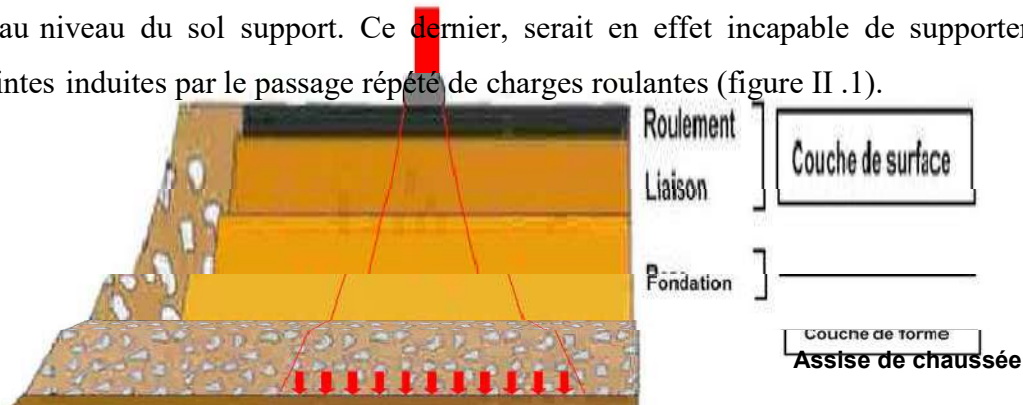


Figure II.1 : Répartition des contraintes dans une structure de chaussée

Les parties fondamentales d'une structure de chaussée sont :

- Couche de surface

Elle peut se subdiviser en deux couches : la couche de roulement et la couche de liaison. Constituée de béton bitumineux ou d'enduit, sa fonction est de protéger la structure de toute action environnementale extérieure et du trafic ; de plus sa place dans la structure en fait la garante de l'uni, l'adhérence... vis-à-vis des utilisateurs.

- Assise de chaussée

L'assise est composée des deux couches : base et fondation ; elle a pour fonction essentielle de répartir les charges induites par le trafic afin qu'elles soient compatibles avec la résistance du sol support.

- Couche de forme

Elle permet de rectifier les hétérogénéités de la couche de sol support.

II.2 FISSURATION DANS LES CHAUSSEES : NATURE, ORIGINE ET DIAGNOSTIC

Les fissurations: Ce sont des fentes de degré plus ou moins important de la piste qui affectent la couche de roulement et/ou même tout le corps de chaussée. On distingue les fissures longitudinales, les fissures transversales et les faïençages.

Les structures des pistes, en général, sont composées de matériaux dont la nature et les propriétés des matériaux constitutants varient fortement (graves non traitées, béton bitumineux, graves traitées aux liants hydrauliques...). Toutes ces structures ont en commun des problèmes de fissuration d'origines.

Diverses et dont les formes diffèrent d'autant. Le trafic ou les causes environnementales sont à l'origine des problèmes, mais la nature de ces derniers varie en fonction de la structure.

Le contrôle de la fissuration au travers de la couche de roulement est donc une tâche qui s'avère difficile du fait de la diversité des phénomènes. Il apparaît donc important de diagnostiquer la nature et la cause des fissures afin de lutter efficacement contre la remontée de fissure.

II.3 DIFFERENTES FORMES DE FISSURES DANS LES CHAUSSEES SOUPLES

II.3.1 ORIGINES DES ISSUES

a - Fatigue

Peuvent être classées suivant les mêmes paramètres, mais ces fissures de fatigue apparaissent généralement dans le sens longitudinal, au niveau des voies de circulation.

La fissure de fatigue est la conséquence d'une insuffisance structurelle de la chaussée. Elle précède la période de destruction totale de la chaussée. Elle est provoquée, pour des structures à assises traitées, par des contraintes de traction par flexion excessives dans les assises. Pour les structures souples elle est la conséquence d'un excès de déflexion qui engendre des contraintes de traction excessives à la base de la couche de roulement.

b- Retrait

Le retrait empêché de la couche de base, d'une longueur infinie, peut donner naissance à des fissures dès l'instant où il se produit des contraintes supérieures à la résistance en traction. Le frottement entre la couche de base et le support peut accentuer ces contraintes. Ce phénomène se rencontre dans le cas de structures composées de matériaux traités aux liants hydrauliques. Dans le domaine de la fissuration de retrait, il est convenu de distinguer deux types de retraits élémentaires [LCPC74].

- Les retraits primaires qui comprennent les retraits avant le durcissement et le retrait hydraulique. Ils sont responsables de la première mise en contrainte lente du matériau après sa mise en œuvre.

- Les retraits thermiques associés aux variations de températures journalières mais aussi annuelles. Sous le climat de la région les premières peuvent atteindre entre 20° et 30 ° C et les secondes se situent entre 50 °et 60 ° C.

En règle générale, les fissures de retrait apparaissent dans les chaussées composées d'au moins une couche traitée aux liants hydrauliques mais dans les climats les plus sévères la fissuration affecte également la couche de roulement.

c- Mouvements du sol

Les mouvements ou une perte de portance locale du sol sur lequel la structure repose, peuvent aussi mener à une fissuration, qui se propage dans les différentes couches de la structure. Les mouvements du sol impliquent ici différents phénomènes : perte de portance due à une augmentation de la teneur en eau du sol mal drainé, mauvais compactage de la plate-forme, glissement de terrain (spécialement près des routes où le profil n'est pas naturel), retrait dû à une importante perte d'eau suite à une saison sèche, gel qui atteint le sol support.

d. Défaut de construction

Des fissures peuvent résulter d'erreurs dans la conception de la chaussée ou lors de sa mise en œuvre : variation de portance longitudinale, mauvaise réalisation des joints longitudinaux, sous dosage du liant... peuvent être la porte ouverte à des problèmes de fissuration. Certains défauts peuvent être plus néfastes sous le passage des charges roulantes, par exemple, le glissement entre les différentes couches.

e. Vieillessement et effets environnementaux

Les fissures qui naissent en surface de chaussée sont souvent dues à une combinaison entre les contractions thermiques et une déformation de la chaussée au cours de l'été, alors que le béton bitumineux est devenu plus fragile sous l'action des UV. Ces effets sont accentués avec l'âge de la chaussée du fait de l'exposition de béton bitumineux aux effets environnementaux (climatique, géologiques).

II.3.2 FORMES ET CHEMINS DE FISSURATION

En fonction de leur origine, du type de la chaussée et du processus de fissuration, les fissures peuvent prendre des formes et des aspects variés [YOD75] et [CAT75].

a. Orientation

Les fissures sont, plus généralement, longitudinales (parallèles à la direction de la roue) ou transversales (perpendiculaire au sens du trafic) ; elles sont rarement diagonales ou paraboliques.

b. Forme

La forme des fissures est plutôt rectiligne mais les formes sinueuses s'observent parfois.

c. Aspect

Les fissures peuvent apparaître comme une seule fissure franche dans la chaussée, ou alors se dédoubler voire se ramifier (figure II.2).

Fissure linéaire

Fissure dédoublée

Fissure ramifiée

Figure II.2 : Différents aspects de la fissuration

d. Ouverture de la fissure

Une fois encore, pas de règle bien définie, la largeur des fissures (c'est à dire la distance entre les 2 lèvres) peut varier de façon très diverse : la fissure peut être très fine (inférieure au mm), fine (de 1 à 2 mm) ou bien large (de plusieurs mm au cm).

e. Configuration

Les fissures peuvent être isolées et non connectées ou au contraire fabriquer un maillage plus ou moins dense (figure II.3).

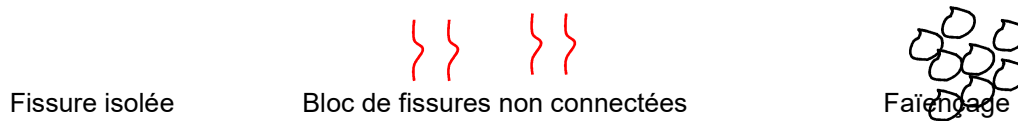


Figure II.3 : Différents chemins de fissuration (vue en plan)

II.4 DIFFERENTES TYPES DE FISSURATION

II.4.1 FISSURES AFFECTANT TOUTES LES STRUCTURES

Une perte de portance du sol va conduire à des fissures simples longitudinales et transversales. Des glissements de terrain ont également pour conséquence de fissurer toutes les structures. Un retrait ou un séchage rapide va donner naissance à des fissures larges et espacées longitudinales et transversales.

Les fissures de fatigue, initiées dans la couche de surface, sont fines et limitées aux voies Circulées dans un premier temps ; par la suite, ces fissures vont s'étendre à toutes les voies en faïençage. Les fissures de surface (de la couche de roulement) sont causées par les contractions thermiques lors de climats tropicale. Il existe aussi des fissures longitudinales qui apparaissent lors d'élargissement de chaussées.

II.4.2 FISSURES SPECIFIQUES A LA STRUCTURE SOUPLE

Les couches noires, ou souples, sont soumises à la fissuration par fatigue de la couche de base, avec une propagation de la fissure dans la couche de roulement sous l'action du trafic. Sous le passage de la charge roulante, ces fissures se développent en maillage large.

Il se peut que la chute de température crée des contraintes de traction supérieures à la limite de résistance du béton bitumineux, d'où l'apparition de fissures en surface. Ce phénomène est d'autant plus probable que le bitume utilisé est dur ou sensible au vieillissement.

La présentation des quelques types de fissures principales. Selon le Catalogue pour la réalisation des relevés visuels de dégradations sur chaussées aéronautiques [LCPC, 2007], classer les fissures dans la chaussée en neuf classes comme suit :

a-FISSURE DE FATIGUE

Définition :

La fissure longitudinale apparaissant généralement dans les traces des atterrisseurs. Elle est souvent accompagnée de fissures transversales à intervalle aléatoire de dépressions.(voir figure II.4)

Causes possibles :

- fatigue avancée de la chaussée ou sous-dimensionnement d'une ou de plusieurs couches ;
- diminution de portance du sol support (drainage déficient, défaut d'étanchéité de la surface)
- mauvais mode de fonctionnement, matériaux.

Relevé qualitatif (niveaux de gravité)

Les niveaux de gravité sont fonction de :

- l'ouverture de la fissure ;
- la présence ou non de ramifications ;
- l'existence ou non de départ de matériaux de la structure (couches décollées...);
- qualité médiocre de certains niveaux à savoir :
 - Niveau léger: fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée
 - Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux
 - Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Relevé quantitatif :

Le paramètre à mesurer est la longueur (en m) du cheminement apparent pour chaque niveau de gravité.

Une fissure ne présentant pas le même niveau de gravité sur toute sa longueur sera découpée en tronçons.

Par exemple, une fissure ayant 25 m de long peut avoir 5 m classés en niveau élevé, 10 m en niveau moyen et 10 m en niveau léger. Les trois tronçons ainsi définis seront enregistrés séparément.

Conséquences et évolution :

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée -
- départ de matériaux ;
- faïençage de fatigue.

Intervention possible :

- nettoyage des bords de la fissure ou découpage selon la gravité de la fissure -
- remplissage par mastic avec ou sans primaire d'accrochage.



FIGURE II.4 : Fissures longitudinales et transversale piste 02/20 Aérodrome de Ouargla

b-FAÏENCAGE DE FATIGUE :

Définition :

Ensemble de fissures formant un maillage, les mailles ayant la forme de polygones dont la plus grande diagonale ne dépasse pas 60 cm. Généralement cette dégradation est située dans les traces des atterrisseurs et est accompagnée d'une dépression.(voir la figure II.5)

Causes possibles :

- fatigue excessive de la chaussée (répétition de charges avoisinant ou dépassant la limite admissible) ou sous-dimensionnement du corps de chaussée ;
 - mauvaise qualité de certaines couches de la chaussée ; -
- évolution d'un faïencage de retrait.

Relevé qualitatif (niveaux de gravité) :

Le niveau de gravité évalue à partir de la fissure constitutive la plus grave, à savoir :

Niveau léger: fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Relevé quantitatif :

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) du rectangle qui encadre la dégradation.

Conséquences et évolution:

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
- nid-de-poule.

Intervention possible_

Après avoir délimité la zone à traiter et selon le niveau de gravité et le type de trafic reçu :

- mise en œuvre d'un enduit superficiel avec balayage des rejets par aspiratrice ou pontage des Fissures.
- ou reprise de la couche de roulement après rabotage (purge éventuelle de la structure).



FIGURE II.5: Apparition des fissures à maille large colmaté en mastic
Piste principale 02/20 Aéroport de Ouargla

c-FISSURE DE JOINT :

Définition :

Fissure située sur un joint.

Il faut entendre par « joint » le raccordement longitudinal entre deux bandes d'épandage de la couche de roulement, ou transversal à la reprise de bande.(voir la figure II.6 et la figure II.7)

Par extension, cela peut désigner également la délimitation entre zones de structures différentes.

Causes possibles :

- défaut de mise en œuvre de la couche de roulement (bord de la première bande trop froid, compactage insuffisant du joint, mauvais collage entre bandes lors d'une reprise d'épandage en particulier)
- discontinuité de structure (souple et rigide).

Relevé qualitatif (niveaux de gravité)_

Les niveaux de gravité sont fonction de -

l'ouverture de la fissure ;

- la présence ou non de ramifications ;

- l'existence ou non de départ de matériaux.

Niveau léger: fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Le dépistage de cette dégradation se trouve facilité après une averse.

Relevé quantitatif :

Le paramètre à mesurer est la longueur (en m) du cheminement apparent pour chaque niveau de gravité.

Une fissure ne présentant pas le même niveau de gravité sur toute sa longueur sera découpée en tronçons.

Par exemple, une fissure ayant 25 m de long peut avoir 5 m classés en niveau élevé, 10 m en niveau moyen et 10 m en niveau léger. Les trois tronçons ainsi définis seront enregistrés séparément.

Conséquences et évolution :

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;

- départ de matériaux.

Intervention possible :

- nettoyage de la surface à traiter ; -

pontage des fissures par mastic.

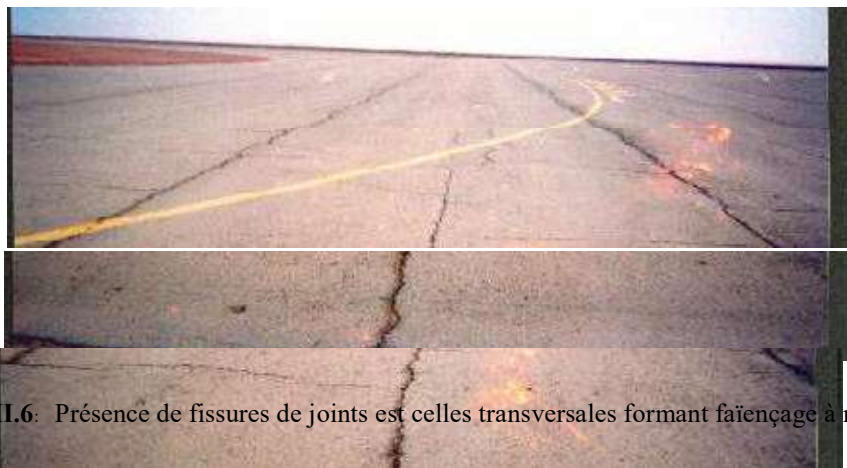


FIGURE II.6: Présence de fissures de joints est celles transversales formant faïençage à maille large.

d-FISSURE DE RETRAIT

Définition

Fissure généralement transversale se rencontrant à intervalle régulier (variable de 3 à 20 m) sur une partie ou la totalité de la largeur de la chaussée. Elle peut s'accompagner de déformations (gonflements ou tassements).

Causes possibles :

- retrait thermique des couches sous-jacentes traitées aux liants hydrauliques ;

Relevé qualitatif (niveaux de gravité)

Les niveaux de gravité sont fonction de : -

l'ouverture de la fissure ;

- la présence ou non de ramifications ;
- l'existence ou non de départ de matériaux.

Niveau léger: fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Le dépistage de cette dégradation se trouve facilité après une averse.

Relevé quantitatif :

Le paramètre à mesurer est la longueur (en m) du cheminement apparent pour chaque niveau de gravité.

Une fissure ne présentant pas le même niveau de gravité sur toute sa longueur sera découpée en tronçons.

Par exemple, une fissure ayant 25 m de long peut avoir 5 m classés en niveau élevé, 10 m en niveau moyen et 10 m en niveau léger. Les trois tronçons ainsi définis seront enregistrés séparément.

Conséquences et évolution :

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée.

Intervention possible :

- nettoyage de la surface à traiter ;
- pontage des fissures par coulis à froid ou mastic.

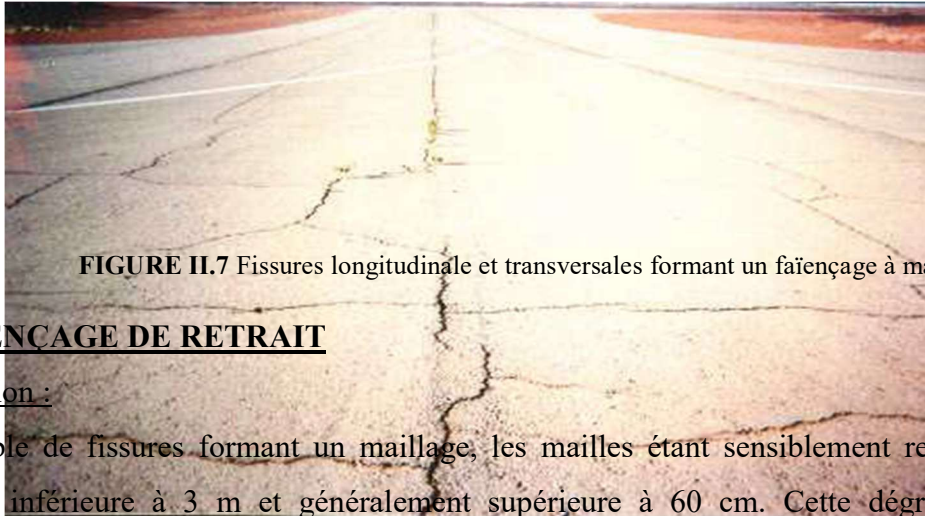


FIGURE II.7 Fissures longitudinale et transversales formant un faïençage à maille large.

e-FAÏENCAGE DE RETRAIT

Définition :

Ensemble de fissures formant un maillage, les mailles étant sensiblement rectangulaires, de largeur inférieure à 3 m et généralement supérieure à 60 cm. Cette dégradation peut se rencontrer indifféremment sur toute la largeur de la chaussée, même dans les zones non circulées.(voir la figure II.8)

Cause :

- effets thermiques dans la couche de roulement.

Contrairement au faïençage de fatigue, cette dégradation ne décèle pas un défaut de portance.

Relevé qualitatif (niveaux de gravité_:

Le niveau de gravité est évalué à partir de la fissure constitutive la plus grave, à savoir :

Niveau léger: fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Le dépistage de cette dégradation se trouve facilité après une averse.

Relevé quantitatif_:

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) du rectangle qui encadre la dégradation.

Conséquences et évolution_:

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée ; -
départ de matériaux.

Intervention possible :

- rabotage de la couche de roulement et mise en œuvre d'une couche d'enrobé à chaud (après couche d'accrochage).

FIGURE II.8: Accumulation de fissures longitudinales et transversales faïençage à maille large
f-FISSURES PARABOLIQUES ENROBÉ TIRÉ :

Définition :

Fissures groupées en forme de croissant concernant la couche de roulement. Ces fissures peuvent être accompagnées de bourrelets.(voir la figure II.9)

Causes possibles :

- efforts tangentiels trop importants dans la couche de roulement et affectant généralement les zones de virage ou de freinage ;
- épaisseur insuffisante de la couche de roulement ;
- défaut de mise en œuvre (accrochage défectueux de la couche de roulement, température insuffisante de l'enrobé au compactage).

Relevé qualitatif (niveau de gravité) : Aucun niveau de gravité n'est à rechercher. Relevé quantitatif :

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) du rectangle qui encadre la dégradation.

Conséquences et évolution :

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée ; -
- départ de matériaux.

Intervention possible : -

- pontage des fissures ;
- découpage et nettoyage soigné de la chaussée ; -
- enrobé à chaud et couche d'accrochage.



FIGURE II.9 Aéroport d'Ouargla la piste principale : FISSURES PARABOLIQUES



II.5 : DIAGNOSTIQUE DE LA PISTE 02/20 AERODROME DE OUARGLA

Les chaussées périssent essentiellement par déformation sans fissuration des enrobés, ou par fissuration lorsque les enrobés sont suffisamment fissurés pour ne plus jouer leur rôle répartiteur, ou lorsque les deux phénomènes se combinent. Les fissures entraînent alors la pénétration de l'eau jusqu'aux couches inférieures non traitées qui se imbibent, et par conséquent leur portance diminue.

Fissures de fatigue ou retrait :

Fissures longitudinales apparaissant généralement dans les traces des atterrisseurs. Elles sont souvent accompagnées de fissures transversales à l'intervalle aléatoire et d'une dépression. Présente des fissurations longitudinales et transversales, concentrées sur les 03 joints de bandes centrales. Malgré leur colmatage, les fissures continuent à se développer. (Voir les figures II.10, II.11 et II.12) ci-dessous. L'ouverture des fissures varie de 2 à 5mm.

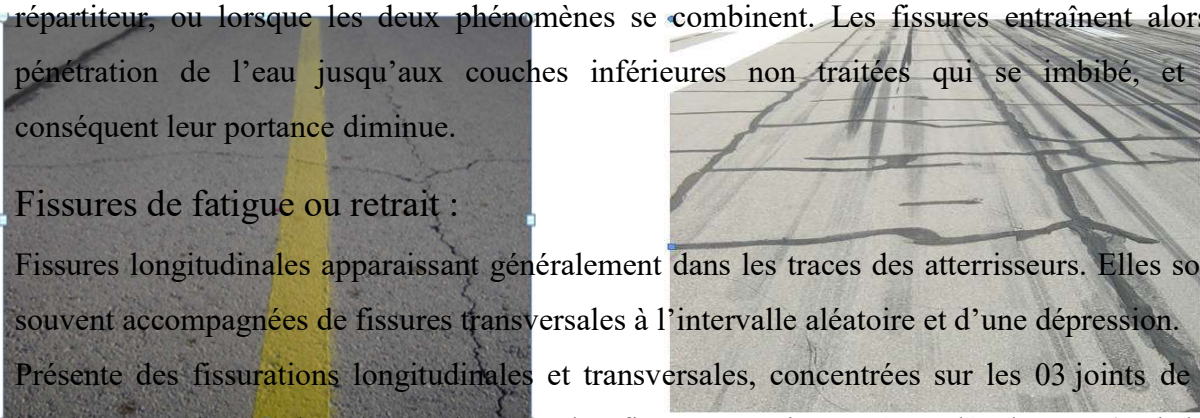


FIGURE II.10: Réapparitions des fissurations

FIGURE II.11: Faïençage à mailles larges

FIGURE II.12: Faïençage généralisé

Faïençage de fatigue ou retrait :

Cassure en mailles du revêtement, les mailles ayant la forme de polygones dont la plus grande diagonale ne dépasse pas 60 cm.

Fissuration des joints : fissures situées sur un joint.

La piste 02/20 : quelques zones affectées par des fissurations, et qui ont été colmatées lors des entretiens périodiques.(voir la figure II.13)



FIGURE II.13: La piste 02/20

Fissures paraboliques :

Fissures groupées en forme de croissant concernant la couche de roulement. Ils peuvent être accompagnés de bourrelets. (voir la figure II.14)



FIGURE II.14: Réparation des fissures + nouvelles fissures

La température :

C'est un facteur très important pour la réalisation et le renforcement des aéroports, le matériau noir emmagasine la chaleur lorsqu'il est exposé au soleil. L'enrobé suit les variations de température avec faible décalage en profondeur (1 heure de retard à 10 cm

de profondeur), ce qui prouve sa bonne conductibilité thermique. Car, le bitume est très sensible à la variation de la température ; son module de déformation peut chuter de 60% pour une augmentation de température de 15 à 25°C et un chargement à chaque moment. La variation de la température entre le jour et la nuit ou lors d'orages violents (choc thermique) engendre le micro faïençage qui peut entraîner un macro faïençage du revêtement.

II.6 REMONTEE DES FISSURES DANS LA COUCHE DE ROULEMENT

La remontée d'une fissure existante, au travers de la couche de roulement, est le résultat de mouvements des lèvres de la fissure qui sont transférés à la base de la couche de surface. Afin d'identifier correctement le problème de la remontée de fissure, il importe de bien identifier les différents paramètres qui peuvent causer ces mouvements et d'en analyser leur nature.

a. Charges provoquant les mouvements de la pointe de la fissure Trois types de charges provoquent des mouvements des lèvres de la fissure :

- Trafic : Les véhicules, et plus particulièrement les essieux de l'avion, qui passent au droit de la fissure ou à proximité, induisent des mouvements horizontaux et verticaux de la fissure.
- Variations de température : Les changements de températures, jour et nuit et entre les saisons été et hiver, causent des dilatations et contractions des sections comprises entre deux fissures existantes. Ces mouvements horizontaux alternent entre l'ouverture et la fermeture des fissures.

- Variation de teneur en eau du sol : La variation de teneur en eau se traduit par un changement de la portance du sol qui se répercute aussitôt sur la fissure par une ouverture ou une fermeture.

b. Nature des mouvements des lèvres de la fissure :

Les natures et formes des fissures existantes dépendent du type de structure de chaussée ainsi que des charges, ou contraintes, auxquelles sont soumises les lèvres de la fissure.

- Combinaison de mouvements possibles :

Les trois mouvements possibles des lèvres sont clairement identifiés et classés selon un schéma conventionnel d'Irwin [IRW57] ; (voir les figures II.15, II.16 et II.17)

Les modes fissurations :

- Mode I : ouverture des lèvres –

-Mode II : cisaillement

- Mode III : déchirement

- Mode I : ouverture des lèvres

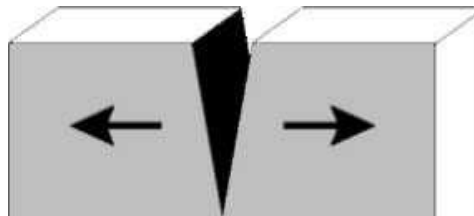


Figure II.15 : Mode I ouverture des lèvres
[IRWIN 57]

Les déformations d'origine thermique et le retrait au jeune âge de la couche d'assise provoquent ce type de ouverture des lèvres. De même, lorsque la charge de trafic se trouve au droit d'une fissure transversale, les lèvres de la fissure tendent à s'ouvrir de la Fig. Enfin si un véhicule roule à cheval sur une fissure longitudinale, il provoque l'ouverture de la fissure et donc un mode I.

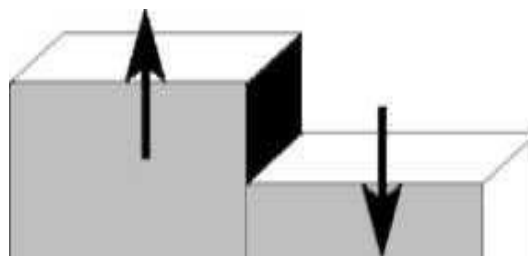


Figure II.16: Mode II cisaillement
[IRWIN 57]

- Mode II : cisaillement

Le mode II correspond au cisaillement des lèvres de la fissure.

Lorsque la charge de trafic est décalée par rapport au centre d'une fissure transversale et qu'elle se trouve au bord de la discontinuité, le mouvement des lèvres de la fissure correspond au mode II. Il en est de même lorsqu'un véhicule passe le long d'une fissure longitudinale

- Mode III : déchirement

Le mode III correspond à une déformation de déchirement des lèvres de la fissure.

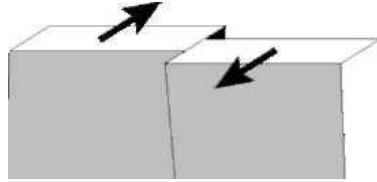
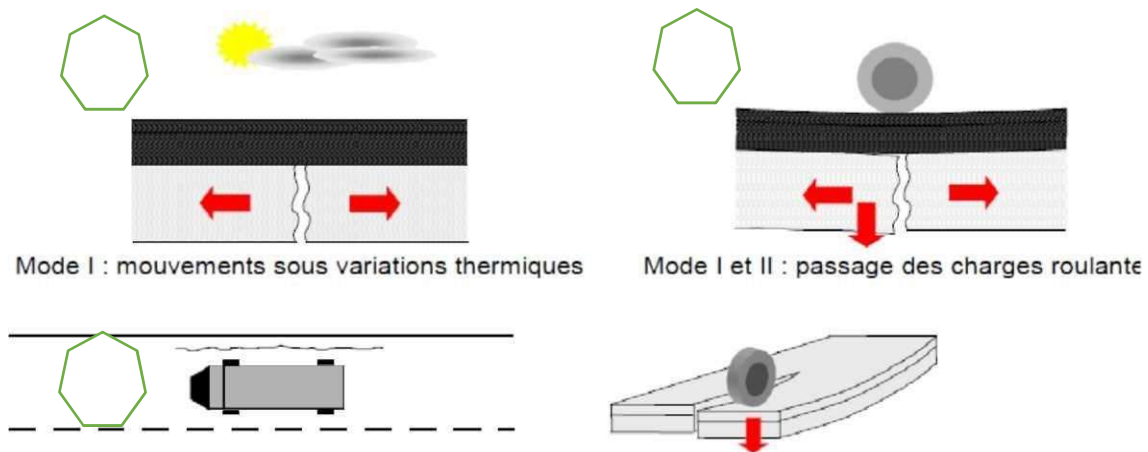


Figure II.17 Mode III : déchirement

[IRWIN 57]

La rupture de la couche de surface selon une combinaison des mouvements présentés en (figure II.18)



Mode III : véhicule le long d'une fissure transversale

Figure II.18 : Mouvements possibles des pointes de la fissure

Le retrait thermique, ou hydraulique du béton, s'apparente systématiquement au mouvement de type mode I. C'est à dire d'ouverture. Le trafic est une combinaison des 3 mouvements, dépendant de la position du véhicule sur la chaussée et de la géométrie de la fissure existante.

- Fréquence de sollicitation

Les différents mouvements de la pointe de fissure, sont fonctions de la charge qui s'applique. Pour la partie cinématique, mais ces mouvements se distinguent aussi par la vitesse du chargement.

- des mouvements rapides induits par le trafic et plus particulièrement les charges lourdes.

- des mouvements lents dus aux retraits thermiques par variations de température (entre le jour et la nuit),
- des mouvements très lents résultant des retraits dus aux variations thermiques entre l'été et l'hiver ou des variations hydriques (dans le sol support)

-Amplitude des mouvements

L'amplitude des mouvements dus aux charges roulantes est directement fonction de la charge roulante. Elle est aussi directement reliée à la déformation possible de la structure. Concernant les mouvements de retraits thermiques, l'amplitude des mouvements des lèvres de la fissure est fonction de variation de température mais aussi du coefficient de dilatation thermique.

L'ouverture sous chargement thermique est plus grande si les joints sont espacés ; mais elle est aussi fonction de la qualité du collage entre les couches.

En conclusion :

Le trafic induit des contraintes dans les chaussées fissurées qui se traduisent par des mouvements des lèvres des fissures en mode I (ouverture), II (cisaillement) et III (déchirement), en fonction de la position du véhicule par rapport à la fissure. Le mouvement est rapide (donc une fréquence élevée) avec des amplitudes variables.

Le retrait thermique (ou hydraulique) crée des mouvements d'ouverture des lèvres de la fissure (mode I). Les mouvements sont lents, voire très lents, avec de fortes amplitudes.

II.6.1 DESCRIPTION SCHEMATIQUE DE LA REMONTEE DE FISSURE AU TRAVERS DE LA COUCHE DE ROULEMENT

- Processus de remontée de fissure :

Le développement des fissures, dans la couche de surface sous l'action des différentes sollicitations, se fait en trois étapes induites par différents mécanismes :

- L'amorce de la fissure est causée par un défaut existant dans la couche non fissurée initialement,
- suivie par une phase de propagation lente de la fissure au travers de la couche de surface (ce processus commence au point où il existe une concentration de contraintes thermiques ou mécaniques),
- enfin, la dernière phase, c'est à dire la rupture totale, correspond à l'apparition de la fissure

En surface de chaussée.

Les trois mouvements décrits ci-dessus prennent une importance relative en fonction de la nature de la fissure et du type de chargement qui agit sur la structure.

- Chemin de fissuration :

Les fissures peuvent se propager verticalement, sans affecter le collage entre les différentes couches, sous l'action du trafic ou des retraits thermiques et hydriques. Mais il est aussi fréquent d'observer une phase de propagation de la fissure dans l'interface, c'est à dire horizontalement, avant de repartir verticalement [GOA82].(voir la figure II.19)

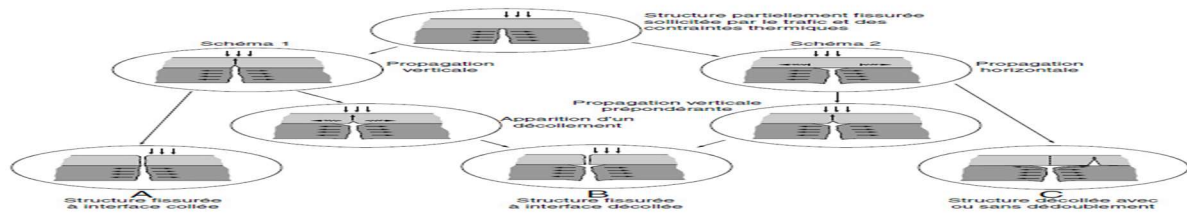


Figure II.19 : Cheminements d'une fissure

II.6.2 Propagation des fissures du haut vers le bas

Ce type de fissure commence sur la surface de chaussée et se propage vers les couches de chaussées en bas. Les fissures de haut en bas peuvent se produire sous diverses causes. Le trafic, la complexité de l'interaction pneu/surface de chaussée, chargement cyclique de la température, le dépassement de l'âge du bitume, le comportement viscoélastique des enrobés bitumineux sont autant de raisons probables de leur apparition [Tamagny et al., 2004]. Ce type de propagation de fissure a été le but de plusieurs travaux de recherche, nous pouvons citer ici ceux de [Nesnas et Nunn, 2004], [Sangpetngam et al., 2004], [Svasdisant et Baladi, 2004], [Rowe et Pellinen, 2004].

II.6.3 Carottes prélevées au droit des fissures

Les carottes peuvent être prélevées au droit des fissures du revêtement. Elles permettent de fixer la profondeur atteinte par les fissures et de vérifier si elles se prolongent dans la fondation. Ces informations sont des éléments essentiels du diagnostic.

Le prélèvement d'une carotte centrée sur une fissure permet généralement d'avoir une idée sur le mode de propagation de la fissure. A titre d'exemple, dans le cas où toutes les couches du revêtement sont adhérentes, si la fissure affecte la totalité de la face inférieure de la carotte, on admet généralement que la fissure trouve son origine à la partie inférieure du revêtement; par contre, lorsque la fissure est inexistante au bas de la carotte, on admet que la fissure trouve son origine dans la couche de roulement. Ces constatations contribuent à déterminer l'origine des dégradations et sont donc utiles à la fixation du diagnostic.(voir les figures II.20 et II.21)



FIGURE II.20: Carotte prélevée au droit d'une fissure
Parabolique

FIGURE II.21 Carotte prélevée au droit d'une fissure
remonte de fissure

II.7 CONCLUSION

Les natures des fissurations observées en surface de chaussées sont diverses, ceci est en partie dû à la grande variété des causes de fissuration.

Notre étude se limitera particulièrement aux structures souples, mais aussi à la nature de fissuration la plus défavorable, et la plus 'classique' dans ce type de structure : les remontées de fissures longitudinales de la couche de base vers la surface au travers de la couche de roulement (c'est à dire couche de liaison et couche de roulement).

La fissuration est la cause la plus courante de dégradation des chaussées. S'agissant des structures souples, les problèmes viennent des remontées de fissuration. Les causes qui interviennent sur le phénomène de fissuration sont connues, en revanche l'identification des actions et la différenciation des paramètres restent à parfaire.

CHAPITRE III. TECHNIQUES ANTI- REMONTEE DE FISSURES

III.1 MESURES PREVENTIVES LORS DE LA CONSTRUCTION

Les moyens pour limiter en construction neuve les conséquences de la fissuration des assises d'enrobée bitumineux initialement la fissuration de retrait n'est pas apparente problématique ; elle était même considérée comme un signe de qualité et par ailleurs le défaut d'imperméabilité qu'elle engendrait pouvait être corrigé par le développement de techniques de colmatage des fissures.

S'agissant des routes, l'évolution des exigences des usagers quant à la qualité d'usage des chaussées a contraint les maîtres d'ouvrage à lutter contre cette fissuration.

La même exigence peut être formulée pour les chaussées aéronautiques pour lesquelles la tendance est à l'abandon de la technique de la couche de base alors qu'aujourd'hui le maître d'œuvre dispose de différents moyens que l'on peut classer de la manière suivante :

- la formulation des matériaux bitumineux, - la conception des structures,
- le choix de la couche de roulement,

III.1.1 formulation des matériaux

C'est à partir d'études de laboratoire que l'on peut appréhender l'influence des paramètres de formulation sur la fissuration. Dans ces études, il faut distinguer les causes de la fissuration ; le retrait de prise d'une part et le retrait thermique d'autre part. Ce dernier peut être étudié à partir de la connaissance d'un certain nombre de caractéristiques des mélanges à un âge donné et notamment :

- la résistance et le module de déformation en traction, - le coefficient de dilatation thermique,
- le comportement au fluage sous des chargements lents.

Le retrait de prise, nécessite des études spécifiques.

Le comportement global d'une couche de chaussée dépend du comportement du matériau vis-à-vis de ces deux types de retrait, le retrait de prise ou retrait à court terme pouvant initialiser des fissures qui deviennent visibles lorsque le retrait thermique vient s'y superposer.

a- Choix du granulat

Les granulats sont impérativement issus de roche massive pour tous les enrobés sauf pour le BBS 6 et 10 roulé ou l'utilisation de sable roulé alluvionnaire est tolérée à hauteur de 15% maximum de la fraction minérale totale.

Les caractéristiques minimales des granulats doivent être conformes aux spécifications des Normes NF EN 13043 et XP P 18-545 rendues contractuelles.

Le squelette minéral est obtenu par recombinaison de sables 0/2 ou 0/4, de gravillons 2/4, 2/6,4/6, 4/10, 6/10, 10/14 ou 10/20, provenant d'une même carrière.

La nature chimique et minéralogique du granulat peut influencer de diverses manières le comportement à la fissuration :

- influence sur la cinétique de prise
- influence sur la déformabilité du matériau,
- influence sur le coefficient de dilatation thermique.

b- Influence de la granularité :

L'influence de la granularité apparaît avec la dimension du plus gros élément (D) du mélange. Pour un même granulat la diminution du D permet en général, d'augmenter la déformabilité avant rupture en améliorant l'homogénéité des mélanges et en multipliant les liaisons liant granulat.

Par ailleurs, la réduction de D permet, pour une même résistance, d'obtenir des modules de déformations moins élevés, donc d'augmenter la déformabilité des matériaux.

c- Choix du liant :

Les essais en laboratoire montrent que la déformation à la rupture des matériaux bitumineux varie peu en fonction de la teneur en liant dans la gamme des dosages utilisés pour les assises de chaussées. Mais c'est la nature du liant qui a une influence certaine sur la fissuration.

Ce que l'on constate, c'est que la vitesse de prise et l'augmentation des résistances jouent très directement sur l'espacement entre les fissures et affectent le comportement d'un matériau bitumineux vis-à-vis de la fissuration.

On notera que les liants pulvérulents (ciments, liants routiers, ...) conduisent à une fissuration de retrait plus forte que les laitiers par exemple.

On note également que le type d'activation des laitiers peut être favorable comme l'activation sulfatique qui permet, à résistance égale d'obtenir des matériaux ayant un meilleur allongement à la rupture donc un meilleur comportement devant les contraintes de retrait. C'est pour atteindre cet objectif que certaines entreprises développent des techniques de traitement. Ces

techniques utilisent le bitume modifié en usine par l'ajout de polymère, d'élastomère, de fibre organique, etc.

Cette modification a pour objectif l'amélioration des caractéristiques des bitumes et des Émulsions afin d'augmenter la résistance des mélanges aux différentes sollicitations qu'ils sont appelés à supporter, aussi bien celles du trafic que celles des agents climatiques.

Les polymères et les élastomères ou d'autres produits modifiant les bitumes, permettent de rendre les bitumes ainsi modifiés moins sensibles au gradient thermique. Cette propriété élimine déjà la fissuration en temps de froid et les ressues pendant les épisodes des températures élevées. Ils sont également à l'origine d'une augmentation de la cohésion des mélanges ce qui est favorable à une diminution des structures d'entretien, une parfaite étanchéité et une résistance à la déformation permanente. Pour les mêmes performances techniques, les structures à base de bitume modifié sont moins importantes que celles réalisées par des liants classiques.

Les chaussées aéronautiques, comme les chaussées routières peuvent faire appel aux techniques de traitement, dont les avantages sont loin d'être négligeables, en face de charges de plus en plus lourdes. Les études de formulation permettent de limiter les inconvénients de l'inévitable fissuration de retrait.

III.1.2 Conception des structures

La construction d'une chaussée, qu'elle soit routière ou aéronautique, fait appel à différents matériaux ordonnancés de telle manière que l'ouvrage ainsi construit satisfasse le maître d'ouvrage par un bon comportement sous les sollicitations du trafic et les contraintes de l'environnement.

La construction de structures aéronautiques neuves peut faire appel à des matériaux réputés fissurant par la conception de la structure qui les intègre. Les résultats obtenus dans le domaine routier sont transposables; d'autres voies peuvent être explorées comme par exemple l'association de « matériaux hydrauliques » à des « matériaux bitumineux » obtenus par traitement à froid.

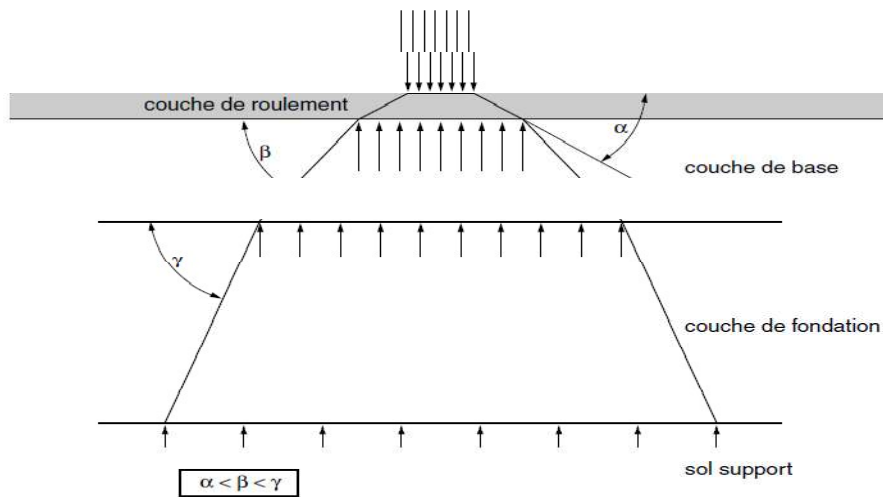


Figure III.1 : Répartition de la charge d'une roue d'atterrisseur dans les différentes couches de matériau Constituant une chaussée souple .

Toutes les chaussées aéronautiques de ce type ont été jusqu'ici conçues en admettant, avec une approximation jugée suffisante, que, comme le schématise la figure III.1, la charge, appliquée par une roue d'atterrisseur à la surface d'une chaussée souple, descend dans le corps de celle-ci à l'intérieur d'une succession de surfaces réglées dont les génératrices forment avec la verticale un angle, caractéristique du matériau traversé, qui se resserre au passage de chaque couche à sa suivante.

La rupture de l'équilibre intervient lorsque, le sol support ne pouvant plus exercer une réaction égale à la charge appliquée, les couches supérieures lâchent à leur tour.

Il y aura alors poinçonnement du terrain d'assise, la figure montrant que, pour une charge donnée, il y a relation entre la réaction limite, ou portance du sol support, et l'épaisseur du corps de chaussée.

III.1.3 La couche de roulement :

La couche de roulement est la couche supérieure du revêtement. C'est donc la couche généralement la plus sollicitée, celle qui subit l'action directe du trafic et des agents climatiques.

La couche de roulement doit donc posséder les caractéristiques propres pour résister durablement aux sollicitations auxquelles elle est soumise.

a- Type

En fonction de l'épaisseur de la couche, on distingue les enrobés (≥ 15 mm) et les traitements superficiels (< 15 mm).

Enrobés à chaud :

Les couches de roulement les plus largement utilisées sont les enrobés à chaud. Parmi ceux-ci on distingue :

- les enrobés à squelette sableux et à granulométrie continue (BB = béton bitumineux), éventuellement cloutés ;
- les enrobés à squelette pierreux et à granulométrie discontinue (RUMG, RMD, RMTO, enrobés drainants, SMA).

Traitements superficiels :

Les traitements superficiels sont principalement utilisés comme couche d'entretien d'anciens revêtements.

Ils se composent des enduits superficiels et des RBCF.

Les RBCF sont obtenus par l'application en une seule passe d'un mélange contenant des agrégats minéraux, du filler, une émulsion de bitume (modifié ou non) et divers adjuvants éventuels.

b- Choix de la couche de roulement

Le béton bitumineux de la couche de roulement intervient dans le processus de comportement de la chaussée vis-à-vis du phénomène de fissuration sous deux formes.

D'une part par la vitesse de propagation de la fissure dans la couche qu'il forme en particulier pour la remontée d'une fissure de retrait de l'assise .D'autre part, lorsque la fissure a traversé cette couche, dans la stabilité et d'une manière plus générale dans le comportement des lèvres et du matériau autour de la fissure.

III.2 PROPAGATION DE LA FISSURE

On connaît très mal l'effet de la composition de l'enrobé sur les paramètres de la loi de propagation de la fissure. Il est vraisemblable que les facteurs favorables sont les mêmes que pour l'amélioration du comportement à la fatigue. Des bétons bitumineux compacts, à forte teneur en liant sont donc favorables ainsi que des enrobés au bitume polymère ne présentant pas des modules élevés aux faibles températures qui sont les températures de service les plus critiques. L'ajout de polymère dans un bitume « mou » se révèle intéressant, en particulier pour les aires aéronautiques à trafic lourd, car il permet d'augmenter la teneur en liant, donc la résistance à la

propagation de la fissure sans risque d'effets secondaires défavorables. Pour les mêmes raisons, la formulation des bétons bitumineux spécialement conçus pour chaussées aéronautiques (NF P 98-131) est un atout majeur pour un meilleur comportement de l'enrobé vis-à-vis de la propagation de la fissuration.

III.3 COMPORTEMENT DE LA COUCHE FISSUREE

Il est difficile d'aborder d'une manière théorique ce problème qui se pose essentiellement en période froide lorsque les enrobés sont fragiles et les fissures largement ouvertes. On peut, cependant, penser que ces sollicitations justifient des qualités pour l'enrobé, comparables à celles qui assurent sa résistance à la propagation de la fissure : bon comportement à la fatigue, bitume peu susceptible aux variations de températures ; composition granulométrique assurant une compacité optimale ; enrobés faisant appel à des bitumes modifiés.

Le colmatage des fissures, lorsqu'il est réalisé avant leur évolution, permet « artificiellement » d'améliorer localement le comportement d'un enrobé fissuré. Il évite une évolution défavorable de la fissure ; il assure une imperméabilisation superficielle de la structure.

III.3.1 Le colmatage

C'est un scellement par pontage qui vise à rétablir l'étanchéité par répondeage d'un mastic à faible surépaisseur à cheval sur la fissure préalablement nettoyée. (voir figure III.2)

On peut se référer à la note technique LCPC / SETRA « Scellement des fissures » de décembre 1981 ainsi qu'aux notes d'information SETRA n° 15 et n° 56 qui définissent la technique et présentent les limites et l'intérêt du colmatage.

Ces documents définissent cette technique dont on peut souligner les points essentiels suivants :

Nécessite d'une préparation du support qui doit être absolument sec propre et à une

Température supérieure à 5

Emploi d'un matériel adapté. Il convient d'utiliser la lance thermo pneumatique pour le décapage et le séchage du support le matériel de mise en œuvre de produit doit permettre le respect et la régularité des dosages et de température.

Utilisation de produit et homologues en respectant les conditions d'emploi. Respecter les épaisseurs (environ 2 mm) et les largeurs (environ 5 à 15 cm) et soigner le

Micro-gravillonnage de protection.

Le colmatage est un procédé d'entretien de fissure :

Lorsque la fissuration est normalement apparue en surface et le temps de réaliser le colmatage des fissures (imperméabilisation, ralentissement de l'évolution des fissures à 3 ans.

Entre 8 à 12 ans d'âge il est temps d'assurer un premier entretien général avec une nouvelle Couche de roulement, cette couche va permettre d'effacer de l'ordre de 50 % des fissures.

Le colmatage peut être présenté comme une technique limitant l'évolution d'une fissuration de retrait apparue en surface de chaussée.



(a)

Figure III .2 : Aéroport d'Ouargla : Colmatage de fissures de joints au milieu de la piste



(b)

Figure III .3 dépôt de gomme important, formation de mailles larges par combinaison fissures longitudinale et transversale

III.3.2 Techniques anti-fissures en entretien

Les techniques d'entretien pour limiter les conséquences de la remontée des fissures Les techniques qui sont développées dans ce chapitre sont des techniques d'entretien qui peuvent également être mises en œuvre, dès la construction des assises aéronautiques faisant appel à des assises au béton bitumineux.

La transmission des fissures de l'assise dans les couches de surface est la conséquence des contraintes engendrées par les sollicitations, mais aussi et essentiellement la conséquence des contraintes thermiques (cycles saisonniers et journaliers). Pour éviter totalement ces dernières il suffirait de supprimer le collage des enrobés sur l'assise : ainsi la fissure de l'assise provoquée par le retrait de prise ne pourrait pas s'amorcer à la base de la couche de surface. Mais cela conduirait à un fonctionnement tellement défavorable qu'aucune couche de roulement ne résisterait longtemps dans de telles conditions.

Le concept qui est à l'origine des techniques d'interposition s'appuie sur le désir de désolidariser la couche de surface de l'assise vis-à-vis des contraintes thermiques (initialisation de la fissure de l'assise par des sollicitations horizontales et lentes) tout en Assurant son collage sur le support de manière à lui permettre un fonctionnement mécanique Normal sous les charges.

Autrement dit, les techniques d'interposition consistent à mettre en œuvre entre l'assise et les couches de surface une « couche de diffusion des contraintes » qui a un triple but :

- sur le plan de la transmission des contraintes, en tête de la fissure, provenant des cycles thermiques lents, elle dissocie les deux couches,
- elle permet à la structure de supporter les sollicitations des charges en assurant un bon collage de l'enrobé à son support.
- elle doit conserver l'imperméabilité de la structure même si la fissure se développe dans la couche de surface.

Le matériau utilisé pour constituer une membrane anti-fissure doit donc être suffisamment déformable sous les sollicitations lentes des cycles thermiques de manière à permettre la « dissipation des contraintes » apparaissant en tête des fissures du support mais il doit conserver une rigidité suffisante pour les sollicitations rapides dues aux charges. Il ne doit pas présenter une forte compressibilité verticale pour ne pas augmenter exagérément les contraintes de flexion dans la couche de roulement ni être le siège de déformations permanentes ou fluage entraînant des déformations en surface. Il doit adhérer avec deux faces pour assurer le collage de la couche de roulement sur son support et doit aussi conserver son imperméabilité même au dessus ou en dessous d'une fissure ouverte.

On peut classer les techniques d'interposition en trois grandes familles dans lesquelles on retrouve pratiquement tous les produits ou procédés d'entreprise. Ce sont :

- l'enrobé fin bitumineux riche en liant et en fines, - le géotextile imprégné,
- la membrane bitumineuse.

Ces procédés sont utilisés pour l'entretien de chaussées souple.

a- Interposition d'un enrobé fin

Ce procédé consiste à réaliser la couche de roulement d'entretien (ou les couches de surface en chaussée neuve) sur une première couche de 1,5 à 2 cm d'épaisseur en enrobé 0/6 ou mieux 0/4 élaboré à partir d'un granulat entièrement concassé avec une formulation comptant de l'ordre de 10 % de bitume ; 12 à 15 % d'éléments inférieurs à 80 microns (module de richesse visé entre 5,5 et 6) et 10 à 15 % de sable roulé.

Ce système souvent présenté sous l'appellation « enrobé bicouche » est parmi les plus efficaces mais sous certaines conditions. Il nécessite en particulier :

l'emploi d'un bitume modifié pour l'enrobé fin. L'objectif est d'obtenir un liant ayant une faible susceptibilité thermique et pour le mélange un maximum d'allongement à la rupture. L'emploi de liant modifié est nécessaire pour donner à la « couche anti-fissure » la souplesse souhaitée sous toutes conditions climatiques et surtout d'éviter l'orniérage ou des déformations permanentes qui seraient inévitables sous fortes sollicitations avec du bitume pur .

- un support ayant un bon uni longitudinal et surtout un bon profil en travers pour respecter l'épaisseur (1,5 à 2 cm). Il est nécessaire de reprofiler le support si les déformations de profil sont supérieures à 1 cm ;

- de ne pas réduire l'épaisseur de la couche de roulement. Une épaisseur de 6 cm de béton bitumineux est conseillée. Sous fortes sollicitations, on a également intérêt, sans réduire l'épaisseur, à utiliser un bitume modifié pour la couche de surface.

La conception d'un tel complexe conduit à rechercher un compromis entre l'efficacité vis-à-vis de la remontée des fissures qui tend à préconiser l'utilisation d'un bitume mou et la lutte contre les déformations permanentes sous charges lourdes qui imposent l'emploi d'un liant dur ou modifié. Pour cette raison les études de formulation doivent être complètes et réalisées sur l'ensemble du complexe (sable enrobé + couche de roulement) pour ce qui concerne le comportement sous les charges (voies de circulation et aires de stationnement).

Au niveau de la fabrication du sable enrobé la seule difficulté peut intervenir dans le séchage de matériaux trop humides qui peut poser un problème de baisse de cadence de fabrication.

La mise en œuvre de ce produit se fait au finisseur vis calées pour respecter l'épaisseur sur une couche d'accrochage classique et avec un compactage en général réalisé par un compacteur tandem à jantes lisses ; seuls les joints sont vibrés.

Les chaussées aéronautiques sur lesquelles cette technique a été mise en œuvre et qui ont pu être visitées pour apprécier visuellement le comportement du procédé ont permis de constater que dans tous les cas aucune fissure des structures souple sous-jacentes n'est réapparue.

a-1 : SABLE ENROBÉ ANTI-REMONTÉE DE FISSURES

Les fissures parfois visibles à la surface des routes nuisent non seulement au confort des automobilistes mais conduisent à des risques de dégradation rapide des chaussées par percolation d'eau dans leurs structures.

Pour remédier à ces inconvénients, (Eurovia) a mis au point un certain nombre de techniques anti-remontées de fissures, utilisables en entretien curatif ou de façon préventive. Certains de ces procédés sont polyvalents et destinés aussi bien à des opérations d'entretien qu'à des travaux neufs.

(VIASAF):est un sable enrobé anti-remontée de fissures appliqué en couche d'interposition sur un support fissuré (ou fissurable). Sa fonction est d'empêcher la propagation de fissures de retrait thermique des matériaux traités aux liants hydrauliques ou de joints de dalles en béton vers la surface de la chaussée.

La composition très spécifique de (VIASAF) fait appel à une formule granulaire 0/4 mm ou 0/6 mm continue, très riche en bitume fortement modifié par des polymères.

Appliqué en épaisseur moyenne de 20 mm, (VIASAF) agit comme une véritable membrane suffisamment déformable pour absorber les contraintes induites par les fissures ou les joints. D'une épaisseur adaptée au trafic, la couche de roulement impérativement associée à (VIASAF) procure les caractéristiques de surface indispensables à la sécurité des usagers, en particulier l'adhérence. Les enrobés spéciaux à liants modifiés développés par(Eurovia,) comme par exemple (RUGOVIA,) sont bien adaptés à cet usage.

(VIASAF) : souple et résistant.

Retardateur de fissuration :

Le Laboratoire régional des ponts et chaussées d'Autun a mis au point un essai de retrait flexion qui simule l'ouverture d'une fissure de retrait sous trafic. Le matériau à tester est collé sur un enrobé pré fissuré et soumis à la fois à une elongation lente et à une flexion verticale cyclique. Un rapport ® est établi entre le temps de fissuration du matériau testé et celui d'un complexe témoin constitué de 2 cm de sable enrobé au bitume pur surmonté de 6 cm de béton bitumineux semi-grenu (BBSG) également au bitume pur.

Retardateur de fissuration :

Le Laboratoire régional des ponts et chaussées d'Autun a mis au point un essai de retrait flexion qui simule l'ouverture d'une fissure de retrait sous trafic. Le matériau à tester est collé sur un enrobé pré fissuré et soumis à la fois à une élongation lente et à une flexion verticale cyclique. Un rapport est établi entre le temps de fissuration du matériau testé et celui d'un complexe témoin constitué de 2 cm de sable enrobé au bitume pur surmonté de 6 cm de béton bitumineux semi-grenu (BBSG) également au bitume pur.

UN ENROBÉ TRÈS SPÉCIAL :

VIASAF doit dissiper les contraintes provoquées par les variations d'ouverture de fissures et donc présenter des caractéristiques d'élongation et d'autoréparation importantes.

Une bonne résistance à l'orniérage et une cohésion suffisante pour que la couche de roulement ne soit pas sollicitée en fatigue sont également indispensables.

Ces exigences techniques, apparemment antinomiques, sont atteintes grâce à un liant haut de gamme choisi parmi les bitumes fortement modifiés par des polymères POLY BITUME mis au point par Eurovia, ou dans celle des liants Styrelf.

Les formules de (VIASAF) font appel à un module de richesse élevé (de l'ordre de 5,5) associé à une teneur en fines importante (12 à 15 %). Ces compositions comprenant 8 à 10 % de liant et très riches en mastic assurent les propriétés souhaitées.

La mise en œuvre est réalisée à l'aide de matériels routiers traditionnels.

VIASAF est un procédé d'entretien des chaussées fissurées. Il est applicable également en travaux neufs sous certaines conditions. Dans tous les cas, il doit être mis en œuvre sur un support présentant un bon uni.(voir figure III.4)



Coupe présentée fissure traité



Vue en plan



la mise en place

Figure III.4 : Sable bitume

b- Interposition d'un géotextile

La technique consiste à interposer sous la ou les couche(s) bitumineuse(s) un géotextile imprégné de bitume.

L'ensemble est composé d'une couche d'accrochage réalisée avec un liant, en général un bitume modifié, mis en œuvre soit sous forme d'émulsion, soit sous forme anhydre répandu à chaud. Le dosage est de 0,8 à 1,2 kg/m² de bitume résiduel.

Le géotextile est généralement non-tissé aiguilleté ou thermo soudé en polyéthylène ou polypropylène. Il existe maintenant des géotextiles collés sur des grilles de verre.

Le rôle du géotextile est essentiellement de servir de réservoir pour le liant de manière à le maintenir en interposition entre le support et la couche de roulement. Sa masse surfacique est comprise entre 120 et 250 g/m². Il est conditionné par rouleaux de 100 à 150 mètres de longueur avec des largeurs comprises entre 1,9 m et 3,80 m.

La mise en œuvre de cette technique est très simple.

La première opération consiste à répandre le liant dont le dosage est adapté au géotextile qui sera utilisé. Il convient de mettre le maximum de bitume pour «saturer» le géotextile en majorant la quantité nécessaire de 300 g/m² pour assurer le collage de l'enrobé.

La deuxième opération consiste à dérouler le géotextile aussitôt le répandage du liant anhydre ou après avoir attendu la rupture de l'émulsion si le liant est mis en œuvre sous cette forme. L'application se fait généralement à l'aide d'un dérouleur monté sur un engin (tractopelle) avec un marouflage assuré par des balais montés sur le dérouleur de manière à assurer le collage du géotextile sur le liant.

Cette technique de mise en œuvre du géotextile permet une pose correcte et sans plis.

On suivra les étapes suivantes :

Première étape : fraisage et nettoyage de la surface de la chaussée ;

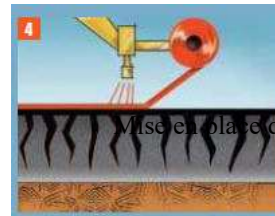
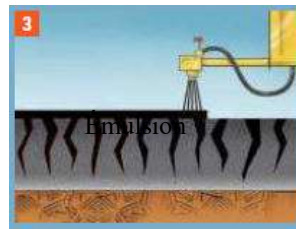
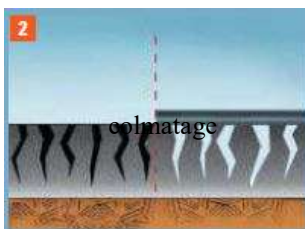
Deuxième étape : comblement des fissures par un produit bitumineux adapté ou application d'une couche de reprofilage .

Troisième étape : la quantité de liant de saturation est appliqué uniformément et dépassé de 10 cm au maximum de géo-grille à installé.

Le choix de type de produit dépend des conditions climatiques et du type de revêtement bitumineux utilisé ;

Quatrième étape : le PGM est déroulé sur la couche d'accrochage ou moyen d'un engin de pose ;

Cinquième étape : le revêtement bitumineux, d'une épaisseur minimum de 40 mm, et collé à chaud et peut être posé immédiatement après le PGM.



(Figure III.5) : Mise en place de géotextile

Parmi les géotextiles commercialisés pour cet emploi certains possèdent une face calandree qui doit être tournée vers le haut. Le recouvrement longitudinal des lés est de 10 à 20 cm. Transversalement le recouvrement se fait dans le sens de mise en œuvre des enrobés.

Pour que la technique soit efficace il est nécessaire de garantir le collage du géotextile sur le support puis le collage de l'enrobé à mettre en œuvre sur le géotextile :

- le premier est garanti si le liant est répandu sur un support sec et à une température supérieure à 10°,
- l'accrochage de l'enrobé se réalise grâce à la température qui « aspire » le liant qui migre dans l'épaisseur du géotextile et colle au matériau. La condition d'accrochage est qu'il y ait assez de bitume pour « remplir » le géotextile et coller à l'enrobé.

Mise en place du géotextile sur la couche d'accrochage

La mise en œuvre de l'enrobé sur le géotextile ne pose pas de problème particulier à condition d'éviter les manœuvres brutales des camions.

Un des avantages de cette technique est d'assurer une bonne imperméabilité du complexe géotextile imprégné plus couche de roulement même lorsque la fissure réapparaît en surface.

Au niveau des coûts des géotextiles imprégnés ils se situent entre 10 et 15 F/m² (valeur 1998), soit environ l'équivalent de 2,5 cm de béton bitumineux classique.

III.3.3 Présentation du renforcement de l'aérodrome d'Ouargla par géotextile

L'étude de renforcement des aires de manœuvres de l'aérodrome d'OUARGLA, sauf la piste secondaire et le parking civil, a été demandée par la D.T.P d'Ouargla à la S.A.E.T.I (SOCIETE ALGERIENNE D'ETUDES D'INFRASTRUCTURES).

Les géotextiles contre les remontées des fissures :

La fatigue due au trafic, les retraits thermiques et hydrauliques sont les principales causes de la fissuration d'une chaussée. Un géotextile imprégné de bitume incorporé à la structure ralentit la remontée des fissures et permet de rallonger la durée de vie de la chaussée.

La région est caractérisée par un climat aride avec des étés chauds et secs d'une température qui peut atteindre les 50°C, et des hivers très froids par des températures souvent au dessous de 0°C la nuit.

Les données climatologiques de la ville d'Ouargla nous ont été fournies par l'office National de météorologie.

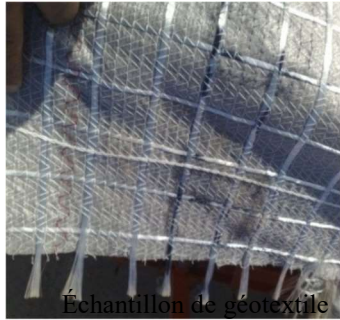
Température du mois le plus chaud (juillet) des 5 dernières années = 50° C

Température du mois le plus froid (janvier) des 5 dernières années = 00° C

La réparation d'une chaussée fissurée par un simple revêtement de bitume ne modifie

pas le fonctionnement mécanique de la chaussée, et les fissures réapparaissent rapidement. Les mortiers bitumineux (sable + bitume) interposés entre la couche de roulement et le support sont efficaces, mais souvent plus coûteux.

La Géotextile, constitue une solution technique efficace et économiquement satisfaisante pour ce genre de dégradations.



Échantillon de géotextile



colmatage des fissures



Mise en œuvre de la couche d'accrochage en émulsion



Mise en place de géotextile



Mise en œuvre de la couche de roulement en BB

(Figure III.6) : Mise en place du Géo-grille à l'aérodrome de Ouargla

C- Interposition géo grilles:

Ces géo grilles en polypropylène, en polyester ou en fibre de verre combiné à la pose d'un enduit peuvent prétendre à un rôle de renforcement.

III.3.3 .1 Fonction des caractéristiques du matériau composant la géo grille

L'introduction de grilles de polymères dans les enrobés bitumineux permet d'obtenir un renforcement structurel des chaussées sans augmenter les épaisseurs des couches supérieures ni retraiter les couches de fondation.

Le renforcement des couches de roulement par grilles sur support fracturé est une pratique aujourd'hui courante pour retarder la transmission des fissures. La solution de renforcement d'enrobé bénéficie dans cette application d'un avantage économique certain en comparaison

Avec des solutions plus conventionnelles.

Le renforcement de structure ainsi obtenu permet de modifier les deux critères de rupture structurelle des chaussées : la fissuration par fatigue lié au manque de portance du sol support. Bien que les avantages économiques des applications structurelles des systèmes enrobé/ grille soient plus complexes à estimer que ceux du renforcement anti-fissure, l'expérience montre que les structures en enrobé renforcé permettent une économie de matériaux lors de la construction.

III.3.3. 2 Effets positifs sur le comportement et la durée de vie des enrobés

Différents essais ont été menés en laboratoire, notamment sous la direction du professeur Steve Brown, de l'Université de Nottingham (Royaume-Uni). « Ces essais, bien qu'ils n'aient pas été menés conformément à la méthode d'essais de fatigue mécanique en vigueur en France, explique Jean Luc Walter (Tensar), ont fait l'objet d'une instrumentation détaillée et mettent en évidence l'effet de diffusion des déformations en traction de la grille de renforcement et l'action de celle-ci sur le comportement à la fissuration des enrobés. »

Comment une grille peut-elle contrôler la fissuration des enrobés?(voir figure III.7)

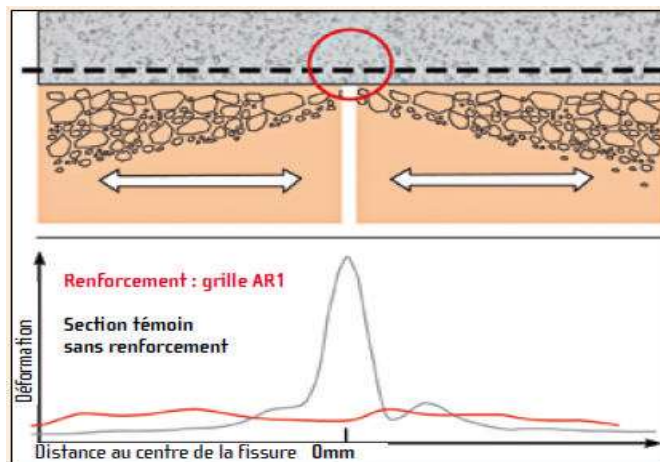


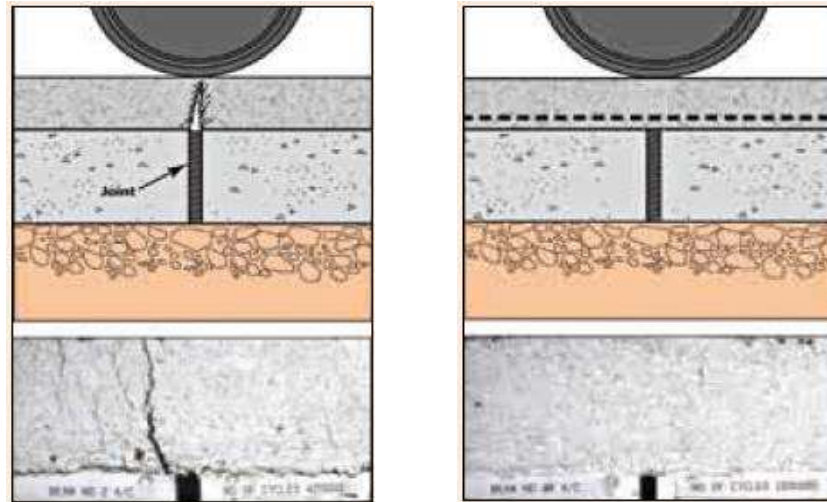
Figure III.7: La grille AR1 empêche le développement de la déformation au

Centre de la fissure, procurant à l'enrobé une résistance accrue à la fissuration thermique.

III.3.3 .3 Remontée des fissures à l'origine thermique

La remontée des fissures dans les chaussées est due à une concentration de la déformation sur les fissures ou les joints de construction du support. Une recherche menée par l'Université de Nottingham a démontré que l'utilisation d'une grille supprime les déformations de pic nécessaires à l'ouverture des fissures.(voir figure III.8)

L'appareil comporte un support plan constitué de deux plateaux de béton, de 1 mètre de long par 200 mm de large chacun. Les plateaux sont montés sur un système permettant de faire varier la distance entre eux. Le système retardateur de remontées de fissures est construit Directement sur les plateaux. Le retrait thermique est simulé en écartant les deux plateaux, permettant ainsi de soumettre le système à une contrainte en traction. Dans cet essai, des jauges de déplacement ont été positionnées pour suivre la réponse du système, notamment lorsqu'une grille est présente. L'essai a eu lieu à -5°C avec une ouverture de fissure de 2 mm.



La fissuration traverse l'enrobé non renforcé en 425.000 cycles

L'enrobé renforcé ne présente
Toujours pas de fissuration
Significative après plus de
1.000.000 de cycles

(Figure III.8)

La présence d'une grille minimise l'apparition des remontées de fissures. Dans une couche bitumineuse .

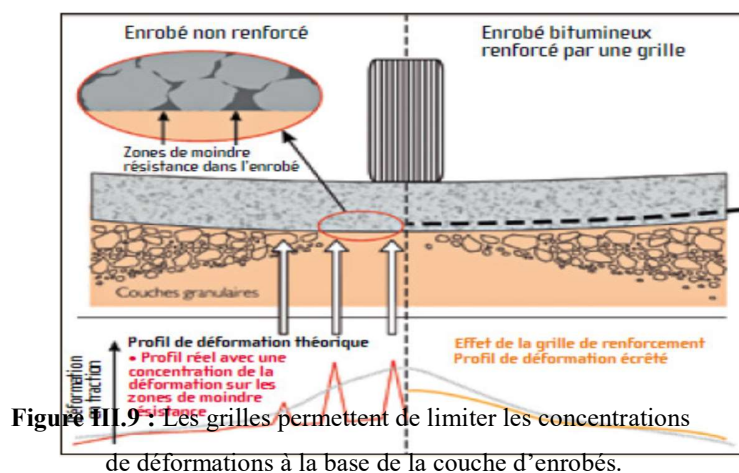
III.3.3.4 Remontée de fissures induites par le trafic

Une couche de roulement placée sur un support fissuré aura une durée de vie réduite par la remontée des fissures due au trafic.

Des essais réalisés à l'Université de Nottingham ont mis en évidence une réduction de la vitesse de remontée des fissures lorsque le revêtement est renforcé par une grille Tensar. Un essai de flexion cyclique a été utilisé pour étudier la résistance d'un revêtement en enrobé bitumineux à une flexion répétée et concentrée sur la fissure d'un support fracturé. Cet essai utilise un système constitué de deux plaques d'aggloméré montées sur un socle en caoutchouc pour simuler l'effet de flexion. Une charge cyclique, centrée sur le joint entre les plaques (fissure) est appliquée sur l'enrobé et l'ouverture de la fissure enregistrée en fonction du nombre de cycles de chargement.

III.3.3.5 Fissuration de fatigue

Dans une couche bitumineuse non renforcée, la déformation à la base de la couche n'est pas distribuée de façon homogène mais concentrée sur les zones de moindre résistance, à partir desquelles la fissuration s'amorcera. Dans le cas des enrobés renforcés, la grille génère un confinement qui limite l'ouverture des fissures potentielles et retarde leur apparition (fatigue structurelle et remontée de fissures).(voir figure III.9)



III.4 CONCLUSION

Les méthodes décrites tout au long de ce chapitre permettent de réduire l'apparition de fissures en surface de chaussée. Une première catégorie permet d'éviter ou réduire la formation de fissures durant la phase de mise en œuvre de la structure et peut même permettre d'avoir des fissures moins actives. La seconde catégorie des méthodes consiste en l'utilisation d'un système d'interposition, c'est à dire un système combiné d'une couche de surface, d'un système d'interposition et d'une couche de mise à niveau, le tout reposant sur une structure après les réparations majeures. Il faut bien accentuer le fait ici que le succès de ces systèmes dépend autant de la performance de chacun des composants que de leur effet combiné. En fonction du système d'interposition, le fonctionnement peut être de trois natures :

- Renforcer la structure,
- Contrôler le décollement des couches, afin de permettre des déformations horizontales plus grandes,
- Protéger contre les agressions de l'eau.

La caractérisation des systèmes d'interpositions nécessite l'existence de tests de caractérisation aussi bien sur le système d'interposition lui-même que sur le combiné, c'est à dire comprenant également la couche de roulement. Les géotextiles non tissés se caractérisent par un module de rigidité faible (comparé au module de l'enrobé) et ne sont donc pas des produits de renforcement. Au contraire les géogrilles présentent un module élevé. Il faut bien prendre en compte dans l'évaluation du système d'interposition la forte dépendance du module de la couche de surface vis à vis de la température, mais également les variations qui proviennent de la fréquence de sollicitation et de la durée de vie de la structure pour comprendre qu'un système d'interposition donné, pourra renforcer la structure dans un cas particulier, mais être complètement inopérant dans une autre situation. Une autre donnée importante pour l'évaluation des caractéristiques du système d'interposition est sa susceptibilité à la température. Enfin, la capacité d'absorption du bitume pour un géotextile et la taille des grilles pour un géogrille par rapport à la taille maximale des granulats utilisés sont autant de paramètres qui entrent en jeu dans la qualité du système total.

Enfin, la bonne adhérence est nécessaire quelque soit le système d'interposition choisi pour avoir un fonctionnement normal lors de l'utilisation de la chaussée.

CHAPITRE IV : COMPORTEMENT DES CHAUSSEES SOUPLES ET COMPARAISON TECHNICO -ECONOMIQUE

IV.1 CONSISTANCE DES TRAVAUX

Le présent chapitre traite la comparaison entre le comportement de la piste principale 02/20 de l'aérodrome de Ouargla renforcée et traitée par le produit géo synthétique (géo-grille PGMG 50x50) et le comportement de la piste 01/19 de l'aérodrome de Touggourt, qui a connu le renouvellement du corps de chaussée et non traitée par ce produit.

Les infrastructures concernées par l'opération de suivi du comportement sont :

- Piste principale 02/20 (partie chaussée souple) : 2700 x 45 m ; (Ouargla)
- Piste principale 01/19 (chaussée souple) : 3000 x 45 m ; (Touggourt)

L'étude englobera des essais sur site afin de déterminer l'état réel de la chaussée :

Elle comporte les essais à réaliser dans le cadre de cette étude qui sont à la fois des essais destructifs et non destructifs et qui se résument comme suit :

- Relevé des dégradations et analyse ;
- Mesure de la portance du corps de chaussée ;
- Mesure de l'uni de la chaussée ;

IV.1.1 TRAITEMENT ET ANALYSE DES ARCHIVES

SYNTHESE DES DONNEES DE CONTROLE DES TRAVAUX DE RENFORCEMENT

La structure de renforcement adoptée est celle requise pour supporter pendant au moins 10 ans, 10 mouvements quotidiens du Boeing 737-800.

Cette structure se présente dans le tableau suivant :

Tableau (IV.1) : STRUCTURE DES PISTES

PP 02/20 Ouargla		PP 01/19 Touggourt
du PK 0+338 au PK 2000	du PK 2000 au PK 2900	du Pk0+000 au Pk 3+000
- Pose d'une CB en GB sur 12 cm - Pose d'une membrane en géocomposite sur 30 m centraux Pose de la CR en BB sur 9 cm	- Reprofilage en BB sur 6 cm - Pose d'une membrane en géocomposite sur 30 m centraux - Pose de la CR en BB sur 9 cm	Couche de forme 15 cm tuf - Couche de foundation 15 cm En grave concassée - couche de base 12 cm en GB - Couche de roulement 9 cm en BB

- Couche de foundation (constituée par l'ancien corps de chaussée).

Les résultats de contrôle des épaisseurs et de compacités correspondants à la piste principale 02/20 et pour les deux couches de renforcement mises en œuvre, sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau (IV.2) : COUCHE DE ROULEMENT EN BB 0/14

bandes	Epai. Moy. en cm	Epai. maxima en cm	Epai. minima en cm	Epaisseur requise en cm	Comp. Moy. en %
B1	8,54	9,6	7,00	7	95,07
B2	8,57	9,7	6,5	7	95,8
B3	8,02	9,7	6,8	7	96,1
B4	8,05	9,5	6,00	7	95,9
B5	8,07	10	4,80	7	96,3
B6	8,12	9,5	6,1	7	95,5
B7	8,11	8,8	6,8	7	94,4
B8	7,8	9,3	6,00	7	94
B9	8,59	10	7,02	7	95,5

Les épaisseurs moyennes relevées sur l'ensemble des bandes de la couche de roulement en BB 0/14 varient entre 7,8 et 8,59 cm dénotant une homogénéité de l'épaisseur sur le long de la piste (voir figure N°2), les valeurs minimales varient entre 4,8 et 7,02 cm alors que les valeurs maximales se trouvent entre 8,8 et 10 cm.

Les compacités moyennes relevées sur les carottes prélevées dénotent une certaine variabilité des résultats obtenus, d'après la figure N°3, les bandes (B7,B8) présentent des compacités inférieures à celles des autres bandes toutefois ces compacités sont acceptables elles se situent entre 94 et 95%.

Tableau (IV.3) : COUCHE DE BASE EN GB 0/20

Bandes	Epai. Moy. en cm	Epai. maxima en cm	Epai. minima en cm	Epaisseur requise en cm	Comp. Moy. en %
B1	11,77	14,2	8,3	12	92
B2	11,88	15,4	8,6	12	92
B3	10,95	16,4	8,2	12	91
B4	12,22	13,4	9,7	12	91
B5	12,37	16,5	10,4	12	92
B6	11,44	15,6	9	12	91
B7	13,06	14,7	10,7	12	91

Les épaisseurs moyennes relevées sur les bandes réalisées sont proches à la valeur prévue par l'étude (12 cm) à l'exception de la bande N° 3, Le reste des bandes on enregistre des valeurs variant entre 11,44 et 13,06.

Les compacités mesurées sur les mêmes bandes sont homogènes pour les bandes 1, 2,5 et 6, alors que les bandes 3,4 et 7 présentent une variabilité dénotant un dysfonctionnement au niveau de l'atelier de compactage durant la mise en œuvre de ces bandes. Néanmoins les compacités restent acceptables par rapport aux exigences techniques.

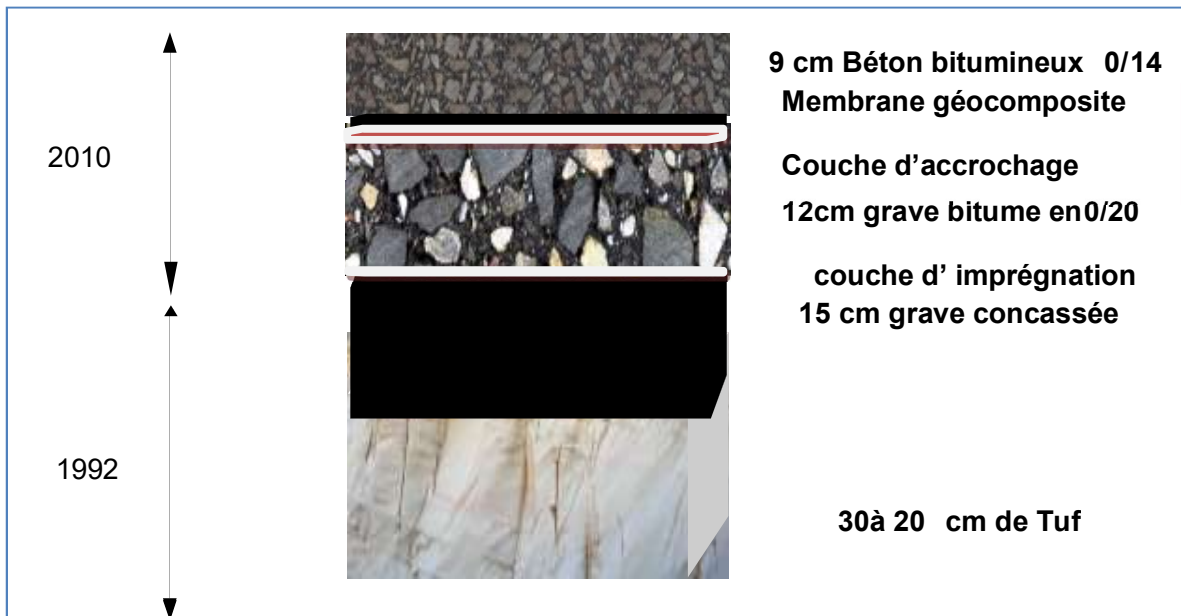


Figure IV 1 : Structure actuelle de la PP 02/20 après renforcement aéroport de Ouargla

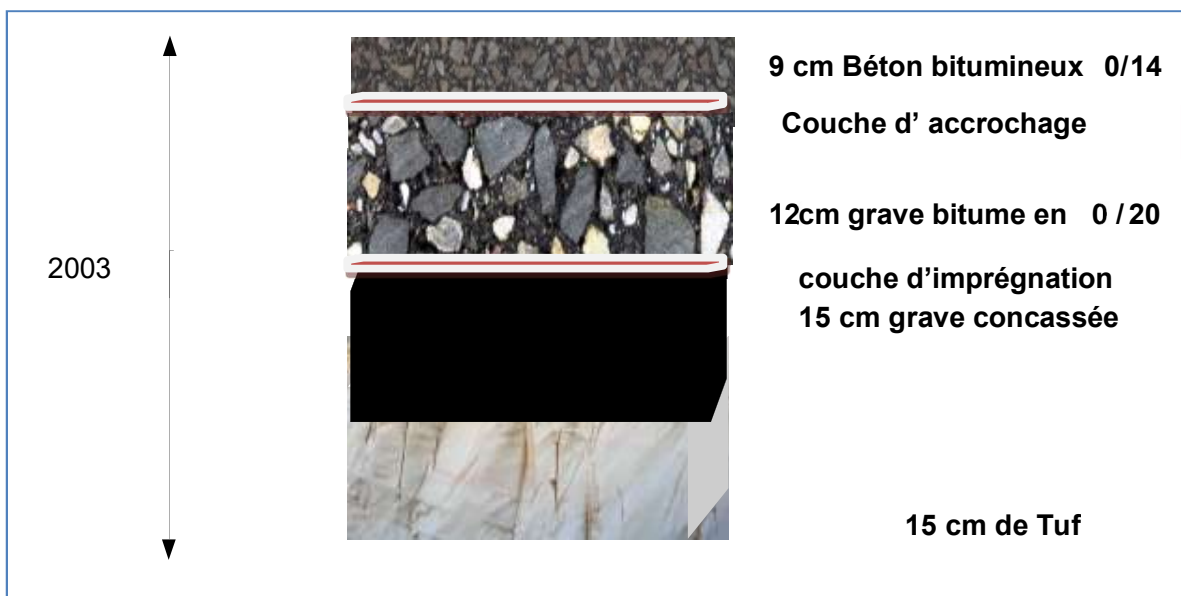


Figure IV 2 : Structure actuelle de la PP 01/19 après réalisation aéroport Touggourt

IV 1.2. TRAITEMENT DE LA GB 0/20 PAR LE GEOCOMPOSITE

IV 1.2.1 DESCRIPTION DU GEO-GRILLE

Le géo-grille utilisé pour le traitement de la surface de la GB 0/20 de la piste principale 02/20 et les ouvrages annexes est connue sous le nom «**TenCateBidim PGM-G 50x50** ». C'est un produit non tissé composé par de filaments continus en polypropylène associé à des câbles en fibres de verre, fabriquée à l'aide d'un procédé spécial, et assemblée de manière à former une grille à large mailles. Les caractéristiques de ce géo-grille ainsi que ces performances mécaniques sont données ci-dessous:

Le rôle du géo-grille PGM-G 50x50 est de retarder la propagation des tensions différentielles entre le sol support et la nouvelle couche de renforcement. Il s'agit de la réduction de la propagation des fissures et de la remontée des fissures.

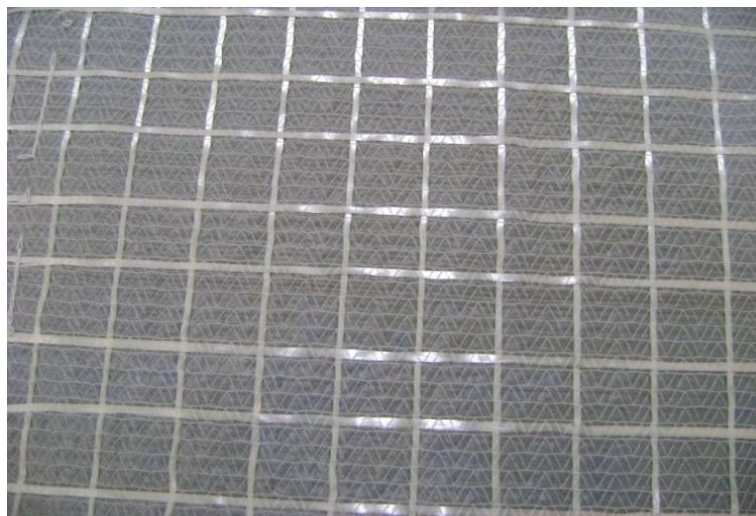


Figure IV.3 : Echantillon du géo-grille PGM G 50x50

Tableau (IV.4) : CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE GEO-GRILLE

Caracteristiques techniques	Unité	PGM 14	PGM-G 50/50
Masse surfacique [NF EN ISO 9864]	g/m ²	140	300
Epaisseur [NF EN ISO 9863-1]	mm	1,1	-
Rétention de bitume [Texas DOT 3099, ASTM D 6140-97]	kg/m ²	1,1	1,1
Point de fusion	°C	165	-
Résistance à la température	°C	-	400
Résistance à la traction	kN/m	9	-
Allongement à l'effort maximal [NF EN ISO 10319]	%	55	-
Résistance à la traction * SP/ST	kN/m	-	50 / 50
Allongement à l'effort maximal *	%	-	3
Force à 2% de déformation * [ISO 3341]	kN/m	-	34 / 34
Module E des filaments	MPa	-	73 000
Taille de la grille	mm	-	40 / 40
Temps relatif à la machine de retrait flexion du LRPC Autun **	-	> 0,9	-

*) valeur de résistance des câbles de renforcement (filaments de verre) SP : sens production, ST : sens travers

**) Quelque soit le liant employé: bitume modifié, bitume 80/100, bitume 50/70

Conditionnement	Unité	PGM 14	PGM-G 50/50		
Largeur	m	1,00 / 1,90 / 3,00 / 3,80	0,95	1,90	3,80
Longueur	m	150	100	100	75
Surface	m ²	150 / 285 / 450 / 570	95	190	285
Poids du rouleau	kg	26 / 46 / 72 / 92	34	63	90
Diamètre du rouleau	m	0,50	0,45	0,45	0,45
Diamètre du mandrin	m	0,12	0,12	0,12	0,12

IV 1.2.2 MISE EN ŒUVRE DU GEO-GRILLE

Le marché du renforcement des infrastructures de l'aérodrome d'Ouargla prévoit la mise en œuvre du géo-grille sur les 30 mètres centraux de la piste principale 02/20 et 15 mètres centraux pour les bretelles 8 et 9 et taxiway (quantité prévue est égal à 126041 m²).

La première opération de mise en œuvre consiste à l'application de l'émulsion cationique 65% à rupture rapide, la pose du géo-grille se fait une fois la rupture s'est amorcée, un contrôle de dosage de l'émulsion est réalisé pour déterminer le dosage approprié au collage du géo grille et à l'accrochage de la couche de l'enrobé.(voir les figures IV.4, IV5)



Figure IV.4 : Mise en œuvre de la couche d'accrochage en émulsion cationique 65%



Figure IV.5: Mise en œuvre du géo-grille

Le géo-grille est mis en œuvre à l'aide d'un dérouleur monté sur engin comme on peut dérouler manuellement.



Figure IV.6 : Quelques problèmes de plissement du géo-grille

Le dérouleur mécanique a généré des problèmes de plissement du géo-grille ce qui a amené l'entreprise à procéder au déroulage manuel.(voir figure IV.6).



Figure IV .7 : mise en œuvre de l'enrobé à chaud 0/14

La dernière opération consiste à la mise en œuvre de l'enrobé à chaud 0/14 immédiatement après la pose du géo-grille. (voir figure IV.7)

Après la mise en œuvre de cette planche, il a été recommandé ce qui suit :

- Procéder au piquetage après la pose de le géo-grille;
- Le dosage requis en émulsion 65% varié entre 1700 et 1900 g/m2 toute en veillant à bien badigeonner la surface de pose du géo-grille d'une manière uniforme et homogène ;
- Utilisation préférentielle d'un dérouleur mécanique fixé sur un retro-chargeur après la rupture totale d'émulsion (environ 45 minutes pour une émulsion semi rapide), le déroulage manuel n'est pas exclu en cas du besoin ;

- En cas d'apparition accidentel des plis localisés par endroit, il est possible de découper au ciseau pour éviter la superposition de plusieurs épaisseurs de géo-grille;
- Il est préférable de décaler les deux ateliers de géocomposite et celui de mis en œuvre du béton bitumineux d'une manière à favoriser une meilleure stabilité du géo-grille imprégné ;
- Eviter toute manœuvre brutale des camions circulant sur le géo-grille installé (freinage brutal, virage) ;
- En cas de soulèvement du géo-grille sous l'effet des roues, il faut procéder à un sablage à l'enrobé à chaud au droit des passages des roues ;
- Le géo-grille peut être posé bord à bord, en cas de recouvrement procédé à une application complémentaire de l'émulsion ;
- Pour la reprise des joints longitudinaux et transversaux, évité de couper le géocomposite durant le sciage du joint ;
- Eviter la superposition des bords des bandes du géo-grille avec les joints longitudinaux de l'enrobé (décalage de 15 à 20 cm).

IV.2 SUIVI DE COMPORTEMENT DE LA PISTE PRINCIPALE 02/20 TRAITEE AU GEO-GRILLE

V.2.1 : ETUDE DU TRAFIC DES AERONEFS

Pour pouvoir évaluer le comportement du corps de chaussée traité au géocomposite de la piste principale 02/20, il est impératif de savoir l'évolution du trafic qu'a subit la piste après sa mise en service. D'après l'ENNA Ouargla, la piste a subit 894 mouvements de différents aéronefs durant les années 2011,2012 et jusqu'à octobre 2013 comme illustré dans le graphe ci-dessous.

Le nombre de mouvement de L'avion critique le B737-800 durant la période 2011/2013 est égal à 16(figure N° IV8) ce qui représente un pourcentage de 1% (figure N° IV9) par rapport au nombre total des mouvements du reste des aéronefs. Les sollicitations des avions enregistrées sur la piste sont très insuffisante pour pouvoir tirer des informations sur le comportement mécanique de la chaussée traitée au géocomposite vis-à-vis des excitations.

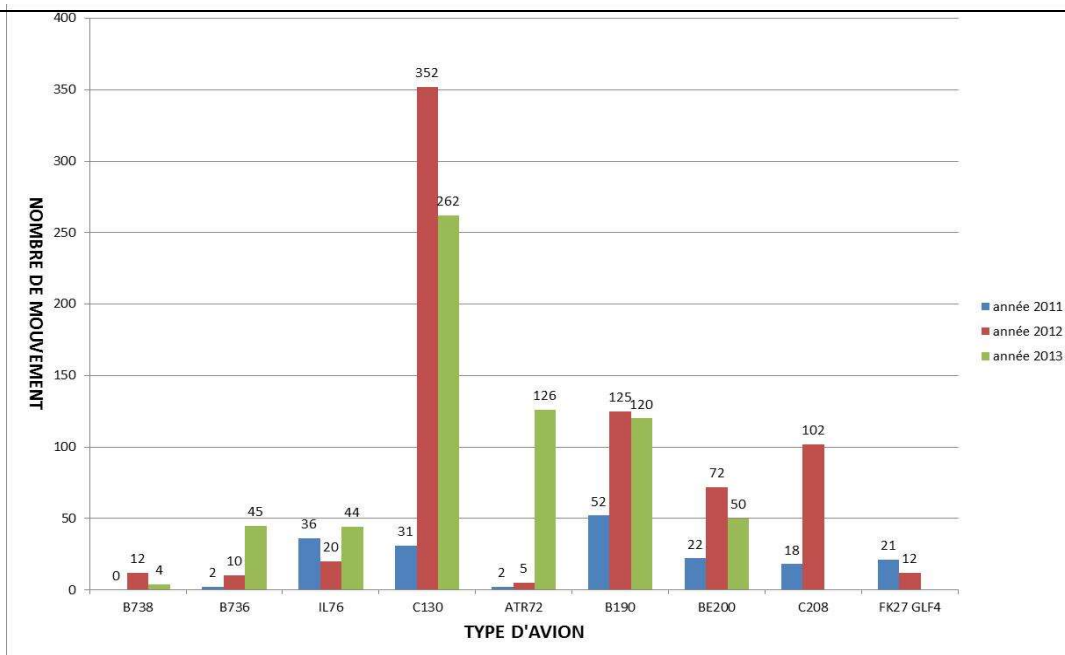


Figure IV.8 : Répartition des mouvements des aéronefs durant la période 2011/2013

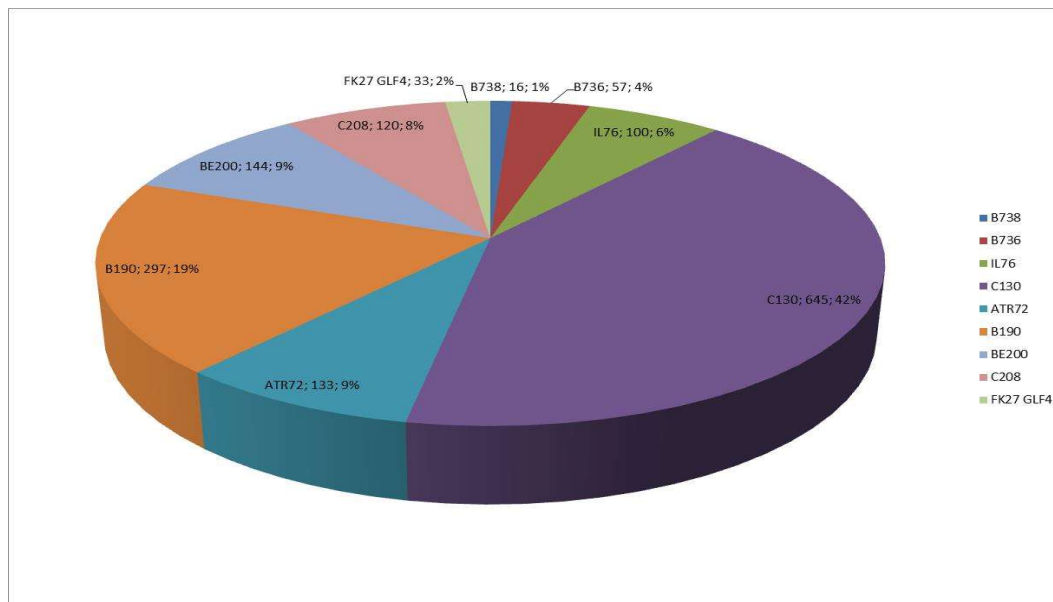


Figure IV.9 : Répartition en % des aéronefs ayant fréquenté la PP 02/20 durant 2011 et 2013

IV 2.2 EFFET DU CLIMAT

En plus des mouvements des avions, l'effet du climat en l'occurrence de la température a une grande influence sur le comportement des chaussées réalisées en matériaux hydrocarbonés. Le phénomène retrait / dilatation pousse les fissures à s'ouvrir d'avantage développant ainsi des forces de traction importantes.

A partir du mois de Mai jusqu'au au mois de Septembre la moyenne mensuelle des températures maximales (figure IV 13) au sol varie entre 21.7 et 44°C par ailleurs la moyenne mensuelle des températures minimales (figure IV 13) se trouve varier entre 6.6 et 28.4°C de janvier au mois de décembre, ce qui dénote une grande

variabilité entre le jour et la nuit. L'écart de température (figure IV 13) varie entre 14.1 et 16°C ce qui favorise le déclenchement du phénomène suscité.

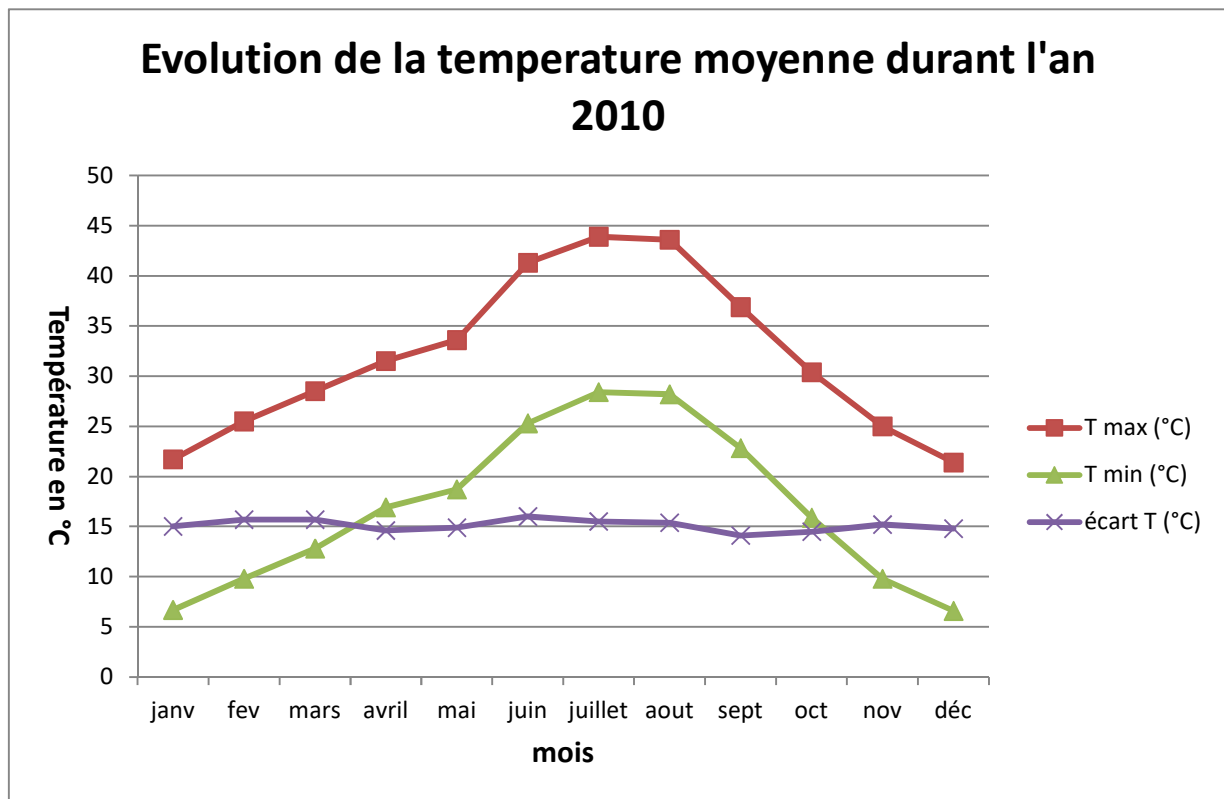


Figure IV.13 Evolution de la temperature moyenne mensuel durant l'année 2010

IV 2.3 AUSCULTATION VISUELLE DE L'ETAT DE SURFACE DE LA PISTE PRINCIPALE 02/20

Un relevé visuel de l'état de surface a été réalisé. Les schémas suivants, présentent en détail le relevé réalisé (voir annexe figure IV 10 au IV 12).



Figure IV.14 : Photos des ouvertures des joints longitudinaux

L'auscultation visuelle de la piste principale, en vue de relever les différentes sortes de dégradations qui se manifestent à la surface de la chaussée est l'une des étapes décisives de cette étude.

Il s'agit de relever visuellement toutes les dégradations (fissurations longitudinales et transversales, fissurations obliques ou en paraboles, déformations, désenrobage, etc....) qui se manifestent en surface des chaussées. On doit relever non seulement les types de dégradations mais aussi leur étendue et leur état de gravité, et diviser les ouvrages en zones homogènes.

Le relevé de l'état de surface de la piste principale réalisé après trois ans (03) de la mise en service n'a décelé aucune remontée de fissures des couches sous-jacentes.

Hormis les joints entre bandes (il s'agit des bandes axiales), au droit desquels les fissures longitudinales sont relativement importantes, nettement mises en relief par l'épaisseur de l'ouverture (de 0.5 à 1 cm), la surface de la chaussée présente un état intact à l'exception de quelques dégradations localisées et de faible degré et ceci pour l'ensemble de la piste (figure IV 14).

L'ouverture précoce des joints des bandes axiales s'explique probablement par la présence de la combinaison de plusieurs facteurs en même temps à savoir :

- Compacité relativement faible au niveau des joints des bandes axiales (voir figure IV15)
- Effet de l'écart thermique comme
- Sollicitation des bandes axiales par le trafic
- Mauvaise adhérence entre les joints due au mauvais nettoyage de la surface du joint après sciage ajouté à cela un dosage insuffisant du liant d'accrochage par endroit.

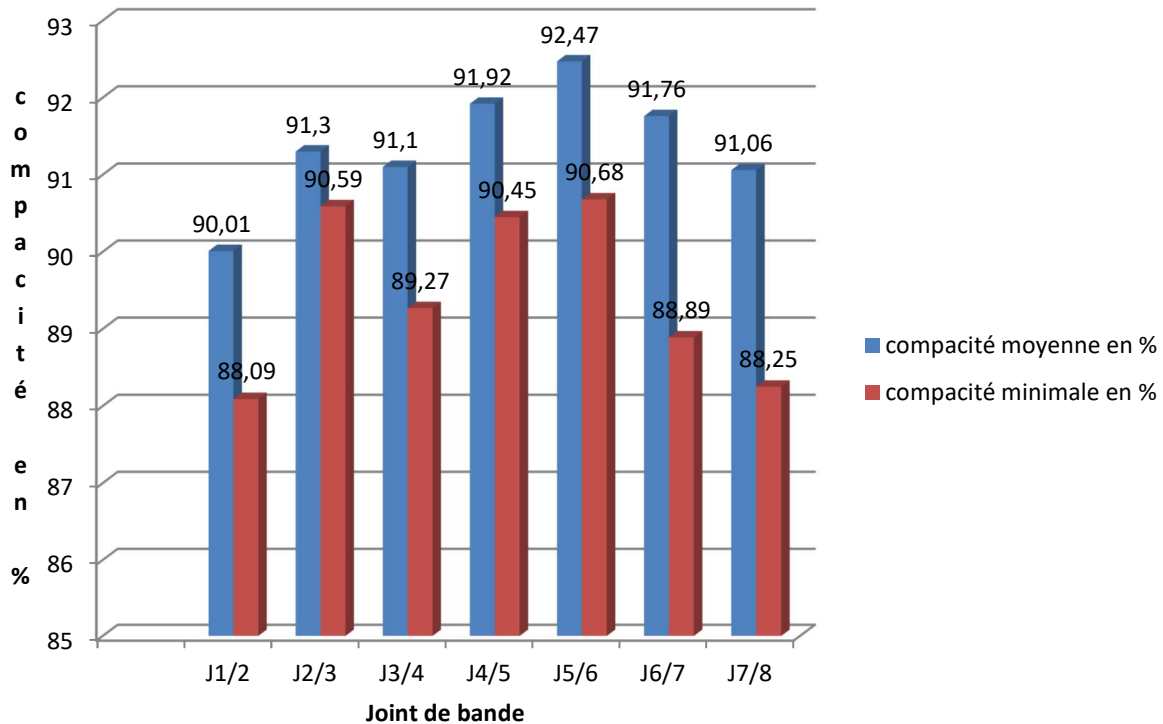


Figure IV.15: Variation de la compacité moyenne au niveau de joint de bande sur la PP 02/20

Le relevé de dégradations réalisé sur la partie souple de la piste principale (bandes axiales), a donné un indice de service structurel de 95.56% indiquant une structure du corps de chaussée excellente.

En l'absence de fissures paraboliques et de fatigue, le prélèvement de carotte sur chaussée par carottage n'a pas été réalisé par souci de ne pas déranger et abimer la structure du corps de chaussée car la piste était en service et en plein exploitation.

IV.3 MESURE DE DEFLEXIONS A L'HWD

IV. 3.1 DESCRIPTION DE L'APPAREIL D'ACQUISITION L'HWD (HEAVY WEIGHT DEFLECTOMETER) MODELE 8082-86

Ce système de mesure de marque "Dynatest" génère une charge dynamique entre 30 et 260 KN durant 25 à 30 msec sur le point qu'on désire tester; il permet de simuler le mouvement ou l'impact d'une roue d'un avion ou d'un véhicule sur la chaussée (voir figure IV.16).



Figure IV.16 : HWD modèle 8082-86

Le contrôle de l'opération d'acquisition des données HWD est assisté par ordinateur à partir du véhicule tracteur. Le dispositif d'acquisition utilisé est composé de :

- Un (1) ordinateur de bord muni d'un logiciel d'acquisition FWDWIN ;
 - Une charge de 700 Kg qu'on fera chuter deux fois à une hauteur de 400 mm, ceci génère une pression sur le point de mesure 3800 Kpa (38 bars) et une force de 260 KN (26 Tonnes) pour chaque chute;
 - Une plaque de diamètre Ø300mm, qui peut s'incliner jusqu'à 6° pour épouser la forme de la chaussée;
- 9 géophones dont la disposition lors de cette campagne est la suivante ;

Disposition des Géophones (mm)	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2250
--------------------------------	---	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

IV 3.1.1 PLAN D'INTERVENTION

Afin de mieux couvrir les bandes les plus circulées par des mesures de portance, un plan d'intervention a été établi de telles façons à avoir le maximum de mesures dans la bande centrale (une bande de 7 ml de largeur contenant l'axe principal de la piste à son centre). Les mesures sont réalisées au niveau de la chaussée souple de la piste principale de l'aérodrome sur un linéaire d'environ 2880 mètres.

Au total six (06) profils ont été réalisés au niveau de la piste 02/20 en date du 02 mars 2013. Le nombre total des points mesurés est de 156 soit $156 \times 2 = 312$ Chutes ou mesures. (Voir plan d'intervention)

Toutes les mesures ont été effectuées en partant du seuil 02 vers le seuil 20 de la piste. Les intervalles et le nombre des points de mesure sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.5) : PROFILS DES MESURES

N°	Position	Intervalle de mesure	Points de mesure
Profil 001	3,5 mètres à droite de l'axe central de la piste	60 ml	44 points
Profil 002	3,5 mètres à gauche de l'axe central de la piste	60 ml	43 points
Profil 003	6,5 mètres à droite de l'axe central de la piste	120 ml	22 points
Profil 004	6,5 mètres à gauche de l'axe central de la piste	120 ml	22 points
Profil 005	12 mètres à droite de l'axe central de la piste	240 ml	12 points
Profil 006	12 mètres à gauche de l'axe central de la piste	240 ml	13 points
TOTAL		156 Points de mesure	

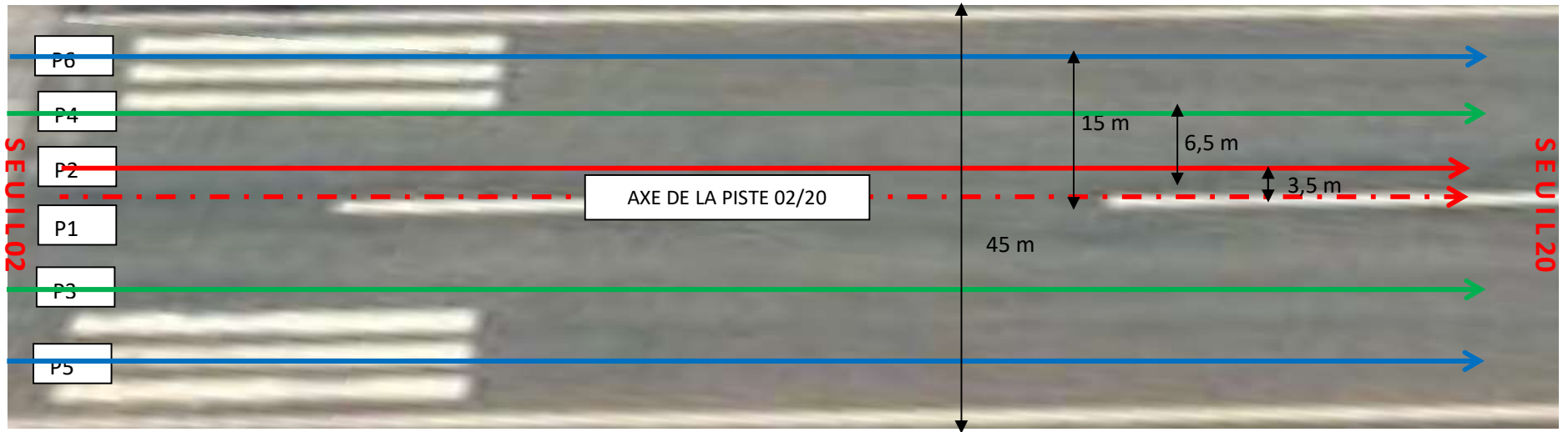


Figure IV.17: Schéma des profils de l'HWD réalisés sur la piste secondaire 02/20

IV 3.1.2 PRINCIPE DE L'ESSAI

Le principe de base consiste à simuler une charge roulante exerçant une force entre 30 et 260 KN, sous l'effet de cette charge la chaussée subit un affaissement ou une déflexion mesurable grâce à 09 capteurs en surface, c'est ce qui est appelé le bassin de déflexion (déflexion basin).(voir figure IV.18). Cette simulation peut être réalisée par le biais d'une masse (entre 200 et 700 kgs) tombant d'une hauteur donnée (entre 100 et 400 mm) en heurtant un système d'amortissement en caoutchouc, cette chute génère une impulsion semi-sinusoïdale pendant une durée de 25 à 30 msec. En plus des mesures de déflexions, les températures à l'air, à la surface de la chaussée et à l'intérieur de la couche bitumineuse sont aussi enregistrées dans la base de données, pour être intégrées dans les calculs des paramètres de la structure étudiée (back calculation).

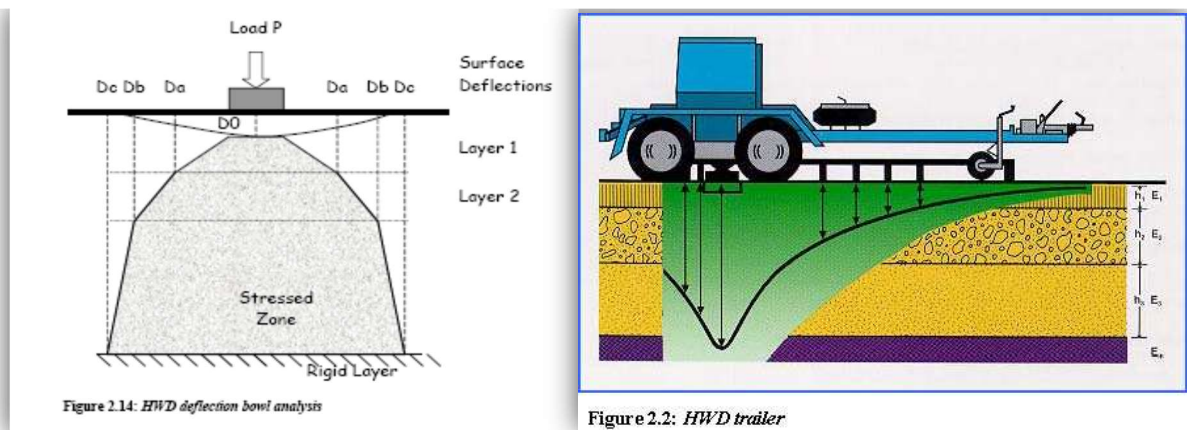


Figure IV.18 : bassin de déflexion

IV 3.1.3 MESURE DE DEFLEXION

Une déflexion est par définition une modification progressive de position ou d'une trajectoire sous l'effet d'un phénomène physique. En mécanique des structures, une déflexion est le déplacement obtenu en un point d'un corps sous l'effet d'un chargement statique ou dynamique. Elle s'exprime par rapport à la position de ce même corps au repos, dans un référentiel absolu ou lié au point concerné. Elle généralise la notion de flèche, déflexion transverse d'une structure élancée (ex. flèche en y d'une poutre d'axe x). Elle exprimée en unité de longueur (micron de mètre) sous l'effet de la charge exercée par le deflectomètre. Ce paramètre mesuré permet d'évaluer la portance de la chaussée exprimée par la durée de vie résiduelle calculée à la fin du traitement de toutes ces données. L'amplitude de la déflexion est intimement liée aux propriétés et dimensions du corps de chaussée.

Le programme ELMOD 5 (Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design) permet le traitement des données par la méthode de calcul inverse (back calculation) et fournit tous les résultats conduisant à l'évaluation de la durée de vie, et le PCN de la formation étudiée.

Les déflexions enregistrées dans une base de données correspondent à 02 chutes successives du poids de 700 kgs à une hauteur de 400 mm. La deuxième chute sera prise en considération lors des étapes d'analyse des données suivantes.

IV 3.1.4 PISTE PRINCIPALE 02/20

Les déflexions enregistrées suivants le plan fourni sont données au niveau du tableau et du graphe suivant;

Tableau (IV.6) : LES DÉFLEXIONS MESUREES

Profils	Nbre de points mesurés	Emplacement des géophones par rapport à la plaque (mm)								
		0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2250
3,5 ml A droite de l'axe de la piste	44	582	483	433	367	314	228	171	130	104
3,5 ml A gauche de l'axe de la piste	43	616	495	440	370	313	225	168	126	101
6,5 ml A droite de l'axe de la piste	22	611	511	456	386	331	242	183	138	111
6,5 ml A gauche de l'axe de la piste	22	599	485	434	369	316	230	174	132	105
12 ml A droite de l'axe de la piste	12	682	565	507	431	368	264	198	148	113
12 ml A gauche de l'axe de la piste	13	670	539	477	399	337	240	179	133	106
Moyenne		626,33	513	457,8	387	329,8	238,1	178,8	134,5	106,6

Les mesures réalisées à 3.5 mètres à droite de l'axe révèlent une déflexion moyenne égale à 582 μm auprès du géophone central qui se trouve directement au-dessous de la charge appliquée, la déformation enregistrée par ce capteur caractérise les performances physiques du corps de chaussée entier. Les déflexions (supérieures à 700 μm) sont mesurées à partir du PM 900 au PM 1900 (sens 20/02). La déflexion maximale est égale 800 micron de mètres enregistrée au niveau de la station 1080 m. on enregistre qu'il y a 10 stations sur 44 où les déflexions sont supérieures ou égale à 700 μm , ce qui représente un taux de 23 %. La déflexion minimale est mesurée à la station 0 (PM 030) est égale à 227 μm .

Les mesures réalisées à 3.5 mètres à gauche de l'axe révèlent une déflexion moyenne égale à 616 μm auprès du géophone central qui se trouve directement au-dessous de la charge appliquée, la déformation enregistrée par ce capteur caractérise les performances physiques du corps de chaussée entier. Les déflexions (supérieures à 700 μm) sont mesurées à partir du PM 360 au PM 1260 (sens 20/02). La déflexion maximale est égale 832 micron de mètres enregistrée au niveau de la station 1080 m. on enregistre qu'il y a 14 stations sur 43 où les déflexions sont supérieures ou égale à 700 μm , ce qui représente un taux de 32,5 %. La déflexion minimale est mesurée à la station 0 (PM 030) est égale à 215 μm .

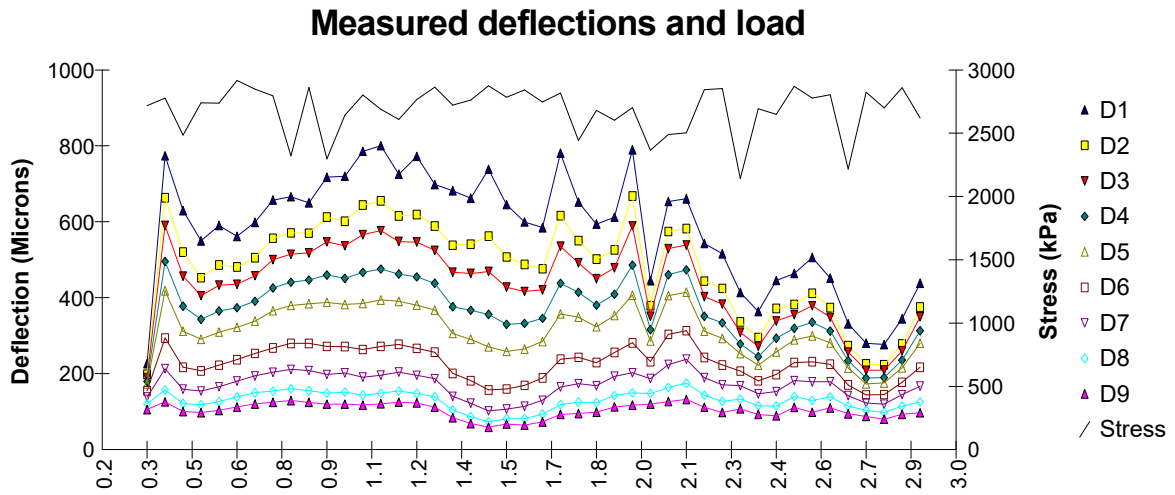


Figure IV.19 : :Profil 01 : 3,5 m à Droite de l' Axe de la piste 02/20 intervalle de mesure 60 ml

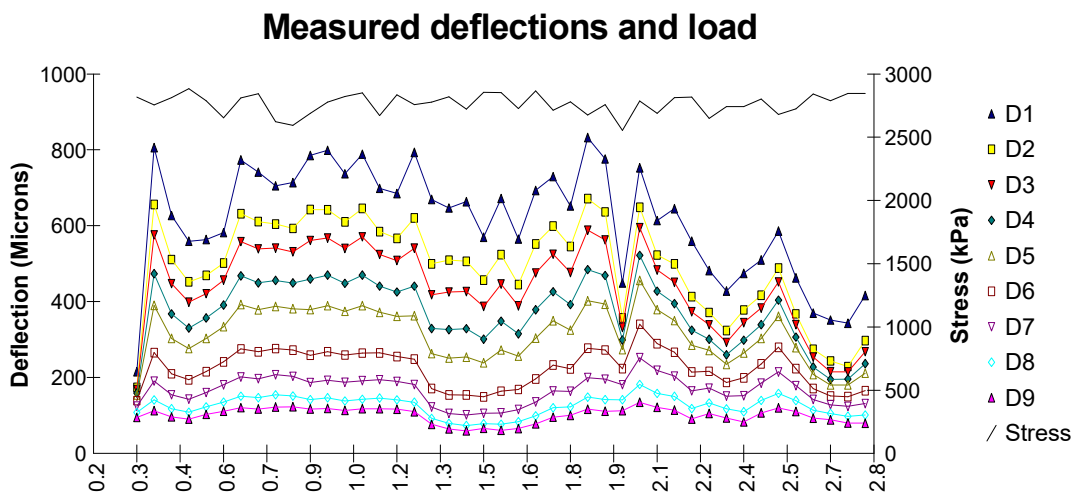


Figure IV.20 : :Profil 02 : 3,5 m à gauche de l' Axe de la piste 02/20 intervalle de mesure 60 ml

Les mesures réalisées à 6,5 mètres à droite et à gauche de l'axe enregistrent une déflexion moyenne variant entre 599 et 611 μm , Les déflexions (supérieures à 700 μm) sont mesurées à partir du PM 660 au PM 1860, (sens 20/02). La déflexion maximale varie entre 822 et 918 micron de mètres enregistrée au niveau de la station 1140 m et 1260 m. on enregistre qu'il y a 6 stations sur 22 où les déflexions sont supérieures ou égale à 700 μm , ce qui représente un taux de 27%. Les déflexions minimales sont mesurées à la station 0 (PM 030) elles varient entre 280 et 305 μm .

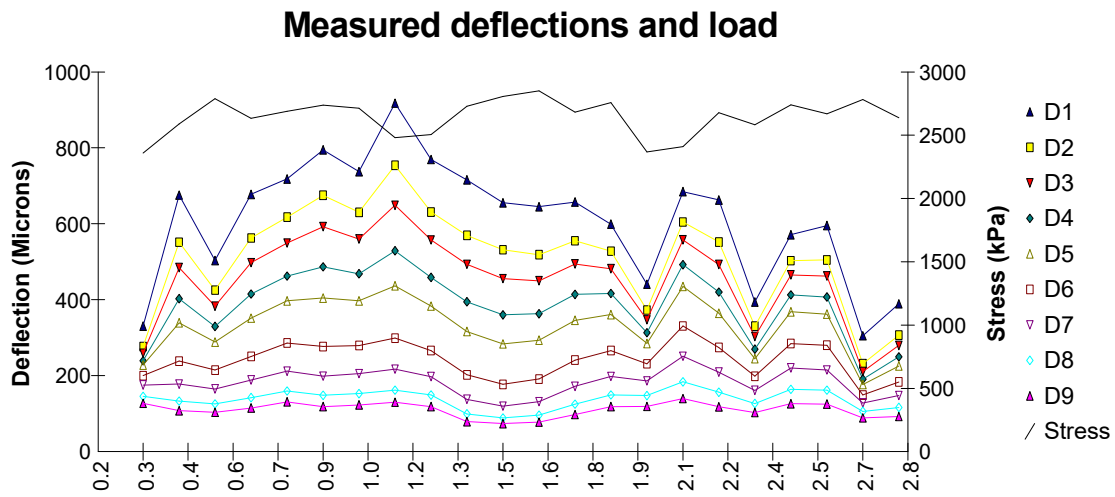


Figure IV.21 : Profil 03 : 6,5 m à droite de l'axe de la piste 02/20 intervalle de mesure 120 ml

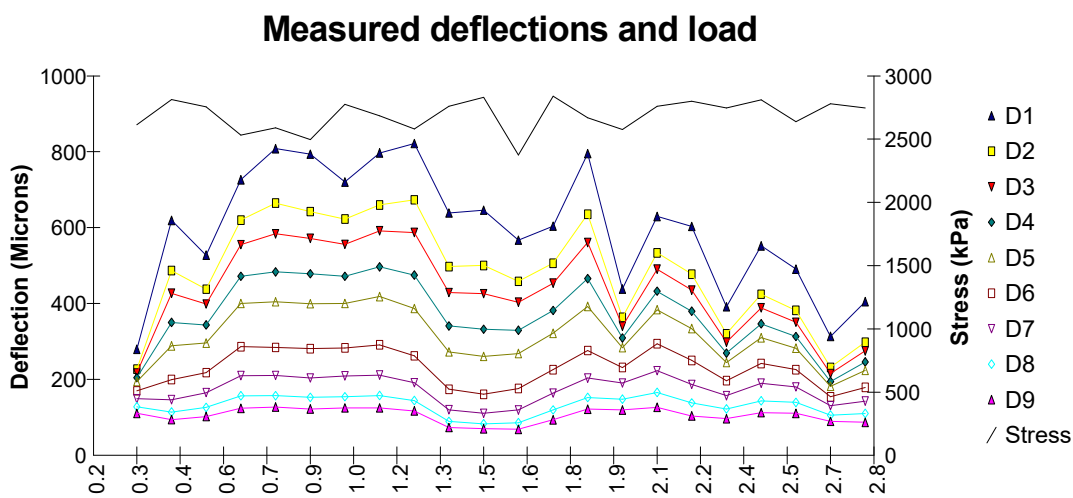


Figure IV.22 : Profil 04 : 6,5 m à gauche de l'axe de la piste 02/20 intervalle de mesure 120 ml

Les mesures réalisées à 12 mètres à droite et à gauche de l'axe enregistrent une déflexion moyenne variant entre 670 et 682 μm , Les déflexions (supérieures à 700 μm) sont mesurées à partir du PM 780 au PM 2200, (sens 20/02). La déflexion maximale varie entre 951 et 1042 micron de mètres enregistrée au niveau de la station 780 m et 2220 m. on enregistre qu'il y a 7 stations sur 12 où les déflexions sont supérieures ou égale à 700 μm , ce qui représente un taux de 58%. Les déflexions minimales sont mesurées à la station 0 (PM 030) elles varient entre 336 et 344 μm .

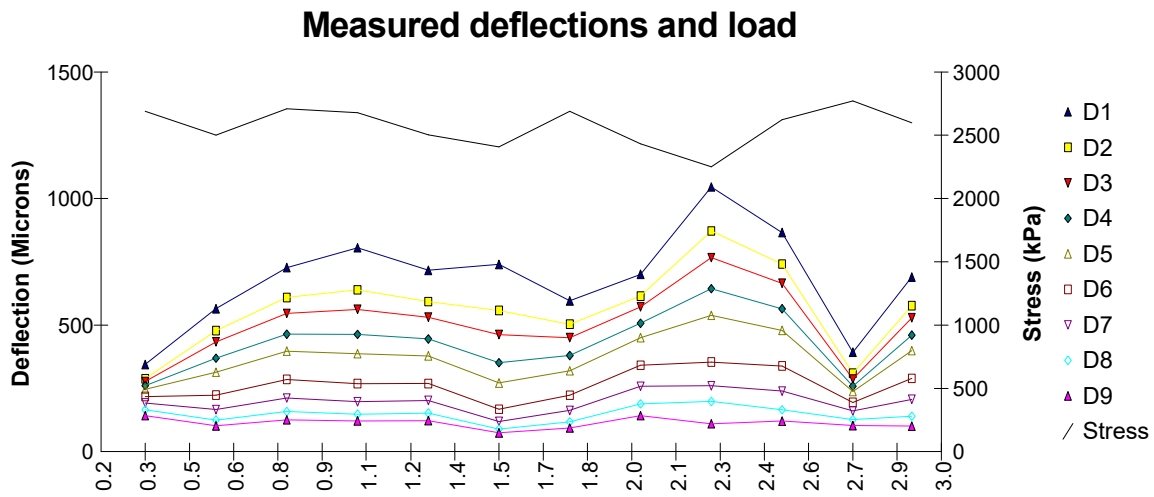


Figure IV.23 : Profil 05 : 12 m à droite de l'Axe de la piste 02/20 intervalle de mesure 240 ml

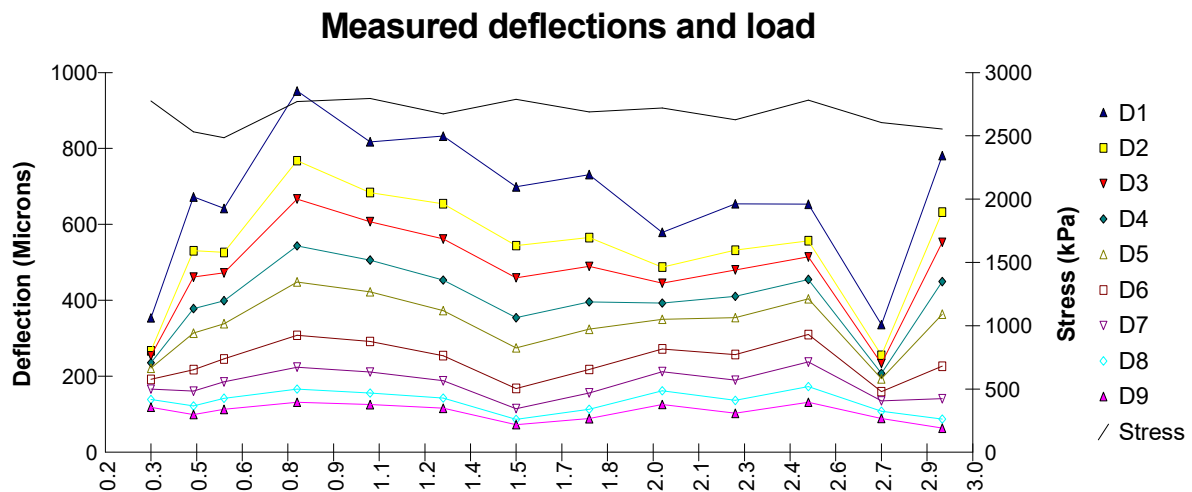


Figure IV.24 : Profil 06 : 12 m à gauche de l'Axe de la piste 02/20 intervalle de mesure 240 ml

La majorité des valeurs de déflexion au niveau du capteur central, qui caractérise le comportement de la totalité des couches du corps de chaussée vis-à-vis du chargement exercé par le déflectomètre simulant l'impact d'une roue équivalente de l'avion de référence, sont inférieures à 700 μm (micron de mètre).

Pour le même principe de mesure de la portance effectuée au niveau de la piste principale 01/19 de l'aéroport Sidi Mahdi de Touggourt les déflexions moyennes varient entre 404 et 551 μm (Archive DTP OUARGLA).

IV 3.1.5 DURÉE DE VIE RÉSIDUELLE

Pour la conception, l'évaluation de la durée de vie et la détermination de la couche la plus endommagée, ELMOD5 se base sur des méthodes empiriques mécaniques établies dans les laboratoires de recherches scientifiques.

Deux types de détérioration de la chaussée sont modélisés dans ELMOD5, fissuration par fatigue des couches liées (Boundlayers) et déformation permanente des couches non liées (Unboundlayers).

Les durées de vie calculées pour Les 156 points de la piste principale 02/20 de l'aérodrome de Ouargla à base de 10 mouvements / jour par l'avion de référence **BOEING 737-800**, sont représentées dans les graphes suivants (voir annexe figure IV 25 au IV30)

Le corps de chaussée de la piste principale présente un état relativement critique de vie résiduelle vis-à-vis de l'avion de référence B737-800. Ce diagnostic est mis en évidence clairement sur les bandes axiales. Les graphes des figures IV 25 à IV 30 présentent une variabilité des résultats, en l'occurrence sur la couche granulaire (GC) et sol de fondation. Elle enregistre une durée de vie moyenne supérieure à **20 ans**.

L'épaisseur de la couche granulaire en grave concassée semble être insuffisante par endroit localisé pour supporter pendant 10 ans les mouvements du B737-800.

Pour le même principe de calcul de la durée de vie résiduel pour la piste principale 01/19 de l'aérodrome sidi mahdi de Touggourt la durée de vie résiduel est estimé à **40 ans**. (Archive DTP OUARGLA)

IV 3.1.6 ESTIMATION DU PCN (PAVEMENT CLASSIFICATION NUMBRE)

Le PCN (Pavement Classification Number) est un numéro de classification de chaussée arrondi à un nombre entier, c'est un indice exprimant la force portante de la chaussée pour des exploitations sans restriction ; on peut aussi le considérer comme étant la charge supportée par une roue simple standard autorisée à utiliser la piste sans restrictions.

L'ACN (Aircraft Classification Number) autre paramètre représente « l'agressivité » d'un aéronef sur une chaussée. Il est déterminé, conformément à certaines procédures normalisées, par les constructeurs aéronautiques.

La méthode ACN/PCN est un système international normalisé élaboré par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) qui vise à fournir des renseignements sur la résistance des chaussées aéronautiques et qui permet de ce fait de juger de l'admissibilité de chaque aéronef en fonction de sa charge et de la résistance des chaussées. Cette méthode est applicable depuis 1983 par l'ensemble des états membres de l'OACI.

Les valeurs de PCN calculées pour l'ensemble des profils sont illustrées au niveau des graphes ci-après (voir annexe figure IV31 au figure IV 36)

Le tableau suivant résume les valeurs des PCN calculées à partir des déflexions mesurées par le HWD :

Tableau (IV.7) : ESTIMATION DE PCN







Profils	Nbre de stations	Trafic 10/j				Observations
		PCN				
		Moy	Méd	Min	Max	
3,5 ml A droite de l'axe central de la piste	44	60	60	60	60	Piste 02/20
3,5 ml A gauche de l'axe central de la piste	43	60	60	60	60	
6,5 ml A droite de l'axe central de la piste	22	60	60	60	60	
6,5 ml A gauche de l'axe central de la piste	22	60	60	60	60	
12 ml A droite de l'axe central de la piste	12	60	60	60	60	
12 ml A gauche de l'axe central de la piste	13	60	60	60	60	
Moyenne		60	60			

La portance de la piste secondaire est communiquée en indiquant tous les renseignements suivants :

- Numéro de classification de chaussée (**PCN**) ;
- Type de chaussée considérée pour la détermination des numéros **ACN-PCN** ;
- Catégorie de sol – support ;
- Pression maximale admissible des pneumatiques ;
- Base d'évaluation.

RENSEIGNEMENTS SUR LA PORTANCE DE LA PISTE PRINCIPALE 02/20

• **PCN = 60 / F / A / X / T**

-  **F** : lettre de code correspondant au type de **chaussée souple** ;
-  **A** : lettre de code correspondant à la **catégorie de résistance du sol support**, et représentant toutes les valeurs **CBR supérieures à 13** ;
-  **B** : lettre de code correspondant à la **catégorie de résistance du sol support**, et représentant toutes les valeurs **CBR égales à 10** ;
-  **W** : lettre de code correspondant à la **pression maximale admissible des pneumatiques** et représentant une pression élevée sans limite ;
-  **X** : lettre de code correspondant à la **pression maximale admissible des pneumatiques** et représentant une pression moyenne limitée à **1.50 Mpa** ;
-  **T** : lettre de code correspondant à la **base d'évaluation** des caractéristiques de chaussée et représentant le type d'évaluation technique qui utilise les **techniques d'étude de comportement des chaussées**.

l'ACN, correspondant au BOEING 737-800, est de 44, il est inférieur au PCN moyen (60) relevé sur les 30 mètres centraux de la piste principale 02/20. L'avion considéré peut être admis sans restriction de charge ni de nombre de mouvements.

Pour le même principe de calcul de l'ACN-PCN pour la piste principale 01/19 de l'aérodrome sidi mahdi de Touggourt l'ACN-PCN est estimé à PCN= 60- ACN= 22.1(BOEING 737-200)
(Archive DTP OUARGLA)

IV. 4 MESURE DE L'UNI

IV 4.1 INTRODUCTION

L'uni est un critère de qualité géométrique de la surface d'une chaussée, il reflète la régularité du profil de la chaussée et estime le confort au roulement de celle-ci, il est mesuré grâce à une technique de relevé du profil longitudinal d'une chaussée.

Sur une chaussée aéronautique, Un mauvais uni génèrent des lourdes conséquences à la fois sur l'avion et sur la chaussée elle-même. Commençant par les effets sur l'avion, elles sont à l'origine de vibrations et d'accélération verticales pouvant, lorsqu'elles sont excessives, provoquer des difficultés de pilotage et gênent la lisibilité des instruments de bord et l'inconfort du pilote et des passagers à bord de l'Aéronef. Quant aux effets sur la chaussée, le roulage à grande vitesse des avions sur certains défauts d'uni provoque localement des efforts dynamiques tendant à accentuer les défauts, voire même à entraîner un processus de dégradation prématuré.

IV 4.2 MATERIEL UTILISE

L'uni est mesuré au moyen d'un appareil de type profilomètre inertiel laser RSP 5051 de marque Dynatest, fixé à l'aide de supports métalliques à l'avant du véhicule. (voir figure IV.37)

L'appareil est composé de :

- Deux sondes laser pour mesurer la hauteur du véhicule au-dessus de la route ;
- Deux accéléromètres pour enregistrer les forces verticales causées par les déformations de la surface de la chaussée ;
- Un instrument de mesure de distance (DMI) et fixé à la roue arrière du véhicule pour collecter des informations de location précise.
- Une unité (DPU) pour l'acquisition des données;
- Un ordinateur de bord ;
- D'un appareil photo pour la capture des images lors d'acquisition des données.

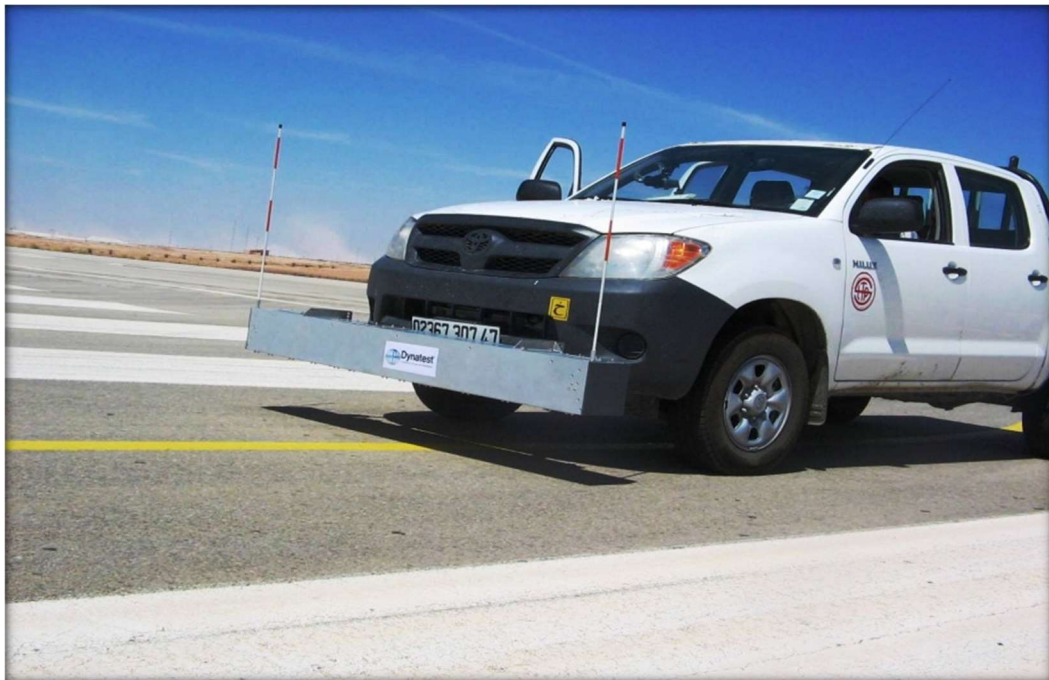


Figure IV.37 : Profilomètre à laser de DYNATEST

IV 4.3 PRINCIPE DE MESURE

Le principe de fonctionnement repose sur la combinaison de deux lectures simultanées, celle d'un capteur infrarouge qui mesure la distance par rapport au sol (D), et celle d'un accéléromètre qui corrige les mouvements du véhicule (A) (déplacement vertical du capteur infrarouge). Ces deux capteurs couplés, sont montés sur le pare-chocs avant du véhicule, vis-à-vis les traces de roues. Ils relèvent les déviations du profil longitudinal sans contact avec la route. Les mesures ont été effectuées à des vitesses variant entre 20 et 80 Km/h. Ces données du profil sont utilisées pour calculer le défaut d'uni du revêtement.

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de profils en long et en indice de planéité ou de confort ou roulement IRI « International Roughness Index » par des sections de 10 m.

L'IRI est généralement exprimé en mètres de déplacement vertical par kilomètre de distance parcourue (m/km), ou, à plus petite échelle, en mm/m. Il s'échelonne de 0 à 10 (bien qu'il n'existe pas vraiment de limite supérieure à l'IRI) pour les chaussées revêtues, 0 correspondant à une surface parfaitement lisse (ce qui est impossible : l'expérience démontre qu'une chaussée neuve parfaite a un IRI qui varie entre 0,8 et 1,2) et 10 pour une surface détériorée presque impraticable.

IV 4.4 IMPLANTATION DES PROFILS

Six (06) profils de contrôle de l'uni ont été réalisés au niveau de la piste 02/20 de l'aérodrome de Ouargla, les profils sont implantés de manière à recouvrir les endroits les plus sollicités de la piste, la longueur des profils réalisés sur la piste est 2700m (partie souple) ; L'origine de tous les mesures de l'uni est le seuil 02 (0+300), du seuil 02 de la piste. Le schéma suivant présente les positions des profils réalisés.

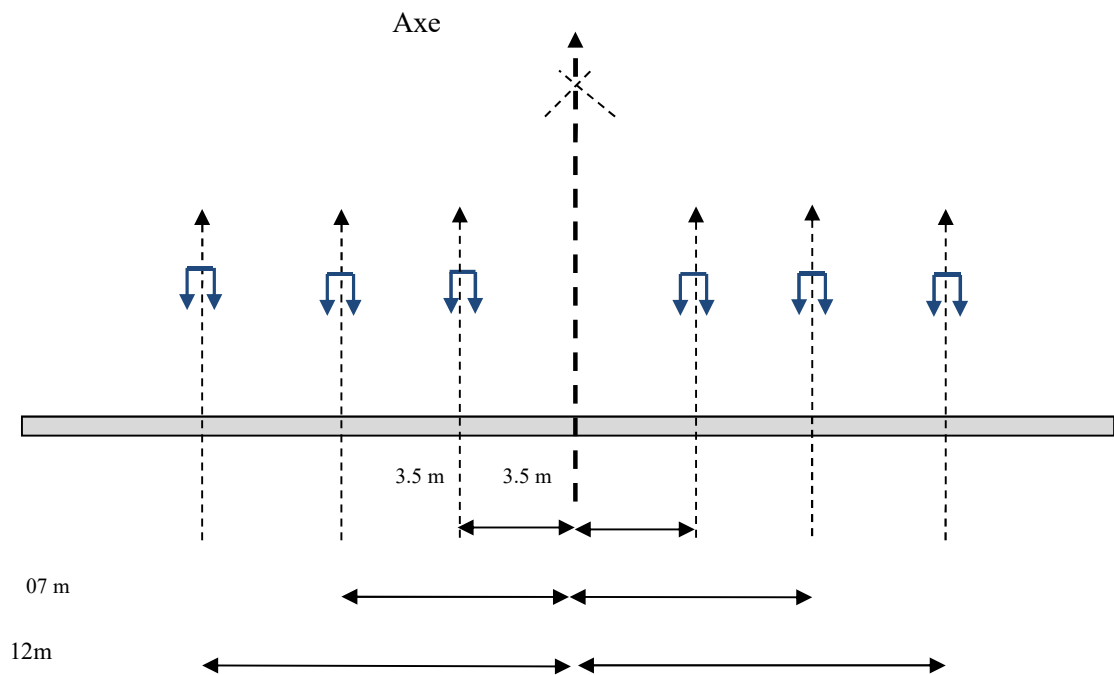


Figure IV.38 : Position des profils

IV 4.5 ANALYSE DES RESULTATS

Les tableaux suivants donnent les valeurs moyennes d'IRI de chaque profil par trois sections. Les profils en long obtenus sont portés dans l'annexe.

Tableau (IV.8) : LES VALEURS MOYENNES D'IRI

Piste d'atterrissage 02/20 :

Profils	Piste d'atterrissage (02/20)							
	IRI (0.30 – 1.184 km)		IRI (1.184 – 2.068 km)		IRI (2.068 – 2.952 km)		IRI moyen (m/km)	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
3.5 d	3.27	2.49	3.13	2.49	3.02	3.11	3.14	2.70
3.5 g	2.40	2.28	2.72	2.39	2.51	2.12	2.54	2.26
7 d	2.22	1.99	2.35	2.31	2.82	2.42	2.46	2.24
7 g	2.00	2.03	2.01	2.22	2.46	1.98	2.16	2.08
12 d	2.10	2.39	2.14	2.12	2.18	2.25	2.14	2.25
12 g	2.30	1.97	2.15	1.81	2.30	2.12	2.25	1.97

Les valeurs moyennes d'IRI obtenus, au niveau de la piste d'atterrissage (02/20), varient entre 2.14 et 3.14 m/Km, avec une moyenne de **2.35 m/km**, cette valeur moyenne caractérise dans l'ensemble un état de planéité acceptable.

Dans le tableau suivant, on donne pour chaque profil, la valeur d'IRI max et les pourcentages d'IRI caractérisant les différents états de planéité:

Tableau (IV.9) : LES VALEURS MAX ET LEUR POURCENTAGES

Profile	IRI (Max)	Positions	% (IRI>10)	% (5≤IRI<10)	% 2.5≤IRI<5	% IRI<2.5
			Très mauvais	Mauvais	Moyen	Acceptable
3.5d	6.72	1.55 - 1.56	00	0.80	44.66	54.53
3.5g	5.37	1.23 - 1.24	00	1.60	60.07	38.32
07d	5.39	1.55 – 1.56	00	1.18	59.28	39.54
07g	5.55	2.48 – 2.49	00	1.18	49.40	49.41
12d	5.41	2.29 – 2.30	00	1.97	65.61	32.41
12g	5.62	2.44 – 2.45	00	1.60	43.37	54.92

Les résultats consignés dans le tableau montrent que les pourcentages d'IRI caractérisant l'état

moyen sont compris entre 43 et 66% et ceux caractérisant l'état acceptable sont compris entre 32 et 55%, donc l'état de la planéité de la piste est jugé moyen à acceptable non négligeant la présence de quelques défauts d'uni (IRI >5m/km) dont son pourcentage, par rapport aux valeurs totales d'IRI obtenus, varie entre 0.80 et 1.97%.

Pour le même principe de mesure de l'uni (IRI), pour la piste principale 01/19 de l'aérodrome sidi mahdi de Touggourt. IRI Varie entre 1.85 et 2.26 m/km. (Archive DTP Ouargla).

En résumé la comparaison entre les deux pistes 02/20 et 01/19 dans le tableau suivant :

Tableau (IV.10) : LA COMPARAISON ENTRE LES DEUX PISTES

N°	Piste principale Paramètre de comparaison	Piste Principale 02/20 du PK 0+300 au 3+000 travaux de renforcement avec l'utilisation de géocomposite	Piste Principale 01/19 du Pk 0+000 au PK 3+000 travaux de renouvellement du corps de chaussée	Observation
01	Déflexion mesurée	Varie entre 616 et 832 µm	Varie entre 404 et 551 µm	
02	Uni mesuré	Varie entre 2.35 et 3.14 m/km	nsVarie entre 1.85 et 2.26 m/km	
03	Durée de vie résiduelle de la piste	20 ans	40 ans	
04	Estimation du PCN-ACN	60-44	60-22.1	
05	Délais de réalisation	12 mois	24 mois	DTP de Ouargla
06	Déficit de nombre de mouvement pendant la réalisation des travaux et estimation de cout	12*30*10=3600 Mvt 3600*11432,61= 41.157.396,00 DA	24*30*10=7200 Mvt 7200*11432,61= 82.314.792,00 DA	ENNA OUARGLA
07	Estimation de coût par M2 du corps de chaussée	2161.34 DA	3413,00 DA	
08	Estimation de l'entretien courante Pendant 6 ans (colmatage des fissures)	3.500.000,00 *6= 21.000.000,00 DA (Entre 2000 et 2005)	3.500.000,00 *6= 21.000.000,00 DA (Entre 2005 et 2010)	DTP de Ouargla
09	Estimation de l'entretien courante Pendant 6 ans (Entre 2011et 2016) (colmatage des fissures)	3.500.000,00 0 DA (2013)	3.500.000,00 *6= 21.000.000,00 DA (Entre 2011 et 2016)	DTP de Ouargla
10	L'indice de service pour l'année 2016	87 ,87	81.39	DTP de Ouargla

V. 1 CONCLUSION GENERALE

L'objectif assigné à cette étude est la comparaison technico-économique. Entre la piste 02/20 de Ouargla renforcée et traitée par le produit géo-synthétique (géo-composite PGMG 50x50), en comparant avec la piste 01/19 de l'aérodrome de Touggourt, qui a connu le renouvellement du corps de chaussée et non traitée par ce produit.

Ce matériau est introduit dans le but de différer toute éventuelle remontée de fissures de la couche de fondation et sol support sachant que l'opération de renforcement n'a touché que la partie hydrocarbonée du corps de chaussée.

Les infrastructures concernées par l'opération de suivi du comportement sont :

- Piste principale 02/20 (partie chaussée souple) : 2700 x 45 m ;
- Piste principale 01/19 (chaussée souple) : 3000 x 45 m

Le géocomposite utilisé pour le traitement de la surface de la GB 0/20 de la piste principale 02/20 est connu sous le nom «**Ten Cate Bidim PGM-G 50x50** ». C'est un produit non tissé composé par des filaments continus en polypropylène associé à des câbles en fibres de verre, fabriqué à l'aide d'un procédé spécial, et assemblé de manière à former une grille à larges mailles.

En plus des mouvements des avions, l'effet du climat en l'occurrence de la température a une grande influence sur le comportement des chaussées réalisées en matériaux hydrocarbonés. Le phénomène retrait / dilatation pousse les fissures à s'ouvrir d'avantage en développant ainsi des forces de traction importantes.

Le relevé de l'état de surface de la piste principale 02/20 réalisé après trois ans de la mise en service n'a décelé aucune remontée de fissures des couches sous-jacentes jusqu'à ce jour.

Hormis les joints entre bandes (il s'agit des bandes axiales), au droit desquels les fissures longitudinales sont relativement importantes, nettement mises en relief par l'épaisseur de l'ouverture (de 0.5 à 1 cm), la surface de la chaussée présente un état intact à l'exception de quelques dégradations localisées et de faible degré et ceci pour l'ensemble de la piste

L'ouverture précoce des joints des bandes axiales s'explique fort probablement par la présence de la combinaison de plusieurs facteurs en même temps à savoir :

- Compacité relativement faible au niveau des joints des bandes axiales (voir Figure IV.14)
- Effet de l'écart thermique
- Sollicitation des bandes axiales par le trafic
- Mauvaise adhérence entre les joints due au mauvais nettoyage de la surface du joint après sciage ajouté à cela un dosage insuffisant du liant d'accrochage par endroit.

Le relevé de dégradations réalisé sur la partie souple de la piste principale 02/20 (bandes axiales), a donné un indice de service structurel de 95.56 % indiquant une structure du corps de chaussée excellente.

En guise de conclusion de la piste principale 02/20 et la piste principale 01/19 présentent un état de surface excellent, le comportement du Géocomposite jugé à travers tous les essais et observations réalisés vis-à-vis des sollicitations dynamiques est fonctionnel, aucun désordre ni anomalie issue d'une remontée.

En point de vu économie les avantages de l'application de la géo-grille dans le renforcement

Des chaussées souples aéronautiques. Sont comme suit :

- le prix d'un mètre carré de la chaussée renforcée et traitée par le géo-grille (piste 02/20) présente le 1/3 du prix d'un mètre carré de la chaussée réalisée en travaux neufs non traitée par ce produit (piste 01/19).
- les délais de réalisation (piste 02/20) évalués à 12 mois présentent la moitié des délais de réalisation de la piste 01/19.
- l'estimation de la perte d'argent due à la fermeture de la piste 02/20 pendant la réalisation présente la moitié du coût de la fermeture de la piste 01/19.
- Minimise la fréquence de l'entretien courant soit le coût de l'opération elle même.
- Prolonge la durée de vie de la piste.

V.2 RECOMMANDATIONS

- L'utilisation du géo-grille dans le renforcement des chaussées aéronautiques s'avère d'une importance cruciale étant donné qu'il contribue au retardement de la remontée des fissures au niveau de chaussées aéronautique.
- Pour mieux maîtriser le problème de fissure au joint, inévitable même avec l'utilisation du géo-grille, nous recommandons la réalisation des 15 mètres axiaux en une seule bande soit l'utilisation de plusieurs finisseurs en parallèles en tenant compte de l'envergure de la bande.

ANNEXES

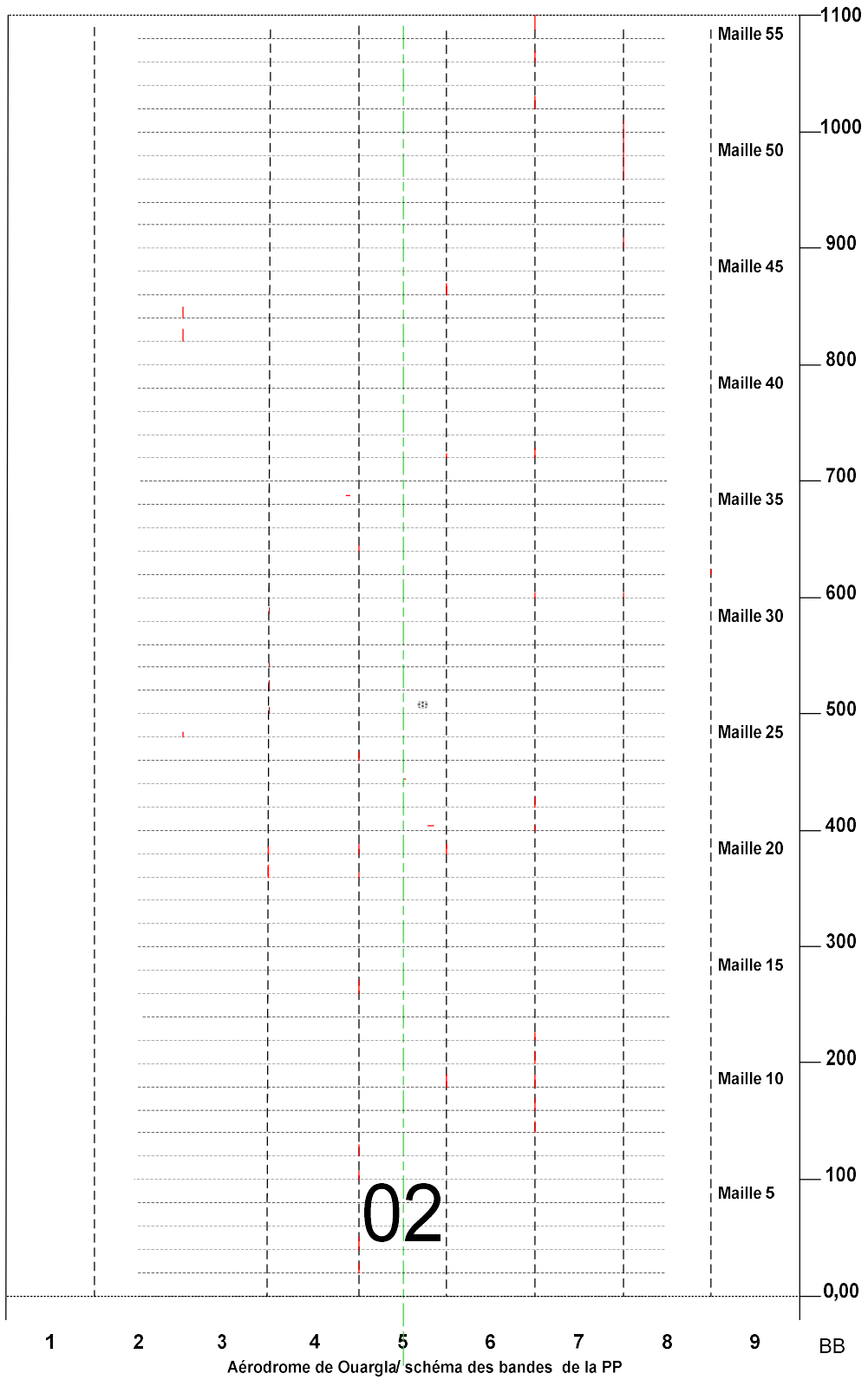


Figure N°IV.10 : schéma détaillé du relevé de dégradation PM 00 au PM 1100

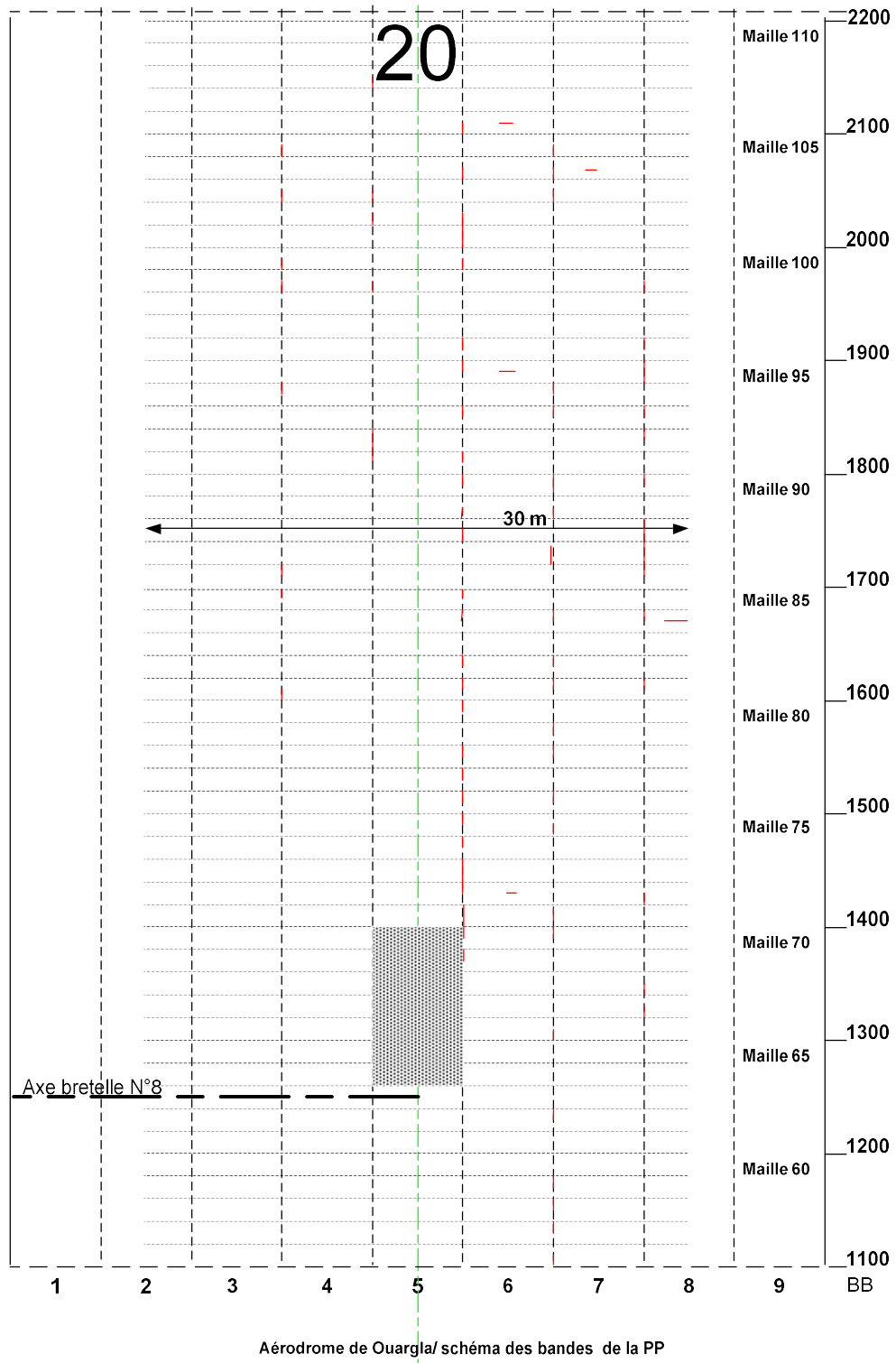


Figure IV.11 : schéma détaillé du relevé de dégradation PM 1100 au PM 2200

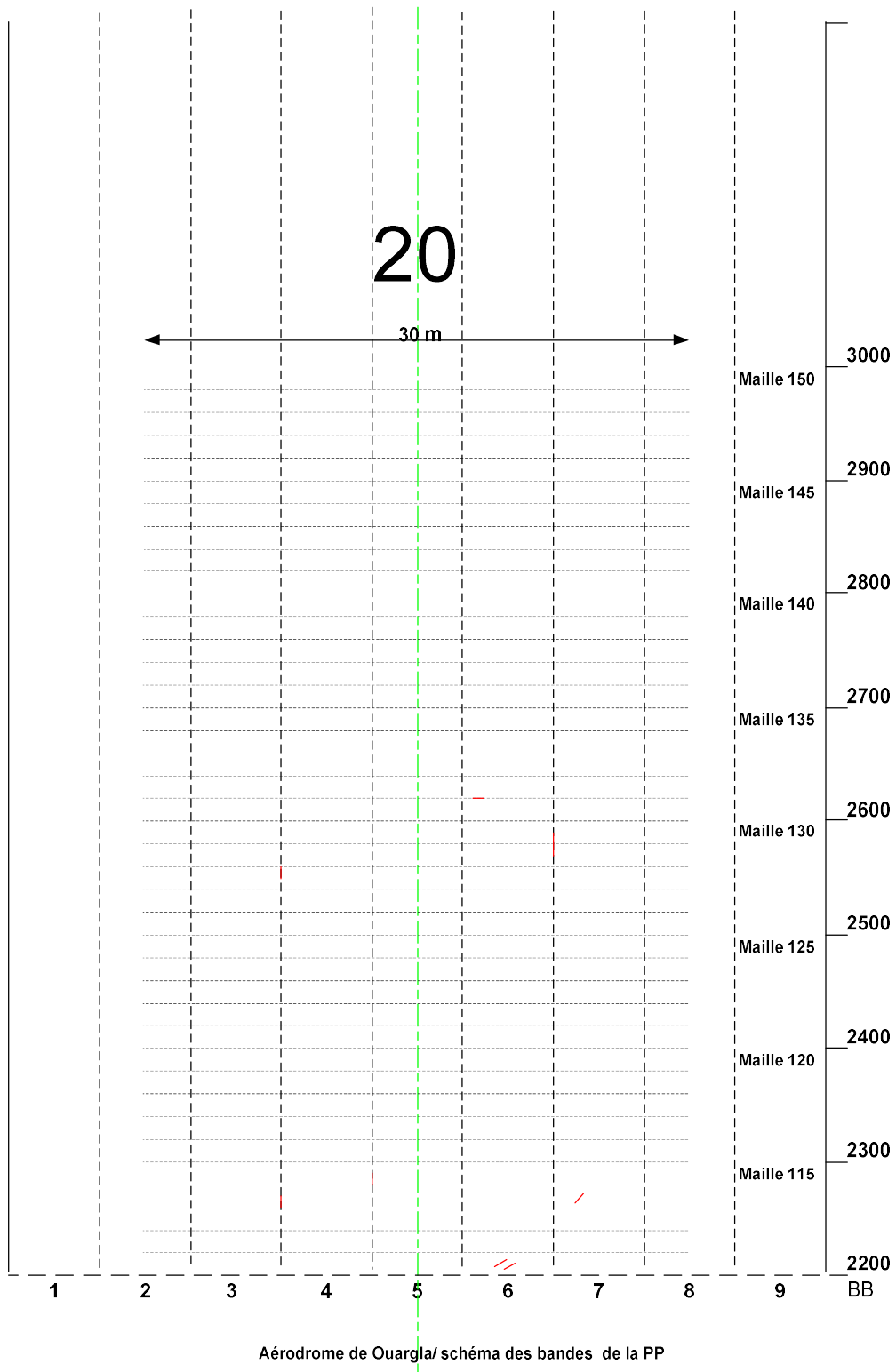


Figure IV.12 : schéma détaillé du relevé de dégradation PM 2200 au PM 3000

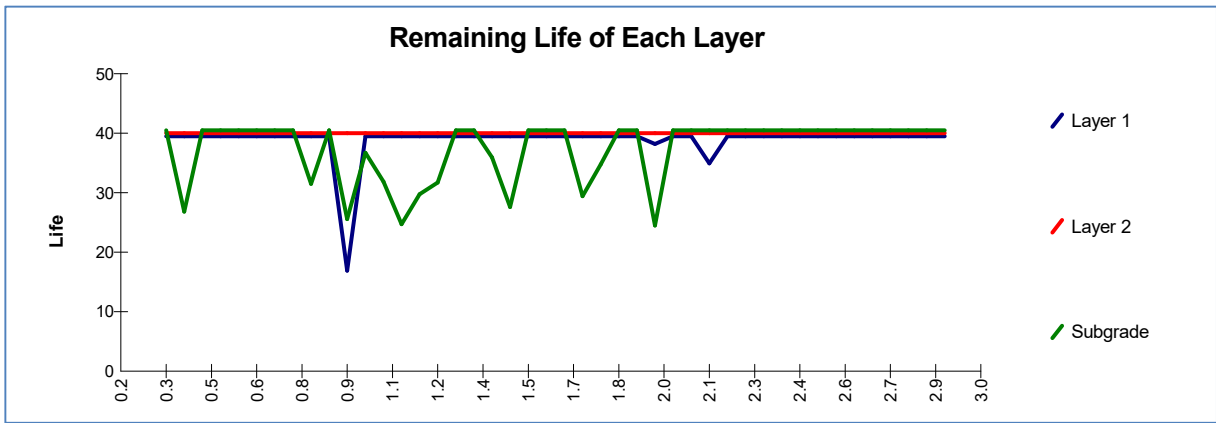


Figure IV.25: Profil 01 : 3,5 m à droite de l'axe de la piste 02/20

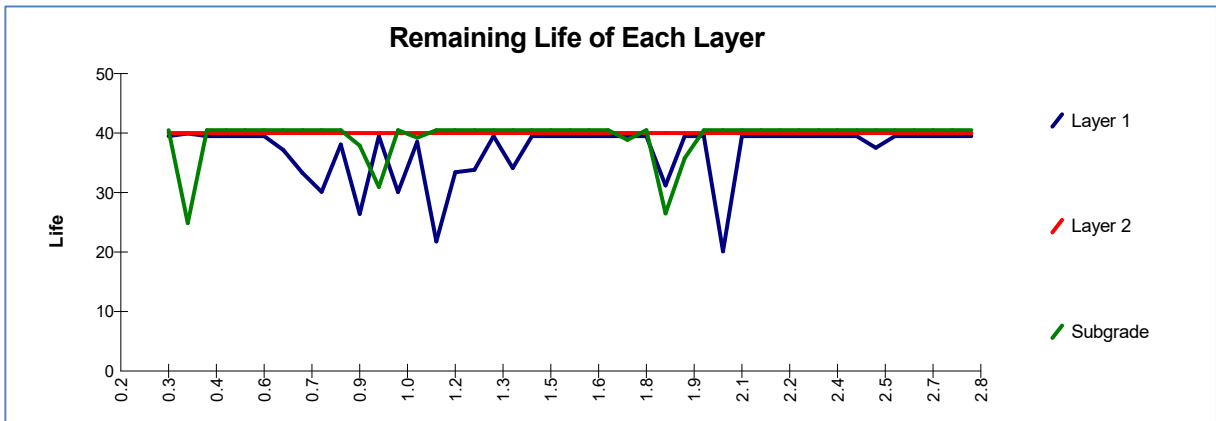


Figure IV.26 : Profil 02 : 3,5 m à gauche de l'axe de la piste 02/20

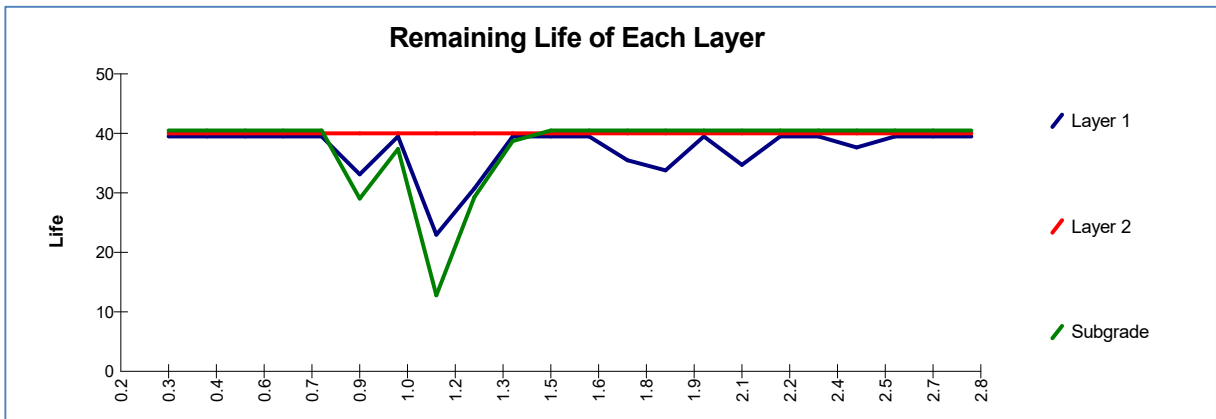


Figure IV.27: Profil 03 : 6,5 m à droite de l'axe de la piste 02/20

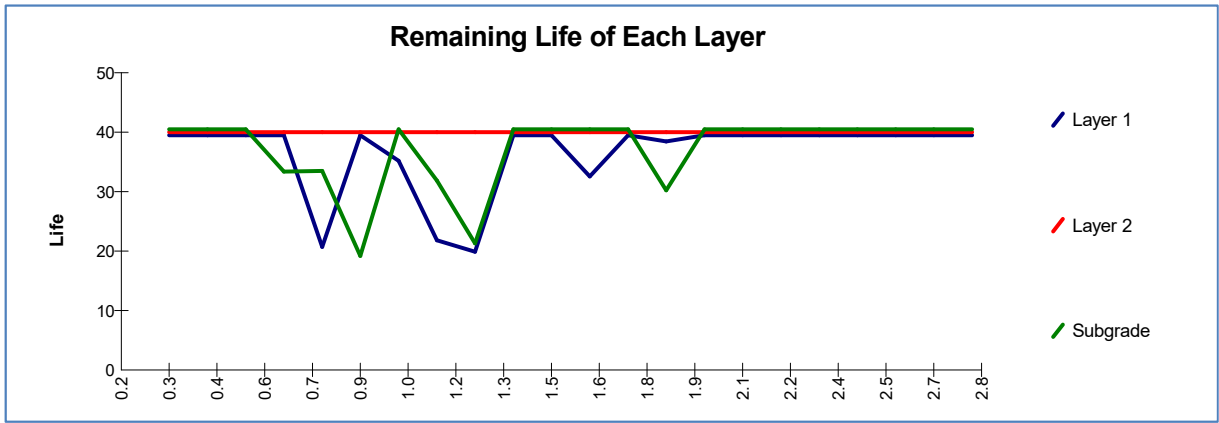


Figure IV.28 : Profil 04 : 6,5 m à gauche de l'axe de la piste 02/20

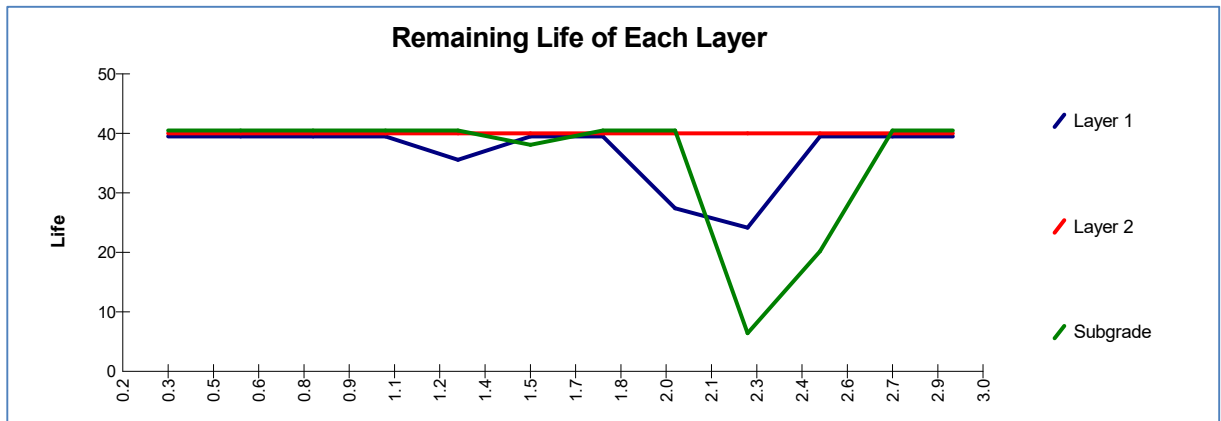


Figure IV.29 : Profil 05 : 12 m à droite de l'axe de la piste 02/20

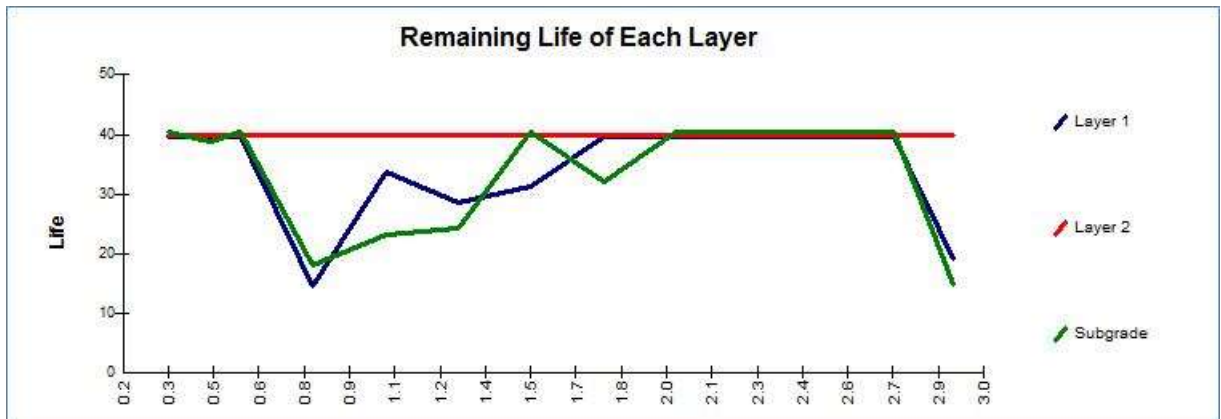


Figure IV.30 : Profil 06 : 12 m à gauche de l'axe de la piste 02/20

Layer 1 : couche hydrocarbonée

Layer 2 : couche granulaire

subgrade : sol de fondation

PCN - ACN (B737-800)

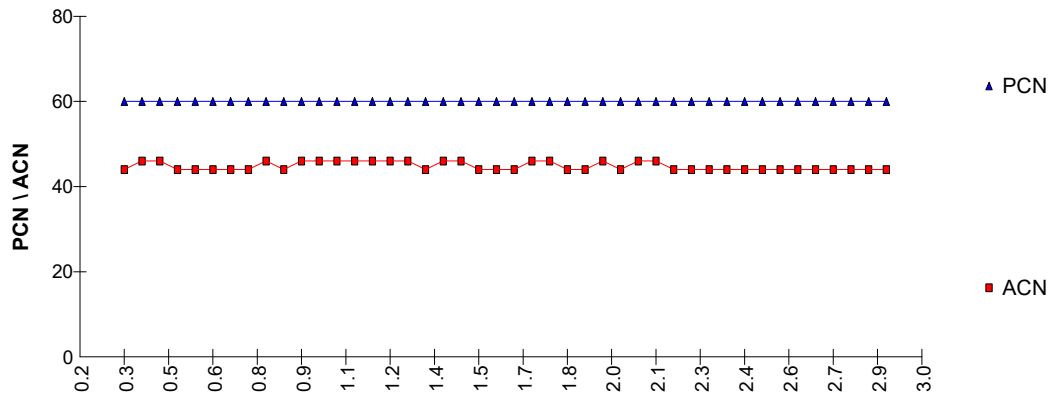


Figure IV.31 : Profil 01 : 3,5 m à droite de l'axe de la piste 02/20

PCN - ACN (B737-800)

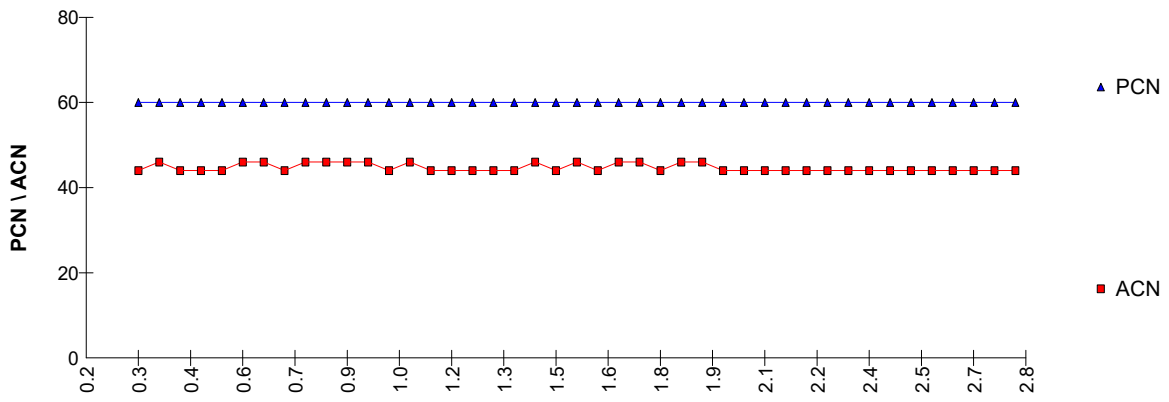


Figure IV. 32 : Profil 02 : 3,5 m à gauche de l'axe de la piste 02/20

PCN - ACN (B737-800)

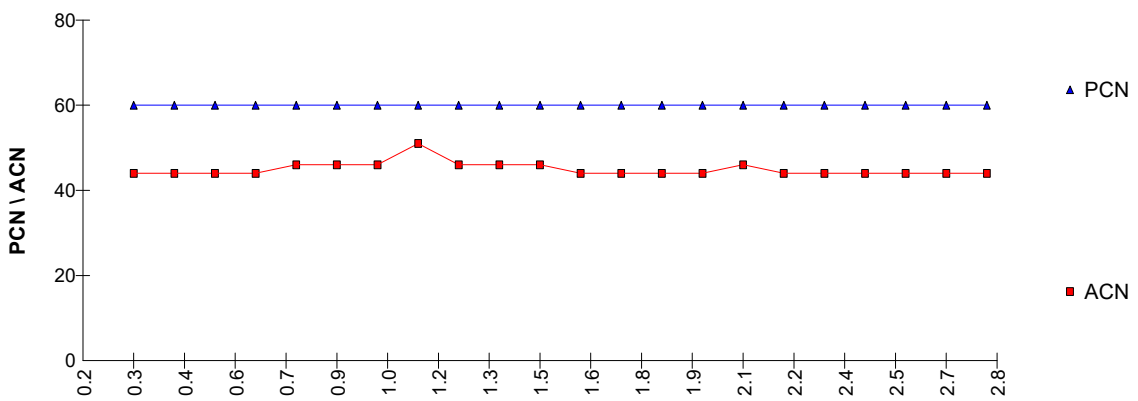


Figure IV.33 : Profil 03 : 6,5 m à droite de l'axe de la piste 02/20

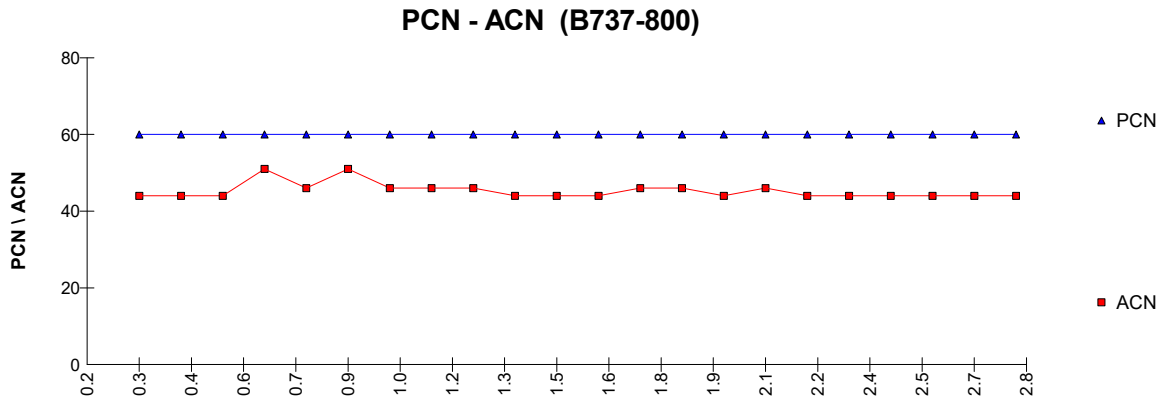


Figure IV.34 : Profil 04 : 6,5 m à gauche de l'axe de la piste 02/20

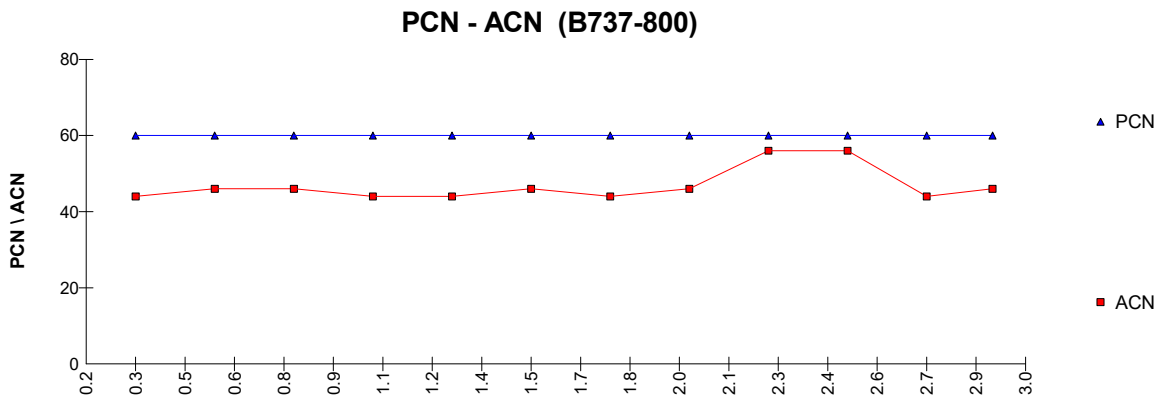


Figure IV.35 : Profil 05 : 12 m à droite de l'axe de la piste 02/20

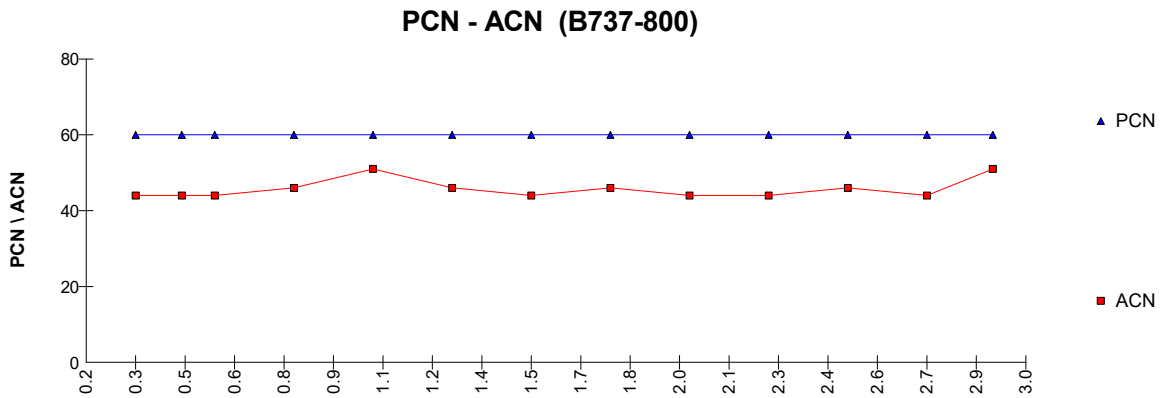


Figure IV.36 : Profil 06 : 12 m à gauche de l'axe de la piste 02/20

Résumé

Les chaussées présentent souvent de nombreuses fissures dont les causes peuvent être très variées. Selon le type de chaussées et l'origine de la fissuration, ces fissures peuvent prendre des formes diverses. Lorsqu'elles apparaissent à la surface de la chaussée, les fissures ont sur le comportement de celle-ci des conséquences très dommageables pour minimiser la remontée des fissures dans les recouvrements en enrobé bitumineux. Il fait à une étude sur «La remontée des fissures dans les recouvrements à l'enrobé bitumineux».

En premier lieu, il s'agit de déterminer et de comprendre les différentes causes possibles de la fissuration des chaussées ainsi que les différents mécanismes de remontée des fissures à la surface. Dans un deuxième temps, il convient de maîtriser les concepts et les méthodes proposés pour contrôler la remontée des fissures dans la couche de recouvrement, les essais de laboratoire seront menés afin de proposer des solutions adaptées et optimisées aux types de remontée de fissures identifiés.

Identifier et comprendre les paramètres clés reliés à la remontée des fissures à la surface des chaussées; Vérifier l'influence de ces paramètres sur diverses solutions, anti-remontée de fissures.

Vu le coût élevé de l'entretien courante de traitement des fissures surtout pour les chaussées aéronautique. On fait cette étude comparative technico économique entre les différentes méthodes de l'entretien et le renouvellement totale du chaussée pour but de minimisé le coût , assure la sécurité des usages et augmenté la durée de vie de la chaussée.

ملخص:

تظهر على سطح مختلف المدرج المطارية والطرق العديد من التشققات و هذا راجع لعدة أسباب حسب نوع الطريق و أصل التشقق هذه التشققات يمكن أن تأخذ عدة أشكال ولهذه التشققات عواقب ضارة جدا على سلامة الركاب وللحد من صعود التشققات في الطبقة الإسفلتية . يجب تحديد جميع أنواع التشققات و البحث المستمر في الطرق المقترحة للسيطرة و مراقبة صعود التشققات وذلك بالاعتماد على التجارب المخبرية لتوفير الحلول . ونظرا لتكاليف الباهظة للصيانة الدورية لمختلف المنشآت المطارية والطرق قمنا بدراسة مقارنة بين مختلف طرق الصيانة في معالجة صعود التشققات والهدف من هذا تقليل الكلفة الباهظة والحفاظ على امن وسلامة مستعملي الطريق بالإضافة إلى إطالة عمر الطريق .

BIBLIOGRAPHIE

- ETUDE ET SUIVI DE COMPORTEMENT AERODROME DE OUARGLA (LTP SUD)
- CATALOGUE DES DEGRADATIONS : ÉTAT DE LA SURFACE DES CHAUSSÉES AÉRONAUTIQUES (Avril 2007).
- DENIS ST-LAURENT: CHAUSSEES SOUPLES A DUREE DE VIE PROLONGEE. (mars 2006).
- NOTE D'INFORMATION LIMITES ET INTERETS DU COLMATAGE DES FISSURES DE RETRAIT DE CHAUSSEES SEME-RIGIDE
- QUANG DAT TRAN: MODELE SIMPLIFIE POUR LES CHAUSSEES FISSUREES MULTICOUCHES (2004).
- POLYFELT IN AIRPORT CONSTRUCTION (2004).
- PH. TAMAGHY ET L.WENDLING : MEFISTO : MOYEN D'ESSAIS DE RESISTANCE A LA FISSURATION EN FATIGUE SOUS CISAILLEMENT (JANVIER 2009).
- PY FLORIAN :ETUDE DE LA SENSIBILITE DU MODULE DES ENROBES A MODULE ELEVE, INFLUENCE DE LA TENEUR EN LIANT, DE LA COMPACITE ET DU POURCENTAGE D'AGREGATS D'ENROBE DU MATERIAU (Juin 2010).
- PROJET DE FIN D'ETUDS : ÉTUDE DE RENFORCEMENT DE L'AÉRODROME D'ILLIZI AVEC LES NOUVELLES TECHNOLOGIES.
- PROJET DE FIN D'ETUDES : ETUDE DE RENFORCEMENT DES AIRES DE MANŒUVRES DE L'AERODROME D'OUARGLA.
- CAHIERS DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES C.C.T.P. VOIRIES (JANVIER 2012).
- TECHNIQUES ANTI-REMONTÉES DES FISSURES : GUIDE D'EMPLOI EN CHAUSSEES AERONAUTIQUES (AVRIL 1999).
- TENCATE BIDIM PGM&PGM-G : ANTI-FISSURATION POUR LA PERENITE DES CHAUSSEES (SEPTEMBER 2008).
- RECHERCHE ET DEVLOPPEMENT DURABLE : LE RENFORCEMENT DES ENROBES PAR DES GRILLES.
- EUROVIA : SABLE ENROBÉ ANTI-REMONTÉE DE FISSURES.

**DEVIS ESTIMATIFE PAR UNITE DE SURFACE M2
TRAVAUX DE
NROUVELLEMENT DE LA PISTE 01/19 AERODROME
DE TOUGGOURT**

DESGNIATION DES TRAVAUX	U	Q	PRIX U	MONTANT
Décapage de terrain de toute nature épaisseur moyenne 51CM et compris réglage et compactage.	M2	1	90,00	90,00
Fourniture et pose d'une couche de forme en tuf épaisseur 15 CM	M2	1	105,00	105,00
Fourniture et pose d'une couche de fondation épaisseur 15 CM	M2	1	330,00	330,00
Fourniture et pose d'une couche d'imprégnation 0/1	M2	1	90,00	90,00
Fourniture et pose d'une couche de base en grave bitume 0/20 épaisseur 12CM	M2	1	1320,00	1320,00
Fourniture et pose d'une couche d'acrochage en emulsion cathionique 69%	M2	1	90,00	90,00
Fourniture et pose d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 épaisseur 9 CM	M2	1	1188,00	1188,00
signalisation horizontale en peinture mtaxiale avec dosage 0,8 kG /M2	M2	1	200,00	200,00
			MONTANT EN HT	3413,00

ARRETE LA PRESENTE DEVIS A LA SOMME DE : TROIS MILLES QUATRE CENT TREIZE DA

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**DEVIS ESTIMATIFE PAR UNITE DE SURFACE M2
TRAVAUX DE
RENFORCEMENT DE LA PISTE 02/20 AERODROME
DE OUARGLA PARTE
TRAITE PAR LE GEOCOMPOSITE**

DESGNIATION DES TRAVAUX	U	Q	PRIX U	MONTANT
Fraisage de la couche existant sur une épaisseur 9 cm	M2	1	200,00	200,00
Fourniture et pose d'une couche d'acrochage en emulsion cathionique 65% avec un dosage 1,8 Kg/M2	M2	1	120,00	120,00
Fourniture et pose de Géocomposite PGM 50*50	M2	1	650,00	650,00
Fourniture et pose d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 épaisseur 9 CM	M2	1	1188,00	1188,00
signalisation horizontale en peinture mtaxiale avec dosage 0,8 kG /M2	M2	1	200,00	220,00
			Montant en HT	2378,00

ARRETE LA PRESENTE DEVIS A LA SOMME DE :DEUX MILLES TROIS CENT SOIXANTE DIX HUI TE DA

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**DEVIS ESTIMATIFE PAR UNITE DE SURFACE M2
TRAVAUX DE
RENFORCEMENT DE LA PISTE 02/20 AERODROME**

**DE OUARGLA PARTIE
NON TRAITE PAR LA GEOCOMPOSITE**

DESIGNATION DES TRAVAUX	U	Q	PRIX U	MONTANT
Fraisage de la couche existant sur une épaisseur 9 cm	M2	1	200,00	200,00
Fourniture et pose d'une couche d'acrochage en emulsion cathionique 65% avec un dosage 1,2 Kg/M2	M2	1	90,00	120,00
Fourniture et pose d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 épaisseur 9 CM	M2	1	1188,00	1188,00
signalisation horizontale en peinture mtaxiale avec dosage 0,8 kG /M2	M2	1	200,00	220,00
			montant	1728,00

ARRETE LA PRESENTE DEVIS A LA SOMME DE : UN MILLE SEPTE CENTS VINGT HUIT DA

Le prix réel d'un M2 de la piste 02/20 calculé par la règle de trois:

Pour les 30 mètre centreaux = 2378,00 DA , 2/3 de la piste

Pour les 15 mètre rête = 1728,00 DA, 1/3 de la piste

Le prix réel d'un M2 de la piste 02/20 = **2161,34 DA**