

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Etude La
Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : *Génie Civil*

Spécialité : *structures*

Par : BEN KHADA LAKHDAR
MALLEM CHEIKH

Thème

**Actualisation d'Etude de Renforcement De L'aérodrome
D'EL-GOLEA Avec Intégration**

Devant le jury :

AZZOUZ F.Z

M.A.A

Univ. Ghardaïa

Encadreur

DAHEUR .H.G

M.C.A

Univ. Ghardaïa

Examineur

Salhi Aimad

M.A.A

Univ. Ghardaïa

Examineur

Année universitaire 2021/2022

Remerciement

Avant tous, Nous tiens à remercier ALLAH qui nous apporté toutes puissant de nous avoir accordé la force et le courage et les moyennes pour accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos remerciements beaucoup plus notre profonde gratitude s'adresse à notre promoteur : AZZOUZ Fatima Zohra An aide et ses informations.

DJEKAOUA ADEL et BOUKHACHBA YAHYA les deux ingénieurs au niveau de la direction de travaux publics de EL MENIAA pour leur aide et leur encouragement. Pour ses aides, patiences et leurs disponibilités.

+ Que tous les membres et les ingénieurs de C T T P et SAETI et LTPS Ghardaïa et l'entreprise EVSM qui les trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus sincères.

+ Nos remerciements vont à toutes nos amies, et en particulièrement celle de notre promotion (2020-2021).

+ En fin nous remercie tous ceux et celle qui ont contribue de pré ou de loin à la réalisation de ce travail.

الملخص

في هذا البحث (حواف خرسانية لمطار المنيعه) قمنا بدراسة فاحصة لمشاكل و إهتراعات المدرج الأساسي لمطار المنيعه كما قمنا بحل هذه المشاكل من خلال حلول تقنية محكمة و هي مجسدة في مطار المنيعه حاليا من خلال دعم طبقة السير في المدرج الأساسي و استعمال تقنية الجوتكستيل للمد في عمر المنشاة و كذلك حصر المدرج الاساسي بطبقة خرسانية على مسافة 250 م و 200 م إذ كان من الضروري ذلك للاستخدام العسكري اما فيما يخص تصريف مياه الأمطار فقمنا بدراسة إتجاهها و حفر مصب تنتهي إليه مياه الأمطار على شكل صحن يتناسب و حجم مياه الأمطار المدروسة كما قمنا بدراسة كل ما يحتاج إليه المدرج من كميات و إشارات و لوازم لتصبح هذه الدراسة قابلة لتنفيذ.

الكلمات المفتاحية : الحواف الخرسانية، مدرج، جيوتيكستيل، تدعيم، التشققات، المطارات

Résumé :

Dans ce purement (bords en béton de l'aéroport d'Al-Manea), nous avons effectué une étude approfondie des problèmes et de l'usure de la piste principale de l'aéroport d'Al-Manea, et nous avons résolu ces problèmes grâce à des solutions techniques strictes, qui sont incorporées dans Al- L'aéroport de Manea actuellement en soutenant la couche de trafic dans la piste principale et en utilisant la technologie géotextile pour s'étendre dans L'âge de l'installation, ainsi qu'en limitant la piste principale à une couche de béton à une distance de 250 m et 200 m, comme c'était le cas nécessaire à un usage militaire. Quant à l'évacuation des eaux pluviales, nous avons étudié son sens et creusé un estuaire auquel l'eau de pluie aboutit sous la forme d'une cuvette proportionnée au volume de l'eau de pluie étudiée. En étudiant tout ce dont la piste a besoin en termes de quantités, de signaux et de fournitures pour rendre cette étude réalisable.

Mots-clés : bout béton, piste, géotextile, renforcement, fissures, aéroports

Summary :

In this purely (concrete edges of Al-Manea Airport), we made a thorough study of the problems and wear of the main runway of Al-Manea Airport, and we have solved these problems through tight technical solutions, which are embodied in Al-Manea Airport currently by supporting the traffic layer in the main runway and using the geotextile technology to extend in The age of the facility, as well as limiting the main runway to a concrete layer at a distance of 250 m and 200 m, as it was necessary for military use. As for the drainage of rain water, we studied its direction and digging an estuary to which the rain water ends in the form of a bowl commensurate with the volume of the studied rainwater. By studying all that the runway needs in terms of quantities, signals and supplies to make this study feasible.

Key words: concrete end, runway, geotextile, reinforcement, cracks, airports

LISTE DES FIGURE

<i>N°</i>	<i>Figure</i>	<i>page</i>
	II: L aerodrome El GOLEA 1956	01
	I-2 : Chaussées à dalles courtes non armées et goujonnées (BCG).....	28
	II-2 : Dalles goujonnées : coupe longitudinale au niveau d'un joint de retrait.....	29
	II-3 : Aérodrôme de Lorient-Lann Bihoué.....	29
	II -4 : Les joints de construction	30
	II-5 : Les joints de dilatation	31
	II-6 : But et nature des aciers rencontrés dans les chaussées en béton de ciment.....	31
	II-7 : Dalle de transition : réalisation conseillée.....	32
	II-8 : Dalle de transition : réalisation à proscrire.....	33
	II-09 : Fraisage la bande centrale sur 30 m de largeur de piste principale de l'aérodrome EL MENIA.	35
	II -10 : Mise en place de la Géogrille dans l'aérodrome EL MENIA.....	36
	II-11 : Mise en œuvre des rouleaux de la géogrilles.....	43
	II-12 : Mise en place de chevauchement.....	43
	II-13 : Mise en place de recouvrement bitumineux	44
	VI1 : satellitaire de l'aérodrome.....	53
	VI-2 : Présentation de l'aérodrome	53
	VI-3 : Fissure de joint d'un niveau élevé. Réparation dégradée.....	56
	VI-4 : Fissure de retrait élevé Réparation dégradée.....	56
	VI-5 :Dépôt de gomme niveau élevé.....	57
	VI-6 :Réparation ponctuelle dégradée Dépôt du sable dans le joint	57
	VI-7 :Faïençage de retrait d'un niveau moyen Fissures colmatées	57
	VI-8 :Fissure de joint colmaté.....	58

VI-9 :Les éprouvettes de l'essai de flexion.....	65
VI-10 :L'essai d'affaissement au cône d'ahdme	66
VI-11: Système drainage.....	89

LISTE DES TABLEAUX

<i>N°</i>	<i>Titre de Tableau</i>	<i>page</i>
I-1:	montre l'état de la chaussée (niveau de service) pour chaque fourchette d'indices de service.....	16
I-2:	Principe de la méthode PCI	17
I-3:	Marques de zone de poser des roues.....	48
VI-1:	Evolution du trafic	54
VI-2:	Interprétation des résultats	55
VI-3:	Sondages carottés	59
VI-4:	L'hydrogéologie du site	60
VI-5:	résultats d'essais de plaque.....	60
VI-6:	les résultats du prélèvement	62
VI-7:	Teneur en eau naturelle, densité sèche et compacité	63
VI-8:	Analyse chimique sommaire	64
VI-9:	Les différents dosages obtenus pour 01m ³ de béton sont consignés.....	65
VI-10:	Les valeurs des résistances à la flexion enregistrées sont consignés.....	65
VI-11:	Caractéristiques de l'axe de calcul	67
VI-12:	Détermination de la charge normale de calcul (P'')	68
VI-13:	Calcul de l'épaisseur d'une chaussée neuve	68
VI-14:	Les coefficients d'équivalences de chaque matériau sont mentionnés.....	69
VI-15:	Piste principale	70
VI-16:	Parking.....	70
VI-17:	La durée de vie d'une chaussée et généralement choisi selon les indications.....	71
VI-18:	Epaisseur équivalente totale : 60 cm	73
VI-19:	Détermination des épaisseurs de notre projet	74

VI-20: Epaisseur équivalente totale : 29 cm	76
VI-21: Variante N°01 : solution radicale	84
VI-22: Variante N°02 : Scarification partielle.....	85
VI-23: Variante N°03 : Solution géotextile.....	86
VI-24: Etude multicritères des variantes	87
VI-25: Solution de drainage pour notre projet	88
VI-26: Tableau des surfaces.....	91
VI-27: Tableau récapitulatif	93
VI-28: Evaluation financière du projet.....	94

.....Sommaire.....

I-Remerciement	
II-Résumé	
III-Liste des tableaux	
IV-Liste des figures	
V-Introduction Générale	

Premier volet : Partie bibliographique

CHAPITRE I : généralités sur les chaussées l'aérodromes

I Historique de l'aérodrome	01
I.1. Données générales.....	01
I.2. Environnement de l'aérodrome et climatologie.....	02
I.3 Description de l'aérodrome d'EL MENIAA	02
I.4 Situation climatique	03
II Auscultation des chaussées de l'aérodrome d'EL GOLEA.....	03
II.1 Généralités sur les dégradations des chaussées aéronau.....	03
II.2 Définition et types des dégradations.....	03
II.2.1Le trafic	07
II.2.2 Les conditions climatiques et environnementales	07
II.2.3 La portance du sol support	08
II.2.4 Le dimensionnement du corps de chaussée	08
II.2.5 La qualité des matériaux et leur mise en œuvre	08
II.3 Conséquences et évolution des dégradations	08
II.4 Auscultation des chaussées aéronautiques	09
II.5 Synthèse du relevé visuel de dégradation de l'aérodrome d'ELMENIAA.....	10
II.5.1 Etat de chaussée de la piste	11
II.5.2 Etat de chaussée de la voie de circulation	12
II.5.3 Etat de chaussée du parking	13

II.5.4 tat des accotements	13
II.6 Causes probables des dégradations	14
II.7 Exploitation du relevé de dégradations	14
II.7.1 Méthode PCI (Pavement Condition Index) ou indices de service (IS)	15
II.7.2 Principe de la méthode PCI	16
II.7.3 Méthode de calcul du PCI	17
III.Etude géotechnique des chaussées éronautiques.....	18
III.1 Généralités	18
III.2 But de l'étude géotechnique	18
III.3 Auscultation et reconnaissance géotechnique	19
III. 4 Mesure des Déflexions	20
III..5 Investigations géotechniques	21
IV Le dimensionnement des chaussées aéronautiques	23

CHAPITRE II renforcement par bout de béton géotextile

V – 1 Etude de réalisation des bouts piste.....	27
V.2 Généralités sur les chaussées rigides.....	27
V.3 Différents types de chaussées rigides.....	27
V.4 Les différents types de joints sur les chaussées en béton.....	30
V.5 But et nature des aciers rencontrés dans les chaussées en béton de ciment.....	32
V.6 Sollicitations subies par les joints.....	32
V.7 Dalles de transition.....	32
V.8 Description des aménagements et consistance des travaux.....	33
V.9 Réalisation de la dalle en béton de ciment.....	33
V.10 Jonction chaussées rigide et souple.....	34
VI. Variante retenue	34
VI.1 Généralités sur la variante retenue	34
VI .1- Définition du géotextile	36

CHAPITRE III assainissement et signalisation et métré pour les chaussées l'aérodromes

VIII. Assainissement	46
IX balisage et signalisation.....	47

CHAPITRE IV présentation de l'étude

II.1 Photo satellitaire de l'aérodrome.....	53
II.2 les résultats des Investigations géotechnique sen site.....	59
II.3Essais en laboratoire	60
II.4. Analyse chimique sommaire	64
II.5-la formulation du bout bétonné	64
II.6 Conclusion	66
II.7 Calcul des charges de dimensionnement	67
II.8 Dimensionnement par la méthode optimisée	70
II.9- Méthode de calcul	71
II.10 Dimensionnement de la chaussée rigide (bouts bétonnés)	74
II.11 Les Variante	77
II.12 Solution de drainage pour notre projet	89
II.13 Le Mètre.....	90
VI-Conclusion Générale	
VII-Références Bibliographié	
VIII-Annexe	

INTRODUCTION GENERALE

Les aéroports sont les structures les plus importantes dans les pays parce que la catégorie et le nombre des aéroports sont le fort indicateur du développement des pays

Ces dernières années, l'Algérie a accumulé un retard indéniable dans le secteur des travaux publics. Aujourd'hui, la tendance a profondément changé, la direction des infrastructures aéroportuaires vise à sauvegarder le patrimoine aéroportuaire composé de 55 aéroports dont 36 qui sont ouverts à ce l'horizon 2025, divisé comme 12 aéroports internationaux, 10 aéroports nationaux, 13 aéroports régionaux et un aéroport à usage restreint selon le schéma directeur sectoriel établi en 2007.

L'entretien des aéroports consiste à engager anuellement des travaux de 1^{ere} urgence tel que : colmatage des fissures, dégommage des piste, désherbage, reprise de la signalisation horizontal.....etc., visant la sauvegarde de ces infrastructure, le prolongement de leur durée de vie ainsi que maintien d'un seuil de sécurité en adéquation aux normes en vigueur.

La wilaya d'El-Menia située à 900 km sud d'Alger, il comporte un aéroport régional qu'il n'a pas échappé à destin de dégradation, il a souffert de graves problèmes liés à la croissance du trafic et aux dégradations des infrastructures de transport existantes à l'instar de l'aéroport d'EL GOLEA. Actuellement, le secteur des travaux publics organisée des projets des renforcements et aménagements par bouts bétonner dans les anciens aéroports comme notre cas de projet l'aéroport d'EL GOLEA.

L'Algérie dont la superficie est de 2 381 741 km² prévoit ce type d'infrastructure en vue de faciliter les communications entre les plus importantes villes du nord, du sud, d'est et d'ouest.

La position géographique de la ville de EL GOLEA donne une importance capitale à son aéroport, l'état actuel de l'aéroport de EL GOLEA qui réalisé avec ancienne procédé, L'évolution du trafic aérien pourrait engendrer dans un proche avenir une défection du niveau de service et altérer les conditions de sécurité et d'exploitation des avions.

Les objectifs attendus de notre étude sont de trouver les solutions les plus adéquates pour réhabiliter et moderniser les infrastructures existantes (Renforcement et évitement du phénomène de cavité).

Notre travail est reparti en deux volets :

Le premier, consiste à une présentation d'une recherche bibliographique, et comporte quatre chapitres, à savoir :

Chapitre I : Généralités Sur Les Chaussées De L'aérodrome (Description de l'aérodrome : Présentation de projet et l'historique et les diagnostics de l'aérodrome : Classement des dégradations, Les déformations, Les fissures.)

Chapitre II : Après une présentation de L'aérodrome, nous abordons l'utilisation des Renforcement Par Bout Béton Et Géotextile

Chapitre III : Assainissement Et Signalisation Et Métré Pour Les Chaussées De L'aérodrome

Chapitre IV : Présentation De L' Etude : Dimensionnement(Nous avons utilisé la méthode forfaitaire pour le dimensionnement de la chaussée souple de la piste.

Cette méthode s'appuie sur les paramètres suivants :

Portance du sol support, mesurée au moyen de l'indice portant CBR.

Type d'avion et le nombre de mouvements.

Epaisseur équivalente de la chaussée existante (résiduelle).

L'épaisseur de renforcement est déterminée par différence entre l'épaisseur équivalente nécessaire d'une chaussée neuve et l'épaisseur équivalente de la chaussée existante.

Premier Volet :
Partie Bibliographique

CHAPITRE I :
Généralités Sur Les
Chaussées De L'aérodrome

Introduction :

Le transport aérien est le plus récent de tous les moyens de transport, il est apparu au début du siècle comme nouvelle technique de transport.

Ce dernier est devenu le moyen de déplacement, le Plus confortable, le plus rapide et le plus commode.

Les objectifs attendus de notre étude sont de trouver les solutions les plus adéquates pour réhabiliter et modernisé les infrastructures existantes (Renforcement).

I Historique de l'aérodrome

L'aérodrome D'EL GOLEA a été créé en 1954 par la réalisation des infrastructures suivantes :

- L'aérodrome ElGolea été construit en 1983 par le premier groupement des travaux aérodrome .cette opération à la réalisation d'une nouvelle piste principale avec élargissement et renforcement de l'aire de stationnement existant et le roulement
- la piste principale a été mise en service durant le premier semestre de l'année 1989. suivit d'un renforcement en 2006 suite aux différentes dégradations qui l'ont affecté durant cette période .

La structure initiale de la chaussée de « piste, voie de circulation et parking » est composée comme suit :

- une couche de forme en tuf de 30 cm,
- une couche de fondation en GC 15cm,
- une couche de base en grave bitume de 12 cm,
- une couche de roulement en béton bitumineux de 8 cm.

I.1Données générales

- Nom de l'aérodrome : l'aérodromeEL GOLEA Wilaya d'implantation : MENIAA
- Classe: A (selon la classification Algérienne des aérodromes).
 - Statut : mixte Civil. et minutaire
 - Situation géographique : L'aérodrome est situé à environ 02km à l ouestd el amena il est constitué essentiellement
 - Date de construction : 1954.
 - Date de mise en service : 1956. .(1)



Photo I.1: L'aérodrome EL GOLEA 1956

I.2 Environnement de l'aérodrome et climatologie :

- Altitude de l'aérodrome 370m.
- Température de référence : 30°C.
- Pluviométrie : 50 mm/an accidentel.
- Vents dominants : ouest.- est
 - La climatologie est un élément indispensable et nécessaire à connaître pour un aérodrome, il est représenté par les paramètres suivants :
 - Le vent.
 - La température.
 - La pluviométrie.

Ces paramètres influent directement sur le comportement du corps de chaussée et l'assainissement de l'aérodrome.

- La température influe considérablement sur le comportement et la dégradation des chaussées bitumineuses.

Températures moyennes comprises entre 20° et 42° C ,parfois 54° en été (60° et plus à la surface de la piste) et 0° en hiver ce qui provoque des chocs thermiques très importants avec des écarts pouvant atteindre 30° plus

Concernant la région d'El-Menia, celle-ci est caractérisée par les valeurs des précipitations suivantes :

- Pluviométrie moyenne annuelle 50 mm. .(2)

I.3 Description de l'aérodrome EL GOLEA

L'aérodrome EL GOLEA est constitué deux piste, d'une voie de circulation, deux bretelles et d'un parking.

Not : dans notre projet nous ne concernes pas par la piste secondaire et les bretelles

I.3.1 Piste principale 18/36

Identifiée par les seuils 18/36 (latitude : $30^{\circ}34.08''$ N ,longitudinale $2^{\circ}51'53''$ E), d'une longueur de 3000 m et d'une largeur de 45 m, deux accotements revêtus en enduit superficiel de 7.5 m de largeur chacun, dotés d'une bande latérale sur chaque côté de la piste.

I.3.2 la courbe VR/ PP

cette courbe est de 135.25m de longueur et de largeur qui varie de 25 m au niveau de la fin de la voie de roulement à 45m au début de la piste principale 00/36 ses accotement sont de 9.5m de largeur et qui diminuent au niveau des 30 derniers mètres .jusqu'' a 'atteindre 7.5m au niveau de la piste 00/36

I.3.3 Parking (aire de stationnement)

le parking est de dimensions (105*350)m .prend fin au début de la voie de roulement .IL est conçu pour le de stationnement de la 06 boeing 737-800 (avion référence)

I.3.4 Raquettes de manœuvres

L'aérodrome EL GOLEA comporte Trois raquettes de retour sur les deux extrémités de la piste et une seule raquette au le centre de piste. (3)

I.4 Situation climatique

La wilaya d'EL MENIAA est dominée par un climat désertique, considéré comme aride et sec possédant:

- Une pluviométrie de 50 mm par an, ce qui représente une quantité d'eau annuelle très faible.
- Une température diurne maximale en été atteignant les 60° c et une température nocturne minimale, hivernale descendante à moins zéro °c.
- Le vent dominant est de direction Est, ouest. .(4)

II Auscultation des chaussées de l'aérodrome EL GOLEA

II. 1 Généralités sur les dégradations des chaussées aéronautiques :

La cause principale des dégradations des chaussées aéronautiques est la fatigue sous l'action répétée des charges produites par le mouvement intensif des avions et les contraintes d'origine thermique. Cette usure apparaît souvent sous forme de dégradations qu'on observe sur la surface des chaussées, et peut par conséquent se manifester comme des déformations avec ou sans fissurations des enrobés.

La fissuration dans le revêtement entraîne la pénétration des eaux jusqu'aux couches inférieures qui se saturent, et par conséquent engendrent une diminution de la portance du sol support par perte des caractéristiques mécaniques.

Ces dégradations sont causées principalement par le mauvais dimensionnement, les conditions de la mise en œuvre et les conditions d'exploitation, comme le trafic et le climat. (5)

II. 2 Définition et types des dégradations:

Les dégradations sont les différents désordres, que peut manifester une chaussée après un certain temps de sa mise en service.

Ces désordres peuvent prendre naissance dans la couche de roulement ou dans les couches inférieures de la structure. Les déformations et les fissurations affectent généralement les couches inférieures pour atteindre le revêtement, tandis que les arrachements prennent naissance et évoluent dans la couche de surface. On peut distinguer 4 groupes principaux de désordres dans une chaussée souple :

- **Les fissures:** Elles peuvent affecter la couche de roulement ou toute la partie du corps de chaussée (fissuration avec rupture).

On peut citer : Fissure de fatigue ; fissure de joint ; fissure de retrait ; fissures paraboliques ; faïençage de fatigue.

- **Les arrachements:** Ces désordres n'affectent que la couche de roulement. On distingue : Désenrobage /brûlures ; pelade ; nids de poule ; plumage.

- **La déformation** : Elles prennent généralement naissance dans le corps de chaussée (Flaches ; tassements différentiel; gonflement/Bourrelet ; ornière/frayée ; déformation en W etc.)

- **Autres dégradations.**

Dans chacune de ces familles et selon le catalogue du STBA « service technique des bases aériennes », on distingue plusieurs types de dégradations, dont les plus importantes pour les chaussées souples sont les suivantes:

- **Flache**

Dépression localisée de la surface de la chaussée, généralement de forme elliptique en plan et de longueur inférieure à 5 m.

- **Ornière / Frayée**

Dépression longitudinale de faible rayon transversal, apparaissant dans les traces des atterrisseurs et éventuellement accompagnée d'un fluage des enrobés se matérialisant par un bourrelet en bordure de la déformation. Elle se rencontre généralement sur les postes de stationnement « nez dedans » et sur les voies de circulation. (6)

- **Déformation en «W»**

Dépressions longitudinales de grand rayon transversal, situées de part et d'autre de l'axe de circulation dans le passage des atterrisseurs principaux des avions et dont les largeurs varient entre 5 et 7 m. Elles s'observent généralement sur d'assez grandes longueurs.

- **Gonflement / Bourrelet**

Renflement de la structure dans le profil en long ou le profil en travers.

Tassement différentiel / Marche

Dénivellation, généralement transversale, liée aux dispositions constructives.

- **Fissure de fatigue**

Fissure longitudinale apparaissant généralement dans les traces des atterrisseurs. Elle est souvent accompagnée de fissures transversales à intervalle aléatoire et d'une dépression.

- **Faïençage de fatigue (peau de crocodile)**

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.

- **Fissure de joint**

Fissure située sur un joint. Il faut entendre par « joint » le raccordement longitudinal entre deux bandes de répandage de la couche de roulement, ou transversal à la reprise de bande. Par extension, cela peut désigner également la délimitation entre zones de structures différentes.

- **Fissure de retrait**

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).

Par extension au cas des chaussées en dalles de béton de ciment renforcées en enrobés, fissure située au droit des joints de dalles.

- **Faïençage de retrait**

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.

- **Fissure parabolique / Enrobe tire**

Fissures groupées en forme de croissant concernant la couche de roulement.

Ces fissures peuvent être accompagnées de bourrelets.

- **Desenrobage / Brulure**

Séparation du mastic (liant \pm fines) et des granulats avec éventuellement départs de ces derniers.

- **Pelade** On remarque que le code de la pelade est identique à celui du desenrobage; cela revient à traiter cette dégradation comme le niveau élevé du desenrobage lors de l'exploitation des relevés.

- **Contamination / Souillure**

Pénétration dans l'enrobé de produits chimiques

(ex: hydrocarbures, huiles...) ayant un pouvoir solvant sur le bitume. Ce défaut s'observe généralement sur les aires de stationnement.

- **Dépôt de gomme**

Dépôt de caoutchouc localisé dans la zone de toucher des roues.

- **Empreinte /Poinçonnement**

Enfoncement localisé du revêtement. Ce défaut s'observe généralement sur les aires de stationnement.

- **Enrobe poreux**

Enrobé ayant un aspect ouvert soit en milieu de bande de répannage, soit au niveau du joint entre bandes.

- **Remontée d'eau**

Zone humide d'eau claire provenant du corps de chaussée et remontant à travers les points faibles de la couche de roulement (fissures, enrobé poreux).

- **Remontée de fines**

Zone humide d'eau chargée (en fines, laitance, boues...) provenant du corps de chaussée et remontant à travers les points faibles de la couche de roulement (fissures, enrobé poreux).

- **Réparation ponctuelle dégradée**

Réparation ponctuelle, quelle que soit son origine, à l'exception des scellements de fissures, concernant une ou plusieurs couches de chaussée et présentant des dégradations plus ou moins importantes sur sa surface ou sur son contour.

- **Ressuage**

Remontée de mastic (liant + fines) à la surface du revêtement.

- **Nid de poule**

Cavité de la surface de la chaussée due à des départs de matériaux.

Schéma explicatif

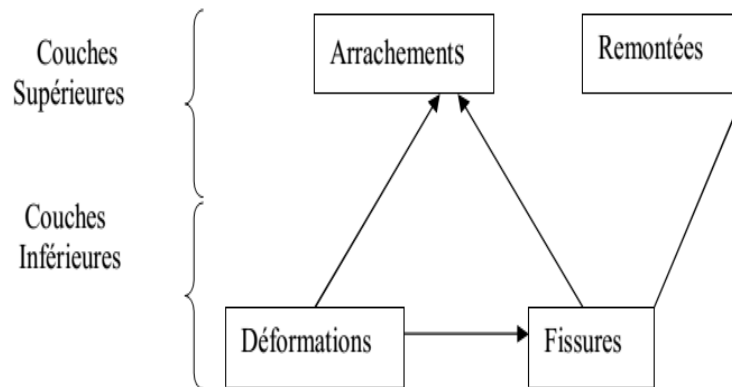


Figure II. 1 : Facteurs généraux influant sur les dégradations des chaussées souples

Les causes principales de la dégradation des chaussées aéronautiques sont nombreuses et complexes, toutefois on peut citer quelques facteurs essentiels :

- Le trafic.
- Les conditions climatiques et d'environnement.
- La nature de sol support.
- Le dimensionnement du corps de chaussée.
- Mauvais drainage.
- La qualité des matériaux de mise en œuvre.

II.2.1 Le trafic

Le trafic est l'élément le plus prépondérant dans la dégradation d'une chaussée. Toutefois, les désordres provoqués ne sont pas directement liés au nombre de mouvement par jour. Il dépend d'un facteur complexe englobant à la fois la charge par atterrisseur, le mode d'assemblage des roues, la pression de gonflage des pneumatiques, la fréquence de passage et la durée d'application des charges.(7).

Donc la charge des atterrisseurs, entraîne un vieillissement rapide à la couche de la surface ce qui induit la détérioration de cette dernière.

II.2.2 Les conditions climatiques et environnementales

Les paramètres qui influent sur la dégradation du corps de chaussée, sont la présence d'eau en grande quantité, le gradient thermique.

Quand ces phénomènes prennent naissance ils entraînent une diminution des résistances mécaniques ce qui accélère la destruction de la structure.

La présence d'eau dans le corps de chaussée ou le sol de fondation a pour effet de diminuer les caractéristiques géotechniques des matériaux comme la portance, le gonflement ou l'augmentation du volume de certains matériaux argileux du à la congélation de l'eau se trouvant dans les pores.(8).

II.2.3 La portance du sol support

La nature de sol support intervient dans la dégradation des chaussées aéronautiques quand il s'agit d'un sol meuble, pour cela une bonne étude géotechnique doit être menée.

II.2.4 Le dimensionnement du corps de chaussée

A l'heure actuelle le dimensionnement devient de plus en plus prépondérant surtout dans le cas de chaussées anciennes de faible épaisseur, ou quand la structure de chaussée devient polluer.

Une chaussée mal dimensionnée ne supporte pas les charges qui lui sont transmises, entraîne une détérioration du corps de chaussée.

II.2.5 La qualité des matériaux et leur mise en œuvre

Ces deux critères essentiels ne devraient, en aucun cas être négligés, car leur négligence entraîne une détérioration accélérée.

Les défauts observés sur les matériaux sont :

- La granularité incorrecte.
- Une dureté insuffisante, surtout pour les granulats.
- Une propreté insuffisante des granulats.
- La mauvaise forme géométrique des granulats.
- Matériaux naturels trop argileux.

En ce qui concerne la fabrication ou la mise en œuvre on peut citer les défauts suivants :

- La ségrégation des graves concassés.
- Les dosages non respectés.
- Le mauvais enrobage.
- Le compactage insuffisant.
- Les températures de mise en œuvre trop basses.
- Répandage de liant irrégulier.

II.3 Conséquences et évolution des dégradations

On s'est limité à citer uniquement les dégradations observées au niveau des chaussées de l'aérodrome d EL-MENAIIAA :

- **Fissure de joint**

- Infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
- Départ de matériaux.
- **Fissure paraboliques / Enrobe tire**
 - Infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
 - Départ de matériaux.
- **Fissure de retrait**
 - Infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
- **Desenrobage / Brulure**
 - Altération de l'étanchéité.
 - Nid-de-poule.
- **Contamination / Souillure**
 - Désenrobage.
 - Pelade.
- **Depot de gomme**
 - Altération de l'adhérence.
 - Diminution de la visibilité des balisages diurnes et nocturnes.
- **Empreinte / Poinçonnement**
 - Infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
- **Enrobe poreux**
 - Altération de l'étanchéité.
 - Désenrobage.
 - Développement de mousse pouvant altérer l'adhérence.
- **Fissure de fatigue**
 - Infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
 - Départ de matériaux.
 - Faïençage de fatigue. .

II.4 Auscultation des chaussées aéronautiques

Vu sa grande importance, l'aérodrome d'EL-MENIAA devrait être maintenu régulièrement et en vue d'évaluer l'état actuel de sa chaussée aéronautique, ainsi que son niveau de dégradation, nous avons jugé utile et primordiale de procéder à une étude d'auscultation visuelle des dégradations constatées sur la chaussée de ce dernier.

L'investigation visuelle consiste à faire un relevé visuel par des ingénieurs qui parcourent toutes les aires de manœuvres afin de lister toutes les dégradations qui affectent l'aérodrome. .(9)

Selon le catalogue du STBA « service technique des bases aériennes », il faut que chaque dégradation constatée soit inscrite dans une liste en tenant compte des trois paramètres suivants :

1) Le type de dégradation :

Les dégradations dans la chaussée aéronautique peuvent être :

- Dans la structure de la chaussée.
- Dans la surface.

2) Le niveau de gravité :

C'est le relevé qualitatif de la dégradation, on peut citer trois niveaux de gravité qui sont:

- Léger.
- Moyen.
- Elevé.

3) La quantité de la dégradation :

Le relevé quantitatif consiste à découper la section de la chaussée à étudier en tronçons d'aires constantes pour bien définir les dégradations à relever.

4) Les moyens utilisés pour le relevé visuel sont :

1. Une radio pour le contact avec la tour de contrôle.
2. Une règle de 3 m.
3. Un mètre pour la mesure de la dégradation « ouverture des fissures, la profondeur de l'affaissement ».
4. Une feuille de relevé.
5. Catalogue de dégradation.

II.5 Synthèse du relevé visuel de dégradation de l'aérodrome d'ELMENIAA

Lors d'une mission effectuée sur le site de l'aérodrome, il a été procédé au relevé visuel détaillé de dégradations respectivement au niveau des chaussées des aires suivantes :

- piste d'envol.
- voie de circulation.
- parking.

Les relevés ont été effectués conformément au catalogue de dégradation

S.T.B.A (service technique des bases aériennes).

Le maillage adopté pour le relevé des dégradations a consisté en la division de la piste par des mailles de 30 x 20 m².

Pour chaque maille de relevé, il est noté le type de dégradation, son étendue (linéaire ou surface) et son degré de gravité. Le même procédé de maillage de relevé a été respecté pour la voie de circulation et le parking. (10)

Les mailles sont matérialisées sur la chaussée par un marquage en peinture en y inscrivent le numéro de chaque maille.

II.5.1 Etat de chaussée de la piste

Le relevé visuel de dégradation de la piste, effectué le long des mailles a révélé une seule famille de dégradations. Il s'agit en effet d'un phénomène de fissuration généralisé. Les fissures relevées peuvent être identifiées en trois types distincts du point de vue nature et origine.

1. Les fissures longitudinales de joint (FLJ) :

Elles sont localisées au niveau des joints de reprise des bandes d'enrobage réalisés lors des derniers travaux de renforcement (qui remontent à l'année 1999). La fissure est d'une ouverture très fine de l'ordre de 2 à 5 mm d'écartement.

On a recensé huit joints, étant donné que le profil en travers de la piste de 45 m de largeur a été réalisé en neuf bandes d'enrobés de 5 mm de largeur chacune. Ce genre de fissure se trouve prédominant le long de la piste.

La plus part de ces fissures ont été colmatées en 2002.

La raison de formation de ce type de fissure est due à la mauvaise adhérence entre deux bandes d'enrobage réalisée à des âges différents (températures différentes).

Cependant, la formation de fissures longitudinales de joint pourrait être diminuée ou atténuée lorsque se sont prises certaines précautions de mise en œuvre (coupure verticale de bord d'une bande, chauffer le bord coupé et l'arroser en émulsion, assurer un bon compactage du bord de la nouvelle bande...).

2. Fissures longitudinales de remontée (FLR)

Ce genre de fissures longitudinales est localisé au niveau du milieu des bandes supérieures d'enrobage. Les fissures sont d'une ouverture sensiblement importante (de l'ordre 5 à 10 mm), elles ne sont pas rectiligne et sont d'une longueur

très variable longitudinalement et transversalement. Elles sont relativement sinueuses et caractérisés parfois par des ramifications transversales.

A l'endroit de certaines mailles, nous avons noté la formation d'une paire de fissures relativement parallèles et distantes de 20 à 30 cm entre elles. (11)

Ces fissures ne sont en fait que la remontée des anciennes fissures longitudinales de joint de la première chaussée (revêtement en béton bitumineux surmontant un grave bitume) réalisée lors de la construction de l'aérodrome en 1989.

Bien qu'elles aient été traitées et colmatées avant la mise en œuvre du dernier renforcement, elles seront réouvertes et remontées à travers les couches de renforcement pour réapparaître en surface.

La majorité des fissures ont été colmatées en 2002. Les fissures ont réapparu à travers le mastic de colmatage. D'autres fissures ne sont pas colmatées, et leur naissance paraît très récente en fines ouvertures.

On a recensé plusieurs de files de fissures longitudinales le long des profils en travers (4 à 5).

3. Fissures transversales (FT)

Ces fissures transversales se produisent perpendiculairement à l'axe de la piste, sont d'une longueur variant de 01 à 05 mètres, leur ouverture est fine et peu importante (près de 5 mm).

Ces fissures sont répétitives le long d'une maille et sont sensiblement périodiques.

La distance entre deux fissures parallèles est de 05 à 06 mètres.

La nature de ces fissures est de retrait. Leur origine est thermique et l'enrobé se fissure en raison du gradient thermique très élevé (écart de températures diurne et nocturne est très élevé dans la région d'Adrar réputée pour être une zone très chaude).

De même que les deux précédents types, les fissures transversales de retrait ont été colmatées en 2002, d'autres fissures auraient du apparaître depuis.

On a aussi relevé l'existence de fissures obliques (orientées obliquement par rapport à l'axe de la piste) d'une longueur très variable (de 1 à 7 m). Elles sont très rares. Elles sont d'origine d'un début de fatigue de l'enrobé causé beaucoup plus par l'effet de température que par les charges aéronautiques. La plupart de ces fissures ont été colmatées. (12)

II.5.2 Etat de chaussée de la voie de circulation

A l'instar de la piste, la voie de circulation est caractérisée par l'apparition des fissures suivantes :

- Fissures longitudinales de joint.
- Fissures longitudinales de remontée.
- Fissures transversales.
- Fissures d'obliques de fatigue.

Nota: Les fissures d'obliques de fatigue sont relativement fréquentes par rapport à ce qu'il y a été relevé pour la piste. Ceci témoigne que l'enrobé présente des signes de fatigue plus manifestes. Ce type de dégradation a été observé particulièrement à l'endroit des jonctions de la voie de circulation respectivement avec la piste et le parking, sujets à des efforts tangentiels (freinage et forces centrifuges). (13)

II.5.3 Etat de chaussée du parking

L'aire de stationnement est également affectée d'un phénomène de fissuration généralisé. On a distingué les types suivants :

- Fissures longitudinales de joint.
- Fissures longitudinales de remontée.
- Fissures d'obliques de fatigue.
- Poinçonnements.
- Désenrobage.

Les fissures obliques sont plus fréquentes, on les a relevé essentiellement au niveau des zones réservées au stationnement des avions. L'enrobé se trouve dans un état de fatigue bien entamé relativement aux autres aires de mouvement.

Ces fissures obliques de longueur variant de 1 à 2 m en moyenne, d'une ouverture légère (moins d'un centimètre) sont dues à la fatigue de l'enrobé qui a été relativement plus sollicité. Notons également la formation de légers poinçonnements (empreintes des pneus) sous l'effet des charges statiques des atterrisseurs des avions. (14)

II.5.4 tat des accotements

La piste est bordée de chaque côté d'un accotement de 7.5 m de largeur. Les accotements revêtus d'un enduit superficiel sont caractérisés par un état de dégradations mauvais. Nous avons relevé les désordres suivants :

- Un désenrobage généralisé.

- Des arrachements du revêtement (décollement en plaques) très fréquent.
- Des fissures.
- Ensablement partiel.

Les accotements bordant la voie de circulation et le parking d'une largeur de 3 à 5 m se trouvent dans un état de dégradations moins avancé.

En résumé

Nous remarquons, d'après le relevé de dégradations, qu'il y a trois principales fissures qui affectent les aires de mouvement de notre aérodrome. Il s'agit de :

- i. Fissure de fatigue.
- ii. Fissure de joint.
- iii. Fissure de retrait.

Ajoutant à celles-là d'autres dégradations, comme le dépôt de gomme, empreinte, réparation ponctuelle dégradée et faïençage de retrait.

Le phénomène de fissurations se situe sur les 30 m centraux de la piste principale « la zone la plus sollicitée dans la piste ».

Pour la voie de circulation les dégradations sont généralisées sur les 15 m centraux de la chaussée.

Le parking est affecté par les dégradations, sur toute la surface. .(15)

II.6 Causes probables des dégradations**La mise en œuvre**

Les fissures longitudinales de joint sont dues à la mauvaise liaison entre les différentes bandes latérales d'enrobés ; absence du collage entre les bandes latérales d'enrobés.

A. La remontée des anciennes fissures

Les fissures longitudinales localisées au niveau du milieu des bandes supérieures d'enrobages proviennent des fissures anciennes du corps de chaussée réalisée en 1989. Celles-ci remontent vers la surface du corps de chaussée renforcé en 2006.

B. L'écart très élevé de la température

Les fissures transversales « fissures de retrait » perpendiculaires à l'axe de la piste, qui sont apparus par les retraits du béton bitumineux, dues aux écarts des

températures diurne et nocturne, reconnues par le nom du gradient thermique qui vieillit le béton bitumineux très rapidement.

C. Décollage des couches bitumineuses

D'après les carottes bitumineuses prélevées du corps de chaussée, on a déduit qu'il n'y a pas d'adhérence entre les deux premières couches bitumineuses, ce qui induit une mauvaise transmission et répartition des efforts du haut vers le sol support donc les couches travaillent séparément, à qui implique l'apparition des contraintes de cisaillements à l'interface décollée entraînant une diminution de la résistance des couches bitumineuses.(16)

II.7 Exploitation du relevé de dégradations

Le programme informatique de gestion des chaussées aéronautiques, élaboré par le C.T.T.P. « organisme national du contrôle technique des travaux publics », a permis de calculer les indices de services (globale, structurel et superficiel), caractérisant le niveau de service qu'offre l'aérodrome d'el MENIAA.

Avant de procéder à des travaux de renforcement et afin de résoudre les problèmes structurels et de surface, on opte généralement pour la méthode baptisée PCI « pavement condition index » ou indice de service IS qui est un indicateur numérique de l'état de la chaussée, il est considéré comme étant une aide incontournable à la décision précieuse en matière d'entretien et d'auscultation lourde des chaussées aéronautiques. .(17)

II.7.1 Méthode PCI (Pavement Condition Index) ou indices de service (IS)

L'indicateur d'état « IS » est relié à un ou plusieurs types de dégradations comme la montre la figure ci-dessous

Le schéma

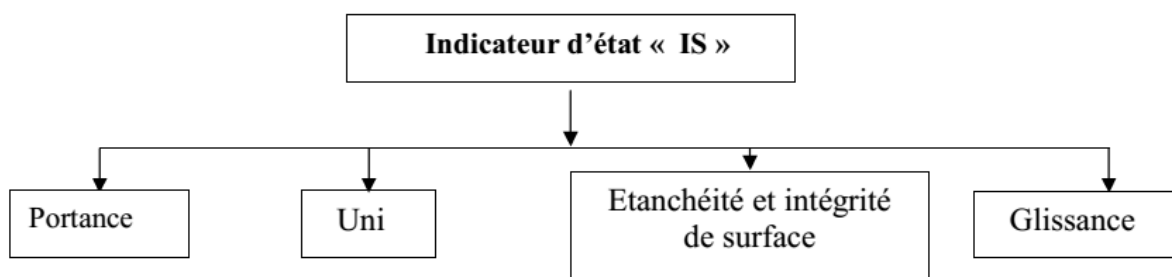


Figure II.2 :Indicateur d'état

- **La portance** : concerne la famille des déformations, fissures de fatigue et faïençage.

- **L'uni** : concerne les familles des déformations comme la Pelade.
- **L'étanchéité** : concerne les familles de fissures et les arrachements.
- **La glissance** : concerne les familles des déformations, ainsi le dépôt de gomme,

Ressuage, les remontées d'eau et de fines.

L'indice de service est un indicateur numérique qui peut prendre des valeurs comprises entre 0 (chaussée hors service) et 100 (chaussée neuve). (18)

Le tableau suivant nous montre l'état de la chaussée (niveau de service) pour chaque fourchette d'indices de service :

IS	Niveau de service
0 - 10	Hors service
10 - 25	Très mauvais
25 - 40	Mauvais
40 - 55	Passable
55 - 70	Moyen
70 - 85	Bon
85 - 100	Très bon

Tableau I.1 : l'état de la chaussée

II.7.2 Principe de la méthode PCI

Le relevé visuel consiste à partager les aires de mouvements de l'aérodrome en mailles de même surface de 500 m².

La procédure utilisée consiste à enregistrer, maille par maille, les dégradations observées conformément aux recommandations du catalogue de dégradations STBA ; chaque dégradation est répertoriée à l'aide du triplet d'information suivant :

- Le type de la dégradation : selon les types cités auparavant.
- Le niveau de gravité : Léger (L), Moyen (M) ou élevé (E).

- La densité de dégradation dans la maille considérée, celle-ci est mesurée par une surface caractéristique de chaque type de dégradation. (19)

Le catalogue de dégradations permet de faire la distinction entre celles provenant de la surface de celles de la structure, comme le montre le tableau suivant :

Type de la chaussée	Dégradations révélant un défaut de structure	Dégradations révélant un défaut de surface
Chaussée souple	-Flache -Ornière -fissure de fatigue -Faïençage de fatigue - Déformation en W -Gonflement -Tassement différentiel - Remontée d'eau -Remontée de fines	-Désenrobage- Brûlure -Enrobé poreux -Fissure de joint et de retrait - Faïençage de retrait -Réparation dégradée -Contamination -Dépôt de gomme -Poinçonnement -Ressuage -Pelade -Fissure parabolique -Nid de poule
Chaussée rigide	-Fissure -Fracture -Fissure en coin -Pompage -Décalage-Marche	-Epaufure -Faïençage décaillage -Réparation ponctuelle dégradée -Défaut de joint -Dépôt de gomme

Tableau I.2 : Type de la chaussée

II.7.3 Méthode de calcul du PCI

- Découpage de la section caractéristique en maille de 500 m².
- Faire le relevé visuel des dégradations sur chaque maille.
- Déterminer une valeur numérique significative déduite (VD) de l'influence de cette dégradation sur les qualités de la chaussée tirée à l'aide d'un abaque propre au type de dégradation.
- Une valeur déduite totale (VDT) est déterminée par une maille par sommation des valeurs déduites pour chaque dégradation.

- La VDT est corrigée au moyen d'un deuxième abaque qui tien compte du nombre et type de dégradation significative (dont les valeurs déduites sont supérieure à 5).
- L'indice de service de chaque maille est égal au complément à 100 de la valeur déduite corrigée de la maille c à d:

$$IS = 100 - VDC$$

• L'indice de service de la section est la moyenne des indices de services de chacune des mailles composantes.

• L'indice de service calculé à partir de l'ensemble de dégradations observées s'appelle l'indice de service global.

Les indices de services propres à notre projet sont les suivants :

IS globale	IS structurel	IS superficiel
53.24	76.75	72.36

▪ **IS Globale:**

Indice calculé à partir du traitement de toutes les dégradations rencontrées sur la chaussée qui donne son **état global**. (20)

▪ **IS Structurel :**

Indice de service calculé à partir du traitement des dégradations des **structures** rencontrées sur la chaussée permettant d'apprécier l'état de la chaussée révélant un **défaut de portance**.

▪ **IS Superficiel :**

Indice de service calculé à partir des dégradations des **surfaces** rencontrées sur la chaussée permettant d'apprécier l'état superficiel de la chaussée.

III. Etude géotechnique des chaussées éronautiques

III. 1 Généralités

L'exécution et le renforcement des aires de manœuvres d'un aérodrome nécessitent une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'information indispensable à chaque étape pour les travaux de réalisation et avant la réalisation et jusqu'après la réalisation nous avons obligé de fait quelque d'essais pour la vérification.

III. 2 But de l'étude géotechnique

La géotechnique a pour but d'analyser les caractéristiques mécaniques et physiques du sol support qui sert d'assise pour la structure de chaussée aéronautique.

Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'informations indispensables, car elle permet :

- En phase d'étude : de bien définir le projet (dimensionnement du corps de chaussée et choix des matériaux).
- En phase d'exécution : elle permet de réaliser les travaux avec un minimum de risques possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols).

Cette étude doit aussi permettre de localiser les différentes couches, donner les renseignements de chaque couche, les caractéristiques mécaniques et physiques de sol support. (21)

III. 3 Auscultation et reconnaissance géotechnique

Le programme de reconnaissance géotechnique établi par le **SAEIT**

Organisme national du contrôle technique des travaux publics) et exécuté par le **LTPS** comporte les essais d'investigation suivants:

1.Des essais in situ englobant :

- Des mesures de portance résiduelle des chaussées existantes au moyen du système de mesure des déflexions HWD.
- L'exécution des sondages carottés avec prélèvement de carottes d'enrobés.
- L'exécution des puits de sondage avec prélèvement d'échantillons du sol support.
- La détermination du module de la réaction du sol support (module de Westergaard au moyen de l'essai de plaque).

1. Des essais au laboratoire (les norme et les résultats de ces essais)

- Analyse granulométrique. (NFP94-056)
- Essai PROCTOR, et PROCTOR modifié (Wopt) (NFP94-093)
- Essai CBR. (NFP94-62)-

- Limites d'ATTERBERG (WL, Ip).(NFP94-51)
- L'analyse chimique (NFP94-55)

III. 4 Mesure des Déflexions

1. Présentation

Les chaussées des aires constituant l'aérodrome feront l'objet d'une auscultation pour la mesure des déflexions au moyen d'un appareil à grand rendement.

L'appareil utilisé pour les mesures des déflexions est le HWD (Heavy wright Défloctometer), ce dernier est adapté aux chaussées aéronautiques. Il permet de réaliser des essais non destructifs et rapides en un point ponctuel de la chaussée. .(22)

Les mesures prises sur site par le système HWD permettent de calculer les paramètres suivants :

- Les valeurs des déflexions.
- Les modules de rigidités de chaque couche.
- La durée de vie résiduelle de la chaussée existante.
- Les épaisseurs de renforcement.

2. Principe de mesure et traitement

L'appareil HWD consiste à reproduire les sollicitations dues au passage d'un véhicule lourd ou avion et à mesurer la réaction de la chaussée en mesurant le bassin de déflexion à l'aide de neuf (09) géophones

Le premier géophone est situé dans une cavité aménagée au centre de la plaque de chargement. Les autres sont placés sous la remorque le long de la tige mobile de 2,25 m et peuvent être positionnés aux endroits désirés selon les besoins.

Le chargement dynamique produit est mesuré à l'aide d'une cellule adéquate, les charges peuvent varier de 40 à 180 KN selon le poids de la masse et la hauteur de chute. La charge utilisée pour l'analyse structurale des chaussées aéronautiques dépend de l'avion le plus contraignant. Dans notre cas, une masse de 700 kg est utilisée.

La masse est montée à la hauteur voulue (300 et 400 mm dans notre cas) puis laissée en chute libre grâce à un signal électrique. L'impulsion est transmise par un amortisseur de caoutchouc à une enclume reposant sur une plaque d'acier circulaire de 300 ou 450 mm de diamètre. La

plaque peut s'incliner jusqu'à 6° par rapport à l'horizontale pour mieux épouser la forme de la surface.(22).

3. Les mesures

Les mesures ont été réalisées comme suit :

La piste 18/36 :

- Longueur : 3000 m.
- Largeur : 45 m.
- Densité de mesure : 1 point de mesure / 50 ml.
- Nombre de point : 60 points.

la voie de roulement:

- Longueur : 425.70m.
- Largeur : 25 m.
- Densité de mesure : 1 point de mesure / 50 ml.
- Nombre de point : 6 points.

Le parking :

- Longueur : 350m
- Largeur : 105 m
- Densité de mesure : 4 points / poste de stationnement
- Nombre de point : 16 points.

Le nombre total de point de mesure et de 82 points.

- La valeur des déflexions =.350 μ m
- La valeur moyenne des modules de rigidités de la couche bitumineuse = 13751 Mpa
- La durée de vie résiduelle de la chaussée existante =10 ans

La valeur minimale calculée de PCN pour l'extension de piste principale de l'aérodrome d'El-Menia pour une durée de la vie de 10 ans est de 50 F/A/X/T .(22)

III. 5 Investigations géotechniques

La campagne géotechnique consiste à déterminer les épaisseurs de différentes couches des chaussées en place «sondage carotté» et de reconnaître aussi le sol support « sondage par puits ».

1. Sondages par puits

Les puits de reconnaissance sont réalisés à un niveau bas du corps de chaussée à une profondeur de 140 cm (sol support) qui se situent sur le bord de la piste et de la bretelle exécutés au niveau des accotements.

Les essais qui nous avons fait sont divisé à chaque couche dans notre profondeur de sondage. .(23)

Les prélèvements des échantillons doivent être d'une quantité suffisante pour l'exécution des essais au laboratoire.

Les puits de reconnaissances « sondage par puits » au nombre de 04 qui sont implantés comme suit :

- Deux sondages (S1, S2) localisés respectivement au PK 0+500 et PK2+500 de la piste.
- Un sondage (S3) localisé à proximité de la voie de circulation.
- Un sondage (S4) localisé près du parking.

2. Sondages carottés

Les sondages carottés sont exécutés à l'aide de tubes métalliques, qui peuvent atteindre plusieurs mètres, et qui sont réalisés au niveau des chaussées à différents endroits de l'aérodrome (18 sondages ont été exécutés), déterminant ainsi les couches bitumineuses mises en place.

Les informations à récolter pendant l'exécution des carottes sont :

- La nature et les épaisseurs des diverses couches d'enrobés.
- L'état de fissuration des couches.
- La qualité de liaison entre différentes couches d'enrobés.

Les sondages carottés réalisés sont localisés comme suit :

- *Piste d'envol*: 12 carottes « une carotte sur deux au niveau de fissures ».
- *voie de roulement*: 02 carottes « une carotte sur deux au niveau de fissures ».

Parking: deux carottes par poste; soit 04 carottes sur deux au niveau de fissures.

.(24)

3- Essai de plaque

Un essai de plaque est un essai de chargement effectué à la surface du sol à l'aide d'une plaque rigide circulaire. L'essai consiste à mesurer l'enfoncement (la déflexion) de la plaque sous l'application de charges statiques suivant un programme de chargement qui impose, soit les charges, soit les enfoncements. L'essai

Westergaard est l'essai de plaque le plus utilisé, il a été réalisé sur les deux bouts de piste et il est décrit ci-après. .(25)

a. Dispositif d'essai

L'essai est réalisé au moyen d'une plaque rigide circulaire de diamètre 76,2 cm (30 pouces). Cette plaque est chargée à l'aide d'un vérin qui, généralement, prend réaction sur un véhicule lesté. L'enfoncement de la plaque est mesuré par trois comparateurs mécaniques qui sont reliés à une base fixe non influencée par les mouvements du sol autour de la plaque lors de son chargement.

b. Procédure d'essai

La plaque est posée sur un sol aplani, si nécessaire après interposition d'une mince couche de sable. Elle reçoit une première charge de 10 kPa (poids de la plaque inclus) que l'on maintient jusqu'à stabilisation. La plaque est ensuite chargée à 70 kPa et cette charge est maintenue jusqu'à la stabilisation du tassement. .(25)

IV Le dimensionnement des chaussées aéronautiques

1 Introduction

Le renforcement des chaussées aéronautiques consiste à construire une ou plusieurs couches sur la structure existante «deux au maximum» ; c.à.d couche de roulement et couche de base, et ce dans le but de rétablir la chaussée dégradée et la rendre plus performante et plus opérationnelle.

D'après les sondages carottés effectués sur les aires de manœuvres de l'aérodrome Touat, nous avons constaté que les épaisseurs de la couche de roulement sont variables, la chaussée présente également des dégradations de types fissure de joint, de retrait et remontée; pour cela il est nécessaire de renforcer la chaussée en calculant une épaisseur équivalente de renforcement. .(26)

NOTA : Dans le renforcement de l'aérodrome, nous allons introduire des bouts bétonnés (chaussée rigide).

2 Constitution des chaussées aéronautiques

Les chaussées des aérodromes sont constituées de différentes couches de matériaux superposées; on distingue deux types de chaussées :

2.1 Chaussée souple

Le revêtement de la chaussée souple est à base du liant hydrocarboné « Bitume », qui comprend trois couches définies du haut en bas comme suit :

a. Couche de surface

Cette couche est en contact directe avec les pneumatiques des aéronefs, elle a comme rôle de transmettre les efforts extérieurs aux couches inférieures, elle est composée par une couche de roulement et d'une couche de liaison, son épaisseur varie entre 7 et 10 cm. La couche de surface a aussi le rôle :

- D'imperméabiliser la surface de la chaussée ;
- D'assurer la sécurité « adhérence » et le confort des usagers « bruit, uni »;

b. Couche de base

C'est une couche supportant des efforts importants qu'elle doit transmettre à la couche de fondation avec une bonne répartition. Elle doit être constituée par des matériaux de très bonnes qualités et son épaisseur varie entre 10 et 25 cm.

c. Couche de fondation

C'est une couche sur laquelle repose les couches supérieures qui intervient donc dans la résistance de la chaussée en faisant répartir les efforts « contraintes normales » vers le sol support ou la couche de forme si celle-ci existe. Elle peut être exécutée avec des matériaux se trouvant sur place ou avec des matériaux d'apport.

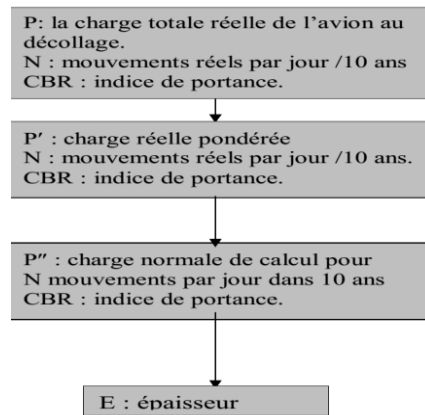
2.2 Chaussées rigides

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

3- Critères de choix du type de chaussées

Les critères qui interviennent dans le choix du type de la chaussée sont :

- coûts de construction
- conditions locales d'approvisionnement en matériaux.
- climat
- sol de fondation
- trafic
- délais d'exécution
- possibilité de phasage



– problèmes techniques de renforcement

Dans le cas général, le dimensionnement d'une chaussée d'aérodrome nécessite la connaissance de la charge maximale que cette chaussée doit supporter.

4 Méthode de dimensionnement

Pour le dimensionnement de l'épaisseur du renforcement de l'aérodrome d'EL GOLEA on a utilisé deux méthodes :

i. Méthode forfaitaire

- Un seul type d'avion (l'avion critique) est pris en compte.
- Hypothèse du trafic 10 mvt/J.
- Duré de vie de piste 10 ans.

ii. Méthode optimisée

- L'ensemble des avions est pris en compte.
- Les fréquences et les charges sont données respectivement.
- Duré de vie donnée

5 Dimensionnement de la chaussée souple

5.1 Dimensionnement par la méthode forfaitaire

L'utilisation de la méthode forfaitaire pour le dimensionnement d'une chaussée souple nécessite les données de base suivantes :

- L'indice de portance **CBR** du sol support.
- La charge exercée par l'aéronef le plus contraignant appelée la charge normale pondérée du calcul **P²** et le nombre de mouvements.
 - L'épaisseur équivalente de la chaussée existante.

Ainsi que l'épaisseur de renforcement est déterminée par la différence entre l'épaisseur équivalente nécessaire d'une chaussée neuve et l'épaisseur équivalente de la chaussée existante

La méthode consiste à suivre les étapes suivantes :

- Données de trafic sur l'aire considérée.
- Pondération de la charge selon l'aire considérée.
- Conversion de la charge pondérée P à mouvements par jour / 10 ans en une charge P pour dix
- Mouvements /jour dans 10 ans.
- Utilisation des formules ou les abaques de dimensionnement pour l'atterrisseur considéré.

B) Pondération des charges réelles (P ϕ)

La charge utilisée pour le dimensionnement du corps de chaussée doit être pondérée selon l'aire considérée :

- Les chaussées de piste d'envol, de voies de circulation, de bretelles sont dimensionnées avec 100 % de la charge P.
- Les accotements sont dimensionnés par 50% de la charge P et les P.O.R à 70% de P.
- Pour les aires de stationnement (parking civil et fret) sont amenées à une majoration de 120 % de la charge P.

Conclusion :

Le renforcement d'une chaussée aéronautique devra être envisagé lorsque l'une des deux conditions suivantes est rencontrée :

- la densité de ses dégradations relevant d'un défaut structurel sera devenue trop importante pour que celle-ci relève encore du domaine des réparations,
- la charge admissible est insuffisante pour permettre une évolution souhaitée du trafic.

Résumé :

Le suivi doit passer par l'appréciation périodique des qualités de la chaussée grâce aux indicateurs d'état tels que la portance, l'uni, la glissance, etc....

Une chaussée aéronautique doit présenter des qualités de deux types :

Des qualités structurelles.

Des qualités superficielles.

En pratique, l'évaluation des indicateurs d'état (portance, uni, glissance...) nécessite des moyens importants.

Le seul indicateur d'état qui échappe à cette règle est l'état de surface.

CHAPITRE II :
Renforcement Par Bout
De Béton Et Géotextile

1- Introduction

A de rares exceptions près les revêtements bétonnés sont, En Algérie réservés aux chaussées neuves destinés à supporter un trafic lourd, c'est-à-dire des charges élevées (aérodrome).

Ces chaussées, quand elles sont bien réalisées, ont la particularité d'offrir des coûts d'entretien nettement moins élevés, moindre épaisseur, des durées de vie plus longues, des emplois de granulats locaux, que les chaussées souples.

Dans ce chapitre nous avons présenté généralité sur les chaussées aérodrome comme les définitions de bout bétonné et la définition du géotextile, type de géotextile et géogrilles.

Nous nous proposons à travers ce mémoire un cas concret de réalisation d'une chaussée en béton Il s'agit du bout bétonné de aérodrome El MENIAA. .(27)

V. 2 Généralités sur les chaussées rigides

On appelle chaussées rigides, des chaussées comportant en couche supérieure des matériaux traités au liant hydraulique (béton de ciment essentiellement).

La nature du béton hydraulique fait que la rigidité des dalles qui constituent la partie supérieure de la chaussée protège le sol support des sollicitations mécaniques.

Ces chaussées ont de nombreux avantages : elles ne subissent pas des déformations sous un trafic élevé, sa durée de vie est longue à partir de 30 ans avec peu d'entretien, la planéité, l'uni et l'adhérence sont assurés, pas de déformations inacceptables du revêtement (sous l'effet des surcharges de durées prolongées) et travaux d'entretien réduits pendant l'exploitation.

V. 3 Différents types de chaussées rigides

Il est usuel de classer les chaussées en béton selon la façon de leur construction et éventuellement de la façon de traitement des discontinuités associées aux retraits de prise et thermique du béton :

- a) Les chaussées a dalles courtes non armées non goujonnées.
- b) Les chaussées a dalles courtes armées goujonnées.
- c) Les chaussees en béton arme continu.

Le revêtement en béton de ciment repose sur une couche de fondation qui peut être :

- En béton maigre,
- En grave traitée aux liants hydrauliques avec éventuellement interposition de béton poreux,
- L'ancienne chaussée en enrobés ou en béton (préalablement fracturée si celle-ci est en béton) dans le cas d'un renforcement.

a. Chaussées à dalles courtes non armées et non goudonnées (BC)

Les structures de chaussée constituées de dalles courtes à joints transversaux (au départ moulés puis sciés) correspondent à la technique la plus ancienne.

Afin de localiser la fissuration de retrait du revêtement en béton, les joints délimitant les dalles sont sciés dans le béton au jeune âge avec un espacement variant de 4 à 7,5 m pour limiter l'amplitude de l'ouverture des fissures (figure 1.1). Les joints transversaux sont perpendiculaires à l'axe de la chaussée.

Conçues et réalisées selon les règles de l'art, ces structures peuvent supporter des trafics d'avions lourds et sont essentiellement utilisées sur les aérodomes militaires.

À titre indicatif, l'épaisseur des fondations en béton maigre varie de 15 à 20 cm et l'épaisseur des dalles de revêtement en béton de ciment de 25 à 40 cm..(28)

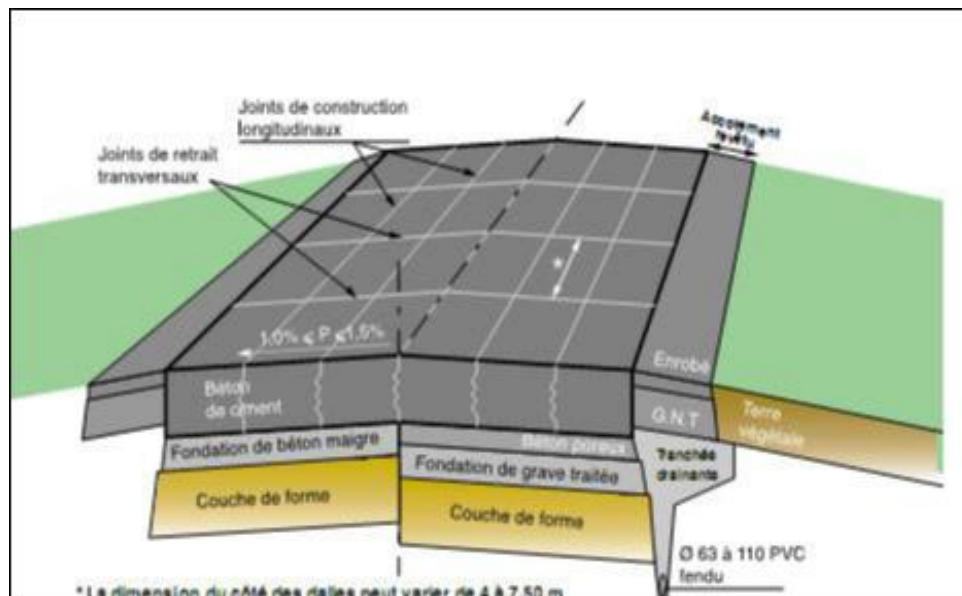


Figure:II 1 dalles de revêtement en béton de ciment

b. Chaussées à dalles courtes non armées et goudonnées (BCG)

Afin d'améliorer le comportement des joints transversaux et le transfert de l'effort tranchant entre dalles, des goujons sont disposés à mi-épaisseur de la dalle au droit de chaque joint (figure 1.2).

Les goujons sont des barres d'acier lisses, enduites sur au moins la moitié de leur longueur d'un produit évitant l'adhérence au béton pour permettre les mouvements longitudinaux des dalles; les goujons sont espacés de 30 cm environ.

Cette technique, bien adaptée aux trafics d'avions lourds est utilisée sur les aires aéronautiques civiles.

À titre indicatif, l'épaisseur des fondations en béton maigre varie de 15 à 20 cm et celle des dalles de béton de ciment goudonnées de 25 à 40 cm.

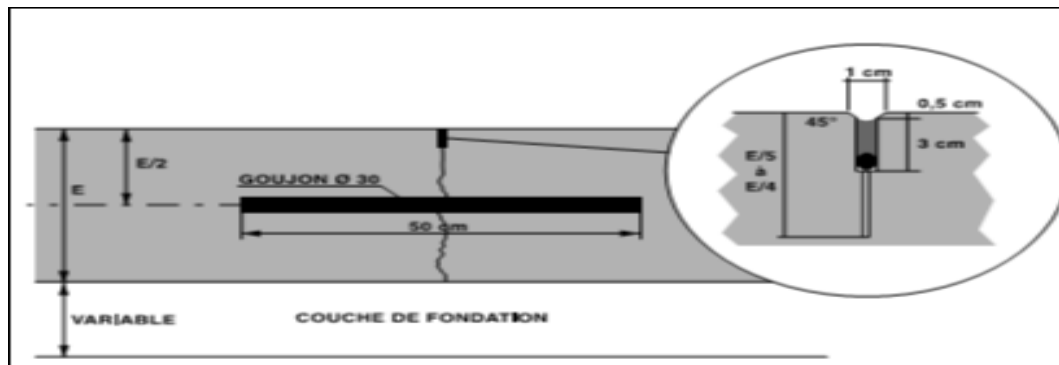


Figure:II 2 Dalles goudonnées : coupe longitudinale au niveau d'un joint de retrait

c. Chaussées en béton armé continu (BAC)

Si les joints sciés permettent d'éviter une fissuration aléatoire de retrait, ils restent des points faibles de la structure et une sujétion pour l'entretien. Pour éliminer la présence de joints, une solution est d'employer des armatures métalliques longitudinales disposées en fibre neutre de la dalle (photo 1).

Celles-ci répartissent alors par adhérence, avec des fissures nombreuses mais fines, les déformations dues au retrait du béton. Ces armatures longitudinales en aciers ronds représentent une section de 0,67 % de la section du béton.

Inventée aux Etats-Unis, très utilisée dans le domaine routier en Belgique à partir de 1970, cette technique a été retenue pour le rechargement de la piste de l'aéroport de Lorient en 1989 qui reste actuellement le seul chantier aéroportuaire en Europe.

Le béton armé continu s'avère bien adapté aux chaussées à trafic lourd (pour lesquelles les contraintes d'exploitation sont importantes), en construction neuve et en renforcement.



Photo V.II .3- Aéroport de Lorient-Lann Bihoué : reconstruction de la piste en B.A.C.

V.4 Les différents types de joints sur les chaussées en béton

La réalisation de chaussées en béton de ciment nécessite la confection de joints, afin de permettre une localisation nette des fissures qui sont inhérentes à la nature de ce matériau.

La prévision de leur emplacement et leur dimensionnement relevant d'avantage de règles empiriques que de calculs, leur exécution demeure une opération délicate à laquelle il est toujours nécessaire d'apporter un grand soin et une grande attention. Trois types de joints sont généralement rencontrés sur les chaussées réalisées en béton de ciment et ces derniers seront présentés ci-après.

a. Les joints de construction

1. **Transversaux** : Ce sont les joints d'arrêt de répandage en fin de journée ou en cas de panne prolongée du matériel. La dalle est coffrée ou retaillée de manière à obtenir un bord franc. Des fers de liaison sont introduits dans le béton frais pour assurer la jonction entre parties de dalle. Dans la mesure du possible on s'efforce de faire correspondre l'emplacement de l'arrêt du répandage avec celui d'un joint de retrait-flexion.
2. **Longitudinaux** : Ce sont les joints séparant deux bandes de répandage adjacentes. Un assemblage par rainure et languette ou en forme de profil ondulé est réalisé pour la transmission des charges entre dalles. Des fers de liaison ou des goujons destinés à la liaison entre deux bandes peuvent être mis en place dans la zone circulée par les trains d'atterrissage.

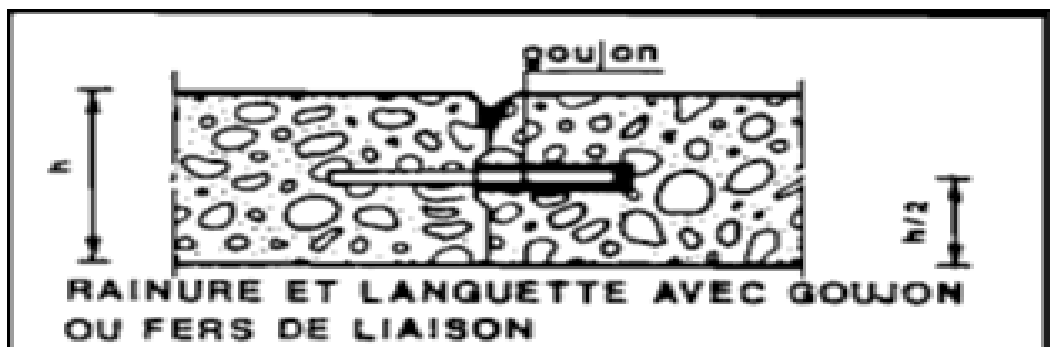
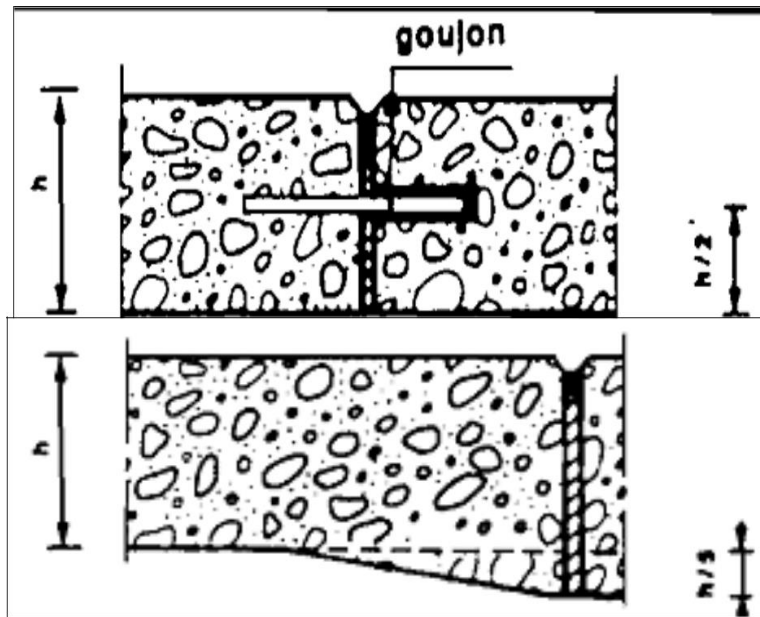


Figure II 4. : les joints séparant deux bandes

b. Les joints de dilatation

Ce sont des joints particuliers, prévus pour éviter des efforts horizontaux entre ouvrages importants (intersection de pistes entre elles ou raccordement de bretelles sur la piste). Ces joints ont environ 30 mm d'épaisseur, ils sont parfois goujonnés et constitués par un corps de joint compressible. La partie supérieure est remplie d'un pas de joints de dilatation, sauf en cas de conditions climatiques extrêmes (figures 2.2).



Joint de dilatation placé à

l'intersection d'ouvrages :

- Entre piste et voies.
- Aux abords des ouvrages d'art.
- Le long des caniveaux.

Joint de dilatation placé :

Pour éviter de désolidariser deux ouvrages et éviter des poussées dangereuses

Figures II.5: Joint de dilatation placé

Ce sont des joints destinés à favoriser la fissuration de retrait du béton, en la localisant à un endroit choisi. Ces joints sont perpendiculaires à la bande de répandage ou légèrement obliques (figure 2.3).

Leur espacement D , qui est fonction de l'épaisseur du béton est généralement compris entre 5 ou 7,5 m.

On le détermine par application de la règle d'Eisenman qui prévoit que le rapport D/e , entre la plus grande dimension de la dalle et son épaisseur, ne doit dépasser 25.

Ils sont réalisés par sciage du béton à un moment précis, (généralement entre 6 et 30 h après le coulage) et tel que le béton n'ait pas encore effectué son retrait, mais qu'il ait déjà atteint une résistance suffisante pour permettre un sciage propre et sans départ de matériaux.

De tels joints sont parfois prévus longitudinalement, lorsque la largeur de bétonnage est trop importante comparée à l'épaisseur (règle d'Eisenman).

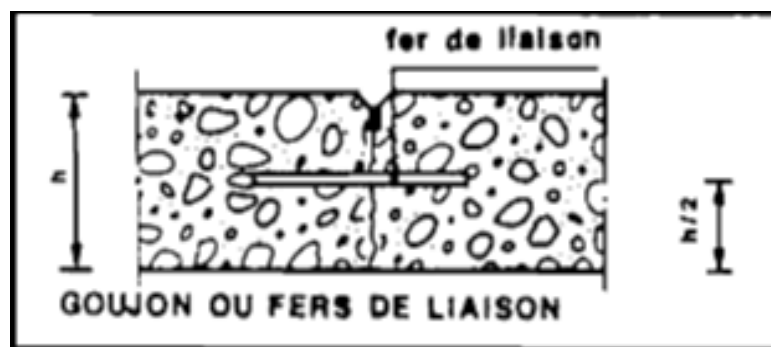


Figure II.6 Joint de dilatation placé

V. 5 But et nature des aciers rencontrés dans les chaussées en béton de ciment

a) Les goujons

Sont des barreaux en acier doux destinés à assurer le transfert de charge d'une dalle à l'autre sans gêner le retrait du béton. Ils sont placés au droit des joints et à mi-hauteur de l'épaisseur du béton.

Leur diamètre compris entre 20 mm et 30 mm, et leur espacement sont directement liés à l'épaisseur de la dalle.

b) Les fers de liaison

Sont des barres d'aciers haute adhérence disposés à mi épaisseur du béton et destinés à liasonner les bandes en béton entre elles. Ils contribuent au niveau des joints longitudinaux à maintenir l'écartement de joints entre bandes, et par là à favoriser le bon fonctionnement de joints à rainure et languette.

Leur diamètre compris entre 10 mm et 16 mm, et leur espacement sont liés au poids des bandes adjacentes et leur pente.

V. 6 Sollicitations subies par les joints

Les différents types de joint que comporte une chaussée réalisée en béton de ciment, subissent toutes des sollicitations identiques, dont l'intensité varie en fonction de multiples paramètres tels que, la qualité de la fondation, l'importance du trafic, le climat, l'âge de la chaussée...

Ces sollicitations qui nuisent à l'efficacité du joint peuvent être regroupées en trois catégories :

- Mécaniques
- Thermiques
- Chimiques

V.7 Dalles de transition

Entre une chaussée en béton en dalles californiennes ou à dalles goujonnées et une structure en enrobés, il faut prévoir une dalle de transition sur une longueur comprise entre 1,3 et 2 m. Un joint de dilatation transversal et goujonné sera réalisé entre la dernière dalle et la dalle de

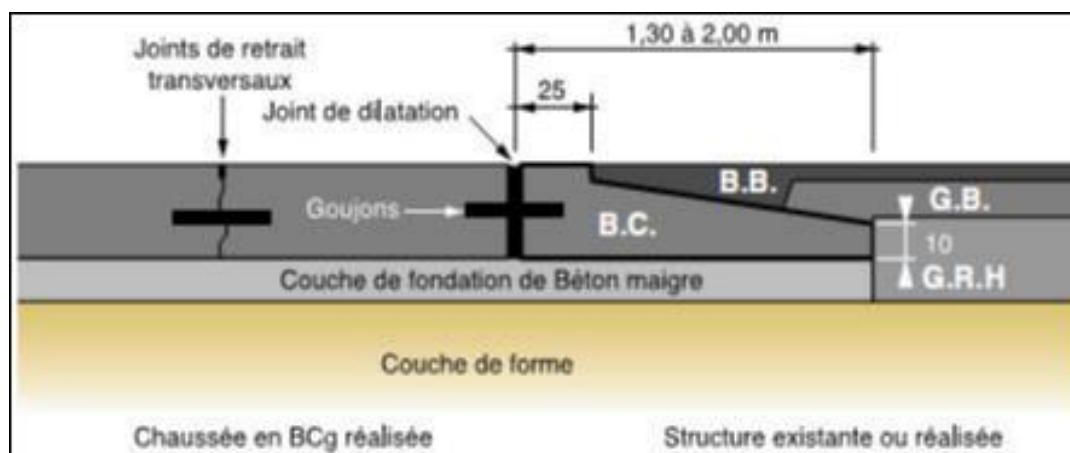


Figure II.7. : Dalle de transition : réalisation conseillée

La conception de la dalle de transition devra être telle que sa section diminue régulièrement et qu'elle soit recouverte entièrement de matériau hydrocarboné. On évitera donc sous peine de fissuration prématurée une réalisation du type de celle représentée par la figure (3.2).

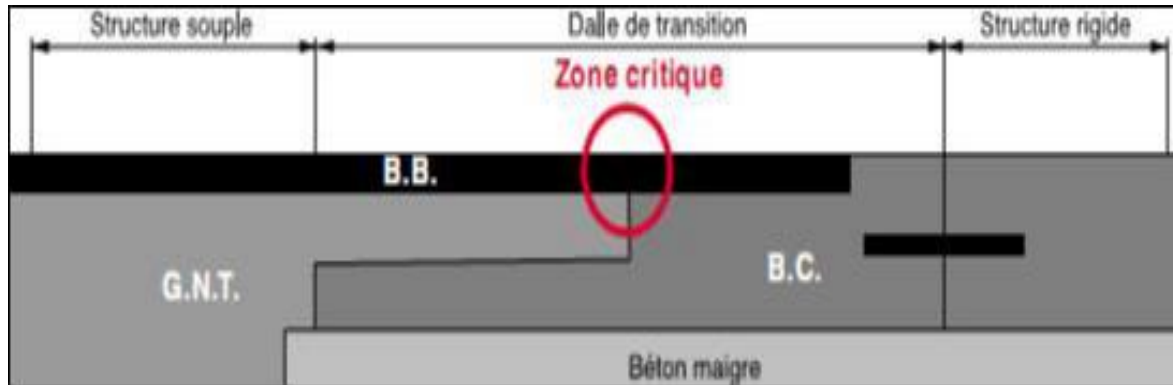


Figure II.8. : Dalle de transition : réalisation à proscrire

V. 8 Description des aménagements et consistance des travaux

Les aménagements que nous allons prévoir se résument comme suit :

a- création d'un bout bétonné de 250x45 m dans l'enceinte de la piste existante, en décaissant la structure souple en place (seuil18) d'une superficie de 11250 m² sur une profondeur de 70 cm.

b- création d'un bout bétonné de 200x45 m dans extrémité de l'enceinte de la piste existante, en décaissant la structure souple en place (seuil36) d'une superficie 9000 m² sur une profondeur de 70 cm.

Les travaux consistent, donc, à décaisser l'extrémité de chaussée existant sur une profondeur de 70 cm et sur les 450 m de part et d'autre de la piste principale.

Les couches scarifiées seront substituées en matériaux choisis à savoir :

- Couche forme en tuffsur 20 cm d'épaisseur.
- Couche en grave ciment sur 20 cm d'épaisseur.
- Dalles en béton de 30 cm d'épaisseur.

La chaussée ainsi obtenue aura une élévation de 8 cm par rapport à l'ancien corps de chaussée et sera donc au même niveau que la partie souple après renforcement.

V.9 Réalisation de la dalle en béton de ciment

La couche de surface «roulement» qui est en béton de ciment sera formée par l'ensemble des dalles courtes non armées et goujonnées (CDG) de dimension de 5x5 m.

Des schémas, explicatifs et détaillés, seront présentés ci-après sur :

- La disposition des joints ;
- Joints transversaux avec goujons ;
- Joints longitudinaux (acier lisse) ;
- Joints longitudinaux (acier H.A) ;
- Joints de retrait-flexion ;
- Dalle de transition.

V.10 Jonction chaussées rigide et souple

Entre la partie souple et la partie rigide (au PK : 0+000 et PK : 3+000), nous allons prévoir des dalles de transition de 2 m de largeur sur les 45 m afin d'éviter la formation d'éventuelles marches entre les deux types de chaussées.

La dalle de transition devra être telle que sa section diminue régulièrement et qu'elle soit recouverte entièrement de matériau hydrocarboné. (Voir les Figures (3.1) et (3.2) ci-après sur le détail de dalle de transition).

VI. Variante retenue

VI.1 Généralités sur la variante retenue

Après avoir fait une comparaison entre les différentes variantes proposées, nous avons conclu que notre choix portera sur la solution de géotextile « Géogrille » parce que l'aspect assigné à la solution de renforcement, est la recherche d'un traitement retardant considérablement la remontée de fissures et renforçant la nouvelle couche de surface ; dans ce sens l'interposition d'une grille synthétique constitue un moyen efficace pour remédier à ce phénomène de fissuration dans des conditions climatiques défavorables (variation importante du gradient thermique).

En définitive, la solution globale consiste pour les trois aires auscultées en une préparation de l'assise (fraisage, colmatage), mise en place d'une grille synthétique et un revêtement de surface en béton bitumineux. Pour chacune des aires la solution détaillée se résume comme suit :

a) La piste d'envol

Partie souple

- Fraisage de la bande centrale sur 30 m de largeur et 8 cm de profondeur et reprendre avec 8 cm du béton bitumineux 0/14 ;
- Mise en place de la grille synthétique ;
- Mise en œuvre d'une couche de roulement de 08 cm d'épaisseur en béton bitumineux 0/14.

d) La voie de circulation

- Fraisage de la bande centrale sur 15 m de largeur et 8 cm de profondeur et la reprendre avec 8 cm du béton bitumineux 0/14 ;
- Mise en place de la grille synthétique ;
- Mise en œuvre d'une couche de roulement de 08 cm d'épaisseur en béton bitumineux 0/14.

e) parking

- Fraisage des enrobés en place, sur 08 cm d'épaisseur, et reprendre avec 08 cm en béton bitumineux 0/14 ;
- Mise en place de la grille synthétique ;
- Mise en œuvre d'une couche de roulement de 08 cm d'épaisseur en béton bitumineux 0/14.



FigureII- 09 Fraisage la bande centrale sur 30 m de largeur de piste principale de l'aérodrome EL MENIA.



Figure II10 Mise en place de la Géogrille dans l'aérodrome EL MENIA

L'introduction du tapis de géogrilles est une technique qui, en Algérie, manque d'expérience et de connaissance, donc sa mise en œuvre doit se faire avec une grande précaution et un bon suivi.

Dans ce qui suit nous allons faire comprendre la nécessité d'utilisation du géotextile dans le domaine des travaux publics en générale et les chaussées aéronautiques en particulier, tout en citant les différents types de géotextiles de renforcement et leurs caractéristiques mécaniques.

VII.1- Définition du géotextile

Les géotextiles sont de nappes de fibre synthétiques utilisées dans les travaux publics pour servir de surface de séparation, de filtre, de drain et d'armature. Il en résulte que le choix d'un géotextile doit nécessairement faire intervenir un nombre minimal de facteurs.

2. 1 Les constituants

Les géotextiles sont constitués de fibres synthétiques obtenues par filage puis étirage de polymères fondus, le plus souvent du polypropylène ou du polyester. Le diamètre de ces fibres est d'environ 10 à 30 micromètres. (29)

Certains géotextiles sont cependant constitués de bandelettes obtenues non pas par filage mais par découpage de fils puis étirage. Ces bandelettes sont alors en polypropylène et possèdent quelques millimètres de largeur.

2. 2 Les types principaux de géotextiles

Il y a essentiellement deux familles de géotextiles :

- *Les géotextiles tissés*: Ils sont obtenus par l'entrecroisement de deux nappes perpendiculaires de fils ou de bandelettes.

- *Les géotextiles non tissés*: Ils sont constitués de fibres disposées de façon désordonnées et liées par différents procédés.

On distingue principalement :

- *Les géotextiles non-tissés aiguilletés* : L'aiguilletage est un procédé purement mécanique dans lequel des aiguilles hérissées d'ergots traversent la nappe dans un mouvement alternatif rapide

- *Les géotextiles non tissés thermo liés*: L'assemblage consiste à comprimer à chaud la nappe de fibres. Il en résulte une soudure superficielle de ces fibres

- *Les autres géotextiles* : On distingue encore les filets, les tricots et tous les géotextiles composites, constitués par l'association de plusieurs produits de façon à combiner leurs propriétés.

2. 3 La durabilité des géotextiles

La connaissance des polymétries utilisés dans les géotextiles et les prélèvements effectués dans les ouvrages relativement anciens permet de conclure que les géotextiles, correctement choisis et mis en place, possèdent une longévité suffisante pour les utilisations en technique d'infrastructures des transports.

Le seul élément susceptible de dégrader assez rapidement les constituants du géotextile est l'exposition à la lumière, ce qui nécessite des précautions faciles à prendre.

2. 4 Principales fonctions des géotextiles

L'intégration de géotextiles dans un sol permet d'en améliorer le comportement mécanique et ou hydraulique.

3- Rôle mécanique

Les géotextiles peuvent agir sur le comportement mécanique des sols selon deux modes principaux d'action : **l'action de séparation** et **l'action de renfort**.

A. La séparation (appelée également action d'anticonamination) C'est la prévention contre le mélange de deux sols ou matériaux de remplissage adjacents de nature différente par l'emploi d'un géotextile.

B. L'action de renfort (appelée action d'armature ou d'additive de structure) C'est l'utilisation de la capacité de résistance d'un géotextile à des fins d'amélioration des propriétés mécanique du sol ou d'autres matériaux de construction.

4) Rôle hydraulique

Les géotextiles peuvent également agir sur le comportement hydraulique d'un sol selon deux modes d'actions, l'action de filtration et l'action de drainage.

a) L'action de filtration

C'est le maintien du sol ou d'autres particules soumis à des forces hydrodynamiques tout en permettant le passage de fluides à travers un géotextile ou produit apparenté

b) L'action drainage

C'est la collecte et le transport de fluides dans le plan d'un géotextile ou produit apparenté.

❖ **En résumé:** les principales fonctions des géotextiles dans les infrastructures sont au nombre de quatre :

- ✓ l'anticondensation.
- ✓ le renfort mécanique.
- ✓ la filtration.

6- Les géotextiles utilisés pour les renforcements

L'utilisation un tapis de géotextile de renforcement crée une résistance à la traction de plus pour les matériaux pulvérulents et cohérents, parce que le sol pulvérulent ne dispose pas de cohésion, ainsi le sol cohérent qui perd ces caractéristiques mécaniques en présence d'eau. Il a aussi comme autre rôle d'armature et liaison entre les grains, en diffusant les contraintes locales.

Nous citons quelques exemples: Les remblais renforcés, les pistes du chantier et les talus renforcés. .

7- Rôle mécanique du géotextile de renforcements

Le rôle principal du géotextile de renforcement est de reprendre, de réduire et de répartir uniformément les contraintes de tractions qui proviennent soit des efforts extérieurs correspondants aux charges des avions, soit des variations thermiques.

Il a aussi comme rôles :

- La séparation des différentes couches constituant le sol pour l'empêchement de l'interpénétration des matériaux avec d'autres matériaux en conservant leurs capacités et stabilités.
- L'augmentation de la durée de vie des routes et chaussées aéronautiques par opposition à la remonté des fissures et l'évitement d'apparition des déformations comme les ornières.

8- Facteurs principaux que doit remplir un géotextile de renforcements

a. La résistance à la traction

Il faut que le géotextile de renforcement soit apte de reprendre une partie des efforts de traction.

b. a résistance au poinçonnement « déchirure »

Les géotextiles doivent encaisser les sollicitations ponctuelles qui tendent à déchirer l'armature.

c. L'état de surface « déformation, flexion, frottement »

Pour que le géotextile reprenne les contraintes de tractions, il faut qu'il s'ancre dans le sol, sinon il induit un plan de glissement qui fait apparaître la rupture.

9- Mode de rupture d'un renforcement par un géotextile

Les modes de ruptures d'un renforcement sont :

- Cassure de l'armature
- Détérioration des caractéristiques mécaniques du contact.

10- Les géotextiles utilisés pour le renforcement des chaussées «anti-fissure »

La réparation des revêtements fissurés par la simple pose d'une couche de revêtement bitumineux constitue rarement une solution durable et fiable. Les fissures présentes dans l'ancienne chaussée forment des points sensibles où de nouvelles fissures peuvent facilement apparaître et remonter en surface sous l'action conjuguée des mouvements des aéronefs et des contraintes thermiques.

Pour prolonger la durée de vie des chaussées de l'aérodrome, des interfaces dites anti fissures sont disponibles sur le marché. Après réalisation de réparations préalables, ces interfaces sont posées ; soit sur le revêtement fissuré et après l'opération de colmatage, fixées à celui-ci et recouvertes d'une autre couche de revêtement neuve, soit à l'intermédiaire de cette dernière. .(29)

11-. Types d'interfaces

11-1. Interface anti-fissures non tissées

Les interfaces anti-fissures non tissées sont des géotextiles non tissés, fabriqués à base de polypropylène ou de polyester et possèdent une épaisseur maximale de quelques millimètres. Pour un bon fonctionnement de ces interfaces, il est nécessaire de saturer le géotextile en liant.

11-2 Interface anti-fissures tissée

Les interfaces anti-fissures tissées se sont des géotextiles tissées, fabriquées avec des fils de polyester ou de verre. Elles sont fixées au support à l'aide d'une couche d'émulsion.

11-3 Géo grilles

Ces grilles régulières sont formées de faisceaux de fils reliés entre eux. Elles sont fabriquées en polypropylène, polyester ou fibres de verre. Leur adhésion au support est assurée par une couche d'émulsion. Certains produits sont auto-adhésifs.

a) Fonction de l'interface

La fonction remplie par l'interface varie fortement selon le type de produit.

b) L'interface non tissés

Résistent aux déformations importantes qui se produisent à proximité des fissures. Ils forment une couche souple, élastique, à l'opposé du recouvrement asphaltique «revêtement» les surmontant qui devient surtout friable aux basses températures et se fissure.

c) L'interface tissés

Se caractérisent par un allongement important à la rupture, généralement supérieur à 35 %. Ces systèmes remplissent en outre un rôle d'étrangéisation et empêchent la dégradation des couches sous-jacentes par les infiltrations d'eau.

11-4-Géo grilles

Les Géogrilles Remplissent une fonction de renforcement et limitent les déformations dans la couche asphaltite de recouvrement à proximité des fissures du support. (30)

Par conséquent, la remontée des fissures est ralentie. L'effet de renforcement obtenu est fonction du matériau de base utilisé et de la quantité de matériau contenue dans la grille. Cette quantité est liée à l'ouverture des mailles et aux dimensions des faisceaux de fils, sans oublier la part des produits d'imprégnation. Ainsi par exemple, une géogrille en polypropylène peut parfois produire un renforcement aussi important que celui d'une grille en fibres de verre, malgré les caractéristiques très différentes des matériaux de base.

L'effet de renforcement, ou son absence ; sont en outre liés aux saisons. En raison de la plus grande souplesse des revêtements bitumineux en été et de leur plus grande rigidité en hiver, il peut arriver qu'un système d'interface donné remplisse une fonction de renforcement en été mais pas en hiver.

a) Essais de laboratoire

Plusieurs essais de laboratoire sont mis en place pour servir à déterminer et/ou à vérifier les différentes caractéristiques des interfaces afin de s'assurer qu'ils pourront effectivement remplir les fonctions qui leur sont d'évoluées dans l'ouvrage. Ces essais concernent principalement :

- **Essais de résistance à l'allongement dans le sens transversal et longitudinal**

Cet essai peut être effectué par le même appareil que celui qui détermine la résistance à la traction qui sera présenté ci-après.

- **Essais de résistance à la traction (dans le sens transversal et longitudinal)**

Produit d'interface soumise à un essai de traction

- **Essais de résistance à la chaleur**

Appareil d'essai de fissuration thermique pour les interfaces anti-fissures

b) **Choix de l'interface**

Pour le renforcement des infrastructures existantes de l'aérodrome d'Adrar, nous avons opté l'utilisation d'une géogrilles dont les avantages, les caractéristiques et sa mise en œuvre est exposée ci-dessous.

Les avantages

- Retarde la remontée des fissures.
- Augmente la résistance à la traction de la couche d'enrobé.
- Absorbe un grand pourcentage des forces de traction horizontales.
- Assure un bon accrochage entre les couches d'enrobés.
- Un prolongement de la durée de vie d'au moins 5 ans d'après l'expérience retenu pour L'aéroport de Luton BELGIQUE.
- Diminution de la couche de renforcement d'au moins 30 % (3 cm de béton bitumineux).

-Caractéristiques techniques

Pour les interfaces anti-fissures, les spécifications suivantes seront appliquées :

Masse surfacique (NF EN 965)	230 - 430 g/m ²
Résistance à la rupture (NF EN ISO 10319)	
– Sens longitudinal.....	50 KN/M
– Sens transversal	50 KN/M
Résistance à la traction sous 3% d'allongement (NF EN ISO 103 19) -Sens longitudinal.....	25 KN/M

- Sens transversal 25 KN/M

Allongement à la rupture (NF EN ISO 10319)

- Sans longitudinal..... < 6%
- Sans transversal < 6%

Dimension des mailles : 40 X 40 mm

Allongement dû au fluage après 2 ans charge constante (50% de la résistance à la traction) ≤ 1%.

Rétrécissement à 180°C après 15 minutes < 1%

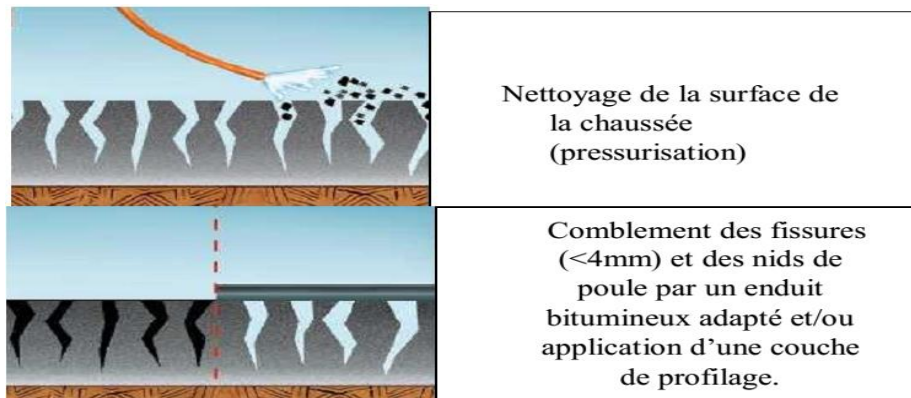
La grille synthétique devra résister aux solvants. L'application de la grille ne devra pas avoir d'incidences négatives sur le collage des enrobés dont l'épaisseur sera d'au moins 5cm.

Le fabricant devra justifier d'une expérience appréciable (minimum dix ans) dans les géosynthétiques retardant la remontée de fissures et devra soumettre une liste de références de tous les principaux chantiers réalisés notamment pour un site analogue (climat aride).

12-La mise en œuvre des géogrilles

Une mise en oeuvre soignée est indispensable au bon fonctionnement de l'interface anti-fissure. L'exécution comprend les phases décrites ci-dessous :

Préparation de la surface : traitement des joints, pressurisation si nécessaire



(pressurisation)

Mise en place d'une couche d'accrochage en émulsion : Dans le cas des géogrilles, l'adhésion est réalisée au moyen d'une couche d'émulsion (dosage minimal : 400 g/m²). Cette couche d'émulsion est mise en œuvre avant la géogrilles. Pour autant que la surface du revêtement soit sèche au moment de la pose. **Pose de l'interface :** Pour un bon fonctionnement de l'interface et

pour des



éviter

problèmes à la mise en oeuvre du recouvrement bitumineux, le produit doit être posé à plat. Les bosses ou plis inévitables lors du déroulement du produit seront dès lors découpés, superposés et fixés au support. Pour éviter le glissement de la grille sous la finisseuse, il faut toujours que le début du nouveau rouleau se trouve sous la fin du rouleau précédent, dans le sens de l'asphaltage. La circulation ne peut pas être admise sur les géogrilles tant que le recouvrement n'a pas été réalisé.

Les véhicules de chantier ne peuvent pas freiner, accélérer ni tourner brusquement, afin d'éviter de déchirer ou d'endommager localement l'interface. Entre deux rouleaux successifs dans le sens longitudinal de la chaussée, le chevauchement est généralement de 25 à 30 cm, par contre le chevauchement transversal est de 15 à 20 cm, pour les géogrilles.

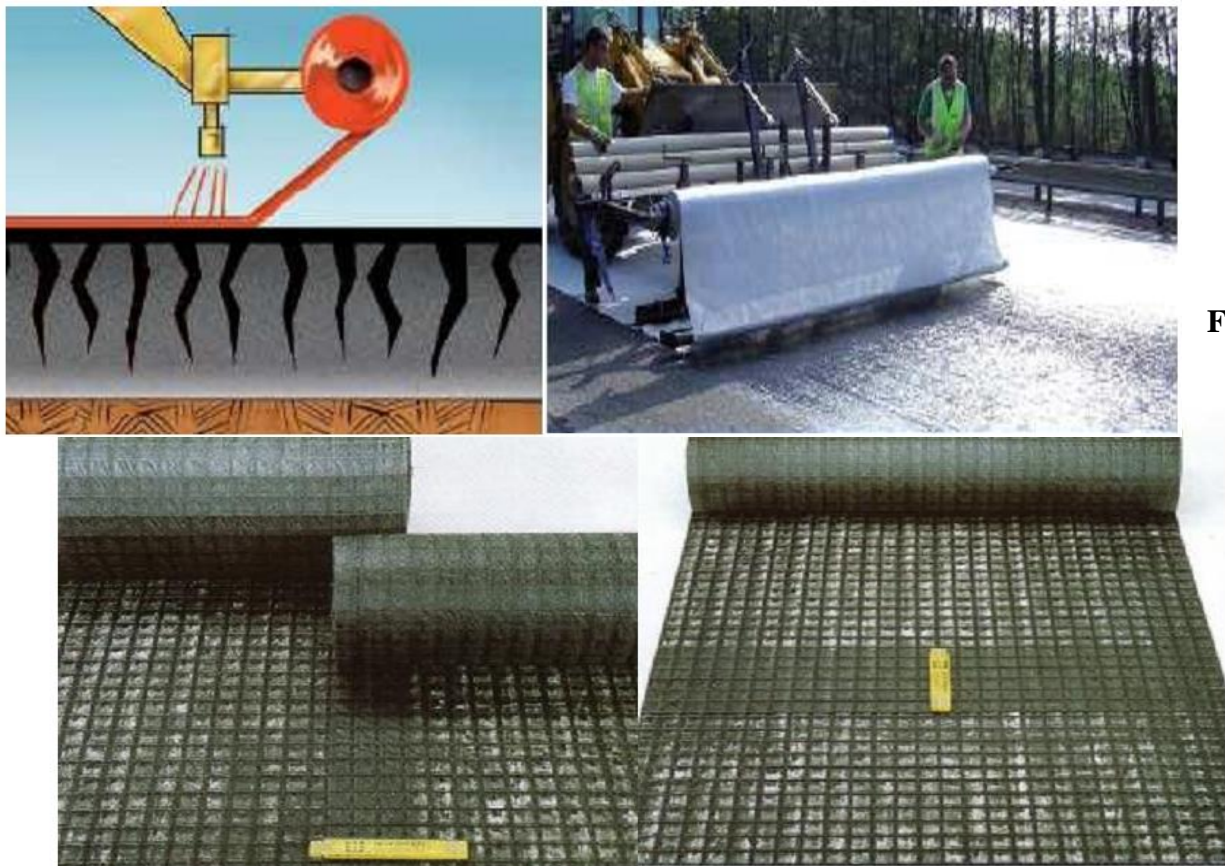


Figure II-11 Mise en œuvre des rouleaux de la géogrilles

Figure II-12 Mise en place de chevauchement

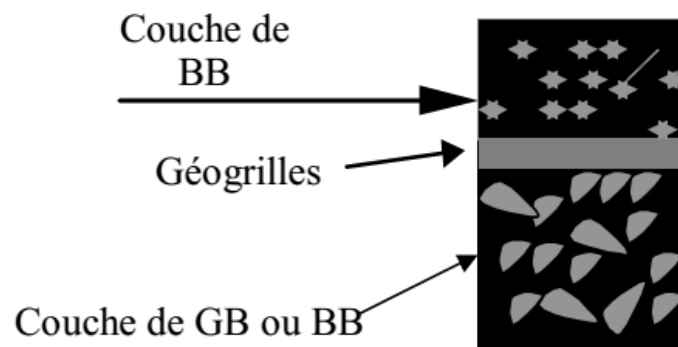
- 1- **Mise en oeuvre du recouvrement bitumineux** : Si la méthode d'exécution dictée ci-dessus a été suivie scrupuleusement. La mise en oeuvre de la couche bitumineuse s'effectue de manière traditionnelle.

Le recouvrement doit avoir une épaisseur d'au moins de 5 cm sur les géogrilles.



Figure II- 13 Mise en place de recouvrement bitumineux

Après l'exécution des travaux de mise en œuvre, on aura une structure comme celle exposé ci-dessous.



Conclusion :

Le béton étant un matériau de revêtement routier qui a fait ses preuves de par le monde peut offrir dans beaucoup de cas spécifiques à notre pays une solution fiable et rentable.

Dans certains pays européens les voiries urbaines ou suburbaines sont fréquemment dotées de revêtements bétonnés, ceux-ci d'épaisseur moindre que dans le cas de la grande voirie, sont durables, peu sonore.

Leur résistance au poinçonnement très élevée et leur insensibilité aux carburants en font des revêtements industriels de choix. Mais leur exécution, qui comporte certaines opérations de détail assez délicates (raccord, goujons, joint, remplissage des joints, réglages des angles, etc.). Ne peut être le fait que d'un personnel spécialisé et parfaitement entraîné, personnel plus nombreux et plus diversifié que celui qu'on peut voir sur les chantiers de chaussées souples.

Les géotextiles sont des produits techniques de plus en plus largement employés.

Ces produits ne sont cependant pas passe partout ; leur fonctionnement dans les ouvrages repose sur des principes complexes renvoyant à de nombreuses caractéristiques.

La conception d'ouvrages les intégrant doit ainsi s'appuyer sur un dimensionnement réel et conforme à l'état de l'art.

CHAPITRE III :

Assainissement Et Signalisation

Et Métré Pour Les Chaussées

De L'aérodrome

Introduction :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'assainissement et signalisation et métré pour les chaussées de l'aérodrome.

VIII. ASSAINISSEMENT

L'évacuation des eaux constitue un problème important pour les aérodromes, du fait des larges dimensions des infrastructures et de leur faible pente. Lorsque les revêtements ne sont pas étanches, les inconvénients sont en effet beaucoup plus graves.

Dans l'étude d'évacuation des eaux, on distingue :

- Les eaux souterraines
- Les eaux de surface

1- Les eaux souterraines

En général, lorsqu'il existe une nappe phréatique en dessous de la piste on réalise une couche anti-contaminante et anti-capillaire avec des matériaux drainant pour supposer à la remonté des eaux.

Si la nappe est très proche de la couche supérieure du terrain naturel soit :

On essaye d'abaisser le niveau de la nappe phréatique en relisant des drains de la défense contre les eaux, qui seront placés parallèlement à la piste, afin que la piste et ses dépendances ne baignent pas dans l'eau. Cela est facile lorsqu'on dispose d'un point d'évacuation des eaux suffisamment bas.

Relever le niveau de la piste et ses dépendances par rapport au terrain naturel par des remblais, de manière à faciliter l'écoulement. Cela quand on dispose d'une zone d'évacuation dont le niveau est peu inférieur à celui du terrain naturel.

2- Les eaux de surface

Les eaux de surface sont celles qui tombent sur les chaussées et aussi autour de l'aérodrome. Ces eaux ne doivent en aucun cas stagner ni sur les pistes et ni au niveau des bandes, on doit donc les drainer et les évacuer.

Pour les eaux qui tombent sur les chaussées: On réalise des réseaux d'assainissements différents en fonction de la pluviométrie : soit des drains profonds ou des drains superficiels, soit uniquement des fausses ou bien des cunettes.

Pour les eaux qui tombent sur les bandes (autour de l'aérodrome): On établit un drainage type agricole composé de drain ou tranchée drainant parallèle et légèrement oblique par rapport au courbe de niveau. Ces drains se jettent dans un collecteur principal.

Il est donc très important de connaître la pluviométrie de la région où est implanté l'aérodrome et ce pour pouvoir dimensionner les ouvrages d'assainissement. (31)

IX. BALISAGE ET SIGNALISATION.

1 Généralités

Tous les aérodromes comportent des signaux, des marques ou des feux destinés à transmettre certaines indications aux navigateurs aériens.

L'ensemble du balisage et de la signalisation est souvent groupé sous le terme de balisage.

On distingue par le balisage l'ensemble de repères visuels fixes servant à guider les aéronefs dans leurs manœuvres et par la signalisation l'ensemble des consignes destinées à aider le contrôle de la circulation aérienne.

En général, cet ensemble de balisage est de deux espèces :

- Balisage et signalisation de jour.
- Balisage et signalisation lumineux.

Ces derniers sont divisés eux-mêmes en deux parties :

1. Balisage pour utilisation de nuit.
2. Balisage pour utilisation par mauvaise visibilité.

2 Les principaux marquages sur l'aérodrome d'EL MENIAA

- Marques d'identification de piste
- Marques d'axe de piste
- Marques de seuil
- Marques de point cible.
- Marques de zone de poser des roues.
- Marquages des voies de circulation •

Marque d'attente de circulation

- Marques de distances constantes
- Marques latérales de piste
- Marques de postes de stationnement.(32)

A-Marques d'identification de piste

L'identification de la piste est caractérisée par la représentation d'un nombre à deux chiffres sur chaque seuil de la piste, caractérisant l'angle que fait l'axe de la piste avec le Nord magnétique.

Dans notre cas l'identification de la piste est de 18/36.

B- Marques de seuil

Chaque piste d'un aérodrome est constituée d'un marquage blanc à chaque extrémité (seuil) de la piste par des lignes 1.8m de largeur et de 30 m de longueur parallèles à l'axe de la piste.

C-Marquage d'axe de piste

La piste d'un aérodrome doit être équipée d'un marquage d'axe, ce marquage est représenté par une ligne de trait uniforme centré sur l'axe de la piste, les dimensions de ces traits sont :

- De longueur = 30 m.
- De largeur = 0.45 m.
- D'espacement = 20 m.

D-Marques de point cible

Les marques de point cible étaient préalablement connues sous le nom de marques de distance constante.

Il est recommandé que la marque de point cible soit constituée par deux bandes bien visibles. Les dimensions des bandes et l'écartement entre leurs bords intérieurs pour notre aérodrome sont comme suit :

- Longueur = 45 m.
- Largeur = 6m.
- Ecartement = 18 m.

E-Marques de zone de poser des roues

Les marques de zone de poser des roues se présenteront sous forme de paires de marques rectangulaires symétriquement disposées de part et d'autre de l'axe de la piste; le nombre de ces paires de marques variera en fonction de la distance utilisable à l'atterrissage et lorsque les marques doivent être disposées sur une piste pour les approches dans les deux sens, en fonction de la distance entre les seuils, comme suit :

Longueur de piste	Paires de marques
Inférieure à 900 m	1
De 900 m à 1 200 m	2
De 1 200 m à 1 500 m	3
De 1 500 m à 2 400 m	4
Supérieure à 2 400 m	6

Chapitre III Assainissement Et Signalisation Et métré Pour Les Chaussées De L'aérodrome

I - 3 Les marques ne seront pas inférieures à 22,5 m de long et 3 m de large et leur pour notre aérodrome sont comme suit :

- Longueur = 30 m.
- Largeur = 1.8m.
- Ecartement = 18 m (espacement =1.5m)
- Nombre =6.

F- Marquages des voies de circulation

Ce marquage est constitué par une ligne sur l'axe de la voie de circulation qui assure le guidage à partir de l'axe de la piste principale jusqu'au parking.

La ligne de marquage de la voie de circulation est discontinue ayant une largeur de trait de 15 cm.

G- Marque d'attente de circulation

Ce marquage indique l'emplacement des aéronefs avant d'accéder à la piste principale, qui se situe à l'intersection de la piste avec la voie de circulation ou la bretelle.

H- Marques de distances constantes

Ces marques sont situées aux extrémités de la piste ayant une distance constante de 300 mètres de seuil, de forme rectangulaire, qui ont une longueur de 45 m à 60 m et de 6m à 10 m de largeur.

Dans le cas de notre aérodrome les dimensions sont comme suit :

- Longueur = 45 m.
- Largeur = 6 m.
- Ecartement = 18 m

I- Marques de postes de stationnement

Les marques de poste de stationnement d'aéronef sont disposées sur une aire de trafic avec revêtement, leur objectif est de mettre à la disposition du pilote un système de marquage au sol clair lui permettant d'effectuer les manœuvres sans l'aide du personnel au sol. Il faut toutefois ne pas multiplier les indications sur un même poste de stationnement, pour éviter les risques de confusion.

3 Les lignes de système de guidage

• **Ligne d'entrée sur le poste** : elle est représentée par une ligne droite raccordée par un cercle à la ligne d'axe de la voie de desserte.

• **Repère de début de virage** : Une flèche de début de virage est tracée à l'extrémité et à gauche de la ligne d'entrée sur le poste, elle indique la direction vers laquelle doit s'effectuer le

Chapitre III Assainissement Et Signalisation Et métré Pour Les Chaussées De L'aérodrome

virage, le pilote amorce le virage dans la direction indiquée, dès qu'il voit la flèche par son travers.

• **Ligne d'orientation finale** : une ligne droite rejointe par le train avant en fin de virage, donne au pilote l'orientation de positionnement retenu sur le poste de stationnement.

• **Repère d'arrêt** : Un repère tracé sur la gauche de la ligne d'orientation finale indique au pilote l'arrêt, quand il est par son travers, après avoir rattrapé le train avant.

4 Mise en œuvre du marquage

Les travaux de marquage doivent passer par les étapes suivantes :

1) un pré-marquage manuel est effectué à l'aide d'un cordeau après l'alignement de repère. Le piquetage des bandes est alors matérialisé soit au pinceau par points, soit au jet continu fin à l'aide d'un pot spécial.

2) un nettoyage à la brosse (éventuellement à l'eau) pour enlever toute trace de terre qui pourrait se trouver sur les chaussées.

3) Un dépoussiérage des surfaces à peindre est réalisé immédiatement avant l'application du produit à l'aide d'une machine qui pulvérise la peinture et la repeint en couche mince.

❖ Couleur

Les lignes d'orientation, les repères, les marques d'identification des postes de stationnement, barres d'arrêt et les repères d'indication de virage sont de couleur jaune et les autres pièces de la signalisation sont de couleur blanc.

. (Chaussée souple d'après l'O.A.C.I, annexe 14)

5 Le balisage lumineux

Le balisage lumineux est très coûteux mais indispensable dans certains cas. Il faudra donc prévoir un réseau d'électricité très fiable.

- Le balisage d'extrémité de la piste: il est disposé perpendiculairement à l'axe de la piste, du feu rouge directionnel.
- Le balisage d'axe de la piste: ce sont des feux de couleur blanche et rouge espacés de 15 m.
- Le balisage de seuil de piste: ce sont de couleur verte.
- Le balisage des voies de circulation : sont de couleur bleu espacés de 60 m.
- Le balisage des zones de toucher de roues: ce sont de couleur blanche.
- Le balisage de bord de la piste: constitué par des feux de couleur blanche.

6 Résistance à l'usure

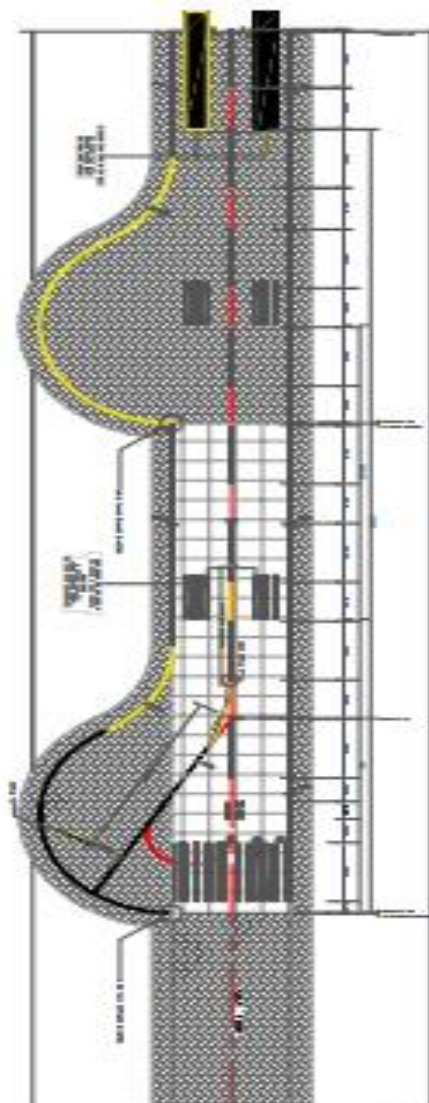
La qualité d'un bon marquage doit être bien visible et de pouvoir résister à l'usure du trafic. Accessoirement, les marques ne doivent être pas glissantes.

- Les marques de balisages sont soumises à une usure mécanique due au passage des pneumatiques, généralement cette usure est moins importante en raison du trafic spécifique de l'aérodrome.

- Les marques de zone d'impact doivent supporter les chocs au moment d'atterrissages et des élévations de température importantes au moment de la mise en rotation des roues, sont soumises à des contraintes beaucoup plus sévères.

- Les peintures faiblement dosées (400 g/m^2) pour éviter les risques de faïençage, sont indiquées pour les voies de circulation et les bretelles.

Signalisation de la piste principale au seuil 18



Conclusion :

Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante. Elle doit être établie aussi sérieusement et minutieusement que la signalisation aérodrome.

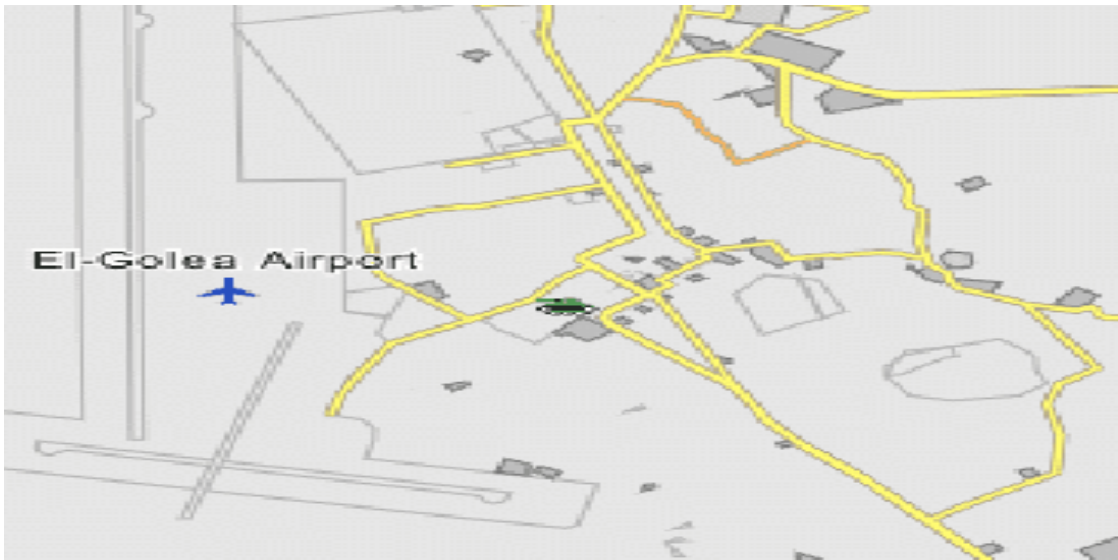
CHAPITRE IV

Présentation De L' Etude

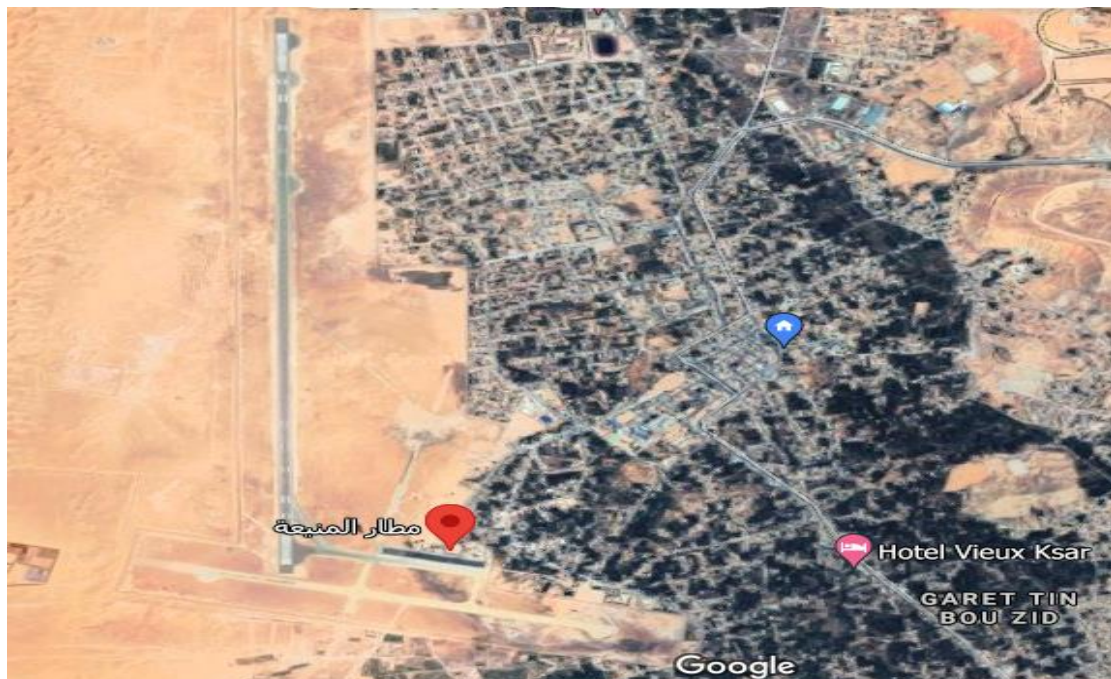
Généralités

L'exécution et le renforcement des aires de manœuvres d'un aérodrome nécessitent une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'information indispensable à chaque étape pour les travaux de réalisation.

VI.1 Photo satellitaire de l'aérodrome



VI.2 Présentation de l'aérodrome



I. Données de base de l'aérodrome d'El Golea

I.1 Le Trafic

Le trafic est l'un des paramètres prépondérants dans l'étude (tracé, structure) d'un aérodrome, il est donc nécessaire de connaître l'évolution future de ce paramètre pour dimensionner et concevoir les infrastructures aéronautiques en terme de dimensions géométriques et structurelles.

I.2 Résultats et analyse des données du trafic

Les données de trafic aéronautique représentées sous forme de tableaux, ont été recueillies auprès de l'EGSA, elles montrent la composition essentielle des types d'avions fréquentant souvent l'aérodrome d'El GOLEA qui sont : B737, B727, B737, C130.

Le tableau suivant nous montre les statistiques du trafic aérien par type d'aéronef pour l'aérodrome d'El GOLEA durant la période 1990-1999.

	B727-200	B737- 200	C130
1990	08	518	02
1991	39	642	02
1992	222	356	10
1993	124	602	02
1994	48	600	
1995	150	406	100
1996	56	436	104
1997	08	332	206
1998	02	296	270
1999	16	238	248
Total	674	4624	944

VI.1 Evolution du trafic

Pour concevoir et dimensionner les infrastructures aéronautiques, il est primordial et indispensable de connaître l'évolution du trafic aérien dans le futur « trafic prévisionnel » qui est susceptible de fréquenter l'aérodrome d'El Golea. .(33)

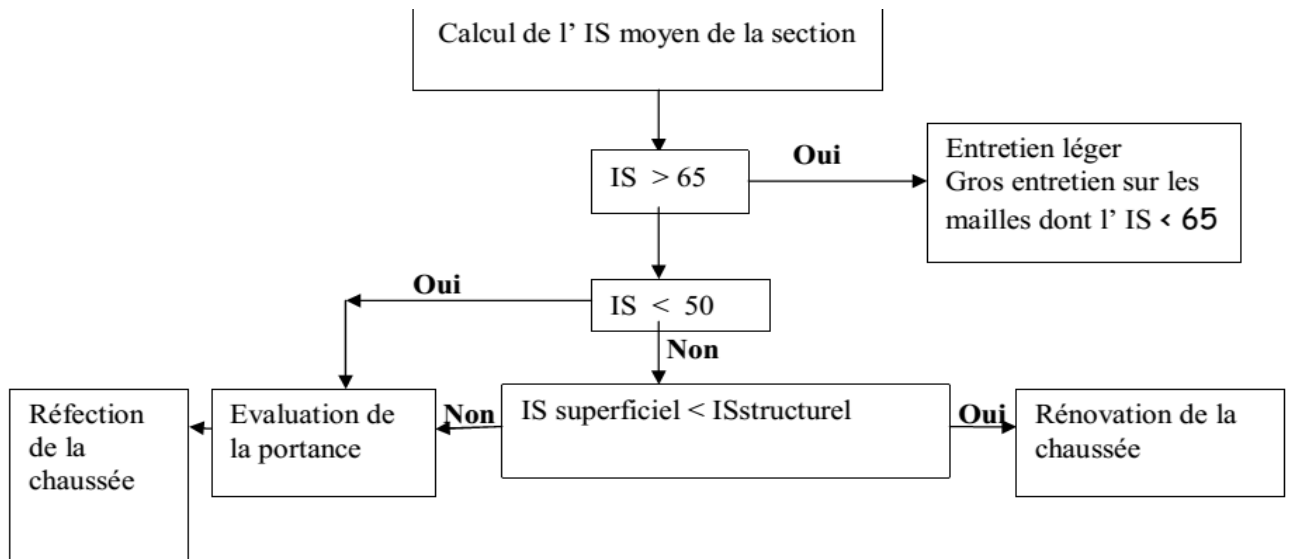
D'après les études statistiques faites par le CTTT (contrôle technique des travaux publics), le trafic prévisionnel pour chaque type d'avion (de 2016 jusqu' a 2026) a été déterminé comme suit :

Type d'avion	Trafic prévisionnel
B727-200	<u>3184</u>
B737-200	30941 <u>662</u>
B737-600	<u>646</u> 319
737-800	<u>48</u>
B767-300	59 23
A319-100	<u>5</u> 645
A310-200	
A320-200	
B767-200	
A330-200	

VI.2- Interprétation des résultats

Pour qualifier l'état de la chaussée, et afin de justifier le renforcement ou non des aires de manœuvres de l'aérodrome d'EL MENIA, il est indispensable de passer par l'organigramme suivant, qui est considéré comme un principe général du système de gestion :

Calcul de l' IS moyen de la section



On constate, d'après le tableau précédent, que l'état global de la piste principale 18/36 est passable (IS moyen est égal 53.24), ainsi que le niveau de service de la structure et de la surface est considérée comme en bon état (IS structurel = 76.75, IS surface = 72.36).

Suivant l'organigramme précédent, nous avons le IS de notre cas qui est égale à 53.24 est inférieure à 65 et supérieure à 50, ainsi le IS superficiel inférieure à IS structurel donc ce résultat nous conduit à la rénovation de la chaussée.

Quelques photos de dégradation de l'aérodrome d'EL GOLEA



VI -3 Fissure de joint d'un niveau élevé. Réparation dégradée



VI- 4 Fissure de retrait élevé Réparation dégradée



VI 5 Dépôt de gomme niveau élevé



VI - 6 Réparation ponctuelle dégradée Dépôt du sable dans le joint



VI - 7 Faïençage de retrait d'un niveau moyen Fissures colmatées



VI - 8 Fissure de joint colmaté

I.5-Calcul du module de réaction

Par définition, le module de réaction, dit encore module de Westergaard, est le quotient :

$$K = \frac{\delta p}{\delta s}$$

où la charge δp est égale à 60 kPa et δs est le déplacement moyen des comparateurs entre les deux paliers de chargement. Ce module de réaction s'exprime en kN/cm³. Il est utilisé essentiellement pour la réception des remblais destinés à supporter des dallages.

I.6 - L'hydrogéologie du site :

La ville d'EL MENIAA se situe en plein désert, elle a un climat typiquement saharien. Les précipitations sont infimes (50mm/an) et n'affectent pas normalement la tenue des chaussées tant que celles-ci se trouvent en dehors des dépressions.

- (06) piézomètres ont été installés pour connaître le niveau de la nappe et de suivre son évolution de dans le temps. (34)

II.2 les résultats des Investigations géotechnique sen site

1. Sondages carottés

VI -3 Les couches auscultées lors du sondage carotté ont montré les informations suivantes :

Désignation	Localisation P K	N° De la carotte	Grave	GB	BB	GB0/20	BB
			naturelle CF	0/20 C. de base	0/14 C. de Roule ment	0/20 C. Renforce ment	0/14C. Renfor cement
Piste principale	0 +500	C 02	25cm	8 cm	3.7cm	5cm	4 cm
	0+1000	C 06	25cm	10cm	6 cm	7.4cm	6cm
	1+500	C 07	25cm	11cm	7.5cm	8.5cm	6 cm
	2+500	C 12	25cm	9cm	5cm	5.5cm	6.5cm
Voie de roulement	0+ 050	C 13	25cm	12cm	7.5cm	5.4cm	4cm
	0+250	C 14	25cm	11 cm	6.5cm	5.5cm	5cm
Parking	Poste1	C 16	25cm	12 cm	5.5cm	7.5cm	5cm
	Poste3	C 18	25cm	11 cm	5.5cm	7.5cm	5.5cm

BB: béton bitumineux. **GB** : grave bitume. **C** : couche. Les coupes de la chaussée

Des aires auscultées se résument de haut en bas comme suit :

- Une couche de renforcement en béton bitumineux 0/14.
 - Une couche de renforcement en grave bitume 0/20.
 - Une couche de roulement en béton bitumineux 0/14.
 - Une couche de base en grave bitume 0/20.
 - Une couche de fondation en grave naturelle. .(35)
- **L'analyse des enrobés**

D'après les carottages effectués sur les aires de manœuvres de l'aérodrome d'El Golea on a fini de déduire qu'il existe plusieurs couches d'enrobé.

D'après le LTP sud Ghardaïa, les enrobés constituant les chaussées de l'aérodrome d'El Golea présente une meilleure qualité qui répond aux spécifications techniques des chaussées aéronautiques.

Selon les carottes exécutées on a noté qu'il existe un décollement entre les deux premières couches bitumineuses, ce qui n'assure pas la transmission et la répartition des efforts et des charges dues aux poids des aéronefs ; ainsi les fissures qui varient de 5 à 18 cm qui arrivent parfois jusqu'à la couche de base. .(36)

2. L'hydrogéologie du site :

VI – 4 Le tableau suivant nous donne les levés effectués dans période d'intervention sur site :

Date du levé	PIEZ.01	PIEZ.02	PIEZ.03	PIEZ.04	PIEZ.05	PIEZ.06	Les piézo mètres 1, 2, 3 positionnés sur le côté
19/07/2010	1.4	2.06	2.58				
21/07/2010	1.42	2.10	2.59	2.63	2.18	3.34	
22/07/2010	1.42	2.08	2.58	2.61	2.19	2.32	
23/07/2010	1.42	2.06	2.58	2.61	2.22	2.32	

droit de la piste et 4,5 ,6 dans la côté gauche de la piste

Le niveau de la nappe superficielle très proche de corps de chausse donc nous considérons les influences de la nappe superficielle dans le cas de la réalisation de bout bétonné. .(37)

3. Essai de plaque :

VI – 5 résultats d'essais de plaque dans les tableaux ci-dessous.

	EV1(bars)	EV1(bars)	K
P1 (profil 80+40)	943.11	900.00	0.95
P2 (profil 20+40)	1211.45	1223.30	1.01
P3 (profil 70+60)	1009.62	906.47	0.9

Ces résultats montrent que le coefficient (k) est inférieur à 2 justifiant un compactage acceptable. (38)

II.3 Essais en laboratoire

Les différents essais qui ont été réalisés sur les échantillons prélevés conformément au mode opératoire en vigueur sont :

1. Les essais d'identification

a) Analyse granulométrique

Cet essai a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou grosseurs.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

L'essai effectué sur les échantillons prélevés lors des sondages des quatre puits a donné les résultats présentés dans le tableau 4-1. (39)

b) L'équivalent de sable

L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossiers. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier. Le tamisage se fait par voie humide afin de ne pas perdre d'éléments fins.

c) Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg sont déterminées à l'aide d'un appareil appelé CASAGRANDE qui caractérise le comportement des sols fins en présence d'eau. Ces limites déterminent l'état du sol dans des différentes phases :

• Limite de plasticité (W_p): c'est la limite ou l'échantillon du sol passe de l'état solide à l'état plastique.

• Limite de liquidité (W_L): c'est la limite ou l'échantillon de sol passe de l'état plastique à l'état liquide.

• Indice de plasticité I_p : il s'exprime en pourcentage correspondant à la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité : $I_p = W_L - W_p$.(40)

Tableau N - 6 VI Le tableau suivant nous donne les résultats du prélèvement

Les puits	Profondeur (m)	Granulométrie passant %					Limites d'atterberg		
		20mm	10mm	5mm	2mm	<80µ	wl %	wp %	IP %
S1	0.00-0.30	72	67	64	58	10	20.77	-	-
	0.30-1.40	86	80	74	71	05	21.11	-	-
S2	0.00-0.30	92	90	88	85	14	22.14	-	-
	0.30-1.40	73	69	66	65	08	22.62	-	-
S3	0.00-0.30	86	80	77	74	11	20.13	17.34	2.79
	0.30-1.40	95	92	89	87	05	22.19	-	-
S4	0.00-0.30	92	88	86	85	08	21.10	-	-
	0.30-1.40	98	94	91	89	04	21.89	-	-

2. Interprétation des résultats

•le terrain de surface du site du l'aérodrome (0.00-0.30 m) possède des courbes peu talées, voire très serrées, voire très serrées, les inférieurs a 80μ sont compris entre 14 et 04 %, c'est un sable de dune.

Les indices de plasticité mesures sont argile entre 8% et 44% dénotant une argile ou un limon peu plastique a très plastique.

Note : à la base des données géotechnique nous préposons un coche de forme en tiff de 20 cm d'épaisseur

3. Les essais mécaniques

A) Essai PROCTOR MODIFIE

L'essai PROCTOR consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et d'une teneur en eau, il a donc comme objectif la détermination de la teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude qui correspond à une teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

B) Essai CBR « Californien bering ratio »

C'est un essai qui a pour objectif d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, et ce afin de pouvoir dimensionner la chaussée.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement plus explicitement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec différentes énergies de compactage qui sont imbibés pendant 4 jours. L'essai CBR a été réalisé avec une énergie de compactage de 55 coups par couche pour chaque puits. (41)

C) Teneur en eau naturelle, densité sèche et compacité

Pour classer mécaniquement le sol support et le sol de fondation, on doit procéder à la détermination de la teneur en eau naturelle « W_{n-situ}^i » et la densité sèche « γ_d », ainsi la compacité, dans l'objectif d'apprécier la densité et le compactage du sol. Le tableau suivant nous résume les résultats des essais mécaniques réalisés :

Tableau N VI - 7 essais mécaniques

Les puits	Profondeur (m)	Proctor modifié		CBR
		W%	δ_d t/m ³	
S1	0.00-0.30	9.90	1.93	37.72
	0.30-1.40	5.40	1.85	18.87
S2	0.00-0.30	9.5	1.95	16.62
	0.30-1.40	6.90	1.79	21.99
S3	0.00-0.30	8.20	1.97	27.61
	0.30-1.40	10.00	1.75	18.17
S4	0.00-0.30	9.40	1.83	24.75
	0.30-1.40	8.00	1.74	25.26

S.A: sable argileux. — **G.A** : grave argileuse

4- Interprétation des résultats

D'après le tableau précédent on peut qualifier les sols comme suit :

- pour le terrain de surface (0.00-0.30 m) les caractéristiques mécaniques données par l'essai Proctor modifié ont révèlent une densité comprise entre 1.74 et 1.97 t/m³ et des teneurs en eau optimum comprises entre 5.40% et 10%.

- pour la sole support (0.30-1.40 m) les caractéristiques mécaniques données par l'essai Proctor modifié ont révélé une densité comprise entre 1.74 et 1.97 t/m³ et des teneurs en eau optimum comprises entre 17% et 38%.
- La portance du sol mesuré à 4 jours d'imbibition nous a donné un CBR de 18.17, et en tenant compte des recommandations de LTP sud la valeur de CBR à prendre est de 10.
- Les matériaux de fondation sont caractérisés par une moyenne portance, nous considérons un résultat acceptable et nous préposons un coche de forme en tiff de 20 cm d'épaisseur pour renforcement de corps de chaussé

II.4. Analyse chimique sommaire

L'analyse chimique consiste à déterminer la nature minéralogique et de mesurer la composition (teneur) en carbonates « CaCO₃ », en silices « SiO₂ », en sulfates « S », chlorures « Cl » et matières organiques.(42)

VI - 8 L'analyse chimique

Désignation	Silices SiO ₂	Carbonates CaCO ₃	La nature minéralogique
Terrain de surface (0.00-0.30)	41.00 % à 65.80 %	38 %	Silico-Calcaire
Sol de fondation (0.30-1.40)	-	15 %	-

Interprétation des résultats

- Les matériaux de sol de fondation contiennent un petit pourcentage de silice et environ 15 % de carbonates, qui correspondent à un matériau de nature non minéralogique « *argile* ».

II.5-la formulation du bout bétonné

L'étude de composition de béton consiste à définir le mélange des différents constituants : gravier, sable, ciment ainsi que la quantité d'eau et les adjuvants, afin de réaliser un béton de qualité.

La méthode de calcul est un combinaison de la méthode de « DREUX GORISSE » et la méthode de « FAURY ».

VI - 9 Les différents dosages obtenus pour 01m³ de béton sont consignés dans le tableau suivant :

Compositions	%	Kg
Ciment	14.2	350
Sable 0/1	14.2	313
Gravier 0/5	19.6	431
Gravier 5/16	15.0	340
Gravier 16/40	37.0	835
Eau	154.0	
Adjuvant plastifiant	01% de poids de ciment	3.5
Entraîneur d'air	0.05%de poids de ciment	0.175
Le rapport d'eau sur ciment E/C	0.44	
Le rapport de ciment sur l'eau C/E	2.27	
Le rapport de gravier sur sable G/S	1.54	

Les éprouvettes soumises à l'essai de flexion selon la norme EN 12930-5 ; afin de déterminer ses résistances à la flexion.(43).

Les résultats obtenus sont comme suit

- L'affaissement au cône d'Abrams obtenu au laboratoire est de l'ordre de 2 cm caractérisant un béton fermé.
- Les valeurs des résistances à la flexion enregistrées sont consignés dans le tableau suivant : **VI - 10**

Age	Résistance à la flexion bar	Moyenne bars
7 jours	47	45
	46	
	42	

Les résistances à la flexion obtenue est acceptable

VI - 9 Les éprouvettes de l'essai de flexion



V

I - 10 L'essai d'affaissement au cône d'andme



II.6 Conclusion

L'étude géotechnique nous a permis de préciser les caractéristiques physiques et mécaniques des sols prélevés de différentes aires de manœuvres de l'aérodrome D'El Golea.

La réalisation des essais in-situ, nous a conduits aux constatations et résultats suivants:

- Le sol support de l'aérodrome d'El Golea est identifié comme un matériau argileuse qui composent limono-sableuse et limon argilo-sableuse., et il est classé comme une argile, ces matériaux sont peu plastiques ce qui veut dire qu'ils possèdent une bonne compacité et une densité acceptable.
- Les matériaux de fondation composés des fines argileuse, sont classés d'après le LCPC comme des graves plastiques, ayant une portance moyenne à mauvaise, à la base des données géotechnique nous préposons un coche de forme en tiff de 20 cm d'épaisseur.

II.7. Calcul des charges de dimensionnement

1 Caractéristiques de l'avion de calcul

L'avion le plus contraignant pris en considération dans les calculs est boeing 727-adv200 comportant les caractéristiques suivantes :

Caractéristique Type d'avion	Masse maximum au décollage (kg)	Pourcentage de charge à l'atterrisseur d'aile	Pression de gonflage (Mpa)
boeing 727- adv200	84400	47,8	1,42

VI - 11 Le tableau représenté ci-dessus indique que 47,8 % de la charge totale est supportée par l'atterrisseur principal, d'où la charge réelle est de :

$$P = 84400 \times 0.478 = 40340 \text{ kg} = 40,34 \text{ tonnes.}$$

2 Détermination de la charge (P')

Nous allons déterminer les charges pondérées **P'** relatives à chaque aire de manœuvres de l'aérodrome d'Adrar, comme suit:

- Pour la piste et la bretelle on a : $P' = P \times 1 = 40,34$ tonnes.
- Pour les accotements : $P' = P \times 0.5 = 20,17$ tonnes.
- Pour le parking : $P' = P \times 1.2 = 48,51$ tonnes.

3 Détermination de la charge normale de calcul (P'')

La charge normale de calcul est donnée par la formule suivante :

$$P'' = P'/CT$$

$$CT = 1,2 - 0,2 \text{ Log } n$$

Avec

Tel que : $n = 10\text{mvts/jours/10ans}$; nombre de mouvement par jour pendant 10 ans.

$$CT = 1.2 - 0.2 \log_{10} 10 = 1$$

$$P'' = 40,34 \text{ tonnes}$$

Charge	Pistes, voies de circulation et bretelles	Accotements	Parking	P.O.R
Masse totale au décollage (t)	84,4	84,4	84,4	84,4
% de charge sur l'atterrisseur principal	47,5	47,5	47,5	47,5
Charge réelle P (tonne)	40,34	40,34	40,34	40,34
Coefficient de pondération	1	0,5	1,2	0.7
Charge réelle pondérée P'(tonne)	40,34	20,17	48.408	28.238
Coefficient de trafic CT = 1.2 - 0.2logn, n = 5	1	1	1	1
Charge normale de calcul P'' (tonne)	40,34	20,17	48.408	28.238

VI - 12 Détermination de la charge

A) Calcul de l'épaisseur d'une chaussée neuve VI - 13

À partir de l'abaque relatif à Airbus 330-200 les épaisseurs équivalentes d'une chaussée neuve sont obtenues pour les différentes aires considérées(44)

Aires	Piste	Parking
Charge normale de calcul P" (tonne)	40,34	48.408
épaisseur équivalente (cm) pour un CBR=10	62	68

B) Epaisseurs et coefficient d'équivalences des chaussées existantes

Pour la détermination des épaisseurs équivalentes des chaussées existantes on doit tenir compte du coefficient d'équivalence et se référer à l'état actuel de la chaussée.

VI - 14 Les coefficients d'équivalences de chaque matériau sont mentionnés dans le tableau suivant :

Matériaux	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux neuf	2
Béton bitumineux peu fissuré	1.5
Béton bitumineux très fissuré	1.2
Grave bitume neuf	1.5
Grave bitume utilisé	1.2
Grave non traité en couche de fondation	0.6
Grave non traité utilisé	0.5

C) Détermination des épaisseurs de notre projet

D'après les sondages carottés effectués sur les aires de manœuvres de l'aérodrome d'ELMEIAA, nous avons mesuré les épaisseurs des couches constituant la structure de la chaussée, ainsi de déterminer les épaisseurs de renforcement, en différenciant l'épaisseur équivalente calculée pour une chaussée neuve et l'épaisseur équivalente de la chaussée existante.

Dans les tableaux suivants nous allons déterminer les épaisseurs de différentes couches correspondant à chaque aire de manœuvre, connaissant le CBR qui est de 10, le nombre de mouvement par jour qui est de 10 et le coefficient d'équivalence du béton bitumineux.

VI – 15(1) Piste principale

N° de carotte	Epaisseur équivalente de la chaussée résiduelle (cm)	Epaisseur d'une chaussée neuve (cm)	Epaisseur équivalente de renforcement (cm)	Epaisseur réelle de renforcement en béton bitumineux (cm)
C 02	44,54	62	17,46	8,73
C 06	57,3	62	4,7	2,35
C 07	61,95	62	0,05	0,025
C 12	53,05	62	8,95	4,475

VI – 16(2) Parking

N° de carotte	Epaisseur équivalente de la chaussée résiduelle (cm)	Epaisseur d'une chaussée neuve (cm)	Epaisseur équivalente de renforcement (cm)	Epaisseur réelle de renforcement en béton bitumineux (cm)
C 16	56,05	68	11.95	5.97
C 18	57,05	68	10.95	5.48

E) Interprétation des résultats

Les résultats précédents nous montrent que les épaisseurs de renforcement calculées par la méthode forfaitaire, sont considérées comme faibles et parfois nulles. Alors les chaussées ne présentent pas un état de dégradation défavorable nécessitant un renforcement de toute la structure du corps de chaussée (la chaussée ne présente pas une défaillance structurelle) ; mais le problème de fissuration généralisé présentant un danger dans un proche avenir, nécessite un renforcement de la chaussée.

II.8- Dimensionnement par la méthode optimisée

A- Principe de la méthode

Alors que le dimensionnement forfaitaire ne prend en compte qu'un type d'avion, le dimensionnement optimisé permet de calculer une épaisseur de chaussée en considérant plusieurs types d'avions à leur fréquences et charges respectives et pour une durée de vie donnée. (44)

La méthode présente l'avantage de convertir les mouvements réels de chacun des charges et atterrisseurs réels considérés en mouvements équivalents de mêmes charges de référence.

Deux couples (charges et atterrisseurs, nombre de mouvements) sont équivalents quand ils produisent la même fatigue (chaussée et sol support).

Il est donc possible de comparer l'action relative de différents avions et de prendre en compte ces actions différentes.

Aussi de manière pratique ; la méthode du dimensionnement est utilisée lorsque doivent être considérés plusieurs types d'avions presque aussi contraignants les uns que les autres (cas des aérodromes importants).

B- Intensité de trafic et durée de vie

Le dimensionnement optimisé prend en compte le nombre prévu de mouvements réels de chaque avion pour la durée de vie envisagée. Compte tenu de la difficulté d'établir des prévisions précises (charges et nombre de mouvements), il est recommandé d'effectuer deux calculs, l'un pour une hypothèse basse, l'autre pour une hypothèse haute.

La sensibilité des différents paramètres ainsi que la marge d'erreurs de calcul est ainsi appréciée.

Le résultat (épaisseur est beaucoup plus sensible aux variations de charges qu'à celles du nombre de mouvements). Il en est de même de la durée de vie effective.

Aussi cette dernière risque d'être différente si le trafic réel s'éloigne des prévisions initiales.

VI - 17 La durée de vie d'une chaussée et généralement choisi selon les indications du tableau ci-dessous :

structure	Aérodrome à faible trafic	Aérodrome à fort trafic
Souple	10 ans	10 ans
rigide	Structure rigide déconseillée	10 à 20 ans

II.9- Méthode de calcul

Le calcul a pour but de déterminer l'épaisseur équivalente totale (chaussée souple) ou épaisseur réelle de la dalle de béton (chaussée rigide).

1- Le calcul est conduit pour chaque partie d'aire.

2- Tous les modèles d'avions sont recensés :

- Deux modèles du même avion sont considérés comme différents si les caractéristiques de leurs atterrisseurs sont différentes (nombre de roues, dimensions, pression...).

- Plusieurs charges réelles $P_{i,j}$ peuvent être considérés par modèle (i) avec leur nombre de mouvements réels $n_{i,j}$ sont transformées en charges réelles pondérées $P'_{i,j}$ pour tenir compte de la fonction de l'aire. (44)

3- En vue d'un calcul par itération une épaisseur initiale est choisie, épaisseur équivalente totale (chaussée souple) ou épaisseur réelle de dalle de béton (Chaussée rigide) :

- Pour chacun des avions paraissant les plus contraignants il convient de calculer l'épaisseur qui lui serait nécessaire en appliquant la méthode de dimensionnement forfaitaire.

- La plus grande des épaisseurs ainsi obtenu, majorée de quelques centimètres, fournit en général une épaisseur initiale assez proche de la valeur définitive.

4- Pour chaque modèle d'avion (i), la charge admissible P_{oi} est déterminée à partir des abaques chaussée souple ou chaussée rigide correspondant à l'épaisseur choisie. Si il n'existe pas d'abaque pour l'avion considéré celui du modèle avion dont les caractéristiques s'en rapprochent le plus est utilisé.

5- Pour chaque modèle d'avion (i), les $n_{i,j}$ mouvements réels de chaque charge réelle pondérée $P'_{i,j}$ sont convertis en $n'_{i,j}$ mouvements équivalents à la charge admissible P_{oi} . Pour cela, pour chaque modèle d'avion (i) et chaque charge $P'_{i,j}$:

- Le rapport $R_{i,j} = P'_{i,j}/P_{oi}$ est calculé. Ce rapport ne doit pas dépasser 1,2 pour les aires de stationnements et 1,5 pour les autres aires, (il est toutefois recommandé de ne pas dépasser également 1,2 dans ce cas).

- Le coefficient de pondération $C_{P_{i,j}}$ des mouvements réels est calculé soit par la relation :

$$C_{P_{i,j}} = 10^{5(R_{i,j}-1)}$$

Le nombre de mouvements équivalents $n'_{i,j}$ est égale u nombre de mouvements réels $n_{i,j}$ multiplie par $C_{P_{i,j}}$:

$$n'_{i,j} = n_{i,j} \times C_{P_{i,j}}$$

6- Le nombre total des mouvements équivalents de tous les modèles d'avions est calculés en additionnent tous les mouvements équivalentes $n'_{i,j}$. Ce nombre est aussi appelé trafic équivalent.

7- Si le trafic équivalent est sensiblement inférieurs à 36500 l'épaisseur essayée est trop impotente (sur-dimensionnement) et le calcul doit être repris depuis la séquence 3 avec une épaisseur plus petite.

Au contraire si le trafic équivalent est sensiblement supérieur à 36500, l'épaisseur essayée est insuffisante (sous-dimensionnement) et le calcul doit être repris depuis la séquence 3 avec une épaisseur plus grande.

Des itérations sont ainsi effectuées jusqu'à trouver l'épaisseur telle que le trafic équivalent soit plus proche possible par défaut de 36500.

La valeur ainsi déterminée est l'épaisseur recherchée. (44)

1. Chaussée souple

Après avoir effectué un certain nombre d'essais de calcul itératif en proposant différentes valeurs pour l'épaisseur équivalente initiale de calcul ($e=62$ cm, $e=60$ cm et $e= 57$ cm ... etc). On trouve qu'une épaisseur équivalente totale de 60 cm donne de bons résultats, ces derniers sont présentés dans le tableau ci-après

VI – 18 Epaisseur équivalente

Epaisseur équivalente totale : 60 cm						
Type s d'avions	Charges admissibles P_o	Charges Max d'avion P'	$R=P'/P_o$	$C_p=10^{R-1}$	Mouvements réels n	Mouvements équivalents n'
B727-200	79,7413793	78,5	0,9844323	0,8359184	3184	2661,55368
B737-200	67,3684211	57,2	0,849065	0,1759189	30941	5443,10665
B737-600	69,4736842	66	0,95	0,5623425	626	352,025666
B737-800	69,4736842	79,5	1,1443188	5,2673323	646	3402,69817
B767-300	145,26318	178,4	1,2281154	13,822276	619	8555,99179
A319-100	80,9628009	74,4	0,9189404	0,3932862	48	18,8774768
A310-200	133,04721	150,9	1,1341837	4,6872652	59	276,548538
A320-200	79,2291221	72,5	0,9150677	0,3761282	23	8,65098728

B767-200	147,36841	141,5	0,96017 87	0,632255 1	5	3,16127926
A330-200	183,15789	234	1,24758 62	24,43042 5	645	15757,6247
Trafic équivalent total= $\sum n'_{i,j}$ 36480.23878						

On constate que le trafic équivalent qui est égale à 36480.24 est très proche de 36500 donc :

La valeur **60 cm** est l'épaisseur recherchée.

➤ VI - 19 Détermination des épaisseurs de notre projet

1) Piste principale

N° de carotte	Epaisseur équivalente de la chaussée résiduelle (cm)	Epaisseur Equivalente de la chaussée neuve (cm)	Epaisseur équivalente de renforcement (cm)	Epaisseur réelle de renforcement en béton bitumineux (cm)
C 02	44,54	60	15.46	7.73
C 06	57,3	60	2.7	1.35
C 07	61,95	60	-1.95	0.97
C 12	53,05	60	6.95	3.47

2) Parking

N° de carotte	Epaisseur équivalente de la chaussée résiduelle (cm)	Epaisseur d'une chaussée neuve (cm)	Epaisseur équivalente de renforcement (cm)	Epaisseur réelle de renforcement en béton bitumineux (cm)
C 16	56,05	60	3.95	1.97
C 18	57,05	60	2.95	1.47

➤ - Interprétation des résultats

D'après les résultats ci-dessus, les épaisseurs de renforcement obtenues par la méthode optimisée sont très faibles et parfois nulles ce qui nous amène à conclure qu'actuellement les chaussées en place ne nécessitent pas un renforcement en terme de portance. Donc l'origine des désordres est à rechercher dans d'autres aspects car les chaussées en place ne souffrent d'aucun déficit structurel.

Le problème des fissurations généralisées présenter un danger du point de vue de la sécurité aéronautique. (44)

II.10 Dimensionnement de la chaussée rigide (bouts bétonnés)

1. Dimensionnement par la méthode forfaitaire

L'utilisation de la méthode forfaitaire pour le dimensionnement d'une chaussée rigide nécessite les données de base suivantes :

- le module de réaction corrigée K de sol support
- La charge exercée par l'aéronef le plus contraignant appelée la charge normale pondérée du calcul P^2 et le nombre de mouvements.
- La contrainte admissible σ_{bt} de traction par flexion du béton.

➤ Calcul de l'épaisseur d'une chaussée neuve

- La charge normale pondérée P'' est de 40.34 t.
- Le module de réaction K est de 80 MN/m³(résultat de l'essai Westergaard).
- La contrainte admissible de traction par flexion σ

$$\sigma_{bt} = 5.6 \text{ Mpa}$$

- L'épaisseur de la couche de fondation est de 20cm avec transfert de charge (C_s : coefficient de sécurité=1.8).

Correction de module de réaction K

D'après l'abaque de correction du module de réaction du sol support en fonction de l'épaisseur équivalente de la fondation on trouve : $K' = 95 \text{ Mn/m}^3$

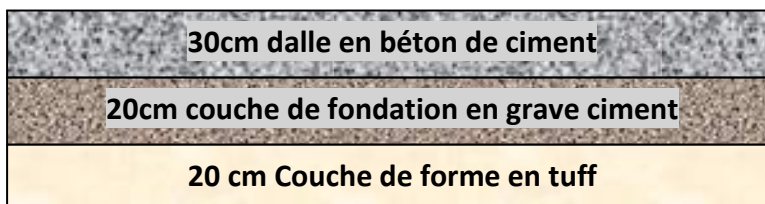
Correction de la contrainte σ_{bt}

$$\sigma'_{bt} = \sigma_{bt} / C_s$$

$$\sigma'_{bt} = 5.6 / 1.8 = 3.11 \text{ Mpa}$$

À partir de l'abaque relatif boeing 727-adv200l'épaisseur de la dalle en béton de ciment est :

$$e_p = 30\text{cm}$$



2. Dimensionnement par la méthode optimisé

Le principe de cette méthode est déjà cité dans la partie de dimensionnement de la chaussée souple.

Après avoir effectué un certain nombre d'essais de calcul itératif en proposant différentes valeurs pour l'épaisseur équivalente initiale de calcul ($e=30$ cm, $e=29$ cm et $e= 29$ cm ... etc). On trouve qu'une épaisseur équivalente totale de 29 cm donne de bons résultats, ces derniers sont présentés dans le tableau ci-après .(44)

VI - 20 Epaisseur équivalente

Epaisseur équivalente totale : 29 cm						
Types d'avions	Charges admissibles P_o	Charges Max d'avion P'	$R=P'/P_o$	$C_p=10^{(R-1)}$	Mouvements réels n	Mouvements équivalents n'
B727-200	73,2758621	78,5	1,0712941	2,27232574	3184	7235,08516
B737-200	67,3684211	57,2	0,849062	0,1759189	30941	5443,106675
B737-600	69,4736842	66	0,95	0,56234132	626	352,0256696
B737-800	69,4736842	79,5	1,1443181	5,26733462	646	3402,698167
B767-300	145,263158	178,4	1,2281159	13,8222807	619	8555,99179
A319-100	78,7746171	74,4	0,9444666	0,52763468	48	25,32646467
A310-200	143,7768924	150,9	1,0495432	1,76895350	59	104,3682567

A320-200	77,0877944	72,5	0,9404861	0,50400002	23	11,59200051
B767-200	162,105263	141,5	0,8728896	0,23144513	5	1,157225663
A330-200	187,364421	234	1,2388764	17,5542396	645	11322,48456
Trafic équivalent total= $\sum n_{i,j}$ 36477.835						

On ne constate que le trafic équivalent qui est égale à 36477.835 est très proche de 36500 donc : La valeur 29 cm est l'épaisseur de la dalle de béton de la chaussée rigide recherchée.

❖ Chaussée souple :

Dans le cadre d'aménagement de l'aérodrome d'EL MENIAA qui accuse plusieurs dégradations, une étude géotechnique a été réalisée et d'après les résultats déjà cités (méthode optimisée et méthode forfaitaire), nous remarquons que les épaisseurs du renforcement sont faibles, mais la densité dégradations notées actuellement peuvent évoluer dans le futur proche à un état avancé. .(44)

De ce fait, les chaussées en place nécessitent un renforcement ayant pour objectif principal d'absorber les défauts de surface, jugés très nuisibles à la circulation des avions.

A noter que ce renforcement apporte, par conséquent, une amélioration de la portance des chaussées.

dans ce cas nous avons proposé trois variantes de renforcement pour la piste principale 18/36 , la voie de roulement et le parking.

❖ Chaussée rigide :

L'épaisseur de la dalle de béton de ciment calculée par les deux méthodes (forfaitaire : 30 cm et optimisée : 29 cm) et presque le même.

Pour notre projet nous prendrons la valeur trouvée avec la méthode forfaitaire pour des raisons de sécurité.

D'après les résultats géotechniques qui explique l'influence de sol support argileuse avec la présence de la nappe superficielle d'eau. Alors nous proposons une couche de forme par tuff de 20 cm

Dans le chapitre suivant nous allons proposer des solutions de renforcement des aires de manœuvres de l'aérodrome d'El-Menia, tenant compte du facteur économique et les délais d'exécution.

II.11 Les Variante

Variante N°01 : solution radicale

1) La piste principale

A. Partie souple :

La première solution consiste à friser le corps de chaussée de la piste principale sur 20 cm de profondeur (l'ensemble des couches bitumineuses), ensuite régler la plate forme y compris nettoyage et soufflage, reprendre un nouveau corps de chaussée avec :

- Une couche de base en grave bitume de 12 cm.
- Une couche de roulement en béton bitumineux de 8 cm.

B. Partie rigide (bouts bétonnés) :

Décapage de 70 cm de profondeur des bouts de piste (450de longueur de part et d'autre) et les reprendre avec.(45) :

- Une couche de forme en tuff de 20 cm.
- Une couche de fondation en grave ciment de 20 cm.
- Une dalle en béton de ciment de 30 cm d'épaisseur.

2) Parking

Frisage de toute la surface du parking sur 20 cm de profondeur et de la reprendre avec :

- Application d'une couche d'accrochage
- Une couche de base en grave bitume de 12cm.
- Application d'une couche d'accrochage.
- Une couche de roulement en béton bitumineux de 8 cm.

3) voie de roulement

Frisage du corps de chaussée de la voie de circulation sur 20 cm de profondeur, la reprendre avec :

- Application d'une couche d'accrochage.
- Une couche de base en grave bitume de 12 cm.
- Application d'une couche d'accrochage.
- Une couche de roulement en béton bitumineux de 8 cm.

4) Les accotements

Décapage des accotements de la piste sur 24 cm de profondeur et la reprendre avec:

- Couche en tuf d'épaisseur 18 cm.
- Couche d'imprégnation en cut-back 0/1

- Mise en place d'une couche de surface en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur 6 cm.

VARIANTE N°2 : Solution de scarification partielle

1) Piste principale

A. Partie souple

- Scarification des 30 m centraux sur une profondeur de 20 cm.
- Colmatage des fissures des bandes latérales non scarifiées.
- Application d'une couche d'accrochage sur la bande centrale.
- Couche de substitution composée de 12 cm d'épaisseur en grave bitume 0/20.
- Application d'une couche d'accrochage.
- Mise en place d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur 8 cm dans la bande centrale scarifiée.

B. Partie rigide (bouts bétonnés)

Décapage de 70 cm de profondeur des bouts de piste (450 de longueur de part et d'autre) et les reprendre avec (45) :

- Une couche de forme en tuff de 20 cm.
- Une couche de fondation en grave ciment de 20 cm.
- Une dalle en béton de ciment de 30 cm d'épaisseur.

2) Parking

- Fraisage de la chaussée sur 20 cm de profondeur.
- Application d'une couche d'accrochage.
- Couche de substitution composée de 12 cm d'épaisseur en grave bitume 0/20.
- Application d'une couche d'accrochage
- Réalisation d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de 8 cm d'épaisseur

3) Voie de roulement

- Fraisage des 15 m centraux de la chaussée sur 20 cm de profondeur.
- Colmatage des fissures des bandes latérales non scarifiées.
- Application d'une couche d'accrochage
- Couche de substitution composée de 12 cm d'épaisseur en grave bitume 0/20.
- Application d'une couche d'accrochage
- Réalisation d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de 8 cm d'épaisseur dans la bande centrale scarifiée.

4) Les accotements

Décapage des accotements de la piste sur 16 cm de profondeur et la reprendre avec:

- Couche en tuf d'épaisseur 18 cm.
- Couche d'imprégnation en cut-back 0/1
- Mise en place d'une couche de surface en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur 6 cm.

✓ **Remarque ;**

Dans le cas de la solution 02 nous réalisons d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de 8 cm d'épaisseur sur toute la surface.

Pour que cette technique soit efficace il est nécessaire de garantir le collage entre les couches bitumineuses ainsi que les faces latérales de la bande centrale scarifiée. Pour réaliser un bon collage entre la couche de base en grave bitume (GB) et la couche de roulement et les faces latérales, il faut appliquer soigneusement une couche d'accrochage en émulsion cationique à raison de 0.300 Kg/m² de bitume résiduel.

VARIANTE N°3 : Solution faisant appel à des produits géo-synthétiques (géotextile)

1) Piste principale

A. Partie souple

- Fraisage des 30 m centraux de la piste principale sur une profondeur de 8 cm, colmatage des fissures et application d'une couche d'accrochage.
- Réalisation d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de 8 cm d'épaisseur dans la bande centrale scarifiée.
- Colmatage des fissures des bandes latérales non scarifiées, avec un produit adéquat. (45)
- Interposition d'une couche anti-remontée de fissures réalisée sur les 30 m centraux de la piste principale à l'aide d'un tapis de géotextile «Géogrilles».
- Mise en place d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 sur une épaisseur de 8 cm sur toute la surface de la piste.

B. Partie rigide (bouts bétonnés)

Décapage de 70cm de profondeur des bouts de piste (450 m de longueur de part et d'autre) et les reprendre avec :

- Une couche de forme en tuff de 20 cm.
- Une couche de fondation en grave ciment de 20 cm.
- Une dalle en béton de ciment de 30 cm d'épaisseur.

2) Parking

- Fraisage de la chaussée sur 8 cm de profondeur.
- Reprendre l'épaisseur fraisée par un béton bitume 0/14 de 8 cm d'épaisseur après l'application d'une couche d'accrochage.
- Mise en place d'un tapis de géotextile.
- Réalisation d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de 8 cm d'épaisseur.

3) Voie de roulement

- Fraisage des 15 m centraux de la chaussée sur 8 cm de profondeur.

- Reprendre l'épaisseur fraisée par un béton bitume 0/14 de 8 cm d'épaisseur.
- Application d'une couche d'accrochage.
- Interposition d'une couche anti-remontée de fissures réalisée sur les 15 m centraux fraisés à l'aide d'un tapis de géotextile «Géogrilles»
- Réalisation d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de 8 cm d'épaisseur.

Remarque

Pour que cette technique soit efficace, il est nécessaire de :

- Garantir le collage du géotextile sur le support par le répondage d'une couche d'accrochage en émulsion cationique dosé à raison de 1 Kg/m^2
- mettre en ouvre le tapis de géotextile dans les règles de l'art tout en respectant les prescriptions (dosage, température etc.) recommandées par le fournisseur.

4) Les accotements

Décapage des accotements de la piste et la bretelle sur 16 cm de profondeur et la reprendre avec(45):

- Couche en tuf d'épaisseur 18 cm.
- Couche d'imprégnation en cut-back 0/1
- Mise en place d'une couche de surface en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur 6 cm.

1. Etude technico-économique

Afin d'évaluer financièrement les différentes variantes proposées on doit d'abord calculer les masses, et les volumes des matériaux à enlever (scarifier, fraiser), et restituer les chaussées des différentes aires de mouvement de l'aérodrome d' elMeniaa.

2. Calcul des volumes et surfaces

Les masses des matériaux et de travaux des variantes proposées précédemment sont résumées comme suivant :

Dans le cas du fraisage total de la chaussée

- La surface de raquettes et courbes : $S1 = 6300 \text{ m}^2$
- La surface de la piste 18/36: $S2 = 3000 \times 45 = 135000 \text{ m}^2$.
- La surface de la voie de roulement : $S4 = 135.25 \times 25 = 3306,25 \text{ m}^2$
- La surface du parking : $S5 = 105 \times 350 = 36750 \text{ m}^2$

La surface totale (S): $S = S1 + S2 + S3 + S4 = 181356,25 \text{ m}^2$

Dans le cas du fraisage partielle « la bande centrale » de la chaussée

- La surface de raquettes et courbes : $S1 = 6300 \text{ m}^2$
- La surface de la piste scarifiée 18/36 : $S2 = 3000 \times 30 = 90000 \text{ m}^2$.
- La surface scarifiée de la voie de roulement : $S = 135.25 \times 15 = 2028,75 \text{ m}^2$
- La surface du parking scarifiée : $S4 = 105 \times 350 = 36750 \text{ m}^2$
- La surface totale (S) est la somme de toutes les surfaces précédentes :
 $S = S1 + S2 + S3 + S4 = 135078,75 \text{ m}^2$
- La surface de la scarification partielle égale : $S = S1 + S2 + S3 + S4 = 135078,75 \text{ m}^2$

Pour les accotements

- La surface des accotements est : $2 \times 7,5 \times 3000 + 2 \times 7,5 \times 350 = 50250 \text{ m}^2$.
- La masse volumique du béton bitumineux : $\rho = 2,3 \text{ tonnes / m}^3$.
- La masse volumique de la grave bitume : $\rho = 2,2 \text{ tonnes / m}^3$.

❖ Calcul des volumes des matériaux pour chaque variante

Variante N°01 : Solution radicale

A) partie souple

- a) fraisage de la chaussée : $181356,25 \times 0,2 = 36.271, 2 \text{ m}^3$
- b) Réalisation de la couche d'accrochage en émulsion = $181356,25 \times 2 = 362.712,5 \text{ m}^2 (45)$
- c) Grave bitume en base : $181356,25 \times 0,18 \times 2,2 = 71.817,075 \text{ tonne}$
- d) Béton bitumineux en revêtement : $181356,25 \times 0,08 \times 2,3 = 33.369,55 \text{ tonne}$
- d) Décapage des accotements de la piste et la voie sur 24cm profondeur:
 $3450 \times 7,5 \times 2 \times 0,24 + 306 \times 7,5 \times 2 \times 0,24 = 1352,160 \text{ m}^3$
- e) Couche de substitution en matériau choisi (tuf) d'épaisseur 18 cm :
 $3450 \times 7,5 \times 2 \times 0,18 + 306 \times 7,5 \times 2 \times 0,18 = 10141,2 \text{ m}^3$
- f) Couche d'imprégnation en cut-back 0/1 : $(3450 \times 7,5 + 306 \times 7,5) \times 2 = 56340 \text{ m}^2$.
- g) Mise en place d'une couche de surface en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur 6cm : $(3450 \times 7,5 \times 2 \times 0,06 + 306 \times 7,5 \times 2 \times 0,06) \times 2,3 = 7774,92 \text{ tonne}$.

B) Partie rigide

- a) Décapage de terrain naturel au bord de la piste ; $20250 \times 0,7 = 14.175,00 \text{ m}^3$
- b) Réalisation de la couche de forme en tuff ; $20250 \times 0,2 = 4.050,00 \text{ m}^3$
- c) grave ciment en couche de fondation : $0,20 \times 20250 = 4050 \text{ m}^3$.

d) dalle de ciment en couche de surface : $0.3 \times 20250 = 6075 \text{m}^3$.

Variante N°02

A) Partie souple

a) fraisage le 30 m du bande centrale de la piste et 15m centrale du vois de roulement avec surface totale du parking sur 20 cm de profondeur :

$$= 135078.75 \times 0.2 = 27.015,75 \text{m}^3$$

b) Réalisation de la couche d'accrochage en émulsion =
 $181356.25 + 135078.75 = 316.435 \text{m}^2$

c) Grave bitume en base : $135078.75 \times 0.12 \times 2.2 = 35.660,79$ tonne

d) Colmatage des fissures sur 7500ml.

e) Béton bitumineux en revêtement des aires scarifiées:

$$316.435 \times 0.08 \times 2.3 = 58.224.04 \text{ tonne.}$$

a) Décapage des accotements de la piste et bous bétonné sur 16cm de profondeur: $3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.16 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.16 = 9014.4 \text{ m}^3$

b) Couche de substitution en matériau choisi (tuf) d'épaisseur 18 cm :
 $3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.18 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.18 = 10141.2 \text{m}^3$

c) Couche d'imprégnation en cut-back 0/1: $(3450 \times 7.5 + 306 \times 7.5) \times 2 = 56340 \text{ m}^2$.

Mise en place d'une couche de surface en béton bitumineux 0/14 d'épaisseur 6cm
 $:(3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.06 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.06) \times 2.3 = 7774.92 \text{ tonne} (45)$

B) Partie rigide

a) Décapage de terrain naturel au bord de la piste ; $20250 \times 0.7 = 14.175,00 \text{m}^3$

b) Réalisation de la couche de forme en tuff ; $20250 \times 0.2 = 4.050,00 \text{m}^3$

c) grave ciment en couche de fondation : $0.20 \times 20250 = 4050 \text{m}^3$.

d) dalle de ciment en couche de surface : $0.3 \times 20250 = 6075 \text{ m}^3$.

Variante N°03 : solution géotextile

A) Partie souple

a) fraisage le 30 m du bande centrale de la piste et 15m centrale du vois de roulement avec surface totale du parking sur 8 cm de profondeur : $\times 129832.5 \times 0.08 = 10386.6 \text{m}^3$

b) Béton bitumineux en revêtement des aires scarifiées:

$$10386.6 \times 2.3 = 23889.18 \text{ tonne}$$

- c) Colmatage de fissures sur : 15000 ml
- d) Mise en place de la nappe de géotextile : 129832.5m^2
- e) Couche d'accrochage = 311313.75 m^2 .
- f) Une couche de roulement en béton bitumeux 0/8 de 8 cm d'épaisseur :
 $181481.25 \times 0.08 \times 2.3 = 33392.55$ tonne.
- B) Partie rigide**
- a) Décapage de terrain naturel au bord de la piste ; $20250 \times 0.7 = 14175,00\text{ m}^3$
- b) Réalisation de la couche de forme en tuff ; $20250 \times 0.2 = 4050,00\text{ m}^3$
- c) grave ciment en couche de fondation : $0.20 \times 20250 = 4050\text{m}^3$.
- d) dalle de ciment en couche de surface : $0.3 \times 20250 = 6075\text{ m}^3$.
- C) Pour les accotements**
- a) Décapage des accotements de la piste et bous bétonné sur 16cm de profondeur:
 $3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.16 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.16 = 9014.4\text{ m}^3$
- b) Couche de substitution en matériau choisi (tuf) d'épaisseur 18 cm :
 $3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.18 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.18 = 10141.2\text{ m}^3$
- c) Couche d'imprégnation en cut-back 0/1 : $(3450 \times 7.5 + 306 \times 7.5) \times 2 = 56340\text{ m}^2$
- Couche de revêtement en BB 0/14 sur 6cm d'épaisseur : $56340 \times 2.3 = 7774.92$ tonne (45)

V.6.2.2 Evaluation financière de chaque variante

VI - 21 Variante N°01 : solution radicale

Désignation	Unité	Quantité	P.Unitaire H.T(DA)	Montant H.T (DA)
1- chaussée souple :				
fraisage de la chaussée	M ³	36271.2	300	10881360
Couche d'accrochage	M ²	362712.5	120	43525500
Grave bitume en base	tonne	71817.07	5500	394993885
Béton bitumineux en revêtement sur 8cm	tonne	33369.55	6000	200217300
2- les accotements :				
Décapage des accotements	M ³	13521.60	300	4053780
Couche de tuf 18 cm	M ³	10141.2	900	9127080
Couche d'imprégnation cut-back	kg	56340	100	5634000
Couche de revêtement 0/14 sur 6 cm	tonne	7774.92	6000	46649520
3-chaussée rigide :				
Décapage de terrain naturel	M ³	14175	700	9922500
Couche de forme en tuff	M ³	4050	600	2430000
Grave ciment en fondation	M ³	4050	8000	32400000
Dalle de ciment en surface	M ³	6075	14000	85050000
Total H.T			844884925 DA	

VI -22Variante N°02 : Scarification partielle

Désignation	Unité	Quantité	P.Unitaire H.T(DA)	Montant H.T (DA)
1- chaussée souple :				
fraisage de la chaussée	M ³	27015.75	300	8104725
Couche d'accrochage	M ²	316435	120	37972200
Grave bitume en base	tonne	35660.79	5500	196134345
Béton bitumineux en revêtement sur 8cm	tonne	58224.08	6000	349344480
Colmatage de fissures	ml	7500	400	3000000
2- les accotements :				
Décapage des accotements	M ³	9014.4	300	2704320
Couche de tuf 18 cm	M ³	10141.2	900	9127080
Couche d'imprégnation cut-back	kg	56340	100	5634000
Couche de revêtement 0/14 sur 6 cm	tonne	7774.92	6000	46649520
3-chaussée rigide :				
Décapage de terrain naturel	M ³	14175	700	9920400
Couche de forme en tuff	M ³	4050	600	2430000
Grave ciment en fondation	M ³	4050	8000	32400000
Dalle de ciment en surface	M ³	6075	14000	85050000
Total H.T			861413570 DA	

VI - 23 Variante N°03 : Solution géotextile

Désignation	Unité	Quantité	P.Unitaire H.T(DA)	Montant H.T (DA)
1- chaussée souple :				
fraisage de la chaussée	M ³	10386.6	300	3115980
Couche d'accrochage	M ²	311313.75	120	37357620
F/P la nappe de géotextile	M ²	129832.5	900	116849250
Béton bitumineux en revêtement sur 8cm	tonne	33392.75	6000	200356500
Colmatage de fissures	ml	15000	400	6000000
2- les accotements :				
Décapage des accotements	M ³	9014.4	300	2704320
Couche de tuf 18 cm	M ³	10141.2	900	9127080
Couche d'imprégnation cut-back	kg	56340	100	5634000
Couche de revêtement 0/14 sur 6 cm	tonne	7774.92	6000	46649520
3-chaussée rigide :				
Décapage de terrain naturel	M ³	14175	700	9920400
Couche de forme en tuff	M ³	4050	600	2430000
Grave ciment en fondation	M ³	4050	8000	32400000
Dalle de ciment en surface	M ³	6075	14000	85050000
Total H.T			557594670.00DA	

VI24.6.3 Etude multicritères des variantes

variantes	Prix (DA)	Avantages	Inconvénients
Variante N° 01	844884925 DA	fissurées et leur reprise par un nouveau corps de chaussée. - Elimination des couches - mise en œuvre relativement facile.	-Réapparition éventuelle des fissures au futur « revivre les mêmes problèmes » - Coût onéreux « très cher » -Résistance très faible au gradient thermique.
Variante N° 02	861413570 DA	-Maintenir les cotes actuelles des différentes aires. -Ne pas rehausser les réseaux de balisage. - Coût économique moins coûteux que la première variante. - mise en œuvre relativement facile.	-Fondations très importantes. -Même comportement de la nouvelle structure de renforcement que celle réalisée en 1984 -Résistance très faible au gradient thermique. -Réapparition éventuelle des fissures au futur.
Variante N° 03	557594670DA	-Coût économiquement intéressant. - Minimiser l'ampleur des fissures, réduire et retarder leur remontée vers le haut. -Reprendre les efforts de traction dus, aux mouvements des aéronefs et du gradient thermique - Augmenter la durée de vie.	- Manque d'expérience sur l'utilisation de ce nouveau matériau. -Peu de connaissances sur les techniques d'utilisation de ce matériau. -Entretien onéreux en cas de mauvais résultats. - nécessité un suivi de

❖ Choix de la variante

L'aérodrome d'EL MENIAA est affecté par un phénomène de fissuration généralisé, dont le niveau de service actuel est jugé passable. Ces fissures peuvent évoluer dans le futur, ce qui aggravera de plus en plus l'état de dégradation des chaussées de l'aérodrome affectant ainsi son niveau de service. A cet effet, il est donc impératif d'intervenir par des travaux de renforcement, en utilisant l'une des solutions proposées précédemment, et en tenant compte des critères, technico-économique développés ci-dessus (avantages et inconvénients de chaque variantes)

Par ailleurs, la zone d'EL MENIAA est connue par le phénomène du gradient thermique qui est à l'origine du vieillissement prématuré du béton bitumineux, laissant ainsi apparaître rapidement des fissures de retrait et de fatigue d'origine thermique.

Il s'avère que la variante intégrant les produits géotextiles est la plus appropriée pour atténuer les différents phénomènes de fissuration constatés au niveau de l'aérodrome d'EL MENIAA, caractérisés essentiellement par des fissures de retrait (d'origine thermique), et donc leur propagation dans le corps de chaussée.

II.13 Solution de drainage pour notre projet

La wilaya d'Meniaase trouve dans une zone désertique ayant un climat aride « sec et chaud », possédant une pluviométrie de 50 mm par an d'où on déduit une faible quantité d'eau qui est absorbée rapidement par le sol sableux.

Le sol sableux possédant des cuvettes et des dépressions qui a une caractéristique de la porosité, ne demande pas la réalisation des drainages « caniveaux, conduites fermées ».

Le système de drainage existant dans l'aérodrome d'Meniaa est réalisé sur la base des pentes « dévers » des terrains qui entourent les aires de mouvements, permettant d'accueillir les eaux de pluies qui proviennent des chaussées celles-ci seront évacuées par infiltration et évaporation.

Tenant compte de la pluviométrie qui est accidentelle, les caractéristiques de terrain sableux « l'évacuation rapide des eaux tombées » et l'existence des pentes de part et d'autre des chaussées de l'aérodrome, le système de drainage n'est pas préconisé dans ce cas, donc nous utilisons le système des pentes des bandes latérales de l'aérodrome.

not ; dans la bord de seuil 18 train Natural a été élevé que la piste alors nous avons obliger de exiger un bassin de extrémité de seuil 18 pour absorption Eau pluvieuse(46)

Pk	(Z) train Natural	(Z)déblai	Diff(z)
0+000	394.022	394.022	0
0+010	394.422	393.922	0.50
0+020	393.012	393.822	1.19
0+030	393.382	393.722	1.66
0+040	395.612	393.622	1.99

VI – 12 1. Solution de drainage pour notre projet :

La wilaya d'Meniaase trouve dans une zone désertique ayant un climat aride « sec et chaud », possédant une pluviométrie de 50 mm par an d'ou on déduit une faible quantité d'eau qui est absorbée rapidement par le sol sableux.

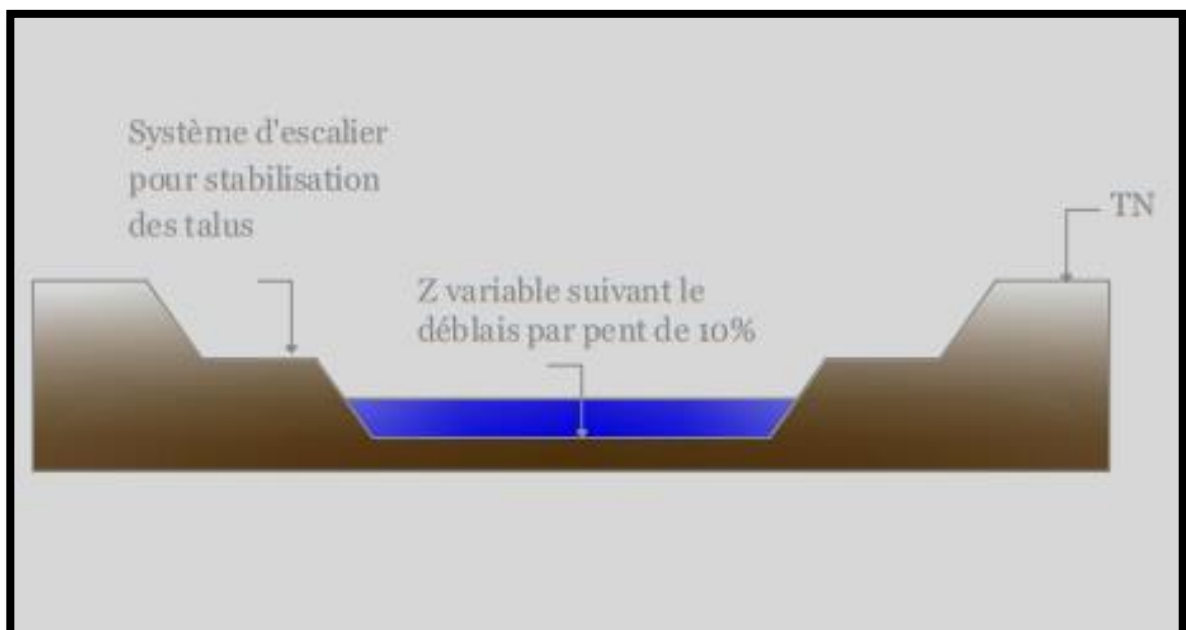
Le sol sableux possédant des cuvettes et des dépressions qui a une caractéristique de la porosité, ne demande pas la réalisation des drainages « caniveaux, conduites fermées ».

Le système de drainage existant dans l'aérodrome d''Meniaa est réalisé sur la base des pentes « dévers » des terrains qui entourent les aires de mouvements, permettant d'accueillir les eaux de pluies qui proviennent des chaussées celles-ci seront évacuées par infiltration et évaporation.

Tenant compte de la pluviométrie qui est accidentelle, les caractéristiques de terrain sableux « l'évacuation rapide des eaux tombées » et l'existence des pentes de part et d'autre des chaussées de l'aérodrome, le système de drainage n'est pas préconisé dans ce cas, donc nous utilisons le système des pentes des bandes latérales de l'aérodrome.

not ; dans la bord de seuil 18 train Natural a été élevé que la piste alors nous avons obliger de exiger un bassin de extrémité de seuil 18 pour absorption Eau pluvieuse (

VI 11 Système drainage



II.13- LE METRE

1 Généralités

Chaque étude d'un projet d'infrastructure s'achève par la détermination des quantités applicables à chaque opération exécutée, et en un mot le métré.

Celui-ci servira de base pour lancer l'avis d'appel d'offre aux entreprises.

.2 Calcul des surfaces

- La surface de raquettes et courbes : $S1 = 6300 \text{ m}^2$
- La surface de la piste 18/36: - Partie souple $S2 = 3000 \times 45 = 135000 \text{ m}^2$.
- Partie rigide $S3 = 450 \times 45 = 20250 \text{ m}^2$.
- La surface de voie de roulement: $S4 = 135.25 \times 25 = 3381.25 \text{ m}^2$
- La surface du parking : $S5 = 105 \times 360 = 37800 \text{ m}^2$

La surface totale (S) est la somme de toutes les surfaces souple calculées précédemment :

$$St = S1 + S2 + S4 + S5 = 182481.25 \text{ m}^2$$

$St = 181481.25 \text{ m}^2$

➤ Les surfaces à scarifier :

- La surface de la bande centrale de la piste scarifiée 18/36: $S2 = 3000 \times 30 = 90000 \text{ m}^2$.
- La surface de la bande centrale de la voie de roulement scarifiée: $S3 = 135.5 \times 15 = 2032.5 \text{ m}^2$
- La surface du parking scarifiée : $S4 = 105 \times 360 = 37800 \text{ m}^2$
- La surface totale des aires scarifiées égale : $S = S2 + S3 + S4 = 129832.5 \text{ m}^2 (47)$

VI - 26

Tableau des surfaces :

	Piste principale	voie de roulement	Parking	Raquettes	Totaux
Surface totale des chaussées (m ²)	135000.	3306.25	36750	6300	181481.25
Surface des aires scarifiées (m ²)	90000	0	36750	/	129832.5

La masse volumique du béton bitumineux : $\rho = 2.3 \text{ tonnes / m}^3$

La masse volumique du grave bitume : $\rho = 2.2 \text{ tonnes / m}^3$

3 Calcul des quantités des matériaux

B) Partie souple

a) fraisage le 30 m du bande centrale de la piste et 15m centrale du vois de roulement avec surface totale du parking sur 8 cm de profondeur : x

$$129832.5 \times 0.08 = 10386.6 \text{ m}^3$$

b) Béton bitumineux en revêtement des aires scarifiées:

$$10386.6 \times 2.3 = 23889.18 \text{ tonne}$$

c) Colmatage de fissures sur : 15000 ml

d) Mise en place de la nappe de géotextile : 129832.5 m^2

e) Couche d'accrochage = 311313.75 m^2 .

g) Une couche de roulement en béton bitumeux 0/8 de 8 cm d'épaisseur :

$$181481.25 \times 0.08 \times 2.3 = 33392.55 \text{ tonne.}$$

D) Partie rigide

e) Décapage de terrain naturel au bord de la piste ; $20250 \times 0.7 = 14175,00 \text{ m}^3$

f) Réalisation de la couche de forme en tuff ; $20250 \times 0.2 = 4050,00 \text{ m}^3$

g) grave ciment en couche de fondation : $0.20 \times 20250 = 4050 \text{ m}^3$.

h) dalle de ciment en couche de surface : $0.3 \times 20250 = 6075 \text{ m}^3$.

E) Pour les accotements

a) Décapage des accotements de la piste et bous bétonné sur 16cm de

$$\text{profondeur: } 3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.16 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.16 = 9014.4 \text{ m}^3$$

b) Couche de substitution en matériau choisi (tuf) d'épaisseur 18 cm :

$$3450 \times 7.5 \times 2 \times 0.18 + 306 \times 7.5 \times 2 \times 0.18 = 10141.2 \text{ m}^3$$

Couche d'imprégnation en cut-back 0/1 : $(3450 \times 7.5 + 306 \times 7.5) \times 2 = 56340 \text{ m}^2$

c) Couche de revêtement en BB 0/14 sur 6cm d'épaisseur :

$$56340 \times 2.3 = 7774.92 \text{ tonne . (47)}$$

❖ ***Produit anti-kirozène pour le parking:**

Pour un poste :

$$\text{La surface} = 51.68 \text{ m}^2$$

Pour les 04 postes :

$$\text{La surface} = 206.73 \text{ m}^2$$

❖ **Le marquage :**

$$\text{Marque de Seuil de piste (blanche): } S1 = 24 \times 1.8 \times 30 = 1296 \text{ m}^2$$

$$\text{Marquage latéral de piste (blanche): } S2 = 4500 \times 2 \times 0.90 = 8100 \text{ m}^2$$

$$\text{Marquage Axial de la piste (blanche) : } S3 = 0.45 \times 30 \times 67 = 904.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Marques de zone de toucher des roues (blanche) : } S4 = 30 \times 1.8 \times 40 = 2160 \text{ m}^2$$

$$\text{Marques de point cible (blanche) : } S5 = 4 \times 45 \times 6 = 1080 \text{ m}^2$$

❖ **Marquage des chiffres :**

$$\underline{\mathbf{6}} = 16.03 \text{ m}^2$$

$$\underline{\mathbf{3}} = 14.18 \text{ m}^2$$

$$\underline{\mathbf{8}} = 19.88 \text{ m}^2$$

$$\underline{\mathbf{1}} = 7.62 \text{ m}^2$$

La surface totale du marquage de la piste principale :

$$S_{t1} = 1296 + 8100 + 904.5 + 2160 + 1080 + 16.03 + 14.18 + 19.88 + 7.62 = 13598.21 \text{ m}^2$$

❖ **Marquage du parking**

Les flèches : $(0.3 \times 1.2) \times 5 + 2 = 3.8 \text{ m}^2$ pour un seul poste.

$$\text{Pour 04 postes : } 3.8 \times 6 = 22.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Ligne de sécurité } S = 0.10 \times 360 = 36 \text{ m}^2$$

$$\text{Les courbes : } 6 \times 3.14 \times (25.5 / 4) = 120.10 \text{ m}^2$$

Marquage de postes de stationnement :

$$S_{t2} = 22.8 + 36 + 120.10 = 178.9 \text{ m}^2$$

La surface totale de la peinture :

$$S_T = S_{t1} + S_{t2} = 13598.21 + 178.9 = 13777.11 \text{m}^2 (47).$$

VI - 27 Tableau récapitulatif

Désignation	Unité	Quantité
1- chaussée souple :		
scarification des chaussées	M ³	10386.6
Colmatage des fissures	ml	15000
Mise en place du géotextile	M ²	129832.5
Couche d'accrochage	M2	311313.75
Béton bitumineux 0/14	tonne	33392.55
Produit anti-kirozène	m ²	207
Peinture	m ²	13777.11
2 - Les accotements:		
Décapage des accotements	M3	9014.4
Couche de tuf 18 cm	M3	10141.2
Couche d'imprégnation cut-back	M2	56340
Couche de revêtement 0/14 sur 6 cm	tonne	7774.92
3-chaussée rigide:		
Décapage des bouts de piste	M ³	14.17 5,00
Couche de forme en tuff	M3	4.050,00
Grave ciment en fondation	M ₃	4050
Dalle de ciment en surface	M ₃	6075

Conclusion :

Les avantages :

- Retarde la remontée des fissures.
- Augmente la résistance à la traction de la couche d'enrobé.
- Absorbe un grand pourcentage des forces de traction horizontales.
- Assure un bon accrochage entre les couches d'enrobés.
- Un prolongement de la durée de vie d'au moins 5 ans d'après l'expérience retenu pour L'aéroport.
- Diminution de la couche de renforcement d'au moins 30 % (3 cm de béton bitumineux).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion général

Dans le cadre d'amélioration de l'aérodrome EL MENIA et après une étude détaillée de notre projet qui consiste à renforcer l'aérodrome d'El GOLEA et vu l'importance de cette infrastructure de grande envergure dont la contribution au développement régional et national est non négligeable, nous sommes arrivés à conclure que l'aérodrome d'El GOLEA nécessite un renforcement afin qu'il soit plus opérationnel et performant et répondre donc aux exigences de la aéronautiques.

Il est également important d'attirer l'attention sur les nouveaux moyens et produits utilisés dans les renforcements des chaussées aéronautiques, géosynthétique « géotextile ».Ce produit peut devenir le moyen incontournable et efficace dans la réfection des chaussées aéronautiques, vu ces avantages en matière de coût et de résistance aux facteurs des dégradations en comparaison avec les méthodes de renforcement classiques.

Des chaussées en béton sont construites depuis plus d'un siècle. Tous les pays industrialisés peuvent citer des exemples de chaussées encore en service ayant largement dépassé la cinquantaine d'années. Il ne faut pas en conclure que les techniques sont figées : c'est un domaine où l'innovation est extrêmement active et où les échanges d'informations sont importants, au plan national comme au plan international

Tant que nous utilise la technique de bout bétonnée alors nous bénéficions des nombreux supports techniques existent et peuvent apporter à notre aérodrome,

Nous citerons les multiples avantages du bout bétonné.

- une durée de vie assez longue.
- un coût d'entretien faible.
- une meilleure adhérence.
- un risque d'aquaplanage plus faible par temps de pluie.

Résistance de l'utilisation militaire et la brulure

Les nouvelles techniques de renforcement aéronautique fait des rendements efficace, malgré le manque de maîtrise de cette méthode dans nos entreprises.

Enfin, ce projet de fin d'étude nous a permis d'acquérir des expériences sur l'élaboration d'une étude de renforcement d'infrastructures aéroportuaire, et aussi nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine des chaussées en bétons de ciment et des géostratégiques qui représentent l'avenir des renforcements dans le domaine des génie civil en particulier les aérodromes, avec tous les avantages qu'ils engendrent lors et après leur utilisation dans un projet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- 01- Dimensionnement des chaussées (volume 1 et 2) (SBA/STBA)
- 02- Fiche technique pour la Météo annuel a El-Menia ENNA
- 03- Catalogue des dégradations (état de la surface des chaussées aéronautiques)dia/STBA
- 04- Fiche technique pour la Météo annuel a El-Menia ENNA
- 05- Guide technique L C P C "choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton" 1996-collection LCPC –SETERA
- 06- CRESSN R GUDINT et TACHE G (1998)-" corrosion et protection de ,métaux dans le bâtiment" <CATED> publications techniques construction 120page
- 07- Guide d'auscultations des chaussées souple Eyrolles.
- 08- Dimensionnement des chaussées (volume 1 et 2) (SBA/STBA)
- 09- Gaude d'emploi en chaussées aéronautique réalèse par serveuse technique de base AERIMNS page 22 année 1999 ferons.
- 10- Etude de renforcement projet : aérodrome d'El-Menia rédigée par K L vérifie par D A approuvée A B page 19 * 29/02/2002.LTPS
- 11- Scellent du faussaire réalèse par LCPC et SETRA page 18 /1981 .
- 12- Catalogue des dégradations des chaussées aéronautiques STBA.
- 13- Etude de renforcement projet : aérodrome d'El-Menia rapports géotechniques réalise par SAETI établie le 07/04/2003 page16
- 14- : Etude de renforcement projet : aérodrome d'El-Menia rapports géotechniques réalise par SAETI établie le 07/04/2003 page 16
- 15- Entrain du réseau routier décemment réales pra LCPC et SETRA page 18 /1979 page 44
- 16- Entrain du réseau routier décemment réales pra LCPC et SETRA page 18 /1979 page 41
- 17- Catalogue MANUL d identifi cation des dégradation des chaussées souples, Ministre transport Québec page 09
- 18- Catalogue des ouvrages cas des dégradions des chaussées anronatique de sud Algérie page-33
- 19- Catalogue des ouvrages cas des dégradions des chaussées anronatique de sud Algérie page-31
- 20- Catalogue des ouvrages cas des dégradions des chaussées anronatique de sud Algérie page 29
- 21- Habibi (p) 1980 –cour de, mécanique de sol ENGRF page 109 / ANFOR -1995-norme exprtle 94 202 sols
- 22- La Norme francise NFP18-107'essai de traction et flexion.
- 23- La Norme francise NF 94-1121'essai Sondages de puits.
- 24- La Norme francise NF 94-500 l'essai Sondages carottés.

- 25- La Norme française NF 94-117-1 de l'essai de plaque.
- 26- études géotechniques d'aérodromes EL MENIA 11/11/2013 rédigé par L O et vérifié par N B page 02 réalisé par la LTPS
- 27- Guide technique . chaussées en béton chapitre 1 page 09
- 28- rapports technique de la chausse bétonne d'aéroport d'Adrar/ réalisé par, Mr doukhane, mahdi ingénieur génie civil en niveaux entrepris EVSM page 24
- 29- Mémoire fin étude -étude de renforcement de l'aérodrome d'Adrar avec intégration des bouts bétonnes et géotextiles/ réalisé par Sadaoui Nabil et khaouni fateh année 2008 page 66
- 30- www .BIDIM ?
- 31- P V expériences de réalisation d'aérodromes EL MENIA réalisé par l'entreprise EVSM .agréé par SAETI date 19/05/2013
- 32- Avnent N°1 au march N°168/2012 approuvé le 07/05/2012 plan de Marquages
- 33- Tableaux réalise par Direction de l'aéroport d'El-Goléa 1999
- 34- Etude de renforcement projet : aérodrome d'El-Menia rapports géotechniques réalise par SAETI établie le 07/04/2003 page 06
- 35- Etude de renforcement projet d'aérodromes EL MENIA rapports géotechniques réalise par SAETI établie le 07/04/2003 page 09
- 36- Etude de renforcement projet : aérodrome d'El-Menia rapports géotechniques réalise par SAETI établie le 07/04/2003 page 05
- 37- Etude de renforcement projet : aérodrome d'El-Menia rapports géotechniques réalisé par SAETI établie le 07/04/2003 page 07
- 38- Essai de plaque projet d'aérodromes EL MENIA réalisé par la LTPS 13/10/2010 rédigée E Y vérifié par A A page 03
- 39- Analyse de matériau projet bouts bétonnes d'aérodromes EL MENIA réalisé par la LTPS 06/02/2013 rédigée K L vérifié par A A page 02
- 40- Analyse de matériau projet bouts bétonnes d'aérodromes EL MENIA réalisé par la LTPS 06/02/2013 rédigée K L vérifié par A A page 03
- 41- études géotechniques d'aérodromes EL MENIA réalisé par la LTPS 29/09/2002 rédigée K L vérifié par D .A approuvée A. B page 07
- 42- Etude de composition du béton projets bouts bétonnes réalisé par la LTPS 11/11/2013 rédigé par L O et vérifié par N B page 02
- 43- études géotechniques d'aérodromes EL MENIA réalisé par la LTPS 29/09/2002 rédigée K L vérifié par D .A approuvée A. B page 25

- 44- Etude de renforcement projet : aéroport d'El-Menia réalisé par la LTPS 29/09/2002 rédigée K L
vérifiée par D .A approuvée A. B page 26
- 45- Avnent N°1 au Marche N°168/2012 approuvé le 07/05/2012
- 46- Avnent N°2 au Marche N°168/2012 approuvé le 17/08/2013
- 47- Marché N°168/2012 .projet réalisation deux bouts bétonnés aux seuils 18/36 de la piste principale
18/36 d'aéroports EL MENIA page 88.

ANNEXES

TABLEAU RECUPUTULATIF DES RESULTATS OBTENUS (D₀)

Profils	Nbre de points mesurés	Emplacement des géophones par rapport à la plaque (mm)								
		0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2250
		les déflexions moyennes en (µm)								
park	12	350	293	258	211	175	120	88	66	53
Axe	12	309	254	223	181	150	104	78	60	49
3.5d	12	303	245	215	174	143	99	74	57	46
3.5g	12	337	279	247	201	167	114	83	62	50
7d	11	288	236	208	170	142	100	76	58	47
7g	11	300	250	222	183	154	109	81	62	50
Déflexion moyenne au niveau de la voie de roulement	58	307	253	223	182	151	105	78	60	48,4

La déflexion moyenne obtenue par le géophone central est de 350 (µm) pour le parking et de 307 (µm) par la voie de roulement, ces valeurs sont faibles chose reflétant un état structurel acceptable de chaussée. On remarque aussi une homogénéité évidente dans les déflexions obtenues des cinq (05) profils réalisés sur la voie de roulement.

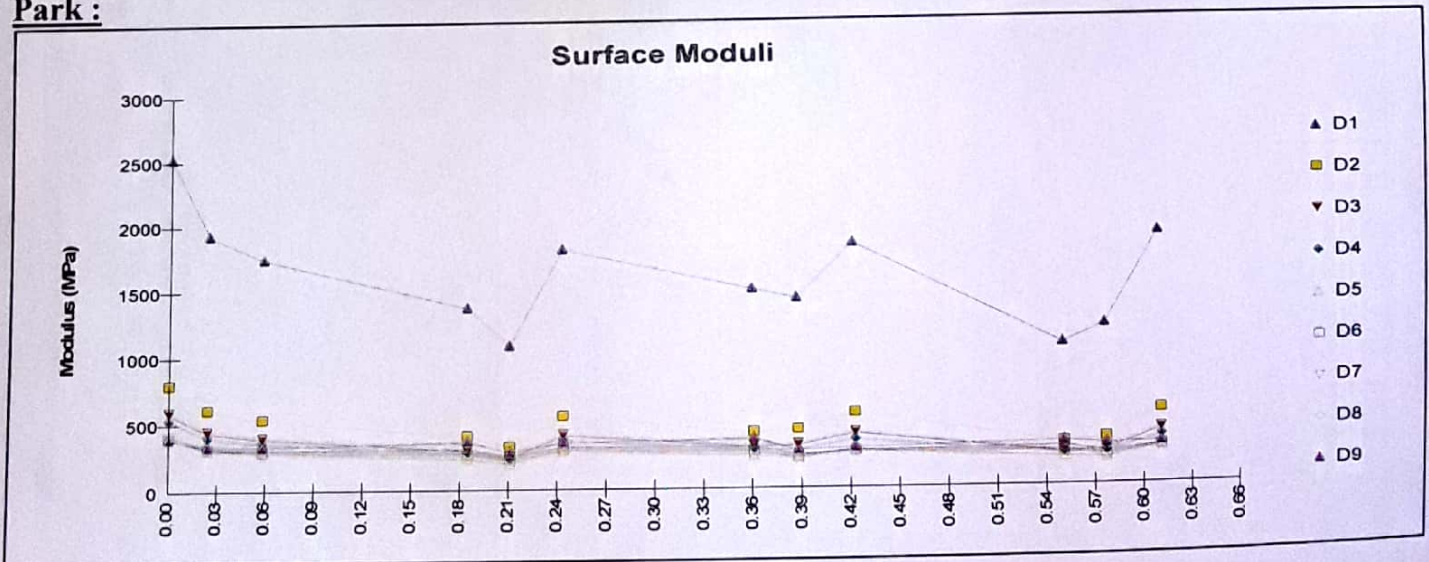
5. Modules à la surface

Le module de surface (surface modulus E₀) est le module d'une seule couche équivalente qui va donner une déflexion en surface égale à celle enregistrée sur un système multicouche réel. Ce module permet de constater la présence des couches souples ou rigides, il est utilisé aussi pour donner une première estimation des modules d'élasticité de la chaussée.

Les graphes et les tableaux suivants représentent les modules à la surface (E₀) calculés à base des déflexions de chaque point testé :

5-1 parking:

Park :



Etabli le :
15/01/2013

Mesure, Analyse et Interprétation des déflexions
sur la voie de roulement et l'extension du parking de L'aérodrome de El-
Menia Wilaya de Ghardaïa

Rédigé par: E.Y et S.M

Vérifié par : A.A

Approuvé par: L.K

Page 8 sur
24

TABLEAU RECUPUTULATIF DES RESULTATS OBTENUS (D₀)

Profils	Nbre de points mesurés	Emplacement des géophones par rapport à la plaque (mm)								
		0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2250
		les déflexions moyennes en (µm)								
park	12	350	293	258	211	175	120	88	66	53
Axe	12	309	254	223	181	150	104	78	60	49
3.5d	12	303	245	215	174	143	99	74	57	46
3.5g	12	337	279	247	201	167	114	83	62	50
7d	11	288	236	208	170	142	100	76	58	47
7g	11	300	250	222	183	154	109	81	62	50
Déflexion moyenne au niveau de la voie de roulement	58	307	253	223	182	151	105	78	60	48,4

La déflexion moyenne obtenue par le géophone central est de 350 (µm) pour le parking et de 307 (µm) par la voie de roulement, ces valeurs sont faibles chose reflétant un état structurel acceptable de chaussée. On remarque aussi une homogénéité évidente dans les déflexions obtenues des cinq (05) profils réalisés sur la voie de roulement.

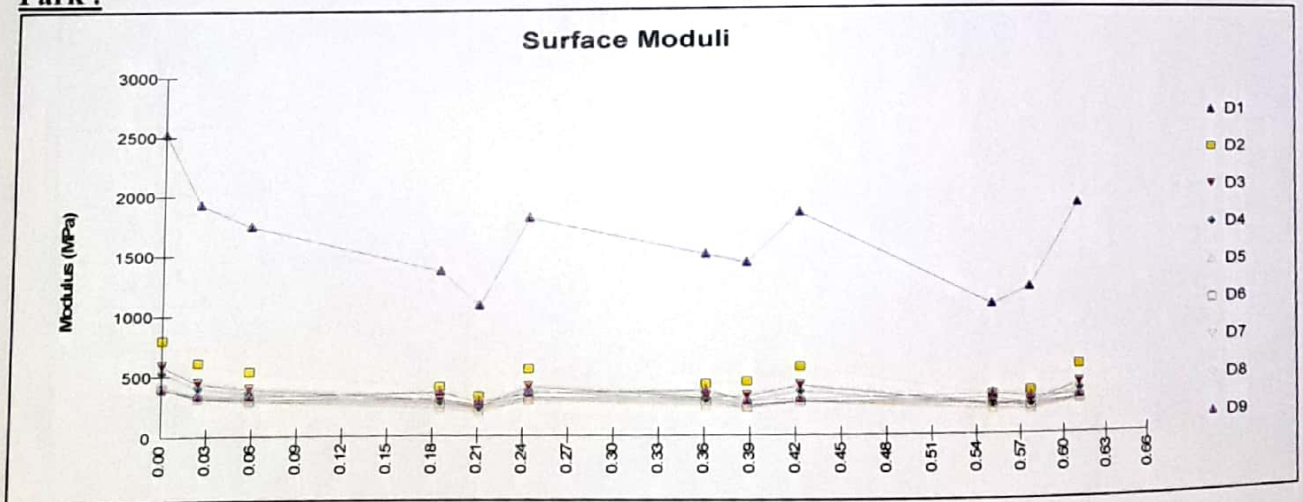
5. Modules à la surface

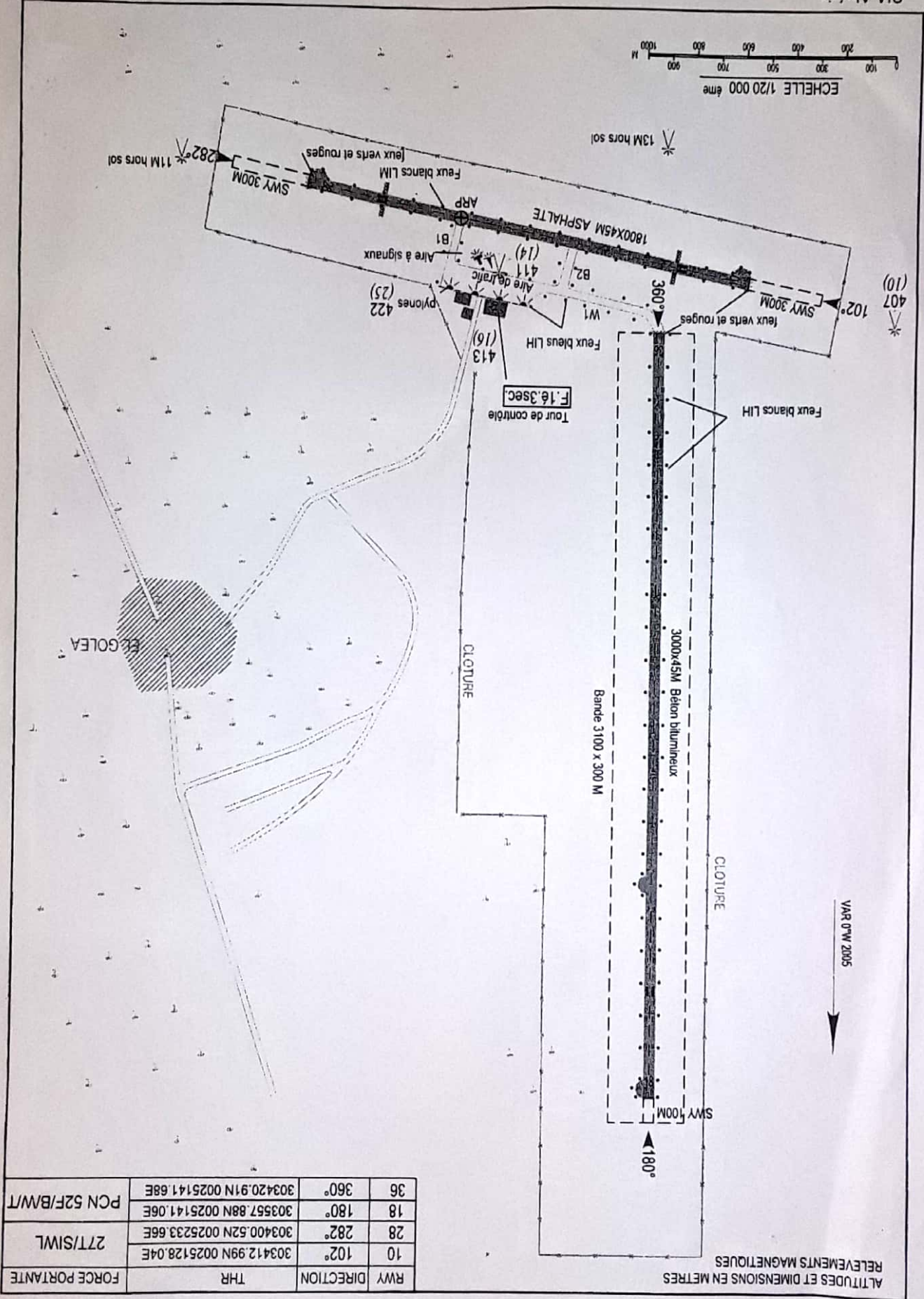
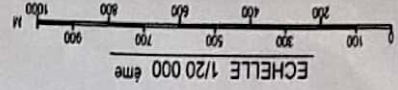
Le module de surface (surface modulus E₀) est le module d'une seule couche équivalente qui va donner une déflexion en surface égale à celle enregistrée sur un système multicouche réel. Ce module permet de constater la présence des couches souples ou rigides, il est utilisé aussi pour donner une première estimation des modules d'élasticité de la chaussée.

Les graphes et les tableaux suivants représentent les modules à la surface (E₀) calculés à base des déflexions de chaque point testé :

5-1 parking:

Park :





ALTITUDES ET DIMENSIONS EN METRES
RELEVEMENTS MAGNETIQUES

FORCE PORTANTE	RWY	DIRECTION	THR
27T/SIWL	10	102°	303412.99N 0025128.04E
	28	282°	303400.52N 0025233.66E
PCN 52F/BW/T	18	180°	303557.88N 0025141.06E
	36	360°	303420.91N 0025141.68E

ARP: 303408N
ALT AD: 397M
0025153E

TWR: 119.7

CARTE D'AERODROME - OACI -



LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

Structure : ... U.T.G. HARDAIA

Département Contrôle

Projet : *Accroissement de l'entretien*

Maitre d'ouvrage : D.T.P. généraliste

Entreprise : *EVSTI*

Équipement : *Balance*

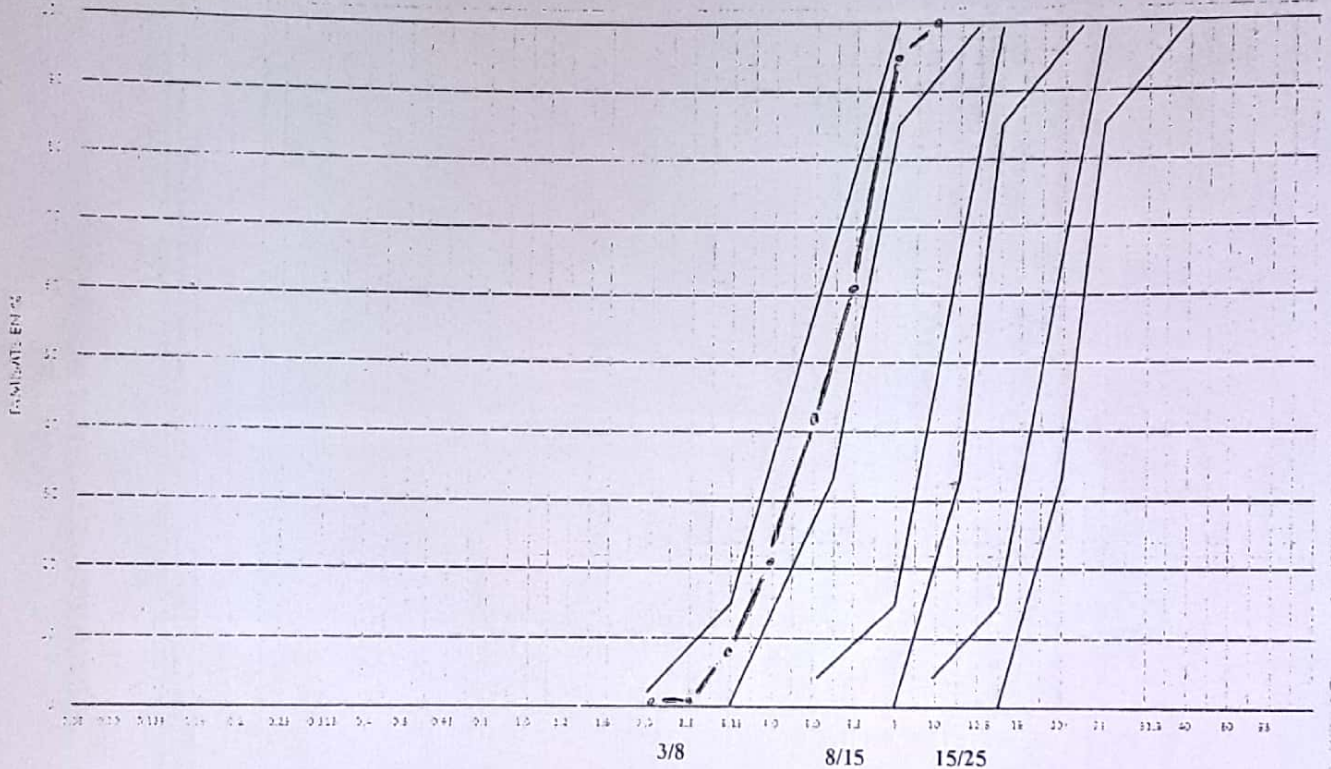
Lieu de Prélèvement : *LABO. EL MENIA*

Date de prélèvement : *07/05/2013*

N° d'inventaire : *L 21.02.08*

RÉSULTATS D'ANALYSE DES AGRÉGATS

Analyse granulométrique :



Caractéristiques des agrégats:

GRAVIER

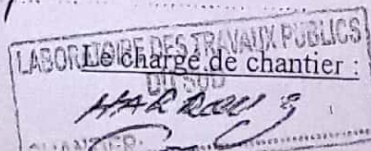
Classe	AP (%)	LA (%)	MDE (%)	Propriété (%)	Autres
3/8	33	24	47	36	7.52
8/15	/	/	/	/	/
15/25	/	/	/	/	/

SABLE

Sable 0/3	ES (à 10% Fines) (%)	<0.08mm (%)	VB
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/

Commentaires :

* fraction 3/8 au niveau de l'accroissement de l'entretien
 MDE - 47 % } Non Acceptable
 que pas le buse pour - 36 % }
 o grave ciment.
 e. ceruicani



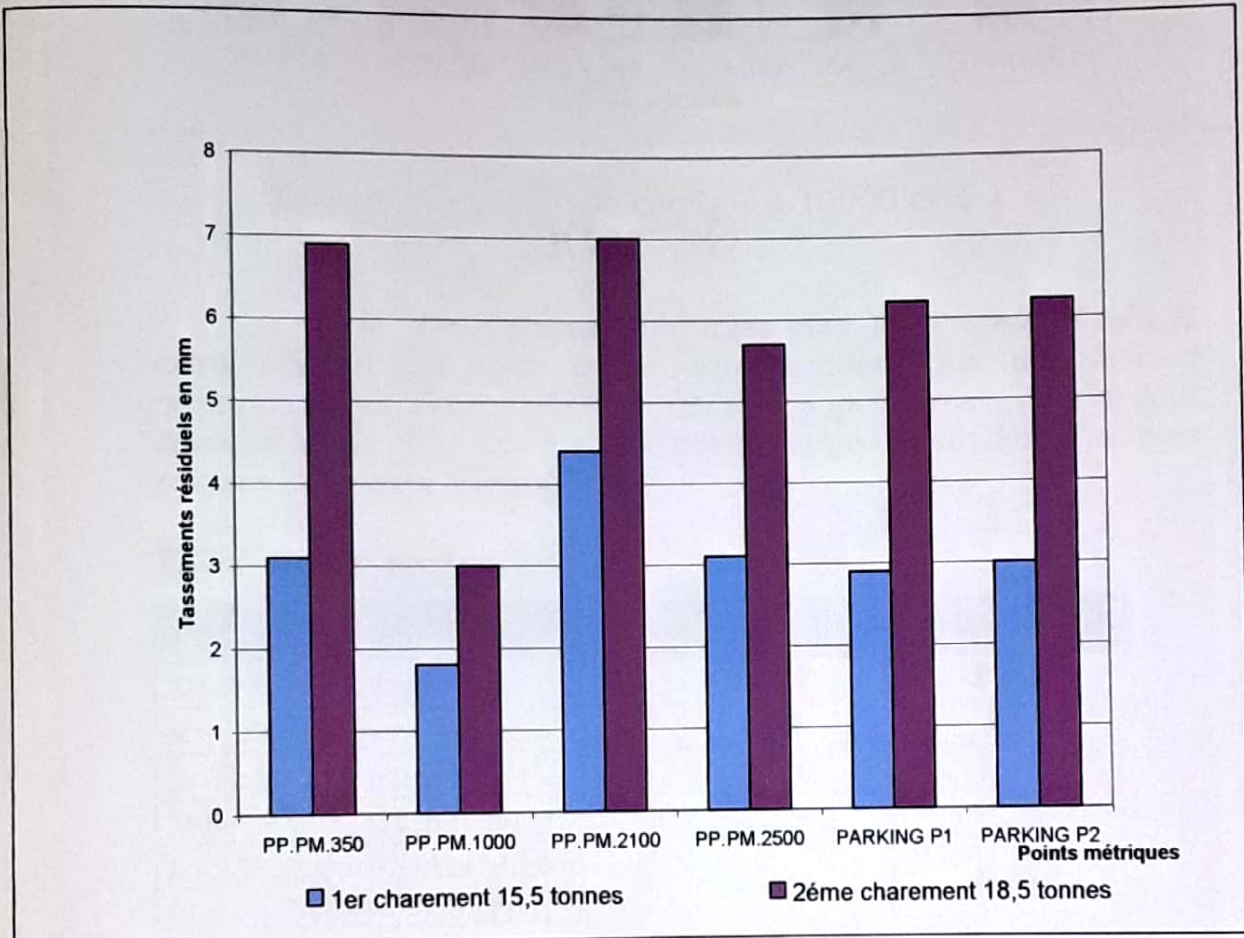
F4-11.04

VIII-1-4 - Résultats et Interprétation :

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de courbes jointes en annexe.

- 1- La première figure montre l'extrapolation des tassements résiduels.
- 2- La deuxième figure présente les charges de service estimées à partir du critère de tassement maximal de 05 mm.

Les tassements résiduels aux 10^{ème} et 20^{ème} cycles sont donnés aussi sur l'histogramme suivant :



Détermination des coefficients de correction :

Les coefficients de correction sont calculés à partir de la formule proportionnelle ($\sigma^*a/\sigma_1^*a_1$).

BOEING	COEFFICIENT CORRECTION	CORRECTION
737	1.04	4 %
727	1.29	29 %

L.T.P.Sud

Rédigée le 29.09.02	ETUDE DE RENFORCEMENT DE L'AERODROME D'EL-MENIA			18/43
	Rédigée par: K.L	Vérifié par D.A	Approuvée A.B	

AÉRODROMES D'ALGÉRIE

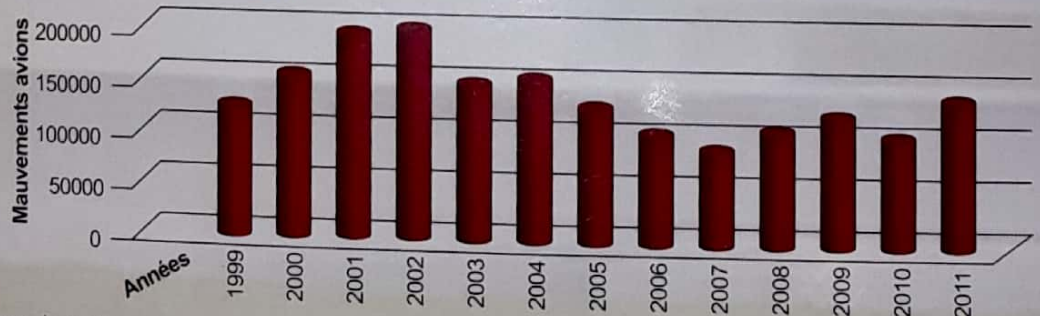
- AÉRODROMES INTERNATIONAUX 1^{ÈRE} CATÉGORIE
- AÉRODROMES INTERNATIONAUX 2^{ÈME} CATÉGORIE
- AÉRODROMES NATIONAUX
- AÉRODROMES RÉGIONAUX
- AÉRODROMES À USAGE RESTREINT



AÉRODROMES OUVERTS A LA C.A.P

12 Aéroports Internationaux	10 Aéroports Nationaux	13 Aéroports Régionaux	01 Aéroports à usage restreint
1^{ère} Catégorie ▶ Alger ▶ Constantine ▶ Annaba ▶ Ghardaïa ▶ Oran	▶ Béchar ▶ Bejaïa ▶ Batna ▶ Biskra ▶ Djanet ▶ El Oued ▶ In Salah ▶ Illizi ▶ Ouargla ▶ Sétif	▶ B.B Mokhtar ▶ In Guezzam ▶ Boussaâda ▶ Mechria ▶ Chlef ▶ Laghouat ▶ El Bayadh ▶ Tindouf ▶ El Goléa ▶ Touggourt ▶ Griss ▶ Timimoun ▶ Jijel	▶ Hassi R'mel
2^{ème} Catégorie ▶ Adrar ▶ Tlemcen ▶ H.Messaoud ▶ Tiaret ▶ In Amenas ▶ Tébessa ▶ Tamanrasset			

EVALUATION DU TRAFIC AÉRIEN



Selon les prévisions de trafic mouvement d'avions retenues au titre du schéma directeur sectoriel aéroportuaire 2005-2025, le trafic retenu pour l'an 2011 été de 118 000 mouvements ; réellement cet objectif a été atteint et a dépassé les 125 000 mouvements.



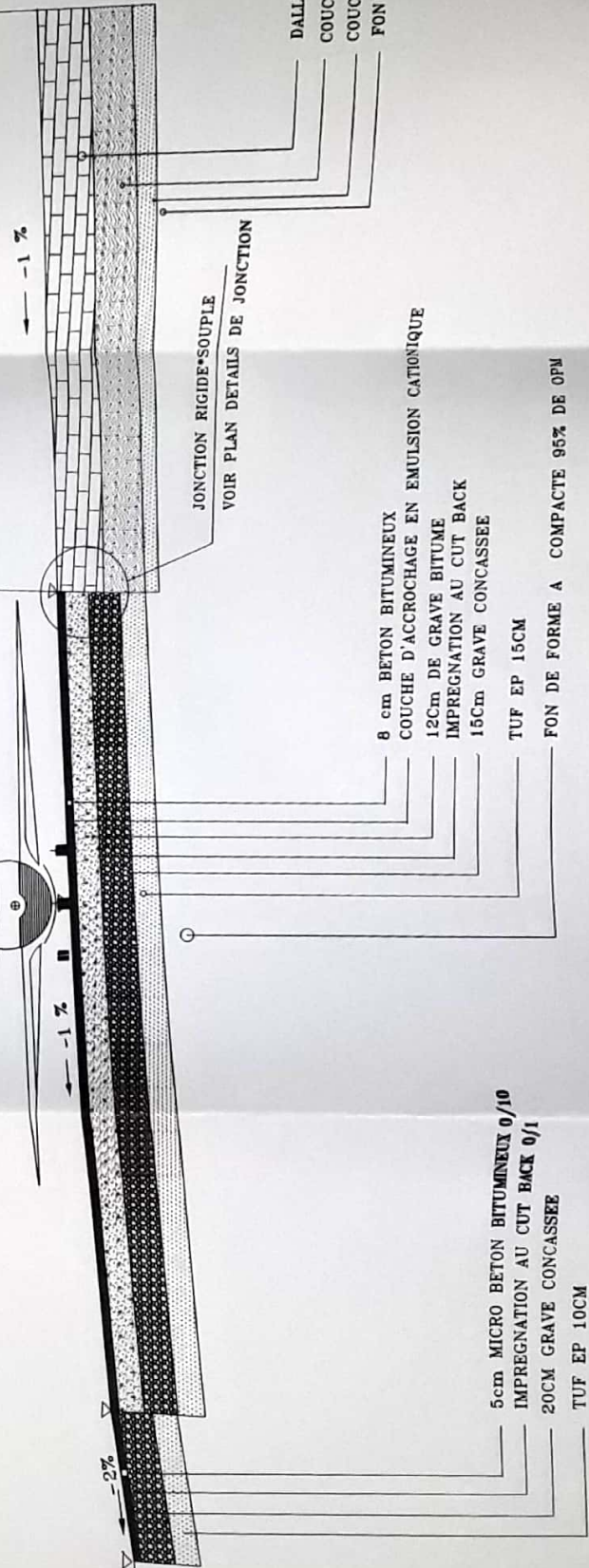
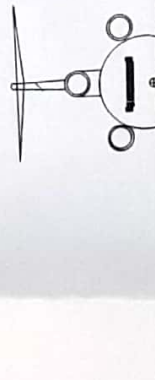
PROFIL EN TRAVERS TYPE RAQUETTE - EN SOUPLE -

ECH : 1/250/25

ACCOTEMENT
7.50M

CHAUSSEE - RAQUETTE R=50m
50.00M

1/2 CHAUSSEE RIGIDE -- BOUT DE PISTE --
22.50M



DALLE EN BETON DE CIMENT EP 30CM
COUCHE DE BASE EN GRAVE CIMENT EP 20CM
COUCHE DE FORME EN TUF EP 20CM
FON DE FORME A COMPACTE 95% DE OPM

JONCTION RIGIDE*SOUPLE
VOIR PLAN DETAILS DE JONCTION

8 cm BETON BITUMINEUX
COUCHE D'ACCROCHAGE EN EMULSION CATIONIQUE
12CM DE GRAVE BITUME
IMPREGNATION AU CUT BACK
15CM GRAVE CONCASSEE
TUF EP 15CM
FON DE FORME A COMPACTE 95% DE OPM

5cm MICRO BETON BITUMINEUX 0/10
IMPREGNATION AU CUT BACK 0/1
20CM GRAVE CONCASSEE
TUF EP 10CM

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
WILAYA DE GHADAIA
DIRECTION DES TRAVAUX PUBLICS

INTITULE DE L'OPERATION : RENFORCEMENT DE L'AERODROME D'EL MENEA

الصفحة رقم 2/2167

MARCHE : / 2012

Opération N° : NK 5 527 8 262 147 05. 01

PROJET : Réalisation deux bouts betonnes, aux seuils 18 et 36 de la piste principale 18/36
de l'aerodrome d'el menea

لجنة الصفقات للولاية
تأشيرة رقم 121/149
تاريخ 2012/05/107

PARTENAIRE CO-CONTRACTANT : Entreprise de Viabilisation de Sidi moussa (EVSM)

VI- CONCLUSION

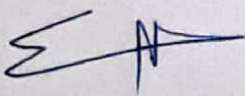
L'auscultation des bouts bétonnée de la piste d'atterrissage (18/36) de l'aérodrome d'El-Menia au H.W.D et au profilomètre ainsi que les mesures des coefficients de frottement ont montré ce qui suit :

- ✓ La majorité des déflexions mesurées au niveau des profils 01, 02, appartiennent à l'intervalle **180, 400** μm , ce qui caractérise une chaussée d'une portance acceptable.
- ✓ Une homogénéité des déflexions est très remarquable sur les géophones lointaine du point d'application de la charge par rapport au géophones proche est-ce la due à l'homogénéité et la continuité de sol support.
- ✓ Les valeurs du coefficient de transfert des charges **LTE** (varie entre **87** et **100%**) montrent que les charges d'exploitation sont bien transférer entre les dalle en question.
- ✓ Les valeurs des modules de surface moyens calculés pour les profils réalisés varient entre **3941** et **4630** Mpa, ce sont des valeurs moyennes, indiquant la présence d'un corps de chaussée de portance globale acceptable.
- ✓ Les modules E_1 moyens de la couche du béton varient entre **14114** Mpa et **15117** Mpa, ces valeurs sont en générale acceptable pour ce type d'ouvrage (bout bétonnée) .
- ✓ Les modules E_2 , calculés en valeurs moyennes pour la deuxième couche en grave ciment, varient entre **9397** et **10048** Mpa.
- ✓ Les modules E_3 de la couche en matériaux non traité varient entre **198** et **270** Mpa. Pour le sol support le module E_4 est d'une valeur moyenne de **88** Mpa.
- ✓ La valeur minimale calculée du PCN des bouts bétonnés de la piste 18/36 de l'aérodrome d'El-Menia pour une durée de vie de 10 ans est de **65 R/C/W/T**.
- ✓ Les valeurs moyennes d'IRI obtenus varient entre 3.38 et 3.72 m/Km, ces valeurs moyennes caractérisent dans l'ensemble un état d'uni **moyen**, on signale aussi que les deux bouts de la piste présente plusieurs défaut d'uni (IRI>05m/km).
- ✓ La mesure des coefficients de frottement de la piste 18/36 de l'aérodrome de d'El-Menia, à l'aide du pendule de LEROUX, a révélé des valeurs comprises entre 52 % et 57 % avec une moyenne de **55.2 %**. Ces valeurs reflètent une adhérence acceptable.

Le LTP-Sud reste à votre entière disposition pour d'éventuels éclaircissements complémentaires.

Ingénieurs Chargé d'Etude

I. SAITI



L.T.P.Sud GHARDAIA

Directeur technique

A.AMIEUR



Rédigée le : 15/ 07/ 2015

Projet : Essais d'Homologation des bouts bétonnés de la piste (18/36) de l'aérodrome d'El-Menia- W DE Ghardaia

Page 19 sur 24

Révisée par : S I

Vérifiée par : A A

Approuvé par : A A

RAPPORT D'ESSAI

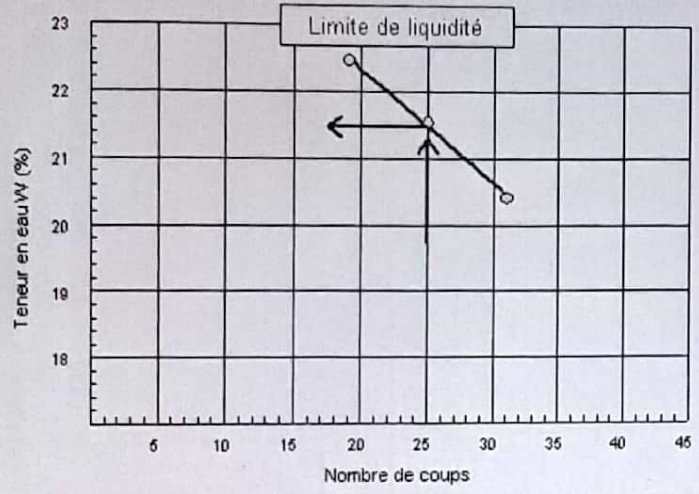
Limites d'Atterberg

IIF P 94 - 51

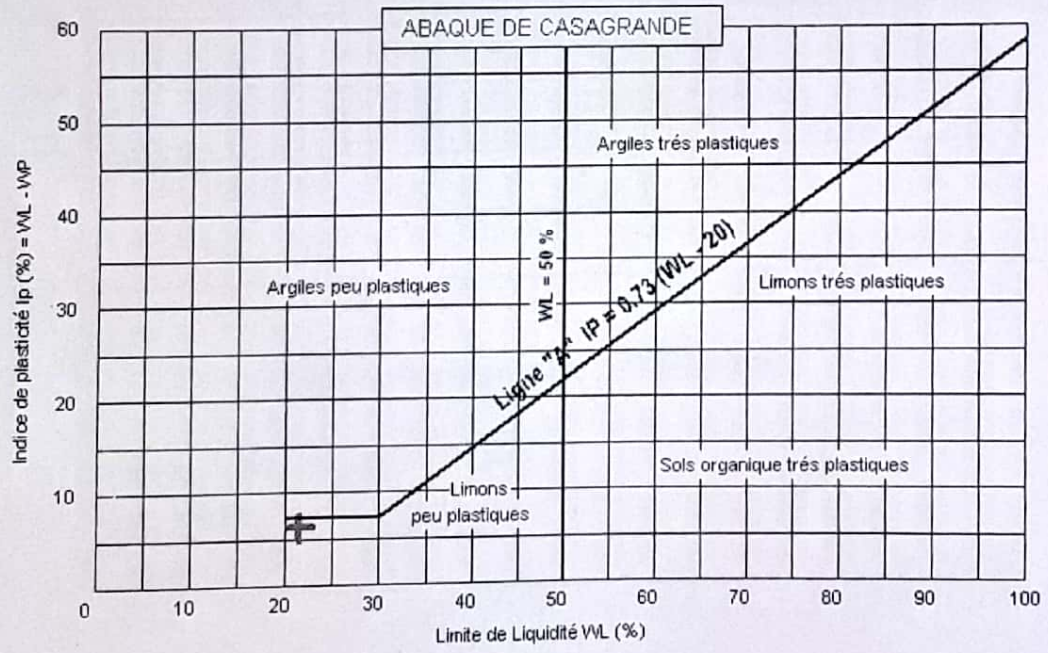
Client : Projet : EVSM Endroit :	N° Projet : Réf. Client : N° rapport :
Echantillon n° : Sondage n° : Profondeur : Matériaux : TUF	Provenance : Endroit de prélèvement : Prélevé par : Date prélèvement :
Reçu le : Date essais : 17 / 01 / 2013	

Limite de Liquidité (%) : WL = 21,48
Limite de Plasticité (%) : WP = 15,29
Indice de Plasticité (%) : IP = 6,19

Teneur en eau naturelle (%) : Weau =



Limite de plasticité	
Ech N°	W (%)
1	15,5
2	14,88
3	15,5



Remarque :

Préparé par :	Date :	Approuvé par :	Date :
---------------	--------	----------------	--------

© Soltis 2007

RAPPORT D'ESSAI ESSAI PROCTOR

NF P94-093

Client :
Projet : EVSM Aérodrome El-Mènèa
Endroit :

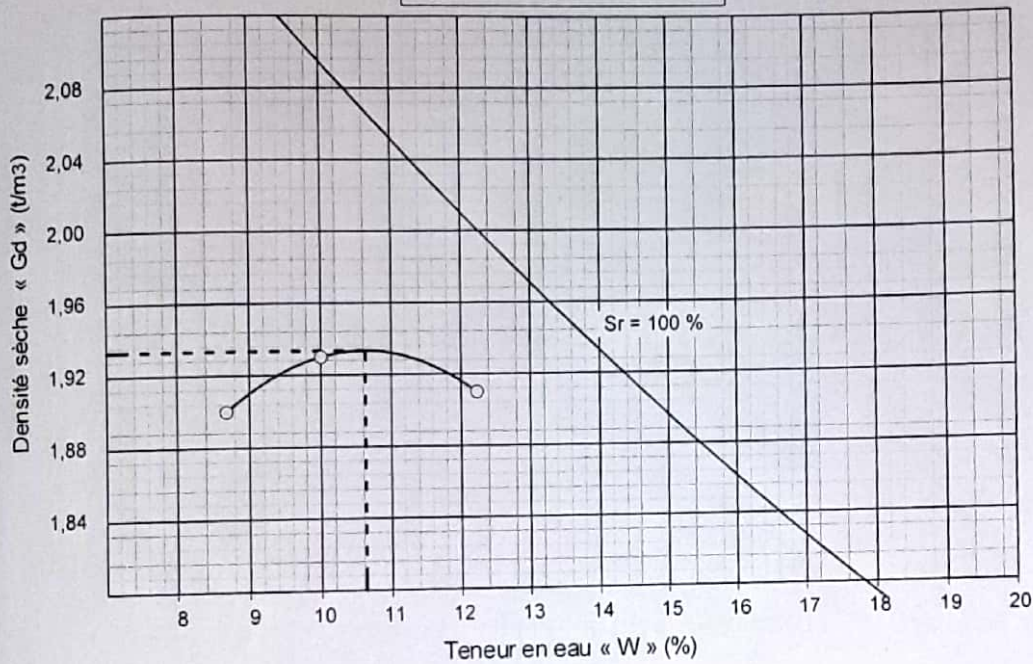
N° Projet :
Réf. Client :
N° rapport : Rév :

Echantillon n° :
Sondage n° :
Profondeur :
Matériaux : TUF
Provenance :

Endroit de prélèvement :
Prélevé par :
Date prélèvement :
Reçu le :
Date essais : 15/01/2013

Densité des grains : 2,65
Refus à 20mm (%) :

$\gamma_d \text{ max} = 1,93 \text{ (t/m}^3\text{)}$
 $W_{opm} = 10,6 \text{ (\%)}$



MOULE

Proctor

CBR

ENERGIE

Normal

Modifié

Densité des grains

Estimée

Mesurée

TABLEAU DE RESULTATS DES MESURES

W (%)	8,7	10,0	12,2					
Densité (T/m ³)	1,90	1,93	1,91					

Remarque :

Préparé par :

Date :

Approuvé par :

Date :

Essai 1 : profil 80+40

Charges (KN)	L (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)
0.00	0	0	0
3.65	0.17	0.16	0.23
7.03	0.39	0.31	0.48
10.63	0.57	0.45	0.67
14.09	0.74	0.57	0.85
17.35	0.92	0.69	1.02
10.72	0.87	0.61	0.96
0.00	0.30	0.22	0.44
4.15	0.45	0.32	0.59
7.12	0.60	0.43	0.74
10.61	0.73	0.52	0.87
13.98	0.84	0.61	0.98
9.22	0.84	0.60	0.98
0.00	0.32	0.22	0.49

Essai 2 : profil 20+40

Charges (KN)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)
0.00	00	00	00
3.67	0.13	0.03	00.13
7.33	0.28	0.14	00.25
10.78	0.33	0.38	0.34
14.21	0.47	0.46	0.48
17.44	0.51	0.57	0.52
10.92	0.48	0.46	0.43
0.00	0.08	0.08	0.14
4.15	0.05	0.08	0.02
7.23	0.10	0.14	0.07
10.61	0.21	0.23	0.18
14.20	0.49	0.49	0.45
8.22	0.44	0.43	0.41
0.00	0.11	0.13	0.18

- Application d'une première charge pour mise en place de la plaque d'essai, pendant un temps pouvant varier de 10 à 30 secondes ;
- Déchargement ;
- Mise à zéro des comparateurs ;
- Chargement en 1^{er} cycle par palier de 0.5 bars jusqu'à 2.5 bars, avec l'enregistrement des déformations pour chaque palier ;
- Déchargement ;
- Chargement en 2^{ème} cycle par palier de 0.5 bars jusqu'à 2.0 bars, avec l'enregistrement des déformations pour chaque palier ;
- Déchargement.

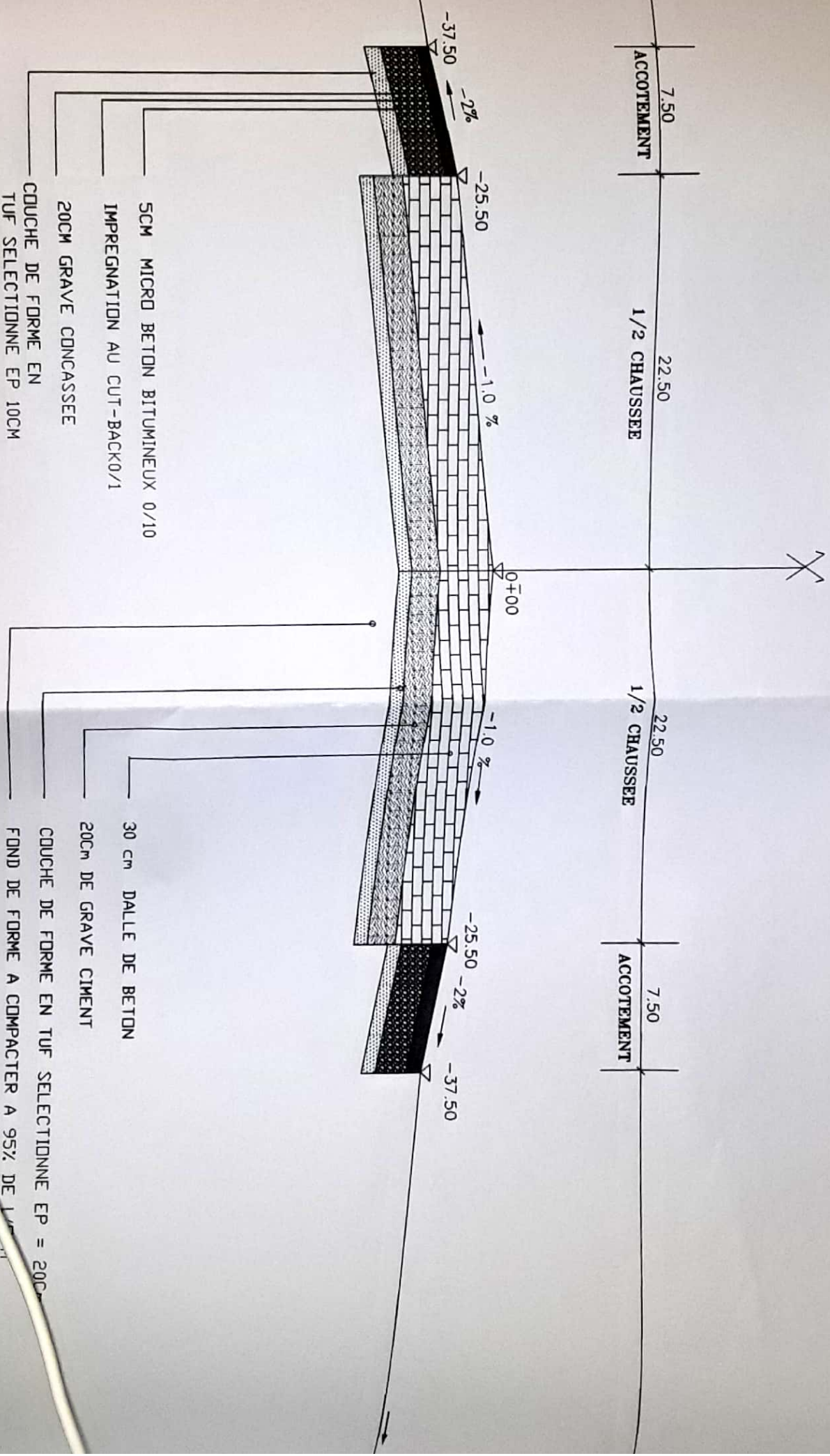
III - LES RESULTATS DES ESSAIS :

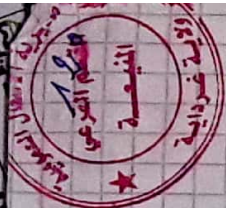
Les résultats d'essai effectué sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

	Ev1 (bars)	Ev2 (bars)	K
P1 (profil 80+40)	943.11	900.00	0.95
P2 (profil 20+40)	1211.54	1223.30	1.01
P3 (profil 70+60)	1009.62	906.47	0.90

PROFIL EN TRAVERS TYPE RIGIDE

ECH : 1/250/25



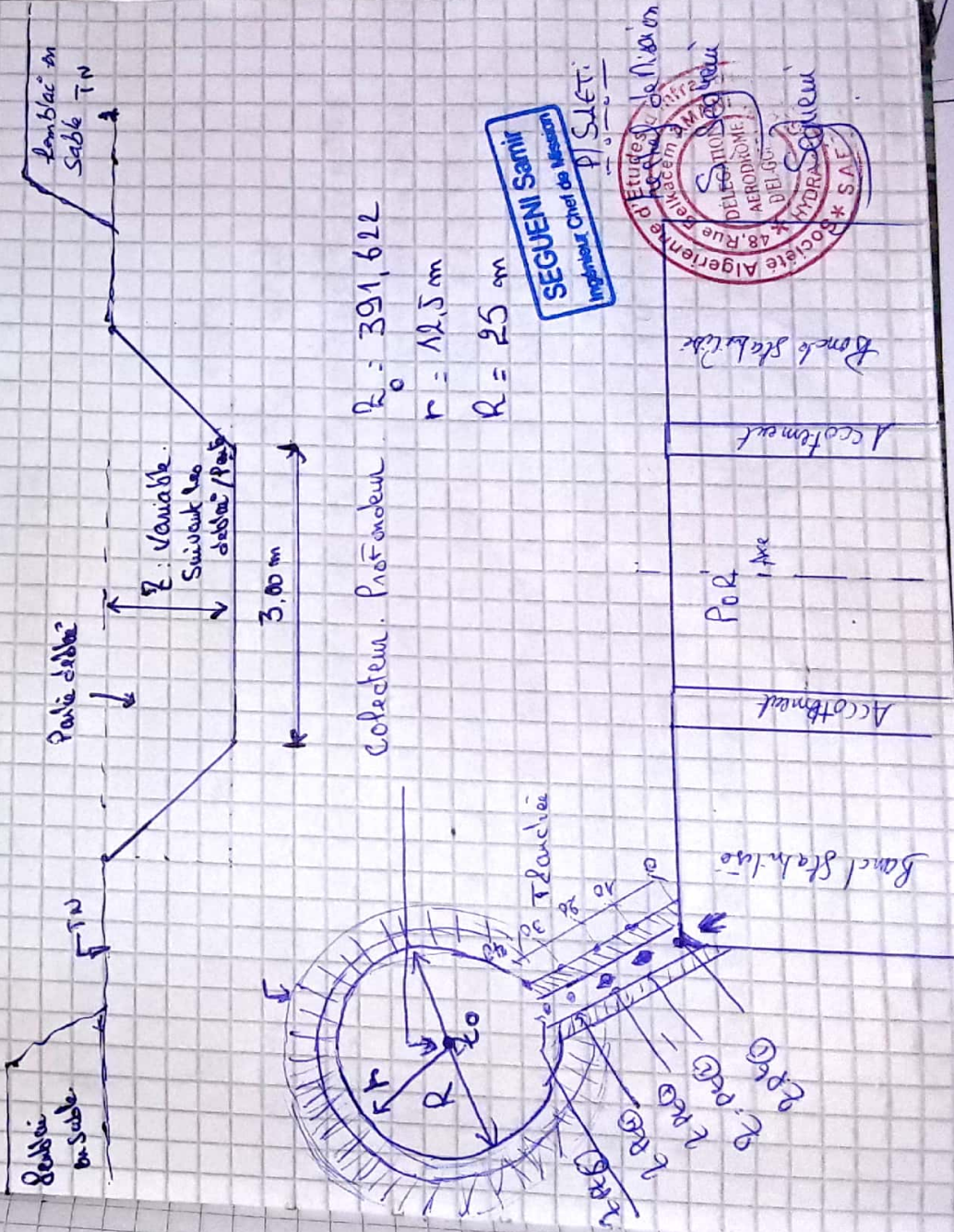


Suite au Plan du 29/08/2015

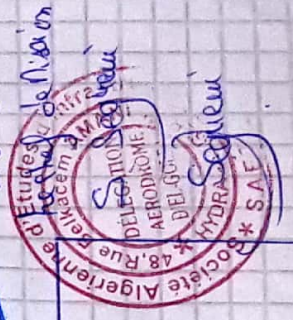
Seuil AS :

le B.E.T. S.A.E.T.I avec la Présence du Topographe délégué pour l'implantation
 le Remaniement de la Tranchée du canal pour évacuation des eaux pluviales
 au niveau du Fin PK du Bndc Stabilisé

PK	E _{TN}	E _{deblai}	DIFF (2)	Pente de 10%
0+000	394,022	394,022	0 m	
0+010	394,422	393,922	0,50 m	
0+020	395,022	393,822	1,19 m	
0+030	395,382	393,722	1,66 m	
0+040	395,622	393,622	1,99 m	



SEGUENI Samir
 Ingénieur Chef de Mission
 P. S.A.E.T.I.



AERODROME D'EL MENEA
TRAVAUX DE REALISATION DES BOUTS BETONNES SEUIL 18ET 36
AU NIVEAU DE LA PISTE PRINCIPALE
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

TABLEAU RECAPITULATIF

		MONTANT EN DA HT
Section : 1	Installation et repli du matériel	53 800 000,00
Section : 2	Travaux préparatoires et terrassements	22 138 700,00
Section : 3	Chaussées rigides	467 725 400,00
TOTAL GENERAL EN HORS TAXES		79 513 318,00
TVA 17 %		547 238 718,00
TOTAL GENERAL T.T.C		547 238 718,00

Arrêter le présent détail quantitatif estimatif en hors taxes à la somme de :
QUATRE CENTS SOIXANTE-SEPT MILLIONS SEPT CENTS VINGT-CINQ MILLE QUATRE CENTS DINARS ALGERIENS (467 725 400,00 DA en hors taxes).

Arrêter le présent détail quantitatif estimatif en TTC à la somme de :
CINQ CENTS QUARANTE-SEPT MILLIONS DEUX CENTS TRENTE-HUIT MILLE SEPT CENTS DIX-HUIT DINARS ALGERIENS en toutes taxes comprises (547 238 718,00DA en TTC).

02 MAI 2012

20 MAI 2012

Sidi Moussa, le.....
 Le partenaire cocontractant

Ghardaïa, le
 Le service contractant


 Le Directeur Général

M. REMINI



Signature: Sidi Moussa

المخلص

في هذا البحث (حواف خرسانية لمطار المنيرة) قمنا بدراسة فاحصة لمشاكل و إهتراعات المدرج الأساسي لمطار المنيرة كما قمنا بحل هذه المشاكل من خلال حلول تقنية محكمة و هي مجسدة في مطار المنيرة حاليا من خلال دعم طبقة السير في المدرج الأساسي و استعمال تقنية الجوتكستيل للمد في عمر المنشأة و كذلك حصر المدرج الاساسي بطبقة خرسانية على مسافة 250 م و 200 م إذ كان من الضروري ذلك للاستخدام العسكري اما فيما يخص تصريف مياه الأمطار فقمنا بدراسة إتجاهها و حفر مصب تنتهي إليه مياه الأمطار على شكل صحن يتناسب و حجم مياه الأمطار المدروسة كما قمنا بدراسة كل ما يحتاج إليه المدرج من كميات و إشارات و لوازم لتصبح هذه الدراسة قابلة لتنفيذ.

الكلمات المفتاحية : الحواف الخرسانية، مدرج، جيوتيكستيل، تدعيم، التشققات، المطارات

Résumé :

Dans ce purement (bords en béton de l'aéroport d'Al-Manea), nous avons effectué une étude approfondie des problèmes et de l'usure de la piste principale de l'aéroport d'Al-Manea, et nous avons résolu ces problèmes grâce à des solutions techniques strictes, qui sont incorporées dans Al- L'aéroport de Manea actuellement en soutenant la couche de trafic dans la piste principale et en utilisant la technologie géotextile pour s'étendre dans L'âge de l'installation, ainsi qu'en limitant la piste principale à une couche de béton à une distance de 250 m et 200 m, comme c'était le cas nécessaire à un usage militaire. Quant à l'évacuation des eaux pluviales, nous avons étudié son sens et creusé un estuaire auquel l'eau de pluie aboutit sous la forme d'une cuvette proportionnée au volume de l'eau de pluie étudiée. En étudiant tout ce dont la piste a besoin en termes de quantités, de signaux et de fournitures pour rendre cette étude réalisable.

Mots-clés : bout béton, piste, géotextile, renforcement, fissures, aéroports

Summary :

In this purely (concrete edges of Al-Manea Airport), we made a thorough study of the problems and wear of the main runway of Al-Manea Airport, and we have solved these problems through tight technical solutions, which are embodied in Al-Manea Airport currently by supporting the traffic layer in the main runway and using the geotextile technology to extend in The age of the facility, as well as limiting the main runway to a concrete layer at a distance of 250 m and 200 m, as it was necessary for military use. As for the drainage of rain water, we studied its direction and digging an estuary to which the rain water ends in the form of a bowl commensurate with the volume of the studied rainwater. By studying all that the runway needs in terms of quantities, signals and supplies to make this study feasible.

Key words: concrete end, runway, geotextile, reinforcement, cracks, airports