

M.6C07/01



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE ET DE GENIE CIVIL



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie civil

Option : Voies et Ouvrages d'Arts

Réalisée par :  
BERIALA Khaled  
LAMRI Djamel Hachani

THÈME

# Renforcement et extension des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt

Soutenue publiquement au : 20/06/2007  
Devant le juré

Président : **KEBAILI Nabil**  
Examineur : **BENHAMED Lahsen**  
Examineur : **FERHI Lamine**  
Promoteur : **GUEDD Moussa**

Univ. K.M Ouargla  
D.T.P  
S.D.T.P  
D.T.P

Année universitaire : 2006/2007



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE ET DE GENIE CIVIL



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie civil

Option : Voies et Ouvrages d'Arts

Réalisée par :  
BERIALA Khaled  
LAMRI Djamel Hachani

THÈME

# Renforcement et extension des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt

Soutenu publiquement au : 20/06/2007  
Devant le juré

Président : **KEBAILI Nabil**  
Examineur : **BENHAMED Lahsen**  
Examineur : **FERHI Lamine**  
Promoteur : **GUEDD Moussa**

Univ. K.M Ouargla  
D.T.P  
S.D.T.P  
D.T.P

Année universitaire : 2006/2007

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





# Remerciement

*Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu clément et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Nos plus grands remerciement vont a Mr G'UED MOUSSA notre encadreur pour nous avoir guidé pour la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et morale qu'il nous a apporté.*

*Mrs : FERHI, HDJAIJDI, NILL et tous les ingénieurs de la D.T.P. (subdivision de Touggourt); Mr KHAKHA (ingénieur de la D.T.P. de Ouargla); tous le personnels du bureau d'étude Civil Engineering et Expertises des Constructions (Touggourt) doivent trouver ici nos sincères remerciement pour leur apport et aide technique à cette thèse.*

*Nous remercions vivement nos familles LAMRI et BERJALA pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.*

*Nous ne saurions oublier nos remerciement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, ainsi qu'à l'ensemble du personnel de l'université de Ouargla (Département d'hydraulique et de génie civil), pour leur serviabilité exemplaire.*

*Nous remercions également les membres des jurys pour l'effort qu'ils feront dans le but d'examiner ce modeste travail.*





# DEDICACES

*Tout d'abord je tien à remercié le dieu puissant.  
Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère:*

*BERJALA MANSOURA*

*Ainsi que mon chère père HOUCINE*

*Qui ont su être à mes cotés dans les moments difficile sans lesquels je n'aurai pas aboutie à ce  
stade d'étude , ainsi que chaque instant de bonheur qu'ils m'ont procuré, fasse dieu que je  
puisse les honorés .*

*A mes très chères frères qui me soutient depuis tout le temps et les moments*

*A mes très chères sœurs que je les aime beaucoup*

*A la mémoire de mon grand père*

*A mon binôme LAMRI DJAMEL HACHANI qui était mon frère durant toute l'année*

*A tout mes collègues :*

*Saadi, Azzouzi, Kadachi, l'hadj, Maamar, Joudi, Saber, Samir, Younes, Roufa, sofian,  
kokocho, faicel, doubaba, farouk, Bouaai, Kamel, Ghilo, Chawi, Atef, Rjadh, Nabil,  
Amiar, Ilyes*

*A tout les travailleurs et les enseignants*

*Je vous dit merci pour tout ceux qui ont aidés de loin ou de prés pour la réalisation de ce  
mémoire*

**Beriala Khaled**





# DEDICACES

*Tout d'abord je tiens à remercier dieu puissant.  
Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère:*

*LAMRI FATIMA*

*Ainsi que mon père ABD EL AZZIZ*

*Qui ont su être à mes cotés dans les moments difficiles sans lesquels je n'aurais pas aboutie à ce stade d'étude , ainsi que chaque instant de bonheur qu'ils m'ont procuré, fasse dieu que je puisse les honorés .*

*A mon seul très chère frère YUCEF, à mes chères sœurs que je les aime beaucoup qui mon soutenues depuis tout le temps et les moments difficiles.*

*ET à ma fiancé.*

*A mon chère oncle Ismail et toute sa petite famille.*

*A la mémoire de mon grand père*

*A mon binôme Beriala Khaled qui était mon frère durant toute l'année*

*A tout mes collègues :*

*Saadi, Azzouzi, Kadachi, l'hadj, Maamar, Joudi, Saber, Samir, Younes, Roufa, Krimou, sofian, kôkôcha, faicel, doubaba, farouk, maztoul, laama, bissa, marouan, Riadh, Nabil, Amiar, Ilyes*

*A tout les travailleurs et les enseignants*

*Je vous dit merci pour tout ceux qui ont aidés de loin ou de près pour la réalisation de ce mémoire*

**Lamri Djamel Hachani**



# RESUME

Le secteur des transports aéronautiques constitue un secteur important dans le développement de l'économie national, c'est dans ce contexte que le projet de renforcement et prolongement des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt est devenu nécessaire à cause des multiples agents :

- L'augmentation de mouvements d'avions de tout type et de différentes charges.
- Vieillessement de la structure des chaussées.

Ces agents ont provoqués la détérioration des chaussées concernant la piste principale, la bretelle (1).

Ces travaux (renforcement+prolongement) nécessitent un ensemble des données techniques et hydrologiques bien définis. L'opération de diagnostic est d'analyse des données suivant les normes et les méthodes internationales, nous ont permis de trouver une solution adéquate pour le renforcement, cette solution a été basé sur la méthode traditionnelle de dimensionnement.

L'existence d'une nappe phréatique nous a conduits d'installer un réseau d'assainissement pour le drainage de cette dernière.

En outre, l'emplacement de l'aérodrome de Touggourt présente un bon dégagement, comme pour le coté environnemental.

# Sommaire



<b><u>INTRODUCTION GENERALE :</u></b> .....	1
<b><u>CHAPITRE I : Généralités :</u></b>	
I- Importance du transport aérien dans le monde.....	3
II- Organisation du transport aérien dans le monde (OACI).....	4
II-1- Rôle de l' OACI.....	5
III- Transport aérien en Algérie.....	5
IV-Présentation introductive d'un aérodrome.....	7
IV-1- Les installations.....	7
IV-2- Le dégagement.....	8
IV-2-1- Généralité.....	8
IV-2-2- Les surfaces de dégagement.....	10
IV-2-3- Longueur de fond de trouée.....	13
IV-2-4- Les règles de dégagement.....	13
IV-2-4-1- Différentes catégories d'obstacles.....	13
IV-2-4-2- Dispositions particulières aux lignes électriques .....	15
IV-3- L'aire de mouvement.....	16
IV-3-1- Les directions d'envole.....	16
IV-3-1-1- Notion de vent traversier.....	16
IV-3-1-2- Le coefficient d'utilisation.....	17
IV-3-2- Les pistes d'envoles.....	20
V- Destination des aérodromes.....	21
VI- Classification des aérodromes.....	21
VII- Les types de chaussées.....	21
VII-1- Les chaussées souples.....	21
VII-1-1- Constitution des chaussées souples.....	22
VII-1-2- Entretien des chaussées souples.....	22
VII-2- Les chaussées semi-rigides.....	23
VII-3- Les chaussées rigides.....	23
<b><u>CHAPITRE II : Dégradation des chaussées aéronautiques :</u></b>	
I- Dégradation des chaussées aéronautiques.....	24
II- Les principales dégradations.....	24
II-1- Dégradation des chaussées souples.....	24
II-2- Dégradation des chaussées semi-rigides.....	24
II-3- Dégradation des chaussées rigides.....	24
III- Types et définitions des dégradations.....	25
IV- Conséquence et évolutions des dégradations.....	29
IV-1- Les facteurs influent sur le comportement d'une chaussée aéronautique... IV-1-1- Le trafic..... IV-1-2- Les conditions climatiques.....	30 30 30
V- Investigation des dégradations.....	32
V-1- Les causes possibles.....	32
V-2- Solutions possibles.....	32
<b><u>CHAPITRE III : Etude préliminaire :</u></b>	
I- Etude descriptive.....	33
I-1- Avant projet.....	33



I-2- Historique de l'aérodrome de Touggourt.....	33
I-3- Emplacement.....	33
I-4- Géologie du site.....	34
I-5- Hydrologie.....	34
I-6- Type et composition de la structure existante.....	35
I-7- Environnement de l'aérodrome.....	35
I-8- Description des aménagements.....	35
I-8-1- Infrastructures actuelles.....	35
I-8-2- Infrastructures projetés.....	36
I-8-3- L'objectif du projet.....	36
II- Etude géotechnique.....	37
II-1- Introduction.....	37
II-2- Essais au laboratoire.....	37
II-2-1- Essais d'identification.....	37
II-2-2- Essais de comportement du sol.....	39
II-2-3- Essais mécaniques et physiques.....	41
II-2-4- Analyses chimiques sommaires.....	41
II-3- Implantation du sondage.....	42
II-4- Diagnostique du corps de chaussée.....	42
II-5- Interprétation des essais de laboratoire.....	43
III- Conception du corps de chaussée.....	45
IV- Etude de contrôle.....	46
IV-1- Introduction.....	46
IV-2- Préparation des essais.....	46
V- Le béton bitumineux aéronautique (BBA).....	50
V-1- Classification de béton bitumineux aéronautique.....	50
V-2- Classification des graves bitume.....	51
V-3- Choix du bitume.....	51
V-4- Travaux préparatoire.....	51
V-5- Période d'exécution des travaux.....	52
VI- Formulation.....	52
VI-1- Béton bitumineux (BB 0/14).....	52
VI-2- Grave bitume (GB 0/20).....	52

#### **CHAPITRE IV : Etude avant projet détaillée :**

I- Dimensionnement et renforcement du corps de chaussée.....	53
I-1- Portance du sol de fondation.....	53
I-2- L'avion et le trafic de référence pour le dimensionnement.....	53
I-3- Calcul des épaisseurs.....	54
I-4- Evaluation des épaisseurs résiduelles.....	54
I-5- Structure de la chaussée neuve.....	55
I-6- Structure de la chaussée à renforcer.....	57
II- Etude géométrique.....	58
II-1- Définition des caractéristiques géométriques.....	58
II-1-1- Profil en long.....	58
II-1-2- Pente longitudinal moyenne.....	58
II-1-3- Distance de visibilité.....	58
II-1-4- Pente longitudinal de la voie de circulation, bretelle.....	58
II-1-5- Profil en travers.....	58
II-1-6- Profil en travers type.....	59
II-2- Interprétation des données géométriques.....	59



II-2-1- La piste principal.....	59
II-2-2- Bretelles 01 et 02.....	60
II-2-3- Extension du parking.....	61
II-2-4- Voie de circulation.....	62
II-2-5- Bretelle 03.....	62
III-Assainissement.....	64
III-1- Introduction.....	64
III-2- Climatologie .....	65
III-3- Géomorphologie.....	66
III-4- Hydrogéologie .....	67
III-4-1- Les différentes nappes de la région .....	67
III-4-2- Piézométrie .....	68
III-5- Drainage .....	70
III-6- Construction des drains .....	73
III-7- Note de calcul des drains .....	75
III-8- Conclusion .....	78
IV- Signalisation.....	79
IV-1- Généralités.....	79
IV-2- Les principales marques sur l'aérodrome.....	79
IV-3- Les lignes de système de guidage.....	81
IV-4- Marche à vent.....	81

#### CHAPITRE V : Environnement et Signalisation :

I- Environnement.....	82
I-1-Introduction.....	82
I-2- De nombreuses exigences environnementales à respecter.....	82

#### CHAPITRE VI : Métré :

I- Généralités.....	90
II- Détermination.....	90
II-1- Prolongement de la piste.....	90
II-2- Nouvelle bretelle (02).....	91
II-3- Extension parking.....	91
II-4- Piste renforcée.....	91
II-5- Renforcement de la bretelle et parking.....	92
II-6- Nouvelle bretelle (03).....	93
II-7- Voie de circulation.....	94
III- Cubature.....	95
III-1- Méthode de calcul.....	95
III-2- Exemple manuel de calcul.....	97

<u>CONCLUSION GENERALE.....</u>	99
---------------------------------	----

#### ANNEXE

#### BIBLIOGRAPHIE

# INTRODUCTION

L'Algérie donne une très grande importance pour la construction d'infrastructures aéronautiques à travers tout le territoire national, car la qualité et le niveau du transport aérien représente, un indicateur de l'état d'avancement d'un pays. L'Algérie dispose à présent de 36 aéroports, dont 17 internationaux, ceci est insuffisant compte tenu de la superficie de notre pays, et le nombre d'usagers qui est en augmentation permanente.

- Nombre de mouvements en 2005 est de 101545 mouvements.
- Nombre de voyageurs en 2004 est de 4286104 passagers.
- Nombre de voyageurs en 2005 est de 6556032 passagers.

Les chaussées aéronautiques représentent un important patrimoine pour tous pays; les maintenir en bon état et une préoccupation permanente des services techniques concernés.

Ce maintien en bon état des chaussées aéronautiques s'effectue face au vieillissement accentué par l'intensité croissante du trafic, ainsi que d'autres facteurs ; le mauvais entretien, l'influence du climat, la nature du sol support et la nature des matériaux utilisés, ces causes induisent une fatigue accrue des chaussées, donc un renforcement est nécessaire, et pour procéder on doit connaître la réponse à ces questions:

- ⚡ Où est le problème ?
- ⚡ Ses causes ?
- ⚡ Comment le traité ?
- ⚡ Choisir la meilleure solution de renforcement ?



L'entretien et la première solution envisagée en cas de fatigue (dégradation) de la chaussée aéronautique, cette démarche assure la sécurité des aéronefs au décollage ; atterrissage, et aussi permet de garantir la capacité de liaison, mais des fois cette solution n'est plus faisable, donc on s'oriente vers un renforcement au niveau de la chaussée pour lui donner une nouvelle durée de vie.

Dans notre projet de fin d'étude intitulé « renforcement et extension des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt », on va étudier le renforcement de corps de chaussée existant ainsi que l'extension de la piste et ses dépendances.

Par ailleurs, l'existence d'une nappe phréatique et des points bas crée des zones de stagnation d'eau gênante à long terme. Pour remédier à ce problème, la réalisation d'un réseau de drainage s'avère nécessaire.



**Renforcement et extension des infrastructures de  
l'aérodrome de Touggourt**

**GENERALITES**



## I. Importance du transport aérien dans le monde :

Le transport aérien est le plus récent de tous les moyens de transport. Il est apparu au début du siècle comme une nouvelle technique de transport. Jusqu'en 1914, les applications étaient essentiellement militaires.

Les premières lignes régulières de passagers se développèrent entre les deux guerres, mais de manière encore très marginale : chaque appareil ne transportait alors que 10 ou 15 personnes. C'est surtout sous l'effet des progrès nécessités par l'utilisation de l'aviation lors de la Seconde Guerre mondiale que l'avion prit son essor comme moyen de transport civil. Toutefois, son utilisation demeura encore très minoritaire face au transport maritime à très longue distance, ou au train pour les moyennes distances, en raison de la capacité limitée des appareils (quelques dizaines de passagers). Il fallut attendre la fin des années 1950 pour que les avions à réaction (jets) viennent modifier totalement les données du trafic aérien.



Les jets permettent en effet d'opérer un véritable saut technologique, à la fois sur la capacité des appareils et sur la durée des vols. Les premiers avions ne pouvaient voler qu'à 400 ou 500 km/h, alors que les avions à réaction volent à 1 000 km/h. En outre, ils peuvent emporter plusieurs centaines de passagers (plus de 500 pour les plus grands, soit autant qu'un train de grande ligne).



Dans ces conditions, il n'est pas étonnant qu'en moins de dix ans, le transport aérien ait pris le monopole des transports intercontinentaux au détriment des paquebots. C'est aussi le transport aérien qui prend désormais en charge la très grande majorité des liaisons internationales à l'intérieur des continents, et de plus en plus les liaisons domestiques entre grands centres. En Europe, cette prédominance s'opère au détriment du train, mais cette évolution est susceptible d'être remise en cause au fur et à mesure que se met en place le réseau européen de trains à grande vitesse.

On distingue trois types de lignes aériennes. Les vols long-courriers (supérieurs à 8 500 km, soit 4 heures de vol et plus) ne desservent que quelques escales intermédiaires (1, 2 ou 3, parfois aucune). Les vols moyen-courriers (entre 700 et 3 500 km, soit entre 1 et 4 heures de vol), généralement directs, assurent en Europe les liaisons internationales les plus rapides, par-dessus les frontières, les détroits et les mers fermées ; ce sont ces vols qui présentent le plus grand intérêt commercial en raison du volume des flux concernés et de l'écrasante supériorité de l'avion sur tous les autres moyens de transport. Les vols court-courriers, qui n'excèdent pas 1 heure, se placent en concurrence directe du chemin de fer traditionnel.

## **II. Organisation du transport aérien dans le monde :**

Même si, dès 1889, des conférences se tiennent autour de la navigation aérienne, la première organisation internationale relative à l'aviation n'est créée qu'en 1947 : il s'agit de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), qui dépend de l'ONU, et dont le siège social se situe à Montréal. Il existe aujourd'hui d'autres organisations internationales comme la Fédération aéronautique internationale (FAI) ou encore l'Association internationale du transport aérien. Cette dernière, dont le siège social se trouve également à Montréal, regroupe à ce jour une centaine de compagnies aériennes ; travaillant en étroite collaboration avec l'OACI, elle s'attelle aux problèmes posés par l'expansion des transports aériens dans le monde.

## **II.1. Rôle de l'OACI :**

Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), institution technique spécialisée des Nations unies, créée en qualité d'organe permanent le 4 avril 1947, dans le but de promouvoir la sécurité et le développement coordonné de l'aviation civile dans le monde entier. L'agence établit des normes et des règlements internationaux en matière de sécurité, d'efficacité et de régularité du transport aérien. Elle sert aussi à favoriser la coopération entre ses membres, dans tous les domaines de l'aviation civile, et à fournir une assistance technique aux pays qui ont besoin d'aide pour assurer la maintenance de leurs installations aéronautiques afin de satisfaire aux normes mondiales qu'elle a fixées. L'OACI réalise également des publications et des études spécifiques. L'agence contribue, en outre, à améliorer les services météorologiques, le contrôle de la circulation aérienne, les communications air-sol, les opérations de recherche et de sauvetage, ainsi qu'à renforcer les mesures destinées à assurer la sécurité des vols internationaux. Elle s'attache également à simplifier les procédures douanières et le contrôle de l'immigration, ainsi que les règlements sanitaires relatifs aux vols internationaux. Elle porte une attention particulière à la lutte contre les détournements d'avions et aux attaques diverses de terroristes tout comme aux effets des nuisances sonores causées par les avions sur l'environnement.

L'OACI se compose de 180 nations membres qui se réunissent tous les trois ans, lors d'une assemblée. Entre les sessions, son bureau exécutif est constitué par un conseil composé de représentants de 33 nations membres, élus par l'assemblée en fonction de leur degré d'importance au sein du transport aérien international et de leur répartition géographique. Elle possède son propre secrétariat, dirigé par un secrétaire général nommé par le Conseil, et plusieurs comités techniques permanents. Son siège se trouve à Montréal.

## **III. Transport aérien en Algérie :**

Le transport aérien a pour vocation d'être un vecteur d'échanges entre les états. Dans un monde qui se veut aujourd'hui ouvert, la fiabilité et la



rapidité des échanges (passagers et marchandises) sont des facteurs importants d'intégration et de développement économique.

Les compagnies aériennes paient pour le survol du territoire algérien. Pour les compagnies aériennes, l'installation des radars en Algérie est tout à fait bénéfiques. Les guidages radar pourront ainsi fleuridifier le trafic, l'embouteillage aérien quasi inexistant et donc une meilleur économie de carburant pour les compagnies aériennes.

### **1. Compagnie aérienne (AIR ALGERIE) :**

Air Algérie est la compagnie aérienne nationale algérienne. Elle fut créée en 1947 sous le nom de C.G.T (compagnie générale de transport). Air Algérie est une société par actions S.P.A dont le capital est de 37.000.000.000.00 DA.

Elle tire son expérience de son ancêtre la CGT (compagnie Générale de Transport) qui fut créée en 1947 avec un réseau principalement orienté vers la France.

Le réseau couvert par Air Algérie est de 96400km, soit 2.4 fois le tour de la terre. Plus de 3000 000 de passagers et près de 20.000 tonnes de fret sont transportés chaque année par la compagnie aussi bien à travers le réseau international que le réseau domestique. Le réseau international, dense de 37 villes desservies dans 24 pays en Europe, Moyen, Orient, Maghreb et Afrique, est adossé à un réseau domestique reliant 31 villes. En 2003, le nombre de vols quotidiens en programme de pointe a atteint les 120 vols. De plus, il existe un réseau de vente comprenant 150 agences en Algérie et à l'étranger relie à un système de réservation et distribué à travers les GDS auprès des quels Air Algérie est abonnée.

Le programme de renouvellement de la flotte, entamé sur un rythme soutenu, permet à l'entreprise d'aligner une flotte nouvelle, conforme aux réglementations de l'aviation civile internationale. D'ailleurs, la moyenne d'âge des avions algériens passe de 17 ans en 2003 à 3.5 ans en 2006.

Air Algérie contribue depuis plus d'un demi siècle à asseoir l'industrie du transport aérien en Algérie. Les différentes structures de la compagnie ont permis de pérenniser le formidable travail accompli par des générations d'aviateurs.

**2. Autres activités :**

- Des charters pétroliers qui transportent quelques 500 000 passagers/an.
- Des charters Omra et Hadj qui transportent les pèlerins vers les lieux saints de l'islam.
- Un centre ou commissariat hôtelier (catering) qui permet à Air Algérie de couvrir ses besoins au départ d'Algérie, ainsi que l'assistance des autres compagnies.

**3. Flotte:**

- 5 Airbus A 33. -200
- 6 ATR-72-500
- 5 Boeing 737-600
- 10 Boeing 737-800
- 3 Boeing 767-300

**IV. Présentation introductive d'un aérodrome :**

L'instruction technique sur les aérodromes civils (I.T.A.C.) ayant pour objet de servir de guide à l'aménagement des aérodromes, elle ne saurait mieux débiter que par le rappel de l'article R.211-1 du code de l'aviation civile définissant l'aérodrome comme étant «tout terrain ou plan d'eau spécialement aménagé pour l'atterrissage, le décollage et les manœuvres des aéronefs y compris les installations annexes qu'il peut comporter pour les besoins du trafic et le service des aéronefs», en générale les grands constituants d'un aérodrome sont au nombre de trois :

**IV.1. Les installations :**

Ensemble des bâtiments, aménagements et équipements nécessaires au service des avions et de leurs cargaisons : entretien et ravitaillement des aéronefs, commandement et exploitation des aérodromes, réalisation des opérations commerciales et passage de moyens de transport terrestre aux moyens de transport aérien.

**REMARQUE :**

L'existence d'installations transforme un aérodrome civil à un aéroport.



## IV.2. Le dégagement :

### IV.2.1. Généralité :

L'étude de l'espace aérien dépendant de l'aérodrome constitue, pour les responsables de l'infrastructure, ce que l'on appelle le **dégagement** de l'aérodrome. Cette notion de **dégagement** correspond à l'idée d'empêcher, en évitant la création d'obstacles aux abords de l'aérodrome, que l'action des hommes viennent établir des constructions s'opposant à l'évolution des aéronefs.

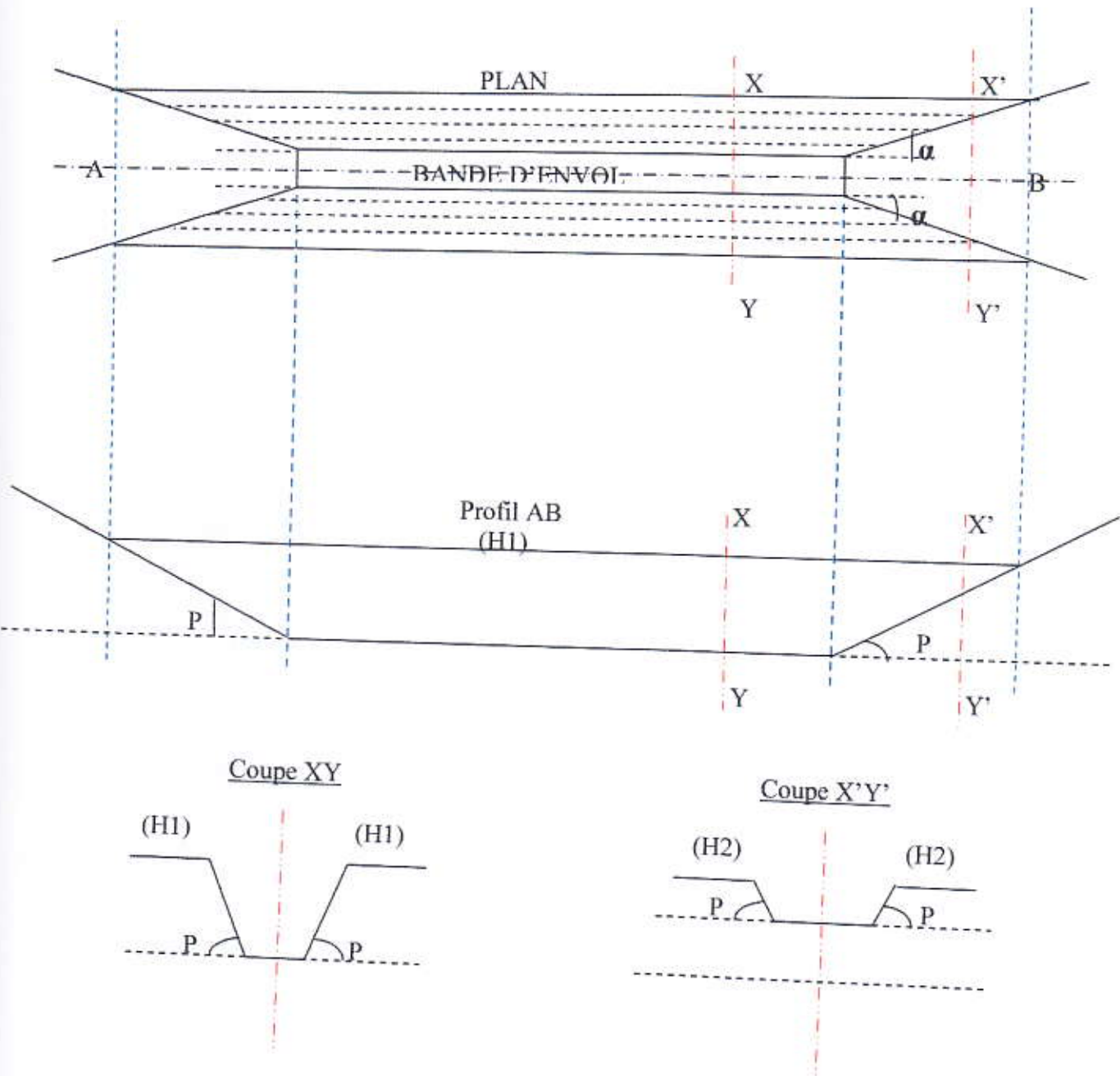
Pour étudier les conditions de dégagement d'un aérodrome, il y a lieu d'analyser les mouvements des aéronefs autour dudit aérodrome.

On peut considérer qu'il y a ainsi deux catégories de mouvements :

- Le décollage et l'atterrissage proprement dits, c'est-à-dire un mouvement longitudinal dans le sens de la piste et pour lequel on sera amené à dégager les zones situées dans le prolongement de la bande d'envol. Ce couloir d'accès et de sortie forme ce que l'on appelle la **trouée** ;
  
- Les mouvements destinés à permettre aux aéronefs de se présenter dans la direction voulue pour l'atterrissage lorsqu'ils n'ont pu faire une approche directe ou à permettre une reconnaissance visuelle du terrain. Ces mouvements, appelés **tours de piste** nécessitent que les alentours de la piste soient dégager dans un espace délimité en plan et en altitude.

Les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement de ces plans de dégagement sont déterminées dans le cadre des standards et des recommandations de l'OACI.

**Figure (1) :**





#### IV.2.2. Les surfaces de dégagement :

Autour d'un aérodrome, on définit des surfaces idéales appelées « surfaces de dégagement », directement liées à la plateforme.

On distingue essentiellement trois surfaces de dégagement :

- La trouée ;
- Le plan horizontal intermédiaire ;
- La surface conique de dégagement.

##### 1. La trouée :

Une trouée est un couloir rectiligne d'accès et de sortie de l'aérodrome en prolongement de la bande d'atterrissage.

L'axe de la trouée est situé dans le plan vertical passant par l'axe de la bande.

L'origine de la route est le petit coté qui constitue l'extrémité de la bande dans son extension maximum.

Le fond de la trouée est un plan incliné passant par ce coté et dont la pente  $p$  est de :

Classe	bonne visibilité	mauvaise visibilité
A	2 %	2 %
B	2 %	2 %
C	3 %	
D	4 %	

Latéralement, la trouée est limitée par des plans inclinés passant par les grands cotés de la bande et ayant une pente  $P$  de :

10 % quand la bande est utilisée par mauvaise visibilité.

20 % quand la bande est utilisée à vue quelque soit la classe.

Ces plans latéraux rencontrent les plans de fond de trouée suivant deux droites symétriques s'écartant vers l'extérieure et faisant en projection horizontale avec l'axe de la bande un angle  $\alpha$  dont la tangente est de :

Classe	bonne visibilité	mauvaise visibilité
A	20 %	10 %
B	20 %	10 %
C	20 %	15 %
D	-	20%

Les 4 plans de dégagements des bandes qui constituent ainsi les faces latérales de la trouée sont limités par un plan horizontale dont le coté H1 au dessus du niveau moyen de l'aérodrome est de :

Classe	H1
A	50 m
B	50 m
C	30 m
D	20 m

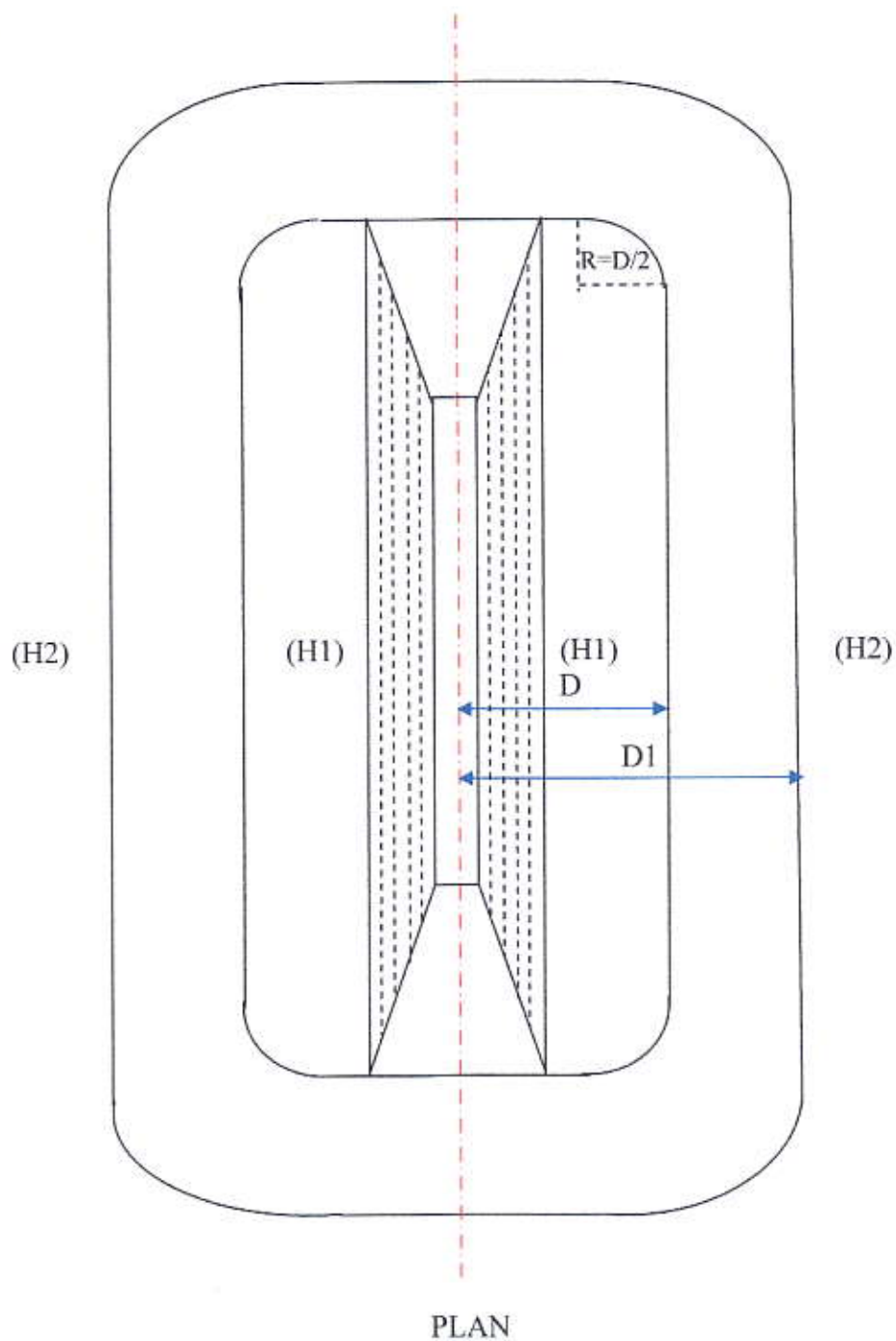
## 2. Le plan horizontal intermédiaire :

C'est un plan horizontal de coté H1 telle que définie ci- dessus et limité :

- intérieurement a ses intersections avec les 4 plans de dégagement de bandes
- extérieurement par :
  - a) deux droites situées de part et d'autre de la bande, parallèles à son grand axe et à une distance D de celui- ci :

Classe	H1
A	3000 m
B	2000 m
C	1000 m
D	500 m



**Figure (2) :**

b) deux droites perpendiculaires à l'axe de la piste et passant par les points de cotes  $H1$  de l'axe des trouées ;

c) des quarts de cercle de rayon égal à la moitié de la distance  $D$  indiquée ci-dessus et tangents intérieurement aux quatre angles du rectangle ainsi formé.

### 3. La surface conique :

Au delà du plan horizontal intermédiaire la surface limite des obstacles est une surface réglée, admettant comme directrice le contour extérieur du plan horizontal intermédiaire et comme génératrice des droites normales à ce contour du pente égale à celle de la trouée.

Cette surface dite conique, mais constituée de portions de plans raccordée par des connes à axe vertical, est limitée par un plan horizontal de coté H2 qui rencontre l'axe de chaque trouée d'envol à une distance horizontale D1 de la bande correspondante, les valeurs de H2 et D1 étant les suivants :

Classe	H2	D1
A	150m	77500m
B	100m	5000m
C	90m	3000m
D	40m	1000m

#### IV.2.3. Longueur du fonds de trouée :

Par bonne visibilité les fonds de trouée sont limités à l'extérieur par l'horizontale de coté H2 sauf pour la classe D où il s'étend jusqu'à l'horizontale de cote 80m.

En cas de mauvaise visibilité, le fond de trouée quelque soit la classe est prolongé jusqu'à une distance horizontale de l'extrémité de la bande de 20000m pour le coté destiné à l'approche et 10000m pour le coté réservé à la sortie.

#### IV.2.4. Les règles de dégagement :

##### IV.2.4.1. Différentes catégories d'obstacles :

On distingue les obstacles selon :

- leur forme massive (accident de terrain, construction de grande surface) ou mince (ligne électrique, pylône de station radio etc...).
- qu'ils sont isolés ou continus. Un ensemble d'obstacles isolés sera considéré comme continu si la distance horizontale entre deux obstacles isolés voisins est inférieure à la 2/3 de l'obstacle le plus bas de deux.



## 1. Obstacles à supprimer :

### - Obstacles massifs :

La sécurité des évolutions des aéronefs exige qu'aucun obstacle massif ne dépasse la surface limite constituée par les surfaces de dégagement.

Par mauvaise visibilité, il est recommandé en plus, de dégager de tout obstacle en dehors de dispositifs de balisage, jusqu'au niveau du sol, à chaque extrémité de la bande et limitée latéralement par les projections verticales sur le terrain de droites de fond de trouée.

### - Obstacles minces :

Les obstacles minces souvent difficiles à distinguer sont plus dangereux. Ils sont à supprimer dans les mêmes conditions que les obstacles massifs mais avec une marge de sécurité supplémentaire ; la surface limite à prendre en considération à leur égard est inférieure à tout point de 10m à celle des obstacles massifs.

## 2. Obstacles à baliser :

### - Obstacles massifs :

Le balisage n'étant qu'un palliatif signalant le danger sans le supprimer, la détermination de son opposition de jour et de nuit sur les obstacles massifs doit faire l'objet d'une étude minutieuse.

La nécessité d'un balisage dépend de la façon dont se présente les obstacles au pilote. Aussi n'y a-t-il pas de règles générales impératives mais essentiellement des recommandations à caractères indicatifs.

Aux abords d'un aérodrome, il est recommandé de baliser de nuit (si l'aérodrome est équipé pour les vols de nuit) et de jour (si l'obstacle est difficile à distinguer) tout obstacle massif qui dépasserait une surface parallèle à la surface limite des obstacles massifs est située en dessous à une distance verticale de 20m pour les classes A et B et 10m pour les classe C et D.

Il est recommandé de baliser de nuit et éventuellement de jour (si l'obstacle est difficile à distinguer) :

Les obstacles massifs exceptionnels, d'une hauteur propre supérieure à 30m, qui dépasseraient de plus de 80m la moyenne des cotes du terrain naturel observées dans un rayon de 400m autour de l'obstacle.

Les obstacles massifs qui se trouveraient sur des points de passages naturels ou obligés.

- **Obstacles minces :**

Il est recommandé de baliser ces obstacles minces.

- a) Dans les zones de dégagement des aérodromes, s'ils dépassent une surface parallèle à la surface limite des obstacles massifs et située en dessous à une distance verticale de 30m pour les classes A et B, 20m pour la classe C et 10m pour la classe D.
- b) Dans les zones de dégagement des aérodromes ainsi que sur les points de passage naturels obligés chaque fois que le sommet de l'obstacle est à plus de 20m au dessus de la moyenne des cotes du terrain naturel observées dans un rayon de 200m autour du point considéré.

**IV.2.4.2. Dispositions particulières aux lignes électriques :**

Les lignes électriques présentent un danger supplémentaire par leur mise sous-tension, justifie la prise à leur égard des précautions spéciales.

- **Suppression :**

Dans les trouées il est recommandé de relever de 10 à 25 m la marge adoptée pour la suppression des obstacles minces lorsqu'il s'agit de lignes électriques de deuxième catégorie – (tension dépassant 600volte en continue) et troisième catégorie (tension dépassant 250 volts entre phase neutre en alternatif).

- **Balisage :**

a) Dans les trouées ; il est recommandé de baliser les lignes électriques de 2e et 3e catégorie qui dépasserai les surfaces parallèle à la trouées et située au dessous d'elle à :

- 45m pour les aérodromes de classe A et B.
- 35m pour les aérodromes de classe C.
- 25m pour les aérodromes de classe D.



b) Il est recommandé de baliser les lignes électriques situées en dehors des trouées ; mais sur le reste de la surface de dégagement et qui s'en rapprocheraient à une distance verticale inférieure a :

- 30m pour les aérodromes de classe A et B.
- 20m pour les aérodromes de classe C.
- 10m pour les aérodromes de classe D.

### **IV.3. L'aire de mouvement :**

Appelée parfois plateforme, elle est destinée aux manœuvres (atterrissage, décollage et évolution au sol) des aéronefs à la surface.

Les éléments de l'aire de mouvement sont :

- Les directions d'envol.
- Les pistes d'envol.
- Les bandes d'envol.
- Les voies de circulation.
- Les aires.

#### **IV.3.1. Les directions d'envol :**

##### **IV.3.1.1. Notion de vent traversier:**

Pour que l'atterrissage ou le décollage se fassent sans danger il faut que vent traversier (composant suivant la perpendiculaire à la trajectoire de l'avion) ne dépasse pas une valeur critique pour chaque type d'aéronef. (Cours de base aériennes <deuxième partie> <Conception des aéroports ENTP>).

Cette valeur critique indiquée dans le manuel de vol de chaque avion est grosso modo d'autant plus élevée que l'appareil est plus lourd. En recourant à la classification des avions en 4 classes, ce vent traversier critique est actuellement fixé aux valeurs suivantes :

- Catégorie A : 13m/s ;
- Catégorie B : 10m/s ;
- Catégorie C : 7m/s ;
- Catégorie D : 5m/s.

D'autre part il est recommandé de maintenir le coefficient d'utilisation dû au vent traversier considéré seul au dessus des minima suivants :

- Classe A : 95% ;
- Classe C : 80% ;
- Classe D : 70%.
- Classe B : 95% ;

Il en résulte que les aérodromes doivent être conçus de façon que pendant un pourcentage de temps au moins égal aux coefficients d'utilisation ci-dessus, il y ait au moins une direction d'envol utilisable et sur laquelle le vent traversier n'excède pas les valeurs critiques imposées ci-dessus. C'est cette double condition qui permet de déterminer le nombre et l'orientation des directions d'envol.

#### **IV.3.1.2. Le coefficient d'utilisation :**

Nous avons vu que l'augmentation du trafic aérien et du poids des appareils a conduit à faire décoller les appareils suivant une ou plusieurs directions privilégiées.

Cette notion de direction d'envol privilégiée peut être matérialisée en utilisant l'expression de fréquence d'utilisation.

Les directions d'envol choisies sur un aérodrome seront d'autant meilleures qu'elles pourront être plus fréquemment utilisées. On caractérise cette fréquence par le coefficient d'utilisation, qui est le rapport entre le nombre des cas pour lesquels on a souhaité utiliser une direction, et, le nombre de ceux où on a pu utiliser la direction utilisée. Ce coefficient d'utilisation est alors égal au pourcentage des cas où les observations météorologiques ont été favorables, si donc on dispose de N observations météo et si N<sub>1</sub> cas on a pu s'envoler dans la direction donnée, le coefficient d'utilisation C sera :  $C = (N_1/N) \cdot 100$

La nécessité de déterminer le coefficient d'utilisation d'une direction donnée exige la connaissance du régime des vents. Ce dernier résulte des observations météorologiques et l'OACI recommande que :

- a. Les statistiques portent sur une période supérieure et au moins égale à 5ans.
- b. La mesure du vent soit faite conformément aux procédures de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).
- c. Les observations soient effectuées au moins 8 fois par jour à intervalles réguliers.



Dans la pratique les procédures de l'OMM conduisent à des mesures de vent en mètre/seconde suivant 16 directions. La présentation est faite selon un tableau à double entrée sur lequel on porte pour chaque direction le nombre d'observations correspondant à chaque vitesse de vent. On transforme par la suite ce tableau en tableau de fréquences en divisant chaque nombre du tableau par le nombre total d'observation.

Vitesses en m/s	NNE	NE	ENE	.....	N	TOTAUX
0					2	39
1	9	3	6		:	:
2	:	:	:		:	:
:	:	:	:		:	:
:	:	:	:		:	:
TOTAUX	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		N <sub>16</sub>	N

Pour bien déterminer le coefficient d'utilisation, on construit un graphique polaire, qui facilite le calcul de coefficient d'utilisation.

Ce graphique appelé <LA ROSE DU VENT>, représenté ci-dessous :

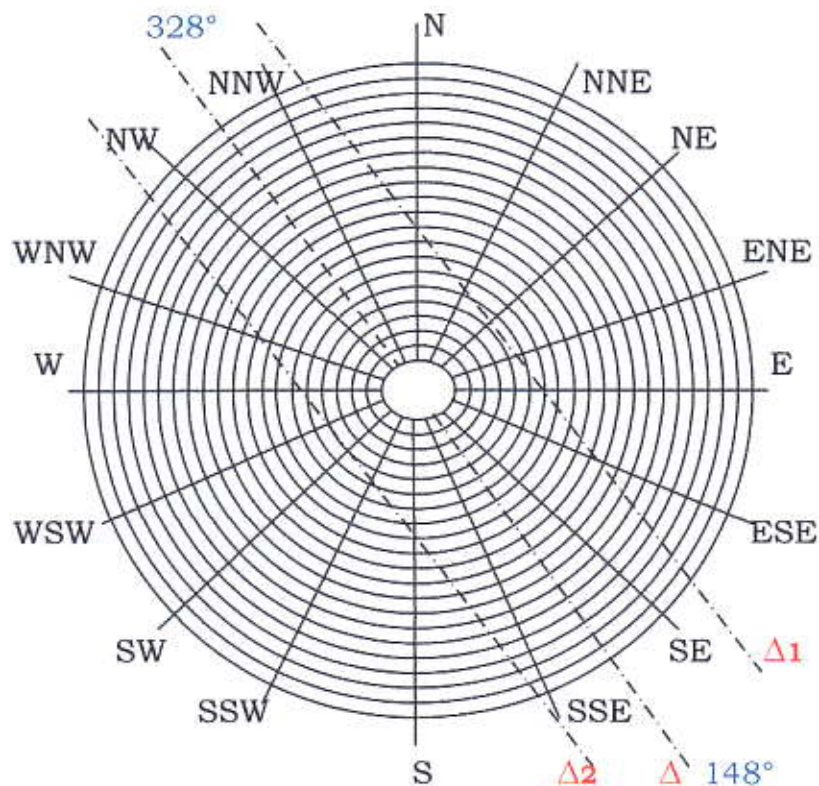
**ROSE DU VENT :** (conception générale des aérodromes)

- Chacune des seize directions d'une aire de vent est figurée par un rayon ;
- Les vitesses sont figurées de mètre en mètre par des cercles concentriques ;
- Les fréquences de vent observées sont notées par un nombre inscrit dans chaque trapèze curviligne vitesse azimut.

On trace, à partir du centre des cercles, la direction d'envol considérée  $\Delta$  et on mène les tangentes  $\Delta_1$  et  $\Delta_2$  au cercle correspondant à la force du vent traversier admissible 13, 10, 7 ou 5m suivant la catégorie de l'aérodrome et parallèles à la direction d'envol. La somme des nombres inscrits dans les trapèzes vitesse azimut compris entre ces deux tangentes donne le nombre N<sub>1</sub> de cas admissibles pour la direction considérée.

Connaissant le nombre d'observation  $N$ , le nombre de cas admissibles  $N_1$ , on en déduit le coefficient d'utilisation  $C=100*(N_1/N)$ .

En fait, il est plus simple de compter le nombre  $N_2$  d'observation extérieures à la bande  $\Delta_1\Delta_2$  soit  $N_2$  ce nombre. On aura :  $C=100*(N-N_2)/N$ .



En réalité, on ne demande pas généralement d'étudier le coefficient d'utilisation d'une direction donnée, mais de déterminer la direction de piste qui donne le meilleur résultat. Il suffit alors de déterminer le coefficient d'utilisation des huit orientations possibles : N-S, NNE-SSW, NE-SW, ...etc.

Il est recommandé que le nombre et l'orientation des pistes d'un aéroport soit telle que le coefficient d'utilisation de l'aéroport ne soit pas inférieur à 95% pour les avions à l'intention desquels l'aéroport a été conçu. (Norme et pratiques recommandées internationales <annexe 14> volume 1).



**IV.3.2 Les pistes d'envol :**

Une piste d'envol est une surface spécialement aménagée, par la construction d'une chaussée, pour permettre l'atterrissage et le décollage des avions.

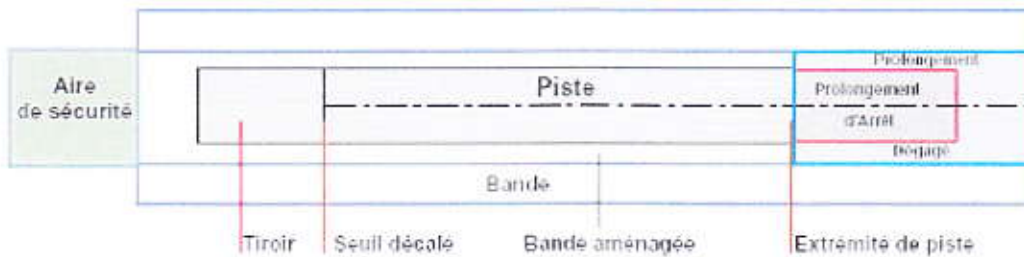
On distingue deux types de pistes :

▪ **Les pistes principales :**

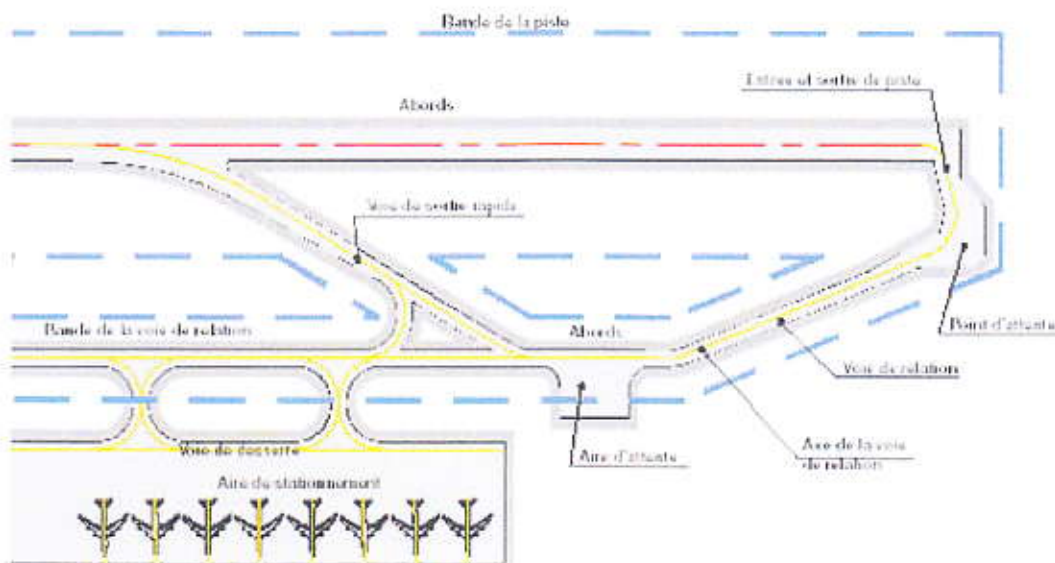
Sont les plus longues, correspondant au meilleur dégagement et aux directions d'envol donnant les plus grands coefficients d'utilisation.

▪ **Les pistes secondaires :**

Elles sont utilisées lorsque la direction du vent ne peut pas permettre l'utilisation de la piste principale.



La piste, ses bandes et ses 3 prolongements



Éléments constitutifs de l'aire de mouvement

## V. Destination des aérodromes:

Suivant la destination, on peut classer les aérodromes en 03 catégories:

1. les aérodromes civils;
2. les aérodromes militaires;
3. les aérodromes techniques.

La distinction entre ces trois catégories n'est pas toujours assez nette, car certains aérodromes peuvent assurer plusieurs missions.

## VI. Classification des aérodromes civils:

L'OACI propose une classification et identification des aérodromes civils baser uniquement sur la longueur de la piste:

- ❖ Classe A:piste de 2550 et plus;
- ❖ Classe B:piste de 2150 → 2550m;
- ❖ Classe C:piste de 1800 → 2150m;
- ❖ Classe D:piste de 1500 → 1800m;
- ❖ Classe E:piste de 1280 → 1500m;
- ❖ Classe F:piste de 1080 → 1280m;
- ❖ Classe G:piste de 900 → 1080m;

Il se peut que certain pays adoptent leur propre classification.

## VII. Les types de chaussée :

Malgré leurs spécificités, les chaussées aéronautiques utilisent les mêmes matériaux que les chaussées routières moyennant certaines spécifications complémentaires mais aussi certaines exclusions, guidé par la nature du sol et par des considérations locales ainsi que par la nature de l'aire à construire (piste, abords ou prolongements de celle-ci, voie de circulation, aire de stationnement) et par le trafic qu'elle est destinée à recevoir, le choix du type de chaussée conduit toutefois généralement à ce que prévalant en faveur :

### VII.1. les chaussées souples :

Dont le corps constructif ne comporte que des matériaux non traités ou traités aux liants hydrocarbonés :



- l'intérêt économique certain qu'elles présentent pour des sols supports de bonne qualité, pour les prolongements et abords de piste et pour les infrastructures dédiées à l'aviation légère, compte tenu des épaisseurs de chaussée relativement faibles correspondant à ces différents cas.
- l'aptitude qu'elles ont à se prêter aux phasages de réalisation.

### VII.1.1. Constitution des chaussées souples :

Une chaussée souple est en général constituée de bas en haut par trois couches différentes de matériaux de qualité croissante - couche de fondation, couche de base et couche de roulement - les deux premières constituant l'assise de la chaussée. Une sous-couche (drainante ou anticontaminante) peut être interposée, dans certains cas, entre le sol support et la couche de fondation. La mise en place de cette sous-couche permet en outre d'améliorer les caractéristiques de la plate-forme support de la chaussée ainsi que sa praticabilité pendant la phase de chantier.



Sondage mettant en évidence les différentes couches de matériaux



Brest Guipavas - Piste principale et aires de stationnement en structures souples

### VII.1.2. Entretien des chaussées souples :

Les opérations d'entretien s'adressant spécifiquement aux chaussées souples peuvent avoir un caractère ponctuel ou généralisé.

Par opérations d'entretien ponctuel, on entend essentiellement :

- les reprises ponctuelles du revêtement,
- le colmatage de fissures.

Les opérations d'entretien généralisé supposent par contre la mise en oeuvre de matériaux sur tout ou large partie de la surface d'une aire aéronautique, sans qu'il puisse pour autant s'agir de réfections - lesquelles supposent généralement un enlèvement de matériaux - ni de renforcements, qui impliquent, quant à eux, la mise en oeuvre d'une ou plusieurs couches de

matériaux totalisant une épaisseur suffisante pour constituer un apport structurel significatif.

Ainsi entend-on par opérations d'entretien généralisé :

- la mise en oeuvre de coulis ou d'enduits superficiels,
- celle d'enrobés en couche mince.

Courantes sur chaussées routières, ces opérations seront adaptées aux conditions aéronautiques et utilisées avec précaution. Certaines sont à réserver aux aérodromes d'aviation légère.

### **VII.2. les chaussées semi-rigides :**

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (et quelque fois une couche de fondation) traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier granule...) ;

On les rencontre fréquemment dans les régions arides.

### **VII.3. les chaussées rigides :**

Constituées par un ensemble de dalles en béton de ciment ou en béton précontraint, reposant sur une fondation également traitée aux liants hydrauliques :

- L'avantage technico-économique qu'elles présentent pour des sols support de qualité médiocre.
- Leur adéquation aux aires de stationnement soumises à d'importants efforts de poinçonnement ainsi qu'à de fréquents déversements d'hydrocarbures, de même qu'aux extrémités de piste d'ou décollent certains types d'avions militaires dont l'inclinaison des réacteurs entraîne des effets thermiques dévastateurs importants.
- Assurer la continuité de l'appui des dalles au droit des joints.
- Contribuer contre le gel du sol support et de s'opposer à la montée des fines pour pompage au droit des joints.





## CHAPITRE II

### *Renforcement et extension des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt*

## DEGRADATION DES CHAUSSEES AERONAUTIQUES



## **I. Dégradations des chaussées aéronautiques :**

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

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

## **II. Les principales dégradations :**

### **II.1. Dégradations des chaussées souples :**

Pour les chaussées souples traditionnelles :

- Fissuration par fatigue du revêtement ;
- Fissuration du revêtement par sous dimensionnement des couches inférieures ;
- Affaissement et ornière du revêtement.

### **II.2. Dégradation des chaussées semi-rigides :**

Pour les chaussées à base traitée aux liants hydrauliques :

- Fissuration par retrait thermique ;
- Fissuration par fatigue des couches d'assise ;
- Orniérage de la couche de roulement ;
- Dégradation par cohésion de la couche supérieure de l'assise traitée (cas du surdosage en ciment).

### **II.3. Dégradation des chaussées rigides :**

La couche de roulement doit résister aux efforts de cisaillement, la dalle de béton devant supporter sans dommage les efforts de traction par flexion.

- L'aptitude des différentes couches à remplir les fonctions qui leur sont attribuées dépend en grande partie des épaisseurs préconisées, des conditions d'exécution et de la qualité des matériaux en place.



- Lorsque les fonctions prévues ne sont pas remplies ou ne peuvent plus être, les dégradations « visibles » se manifestent tôt ou tard sur la couche de roulement.

On peut citer quelques désordres enregistrés dans les chaussées en béton de ciment :

- Dégradation de la fondation à l'interface grave ciment –béton entraînant le Phénomène de pompage ;
- Mise en escalier des dalles et détérioration de l'uni ;
- Fissuration de la dalle de béton.

### **III. Types et définitions des dégradations :**

On peut distinguer 4 groupes principaux de désordres dans une chaussée souple :

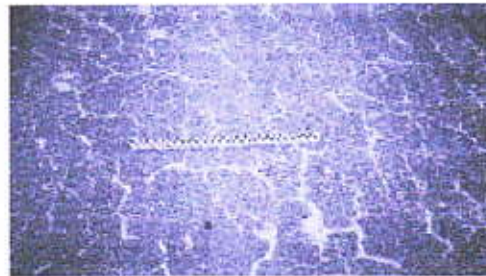
- Les fissurations.
- Les arrachements.
- Les déformations.
- Autres dégradations.

De manière à uniformiser les appellations, nous présentons une liste, qui ne serait être exhaustive, des principales dégradations des chaussées souples avec leurs dénominations habituelles et une définition pour chacune.

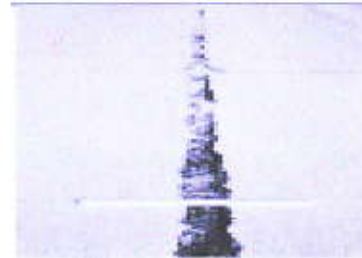
#### **a- Les Fissurations :**

- **Fissures de fatigue ou retrait :** fissures longitudinales apparaissant généralement dans les traces des atterrisseurs. Elles sont souvent accompagnées de fissures transversales à l'intervalle aléatoire et d'une dépression.

- **Faiçonnage de fatigue ou retrait** : cassure en mailles du revêtement, les mailles ayant la forme de polygones dont la plus grande diagonale ne dépasse pas 60cm.

**Faiçonnage**

- **Fissuration des joints** : fissures situées sur un joint.
- **Fissures paraboliques** : fissures groupées en forme de croissant concernant la couche de roulement. Ils peuvent être accompagnés de bourrelets.

**Epaufure****Fissure de joints**

- **Epaufure** : cassure du revêtement en bord de chaussée.

#### b- Les Arrachements :

**Nid de poule****Désenrobage et arrachement**



- **Pelade** : c'est le décollement de la couche de roulement par plaques plus ou moins grandes.



#### **Pelade**

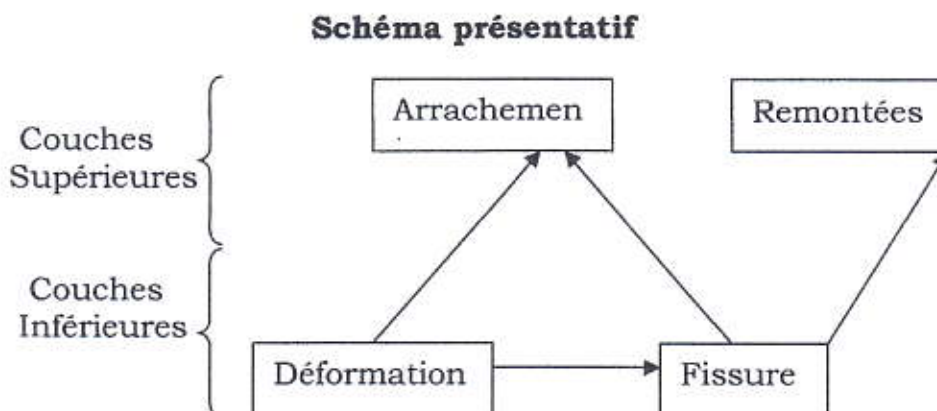
- **Nids de poule** : cavité à la surface de la chaussée due à des départs de matériaux.
- **Désenrobage / brûlures** : séparation du mastic (liant + fines) et des granulats avec un éventuel départ de ces derniers.
- **Plumage** : arrachement d'une partie des gravillons du revêtement, dû parfois à un mauvais épandage du liant. Dans ce cas, les gravillons s'arrachent suivant des lignes parallèles à l'axe de la chaussée (peignage).

#### **c- Les Déformations :**

- **Bourrelet** : renflement de la structure dans le profil en long, profil en travers, ou en un point localisé.
- **Flache** : dépression localisée sur la surface de la chaussée, généralement de forme elliptique ou arrondie.
- **Glaçage** : usure du revêtement qui le rend lisse et glissant.
- **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 bordures de la déformation.
- **Déformation « W »** : dépression longitudinale de grand rayon transversal, située de part et d'autre de l'axe de voie de circulation dans le passage des atterrisseurs principaux des avions, et dont les largeurs varient entre 5 et 7m.
- **Affaissement** : c'est la variation de niveau du profil.

#### d- Autres Dégradations :

- **Boursouffle saline ou champignon** : rencontré en climat désertique, c'est le renflement et le soulèvement de la couche de roulement suite à la cristallisation du sel (halite) sous forme de cristaux fibreux (trichites) entre la couche de base et la couche de roulement.
- **Décollement** : rupture de l'adhésion entre revêtement et corps de chaussée.
- **Remontée d'eau** : zone humide à la surface du revêtement.
- **Tôle ondulée** : ondulations perpendiculaires à l'axe de la chaussée, fréquentes au sud.
- **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 dans les aires de stationnements.
- **Contamination/souillure** : pénétration dans l'enrobé de produits chimiques (hydrocarbures, huiles...).





#### **IV. Conséquence et évolutions des dégradations :**

Après avoir relever les désordres existants sur la chaussée à renforcer, ainsi que ses dépendances et les degrés de gravités de chaque type de dégradation, l'ingénieur concepteur devra faire appel à ses connaissances techniques et à son expérience d'investigation sur le terrain pour tirer les premières hypothèses au sujet de l'origine des dégradations constatées, et pour juger la prédominance de certains types de ces dégradations par rapport à d'autres, afin d'aboutir à une appréciation globale de l'état de surface de la chaussée (mauvaise, moyenne ou bonne).

En conclusion, on peut dire que l'examen visuel de la chaussée et de ses dépendances permet de : découper la chaussée en zones homogènes en terme de dégradation.

- **Causes des dégradations :**

On remarque que la chaussée présente des fissures longitudinales et transversales pratiquement sur tout l'aérodrome ce qui induit une dégradation de type faïençage, ses causes probables sont :

- L'aérodrome dépasse sa durée de vie.
- Dégradation des couches inférieures (couche de base) désagrégation, tassement.
- Mauvais entretien.
- Perméabilité de la couche de base inférieure à celle de la couche de roulement (remonté d'eau).

- **Evolution des dégradations :**

Il est à noter qu'une fois un processus de dégradation amorcé, l'évolution des désordres, en générale, s'accélère rapidement. On distingue :

- L'évolution d'une dégradation unique : c'est la moins fréquente mais la plus facile à suivre quantitativement.
- L'évolution d'une dégradation engendrant d'autres dégradations : du fait de l'interaction des dégradations entre elles ; ce type d'évolution est plus fréquent. C'est également le plus difficile à quantifier.

#### **IV.1. Les facteurs influent sur le comportement d'une chaussée aéronautique:**

Avant d'étudier le dimensionnement de renforcement d'une chaussée d'aérodrome il faut connaître les causes des dégradations qui sont nombreuses et complexes. Toutefois, on peut distinguer 4 facteurs essentiels :

- 1) Le trafic.
- 2) Les conditions climatiques.
- 3) Conception du corps de chaussée.
- 4) La fatigue des matériaux.

##### **IV.1.1. Le trafic :**

C'est l'un des paramètres prépondérants dans la dégradation d'une chaussée et aussi dans le dimensionnement, il est donc nécessaire de l'analyser en terme d'agressivité, et aussi à travers les contraintes d'exploitation (souffle des réacteurs), pour cela l'étude portera sur :

- La charge par atterrisseur.
- La pression de gonflage des pneumatiques.
- L'évolution du nombre de mouvements pendant la durée de vie de la chaussée.

Il existe 4 catégories d'avions : léger, court courrier, moyen courrier, long courrier.

##### **IV.1.2. les conditions climatiques :**

La zone de Touggourt subit un climat de type désertique, très chaud et sec dans la journée, pourtant des fois les nuits sont très froides ce qui entraîne des risques de retrait thermique dans les revêtements. Les paramètres climatiques, dont l'influence est prépondérante sur la dégradation d'un corps de chaussée sont :

###### **a- Pluviométrie :**

Les eaux de pluie peuvent diminuer la durée de vie souhaitée d'une chaussée.



L'infiltration des eaux de pluie augmente la teneur en eau du sol support, ce qui entraîne la chute de sa portance.

Ces défauts endommagent l'un des chaussées et la portance de leurs couches.

Pour la région de Touggourt les précipitations sont faibles, par contre on rencontre les pluies saisonnières qu'il faut prendre en considération.

La présence d'eau dans le sol peut modifier les caractéristiques géotechniques des matériaux (diminution de la portance, gonflement de certains matériaux argileux), et pour notre site on remarque la présence périodique d'une nappe phréatique. Pour éviter ses méfaits on doit placer un système de drainage assurant l'évacuation des eaux.

#### **b- La température :**

C'est un facteur très important pour la réalisation et le renforcement des aérodromes, le matériau noir emmagasine la chaleur lorsqu'il est exposé au soleil. L'enrobé suit les variations de température avec faible décalage en profondeur (1 heure de retard à 10cm de profondeur), ce qui prouve sa bonne conductibilité thermique. Car, le bitume est très sensible à la variation de la température ; son module de déformation peut chuter de 60% pour une augmentation de température de 15 à 25°C et un changement à chaque moment.

La variation de la température entre le jour et la nuit ou lors d'orages violents (choc thermique) engendre le micro-faïençage qui peut entraîner un macro-faïençage du revêtement et un désenrobage.

#### **c- Vent :**

Les vents violents entraînent du sable et peuvent user les granulats et le mastic par abrasion et provoquer un désenrobage.

#### **d- L'environnement :**

Un problème d'environnement typique de la zone désertique est celui posé par le sable. En effet, les vents de sable dégradent le revêtement.

## V. Investigation des dégradations :

Dans les années 1990, les infrastructures existantes présentent des dégradations très avancées, des fissures longitudinales apparaissant généralement dans les tracés des atterrisseurs, elles sont souvent accompagnées de fissures transversales (voir annexe photos 01 et 02).

### V.1. Les causes possibles :

- Fatigue avancée de la chaussée ou sous dimensionnement d'une ou plusieurs couches ;
- Diminution de portance du sol support (drainage déficient) ;
- Qualité médiocre de certains matériaux.

### V.2. Solutions possibles :

Pour cette raison, il est indispensable de penser après étude profonde à le renforcement et l'extension de la piste principale et ses dépendances.

- |   |             |
|---|-------------|
| • Travaux de renforcement de la piste principale      | 1700×45m    |
| • Travaux de renforcement du parking existant         | 120×85m     |
| • Travaux de renforcement de la bretelle n°1          | 175×25m     |
| • Travaux neufs extension de la piste principale      | 1300×45m    |
| • Travaux neufs réalisation de la voie de circulation | 2346,64×25m |
| • Travaux neufs réalisation des bretelles n°02 et 03  | 175×25m     |
| • Travaux neufs extension du parking                  | 120×85m     |





**Renforcement et extension des infrastructures de  
l'aérodrome de Touggourt**

**ETUDE PRELIMINAIRE**



## **I. Etude descriptive :**

### **I.1. Avant Projet :**

La wilaya d'Ouargla dispose de quatre (04) aérodromes dont un non exploité:

- Aérodrome d'Ouargla
- Aérodrome de Hassi Messaoud.
- Aérodrome de Touggourt.
- Aérodrome d'El Borma. .

La position géographique de la Wilaya d'Ouargla, donne une importance capitale à ses aérodromes, du point de vu commercial, touristique ... ; en sachant qu'elle est l'une des plus riche Wilayas d'Algérie par ces ressources d'hydrocarbures.

### **I.2. Historique de l'aérodrome de Touggourt :**

Le plan d'équipement aéronautique de l'Algérie prévoit à Touggourt un aérodrome de classe C, affecté au gouvernement général de l'Algérie pour les besoins civils locaux, par l'arrêté interministériel du 27 février 1951.

Mais l'emplacement de cet aérodrome à 3km du Sud-Ouest de la ville devrait avoir un aérodrome de classe C sans qu'il soit nécessaire de prévoir son extension en classe B ou A, car le site actuel ne serait convenir pour les raisons suivants :

- Impossible d'atteindre la classe A ;
- Dégagement difficile sur les têtes de palmeraies ou les crêtes des dunes.
- Encombrement très grand, gênant le développement de la ville et de zones culturelles.
- Coût extrêmement élevé de la construction sur un choix de chaussée à revêtement souple ou rigide.

### **I.3. Emplacement :**

Donc le nouvel emplacement choisi est situé sur le plateau de Sidi MAHDI à 10km au Nord-Est de la ville de Touggourt. Il présente un sol sain et un bon dégagement, il permet de satisfaire à toutes les conditions imposées. Il sera



possible de construire l'aérodrome en faisant des terrassements assez limités, bien que le plateau présente par place de fortes pentes.

La construction de cet aérodrome dans les années 1960, pendant la colonisation française en Algérie. La création d'une piste pour avions lourds à Touggourt, rendrait de grands services pour la construction et l'exploitation de la découverte du pétrole dans l'Est saharien et surtout du choix de Touggourt comme point de rupture de charge entre cette ligne et la voie ferrée.

#### **Remarque :**

Dans notre cas, tous les obstacles naturels (palmeraies, dunes) et de constructions (tours, bâtiments...etc.) sont à une hauteur inférieure au plan de dégagement et conforme aux normes.

La mise en service pour la navigation aérienne en 1971.

#### **I.4. Géologie du site :**

Le sol support est défini par les investigations est formé de sable parfois limoneux graveleux.

Dans des conditions atmosphériques de la région où le risque de saturation ou de forte imbibition est éliminé, le sous-sol ne présente pas de risque de tassement ou autre.

#### **I.5. Hydrologie :**

- D'après les informations recueillis sur place, les précipitations moyennes annuelles sont de 58mm ce qui donne une pluviométrie faible.
- Lors de la campagne de sondage, aucun signe de nappe phréatique n'a été décelé sauf au niveau de deux puits où les matériaux prélevés à 2,00m de profondeur sont saturés. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'aérodrome est doté d'un système de drainage et d'assainissement, qui facilite l'écoulement des eaux souterraines.

**I.6. Type et composition de la structure existante :**

Les infrastructures de l'aérodrome de Touggourt ont un corps de chaussée souple, qui comporte les différentes couches suivantes :

**a)-Piste principale (01/19) :**

- Couche de fondation en matériaux améliorés de la région de 30cm d'épaisseur ;
- Couche de base en matériaux choisis (tuf) de 20cm d'épaisseur ;
- Couche de roulement en béton bitumineux de 06cm d'épaisseur.

**b)-Bretelle 01 (BR01) :**

- Couche de fondation de 30cm d'épaisseur ;
- Couche de base de 20cm d'épaisseur ;
- Couche de roulement de 06cm d'épaisseur.

**c)- Parking :**

- Couche de fondation de 30cm d'épaisseur ;
- Couche de base de 20cm d'épaisseur ;
- Couche de roulement de 10cm d'épaisseur.

**I.7. Environnement de l'aérodrome :**

- Altitude : 85m ;
- Température de référence : 41c° ;
- Pluviométrie : 58mm/an ;
- Vents dominants sont de secteur : Nord-Sud ;
- Orientation : 01/19.

**I.8. Description des aménagements :****I.8.1. Infrastructures actuelles :**

L'aérodrome est constitué de :

- ❖ Une piste principale orientée (01/19) d'une longueur de 1700m et d'une largeur de 45m (POR de 100m de part et d'autre non compris),



dotée d'accotements de 7.5m de part et d'autre de la chaussée ainsi qu'une bande stabilisée de 20m de long et une bande nivelée de 25m.

- ❖ Une bretelle (BR01) de 175×25m perpendiculaire à la piste.
- ❖ Une aire de stationnement (Parking) de 120×85m.

Les raccordements de ces parties sont faits avec des rayons supérieurs ou égaux à 5000 m. L'aérodrome est doté d'un système de drainage et des ouvrages d'assainissements perpendiculaires à la piste.

### **I.8.2. Infrastructures projetées :**

Dans le cadre de l'aménagement de l'aérodrome, il a été projeté ce qui suit :

- ❖ Le prolongement de la piste est prévu à partir du seuil 19 (coté Nord). Il aura pour longueur 1300m, ce qui donne une longueur totale à la piste de 3000m.
- ❖ La création d'une seconde bretelle (BR02) au pk 0+788,60 d'une longueur de 175m et largeur de 25m est imposée par l'extension de l'actuel parking de 120m de long.
- ❖ Pour finaliser l'extension des infrastructures aéroportuaires de l'aérodrome de Touggourt, la création d'une voie de circulation s'avère nécessaire du fait que le prolongement de la piste principale a été envisagé. La voie de circulation projetée aura une longueur de 2346,64m et une largeur de 25m. Celle-ci relie le bout 19 de la piste au parking extension.
- ❖ Dans cette étude, il a été projeté une nouvelle bretelle (BR03), imposée par la création de la voie de circulation dont le souci majeur est de libérer la piste le plus vite possible en cas de trafic (long terme). Elle est située au pk 2+400,00 du bout de piste 19, et elle fait intersection avec la voie de circulation. Elle a les mêmes dimensions que les bretelles 01 et 02.

### **I.8.3. L'objectif du projet :**

- Renforcement des infrastructures existantes ;
- Augmentation de la capacité d'accueil de l'aérodrome ;
- Amélioration des conditions de transport.

## **II. Etude géotechnique :**

### **II.1. Introduction :**

L'étude géotechnique a pour but d'enseigner sur les caractéristiques mécaniques et physiques du sol support devant permettre de bien dimensionner la fondation des ouvrages. Pour 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, choix des matériaux).
- En phase d'exécution : elle permet de réaliser les travaux avec minimum de risques possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols).
- La reconnaissance des conditions géologiques et géotechniques de la zone de l'aérodrome, nous permet de reconnaître les propriétés des sols, niveau de la nappe phréatique,...etc.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. Pour cela on fait des essais en laboratoire qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

### **II.2. Essais au laboratoire :**

#### **II.2.1. Essais d'identification :**

Suivant l'expérience de l'identification, il peut savoir visuellement la nature du sol en se basant sur les éléments suivants : sa couleur, son odeur, sa consistance, dimension de grain, nature organique.....etc.

Propriétés physique des sols ; ils ont pour but de déterminer un ensemble de paramètres physiques qui caractérisent l'importance relative aux éléments constituants du sol, on trouve :



**1)- Teneur en eau :**

On définit également la teneur en eau, qui est pour un certain volume de sol, le rapport du poids de l'eau au poids de la matière sèche, elle est facilement mesurable en laboratoire :

On prélève 30 à 50 g de sol pour les limons ou argiles, 1 à 3 kg pour les graviers ou sables, on pèse l'échantillon à sa teneur en eau naturelle, soit  $w$ , son poids.

On passe ensuite cet échantillon à l'étuve jusqu'à ce que le poids reste constant (désigné par  $w_d$ ), La teneur en eau  $\omega$  est donnée par l'expression :

$$\omega = (w - w_d) / w_d$$

**2)- La densité sèche ( $\gamma_d$ ) :**

Ces essais, ont pour objet de tracer les courbes de compactage (pour déterminer la densité sèche de l'échantillon).

Pour cela, l'échantillon étudié est mis à l'étuve à 105°C pendant 24h, on ajoute un poids déterminé d'eau, on compacte l'échantillon dans un moule avec une certaine énergie fournie par une Dame, d'un poids déterminé, tombant d'une hauteur constante.

Après compactage, on pèse le moule et on détermine la teneur en eau du matériau, ce qui permet de calculer le poids volumique sec  $\gamma_d$ .

**3)- Analyse granulométrique :**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamis sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentage ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

#### 4)- Limites d'Atterberg :

Le comportement d'un sol fin est avant tout ; Fondation de sa composition minéralogique, de sa teneur en eau et de sa structure.

L'eau joue un rôle très important par son influence sur les forces qui s'exercent entre les particules à cause de :

- La quantité d'eau interstitielle que contiennent ses pores.
- L'épaisseur des couches d'eau absorbe qui enrobent ses grains.

Selon la valeur de la teneur en eau, les propriétés mécaniques d'un sol fin variant on site les cas suivant:

- Le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité  $W_l$ ).
- Le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité  $W_p$ ).

L'indice de plasticité  $I_p$  est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité ( $I_p = W_l - W_p$ ) ; cet indice définit l'étendue du domaine plastique. En effet le sol est capable de se déformer rapidement sans se casser et sans présenter assez simplement la couche absorbée comme un film visqueux.

#### 5)- Equivalent de sable :

l'essai de l'équivalent de sable utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables. Cet essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossier. Une procédure normalisée permet de terminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté celui-ci.

### II.2.2. Essais de comportement du sol :

#### 1)- Essai Proctor :

Les caractéristiques de compactage Proctor d'un matériau sont déterminées à partir des essais dits : Essai Proctor normal ou Essai Proctor modifié.

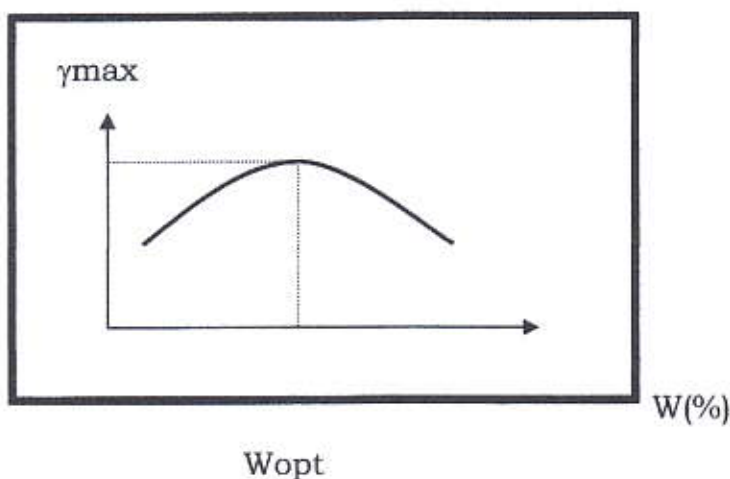
Les deux essais sont identiques dans leur principe, seules diffèrent les valeurs des paramètres qui définissent l'énergie de compactage appliquée.

Le principe de ces essais consiste à humidifier un matériau à plusieurs teneurs en eau et à le compacter, pour chacune des teneurs en eau, selon



un procédé et une énergie conventionnels. Pour chacune des valeurs de teneurs en eau considérées, on détermine la masse volumique sèche du matériau et on trace la courbe des variations de cette masse volumique en fonction de la teneur en eau.

D'une manière générale cette courbe, appelée courbe Proctor, présente une valeur maximale de la masse volumique du matériau sec qui est obtenue pour une valeur particulière de la teneur en eau. Ce sont ces deux valeurs qui sont appelées caractéristiques optimales de compactage Proctor normal ou modifié suivant l'essai réalisé.



Courbe de Proctor

## 2)- Essai CBR :

L'essai CBR « californien Bearing Ratio » ou indice de portance californien a pour objectif de la détermination de la portance d'un sol en estimant sa résistance au poinçonnement afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassement.

On jugera ainsi la portance du sol à l'aide de l'indice de CBR en se reformant une fourchette telle que le tableau (01) suivant :

ICBR	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

Source : mémoire

### II.2.3. Essais mécaniques et physiques :

#### 1)- Essai Los Angeles :

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angeles.

La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi les six classes granulaires 4-6.3mm ;6.3-10mm ;10-14mm ;10-25mm ;16-31.5mm ;25-50mm, de la granularité du matériau, tel qu'il sera mis en œuvre. La classe 10-25mm doit contenir 60% de 10-16mm, la classe 16-31.5mm 60% de 16-25mm et la classe 25-50mm 60% de 25-40mm. La masse de la charge de boulets varie suivant les classes granulaires.

Si M est la masse du matériau soumis à l'essai, m la masse des éléments inférieurs à 1.6mm produits au cours de l'essai, la résistance à la fragmentation par chocs s'exprime par la quantité :  $100m/M$

Cette quantité sans dimension est appelée, par définition, coefficient Los Angeles du matériau (LA).

#### 2)- Essai Deval :

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6mm produits dans la machine Deval par les frottements réciproques et les chocs modérés des éléments d'un échantillon pour essai de 7kg.

La résistance à l'usure de l'échantillon est exprimée par un coefficient dit <coefficient Deval>.

Par définition, ce coefficient est égal à :  $2800/m$

### II.2.4. Analyses chimiques sommaires :

Son but est de déterminer la distribution en pourcentage des sels appartenant à un sol.

- 1) Détermination des sulfates
- 2) Détermination des chlorures
- 3) Détermination des carbonates



### **II.3. Implantation des sondages :**

Sur la base du programme géotechnique établi par la SAETI (Société Algérienne d'Etude d'Infrastructures), le LTPC (Laboratoire des Travaux Publics du Centre) est intervenu pour l'exécution de ce dernier qui a porté sur ce qui suit :

- 10 tranchées exécutées aux endroits arrêtés ;
- 18 puits creusés jusqu'au terrain naturel dont quelques uns ont été décalés pour des raisons de sécurité (présence d'un câble électrique souterrain dans le prolongement de l'axe de la piste).
- Des essais in-situ, lors des essais in-situ, chaque couche rencontrée a fait l'objet des opérations suivantes :
  - ❖ Mesure de l'épaisseur ;
  - ❖ Détermination des densités et teneur en eau et les compacités in-situ ;
  - ❖ Prélèvement d'une quantité suffisante pour les essais de laboratoire.

### **Résultats :**

Les tranchées et quelques puits situés immédiatement dans le prolongement de la piste ont montrés le corps de chaussée suivant :

- On rencontre également une couche de roulement de 10cm en enrobé froid.
- Couche de sable gypseux de 20cm d'épaisseur ;
- Couche de fondation en sable argileux ou limoneux de 30 à 40cm ;
- Les autres puits ont fait apparaître une couche de sable limoneux repose sur du sable fin.

### **II.4. Diagnostic du corps de chaussée :**

Le matériel utilisé est une sondeuse.

Ce diagnostic a été effectué au moyen des carottages. Ces carottes nous ont permis de relever les épaisseurs du revêtement, l'état de l'accrochage entre les différentes couches d'enrobé, ainsi que l'état de fissuration (développement en profondeur, ascendante ou descendante... etc.)

Les résultats du carottage, sont résumés dans le tableau (02) suivant :

carotte	liant	fines	M.R	P.S	D.T	D.A	Comp.	S.S	Epais.
01	5.56	9.57	3.14	2.61	2.41	2.17	90.04	16.45	9.50
02	5.07	13.03	3.07	2.59	2.39	2.16	90.30	22.44	6.00
03	5.97	12.01	3.25	2.61	2.40	2.16	90.00	19.75	6.00
04	6.13	9.74	3.46	2.62	2.40	2.21	92.00	16.78	10.00
05	6.04	10.10	3.39	2.61	2.40	2.20	91.67	17.04	8.00
06	5.66	8.75	3.22	2.60	2.40	2.21	92.08	15.29	6.00
07	5.70	9.07	3.28	2.62	2.41	2.20	94.60	16.32	6.50
08	5.54	9.27	3.12	2.60	2.40	2.27	94.50	16.00	7.00
09	5.17	9.56	2.92	2.60	2.42	2.20	90.91	15.86	5.54
10	5.71	10.45	3.12	2.58	2.38	2.17	91.18	17.79	9.50

**Source :LTPC**

**M.R.** : module de richesse ;

**S.S.** : surface spécifique.

**P.S.** : poids spécifique ;

**D.A.** : densité apparente ;

**D.T.** : densité théorique ;

## II.5. Interprétation des essais de laboratoire :

Les essais de laboratoire sont étalés sur:

- ✓ Analyse de la couche de roulement ;
- ✓ Identification des couches blanches : granulométrie, limites, équivalent de sable et analyses chimiques.
- ✓ Détermination des densités maximales, indice CBR, etc.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR au laboratoire, module de réaction, granulométrie et teneur en eau.

Les échantillons prélevés du sol de fondation (tranchés et puits) ont été soumis aux essais de laboratoire, afin de déterminer leurs caractéristiques.

**Tableaux récapitulatifs des essais de laboratoire sont joints en annexe :**

**Tableau (01)** : échantillons (puits).

**Tableau (02)** : échantillons (tranchés).



**Résultats :**

La couche de roulement présente des compacités de 90 à 94.6 % valeur acceptable.

- Les teneurs en fines (8.75 à 13%) sont supérieures aux normes (6 à 9 %) ceci justifie.
- Les valeurs élevées des modules de richesses (2.92 à 3.46).
- Les courbes granulométriques ne s'insérant pas dans les fuseaux de références.
- Les teneurs en liants (5.17 à 6.13%) sont également élevés.
- Les résultats des essais suivants sont résumés ci après :
  - Détermination des densités maximales.
  - Teneur en eau maximal.
  - Les indices CBR immédiats.
  - Limite de retrait et résistance à la compression simple.

**o Résumé des résultats :**

- L'identification a montré que les matériaux sont des sables argileux, ces matériaux présentent des granulométries discontinues avec prépondérance d'éléments fins de plasticité faible à moyenne.
- Les teneurs en sulfates sont très variables, les carbonates sont présentes à 2 à 10% tandis que les chlorures sont peu présentes (environ 1%).
- Les limites de retraits sont élevées de l'ordre de 20%.
- Les résistances à la compression simple sont très faibles (10 KG/cm<sup>2</sup>).
- Ces matériaux peuvent convenir pour couche de fondation mais sont impropres pour couche de base.
- Les indices CBR sont à 90% supérieurs à 10% (28 sur 31 mesures).

### III. Conception du corps de chaussée :

Si le bon choix du corps de chaussée n'est pas respecté le rapport de rigidité entre deux couches successives n'existera pas, c'est pour cela qu'il faut toujours augmenter successivement la qualité des couches pour ne pas avoir des cassures.

#### - La qualité des matériaux et leur mise en œuvre :

##### 1- Matériaux :

Le bitume utilisé doit être dur 40/50, pour pouvoir résister aux déformations qui peuvent affecter la chaussée, et résister au climat chaud de la région.

Les caractéristiques du béton bitumineux seront les suivantes :

- ✓ Granulats : Granulométrie : 0 / 14, Los Angeles <25, MDE<20, propreté gravillons P<2%, propreté sable ES>45, coefficient de forme F>85%, stabilité : 100% éléments concassés.
- ✓ Liant : 40/50
- ✓ Température : T° de fabrication : 155-165°C. T° normale de mise en œuvre : 140-160°C. T° minimale de mise en œuvre : 135°C.

##### 2- Mise en œuvre :

- ❖ Le mauvais compactage des couches du corps de chaussée peut engendrer des défauts de portance.
- ❖ Le surchauffage du bitume engendre une perte d'adhérence et ainsi une possibilité au désenrobage et un début de fissuration lors du compactage.
- ❖ L'écart de temps important entre l'application de la deuxième couche de revêtement sur la première, et la préparation insuffisante ou défectueuse des surfaces devant recevoir la deuxième couche peut conduire à l'apparition des fissures.



#### **IV. Etude de contrôle :**

##### **IV.1. Introduction :**

Dans le cadre de la convention passée entre la direction des travaux publics de Ouargla d'une part et le laboratoire des travaux publics du sud d' autre part sous la référence 32/2001 en date du 06/11/2001 et portant sur le contrôle des travaux de renforcement et l'extension des infrastructures de l'aérodrome de Touggourt , le L.T.P. sud avait entrepris l'analyse des échantillons de matériaux provenant de deux carrières de tufs situées a Touggourt et dénommées carrières PK-16 et SIDI- MEHDHI ainsi que deux échantillons issus des stations de concassage de HANKA et de SIDI-BACHIR situées dans la région de Haoud El hamra et devenant servir comme matériaux pour le corps de chaussé.

Les échantillons prélevés au sein des deux carrières ont fait l'objet des essais de laboratoire suivants ;

- Analyses granulométriques et chimiques,
- Essais Proctor,
- Essais CBR,
- Essais de compression simple.

Les échantillons issus des stations de concassage des postes de SIDI BACHIR et HANKA ont fait l'objet d'essais granulométriques et d'essais de dureté Los Angeles en plus des analyses chimiques sommaires.

Les résultats de ces analyses sont résumés dans les tableaux récapitulatifs ci- après.

##### **IV.2. Préparation des essais :**

###### **1. Station de concassage HANKA :**

L'analyse granulométrique des agrégats a montré qu'il s'agit d'un grave concassé dont la courbe granulométrique est relativement continue et s'intègre dans le fuseau de référence 0/31.5 défini dans le marché.

Le coefficient Los Angeles moyen est estimé à 23 ce qui est conforme avec les spécifications qui exigent un L.A inférieur à 25.

## 2. Station de concassage SIDI BACHIR :

La granulométrie des agrégats a montré qu'il s'agit d'un grave concassé dont la courbe granulométrique est relativement continue et s'intègre dans le fuseau de fraction 2/6.3.

Le coefficient Los Angeles moyen est estimé à 40 ce qui ne répond pas aux spécifications qui exigent un L.A inférieur à 25, par conséquent, ces granulats sont relativement cassables.

**TABLEAU (03) RECAPITULATIF DES ESSAIS**

ESSAIS		RESULTAS	
		SIDI BACHIR	HANKA
<b>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</b>	Inf. à 20 mm	90	86
	Inf. à 10 mm	49	50
	Inf. à 05 mm	32	35
	Inf. à 02 mm	66	22
	Inf. à 0.4 mm	15	12
	Inf. à 0.2 mm	07	07
	Inf. à 0.08 mm	02	01
<b>ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIRE</b>	% Insolubles	30	30
	% Sulfates	T	T
	% Carbonates	65	63
<b>LOS ANGELES</b>		40	23

### ○ CONCLUSION

L'étude du laboratoire des échantillons issus des deux postes de concassage a montré que la station de HANKA présente des matériaux de caractéristiques physico-mécaniques appréciables et qui répondent favorablement aux exigences des spécifications du marché.

Par contre les matériaux de granularité 0/31.5 qui appartiennent à la station de SIDI BACHIR présentent un déficit en fraction sableuse 2/6.3 qui pourra être corrigé.



Par contre la roche de concassage n'est pas dure ( $LA = 40$ ) ce qui nécessite le changement du gisement de prélèvement.

### **3. Carrière SIDI MAHDHI :**

Les analyses granulométriques montrent qu'on est en présence de matériaux fins gypseux dont le pourcentage en fines est d'environ 50 %, la densité Proctor de référence est de  $1.88 \text{ t/m}^3$  pour une teneur en eau comprise entre 06 et 09 %.

L'essai de poinçonnement obtenu à 12 % et 10 % d'eau résiduelle a donné respectivement des valeurs de CBR de 14 et 20.

Les limites de consistance montrent que les matériaux sont peu plastiques ( $I_p$  de 12), les résistances à la compression simple sont de l'ordre de 14 bars à 95 % de l'OPM.

La carrière de SIDI MAHDHI répond en général favorablement aux exigences du marché relatif aux matériaux pour couche supérieur de terrassement. Elle ne devrait être utilisée en aucun cas comme matériaux pour couche de fondation ou de base.

### **4. Carrière RN-16 :**

Les analyses granulométrique montrent qu'on est en présence de matériaux fins gypseux dont le pourcentage en fines est supérieur à 60 %, la densité Proctor de référence moyenne est de  $1.75 \text{ t/m}^3$  pour une teneur en eau comprise entre 09 et 11%.

L'essai de poinçonnement obtenu à 08 % d'eau résiduelle a donné une valeur de CBR de 65, ce qui en accord avec le marché qui exige un CBR supérieur à 40.

Les limites de consistance montrent que les matériaux sont relativement plastiques ( $I_p$  de 15) les résistances à la compression simple sont moyennes de l'ordre de 11 bars à 95 % de l'OPM.

La carrière de RN-16 répond en général favorablement aux exigences du marché relatives aux matériaux pour couche supérieure de terrassement, elle ne devrait être utilisée en aucun cas comme matériaux pour couche de fondation ou de base.

Les résultats des essais de laboratoire pour les deux carrières sont consignés dans le tableau (04) suivant :

ESSAIS		RESULTAS			
		Carrières SIDI MAHDI		Carrières RN-16	
<b>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</b>	Inf. à 20 mm	100		100	
	Inf. à 10 mm	100		92	
	Inf. à 05 mm	98		88	
	Inf. à 02 mm	93		83	
	Inf. à 0.4 mm	75		75	
	Inf. à 0.2 mm	63		73	
	Inf. à 0.08 mm	48		63	
<b>ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIRE</b>	% Insolubles	48	65	06	06
	% Sulfates	25	08	72	75
	% Carbonates	13	14	01	02
<b>ESSAI PROCTOR</b>	Eau W (%)	6.10	9.40	11.40	1.78
	Densité (t/m <sup>3</sup> )	1.87	1.88	1.72	1.78
<b>C.B.R.</b>		14 <sub>(12%)</sub>	20 <sub>(10%)</sub>	14 <sub>(12%)</sub>	65 <sub>(08%)</sub>
<b>LIMITES DE CONSISTANCE</b>	W <sub>L</sub> (%)	30		28	
	I <sub>p</sub> (%)	12		14	
<b>RESISTANCE A LA COMPRESSION SIMPLE (bars)</b>	95% de l'OPM	12.2		4.2	8.3
	98% de l'OPM	14.3		6.5	11.4
	100% de l'OPM	18.5		7.8	14.6



## V. Le béton bitumineux aéronautique (BBA):

### V.1. Classification de béton bitumineux aéronautique :

Selon les normes françaises (NFP98) et (NFP131), on distingue 03 types de BBA :

- **BBA0/8 C** : les bétons bitumineux 0/8 mm à granularité continue.
- **BBA0/14C** : les bétons bitumineux 0/14 mm à granularité continue pour couche de roulement.
- **BBA0/8D** : les bétons bitumineux 0/8 mm à granularité discontinue (4/6.3 ou 2/6.3) pour couche de roulement, dans le cadre de travaux d'entretien.

#### \* Epaisseur d'utilisation :

Pour chaque type de (BBA) l'épaisseur d'utilisation change, comme il est mentionné dans le tableau (05) suivant :

Type de BBA	Epaisseur moyenne d'utilisation en cm	Epaisseur minimum en cm
BBA0/8 C	6 → 8	5
BBA0/14 C	8 → 9	6
BBA0/8 D	4 → 6	3

Source :

#### \* Caractéristiques des composants :

##### Granulats :

Le squelette minéral des BBA est obtenu par recombinaison de sables, de gravillons et éventuellement de fines d'apport.

##### Granularités :

- ✦ Pour les BBA 0/8 C et 0/14 C, les classes granulaires utilisées sont les suivantes :

0/2	0/4	2/6.3	4/6.3	4/8	6.3/8
-----	-----	-------	-------	-----	-------

- ✦ Pour les BBA 0/8 D, les classes granulaires utilisées sont les suivantes :

granulat	BBA 0/8 D		
	Discontinuité 2/6.3	Discontinuité 4/6.3	
sables	0/2	0/2	0/4
Gravillons	6.3/8	2/4 - 6.3/8	6.3/8

### V.2. Classification des graves bitumes :

Les graves bitumes sont obtenus à partir du mélange, à chaud de grave concassée et du bitume pur. La dimension maximum D des granulats est telle que :

- **GB 0/20** : la dimension : 14 D 20 mm pour la couche de base.
- **GC 0/31.5** : la dimension : 14 D 31.5 mm pour la couche de fondation.

La granularité doit satisfaire aux conditions du tableau ci-dessous avec une teneur en fines comprise entre 3 et 9% :

	Dimension tamis mm	% refus
GB 0/20	6	40 - 55
	2	60 - 75
	0.6	71 - 84

### V.3. Choix du bitume :

On choisira de préférence le bitume dure 40/50 qui conduit de manière générale à un meilleur comportement dans le temps, (pour les climats types désertiques).

### V.4. Travaux préparatoires :

Les enrobés sont mis en place au moyen d'un finisseur, dont la vitesse d'avancement doit être inférieur ou égale à 7m par mn.

La température d'application doit être conforme au tableau ci-dessous :

Bitume	Température optimale	Température minimale
80/100	130 - 150	12
60/70	135 - 155	130
40/50	140 - 160	130



### V.5. Période d'exécution des travaux :

La mise en œuvre des enrobés en arrière saison est une cause fréquente des dégradations prématurées observées sur les couches de roulements. La période préconisée pour Touggourt est comprise entre Juin et Octobre, et le respect de cette période dans la mesure du possible est fortement recommandé au maître d'œuvre pour que la réalisation s'effectue dans des conditions météorologiques convenables.

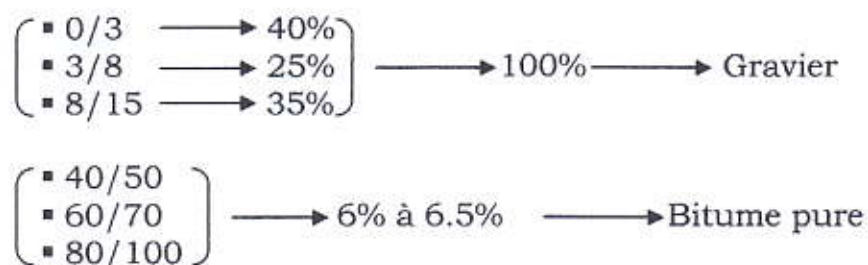
Le non respect de cette condition présente les risques suivants :

- ✚ Manque de compacité.
- ✚ Manque d'imperméabilité.
- ✚ Mauvais collage au support.
- ✚ Vieillesse accélérée avec dégradation de la surface par Désenrobage.
- ✚ Tendance à la surchauffe des matériaux lors de l'enrobage entraînant un vieillissement du bitume.

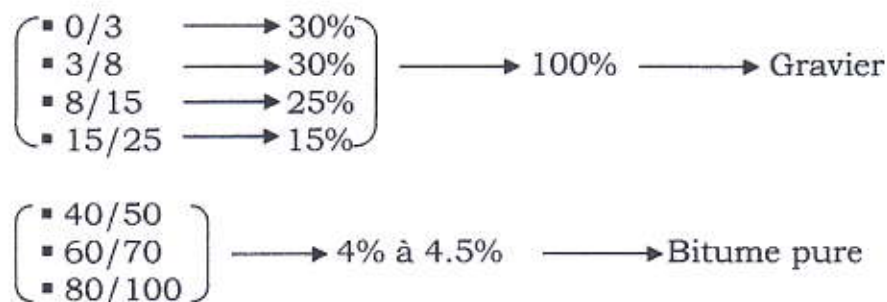
### VI. Formulation :

Au cours de réalisation la courbe granulométrique de réalisation du mélange doit être insérer dans le fuseau de référence (BB 0/14 et GB 0/20).

#### VI.1. Béton bitumineux : (BB 0/14)



#### VI.2. Grave bitume : (GB 0/20)





**Renforcement et extension des infrastructures de  
l'aérodrome de Touggourt**

**ETUDE AVANT PROJET DETAILLE**





## **I. Dimensionnement et renforcement du corps de chaussées :**

### **I.1. Portance du sol de fondation :**

On a trouvé que 90% des valeurs de l'indice CBR sont supérieures à 10%, pour être dans la sécurité on retient un CBR=10 pour le dimensionnement.

### **I.2. L'avion et le trafic de référence pour le dimensionnement :**

#### **1. Avion critique :**

- Les types d'avion disponibles en Algérie sont en général :  
L'AIRBUS A300 et A330, B737 et B727 et B 767, L'ATR.
- Le choix pour le dimensionnement dans notre cas est porté sur l'avion de type B737-200.
- La charge de calcul est de : 24.38t.

#### **2. Trafic de référence :**

- Le trafic équivalent total pour le dimensionnement est égal à 10 mouvements par jours (par rapport à l'avion critique B737-200).
- Le trafic de 10 mouvements par jours revient à 3650 mouvements par ans.
- Ce nombre de mouvements permet d'effectuer les calculs sans la pondération des charges.
- On rappelle qu'un mouvement est équivalent à un atterrissage ou un décollage.

#### **❖ Données de calcul :**

Donc, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- 1- Avion type B737-200 ;
- 2- Nombre de mouvement par jours est de 10 mouvements /jour ;
- 3- Indice portant CBR=10 ;
- 4- Charge de calcul : On considère dans ce cas une charge de 24.38t.

### I.3. Calcul des épaisseurs :

En fonction des données tel que définies précédemment, l'abaque de calcul (chaussée souple) propre à l'avion critique B737-200, pour atterrisseur à roue simple a donné pour une durée de vie de 20ans une épaisseur équivalente  $e=49\text{cm}$ .

La pondération des épaisseurs donne ce qui suit :tableau (06)

Infrastructure	Coefficient de pondération	Epaisseur équivalente totale
Piste	1.0	49cm
Bretelle	1.0	49cm
Voie de circulation	1.0	49cm
parking	1.2	58.8cm

**Source : mémoire l'OACI.**

### I.4. Evaluation des épaisseurs résiduelles :

Vu la mauvaise qualité du sable gypseux (couche de base), celle -ci sera considérée comme couche de forme.

Son coefficient d'équivalence est très faible, on le prendra égale à 0.4. L'enrobé a un coefficient d'équivalence en fonction de son état :

1-Enrobe de la piste et de la bretelle =  $C_1=1.2$ .

2-Enrobé du parking =  $C_2=1.5$ .

Les épaisseurs résiduelles totales sont déterminées à partir corps de chaussée suivant :TABLEAU (06)

	Structure existante	Coefficient d'équivalence	Epaisseur équivalente	Epaisseur équivalente
Piste et bretelle	30cm, c.fondation	0.4	12	27
	20cm, c.base	0.4	8	
	06cm, c.roulement	1.2	7	
Parking	30cm, c.fondation	0.4	12	35
	20cm, c.base	0.4	8	
	10cm, c.roulement	1.5	15	

**Source : LTTC**



Les épaisseurs des différentes structures (neuve et à renforcer) sont données sur le tableau (O7) suivant :

épaisseur structure	infrastructure	Epaisseur totale (cm)	Epaisseur résiduelle (cm)	Epaisseur renforcer (cm)
<b>Neuve</b>	Piste	49	/	/
	Bretelle	49	/	/
	Voie de circulation	49	/	/
	Parking	58.8	/	/
<b>A renforcer</b>	Piste	49	27	22
	Bretelle	49	27	22
	parking	58.8	35	23.8

Source :LTPC

### I.5. Structure de la chassée neuve:

#### 1. Structure de la piste :

Nature matériaux	Ep. Equivalente (cm)	Coef.d'équivalence	Ep. Réelles (cm)
Béton bitumineux	16	2	8
Grave bitume	18	1.5	12
Grave concassé	15	1	15
	49		35

- Les accotements sont dimensionnés avec la moitié de la charge pour pouvoir supporter le poids d'un avion qui sortirait accidentellement de la piste sans subir de dommages structurels ainsi que pour supporter la charge des véhicules terrestres qui pourrait y circuler.
  - Charge de calcul :  $24.38t/2 = 12.19t$  ;
  - A partir l'abaque, l'épaisseur équivalente est de : 37.50cm.

(Voir tableau ci-dessous)

Nature matériau	Epaisseur équivalente (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)
Grave concassé	15	1	15
Tout-venant d'oued	22.50	0.75	30
	37.50		45

## 2. Structure des bretelles 02 et 03 :

La structure de la chaussée et des accotements est identique à celle de la piste principale.

## 3. Structure de la voie de circulation :

- La voie de circulation aura la même structure que la piste principale, son épaisseur équivalente est de 49 cm.
- Structure de la chaussée (voir tableau ci-dessous).

Nature matériaux	Ep. Equivalente (cm)	Coef.d'équivalence	Ep. Réelles (cm)
Béton bitumineux	16	2	8
Grave bitume	18	1.5	12
Grave concassé	15	1	15
	49		35

- La structure des accotements de la voie de circulation est la même que celle des accotements de la piste principale.  
(Voir tableau ci-dessous)



Nature matériau	Epaisseur équivalente (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)
Grave concassé	15	1	15
Tout venant d'oued	22.50	0.75	30
	37.50		45

#### 4. Structure du parking :

L'épaisseur équivalente du parking est de 84cm.

Nature matériaux	Ep. Equivalente (cm)	Coef.d'équivalence	Ep. Réelles (cm)
Béton bitumineux (0 / 12.5)	20	2	10
Grave bitume (0/2)	18.8	1.5	12.5
Grave concassé	20	1	20
	58.8cm		42.5cm

#### I.6. Structure de la chaussée a renforcé :

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

D'après les résultats obtenus dans le calcul d'une chaussée neuve, et les épaisseurs du corps de chaussée existant (7cm B.B +20cm sable limoneux), le renforcement sera comme suit :

- 8cm de béton bitumineux ;
- 12cm de grave bitume.

## **II. Etude géométrique :**

### **II.1. Définition Des Caractéristiques Géométriques :**

#### **II.1.1. Profil en long :**

Le profil en long des pistes doit être aussi plat que possible, la pente moyenne entre les deux extrémités et la pente en chaque point ne doit pas dépasser les chiffres donnés par l'OACI, l'ensemble du profil en long d'une piste doit être conçu pour assurer les raccordements et une visibilité longitudinale convenable.

#### **II.1.2. Pente longitudinale moyenne :**

D'après les recommandations de l'OACI (annexe14), la pente longitudinale moyenne ne doit pas dépasser 1% sur toute la longueur de la piste, et 1.25% en chaque point.

#### **II.1.3. Distance de visibilité :**

Il est recommandé que le changement de pente entre deux point consécutifs n'excède jamais la valeur de 1.5% lorsqu'il est impossible d'éviter le changement de pente longitudinale.

Il est recommandé que tout point situé à 3m de hauteur, soit visible de tout autre point située à 3m de hauteur d'une distance égale à la moitié de la longueur de la piste.

#### **II.1.4. Pente longitudinale de V.C, bretelles :**

L'OACI recommande que la pente longitudinale de voie de circulation ou des bretelles ne doit pas excéder un pourcentage de 1.5% et les changements de la pente se réalisent par des surface curvilignes de rayon de courbure supérieur ou égale à 3000 m.

#### **II.1.5. Profil en travers :**

Le profil en travers doit avoir une forme qui résulte d'un compromis entre deux exigences contradictoires ; Pour faciliter la circulation des aéronefs les chaussées doivent être aussi plates que possibles, mais pour évacuer les



eaux il faut qu'elles comportent des pentes, on prendra en compte les facteurs suivants :

- L'intensité probable des précipitations.
- La nature de la chaussée, les chaussées en béton de ciment autorisent des pentes plus faibles que les chaussées souples.

#### II.1.6. Profil en travers types :

- Constitué par une chaussée, deux accotements et deux bandes latérales, le profil en travers de la piste est conforme aux normes de l'O.A.C.I.
- Pente transversale pour assurer un drainage des eaux de ruissellement aussi rapidement que possible on prévoit un profil en toit avec une pente symétrique à l'axe de 1%.

## II.2. Interprétation des données géométriques :

### II.2.1. La piste principale :

#### 1. Profil en long de la piste principale : (voir plans : A/1, A/2, A/3, A/4)

	P.K	Pente entre sommet %	rayon (m)
phase renforcement	0+000		0
	0+199.50	-0.251	+50000.00
	0+768.00	+0.220	-35000.00
	1+310.00	-0.711	+40000.00
	1+700	+0.333	
Phase prolongement	1+900		30000.00
	2+400	+0.953	+35000.00
	2+796.64	+0.226	30000.00
		+0.325	0
	3+000		

## 2. Profil en travers type :

Le profil en travers type de la piste est en forme de toit de pente 1%. La chaussée de 45m de large (voir plan B/1).

### II.2.2. Bretelles 01 et 02 :

La bretelle 01 est située au **PK 0+573.60** et la bretelle 02 est située au **PK 0+788.60** du bout de la piste 01, d'une même longueur de 175.00m.

#### 1. Profil en long :

##### Bretelle 01 : (voir plan A/5)

PK	Pente entre sommets %	Rayon (m)	Observations
0+000	-1.5	0	Intersection BR01/P.P
0+022.5	+0.864	0	
0+061.85	-0.328	-7000.00	
0+171.50	-0.353	5000.00	
0+175.00		0	Fini BR01-Bord du Parking

- Les rayons 50000m et 7000 sont > au rayon admissible 3000m.
- Les pentes 0.353% et 0.328 sont < à la pente admissible 1.5% sauf dans les tronçons du PK0+022.50 au PK0+061.85 où elle avoisine celle-ci.



**Bretelle 02 : (voir A/6)**

PK	Pente entre sommets %	Rayon (m)	Observations
0+000	-1.5	0	Intersection BR02/P.P
0+022.5	-0.46	0	Fini BR02-Bord du Parking
0+175.00		0	

**2. Profil en travers type : (voir plan B/2 et B/3)**

Le profil en travers de la bretelle est en forme de toit, sa pente est de 1% celle-ci est variable au droit des jonctions.

Les accotements de largeur 9.50 m, ont une pente de 2 %.

Les bandes de largeur 4.00m, ont une pente de 2.5 %.

**II.2.3. Extension parking.****1. Tracé en plan :(voir plan général)**

L'extension du parking aura une longueur de 120m.

Sa largeur est de 85 m (mêmes dimensions que l'actuel parking).

**2. Profil en long :**

La pente longitudinale de la partie extension du parking est plus faible que celle de l'actuel parking. Sa valeur est -0.40%.

**3. Profil en travers type : (voir plan B/4)**

## II.2.4. Voie de circulation :

### 1. Profil en long : (voir plan A/7)

	p.k	Pente entre sommets %	rayons m
Voie de circulation	0+000		0
	0+390.00	0.246	-5000.00
	0+875.00	-0.418	5000.00
	1+620.00	0.179	-5000.00
	1+798.00	-0.730	5000.00
	2+016.25	0.252	-5000.00
	2+346.64	-0.409	0

### 2. Profil en travers type :

Le profil en travers type de la voie de circulation est en forme de toit de pente 1%.

La chaussée est de 25m de largeur avec des accotements et bande de part est d'autres (voir plan B/5).

## II.2.5. Bretelle 03 :

### 1. Tracé en plan : (voir plan général)

Elle est située au pk 2+400.00 du bout de la piste 01, et elle fait intersection avec la voie de circulation.

### 2. Profil en long :( voir plan A/8)



PK	Pente entre sommets %	Rayon (m)	Observations
0+000	-1	0	Intersection BR03/V.C
0+012.5	-1.427	0	
0+142.25	+0.133	3000.00	
0+187.50	-1.5	0	
0+210.00		0	Intersection BR03 /P.P

Le rayon 3000m est égal au rayon admissible 3000m.

Les pentes 1.427 % et 1 % sont < à la pente admissible qui est de 1.5 %.

### 3. Profil en travers type (voir plan B/6)

Le profil en travers de la bretelle est en forme de toit, sa pente est de 1% celle-ci est variable au droit des jonctions.

Les accotements de largeur 9.50 m, ont une pente de 2 %.

Les bandes de largeur 4.00m, ont une pente de 2.5 %.

### **III. Assainissement :**

#### **III.1. Introduction :**

A la demande de la D.T.P. de Ouargla la S.A.E.T.I. a intervenu pour faire un diagnostique de la présence d'eau dans le terrain d'assiette de la piste et du taxi way de l'aérodrome de Touggourt. Ce diagnostique a aboutie aux résultats suivants :

#### **1. Piste existante du PK0 au PK1+700 :**

- Existence d'une nappe phréatique sub-affleurante généralisée au niveau de l'assiette de l'aérodrome et des zones environnantes.
- Existence d'un système de drainage sur la piste principale.
- Existence de plusieurs piézomètres le long de la piste. Ces piézomètres sont verrouillés ; il nous a été impossible de mesurer le niveau de nappe.
- Ce réseau de drainage est fonctionnel à 95%. La nappe est rabattue sur une épaisseur n'excédant pas 0.30m.
- Les rejets de ce drainage se font au niveau de la palmeraie en contrebas du plateau vers la zone Ouest de la piste.
- Le plan du système de drainage a été fourni par la DTP.

#### **2. Prolongement de la piste principale du PK1+300 au PK3+346 :**

##### **➤ Prolongement du taxi way :**

- Mis a nu de la nappe phréatique aux points suivants : PK2+340 ; PK2+355.
- Existence d'une frange capillaire saturée visible au dessus du niveau statique de la nappe d'environ 0.80m à 1.00m.
- Existence d'une zone topographiquement déprimée entre le PK2+150 au PK2+520 de la piste principale. Cette zone se prolonge en amont en s'évasant en deux branches pour traverser le taxi way dans la zone comprise entre les PK1+150 et PK1+900. Cette configuration laisse supposer d'un lit d'oued dans lequel l'eau coule en période de crue.



Ces observations ont amené la SAETI à proposer les travaux suivants :

- Remonter la ligne rouge d'environ 1 mètre au niveau des zones déprimées où des flaques d'eau apparaissent soit au PK2+340 à 2+500.
- De proposer un plan de drainage complet du prolongement de l'aérodrome : soit 1300m de piste et autant de Taxi way.
- A cet effet la DTP a demandé au LTP EST de réaliser un réseau de piézomètre au nombre de 18 qui sont répartis comme suit : 16 piézomètres répartis le long de la piste principale (prolongement) ; un piézomètre en dehors de l'assiette sur la partie EST au niveau de la route. Un autre piézomètre en dehors de l'emprise, dans la partie OUEST à proximité de la palmeraie en dehors de l'enceinte de l'aérodrome. Ces sondages ont été forés à une profondeur de 6m. Très peu d'échantillons ont été prélevés. Les coupes de sondages n'ont pas été fournies.

### **III.2. Climatologie :**

Du point de vue climatique les régions du Souf et de Ouargla sont de la zone tropicale. Le climat désertique a une aridité bien exprimée. Il est caractérisé par :

- Une pluviosité faible (50mm en moyenne annuelle) ;
- De hautes températures dont les écarts entre maxima et minima sont extrêmement importants ;
- Des vents secs et puissants ;
- Une humidité relative basse (52% en moyenne annuelle) ;
- Une forte évaporation notamment durant la période estivale.

Les précipitations atmosphériques n'interviennent presque pas dans l'alimentation directe des nappes car seules les très rares pluies torrentielles peuvent engendrer une infiltration dans le sous-sol sablo-argileux de la région. En octobre 1996 des pluies catastrophiques ayant duré plusieurs jours avaient eu pour conséquence la remontée générale du niveau piézométrique des nappes de toute la région. Les précipitations enregistrées depuis 1974 à 1998 enregistrent une moyenne annuelle de 63.75mm de pluie.

Année	Précipitation en mm	Année	Précipitation en mm
1974	57.9	1987	42.5
1975	118.1	1988	54.5
1976	101	1989	11.5
1977	44.7	1990	146.6
1978	35	1991	40.5
1979	51.85	1992	126.1
1980	153.8	1993	55.2
1981	43.7	1994	48.6
1982	72.7	1995	61.4
1983	31.6	1996	88.4
1984	31.1	1997	65.1
1985	34.5	1998	40
1986	87.6	Moyenne	63.75

### **Précipitations annuelles de 1974 à 1998 à Touggourt**

TABLEAU (08) : **Source ANRH**

### **III.3. Géomorphologie :**

Du point de vue géomorphologie la région présente trois grands domaines qui sont :

- 1- les zones des chotts et Sebkhah. Ce sont des dépressions dont les altitudes sont les plus faibles de +40m à -30m dans la région d'El Oued. Elles sont formées de croûtes composées de sables fins, d'argile de gypse et de sel.
- 2- Les zones de dunes de sables : ce sont les secteurs les plus élevés. En général leur altitude est supérieure à +65m dans la région d'El Oued et de 150m dans la cuvette de Ouargla. Ces dunes appelées <mers de sable> par analogie aux vagues des océans.
- 3- Les zones basses : elles sont caractérisées par une topographie peu marquée correspondant aux dépôts alluviaux qui servent de sols de cultures de palmeraies.



### **III.4. Hydrogéologie :**

#### **III.4.1. Les différentes nappes de la région :**

Dans la région de Touggourt plusieurs nappes sont superposées et séparées par des niveaux plus ou moins imperméables. Nous reconnaissons de bas en haut :

- \* La nappe du continental intercalaire ;
- \* La nappe du Turonien ;
- \* La nappe du Sénono-Eocène (3<sup>ème</sup> nappe) ;
- \* La deuxième nappe du Mio-Pliocène ;
- \* La première nappe du Mio-Pliocène ;
- \* Nappe continental terminal ;
- \* **Nappe phréatique :**

Elle circule dans des sables argilo-gypseux remaniés. Son substratum est formé par une succession de lentilles argileuses et marneuses plus ou moins gypseuses. Son épaisseur moyenne est très variable (de 6m à 60m environ). Le niveau du substratum argileux présente une courbe sinusoïdale avec une tendance à une pente vers le nord. Des mesures géophysiques ont permis de reconstituer la topographie du substratum (coupes hydrogéologiques de la nappe phréatique dans le Souf voir annexe coupe 1 / coupe2).

Elle est souvent drainée par des réseaux de tranchées primaires, secondaires et tertiaires pour rabaisser le niveau piézométrique, collecter les eaux, et les acheminer vers un drain plus profond qui est depuis plusieurs années le canal d'oued Ghir. Les profondeurs d'eaux dans plusieurs endroits à Touggourt n'excèdent pas 0.50m. Les conditions de remontée de cette nappe, très salée (jusqu'à 30g/l) sont liées à son alimentation excessive soit par des eaux de pluies soit par des forages d'irrigation.

#### **Alimentation de la nappe :**

Les mesures piézométrique dans la région d'El Oued ont montré que la nappe est remontée de 0.10m à 0.6m et parfois de 1.00m dans l'espace de deux mois (février-avril 1993). Après ces mesures des restrictions ont été prise quant à la surexploitation des aquifères inférieurs. Malgré cela les mesures réalisées entre avril 1993 et juillet 1994 ont montré que la nappe

est remontée de 2m dans la partie Nord d'El Oued. Elle est néanmoins descendue de 3.00 m dans la partie sud, du point de vue hydrologie l'évapotranspiration potentielle réelle est de 94% alors que l'infiltration est de 6%. C'est donc durant les fortes pluies et les crues que la nappe se recharge. Les mesures effectuées sur la nappe de Sidi Mahdi par la mission UNESCO en 1971 ont montré que cette nappe est aussi alimentée par remontée des nappes Inférieures par un phénomène de drainance. Ceci justifie son importance constante malgré les périodes de sécheresse prolongées.

Les forages agricoles dans la zone de l'aéroport risquent de gonfler légèrement cette nappe.

Il est aussi constaté que la variation de la perméabilité entraîne parfois une légère remonté localisée du niveau piézométrique.

Les vitesses d'écoulements mesurées dans la région de SOUF donnent 30 à  $50 \cdot 10^{-6}$  m/s, ce qui dénote d'un aquifère partiellement argileux sableux. Les perméabilités mesurées varient entre  $2 \cdot 10^{-2}$  et  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s.

#### **III.4.2. Piézométrie :**

Une carte piézométrique a été établie à partir des :

- Levés topographiques des têtes de sondages ;
- De la mesure de la profondeur d'eau après stabilisation au niveau de chaque sondage ;
- De l'interpolation des profondeurs d'eau entre différent sondage.

Des valeurs d'égale profondeur d'eau représentent les lignes isopièzes. Nous sommes en présence d'une nappe libre qui présente des gradients hydrauliques différents d'une zone à une autre :

- $I=0.2\%(2/1000)$  dans les zones où les eaux s'écoulent difficilement : zone centrale, le long du prolongement de la piste et du taxi way.
- Les valeurs de  $I=1.4\%$  sur les zones où la topographie du terrain est presque accidentée : coté nord de la piste et coté ouest vers la palmeraie.
- La profondeur d'eau au niveau de l'ancienne piste est de 3.00m.
- La direction d'écoulement est grossièrement vers le nord.
- L'épaisseur de l'aquifère est variable d'un endroit à un autre.



- Cette nappe est suba-fleurante au niveau et la frange capillaire est variable est visible sur le fond de fouille au PK 2+500 de la piste principale.

Après ces premières mesures aux environ du 20 avril 2002 une tranchée a été creusée au droit de l'accotement de la piste principale au PK2+502. Les mesures réalisées après ce drainage en date du 1/06/2002 ont montré que :

- 1- La tranchée de 1.20m de profondeur a rabattu la nappe de 0.48m au droit du sondage S3 qui se trouve à proximité immédiate de la tranchée ;
- 2- Le débit de la tranchée estimé lors de notre visite est voisin de 1l/s : Cette valeur est confirmée si on prend les valeurs suivantes :

- Rabattement moyen 0.5m ;
- Perméabilité 0.0001m/s ;
- Longueur utile de la tranchée sur laquelle le rabattement se fait réellement = 65m ;

$$Q = 0.00095875\text{m}^3/\text{s} = 0.95\text{l/s} ;$$

La perméabilité peut être donc égal à 0.0001m/s.

- 3- Que le sondage S2 enregistre un rabattement de 0.08m
- 4-Que le sondage S1 a enregistré une augmentation de 0.07m
- 5- Que le sondage S7 enregistre la remontée la plus élevée du niveau piézométrique.
- 6- Que le sondage S10 est sec
- 7- Que les sondages éloignés de la tranchée, tel que S12, S13 et S14 enregistrent soient une augmentation minime ou nulle.

A la lumière de ces mesures relatives au creusement de la tranchée il y a lieu de conclure que :

- 1- Le substratum de la nappe est variable. Il est de moins de 4.77m de la surface au niveau du S10.
- 2- Il est par contre plus élevé dans tous les autres sondages puisqu'ils font état d'un niveau d'eau.
- 3- Que la zone où les niveaux ont augmentés est des zones à dominante argileuse où la perméabilité est plus faible.

4- Pour éviter ces remontées locales une tranchée plus profonde et plus longue est nécessaire. Un réseau de drains secondaires est nécessaire pour éponger les zones de faible perméabilité à proximité des ouvrages.

Les résultats des deux campagnes piézométriques réalisées sur l'aérodrome de Touggourt avant et après creusement de la tranchée sont résumés sur le tableau qui joint en annexe (tableau 03).

### III.5. Drainage :

La nécessité de drainer cette nappe au niveau de l'aéroport est guidée par trois raisons :

- 1- Dans les zones déprimées où la nappe présente des gradients hydrauliques faibles le niveau de la frange capillaire se trouve au niveau du fond de fouille.
- 2- Cette frange capillaire risque de remonter dans la mesure où la nappe est alimentée. Le corps de chaussée de la piste se trouverait alors saturé.
- 3- Les drains sont conçus pour rabattre la nappe d'au moins un mètre sous le niveau actuel où elle se trouve. En effet la frange capillaire est située au moins un mètre au-dessus du niveau piézométrique. C'est ce niveau supérieur de cette frange qu'il faut ramener à plus d'un mètre sous la chaussée.

#### Drainage de l'ancienne piste :

Le drainage de l'ancienne piste a rabattu en moyenne la nappe d'environ 0.30m. La longueur totale des drains avoisine les 2000m. Ils trouvent leur exutoire commun au niveau du collecteur principal au PK1+308.

Constante	0.59
K en m/s	0.0001
Rabattement	0.3
Longueur	2000
Q en l/s = débit total à l'exutoire	10.62



Le débit mesuré à l'exutoire au niveau de la palmeraie est voisin de 6 l/s. Si on considère qu'une partie de l'eau se réinfiltré sur le trajet non busé après le rejet, l'ordre de grandeur est respecté. Nous retrouvons une perméabilité  $K = 10^{-4} \text{m/s}$ .

Notons que la branche extrême du collecteur principal (entre les regards 1 et 2) de cet ancien drainage est à supprimer pour deux raisons :

- Le regard N°1 tombe sur l'axe du taxi way ;
- Cette branche du collecteur se trouve au-dessus de la nappe. Elle ne fait pas sa fonction de rabattement de la nappe.

#### \* Collecteur principal « A » :

Ce collecteur va drainer la zone la plus délicate. En effet ce drain principal est positionné dans le sens d'écoulement du lit de l'oued. Ce drain assez profond (jusqu'à 4m de profondeur) permettra de drainer cette zone. Nous avons considérés que la perméabilité du milieu pourrait être entre  $10^{-3} \text{m/s}$  à  $10^{-4} \text{m/s}$ .

D'après la formule suivante le rayon d'influence d'un rabattement provoqué par un pompage ou un drain horizontal est de :  $R \text{ (m)} = 3000\sqrt{k} \cdot Dh \text{ (m)}$ .

Dans la quelle  $\sqrt{k}$  est la racine carrée de la perméabilité et  $Dh$  est le rabattement en mètres.

Perméabilité $k =$ en m/s	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$
Rabattement $Dh$ en mètres	2	2	2
Rayon d'influence mètre	600	189	60

Perméabilité $k =$ en m/s	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$
Rabattement $Dh$ en mètres	0.5	0.5	0.5
Rayon d'influence mètre	150m	47	15m

Le débit à l'exutoire est néanmoins faible =  $Q = 0.59 k Dh^2 \cdot d$ .

Où :  $Dh$  est le rabattement et  $k$  la perméabilité ;

$d =$  longueur du drain = 700m pour le collecteur A.

Considérons les valeurs suivantes des perméabilités du milieu entre  $10^{-3}\text{m/s}$  et  $10^{-4}\text{m/s}$ .

Prenons l'exemple du collecteur « A » :

Perméabilité k = en m/s	$10^{-4}$
Rabattement Dh en mètres	2
Longueur du drain	700m
Rayon d'influence mètre	60
Q en l/s	<b>168.74</b>

Perméabilité k = en m/s	$10^{-4}$
Rabattement Dh en mètres	1
Longueur du drain	700m
Rayon d'influence mètre	60
Q en l/s	<b>42.18</b>

Perméabilité k = en m/s	$10^{-4}$
Rabattement Dh en mètres	0.5
Longueur du drain	700m
Rayon d'influence mètre	60
Q en l/s	<b>10.54</b>

Le rabattement moyen de ce drain est de 1.00m. Ce qui nous permet d'évaluer un débit de 42.18l/s à l'exutoire. Les diamètres utilisés sont appropriés pour les débits calculés. Ils sont néanmoins nécessaires pour le curage et le nettoyage de ces drains dans la mesure où ils sont obstrués par du sable.

#### \* Collecteurs secondaires :

Pour des raisons citées plus haut (variation de la perméabilité) il est nécessaire d'éponger la nappe le long de la piste et du taxi way. Ces collecteurs longent soit la piste principale soit le taxi way.



- **Collecteur B** : Il longe la piste principale à une distance de 25m de l'accotement, sur la bande de terre stabilisée. Il est entendu qu'au-delà de 20m. Ils s'en rapprochent à 55m de l'axe de la piste pour que le rabattement puisse mettre l'ouvrage à l'abri des remontées de la nappe. Il traverse la bretelle pour se raccorder au collecteur principal au regard R4.

- **Collecteur C** : Il longe le taxi way sur sa partie Ouest pour se raccorder au collecteur A au regard R2.

- **Collecteur D** : Il draine la partie du taxi way pour contourner la bretelle et se raccorder au collecteur E au regard R7.

- **Collecteur E** : Divisé en deux branches :

- 1- **Branche E** : Du regard R2 au rejet. Il longe la piste principale et la traverse au niveau de la bretelle. Il est raccordé au collecteur D au regard R7.
- 2- **Branche E'** : Cette branche va se raccorder au collecteur A au niveau du regard R4. Cette partie du collecteur va éponger la partie de la nappe non drainée par le collecteur A.

### III.6. Construction des drains :

Les diamètres préconisés sont dans leur majorité de 0.400 m. considérant leurs pentes ils véhiculent des débits élevés. Seules les traversées de piste, bretelles et taxi way sont pourvues de canalisations de diamètre 0.600m. Ces diamètres sont justifiés non pas par les débits, mais par souci de curage dans la mesure où ceux-ci sont obstrués par du sable.

Les drains devraient être réalisés en fonction des rabattements, qu'ils vont induire.

#### \* Confection des drains :

Les drains sont constitués de buses en ciment perforé dans la moitié de l'hémisphère supérieure pour permettre à l'eau de percoler. Un schéma montrant le nombre de perforation de 10 mm de diamètre est joint en annexe (figure 01).

Pour permettre à ces drains de fonctionner normalement la buse repose sur un lit de sable de 0.15m. Elle est ensuite noyée dans un gravier de diamètre 15/25 à hauteur de 0.20m au dessus de la génératrice supérieure de la buse. Vient ensuite un lit de 0.30m de tout venant rocheux de diamètre 40/70. Un lit de tout venant sablo-graveleux vient fermer l'excavation de la tranchée (figure 02).

Tableau (09) : **source SAETI**

	ORDRE DE REALISATION DES DRAINS	EN PRIORITE	OBSERVATION
1	Drain A	Traversée de la piste principale et taxi way	Ce drain va éponger la partie centrale de la stagnation d'eau et va permettre de connaître les caractéristiques de la nappe
2	Drain E	Traversée de la bretelle	Cela permettra de réaliser ou non la branche E'. Si le rabattement du collecteur A est assez important il serait inutile de réaliser la branche E'
3	Drain B	Traversée de la bretelle	Le collecteur <B> ne parvient pas jusqu'à l'ancienne piste pour ne pas perturber les écoulements de l'ancien système de drainage qui est superficiel par rapport au système actuel situé dans une zone plus vulnérable
4	Drain C		L'Influence des drains A et B sur les écoulements souterrains permettra de mieux appréhender la construction du drain C
5	Drain D		L'influence des drains A, B sur les écoulements souterrains permettra de mieux appréhender le drain D



### \* Traversées de piste bretelle :

Dans un souci de sécurité par rapport aux contraintes induite par les passages des avions, un soin particulier devra être apporté aux traversées de piste et bretelles au droit des zones rouables. Un schéma de protection de buses est joint en annexe (figure02).

### \* Approvisionnement des drains

Après enquêtes auprès des entreprises de fabrication des canalisations d'assainissement et de drainage tant dans l'algérois que du pays (Alger, Oued Rhiou et Rélizene) les drains sont confectionnés non perforés. Ils le sont à la demande après confection et avant prise complète du ciment. Notons que les drains de diamètre 0.400m ne sont pas ferrailés alors que les drains de diamètre 0.600m sont ferrailés.

### III.7. Note de calcul des drains :

COLLECTEUR A			Débit et vitesse en pleine section			
Du regard au regard	Diamètre En mm	Longueur En mm	Pente (%)	I	Q (débit) en l/s	Vitesse en m/s
R1-R2	400	100	15		234.3	1.78
R2-R3	600	100	3.3		320.8	1.16
R3-R4	400	106	3.3		108.6	0.87
R4-R5	600	105	5.5		425	1.5
R5-R6	400	49	8.8		175	1.41
R6-Rejet	400	255	8.8		175	1.41
totale	Longueur totale	715				

COLLECTEUR B				Débit et vitesse en pleine section	
Du regard au regard	Diamètre En mm	Longueur En mm	Pente I (%)	Q (débit) en l/s	Vitesse en m/s
R11- R6	400	350	3	105	0.85
R6- R2	400	280	4	120	0.97
R2- R1	600	100	4	350	1.29
R1- R4	400	100	4	120	0.97
	Longueur totale	830			

COLLECTEUR C				Débit et vitesse en pleine section	
Du regard au regard	Diamètre En mm	Longueur En mm	Pente I (%)	Q (débit) en l/s	Vitesse en m/s
R12- R2	400	Longueur Totale 840	3.2	110	0.87



COLLECTEUR D				Débit et vitesse en pleine section	
Du regard au regard	Diamètre En mm	Longueur En mm	Pente I (%)	Q (débit) en l/s	Vitesse en m/s
R1- R3	400	140	7.0	160	1.30
R3- R7	400	280	5.5	140	1.15
R7- R7	400	295	4	120	0.97
	Longueur totale	715			

COLLECTEUR E				Débit et vitesse en pleine section	
Du regard au regard	Diamètre En mm	Longueur En mm	Pente I (%)	Q (débit) en l/s	Vitesse en m/s
R2- R4	400	140	3.5	113.85	0.92
R2- R5	400	210	5.0	154.54	1.10
R5- R6	400	50	14.5	231.25	1.85
R6- R7	600	90	14.5	672.70	2.47
R7- R8	400	65	14.5	231.25	1.85
R8- R12	400	220	3.0	105.00	0.85
	Longueur totale	775			

**Tableau (09) source : SAETI**

<b>CALCULE DES DEBITS THEORIQUES ET DES DEBITS PROJETES DANS LES DRAINS</b>					
collecteur	Longueur Totale du drain en m	Débit à l'exutoire calculé pour un rabattement moyen de 1 m en litre/s	Débit théorique a l'exutoire en pleine section	Débit cumulé en litre /s des drains	
Collecteur A	715	42.18	175	148.71	Drains A+B+C+E' : débit véhicule inférieur au débit théorique pour le rejet du collecteur A
Collecteur B	830	48.97	120		
Collecteur C	840	49.56	110		
Collecteur D	715	42.18	120		
Collecteur E		45.7	105	87.88	Drain D+E : débit véhicule inférieur au débit théorique pour le rejet du collecteur E
Collecteur E' Branche vers collecteur A	140	8	113		

**Remarque :**

Pour éviter la stagnation des eaux superficielles surtout au niveau de la Bretelle 03 où on trouve des points bas, un fossé en béton a été mis en place pour l'évacuation des ces eaux.

**III.8. Conclusion :**

Le drainage de l'aérodrome de Touggourt est nécessaire en raison des fluctuations de la nappe phréatique. Les collecteurs au nombre de cinq devraient éponger le surplus de la nappe phréatique même dans le cas où celle-ci serait emmenée à gonfler démesurément en raison de pluviométries exceptionnelles ou de sur pompages agricoles incontrôlés.



## **IV. Signalisation :**

### **IV.1. Généralités :**

L'opération de réalisation des aires de manœuvres de l'aérodrome, s'accompagne par la mise en place sur la chaussée et ses abords de dispositifs destinés à faciliter son utilisation par les aéronefs, en fournissant aux pilotes des repères visuels standardisés.

Pour cette raison L'OACI a recommandé d'utiliser des marques sur l'ensemble des composantes des aérodromes.

### **IV.2. Les principales marques sur l'aérodrome :**

- Marques d'identification de piste.
- Marques d'axe de piste.
- Marques de seuil.
- Marques axiales des voies de circulation et bretelles.
- Marques de zone de toucher des roues.
- Marques de point d'attente de circulation.

#### **a. Marques d'identification de piste :**

Les marques d'identification de piste seront placées au seuil de la piste et sont constituées par un nombre de deux chiffres, le nombre sera le nombre entier le plus proche de dixième de l'azimut magnétique de piste, mesuré en degrés à partir du nord magnétique dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si le nombre est inférieur à 10 il sera précédé d'un zéro, ce qui est le cas de notre piste, où le nombre d'identification du seuil est le 01.

#### **b. Marques d'axe de piste :**

Ces marques seront constituées par une ligne de traits uniformément espacés, et qui seront disposées le long de l'axe de la piste entre les marques d'identification de celle-ci ;

La largeur des traits ne sera pas inférieure à 0,90m ; la longueur d'un trait et celle de l'intervalle qui le sépare du trait suivant ne sera pas inférieure à 50m ni supérieure à 75m (le cas de notre piste la longueur d'un trait est de 30m, l'intervalle est de 20.57m).

**c. Marques de seuil:**

Ce marquage est constitué de bandes longitudinales, de mêmes dimensions (longueur=30m/largeur=1,8m/espacement=1,8m), et disposées symétriquement par rapport à l'axe de la piste, commençant à 06m du début de piste jusqu'à 03m de son bord.

**d. Marques axiales de voie de circulation et bretelles:**

Les marques axiales seront disposées sur la voie de circulation reliant les bretelles de manière à assurer un guidage à partir de l'axe de la piste jusqu'au point sur l'aire de stationnement d'aéronef. Les marques axiales de voie de circulation auront au moins 15cm de largeur et seront interrompues.

**e. Marque de zone de toucher des roues :**

C'est une paire de marques rectangulaires d'au moins 02, disposées symétriquement de part et d'autre de l'axe de la piste à des intervalles de 1.5m et à partir de 150 m du seuil de la piste.

Comme la distance de notre piste est de 3000m elle comportera trois paires.

**f. Marques de point d'attente de circulation :**

Les marques de points d'attente de circulation seront disposées pour indiquer l'emplacement d'un point d'attente, et ils seront conformés aux marques illustrées selon le type de point d'attente considéré.

Les marques seront situées aux intersections suivantes :

Piste ↔ voie de circulation.

Piste ↔ bretelle.

Bretelle ↔ parking.



### IV.3. Les lignes de système de guidage :

- **Ligne d'entrée sur le poste :**

C'est une ligne droite raccordée par un cercle à la ligne d'axe de la voie déserte.

- **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 virage.

- **Ligne d'orientation finale :**

Une ligne droite rejointe par la ligne d'orientation finale indique au pilote l'arrêt, quand il est par son travers, après avoir redressé le train avant.

- **Repère d'arrêt :**

Un repère tracé sur la gauche d'orientation finale indique au pilote l'arrêt, quand il est par son travers, après avoir redressé le train avant.

**\* Couleurs :**

Les lignes d'orientations, les repères de barres d'arrêt et les repères d'identifications de virage sont de couleur jaune. (Chaussée souple d'après l'O.A.C.I, annexe 14).

### IV.4. Manches à vent :



Aérodrome de Anecy-Meythet

L'aire de mouvement d'un aérodrome doit être équipée d'au moins une manche à vent. Celle-ci doit être placée de façon à être visible d'un aéronef sur l'aire de mouvement ou en vol depuis une hauteur de 300 m.



*Renforcement et extension des infrastructures de  
l'aérodrome de Touggourt*

**DEGAGEMENT ET ENVIRONNEMENT**





## **I. Environnement :**

### **I.1. Introduction :**

Le développement aéroportuaire est aujourd'hui largement contraint, dans l'ensemble des pays, par une sensibilité plus grande des populations riveraines des aéroports aux questions environnementales. Dans ce cadre, depuis de nombreuses années, un certain nombre de mesures réglementaires, et de recommandations, ont été prises tant au niveau international (annexes de l'OACI) qu'au niveau national, la question du bruit étant, entre toutes, la plus sensible.

Par ailleurs, plus récemment, la sensibilité environnementale et une évaluation plus précise des coûts environnementaux et sociaux du trafic aéroportuaire, ont conduit un certain nombre de pays à mettre unilatéralement en place des restrictions croissantes d'exploitation sur leurs principaux aéroports, massivement situés dans des zones urbanisées et donc les plus contraints. En réponse, l'OACI et la Commission européenne ont émis des recommandations précises listant les mesures à mettre en œuvre afin de préserver l'équilibre aéroportuaire tout en réduisant au maximum les nuisances subies par les riverains.

### **I.2. De nombreuses exigences environnementales à respecter :**

#### **a) La difficile réduction du bruit à la source :**

##### **- Des progrès très importants au cours des vingt dernières années :**

Le premier impératif de l'industrie aéronautique est la sécurité. La fiabilité et la maîtrise des coûts sont également majeurs mais le fait nouveau depuis une dizaine d'années, c'est le défi que représente l'impact de la croissance du trafic aérien sur l'environnement, tant en matière de bruit que de rejets atmosphériques.

Des progrès technologiques importants ont déjà été réalisés. Pour le bruit comme pour la consommation de carburant, le saut technologique majeur a été la mise en service des moteurs à grand taux de dilution. Ceux-ci ont commencés à équiper, dans les années 80, les familles d'avions moyen-courriers mono couloirs de type Airbus A320 et Boeing 737.

Au total, les progrès réalisés sur les moteurs d'avion à réaction ont permis de réduire les émissions de bruit des nouveaux types d'avion d'une vingtaine de décibels en trente ans.

#### **- Des programmes de recherche ambitieux :**

Les prochaines générations, comme celle de l'Airbus A380, vont continuer à bénéficier d'améliorations nouvelles. Celles-ci porteront encore sur les moteurs mais aussi sur le bruit des turbulences aérodynamiques autour de l'avion et sur l'allègement de l'avion. C'est en effet ce type de bruit qui devient prédominant à l'atterrissage du fait de moteurs aujourd'hui plus silencieux.

Dans ce cadre, d'importants programmes de recherche sont menés en Europe et aux Etats-Unis qui garantissent que ces progrès seront poursuivis. Ainsi, au niveau européen, l'industrie aéronautique s'est regroupée au sein d'ACARE (Advisory Council for Aeronautical Research in Europe), afin de définir les objectifs de progrès à l'horizon 2020.

Au niveau européen, la recherche aéronautique a été considérée comme une priorité dès 1989 (2ème programme cadre européen de recherche et développement technologique - PCRD) Le 5ème PCRD (1998-2002) a doté la recherche aéronautique de 700 millions d'euros.

D'autre part, dans le cadre de la préparation du 6ème PCRD, l'ACARE est chargé d'élaborer un échéancier des actions de recherche à mener à l'horizon 2020, afin d'optimiser la complémentarité des programmes de recherche nationaux et communautaires.



De nombreux autres programmes européens de recherche visent également, plus ou moins directement, à réduire les nuisances sonores aéroportuaires :

- JEAN (jet exhaust aerodynamics and noise) et TURBONOISECFD (Turbomachinery noise source CFD models for low noise aircraft engine designs) :

Développement de codes de calcul aéro-acoustiques pour une conception silencieuse des composants des moteurs (systèmes d'éjection des gaz pour JEAN et turbomachines pour TURBONOISECFD.

- RAIN (reduction of airframe and installation noise):

Réduction du bruit aérodynamique cellule (trains d'atterrissage, volets d'aile)

- RESOUND (reduction of engine source noise through understanding and novel design):

Réduction du bruit du moteur (conception silencieuse des soufflantes, contrôle actif du bruit)

- SOURDINE (study of optimisation procedures for decreasing the impact of noise) :

Optimisation des procédures opérationnelles à moindre bruit

#### **Source : site Internet de la DG Transports - Commission européenne**

Il faut également noter qu'un compromis sera nécessaire en matière environnementale. En effet, la réduction du bruit, des oxydes d'azote (NOx) et du dioxyde de carbone (CO2) sont trois objectifs parfois antagonistes. Ainsi, si les moteurs à grand taux de dilution ont permis d'abaisser la consommation et le bruit, ils ont conduit à rendre plus difficile la réduction des oxydes d'azote. La lutte contre le bruit aboutit

également aujourd'hui à réfléchir à des moteurs plus lourds et de plus grand diamètre, mais plus défavorables en termes de consommation de carburant. Il est donc essentiel de bien hiérarchiser les priorités en matière d'environnement, car elles conditionneront non seulement le dimensionnement des budgets de recherche, mais également la sélection d'architectures moteur et de technologies adaptées.

Par exemple, la performance sonore de l'A380 est remarquable. En effet, dans le cadre de la réglementation OACI, la norme de bruit de chaque appareil est calculée en fonction de sa masse au décollage, avec un plafond de bruit maximal déterminé par la masse du B747 que l'on considérait à l'époque comme l'avion le plus lourd envisageable. Ainsi, l'A380 ne bénéficiant pas de l'augmentation de bruit attachée à l'augmentation de masse excédant celle du 747, il se voit pénalisé et, avec 285 tonnes de plus que l'A340-300, il aura une performance sonore identique.

#### **b) La réglementation du bruit des avions :**

Agir sur les flottes d'avions pour diminuer les nuisances sonores suppose en effet de pouvoir mesurer le bruit des appareils. En la matière, la réglementation est largement internationale, puisqu'elle a été mise en place par l'OACI, par le biais de la certification acoustique.

##### **- Les normes de l'OACI :**

La certification acoustique consiste à mesurer le bruit selon des procédures très rigoureuses et reconnues par tous au plan international. Ces procédures précisent par exemple la position des enregistreurs (permettant de mesurer le niveau de bruit à différentes étapes de l'utilisation des appareils), la météo acceptable, le poids de l'avion, le bruit ambiant maximal acceptable... De plus, ces mesures sont effectuées directement par les États ou sous la surveillance étroite d'experts internationaux.



Ces mesures permettent de classer les avions en fonction de leur niveau de bruit.

Par ailleurs, sans attendre cette échéance, il peut déjà être utilisé pour certifier ou re-certifier les avions actuellement les plus modernes et qui peuvent donc briguer ce plus haut « diplôme » acoustique (Boeing 757 ou Airbus 380 par exemple).

La classification OACI permet d'avoir une action globale sur les flottes : elle incite les constructeurs à faire des efforts et les compagnies à s'équiper de modèles modernes.

De nouvelles dispositions sont débattues au sein de l'OACI pour restreindre l'usage des avions les plus bruyants. Parmi ces avions figurent des avions initialement qui ont été munis de « hushkits », c'est-à-dire d'atténuateurs de bruit.

- Les limites des indicateurs de mesure du bruit

Les normes OACI, définies précédemment, sont considérées, notamment au niveau communautaire, comme les seules mesures objectives du niveau de bruit des avions, car basées sur une méthodologie précise, reconnue et appliquée internationalement et identique pour tous les avions. Pourtant, ce classement n'est pas opérationnel d'un point de vue « sonore », puisque deux appareils, parce qu'ils n'ont pas le même poids ou parce que l'un est un appareil « hushkitté », ne feront effectivement pas « le même bruit ».

Pour répondre aux critiques formulées à l'encontre des normes OACI, les pays soumis à une forte pression environnementale, et notamment les pays européens, ont cherché à élaborer des « indices d'exposition au bruit » des avions plus proches du ressenti des riverains des aéroports.

Cet indicateur est un outil mathématique, qui sert à représenter une situation réelle complexe, et doit permettre une mesure et des

comparaisons de la situation du bruit en différents points géographiques, à différents moments de la journée et de l'année. Lorsqu'il est annuel, il sert le plus souvent à définir les zones « nuisantes » autour des aéroports, permet de préciser les règles d'urbanisme dans ces périmètres et d'ouvrir droit à des aides financières pour l'isolation. La précision et la justesse du calcul sont donc très importantes.

### **c) La réglementation de la pollution :**

Au cours des trente dernières années, l'impact de l'aviation sur l'atmosphère a été mieux évalué, notamment grâce à de très nombreux travaux scientifiques au niveau international. Dans ce cadre, et notamment pour tenir compte des conséquences des émissions polluantes sur l'effet de serre, les émissions des réacteurs d'avion font l'objet de normes de certification de l'OACI depuis 1981.

Les produits qui résultent de la combustion du kérosène dans les moteurs sont les mêmes que pour tout moteur à combustion : gaz carbonique, vapeur d'eau, oxydes d'azote (Nox), composants organiques volatils, oxyde de carbone, dioxyde de soufre et fumées. Les normes de l'OACI portent sur les oxydes d'azote (NOx), les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone et les fumées. Le kérosène contenant du soufre et sa combustion produisant donc du dioxyde de soufre, c'est la teneur en soufre du kérosène qui est normalisée.

Par ailleurs, l'OACI a adopté, en 1999, sur proposition de la France et de ses partenaires européens, une nouvelle norme d'émission des oxydes d'azote pour les nouveaux moteurs certifiés à partir du 31 décembre 2003. Cette norme représente une réduction de 16 % par rapport à la norme précédente applicable depuis le 1er janvier 1996.

Au niveau européen, la réglementation concerne plus globalement l'air ambiant et introduit un certain nombre de taux plafonds. L'ensemble des mesures aujourd'hui mises en œuvre dans ce domaine découle de la directive du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la



qualité de l'air ambiant. Elle fixe une liste des polluants atmosphériques à prendre en compte et à surveiller à partir du 21 mai 1998.

**d) La réglementation liée à la protection des milieux naturels :**

Cette réglementation est très large et recouvre des conventions internationales, des règlements et directives européennes, ainsi que des normes nationales, qu'il serait trop long d'énumérer.

Pour résumer, la protection des milieux naturels recouvre principalement la protection des sols, la protection de la ressource en eau et la protection des espèces naturelles.

Sur une grande plate-forme aéroportuaire il est aujourd'hui indispensable de mettre en œuvre un dispositif très complet de recueil et de traitement des pollutions afin de protéger les milieux naturels. La pollution du site peut en effet provenir de trois sources :

- la pollution chronique est provoquée par différents types de dépôts sur les sols : gaz d'échappement, maintenance et avitaillement en carburant, exercices d'incendie, nettoyage des véhicules au sol, lavage des zones de stationnement, traces de caoutchouc dues à l'usure des pneus des avions, etc. ;
- la pollution saisonnière est liée à l'élimination du verglas sur les aires de stationnement et de circulation et au dégivrage des avions ;
- la pollution provoquée par des accidents (déversement de carburant ou d'autres substances).

Enfin, concernant la protection des espèces naturelles, il convient de rappeler que l'aéroport constitue un écosystème, certes original, mais qui fait, comme tout écosystème, l'objet de protections particulières. La lutte contre le péril aviaire doit donc tenir compte de ce cadre réglementaire complexe et utiliser des méthodes reconnues et non dommageables pour

l'écosystème (lutte écologique, visant à supprimer ce qui attire l'animal sur l'aéroport, effarouchement, etc.).





**Renforcement et extension des infrastructures de  
l'aérodrome de Touggourt**

METRE



## I. Généralités :

Toute étude de projet d'une infrastructure se termine par la détermination des quantités de travaux constituant le métré ou devis quantitatif.

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

## II. Détermination :

### II.1. Prolongement de la piste :

- **Couche de roulement en béton bitumineux :**

- **Chaussée :**  $1300 \times 45 \times 0.08 \times 2.4 \text{t/m}^3 = 11232 \text{t}$

- **Raquette :**  $4500 \times 0.08 \times 2.4 \text{t/m}^3 = 864 \text{t}$  (bout 19)

Total = 12096t

- **Couche d'accrochage en émulsion :**

- **Chaussée :**  $58500 \text{ m}^2 \times 0.5 \times 10^{-3} = 29.25 \text{t}$

- **Raquette :**  $4500 \text{ m}^2 \times 0.5 \times 10^{-3} = 2.250 \text{t}$  (bout 19)

Total = 31.5t

- **Couche de base en grave bitume :**

- **Chaussée :**  $58500 \text{ m}^2 \times 0.12 \times 2.3 = 16146 \text{t}$

- **Raquette :**  $4500 \text{ m}^2 \times 0.12 \times 2.3 = 1242 \text{t}$  (bout 19)

Total = 17388t

- **Couche d'imprégnation en cut-back 0/1 :**

- **Chaussée :**  $58500 \times 1.25 \times 10^{-3} = 73.125 \text{t}$

- **Raquette :**  $4500 \times 1.25 \times 10^{-3} = 5.625 \text{t}$

Total = 103.125t

- **Couche de fondation en grave concassée (piste) :**

- **Chaussée :**  $58500 \times 0.15 = 8775 \text{ m}^3$

- **Raquette :**  $4500 \times 0.15 = 675 \text{ m}^3$  (bout 19)

Total = 12375 m<sup>3</sup>

- **Couche de fondation en tuf (accotements) :**

$19500 \times 0.30 = 5850 \text{ m}^3$



**II.2. Nouvelle bretelle (02) :**

$$S = 6400 \text{ m}^2$$

- **Couche de roulement en béton bitumineux :**

$$6400 * 0.08 * 2.4 = 1230t$$

- **Emulsion :**  $6400 * 0.5 * 10^{-3} = 3.2t$
- **Couche de base en grave bitume :**  $6400 * 0.12 * 2.3 = 1767t$
- **Imprégnation en cut-back 0/1 :**  $6400 * 1.25 * 10^{-3} = 8t$
- **Couche de fondation en grave concassée :**  $6400 * 0.15 = 960 \text{ m}^3$

**II.3. Extension parking :**

- **Couche de roulement :**  $S = 10200 \text{ m}^2$

$$10200 * 0.08 * 2.4 = 1958.5t$$

- **Emulsion :**  $10200 * 0.5 * 10^{-3} = 5.1t$
- **Couche de base en grave bitume :**  $10200 * 0.12 * 2.3 = 2815.5t$
- **Imprégnation en cut-back 0/1 :**  $10200 * 1.25 * 10^{-3} = 13t$
- **Couche de base en grave concassée :**  $10200 * 0.15 = 1530 \text{ m}^3$

**II.4. Piste renforcée :**

- **Couche de roulement en béton bitumineux :**

- **Chaussée :**  $77625 * 0.08 * 2.4 = 14904t$

- **Raquette : (bout 01) :**  $4500 * 0.08 * 2.4 = 864t$

$$\text{Total} = 15768t$$

- **Emulsion :**

- **Chaussée :**  $77625 * 0.5 * 10^{-3} = 38.81t$

- **Raquette : (bout 01) :**  $4500 * 0.5 * 10^{-3} * 2 = 2.25t$

$$\text{Total} = 41.06t$$

- **Grave bitume :**

- **Chaussée :**  $77625 * 0.12 * 2.3 = 21424.5t$

- **Raquette :**  $4500 * 0.12 * 2.3 = 1242t$

$$\text{Total} = 22666.5t$$

- **Imprégnation en cut-back 0/1 (accotements) :**

- **Accotements :**  $25875 * 1.25 * 10^{-3} = 32.344t$

- **Grave concassée :**  $25875 * 0.15 = 3881.25 \text{ m}^3$

- **Tuf** :  $25875 \times 0.30 = 7762.50 \text{ m}^3$

## II.5. Renforcement de la bretelle et parking :

### ▪ Béton bitumineux :

**Bretelle** :  $6378 \times 0.08 \times 2.4 = 1225\text{t}$

**Parking** :  $10200 \times 0.08 \times 2.4 = 1958.5\text{t}$

Total = 3183.5t

### ▪ Grave bitume :

**Bretelle** :  $6378 \times 0.12 \times 2.3 = 1760.33\text{t}$

**Parking** :  $10200 \times 0.12 \times 2.3 = 2815.20\text{t}$

Total = 4575.53t

### ▪ Emulsion :

**Bretelle** :  $6378 \times 0.5 \times 10^{-3} = 3.189 \text{ t}$

**Parking** :  $10200 \times 0.5 \times 10^{-3} = 5.1 \text{ t}$

Total = 8.289t

### ▪ Couche anti-kérosène :

**Parking** :  $S = 10200 \text{ m}^2$

## \* Compactage de la forme :

### 1- Prolongement : structure nouvelle + accotements + bandes :

$150 \times 1300 = 195000 \text{ m}^2$

### 2- Partie renforcée : accotements + bandes : $150 \times 1700 = 178500 \text{ m}^2$

## \* Terrassements – prolongement (piste + accotement) :

1- **Volume de remblai** :  $= 177590 \text{ m}^3$

2- **Bandes** :  $2 \times 20.00 \times 0.20 \times 1300 = 10400 \text{ m}^3$

## \* Terrassements – renforcement de la piste :

### 1- Décaissement des accotements existants :

#### - Volume de déblai :

$S = 38 \text{ m}^2$

$V = 38 \times 1700 \text{ m} = 64600 \text{ m}^3$  de matériaux décaissés.



**- Volume de remblai : Bandes**

$$V = 2 \times 20.00 \times 0.20 \times 1700 = 13600 \text{ m}^3$$

**\* Marquage de chaussée :**

- 1- Marques axiales
- 2- Marques latérales
- 3- Marques de la raquette
- 4- Marques de seuils
- 5- Chiffres 0, 1, 1, 9
- 6- Marques de distances constantes + touchers des roues

$$\text{Total} = 12000 \text{ m}^2$$

Les résultats sont résumés sur le tableau joint en annexe (Tableau4).

**II.6. Nouvelle Bretelle (03) :**

- **Surface :**  $25.00 \times 175.00 = 4375 \text{ m}^2 + (4 \times 536.50) = 6521.00 \text{ m}^2$

- **Chaussée :**

- **B.B. :**  $0.08 \times 2.4 \times 6521.00 = 1252.03 \text{ t}$
- **Emulsion cationique :**  $6521 \times 0.5 \times 10^{-3} = 3.26 \text{ t}$
- **G.B. :**  $0.12 \times 6521.00 \times 2.3 = 1800.00 \text{ t}$
- **Imprégnation au cut-back :**  $1.25 \times 10^{-3} \times 6521.00 = 8.151 \text{ t}$
- **G.C. :**  $6521.00 \times 0.15 = 978.15 \text{ m}^3$
- **Compactage de la forme :**  $6521.00 \text{ m}^2$

- **Accotements :**

$$S = 5200.00 \text{ m}^2$$

- **Imprégnation au cut-back :**  $5200.0 \times 1.25 \times 10^{-3} = 6.500 \text{ t}$
- **G.C. :**  $5200.00 \times 0.15 = 780.00 \text{ m}^3$
- **Tuf :**  $5200.00 \times 0.30 = 1560.00 \text{ m}^3$
- **Compactage de la forme :**  $S = 5200.00 \text{ m}^2$
- **Compactage de la forme : (bandes) :**

$$S = 4 \times 2 \times 2400 \sim 19200 \text{ m}^2$$

**II.7.Voie de circulation :**▪ **Chaussée :**

$$S = 2346.64 * 25 = 58666 \text{ m}^2 + (2 * 536.50) = 59739.25 \text{ m}^2$$

- **Béton bitumineux :**  $59739.25 * 0.08 * 2.4 = 11470\text{t}$
- **Grave bitume :**  $59739.25 * 0.12 * 2.3 = 16488.03\text{t}$
- **Emulsion cationique :**  $59739.25 * 0.5 * 10^{-3} = 29.86\text{t}$
- **Grave concassée :**  $59739.25 * 0.15 = 8961 \text{ m}^3$
- **Compactage de la forme :**  $S = 59740 \text{ m}^2$
- **Imprégnation au cut-back 0/1 :**  $59739.25 * 1.25 * 10^{-3} = 74.674\text{t}$

▪ **Accotements :**

$$S = (2 * 78.54 * 9.5) + (2 * 2296.64 * 9.5) = 54128.24 \text{ m}^2$$

- **Imprégnation au cut-back :**  $45128.24 * 1.25 * 10^{-3} = 56.411\text{t}$
- **Grave concassée :**  $45128.24 * 0.15 = 6769.236 \text{ m}^3$
- **Tuf :**  $45128.24 * 0.30 = 13538.5 \text{ m}^3$
- **Compactage de la forme :**  $S = 45128.24 \text{ m}^2$

▪ **Bandes : (nivelée et compactée) :**

$$S = 4.00 * 2350 * 2 = 18800 \text{ m}^2$$

- **Terrassement amélioré :**  $18800 * 0.20 = 3760.00 \text{ m}^3$
- **Compactage de la forme :**  $S = 18800 \text{ m}^2$

\* **Terrassements :**▪ **Voie de circulation :**

- **Volume déblai :**  $15484.868 \text{ m}^3$
- **Volume remblai :**  $63252.559 \text{ m}^3$

▪ **Bretelle 03 :**

- **Volume déblai :**  $967.353 \text{ m}^3$
- **Volume remblai :**  $1403.880 \text{ m}^3$



**\* Marquage de chaussée :**

**A/ Voie de circulation :**

1- **Marques axiales :**  $(2296.64 + 114) * 0.15 = 361.60 \text{ m}^2$

2- **Marques latérales :**

- **Coté gauche :**  $2386.60 * 0.15 = 358 \text{ m}^2$

- **Coté droit :**  $2404 * 0.15 = 360.56 \text{ m}^2$

Total marquage =  $1080.16 \text{ m}^3$

**B/ Bretelle O3 :**

- **Marquage axial :**  $((98.175 * 6) + (138 * 2) + (92 * 2)) * 0.15 = 78.68 \text{ m}^2$

- **Marquage latéral :**  $S = 38.465 \text{ m}^2$

- **Marques de points d'attente :**

$((25 * 0.15 * 2) + (26 * 0.90 * 0.15)) = 11.01 \text{ m}^2$

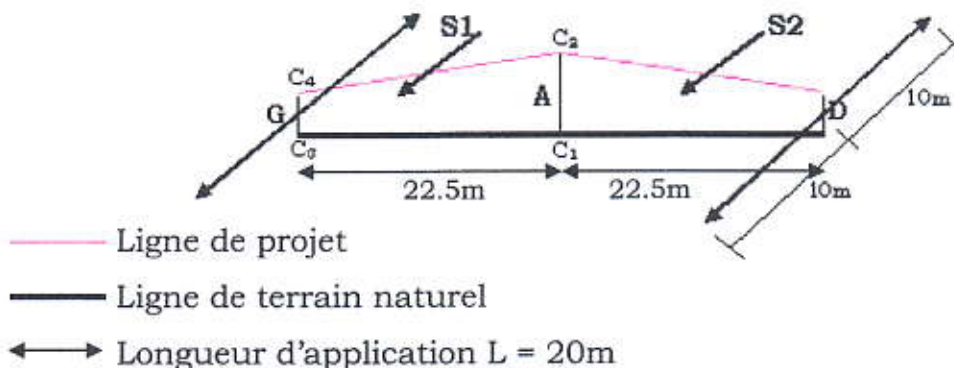
Totale marquage :  $S = 128.16 \text{ m}^2$

Les résultats sont résumés sur le tableau joint en annexe (Tableau5).

**III. Cubature :**

**III.1. Méthode de calcul :**

➤ **Premier cas : (cas d'un remblai) :** (la pente du projet est de -1.5)



$C_1$  : cote de l'axe du terrain naturel ;

$C_2$  : cote de l'axe du projet ;

$C_3$  : cote gauche du terrain naturel ;

$C_4$  : cote gauche du projet.

$$A = C_2 - C_1$$

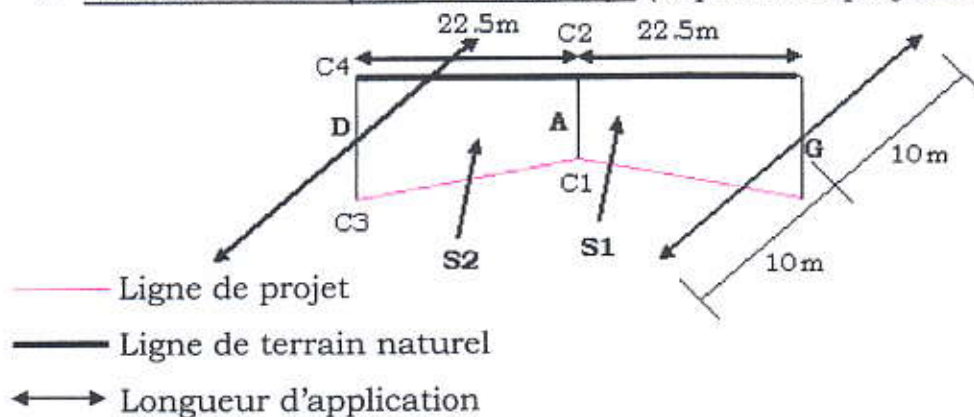
$$G = C_4 - C_3$$

$$S_1 = (A + G) * \frac{22.5}{2}$$

Par symétrie on trouve:  $S_1 = S_2$      $S_T = S_1 + S_2$

Donc le volume  $V = S_T * L$

➤ **Deuxième cas : (cas d'un déblai) :** (la pente du projet est de -1.5)



C1 : cote de l'axe du projet;

C2 : cote de l'axe du terrain naturel ;

C3 : cote gauche du projet;

C4 : cote gauche du terrain naturel.

$$A = C_2 - C_1$$

$$G = C_4 - C_3$$

$$S_1 = (A + G) * \frac{22.5}{2}$$

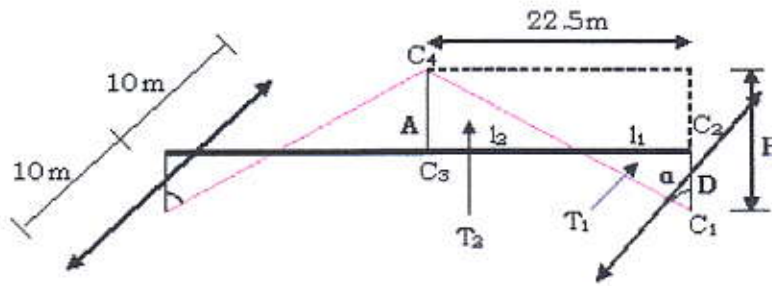
De même on trouve que  $S_1 = S_2$ , donc  $S_T = S_1 + S_2$

Le volume  $V = S_T * L$

➤ **Troisième cas : (cas mixte) :** (la pente du projet est de -1.5)

Le volume de cette section est la somme des surfaces des triangles  $T_1$  et  $T_2$  multipliée par la longueur d'application  $L = 20m$ .





Pour calculer les surfaces  $T_1$  et  $T_2$ , il est nécessaire de déterminer le point d'intersection entre la ligne du terrain naturel et celle du projet, ce qui nous a conduit à déterminer les longueurs  $l_1$  et  $l_2$ .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_1}{D} = \frac{22.5}{H} = \frac{22.5}{C_4 - C_1} \Rightarrow \frac{l_1}{D} = \frac{22.5}{C_4 - C_1} \Rightarrow l_1 = D \cdot \frac{22.5}{C_4 - C_1}$$

$$22.5 = l_1 + l_2 \Rightarrow l_2 = 22.5 - l_1 = 22.5 - D \cdot \frac{22.5}{C_4 - C_1} = 22.5 \left( 1 - \frac{D}{C_4 - C_1} \right)$$

Où  $D = C_2 - C_1$ ,  $A = C_4 - C_3$

Après avoir déterminé les longueurs  $l_1$  et  $l_2$ , on calcule les surfaces des triangles  $T_1$  et  $T_2$ .

$C_4$  : cote de l'axe du projet;

$C_3$  : cote de l'axe du terrain naturel ;

$C_1$  : cote gauche du projet;

$C_2$  : cote gauche du terrain naturel.

### III.2. Exemple manuel de calcul :

Le manque de données levé topographique (cote terrain naturel gauche et droite) nous a laissé supposer que le terrain est plat (pas accidenté).

#### ➤ Profile numéro 01 :

$$C_1 = 84.01\text{m} \quad \left| \quad C_3 = 84.01\text{m} \right.$$

$$C_2 = 84.36\text{ m} \quad \left| \quad C_4 = 84.02\text{m} \right.$$

$$A = C_2 - C_1 = 84.36 - 84.01 = 0.35\text{m}$$

$$G = C_4 - C_3 = 84.02 - 84.01 = 0.01\text{m}$$

$$S_1 = (A + G) \times \frac{22.5}{2} = (0.35 + 0.01) \times \frac{22.5}{2} = 4.05\text{m}^2$$

$$S_1 = S_2 \rightarrow S_T = S_1 + S_2 = 2S_1 = 2 \times 4.05 = 8.1\text{m}^2$$

Donc: le volume :  $V = S_T * L$  / ( $L$  : Longueur d'application)

$V=8.1 * 20=162 \text{ m}^3$  Remblai

➤ **Profile numéro 41 :**

$$\begin{array}{l|l} C_1=84.46\text{m} & C_3=84.12\text{m} \\ C_2=84.61\text{m} & C_4=84.61\text{m} \end{array}$$

$$A=C_2-C_1=84.61-84.46=0.15\text{m}$$

$$G=C_4-C_3=84.61-84.12=0.49\text{m}$$

$$S_1 = (A+G) \times \frac{22.5}{2} = (0.15+0.49) \times \frac{22.5}{2} = 7.2\text{m}^2$$

$$S_1 = S_2 \rightarrow S_T = S_1 + S_2 = 2S_1 = 2 \times 7.2 = 14.4\text{m}^2$$

Donc: le volume=  $S_T * L \longrightarrow V=14.4.20=288\text{m}^3$  Déblai.

➤ **Profile numéro 05 :**

$$l_1 = D \cdot \frac{22.5}{C_4 - C_1} \quad \left| \quad \begin{array}{l} D = C_2 - C_1 = 83.96 - 83.82 = 0.14\text{m}. \\ A = C_4 - C_3 = 84.16 - 83.96 = 0.2\text{m}. \end{array} \right.$$

$$l_1 = 0.14 \cdot \frac{22.5}{84.16 - 83.82} = 9.25\text{m}$$

$$l_2 = 22.5 \cdot \left(1 - \frac{D}{C_4 - C_1}\right) = 22.5 \cdot \left(1 - \frac{0.14}{84.16 - 83.82}\right) = 13.24\text{m}$$

$$\text{surf}T_1 = \frac{Dl_1}{2} = \frac{0.14 \times 9.26}{2} = 0.6482\text{m}^2$$

$$\text{surf}T_2 = \frac{Al_2}{2} = \frac{0.2 \times 13.24}{2} = 1.324\text{m}^2$$

$$\text{Surf } T_1 * 2 = 1.2964\text{m}^2.$$

$$\text{Surf } T_2 * 2 = 2.648\text{m}^2.$$

**Volume déblai :**

$$1.2964 * 20 = 25.928\text{m}^3.$$

**Volume remblai :**

$$2.648 * 20 = 52.96\text{m}^3.$$

**Remarque :**

Après le calcul de volume de toutes les infrastructures existantes et nouvelles (données fournies par la SAETI) on a trouvé les résultats suivants :

- Le volume total de déblai est de :  $81052.221\text{m}^3$
- Le volume total de remblai est de :  $266246.439 \text{ m}^3$



# CONCLUSION

L'état de dégradation avancé des chaussées aéronautiques à faible trafic font que les travaux d'entretien classique ne sont pas suffisants pour atteindre un niveau de service acceptable pour l'utilisateur, d'autre part les actions de renforcement lourd ne présente pas la solution appropriée du point de vue économique, une solution technique nous a permis d'atteindre l'objectif de sauvegarder la chaussée, il s'agit d'action de réhabilitation. Malgré le manque de données (uni, déflexion, l'état de l'ouvrages d'assainissement, ..)

Concernant notre projet, les actions proposées sont :

- Renforcement de la chaussée existante.
- Prolongement des infrastructures existantes.
- L'amélioration et prolongement de système d'assainissement.

Ce modeste travail nous a été très bénéfique, car dans notre stage nous avons côtoyés plusieurs ingénieurs de la DTP d'Ouargla et la subdivision de Touggourt spécialisés dans le renforcement des bases aériennes, ainsi que nos anciens professeurs, et profité également de la maîtrise de l'outil informatique en l'occurrence les logiciels (AUTOCAD 2004) pour un traitement rapide et exacte des données.

En fin, la réhabilitation est un ensemble d'actions dont les choix techniques tiennent compte de l'état de la chaussée, la structure de la chaussée, du niveau du trafic et les ressources budgétaires.

# Annexe



Fissures longitudinales et transversales  
Aérodrome de Touggourt

Photo 01



Photo 02



Sondage / Chaussée		Tableau (01) puits															
N°	Cote	Description	Epais. (cm)	Granulométrie				Limites		ES (%)	A.C.S			Essai in-situ			
				< 5	< 2	< 0.4	< 0.1	WL	IP		Sulf.	Carb.	Chlo.	Ds	W	Comp	
Pu.01	83.9	Gypse blanc	5	99.2	85	86	38.5	26	8	31.87	20.93	3.17	0.76	1.51	1.66	58.79	
		Limons sableux	15	96.6	85.8	80.6	43	23	8.5		5.52	8.73	1.05	1.74	6.08	94.05	
		Sable fin blanchâtre	23	93.3	82.6	70.6	33	25	14.5		24.61	2.38	0.87	1.8	3.81	93.75	
		Sable de dune		85.5	88.8	83	29.8	26	10		6.41	7.93	0.58	1.55	4.25	85.63	
Pu.02	84.4	Gypse blanc	15	98	93.7	79.1	38.8	25	9	31.87	43.77	3.96	0.46	1.69	0.8	96	
		Limons sableux	15	96.8	90.4	85	28.2				8.78	3.96	0.46	1.65	5.06	90.16	
		S/limoneux marron	30	99.5	98.8	97.2	23.7				2.43	3.96	0.46	1.64	5.16	89.6	
		Sable de dune		99.2	97.4	95.2	25.6				4.12	3.96	0.4				
Pu.03	84.7	Gypse blanc	15	98	89.8	70.6	32.8			16	38.76	3.96	0.29	1.45	0.62	81	
		Gypse verdâtre	25	98.2	95	86.6	58.8				40.9	3.96	0.46	1.59	7.93		
Pu.04	84.1	Sable de dune		94.4	87	76	24.4				1.18	7.14	0.29				
		Gypse blanc	13	98.2	91.2	82.8	27.4			27	2.58	2.38	0.29	1.66	0.69		
		Sable limoneux	22	99.6	95.8	92.2	37.4				25.2	6.34	0.46	1.69	7.36		
		Sable de dune								0.43	4.45	3.96	0.46	1.66	5.28		
Pu.05	83.2	Sable propre grenu	150	96.8	95.4	21.6				52.8	5.01	4.03	0.4				
		Sable limoneux	0	96.5	88.8	68.7	36.4				26.82	7.87	0.52	1.6	8.43		
		S/limoneux argileux	12	98.8	94.4	90.4	72				3.97	11.81	3.33	1.51	8.23		
		Gypse blanc	8	96.6	88.1	78.1	45.2	23.5	7	13	27.7	3.97	0.7	1.78	5.66	100	
Pu.07	83	Gypse brun	30	95	84.2	70.2	25.6	23.5	6.5	0.57	22.69	15.74	0.64	1.58	2.82	83.6	
		Sable gypseux	100	93.2	80.6	70.6	33.6	31.5	14	0.61	22.69	9.44	0.64				
		Arg.gypseux verdâtre		100	99.2	98	88.2	51	29.5			7.44	14.17	1.4			
		Sable gypseux bleu		96.1	87.8	75.5	55.4	22	6.5		6.77	8.8	1.12	1.51	0.32	85.79	
Pu.08	81.4	Sable limoneux		99.2	94	88	67.2	32.5	16		58.43	0.32	0.58	1.78	7.29		
		Argil		100	100	98.6	96.8				3.75	18.4	3.91	1.7	15.63		
Pu.09	79.7	Sable gypseux	15	98	86.4	64	6.8				19.67	2.4	0.35	1.72	0.6	98.28	
		Sable verdâtre		98.9	94.8	76.4	4.6			16.29	4.71	2.4	0.4	1.69	1.24		
Pu.10	78.8	Sable de dune		99	95	70	2.4			75.5	55.93	2.4	0.29	1.63	4.12	95	
		Sable de dune		100	95.4	81.8	2.6			67.3	27.07	2.4	0.4	1.4	0.78	82.35	



Pu.12	80.4	Sable limoneux	60	98	94	86.8	29.2				0.57	3.4	4	0.7	1.65	3.26	90.16
		Sable fin propre		96	92	85.2	24				0.42	5	3.2	0.99			
Pu.13	79.5	Sable limoneux	45	100	93.2	85.2	20.8				0.43	4.93	4	0.99	1.55	2.62	83.78
		Sable propre		94.6	82.2	73.2	42.4				0.86	7.29	7.2	0.99	1.62	6.37	85.26
		Sable limoneux	45	100	97	94.6	27.4				0.44	3.68	10.4	0.87	1.37	3.41	74.05
Pu.14	78.4	S/fin+rose de sable	25	98.4	92.2	89.2	50.2				1.27	3.68	3.2	1.17	1.65	5.93	91.16
		Sable propre		99	96.16	94.35	33.9					4.2	2.4	0.93			
Pu.15	77.4	Marne marron	40	92.2	94.8	90.4	81.6	41.5	21			8.62	8	3.74	1.54	9.83	80.2
		Sable limoneux		99.4	98	97.2	64.8	29.5	15		0.43	4.05	4	0.93	1.62	8.59	84.81
Pu.16	76.2	Sable limoneux	30	100	99.6	98.8	53.2	29	11.5		0.31	0.81	9.67	1.69	1.89	4.29	100
		Sable fin		98.3	93.7	88.8	26.2	29	12		1.44	0.36	8.06	0.29	1.61	6.52	87.97
Pu.17	75.4	Sable limoneux	70	99.2	96.4	90.4	35.6				0.42	0.36	8.06	0.76	1.63	4.65	88.5
		Limons sableux		99	97	95.4	30.4	29	12		0.285	1.1	8.87	0.52	1.73	7.44	94.53
Pu.18	75.4	Sable fin	45	95.6	86.8	83.6	20				11.53	0.44	2.41	0.29	1.61	2.2	93.06
		Sable fin jaune									4.6	0.73	4.03	0.35	1.57	3.08	90.75

Sondage / Chaussée		Epais. (cm)	Granulométrie				Limites		ES (%)	A.C.S			Essai in-situ		
N°	Description		< 5	< 2	< 0.4	< 0.1	WL	IP		Sulf.	Carb.	Chlo.	Ds	W	Comp
T.01.	Gypse blanc	20	96.2	86.4	60	38.2	23	8	11.7	36.47	4.03	0.4	1.59	11.15	90.85
	Sable limoneux		99	95.2	90.4	26.6	27.5	9.5	0.4	0.66	4.83	0.29	1.78	7.9	100
T.02	Gypse blanc	14	97.2	89	80	45.4	27.5	9.5	13.35	52.68	4.83	0.24	1.67	6.59	
	S/limoneux jaunâtre S/limoneux rougeâtre	10	98	88	78.4	52	39	20	1.54	9.72	8.06	8.35	1.65	13.35	
T.03	Gypse blanc	16	98.4	91.8	82.8	47.8	24	8.5	10.2	35	3.96	0.29	1.51	4.94	86.28
	Sable argileux	5	98.6	92.8	89.4	78.2	46	21.5		2.65	9.52	0.4			
T.04	Sable limoneux		96.4	91	88.8	36.2			1	0.44	5.55	0.35	1.76	7.23	98.88
	Gypse blanc	20	96.4	81.6	69	27.6			20.2	37.58	3.96	0.29	1.735	6.72	47.2
T.05	Sable limoneux	33	92.8	82.8	76.8	28.4	23.5	11	2.11	43.18	7.14	0.29	1.82	9.63	
	Sable jaune propre														
T.06	Gypse blanc	20	96.8	85.6	75.4	28			21.8	25.93	6.34	0.35	1.63	6.01	91.31
	Sable maron	15	98.6	93	88	34.6	25.5	15	0.4	1.84	7.14	0.29	1.83	9.74	
T.07	Gypse blanc	20	99	96.6	90.8	58.2	23.5	8.5	8.6	32.12	3.96	0.35	1.45	5.08	82.85
	Sable jaune propre		99.8	99.4	96.8	14.8			1	0.51	3.96	0.29	1.66	5.98	
T.08	Gypse blanc	15	99.4	95.8	86	46	22	6	12.42	4.87	7.2	0.4	1.66	8.03	92.73
	S/limoneux rouge		98.2	94.2	90.6	34.8	29	15	0.4	1.47	10.4	0.35	1.82	11.13	92.38
T.09	Gypse blanc	20	98.2	89.4	77.2	43.6	22	7		45.46	4.9	0.24	1.67	9.77	93.3
	S/limoneux rouge	7	98.2	93	83.6	33.4	28.5	13		7.29	6.4	0.29	1.78	13.84	94.18
T.10	Argil marron sableux	5	98	88.2	75.8	56.2	89	52		11.69	6.4	0.46			
	S/gypseux a argil Argil marron sableux	15	96.2	78	65	26	66.5	37	24.92	40.16	3.2	0.29	1.64	14.24	85.42
T.10	Gypse blanc	17	99	92.4	78.2	35.6	24	7.5	15.45	44.36	5.6	0.29	1.625	6.1	90.78
	Sable limoneux	17	97.8	94.4	89	30	23	10.5		2.35	4.8	0.4	1.92	9.06	100

Tableau (02) tranchés



**Résultats des deux campagnes piézométriques réalisées sur l'aérodrome de Touggourt avant et après la tranchée (Tableau 03)**

	Mesures effectuées le 20 avril 2002	Mesures effectuées après creusement de la tranchée le 1/06/2002		
Piézomètre N°	Cote piézométriques en m	Cote piézométriques en m	Différence de niveau en m	Lieu et observation
S1	72.57	72.60	+0.03	Zone piste principale
S2	74.71	74.63	-0.08	Zone piste principale
S3	77.23	76.75	-0.48	Zone piste principale
S4	77.37	77.44	+0.07	Zone piste principale
S5	79.18	79.16	-0.02	Zone piste principale
S6	79.47	79.52	+0.05	Zone piste principale
S7	78.82	79.03	+0.21	Zone piste principale : cote maximum du niveau piézométriques
S8	77.25	77.15	-0.10	Zone piste principale
S9	77.03	77.07	+0.04	Zone piste principale
S10	75.14	73.72	-1.42 Sec	Zone piste principale substratum à moins de 4.77m de la surface
S11	75.06	75.13	+0.07	Zone taxi way
S12	77.04	77.04	0	Zone taxi way
S13	79.13	79.15	+0.02	Zone taxi way
S14	79.98	79.98	0	Zone taxi way
S15	80.51	80.51	0	Zone taxi way
S16	75.52	75.65	+0.13	Zone piste principale : directement alimenté par la tranchée
S17	79.21			Extérieur EST
S18	72.77			Extérieur OUEST
Sondage ancienne piste S19		79.65		Ancienne piste PK1+350
Sondage ancienne piste S20		Fermé		Ancienne piste PK1+150
Sondage ancienne piste S21		80.78		Ancienne piste PK0+950
Sondage ancienne piste S22		81.51		Ancienne piste PK0+750

**Tableau récapitulatif (04) :**

<b>Disignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Piste</b>	<b>Bretelle</b>	<b>Parking</b>	<b>Totaux</b>
Couche de roulement B.B.	t	27864	2450	3917	34231
*Couche d'accrochage en émulsion	t	172.10	15.00	24	211.00
*Couche de base grave bitume	t	17388	1767	2815.5	21970.5
*Couche de reprofilage G.B.	t	22666.5	1760.33	2815.20	27242.03
*Couche d'imprégnation en cut-back	t	159.375	8.00	13.00	180.50
*Grave concassée	m <sup>3</sup>	16256.2	960	1530	18746.50
*Tuf	m <sup>3</sup>	13612.5	810	700	15123
*Compactage de la forme	m <sup>3</sup>	373500	7200	12000	392700
*Volume de remblai	m <sup>3</sup>	201590	—	—	201590
*Volume de déblai	m <sup>3</sup>	64600	—	—	64600
*Marquage de chaussée	m <sup>3</sup>	—	—	—	12000
*Protection anti-kérosène	m <sup>2</sup>	—	—	20400	



**Tableau récapitulatif (05) :**

Désignation	U	v.circula.	Bretelle 03	Totaux
Couche de roulement en B.B. 0/14	T	11470.000	1252.030	12722.030
Couche d'accrochage en émulsion	T	68.700	7.500	76.200
Couche de base en grave bitume 0/20	T	16488.030	1800.000	18288.030
Couche de reprofilage en grave bitume 0/20	T	0.000	0.000	0.000
Couche d'imprégnation au cut-back 0/1	T	131.085	14.651	145.736
Couche en grave concassé	m <sup>3</sup>	15730.275	1758.150	17488.725
Couche de fondation en grave de l'emp.B (T.V.O)	m <sup>3</sup>	13538.550	1560.000	15098.550
	m <sup>3</sup>	—	—	—
Couche anti-capillaire en sable	m <sup>2</sup>	44000.000	3800.000	47800.000
Revêtement en enrobé pour accotement	m <sup>2</sup>	123667.750	30921.000	154588.75
	m <sup>3</sup>	15484.868	967.353	16452.221
Compactage de la forme	m <sup>3</sup>	63252.559	1403.880	64656.439
Volume déblai	m <sup>2</sup>	1080.160	128.160	1208.320
Volume remblai	m <sup>3</sup>	24065.010	967.353	25032.363
Marquage de chaussée				
Volume déblai mis en remblai				

COUPE SCHEMATIQUE DE LA TRANCHEE

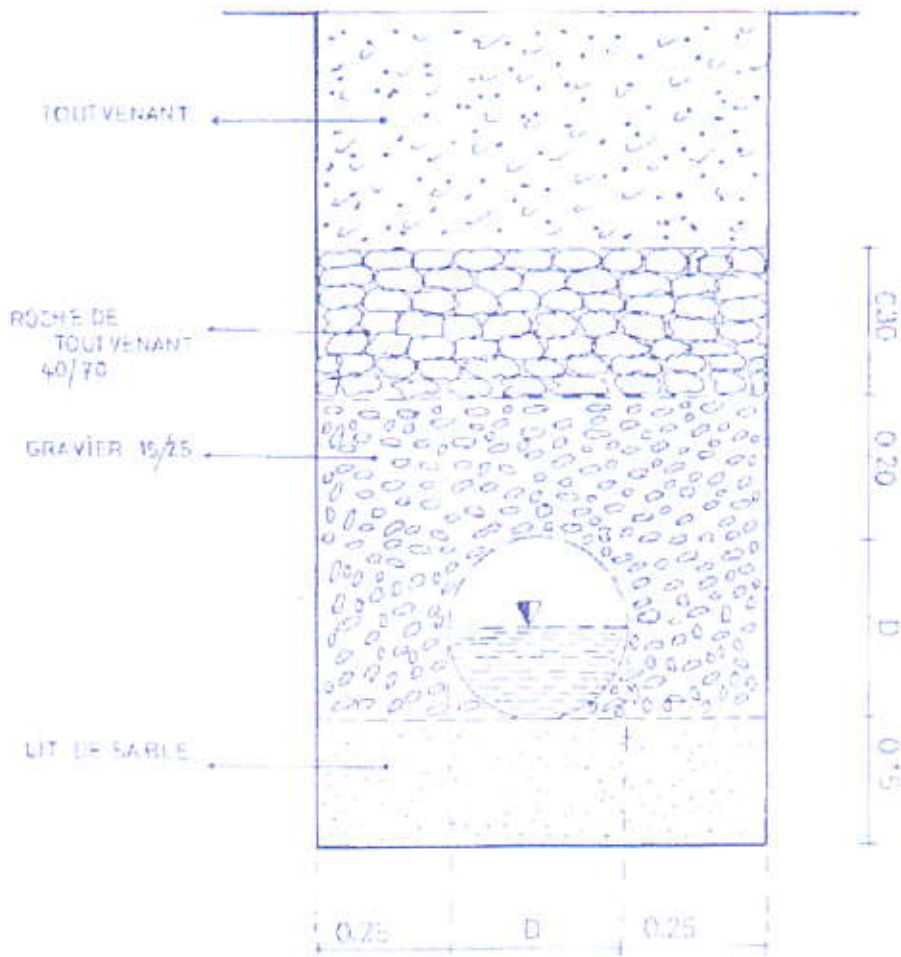
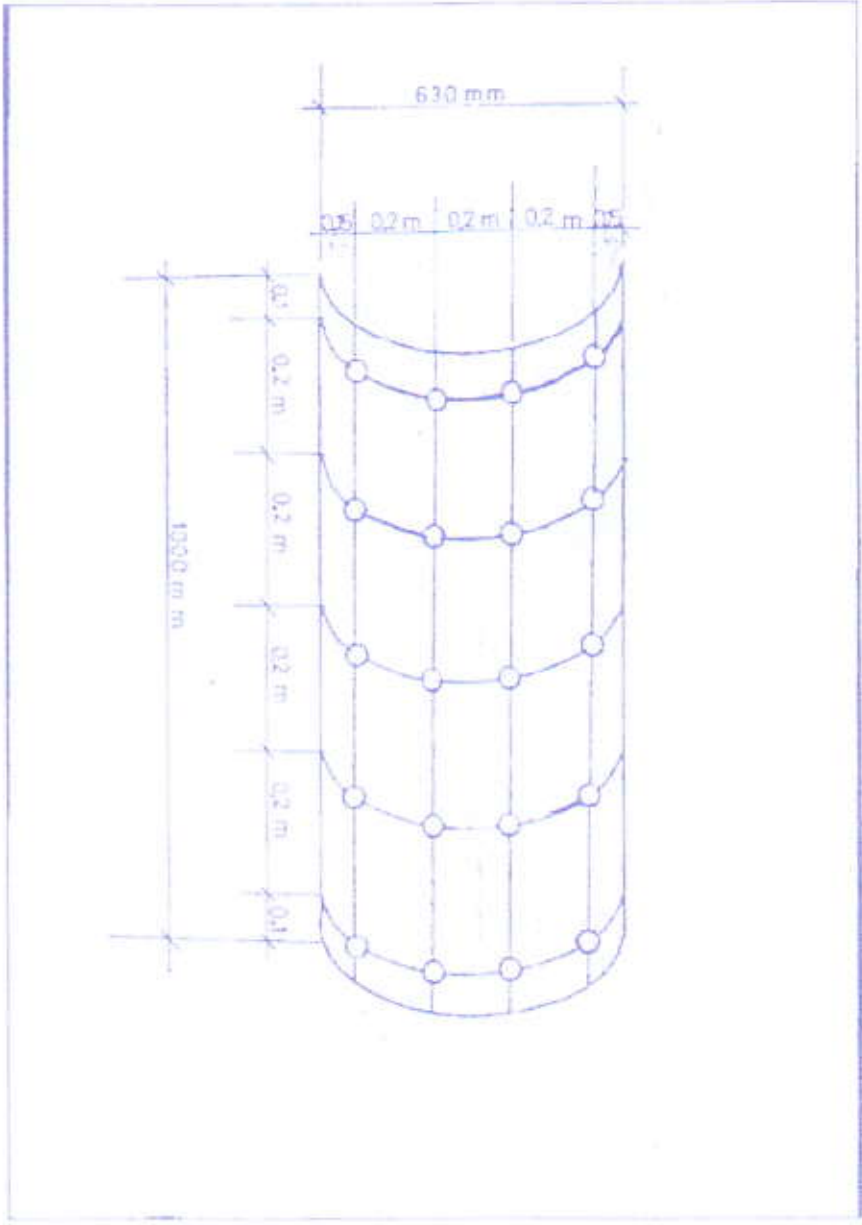
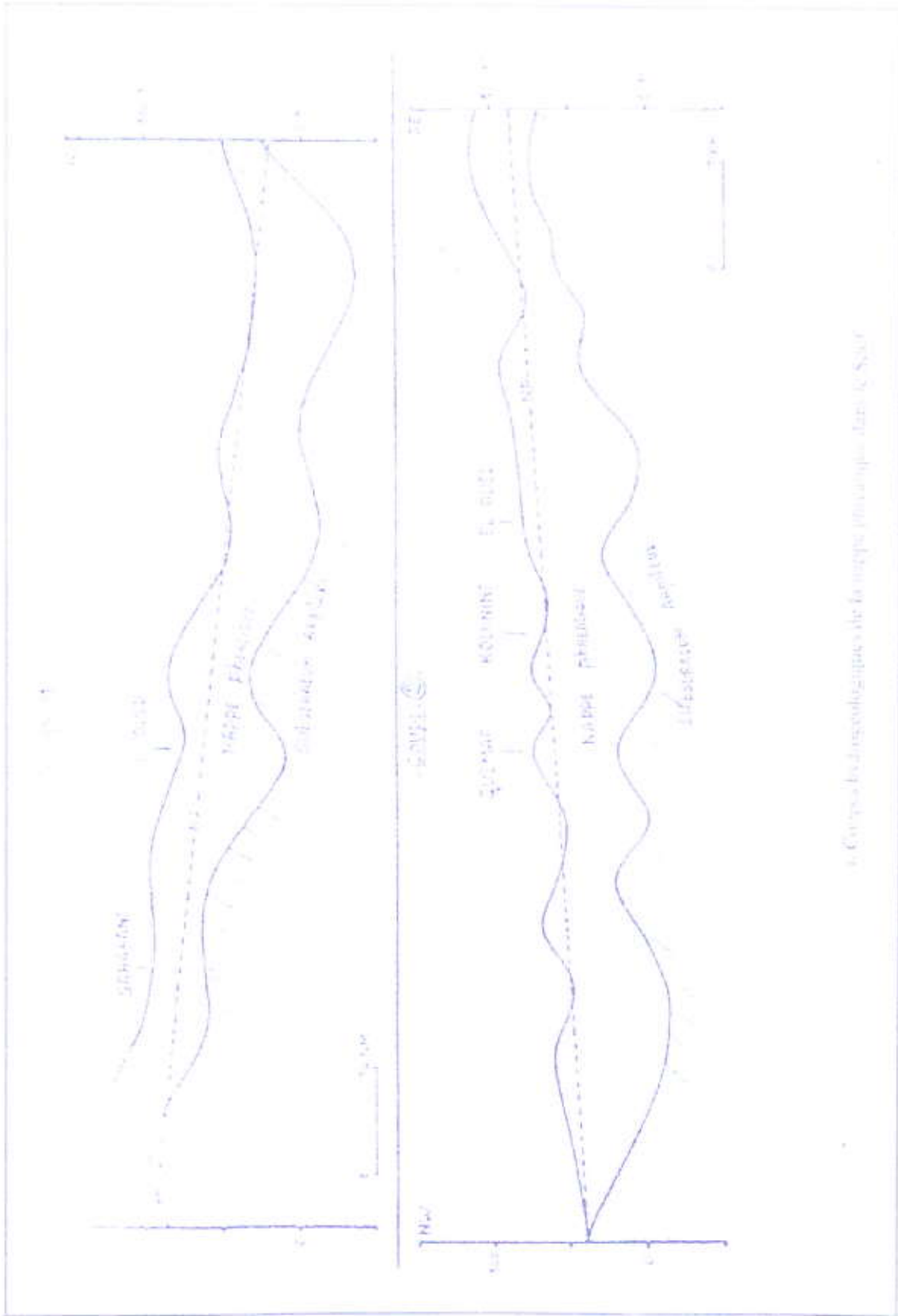




Figure : Plan schématique des ouvertures du drain de diamètre 400.00mm  
diamètre des ouverture 10mm





6. Courbes hydrologiques de la nappe phréatique dans le Soudan



	DEVIS ESTIMATIF COLLECTEUR "A"	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant Dinars
N°	<b>A. TERRASSEMENT</b>				
1	Déblai pour fouilles et des ouvrages en terrain normal	m3	2 380,00		
2	Fourniture et mise en place d'une couche de lit de sable de 15 cm d'épaisseur	m3	96,50		
3	Fourniture et pose du gravier de diamètre 15/25 autour des drains	m3	296,30		
4	Fourniture et pose de tout venant de roche ou de galets moyens sur une épaisseur de 30cm au dessus de la couche de graviers	m3	193,00		
5	Remblai en terrain normal à partir de 0.30 m au-dessus de la génératrice supérieure	m3	1 656,83		
	<b>B. CANALISATION</b>				
6	Fourniture des drains perforés dans la partie supérieur en 400 mm	ml	510,00		
7	Fourniture des Drains non perforés de diamètre 600mm	ml	205,00		
8	plus value de 16% pour la perforation des drains de 600 mm	ml	205,00		
9	transport des drains Alger Touggourt	FFt	1,00		
	<b>C . CONSTRUCTION</b>				
10	mise en place des drains 400 mm et 600 mm	ml	715,00		
11	Construction des regards en béton armé dosé à 400 kg / m3 CFA 325 , les hauteurs des regards sont variables 2.50 m < H < 3.50 m y compris toutes les sujétions , les tampons en dalle de section carré en béton armé dosé à 400 kg / m3 CPA 325, échelons en rond de fer 020 mm.	U	5,00		
12	Protection de traversée de la piste principale pour des buses de 600 mm	ml	45,00		
13	Protection de traversée de la piste principale des accotements et bandes stabilisées pour des buses de 600 mm	ml	65,00		
14	Protection de traversées de la piste du taxi way pour des buses de 600 mm	ml	25,00		
15	Protection de traversées de la piste du taxi way pour des buses de 600 mm	ml	27,00		
				<b>TOTAL</b>	

	DEVIS ESTIMATIF COLLECTEUR "B"	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant Dinars
N°	<b>A: TERRASSEMENT</b>				
1	Déblai pour fouilles et des ouvrages en terrain normal	m3	3 515,00		
2	Fourniture et mise en place d'une couche de lit de sable de 15 cm d'épaisseur	m3	112,00		
3	Fourniture et pose du gravier de diamètre 15/25 autour des drains	m3	344,00		
4	Fourniture et pose de tout venant de roche ou de galets moyens sur une épaisseur de 30cm au dessus de la couche de graviers	m3	224,00		
5	Remblai en terrain normal à partir de 0.30 m au-dessus de la génératrice supérieure .	m3	2 726,00		
	<b>B. CANALISATION</b>				
6	Fourniture des drains perforés dans la partie supérieur en 400 mm	ml	730,00		
7	Fourniture , des Drains non perforés de diamètre 600m	ml	100,00		
8	plus value de 16% pour la perforation des drains de 600 mm	ml	100,00		
9	transport des drains Alger Touggourt	FFt	1,00		
	<b>C . CONSTRUCTION</b>				
10	mise en place des drains 400 mm et 600 mm	ml	830,00		
11	Construction des regards en béton armé dosé à 400 kg / m3 CFA 325 , les hauteurs des regards sont variables 2.50 m < H < 3.50 m y compris toutes les sujétions , les tampons en dalle de section carré en béton armé dosé à 400 kg / m3 CPA 325, échelons en rond de fer Ø20 mm,	U	11,00		
12	Protection de traversées de la piste de la bretelle pour des buses de 600 mm	ml	30,00		
13	Protection de traversées de la piste de la bretelle pour des buses de 600 mm	ml	20,00		
				<b>Total</b>	



	DEVIS ESTIMATIF COLLECTEUR "C"	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant Dinars
N°	<b>A: TERRASSEMENT</b>				
1	Déblai pour fouilles et des ouvrages en terrain normal	m3	3 629,00		
2	Fourniture et mise en place d'une couche de lit de sable de 15 cm d'épaisseur	m3	113,00		
3	Fourniture et pose du gravier de diamètre 15/25 autour des drains	m3	348,00		
4	Fourniture et pose de tout venant de roche ou de galets moyens sur une épaisseur de 30cm au dessus de la couche de graviers	m3	227,00		
5	Remblai en terrain normal à partir de 0.30 m au-dessus de la génératrice supérieure	m3	2 835,00		
	<b>B. CANALISATION</b>				
6	Fourniture des drains perforés dans la partie supérieur en 400 mm	ml	840,00		
7	Fourniture , des Drains non perforés de diamètre 600m	ml	100,00		
8	plus value de 10% pour la perforation des drains de 600 mm	ml	100,00		
9	transport des drains Alger Touggourt	FFt	1,00		
	<b>C . CONSTRUCTION</b>				
10	mise en place des drains 400 mm et 600 mm	ml	940,00		
11	Construction des regards en béton armé dosé à 400 kg / m3 CFA 325 , les hauteurs des regards sont variables 2.50 m < H < 3.50 m y compris toutes les sujétions les tampons en dalle de section carré en béton armé dosé à 400 kg / m3 CFA 325, échelons en rond de fer 020 mm,	U	12,00		
12	Protection de traversées de la piste de la bretelle pour des buses de 600 mm	ml	30,00		
13	Protection de traversées de la piste de la bretelle pour des buses de 500 mm	ml	20,00		
				<b>Total</b>	

DEVIS ESTIMATIF COLLECTEUR "D"		Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant Dinars
N°	<b>A: TERRASSEMENT</b>				
1	Déblai pour fouilles et des ouvrages en terrain normal.	m3	2 865,00		
2	Fourniture et mise en place d'une couche de lit de sable de 15 cm d'épaisseur	m3	96,50		
3	Fourniture et pose du gravier de diamètre 15/25 autour des drains	m3	296,30		
4	Fourniture et pose de tout venant de roche ou de galets moyens sur une épaisseur de 30cm au dessus de la couche de graviers	m3	193,00		
5	Remblai en terrain normal à partir de 0.30 m au-dessus de la génératrice supérieure .	m3	2 220,00		
	<b>B. CANALISATION</b>				
6	Fourniture des drains perforés dans la partie supérieur en 400 mm .	ml	715,00		
7	transport des drains Alger Touggourt	FFt	1,00		
	<b>C . CONSTRUCTION</b>				
8	mise en place des drains 400 mm et 600 mm	ml	715,00		
9	Construction des regards en béton armé dosé à 400 kg / m3 CFA 325 , les hauteurs des regards sont variables 2.50 m < H < 3.50 m y compris toutes les sujétions , les tampons en dalle de section carré en béton armé dosé à 400 kg / m3 CPA 325, échelons en rond de fer 020 mm.	U	10,00		
				Total	



	DEVIS ESTIMATIF COLLECTEUR "E"	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant Dinars
N°	<b>A: TERRASSEMENT</b>				
1	Déblai pour fouilles et des ouvrages en terrain normal	m3	3 975,75		
2	Fourniture et mise en place d'une couche de lit de sable de 15 cm d'épaisseur	m3	104,60		
3	Fourniture et pose du gravier de diamètre 15/25 autour des drains	m3	321,16		
4	Fourniture et pose de tout venant de roche ou de galets moyens sur une épaisseur de 30cm au dessus de la couche de graviers	m3	209,00		
5	Remblai en terrain normal à partir de 0.30 m au-dessus de la génératrice supérieure .	m3	3 243,00		
	<b>B. CANALISATION</b>				
6	Fourniture des drains perforés dans la partie supérieur en 400 mm .	ml	685,00		
7	Fourniture , des Drains non perforés de diamètre 600m	ml	90,00		
8	plus value de 16% pour la perforation des drains de 600 mm	ml	90,00		
9	transport des drains Alger Touggourt	FFt	1,00		
	<b>C . CONSTRUCTION</b>				
10	mise en place des drains 400 mm et 600 mm	ml	775,00		
11	Protection de traversées de la piste du taxi way pour des buses de 600 mm	ml	25,00		
12	Protection de traversées de la piste du taxi way pour des buses de 600 mm	ml	27,00		
13	Construction des regards en béton armé dosé à 400 kg / m3 CFA 325 . les hauteurs des regards sont variables 2.50 m < H < 3.50 m y compris toutes les sujétions . les tampons en dalle de section carré en béton armé dosé à 400 kg / m3 CPA 325, échelons en rond de fer Ø20 mm,	U	12,00		
				<b>Total</b>	

# Bibliographie

- Cours de l'aérodrome de cinquième année
- Cours de bases aériennes (deuxième partie- conception des aérodromes) {E.N.T.P.}
- Dimensionnement des chaussées (instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodromes et la détermination des charges admissibles – volume 01 et 02 – 1983)
- Recommandations de l'OACI (annexe 14).
- Vigie et bloc technique (Service Technique des Bases Aériennes S.T.B.A.- octobre 1998)
- Des anciennes mémoires de fin d'étude
- [www.google.com](http://www.google.com)