

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Centre universitaire d'Ain temouchent

Institut de Technologie

Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en

Filière : Travaux publics

Option : voie et ouvrage d'art

Thème :

**Conception et dimensionnement de la nouvelle piste
D'aérodrome de ZENATA (MISSALI EL- HADJ)**

Présenté par :

GUENAOUI SIDAHMED

ASSAL REDOUANE

Devant le jury composé de :

Président.....M^r EL HADJ MIMOUNE Arezki

Examineur.....M^r HOUMADI Youcef

Encadreur.....M^r AISSA MAMOUNE Sidi Mohammed

Co-encadreur.....M^r GUELIL Mustapha

L'année universitaire 2019/20120

Remerciement

Toute nous gratitude et remerciement va à ALLAH, le clément et le miséricordieux qui nous' à donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercierons notre encadreur le Pr AISSA MAMOUNE SIDI MOHAMMED Directeur du Laboratoire des Structures Intelligentes au Centre Universitaire de Ain Temouchent pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Nous remercierons aussi notre Co-encadreur Dr GUELIL MUSTAPHA Doctorant au centre Universitaire d'AIN TEMOUCHENT son aide durant le déroulement de notre travail.

Nous remercions le Dr EL HADJ MIMOUNE AREZKI, qui est honoré d'accepter la présidence du jury.

et Nous remercions le Dr HOUMADI YUCEF, qui est honoré d'accepter examinateur de ce mémoire.

Notre reconnaissance va à toute nous famille qui nous' a soutenu durant cette période. Enfin, nous 'associe à cet hommage, tous nous collègues et tous nous amis.

Que chacun trouve ici l'expression de nous reconnaissance.



الإهداء

إلى كل من كان لي سندا وعونا لمزاولة مشواري على العموم

بالخصوص إلى روح خالي الغالية التي لا تفارقنا أبدا

إلى أبي رحمة الله عليه

إلى أمي الغالية

إلى رفيقة دربي زوجتي العزيزة

إلى أبنائي وقرّة عيني أشرف / أحمد / أمجد

إلى جميع أسرة الأشغال العمومية للمركز الجامعي بلحاج بوشعيب

إلى كل هؤلاء وهؤلاء اهدي هذا العمل المتواضع

نسأل الله العظيم أن يجعله في ميزان حسناتنا

أمين يارب العالمين

قناوي سيد أحمد



الإهداء

إلى كل من كان لي سندا وعونا لمزاولة مشواري على العموم

إلى أمي الغالية

إلى أبي الغالي

إلى إخوتي وأصدقائي

إلى جميع أسرة الأشغال العمومية للمركز الجامعي بلحاج بوشعيب

إلى كل هؤلاء وهؤلاء اهدي هذا العمل المتواضع

نسأل الله العظيم أن يجعله في ميزان حسناتنا

أمين يارب العالمين

عسال رضوان



RÉSUMÉ

Le présent projet s'intéresse aux études des conceptions et dimensionnement de la nouvelle piste d'aérodrome. En effet, nous avons pour but, à travers la première partie de ce travail, et en s'appuyant sur des recherches bibliographiques approfondies, d'expliquer et d'éclaircir la méthodologie que doit suivre la personne chargée de l'étude d'un projet aéroportuaire, qui est généralement un ingénieur civil, pour choisir le type d'aérodrome ainsi que toutes les superstructures liées à ce dernier.

Les résultats d'étude technique réalisée dans ce mémoire nous a conduit au dimensionnement total de la piste d'aérodrome, mais elle doit aussi être durable et acceptée par tous. C'est pour cette raison, que le dimensionnement de l'aéroport se base sur le trafic aérien ainsi qu'aux autres trafics qui influent sur le nombre de passagers.

Mots clés : aérodrome - trafic aérien –redimensionnement.

ABSTRACT

This project is concerned with studies of the design and dimensioning of the new aerodrome runway. Indeed, we aim, through the first part of this work, and based on extensive bibliographic research, to explain and clarify the methodology that must be followed by the person responsible for the study of a airport project, which is generally a civil engineer, to choose the type of aerodrome as well as all the superstructures linked to it.

The results of a technical study carried out in this thesis led us to fully dimension the aerodrome runway, but it must also be durable and accepted by all. It is for this reason that the size of the airport is based on air traffic as well as on other traffics which influence the number of passengers.

Keywords: aerodrome - air traffic - resizing.

ملخص

يختص هذا المشروع بدراسات التصميم وتحديد مدرج المطار الجديد. في الواقع ، نحن نهدف ، من خلال الجزء الأول من هذا العمل ، واستنادا إلى بحث بيبليوغرافي مكثف ، إلى شرح وتوضيح المنهجية التي يجب أن يتبعها الشخص المسؤول عن دراسة مشروع مطار ، وهو مهندس مدني بشكل عام ، لاختيار نوع المطار وكذلك جميع الهياكل الفوقية المرتبطة به.

قادتنا نتائج الدراسة التقنية التي أجريت في هذه الأطروحة إلى تصميم مدرج المطار بالكامل ، ولكن يجب أن يكون طويل المدى ومقبولاً من الجميع. ولهذا السبب ، فإن تصميم المطار يعتمد على الحركة الجوية وكذلك على حركات مرور أخرى التي لها تأثير على عدد الركاب.

الكلمات المفتاحية : المطارات - الحركة الجوية - تغيير الأبعاد.

LISETE DES ABREVIATIONS

RN98 : route nationale 98.

RN22 : route nationale 22.

OACI : l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

ITAC : l'Instruction Technique de l'Aviation Civile

FAA : Federal Aviation Administration.

Tp : trafic annuelle des passagers.

tp : nombre annuelle des passagers.

tm : Nombre de mouvements horaire.

Tm : Nombre de mouvements annuel.

RMA : rendement moyen annuel.

S : surfac .

N₁ : Coefficient de correction d'altitude.

N₂ : Coefficient de correction de température.

N₃ : Coefficient de correction de la pente.

RESA : Aire de sécurité d'extrémité des pistes.

P.O.R.: prolongement occasionnellement roulable.

Mpa : Méga pascal.

Y_h: Densité humide.

W(%) : teneur en eau naturelle.

Y_d: densité humide du sol.

F : facteur de sécurité.

C : cohésion.

φ : angle de frottement.

CBR : Indice portant californien (California Bearing Ratiotest).

γ : l'accélération.

V : la vitesse.

K : module réaction.

ACN : Numéro de classification d'aéronef (Aircraft Classification Number).

PCN : Numéro de classification de chaussée (Pavement Classification Number).

Pta : charge admissible d'un avion.

RSI: Charge sur une roue simple isolée gonflée à 0,6 MPa,
caractéristique de la portance de la chaussée considéré.

Sommaire

Chapitre I : Généralité

I.1. Introduction.....	1
I.2. Les éléments d'un aérodrome	1
I.2.1. L'aire de mouvement.....	2
1. Aire de manœuvre (pistes).....	2
2. L'aire de trafic.....	2
I.2.2. Les installations terminales.....	3
I.2.3. les servitudes Aéronautiques.....	3

Chapitre II : présentation de la région zenata

II.1. Introduction:.....	4
II.2. Présentation de la région de ZENATA et de son aérodrome :.....	4
II.2.1. Situation géographique :.....	4
II.3. Présentation de l'aérodrome de zeneta :.....	4
II.3.1. Emplacement :.....	4
II.3.2. Historique de l'aéroport de Tlemcen Zenata et infrastructures existantes :.....	5
II.4. Critères et normes à respecter:.....	7

Chapitre III : analyse et Aménagements de l'aérodrome

III.1. Introduction :.....	8
III.2. Analyse des données de l'aérodrome :.....	8
a)-L'avion critique :.....	8
b)-Mesure du trafic d'un aéroport Tlemcen-zenata.....	8
b.1.Etude du trafic aérien.....	9
b.2.Aérogare.....	10
c)-Classification de l'aérodrome :.....	12
d)- Données climatologiques.....	13
III.3. Direction de la piste :.....	16
III.4. Détermination de la largeur de la piste.....	18
III.5. Calcul de la longueur de piste de l'aérodrome.....	19
III.6. Caractéristiques des profils en long et en travers de la piste.....	22

III.7. Aménagements complémentaires de la piste :.....	22
a)-Accotements :.....	22
b)-Caractéristiques physiques de la bande de pistes.....	23
c)-Aires de sécurité d'extrémité de piste :.....	24
d)-Voies de circulation :.....	25
f)-Voies de sortie rapide :.....	26
g)-Accotements de voie de circulation :	27
h)-Bandes de voie de circulation :.....	28
l)-Dégagement sur les postes de stationnement d'aéronef :.....	28

Chapitre IV: Etude géotechnique

IV.1 : Introduction.....	29
IV.2. Coupes descriptives des puits de reconnaissances.	30
IV.3 .Caractéristiques physiques.....	35
IV.3 .1. Densité :.....	35
IV.3.2. Analyses granulométriques :.....	35
IV.3.3. Limites d'ATTERBERG :.....	35
IV.3.4. Essais PROCTOR Modifiés.....	41
IV.3.5 : Conclusion.....	44

Chapitre V : Analyse du contexte actuel des pentes aux rives de la piste principale

V.1 : Introduction.....	45
V.2 .Caractéristiques géotechniques du sol pour chaque crevasse.....	46
V.2.1.Crevasse 1 :.....	46
V.2.2. Crevasse 2 :.....	47
V.2.3.Crevasse 3 :.....	47
V.2.4. Crevasse 4 :.....	48
V.2.5. Crevasse 5 :.....	49
V.3.1. Calculs de stabilité du terrain (méthode de Morgenstern-Price) :.....	50
V.4. Solution proposée.....	52
V.4.1 .Photos du terrain après mise en œuvre du remblai :.....	52

V.4.2 .Caractéristiques géotechniques du sol pour chaque crevasse après la Solution proposée....	53
V.4.2.1 Crevasse 1 :.....	53
V.4.2.2 Crevasse 2 :.....	54
V.4.2.3 Crevasse 3 :.....	54
V.4.2.4 Crevasse 4 :.....	54
V.4.2.5 Crevasse 5 :.....	55
V.5. Calculs de stabilité du terrain après remblaiement (méthode de Morgenstern-Price) :.....	55
V.6. Conclusion.....	57

Chapitre VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.1.Généralité :.....	58
VI.2. Structure des chaussées aéronautiques :.....	58
VI.3. Types de chaussées aéronautiques :.....	59
VI.3.1.Chaussée Rigides :.....	59
VI.3.2.Chaussée souple :.....	59
VI.4. Choix d'un type de chaussée :.....	61
VI.5. Dimensionnement des chaussées:	61
VI.5.1 .Caractéristiques utiles pour le dimensionnement des aérodromes :.....	61
VI.5.2. Méthode de dimensionnement.....	63
VI.5.3. Présentation de la méthode forfaitaire:	64
VI.5.4. Dimensionnement de la chaussée de l'aérodrome de Tlemcen zenata par la méthode forfaitaire:	71
1-Pour la chaussée souple:	71
2-Pour la chaussée rigide:	80
VI.6. Méthode ACN- PCN :.....	88
VI.6.1. Détermination du PCN (Pavement Classification Number) :.....	88
VI.6.2. Détermination de l'ACN (Aircraft Classification Nember):	89
VI.6. Conclusion:.....	94

Chapitre VII : Etude économique comparative entre chaussée

VII.1 Introduction.....	95
VII.2 Calcul des surfaces.....	95
VII.4 Devis quantitatif et estimatif des chaussée aéronautique.....	100
VII.4.1 Devis quantitatif et estimatif des Chaussée souple et accotements.....	100
VII.4.2 Devis quantitatif et estimatif des Chaussée rigide et accotements.....	101
VII.5 Comparaison d'une chaussée rigide avec une chaussée souple.....	101
VII.6 Conclusion.....	102

Chapitre VIII : Caractéristiques des signalisations

VIII.1. Caractéristiques des signalisations.....	103
VIII.2. Couleur et visibilité des marques.....	103
VIII.3. Marquage des pistes :.....	103
VIII.4. Marques de voies de circulation :.....	107
VIII.5. Conclusion :.....	110

Conclusion générale

Bibliographie

Annexe N°III.2.

Annexe N°VI.2.

Liste des figures

Chapitre I : Généralité

Figure I.1 : Vue aérienne de l'aéroport de Nice.....	1
Figure I.2: Eléments constituant l'aire de mouvement.....	1
Figure I.3 : Aire de manœuvre.....	2
Figure I.4 : Aire de stationnement.....	3

Chapitre II : Présentation de la région zenata

Figure II.1 : Localisation de la ville de Zenata.....	4
Figure II.2 L'accessibilité à l'aéroport Zenata.....	5
Figure II.3 : L'aéroport de Tlemcen pendant la guerre d'Algérie.....	7

Chapitre III : analyse et Aménagements de l'aérodrome

Figure III.1: La Rose des Vents pour Tlemcen / Zenata.....	14
Figure III.2: L'effet dièdre.....	14
Figure III.3: L'effet girouette.....	15
Figure III.4 : établissement du diagramme de la rose des vents.....	18
Figure III.5 : Piste, bandes et les trois prolongements.....	23
Figure III.6 : Aire de sécurité d'extrémité de piste.....	24
Figure III.7 : Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA)	25
Figure III.8: Géométrie de la largeur de piste.....	26
Figure III.9: Voie de sortie rapide.....	27
Figure III.10: Accotement de voie de circulation.....	27

Chapitre IV: Etude géotechnique :

Figure IV.1 : Coupe géotechnique passant par l'axe de la piste principale.....	30
Figure IV.2: Coupe géotechnique passant par les crevasses 1 et 4.....	30
Figure IV.3: Coupe géotechnique passant par les crevasses 2 et 3.....	30
Figure IV.4: Coupe géotechnique passant par la crevasse 5.....	30
Figure IV.5 : Coupe descriptive puits 01.....	31
Figure IV.6 : Coupe descriptive puits 02.....	31
Figure IV.7 : Coupe descriptive puits 03.....	31
Figure IV.8: Coupe descriptive puits 04.....	32
Figure IV.9 : Coupe descriptive puits 05.....	32
Figure IV.10: Coupe descriptive puits 06.....	32
Figure IV.11 : Coupe descriptive puits 07.....	33
Figure IV.12 : Coupe descriptive puits 08.....	33
Figure IV.13 : Coupe descriptive puits 09.....	33
Figure IV.14 : Coupe descriptive puits 10.....	34
Figure IV.15 : Coupe descriptive puits 11.....	34
Figure IV.16 : Coupe descriptive puits 12.....	34
Figure IV.17 : essai Proctor sur terre végétale.....	42
Figure IV.18 : essai Proctor sur terrain porteur.....	42
Figure IV.19 : essai Proctor sur tout venant d'oued.....	43
Figure IV.20 : levé topographique de l'aérodrome MESSALI EL HADJ-ZENATA- TLEMCEM. (Annexe 06)	44

Chapitre V : Analyse du contexte actuel des pentes aux rives de la piste principale

Figure V.1: caractéristiques géométriques – crevasse 1.....	46
Figure V.2: caractéristiques géométriques – crevasse 2.....	47
Figure V.3 : caractéristiques géométriques – crevasse 3.....	47
Figure V.4: caractéristiques géométriques – crevasse 4.....	48
Figure V.5: caractéristiques géométriques – crevasse 5.....	49
Figure V. 6: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 1.....	50
Figure V.7: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 2.....	50
Figure V.8: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 3.....	51
Figure V. 9: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 4.....	51
Figure V. 10: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 5.....	52
Figure V. 11 : crevasse 3 après remblaiement.....	52
Figure V.12 : crevasse 4 après remblaiement.....	53
Figure V.13 : crevasse 5 après remblaiement.....	53
Figure V.14: caractéristiques géométriques – crevasse 1.....	53
Figure V.15: caractéristiques géométriques – crevasse 2.....	54
Figure V. 16 caractéristiques géométriques – crevasse 3.....	54
Figure V.17: caractéristiques géométriques – crevasse 4.....	54
Figure V.18: caractéristiques géométriques – crevasse 5.....	55
Figure V. 19: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 1.....	55
Figure V.20: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 2.....	56
Figure V.21 : résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 3.....	56
Figure V.22: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 4.....	57
Figure V. 23: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 5.....	57

Chapitre VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

Figure VI. 1: Corps de chaussée rigide.....	60
Figure VI. 2: Corps de chaussée souple.....	60
Figure VI.3: Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.....	63
Figure VI.4. Types et détails de joint de chaussée rigide.....	68
Figure VI. 5. Types et détails de joint de chaussée rigide.....	68
Figure VI.6: Distribution des joints.....	70
Figure VI. 7: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone de post de stationnement	75
Figure VI.8: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone de bretelles de stationnement.....	76
Figure VI.9: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone de piste.	77
Figure VI.10: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone des Accotements.....	78
Figure VI. 11: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone des POR.....	80
Figure VI. 12: Épaisseur des couches de chaussée rigides pour une zone de post de stationnement.....	85
Figure VI. 13: Épaisseur des couches de chaussée rigides pour une zone de Piste et bretelles.....	85
Figure VI.14: Épaisseur des couches de chaussée rigides pour une zone des Accotement et POR.....	85

Figure VI.15: Valeurs du coefficient H(CBR) pour le calcul du PCN approché sur chaussée souples	91
Figure VI.16: Valeurs numériques PCN pour une capacité de charge à double roue Chaussée rigide à charge lourde	92

Chapitre VII : Etude économique comparative entre chaussée

Figure VII.1: Répartition des charges sur la chaussée souple et la chaussée rigide.....	102
---	-----

Chapitre VIII : Caractéristiques des signalisations

Figure VIII.1 : Formes et dimensions des lettres et chiffres des marques d'identification de pis.....	104
Figure VIII.2 : Position latérale des marques d'identification de piste.....	104
Figure VIII.3: Disposition des marques de seuil d'une piste de 45m (2x6 bandes).....	105
Figure VIII.4: Marques de zone de toucher des roues et marques de point cible.....	106
Figure VIII.5: Marques de point d'arrêt.....	107
Figure VIII 6: Marques de point d'arrêt intermédiaire.....	107
Figure VIII.7: Marques axiales de voies de circulation.....	108
Figure VIII.8 : Marque d'intersection de voies de circulation.....	109
Figure VIII.9 : Marques de prolongement d'arrêt.....	109
Figure VIII.10 : Schéma D Marques de prolongement d'arrêt dans le cas d'un seuil décalé.....	110

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralité

Chapitre II : Présentation de la région zenata

Chapitre III : analyse et Aménagements de l'aérodrome

Tableau III. 1 : Caractéristiques du B737-800.....	8
Tableau III.2: Codes de référence des aérodromes.....	12
Tableau III. 3: Paramètres hydrologiques de la station pluviométrique de zenata.....	13
Tableau III.4: tableau récapitulatif des vents.....	17
Tableau III.5 : Caractéristiques de la piste.....	22
Tableau III.6: Voies de relation.....	25

Chapitre IV : Etude géotechnique :

Tableau IV. 1 : récapitulatif puits 01.....	36
Tableau IV.2 : récapitulatif puits 02.....	36
Tableau IV.3 : récapitulatif puits 03.....	37
Tableau IV.4 : récapitulatif puits 04.....	37
Tableau IV.5 : récapitulatif puits 05.....	38
Tableau IV.6: récapitulatif puits 06.....	38
Tableau IV.7 : récapitulatif puits 07.....	39
Tableau IV.8: récapitulatif puits 08.....	39
Tableau IV.9 : récapitulatif puits 09.....	40
Tableau IV.10 : récapitulatif puits 10.....	40
Tableau IV.11 : récapitulatif puits 11.....	40
Tableau IV.12 : récapitulatif puits 12.....	41
Tableau IV.13 : essai Proctor sur terre végétale.....	41
Tableau IV.14 : essai Proctor sur terrain porteur.....	42
Tableau IV.15 : essai Proctor sur tout venant d'oued.....	43

Chapitre V : Analyse du contexte actuel des pentes aux rives de la piste principale

Tableau V.1: paramètres géotechniques – crevasse 1.....	46
Tableau V.2 : paramètres géotechniques – crevasse 2.....	47
Tableau V.3 : paramètres géotechniques – crevasse 3.....	48
Tableau V. 4: paramètres géotechniques – crevasse 4.....	49
Tableau V.5: paramètres géotechniques – crevasse 5.....	49

Chapitre VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

Tableau VI.1 : Types et caractéristiques des atterrisseurs.....	62
Tableau VI.2: Coefficients d'équivalence des matériaux.....	65
Tableau VI. 3 : de l'espacement maximal des joints de chaussée rigides sur une base non stabilisée.....	69

Tableau VI.4: Dimensions et espacement des chevilles.....	70
Tableau VI.5: Charges réelles de calcul pondéré.....	71
Tableau VI.6: Epaisseurs équivalentes totales.....	73
Tableau VI. 7: Epaisseurs minimales des matériaux traités.....	74
Tableau VI.8: Epaisseurs de la chaussée au niveau des post stationnement.....	75
Tableau VI.9: Epaisseurs de la chaussée au niveau des bretelles de stationnement.....	76
Tableau VI.10 : Epaisseurs de la chaussée au niveau de la piste.....	77
Tableau VI.11: Epaisseurs de la chaussée au niveau des accotements.....	78
Tableau VI.12 : Epaisseurs de la chaussée au niveau de POR.....	79
Tableau VI.13 : présente l'épaisseur de chaque couche dans les deux méthodes.....	80
Tableau VI.14: présente l'épaisseur de chaque couche dans les deux méthodes.....	84
Tableau VI.15: ACN du Boeing 737-800.....	89

Chapitre VII : Etude économique comparative entre chaussée

Tableau VII.1: La quantité totale des matériaux utilisés sur la corps chaussée.....	100
Tableau VII.2: Devis quantitatif et estimatif Chaussée souple et accotements.....	100
Tableau VII.3: Devis quantitatif et estimatif Chaussée rigide et accotements.....	101

Chapitre VII: Caractéristiques des signalisations

Tableau VIII.1 : Nombre de bandes, largeur et espacement d'une marque de seuil.....	105
---	-----

INTRODUCTION GENERALE

Le transport aérien est le plus récent de tous les moyens de transport, il est apparu au début du siècle comme nouvelle technique de transport, et a enregistré la croissance la plus impressionnante au cours des trente dernières années. Aujourd'hui, il prend en charge la très grande majorité des liaisons internationales à l'intérieur des continents dans le cas d'un aéroport international et de plus en plus les liaisons à l'intérieur des pays dans le cas d'un aéroport national.

Vu les avantages que présente le transport aérien (confort, rapidité et sûreté) l'Algérie qui détient cinquante-cinq Aéroports dont trente-six internationaux a décidé depuis quelques années d'investir énormément dans l'infrastructure de base. Tout un programme a été lancé, il comprend, outre la réhabilitation de certaines pistes d'atterrissage, la réalisation de plusieurs aéroports, afin d'améliorer les dessertes sur le réseau interne, notamment au sud du pays dans les hauts plateaux car il est inutile d'interroger les économistes pour connaître les atouts d'un réseau domestique performant et développé ; tous les secteurs économiques en dépendent à commencer par le tourisme qui fait ces premiers pas dans le Sahara et cela permettra aussi de renforcer le réseau international et les parts de marché et de développer l'offre pour le transport du fret.

Donc la ville Tlemcen- Zenata donne une importance capitale à son aéroport qui se trouve actuellement.

Ce notre étude, n'est en aucun cas exhaustif ; il tient au lecteur pour plus d'informations et de détails de se référer aux différents règlements et notes de l'OACI et de l'ITAC et FAA relatives à la conception d'infrastructures aéroportuaires. Néanmoins nous avons tenu à apporter un maximum de généralités et de détails, pour que ce travail puisse servir de base pour les futures études qui iront dans ce sens.

La base des différents calculs ont été fait pour que l'aéroport pourra accueillir des avions de type Boeing 737-800.

Chapitre I : Généralités

I.1. Introduction

L'instruction technique sur les aérodromes civils définit un aérodrome par : «un aérodrome est 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 ». D'une manière générale, un aérodrome comporte l'aire de mouvement, les installations terminales et l'espace aérien. [4]



Figure I.1 : Vue aérienne de l'aéroport de Nice.

I.2. Les éléments d'un aérodrome

Un Aérodrome est constitué principalement par trois éléments essentiels [4]:

1. L'aire de mouvement
2. les installations- terminales
3. les servitudes Aéronautiques

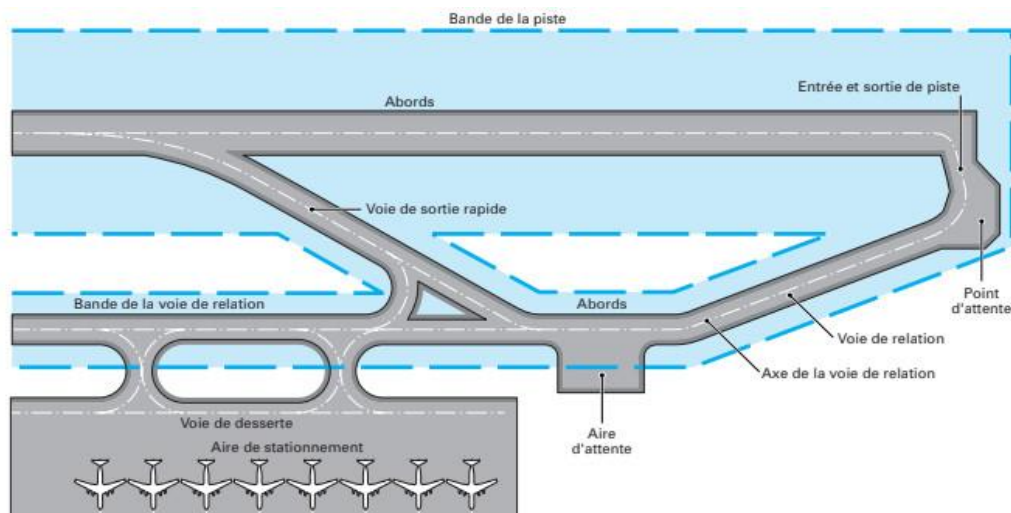


Figure I.2: Eléments constituant l'aire de mouvement.

I.2.1. L'aire de mouvement

C'est l'ensemble des aires permettant le mouvement des aéronefs (décollage, atterrissage, roulage, stationnement, entretien, avitaillement en carburant). Elle comprend toutes les infrastructures de l'aérodrome aménagées en vue des opérations d'atterrissage et de décollage des aéronefs ainsi que de leurs évolutions au sol. On y distingue:

1. Aire de manœuvre (pistes)

L'aire de manœuvre qui est la partie d'un aérodrome à utiliser pour le décollage, l'atterrissage et la circulation des aéronefs. Elle comprend:

- La ou les pistes.
- Les voies de circulation qui permettent aux avions de relier les entrées - sorties de pistes aux aires de stationnement. Elles sont en général parallèles à la piste.

Elles comprennent les aires de relation et les entrées et sorties de piste.



Figure I. 3 : Aire de manœuvre.

2. L'aire de trafic

L'aire de trafic qui est une voie destinée aux aéronefs pendant les opérations d'embarquement ou de débarquement des voyageurs, le chargement ou le déchargement de la poste ou du fret, ravitaillement ou la reprise de carburant, le stationnement ou l'entretien.



Figure I.4 : Aire de stationnement.

I.2.2. Les installations terminales

Les zones d'installations sont les parties de l'aérodrome destinées à l'implantation des ouvrages.

Rien n'impose qu'elles soient situées sur l'aire de mouvement. General, il existe deux sortes de nature des Installations:

- Installation technique où on trouve : Bloc technique, Tour de contrôle, Sécurité incendie, Assistance météorologique.
- Installation commerciale ; là où sont installés : Aérogare passagère, Fret Hangars, Bureau de compagnie, service de la police des douanes , bureau pour les gestionnaires.

I.2.3. les servitudes Aéronautiques

Les servitudes aéronautiques d'un aérodrome fixent et matérialisent, pour son stade ultime de développement, des surfaces que ne doivent pas dépasser les obstacles de toute nature à ses abords.

Toutes les caractéristiques techniques relatives aux servitudes aéronautiques d'un aérodrome sont reportées dans un document appelé plan de servitudes aéronautiques de dégagement [9].

Chapître II:Présentation de la région de

ZENATA

Chapitre II: Présentation de la région de ZENATA

II.1. Introduction:

La localisation du site de l'emplacement d'un aéroport est d'une importance capitale, car elle permet de déterminer plusieurs paramètres qui assurent les meilleures qualités aéronautiques telles que les dimensions et la configuration du terrain, et la qualité des dégagements offerts par le site, et la nature géotechnique du sol, et les conditions météorologiques, pour les facilités d'accès au site.

II.2. Présentation de la région de ZENATA et de son aéroport :

II.2.1. Situation géographique :

Le territoire de la commune de Zenata est situé au nord de la wilaya de Tlemcen. Son chef-lieu est situé à environ 16 km à vol d'oiseau au nord-ouest de Tlemcen. Son nom vient de la grande confédération berbère zeneta.



Figure II.1 : Localisation de la ville de zeneta [2].

II.3. Présentation de l'aéroport de zeneta :

II.3.1. Emplacement :

La commune de Zénata abrite l'Aéroport international de Zénata – Tlemcen deuxième de l'Ouest du pays après celui d'Es-Sénia (Oran). Il est distant de 3Km du chef-lieu de commune et de 25Km du chef-lieu de Wilaya (Tlemcen)[2].

L'aéroport de Tlemcen est un aéroport civil international desservant la ville de

Chapitre II: Présentation de la région de ZENATA

Tlemcen et sa région (wilayas de Tlemcen, d'Ain-Temouchent, de Sidi-Bel-Abbès et de Naâma).

L'accessibilité à L'aéroport est raccordée à REMCHI par la RN22A, à Tlemcen HENNAYA par la RN98 et la RN22.

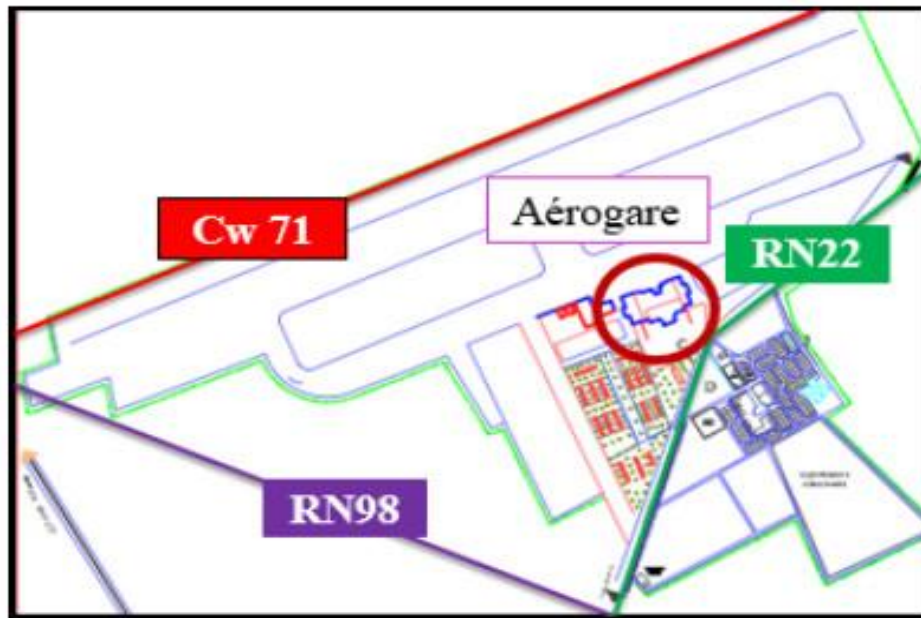


Figure II.2 :L'accessibilité à L'aéroport Zenata.

II.3.2. Historique de l'aéroport de Tlemcen Zenata et infrastructures existantes :

Créé entre 1958 et 1960 pour le compte de l'Etat (Ministère de la défense Nationale « MDN » - Armée de l'Air) l'Aérodrome de Tlemcen Zenata comprenait une superficie de 182 ha 26 ares 25 ca.

En Novembre 1963, en vue d'agrandir l'Aérodrome militaire de Tlemcen, l'Etablissement national d'exploitation métrologique et aéronautique « E.N.E.M.A » actuellement entreprise de gestion des services aéroportuaires « EGSA » et le Génie Militaire de Tlemcen ont procédé conjointement à la prise de possession d'urgence des terrains d'une superficie de 22 ha 40 ares.

En 1979, une nouvelle parcelle a été acquise pour l'extension et le prolongement de la piste principale d'envol par les Services de la Wilaya de Tlemcen, d'une superficie de 9 ha 02 ares 6 ca. Soit une superficie totale de : 213 ha 68 ares 31 ca.

Il est utile de rappeler que le MDN était le principal exploitant de l'Aérodrome depuis sa création, confirmé par le décret n° 65 - 161 du 1er Juin 1965.

En 1976, le 18 Octobre, et dans le cadre de l'utilisation de l'Aérodrome par l'aviation

Chapitre II: Présentation de la région de ZENATA

Civile, il a été procédé conjointement à la remise au Service de l'E.N.E.M.A (établissement national d'exploitation météorologique et aéroportuaire) actuellement E.G.S.A.O (entreprise de gestion des services aéroportuaire de l'ouest) sous tutelle du Ministère des Transports d'une partie des Superstructures désignés " Partie Civile de l'Aérodrome de Tlemcen En 1981, par décret n° 81 - 98 du 16 Mai 1981 portant affectation des Aérodromes d'Etat et ce sur rapport conjoint du Ministère de la Défense Nationale et du Ministère des Transports et de la Pêche,

il est désigné une liste d'Aérodrome appelés " Aérodromes Civils d'Etat " dont Tlemcen Zenata.

Le Ministère des Transports représenté par l' (ex. ENEMA/ENESA) devenait donc affectataire principal de l'Aérodrome.

Des démarches ont alors été effectuées auprès de la Direction des Domaines de Tlemcen pour procéder au transfert du Patrimoine.

- Du Ministère de la Défense Nationale vers le Ministère des Transports.

-Dossier irrecevable, devant être accompagné en plus de l'arrêté d'affectation d'une correspondance du Ministère de la défense Nationale autorisant le transfert. Par ailleurs et pour des raisons particulières, une partie de l'emprise domaniale d'une superficie de :

" 55 ha 50 ares 125 ca " n'a pas été libéré par le Ministère De la défense National et ce pour des besoins de sécurité et de stratégie.

Devant cette situation il avait été décidé d'un commun accord d'officialiser les parties et délimitations respectives de chacune. Procédure entamée en collaboration avec l'agence nationale du Cadastre en octobre 1994, mais non finalisée pour causes de conjonctures sécuritaires.

En conclusion, l'emprise domaniale de la plateforme Aéroportuaire que l'on peut appeler " Zone Civile " d'une superficie de 161 ha 73 ares 75 ca , reste un contentieux jusqu'à régularisation entre les deux parties.

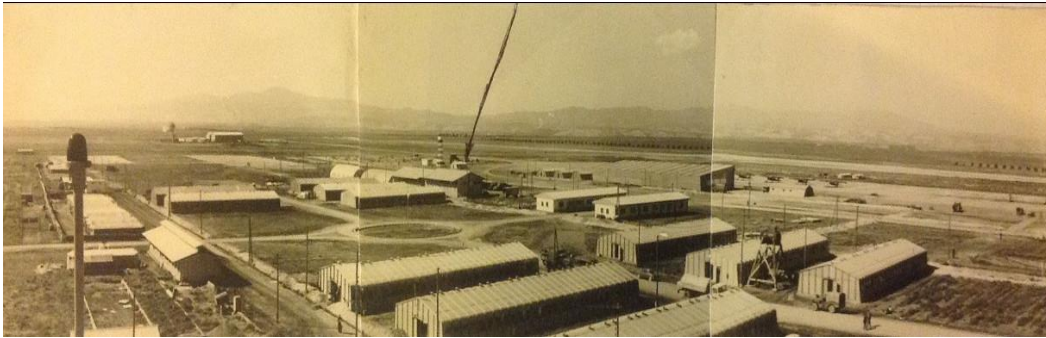


Figure II.3 : L'aéroport de Tlemcen pendant la guerre d'Algérie[2].

II.4. Critères et normes à respecter:

La création de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) s'est faite suite à la signature par 52 pays, le 7 décembre 1944 à Chicago, aux États-Unis, de la Convention sur l'aviation civile internationale. Elle est entrée officiellement en existence le 4 avril 1947.

L'OACI, qui compte maintenant 189 états membres, est l'agence spécialisée responsable de la mise au point et de la standardisation internationale des règles et règlements régissant tous les aspects de l'aviation civile, allant des corridors de navigation aérienne à la sécurité en passant par les normes environnementales pour les aéronefs et la formation du personnel volant et au sol (les vols à l'intérieur d'un même pays ne sont pas concernés par l'OACI). Son siège social est situé à Montréal.

Les activités de l'OACI sont diverses : études, enquêtes, arbitrages. Les résultats des études sont présentés sous forme d'Annexes techniques, numérotées actuellement de 1 à 17 et qui comprennent des normes internationales et recommandations pour les états membres.

La création de Federal Aviation Administration (FAA) , le 23 août 1958 , la FAA a remplacé l'ancienne Administration de l'aéronautique civile (CAA) et est devenu plus tard un organisme du ministère américain des Transports . La Federal Aviation Administration (FAA) est un organisme gouvernemental des États-Unis avec le pouvoir de réglementer tous les aspects de l' aviation civile dans ce pays, ainsi que sur ses eaux internationales environnantes. Ses pouvoirs comprennent la construction et l' exploitation des aéroports, la gestion du trafic aérien , la certification du personnel et des avions, ainsi que la protection des actifs américains lors du lancement ou l' entrée ré- des véhicules spatiaux commerciaux. Pouvoirs sur les eaux internationales voisines ont été déléguées à la FAA par l' autorité de l' Organisation internationale de aviation civile[2] .

Chapitre III : analyse et Aménagements de l'aérodrome

III.1. Introduction :

La première phase d'un projet il s'agit de délimiter, définir un cadre au projet. Le but de cette étude est de déterminer les paramètres dimensionnant du projet, et d'exposer le fondement des principales caractéristiques géométriques de la piste.

III.2. Analyse des données de l'aérodrôme :

a)-L'avion critique :

Depuis quelques années, les caractéristiques géométriques des aérodrômes ne découlent plus de la longueur des étapes ou de la possibilité de l'utilisation «tout temps », mais sont conditionnées par l'avion le plus exigeant y faisant escale.

L'avion le plus contraignant que peut recevoir l'aérodrôme de zenata est le **Boeing 737-800**.

Le Boeing 737-800 est un avion de ligne, biréacteur (deux moteurs de type CFM56-7b, un sous chaque aile), court ou moyen-courrier, construit par la société américaine Boeing Commercial Airplane Companye.

Tableau III.1 : Caractéristiques du B737-800 [2].

Longueur (m)	39,5
Hauteur (m)	12,55
Envergure (m)	35,8
Largeur hors train principal (m)	7,0
Masse maximum au roulage (kg)	79 500
Masse à vide (kg)	41 500
Pression des pneumatiques (Mpa)	1,41
Distance de décollage (m)	2 090
Centrage AR max(%)	46.77

b)-Mesure du trafic d'un aéroport Telmcen-zenata.

L'établissement des caractéristiques auxquelles il doit répondre tels que le dimensionnement des structures, leur constance et leur durée de vie.

Les donnes :

- ✓ nombre de passager en 2016=142857 passager.
- ✓ nombre de passager en 2017=150000 passager.

$$Tp_{2017} = Tp_{2016} \times (1 + \tau)^1 \Rightarrow \tau = \frac{Tp_{2017}}{Tp_{2016}} - 1 \Rightarrow \tau = 0.05 \text{ Donc } \tau = 5\%$$

b.1. Etude du trafic aérien.

➤ Trafic annuel

En 2017 : 150 000 passagers = T_p .

En 2067 : $T_p_{2067} = T_p_{2017}(1 + 0.05)^{50}$

= 1 720 110 de passagers.

On prendra = **1.8** Million de passager

➤ Trafic horaire :

$t_p = 400 + 315 \times T_p_{2067}$
 $t_p = 967$ passagers /h à la 40^{ème} heure.

➤ Nombre de mouvements horaire :

$$t_m = \frac{t_p}{1.15 \times 105}$$

Avec n : nombre de passagers/ mouvement.

Avion de 150 passagers
Taux de remplissage = 70% } 105 passagers /mouvement.

$$t_m = \frac{621}{1.15 \times 105} \Rightarrow t_m = 8 \text{ mvts/heure à la 40ème heure.}$$

➤ Nombre de mouvements annuel :

$$T_m = \frac{t_m \times 5}{0.27} \Rightarrow T_m = 11.111 \text{ mille mvt/an}$$

$T_m = 11111$ mvts/an.

➤ Nombre de postes de stationnement :

$$RMA = T_p / N_{\text{postes}} \Rightarrow N_{\text{postes}} = T_p / RMA$$

RMA : rendement moyen annuel varie de 120 000 à 200 000.

Afin d'optimiser au maximum le nombre de postes de stationnement, nous avons opté pour la valeur de 200 000 dans choix du RMA.

$$N_{\text{postes}} = \frac{1800000}{200000} \Rightarrow N = 9 \text{ postes} + 1 \text{ pour retards} = \mathbf{10 \text{ postes.}}$$

➤ **Nombre de pistes**

$$N_{\text{pistes}} = \frac{tp}{n \times (\text{nbre de mvts /h})} \quad n = 105 ;$$

On prévoit pour la piste 1 mouvement tout les 4minutes.

$$N_{\text{pistes}} = \frac{967}{105 \times (\frac{60}{4})} = 0.61 \Rightarrow \mathbf{N_{\text{pistes}} = 1}$$

b.2.Aérogare.

➤ **Pour le trafic annuel :**

S=10 000m²/millions de passagers

Tp=1.8 Million de passagers/an

Donc : S=**18000** m².

➤ **Pour l'heure de pointe :**

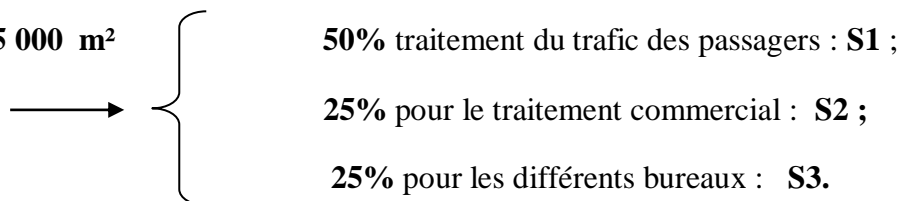
Pour chaque passager on affecte 10 à 15m² ;

tp= 967 passagers/h

Donc S = 967×15 = **14505**m².

On choisi :

S= **15 000** m²



Soit:

S1= 7500 m²

S2 = 3750m²

S3 = 3750m²

➤ Zone de stationnement

B737-800 envergure = 35.8 m

Longueur = 39.5m

- Dimensions d'une aire de stationnement :

Largeur = $4/3 \text{env} = 47.7\text{m}$ on prendra **48m**

Profondeur = **50m**

Aire = 2400m^2 pour un aéronef

Pour 8 aéronefs : **aire = 19 200m²**

— Bloc pour matériel de piste

On prend **60000m²**

➤ Parc de voiture

Capacité = 500/millions de passagers. « Minimum »

Nous avons 1.8 millions de passagers : nous allons prendre **900places**

- **Pour une voiture** : 30 à 33m² /millions de passagers.
Pour 460 voitures => $900 \times 33 = 29700 \text{ m}^2$.
- **pour TAXIS** : 30places/millions de passagers. « Minimum »

Donc nous prendrons 30 places.

⇒ $30 \times 33 = 990 \text{ m}^2$.

Total des places = **930 places** on va prendre **1000 places**.

L'aire totale du parc = $29700 + 990 = 30690 \text{ m}^2$

On prend **surface parc = 31000m²**.

c)-Classification de l'aérodrome :

L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) recommande, depuis 1982, d'adopter pour la conception des aérodromes soumis à ses règles un code de référence comportant lui-même deux éléments dont:

- le premier est un chiffre de 1 à 4 fondé sur la distance de référence de l'avion le plus pénalisant définie elle-même comme étant la longueur minimale, indiquée par son manuel de vol, nécessaire pour son décollage au niveau de

Chapitre III : analyse et Aménagements d' la aérodrome

la mer dans des conditions correspondant à l'atmosphère standard en air calme et avec une pente de piste nulle;

- le second est une lettre de A à F fondée sur les valeurs maximales des envergures et des largeurs hors tous des trains principaux des avions auxquels l'installation est destinée.

Tableau III.2: Codes de référence des aérodromes [11].

Éléments de code 1		Éléments de code 2		
Chiffre de code	Distance de référence de l'avion	Lettre de code	Envergure	Largeur hors tout du train principal
1	Moins de 800m	A	Moins de 15m	Moins de 4.5m
2	800m à 1200m exclus	B	15m à 24m exclus	4.5m à 6m exclus
3	1200 m à 1800 m exclus	C	24 m à 36 m exclus	6 m à 9 m exclus
4	1800 m et plus	D	36 m à 52 m exclus	9 m à 14 m exclus
		E	52 m à 65m exclus	9 m à 14m exclus
		F	65 m à 80 m exclus	9 m à 16 m exclus

D'après les caractéristiques du Boeing 737-800 (envergure et voie) et la classification recommandée par l'OACI l'aérodrome de Tlemcen - Zenata - Messali El Hadj est de classe : **4C**

d)- Données climatologiques

➤ Précipitations

Le climat de la région de zenata se caractérise par l'irrégularité de la pluviométrie dans l'espace, et par un non moins grande irrégularité dans le temps. Le tableau montre que la pluie moyenne annuelle du poste de zenata, pour une série d'observation de 29 ans est de l'ordre de 323mm [6].

Tableau III.3.: Paramètres hydrologiques de la station pluviométrique de zenata.

Nom de station	Période de fonctionnement	Nombre d'années d'observations	Moyenne Arithmétique (mm)
Zenata	1989 -2010	29 ans	323

➤ Température et altitude :

L'altitude et la température ambiante d'un aérodrome affectent les performances des aéronefs donc par le fait même les distances de décollage et les performances de montée. Un décollage dans un aéroport situé au niveau de la mer nécessite moins de distance de décollage qu'un autre à 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Cela est dû principalement à la densité de l'air qui est plus dense en bas qu'en haut. Le phénomène est le même pour la température, l'air froid est beaucoup plus dense que l'air chaud[6].

L'OACI a établi que la température de référence d'un aérodrome est la moyenne des maximums quotidiens du mois le plus chaud de l'année.

La température de référence retenue pour l'aérodrome de zenata est de 34° C.[6][3]

➤ Les Vents:

Les vents dominants sont du secteur West, les vitesses moyennes sont de 50km / h environ sans grande variation d'un mois à l'autre (d'après les mesures de la station de météorologique de Tlemcen / Zenata). Les vents du est sont rares et faibles. comme le montre de la rose des vent de Tlemcen / Zenata [6].

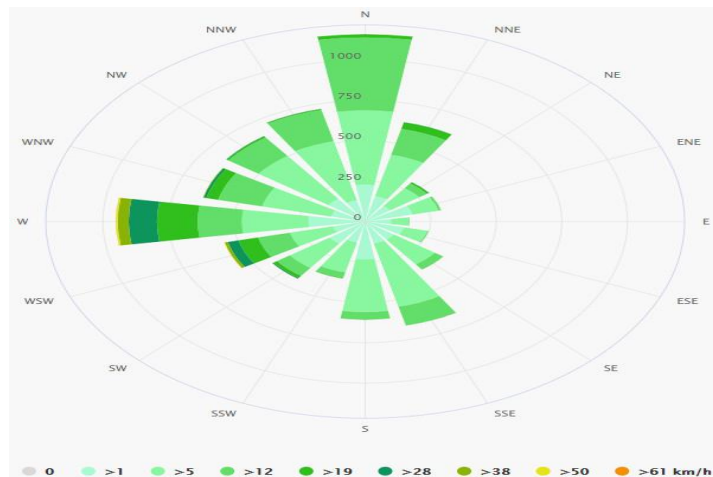


Figure III.1: La Rose des Vents pour Tlemcen / Zenata [6].

La répartition des vents joue un rôle primordial dans le choix de l'orientation de la piste. Les pistes sont normalement orientées dans le sens des vents dominants, de manière à faire profiter les avions des courants aériens, qui vont faciliter le décollage, réduire sa distance et améliorer le freinage lors de l'atterrissage, les avions se présentent toujours face au vent.

L'élément important et déterminant est le vent traversier, terme sous lequel est désignée la composante de vent perpendiculaire à l'axe de la piste. Les manœuvres d'atterrissage et de décollage deviennent difficiles voir dangereuses, lorsque le vent traversier dépasse une certaine limite.

- Deux phénomènes peuvent alors se produire [4]:

Un basculement latéral de l'avion dû à l'effet dièdre.

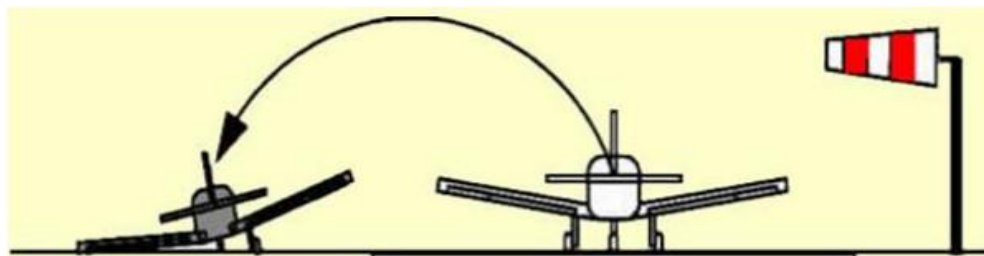


Figure III.2: L'effet dièdre.

- Le vent traversier tend à écarter l'avion de l'axe de la piste en l'orientant face au vent c'est l'effet de girouette.

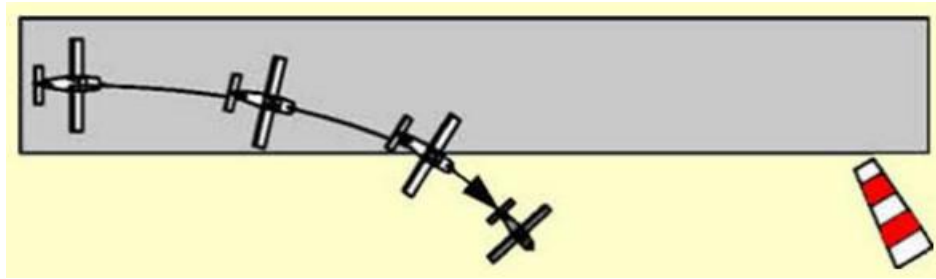
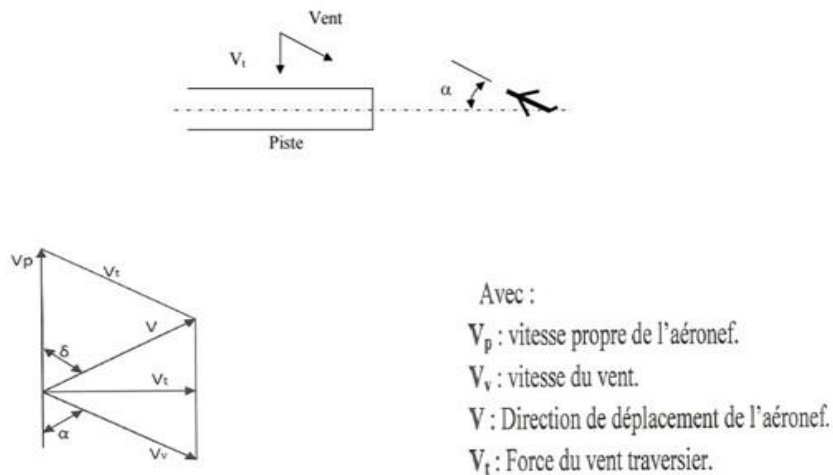


Figure III.3: L'effet girouette.

La limite admissible du vent traversier est fixée pour chaque avion. Consulter le manuel de vol.

Pour chaque classe d'aérodrôme on adopte une force de vent traversier admissible exprimée en m/s sous la forme [4][5] :

$$V_t = V_v \cdot \sin \alpha$$



Le vent traversier critique est actuellement fixé par l'O.A.C.I aux valeurs suivantes :

Code chiffre	Longueur de référence	Vitesse limite du vent Traversier
2	$L \leq 1200$ m	5 m/s
3	$1200 < L < 1500$	6 m/s
4	$L \geq 1500$ m	10 m/s

L'aérodrôme de Tlemcen Zenata étant de classe 4C, les vents traversiers seront de l'ordre de 10 m/s.

III.3.Direction de la piste :

Pour la détermination de la direction de la piste nous avons utilisé la rose des vents que nous avons tracé à l'aide du tableau des vents qui nous a été donné « voire tableau et rose des vents »

Tableau III.4: tableau récapitulatif des vents [6].

TABLEAU RECAPITULATIF																	
VITESSE EN (m/s)	DIRECTION DES VENTS (degré)																
	360	20	80	120	160	180	200	220	230	240	260	270	280	300	320	350	
9	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
10	3	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	
11	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	-	-	1	-	
12	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	2	2	
13	1	1	-	-	1	-	1	1	1	2	-	1	-	1	-	1	
14	-	-	-	-	1	-	1	2	-	2	-	-	1	1	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	2	-	
16	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	2	1	-	
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	1	1	-	
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	
19	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	1	-	-	
21	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	TOTAL
TOTAL	6	4	1	1	3	2	2	8	2	14	3	2	10	10	8	3	79

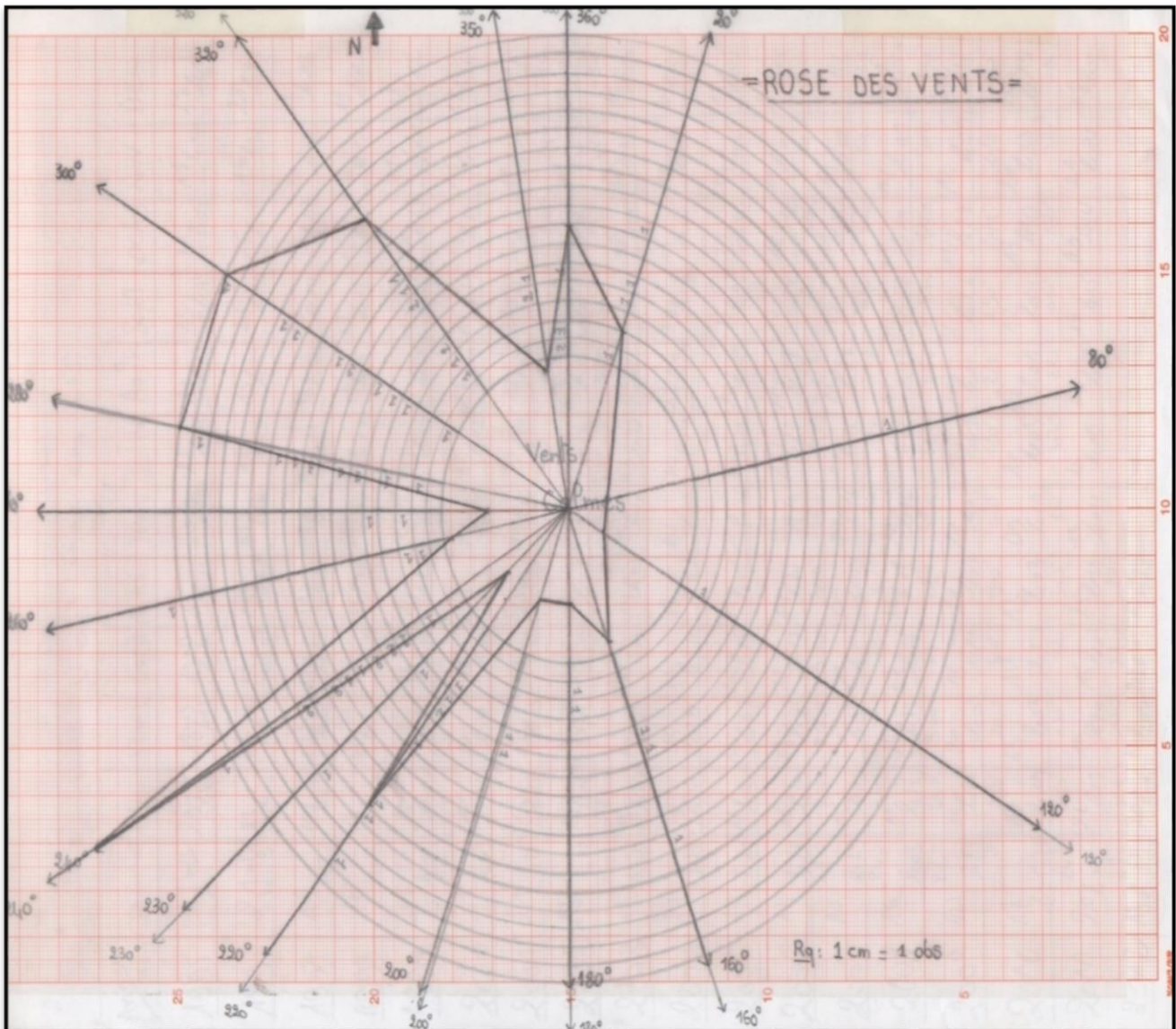


Figure III.4: établissement du diagramme de la rose des vents.

✓ Le résultat que nous avons tiré est que la direction de la piste est : $120^{\circ}/300^{\circ}$.

III.4.Détermination de la largeur de la piste

L'annexe 14 de l'OACI recommande que la largeur d'une piste ne doive pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau suivant :

Code Chiffre	Code Lettre					
	A	B	C	D	E	F
1	18m	18m	23m	-	-	-
2	23m	23m	30m	-	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-	-
4	-	-	45m	45m	45m	60m

- L'aérodrome de Tlemcen - zenate étant de classe 4C, il doit avoir une largeur de 45m.

III.5.Calcul de la longueur de piste de l'aérodrome

Il y a lieu de calculer à chaque fois les trois longueurs suivantes :

- Décollage avec un moteur en panne;
- Atterrissage ;
- Accélération –arrêt.

La longueur de piste nécessaire sera la plus grande des trois et sera donnée par le constructeur de l'aéronef et sera notée L_{ref} .

On a : $L_{ref} = 2090$ m, longueur de base du Boeing 737/800.

L'O.A.C.I préconise que la longueur réelle d'une piste d'aérodrome doit être supérieure à la longueur de base, elle est obtenue en multipliant cette dernière par un coefficient forfaitaire de correction N.

$$L = L_{ref} \times N$$

Le facteur de majoration N est fonction des trois facteurs suivants :

Altitude de l'aérodrome	Température de référence	Pente moyenne
502,5 m	34°C	1%

$$N = (1 + N_1/100) (1 + N_2/100) (1 + N_3/100)$$

N_1 : Coefficient de correction d'altitude.

N_2 : Coefficient de correction de température.

N_3 : Coefficient de correction de la pente.

➤ Calcul dès Le coefficient de correction d'altitude

1. Le coefficient de correction d'altitude

$$N_1 = 7h / 300$$

Avec : h (m) : Altitude au-dessus du niveau de la mer du point le

plus élevé de la piste. On a : h = 502.5 m

Donc :

$$N_1 = 7 \times \frac{502,5}{300} \Rightarrow N_1 = 11,725$$

$$N_1 = 11,725$$

2. Coefficient de correction de température:

$$N_2 = T - t$$

Avec :

T : température de référence de l'aérodrome, étant la moyenne mensuelle des températures maximales quotidiennes, exprimées en degrés Celsius, du mois le plus chaud de l'année (ce dernier étant celui pour lequel la température **mensuelle est la plus élevée**)

On a : T = 34°C [6][3]

Et :

t: température en atmosphère type à l'altitude de l'aérodrome, exprimée en degrés Celsius

Au niveau de la mer, t = 15°C qui diminue de 0.0065°C par mètre d'altitude jusqu'à 11 000 m pour rester constante et égale à -56.5°C au-dessus de cette altitude.

$$t = 15^\circ\text{C} - 0.0065h \Rightarrow t = 15^\circ\text{C} - 0.0065 \cdot 502,5 \Rightarrow 11.7337^\circ\text{C}$$

Donc :

$$N_2 = 34 - 11.7337^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{N_2 = 22.26}$$

Les coefficients N_1 et N_2 ne sont valables que si :

Le coefficient de majoration n'est valable que pour :

$$\left(1 + \frac{N_1}{100}\right) \times \left(1 + \frac{N_2}{100}\right) \geq 1,35$$

$$\left(1 + \frac{11,73}{100}\right) \times \left(1 + \frac{22,26}{100}\right) = 1,33 < 1,35 \Rightarrow \text{condition vérifiée}$$

3. Coefficient de correction de la pente:

$$\mathbf{N_3 = 10 \times P}$$

Avec :

P : pente moyenne de la piste exprimée en (%)

On a :

$$P = 1\% \Rightarrow N_3 = 10 \times 0,01 \Rightarrow \mathbf{N_3 = 0,1}$$

4. Correction totale :

$$N = (1 + N_1/100) (1 + N_2/100) (1 + N_3/100)$$

$$N = (1 + 11,725/100) (1 + 22,26/100) (1 + 0,1/100) \Rightarrow N = 1,367$$

Donc :

$$\mathbf{L = L_{ref} \times N \Rightarrow L = 2090 \times 1,367 \Rightarrow L = 2857,70\text{m}}$$

La longueur de la piste principale égale a 2858 m.

III.6. Caractéristiques des profils en long et en travers de la piste

La détermination de la catégorie de l'aérodrome Tlemcen - Zenata, c'est-à-dire son code de référence (4C) permet de déduire à partir des standards établis par l'Instruction Technique de l'Aviation Civile (ITAC), les caractéristiques physiques essentielles de la piste. Le tableau n°3 récapitule ces caractéristiques (Le tableau des caractéristiques géométriques d'une piste stipulées par l'ITAC est en (annexe n° III. Tableau 1)[9][10][19]

Tableau III.5: Caractéristiques de la piste.

Profil en long				Profil en travers	
Pente long Moyenne	Pente long Ponctuelle	Changement de pente	Rayon de raccord. Minimum	Pente transversale	largeur
1%	1.25%	1.5%	30000 m	1.5%	45 m

III.7.Aménagements complémentaires de la piste :

a)-Accotements:

Les accotements d'une piste ou d'un prolongement d'arrêt doivent être aménagés ou construits de manière à réduire au minimum, pour un avion qui s'écarte de la piste ou d'un prolongement d'arrêt, les risques qu'il pourrait encourir du fait d'un défaut de portance du sol en place ou du manque de cohésion de ce dernier pouvant entraîner l'ingestion de matériaux par les turbomachines.[19]

L'O.A.C.I ne recommande d'aménager des accotements de piste que lorsque la lettre de code est D,E ou F mais la réglementation algérienne recommande l'aménagement d'accotements même pour une piste de lettre de code C, de manière à ce que ces accotements s'étendent symétriquement de part et d'autre de la piste de telle sorte que la largeur totale de la piste et de ses accotements ne soient pas inférieures à 60m.[19]

Donc dans le cas de la piste de l'aérodrome de Tlemcen - zenate qui possède une lettre de code C et une largeur de 45m, on a opté pour un accotement de 7,5m de chaque côté de cette dernière.

L'accotement de notre piste possède une pente de 1,5%. [19]

b)-Caractéristiques physiques de la bande de pistes

Elles découlent également du code de référence de l'aérodrome, excepté la longueur minimale de bande de piste qui se calcule après détermination de la longueur réelle de piste par (annexe n° III. Tableau 2).[9][10] [19]

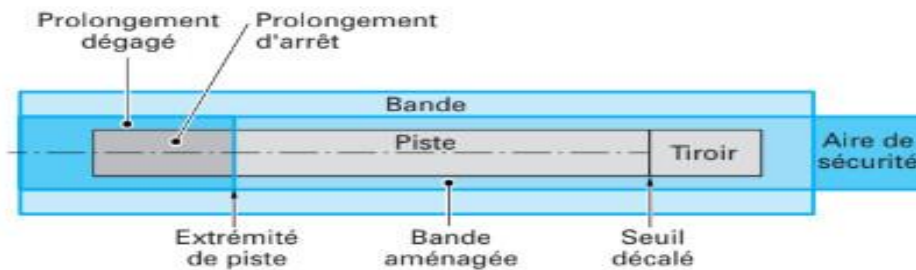


Figure III.5:Piste, bandes et les trois prolongements.

- Largeur de la bande de piste

Pour la classe C4 on prend la largeur = **300m**.

- La longueur de la bande

La bande de piste s'étendra en amont du seuil et au-delà de l'extrémité de la piste ou du prolongement jusqu'à une distance d'au moins 60m.

$$L_b = L_p + 120 \implies L_b = 2858 + 120 \implies L_b = 2978m$$

L_p :longueur minimale de bande de piste

Pour la classe C4 on prend la largeur de **la bande aménagée = 150m**.

- Prolongement d'arrêt :

Vitesse de décision de l'aéronef = **185km/h** =51.39m/s.

$$V^2 - V_0^2 = 2\gamma X \text{ Avec } v_0 = 0 \implies X = \frac{V^2}{2\gamma} = \mathbf{733.56m.}$$

Si l'aéronef commence sa manœuvre avec la vitesse $V_0 = 0$: Le pilote lui faut **733.56m** pour atteindre la vitesse la vitesse de décision (**185km/h**), et lui faut la même distance pour s'arrêter en cas où il décide d'annuler le décollage. Ce qui nous donne un total de **1468m**.

Donc :un prolongement d'arrêt n'est pas nécessaire dans ce cas.

- La longueur de Prolongement dégagée

$$L_{pd} = L_b + 120 \implies L_{pd} = 2978 + 120 \implies L_{pd} = 3098m$$

Pour la classe C4

La Pentés longitudinales des parties dégagée et aménagée 1,5%

La Pentés transversales de la partie aménagée 2,5%

c)-Aires de sécurité d'extrémité de piste :

Une aire de sécurité d'extrémité de piste doit être aménagée à chaque extrémité de la bande de piste.



Figure III.6 : Aire de sécurité d'extrémité de piste.

- Une aire de sécurité d'extrémité de piste doit s'étendre à partir de l'extrémité d'une bande de piste sur une distance aussi grande que possible, mais au moins sur 90 m [19]
- Dans la mesure du possible, une aire de sécurité d'extrémité de piste devrait s'étendre à partir de l'extrémité d'une bande de piste sur une distance d'au moins :

240 m lorsque le chiffre de code est [19]

- La largeur d'une aire de sécurité d'extrémité de piste doit être au moins égale au double de la largeur de la piste correspondante.[26]

$$L_r = 45 \times 2 \quad \longrightarrow \quad L_r = 90\text{m}$$

- Les pentes longitudinales d'une aire de sécurité d'extrémité de piste ne dépassent pas une valeur négative de 5%, donc on a choisis une pente longitudinale de 1,5 % pour l'aire de sécurité de la piste de zenata.
- Les pentes transversales d'une aire de sécurité d'extrémité de piste ne devraient pas dépasser une valeur positive ou négative de 5 %.

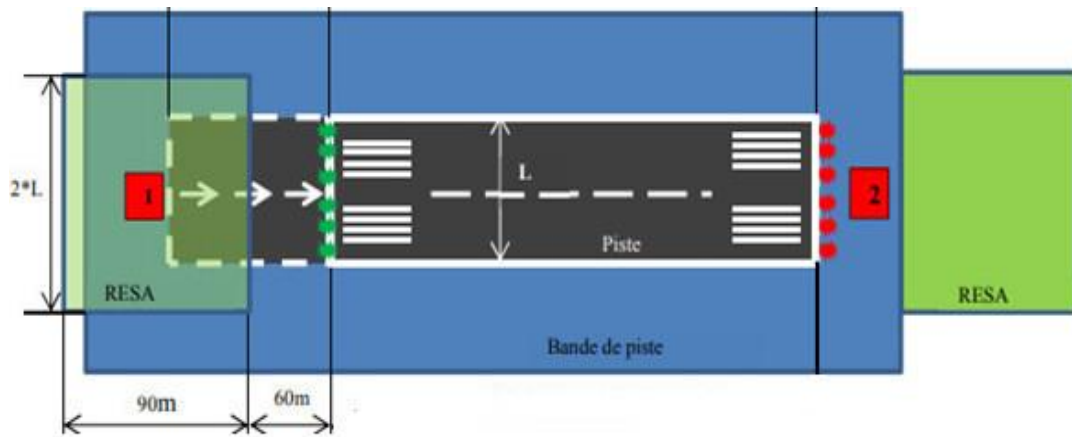


Figure III.7 : Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA) [26].

d)-Voies de circulation:

Les voies de circulation permettent aux avions de relier les entrées – sorties de piste aux aires de stationnement afin d'assurer la sécurité et la rapidité des mouvements des aéronefs à la surface. Elles sont en général parallèles à la piste.

Ces caractéristiques sont également déduites à partir du code de référence de l'aérodrome. Projeté par (annexe n° III. Tableau 3) [9] [10].

Tableau III.6: Voies de relation.

Voie de relation		Voie de desserte		Accotement minimal
largeur	Marge e_R de dégagement	largeur	Marge e_R de dégagement	
18 m	4.5 m	13 m	2 m	7.5 m

- **Calcul de la largeur de la voie de circulation :**

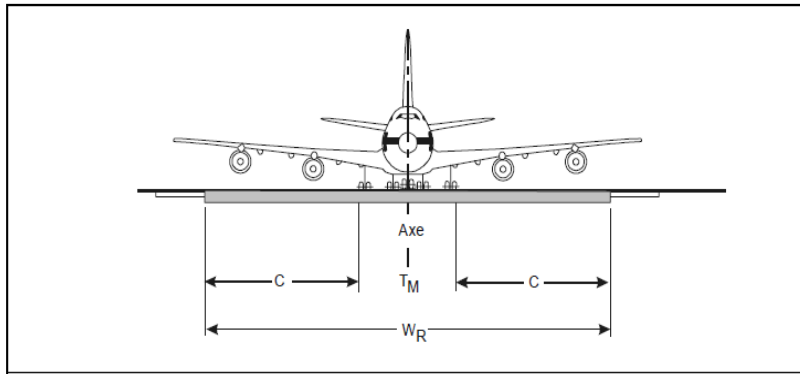


Figure III.8: Géométrie de la largeur de piste [12].

$C = 3\text{m}$ (distance entre les roues extérieure et le bord de la voie de circulation).

$T_M = 7\text{m}$ (largeur hors-tout du train principal ;).

W_R : largeur de piste

$$W_R = T_M + 2C$$

$$W_R = T_M + 2C \quad \Longrightarrow \quad W_R = 13\text{m}$$

D'après la recommandation de l'O.A.C.I on a opté pour une **largeur de 15 m**
(marge de sécurité de 2m)

- ❖ La distance de séparation entre l'axe d'une voie de circulation, d'une part, et l'axe d'une piste ou l'axe d'une voie de circulation parallèle ou un objet, d'autre part est au moins égale à la distance spécifiée sur la (annexe n° **III. Tableau 4**).

f)-Voies de sortie rapide:

Les conditions particulières qui s'appliquent aux voies de sortie rapide sont précisées dans les spécifications [11].

Les conditions générales qui s'appliquent aux voies de circulation s'appliquent également à ce type de voie.

- Une voie de sortie rapide conçue avec une courbe de dégagement de rayon au moins égal à 550m lorsque le chiffre de code est 4, pour permettre des vitesses de sortie sur chaussée mouillée de 93 km/h lorsque le chiffre de code est 4.

- Une voie de sortie rapide doit comporter, après la courbe de dégagement, une section rectiligne d'une longueur suffisante pour permettre aux avions qui dégagent la piste de s'immobiliser complètement avant toute intersection avec une autre voie de circulation.
- L'angle d'intersection d'une voie de sortie rapide avec la piste ne soit pas supérieur à 45° , ni inférieur à 25° , et qu'il soit de préférence, de 30° .

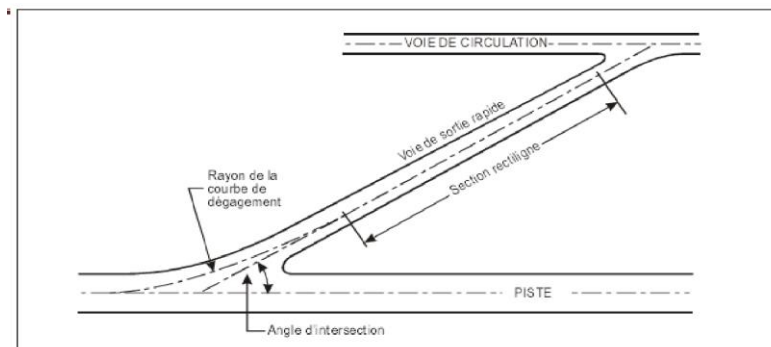


Figure III.9: Voie de sortie rapide [11].

g)-Accotements de voie de circulation:

- Les portions rectilignes d'une voie de circulation, lorsque la lettre de code est C, doivent être dotées d'accotements qui s'étendent symétriquement de part et d'autre de la voie de telle manière que la largeur totale des portions rectilignes de la voie de circulation et de ses accotements ne soit pas inférieure à 25m lorsque la lettre de code est C [11].
- Lorsqu'une voie de circulation doit être utilisée par des avions à turbomachines, la surface de ses accotements doit être traitée de manière à résister à l'érosion et à éviter l'ingestion des matériaux de surface par les moteurs des avions.



Figure III.10: Accotement de voie de circulation [19].

h)-Bandes de voie de circulation:

Une voie de circulation sera comprise dans une bande, sauf s'il s'agit d'une voie d'accès de poste de stationnement d'aéronefs. [11]

- Une bande de voie de circulation s'étend symétriquement de part et d'autre de l'axe de celle-ci, sur toute la longueur de cette voie, jusqu'à une distance de l'axe au moins égale à 26m d'après le annexe (n°III.Tableau 4)[11]
- La bande de voie de circulation présente une aire exempte d'objets susceptibles de constituer un danger pour les avions qu'il'empruntent.
- La partie centrale d'une bande de voie de circulation présente une aire nivelée jusqu'à une distance de l'axe de la voie de circulation d'au moins 12,5m lorsque la lettre de code est C.
- La surface de la bande de voie de circulation soit de niveau avec les bords de la voie de circulation ou des accotements, lorsqu'il en existe, et que la pente transversale montante supérieure de sa partie nivelée ne dépasse pas 2,5% lorsque la lettre de code est C.
- La pente transversale montante ou descendante de toute partie d'une bande de voie de circulation située au-delà de la partie qui doit être nivelée ne dépassera pas 5 % dans la direction perpendiculaire à la voie de circulation.

l)-Dégagement sur les postes de stationnement d'aéronef :

Un poste de stationnement d'aéronefs assure un dégagement minimal de 4,5m lorsque la lettre de code est C par (annexe n° III. Tableau 5), entre un aéronef stationné à ça poste et toute construction voisine, tout aéronef stationné à un autre poste et tout autre objet [11].

La pente maximale d'un poste de stationnement d'aéronef ne doit pas dépasser 1%

Chapitre IV : Etude géotechnique

IV.1 : Introduction.

La Géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la Mécanique des Sols, de la Mécanique des Roches et de la Géologie de l'Ingénieur. La Mécanique des Sols étudie plus particulièrement le comportement des sols sous leurs deux aspects qui sont la résistance[23].

A partir d'essais de laboratoires et in situ de plus en plus perfectionnés, la Mécanique des Sols fournit aux constructeurs les données nécessaires pour étudier les ouvrages de génie civil et assurer leur stabilité en fonction des sols sur lesquels ils doivent être fondés, ou avec lesquels ils seront construits; ceci tant durant la progression des travaux (grands terrassements) qu'après mise en service des ouvrages.

Douze (12) puits ont été creusés d'une profondeur de 1,50m à ciel ouvert en les schématisant par des coupes géotechniques. Dans chaque puits et pour chaque type de couche (tout venant d'oued, terre végétale, sol porteur) les densités in situ et teneur en eau ont été déterminées [23].

Ensuite, Pour chaque puits et pour les couches de terre végétale et du sol porteur, les analyses granulométriques, sédimentométriques, limites d'Atterberg et teneur en matière organique ont été déterminées [23].

Naturellement, comme toujours en matière de Mécanique des Sols, la réalité est différente de la théorie et le sol ne se prête qu'en partie au schéma idéal. Le sol n'est ni homogène ni isotrope, la coupe d'un talus ne caractérise pas l'ensemble d'un déblai ou d'un remblai, l'écoulement des eaux est toujours un peu erratique, irrégulier, le cisaillement en laboratoire diffère du cisaillement en place.

Mais le schéma théorique a dégagé les facteurs les plus importants et va nous permettre d'orienter les études de sol.

Pour estimer la stabilité d'un talus, il faut connaître:

- les caractéristiques géométriques du talus, hauteur, pente, etc. ;
- la disposition des couches de sol, leur répartition et les caractéristiques mécaniques de ces sols ;
- le régime d'écoulement des eaux, avec ou sans drainage.

En ayant ces derniers, on a réussi à tracer une coupe géotechnique sur le long de l'axe de la piste principale, et deux coupes passant par les crevasses

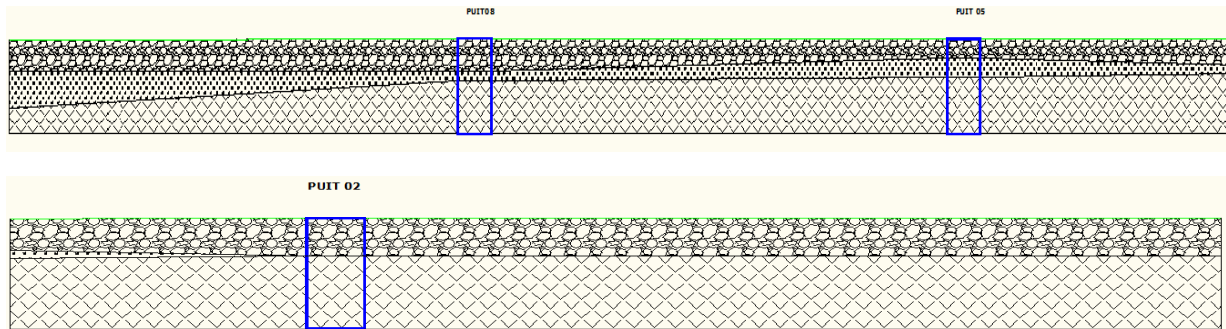


Figure IV.1 : Coupe géotechnique passant par l'axe de la piste principale[23].

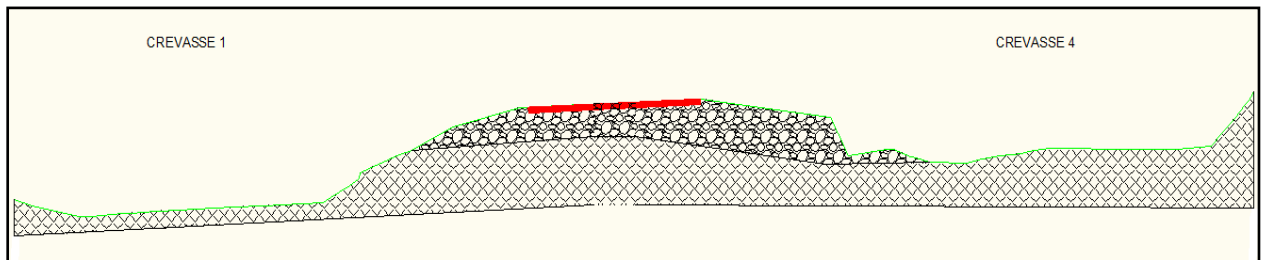


Figure IV.2: Coupe géotechnique passant par les crevasses 1 et 4.

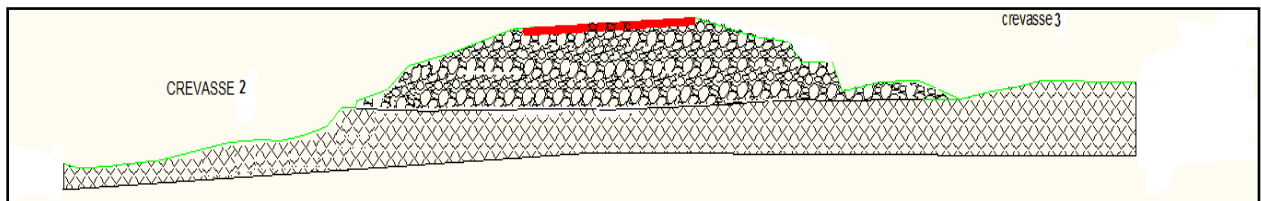


Figure IV.3: Coupe géotechnique passant par les crevasses 2 et 3.

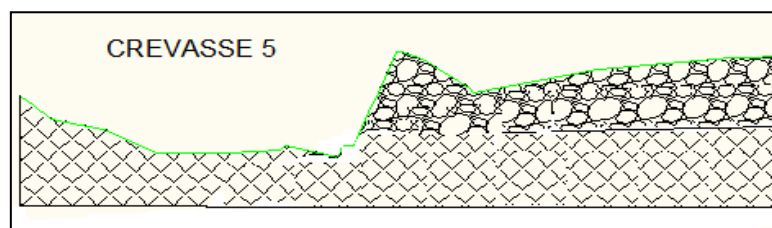


Figure IV.4: Coupe géotechnique passant par la crevasse 5.

IV.2. Coupes descriptives des puits de reconnaissances.

Puits N°01 : Il se situe en dehors de la piste principale.

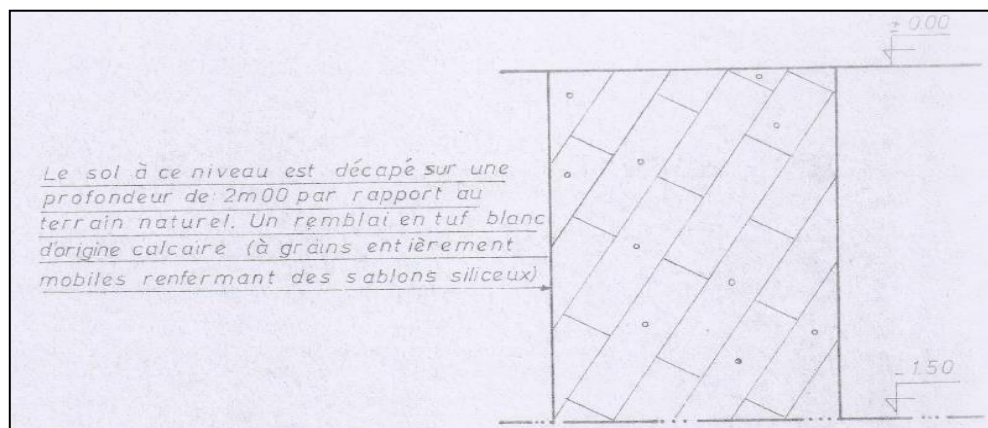


Figure IV.5 : Coupe descriptive puits 01.

[Document laboratoire des travaux publics de l'Oranie LTPO]

Puits N°02 : Il se situe dans la piste principale.

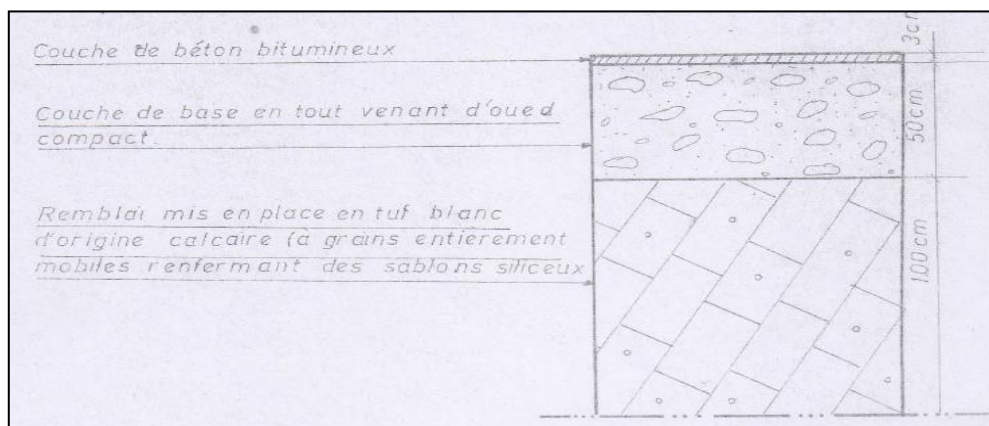


Figure IV.6 : Coupe descriptive puits 02

[Document laboratoire des travaux publics de l'Oranie LTPO]

Puits N°03 : Il se situe dans la piste principale.

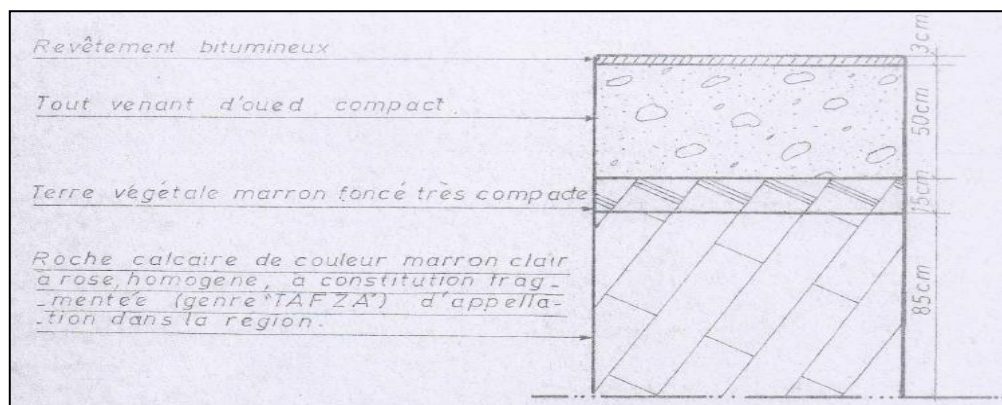


Figure IV.7 : Coupe descriptive puits 03.

[Document laboratoire des travaux publics de l'Oranie LTPO]

Puits N°04 : Il se situe dans la piste principale.

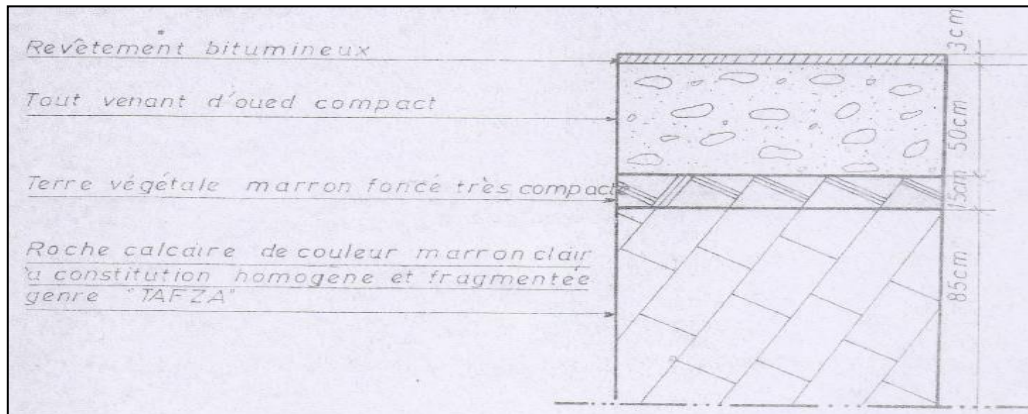


Figure IV.8: Coupe descriptive puits 04.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie LTPO]

Puits N°05 : Il se situe dans la piste principale.

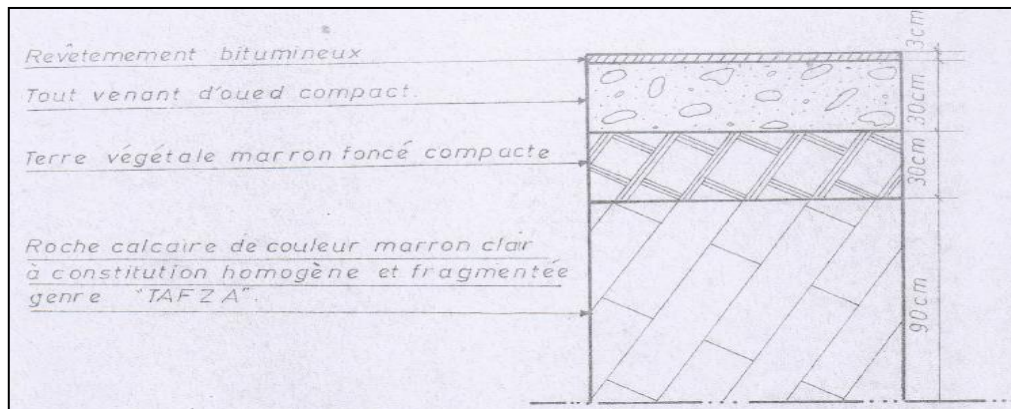


Figure IV.9 : Coupe descriptive puits 05.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie LTPO]

Puits N°06 : Il se situe dans la piste principale.

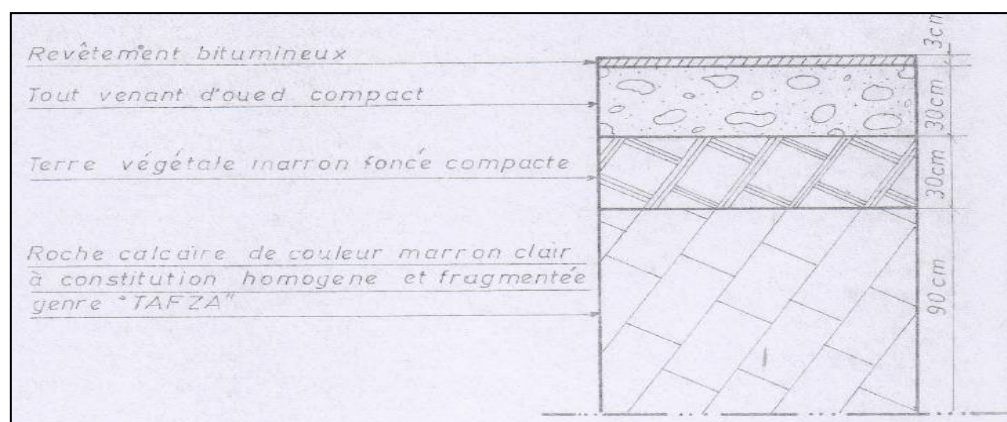


Figure IV. 10: Coupe descriptive puits 06.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie LTPO]

Puits N°07 : Il se situe dans la piste secondaire.

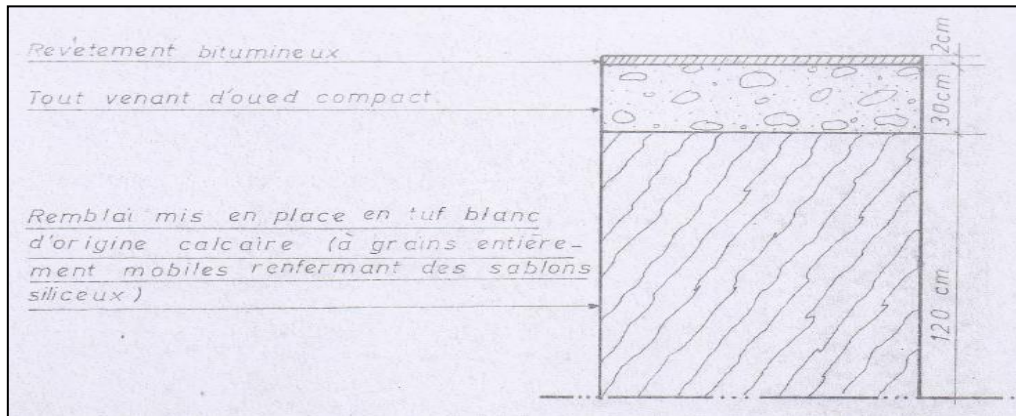


Figure IV.11 : Coupe descriptive puits 07.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie LTPO]

Puits N°08 : Il se situe dans la piste secondaire.

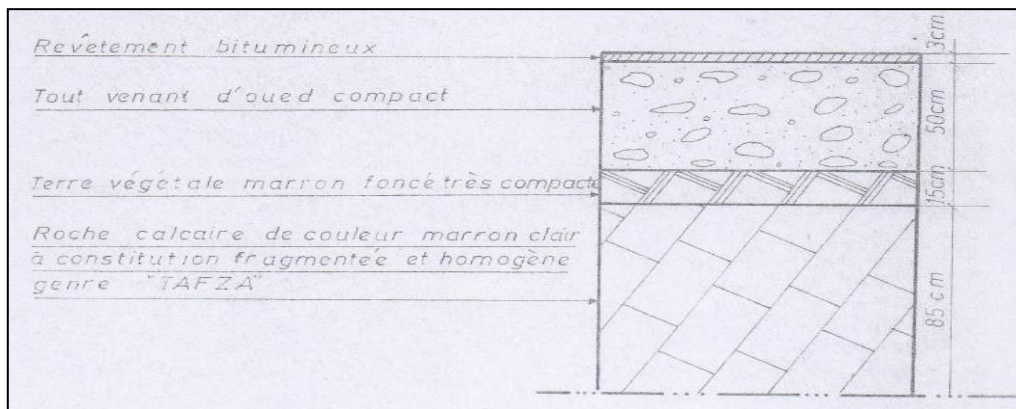


Figure IV.12 : Coupe descriptive puits 08.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie LTPO]

Puits N°09 : Il se situe dans l'aire de stationnement.

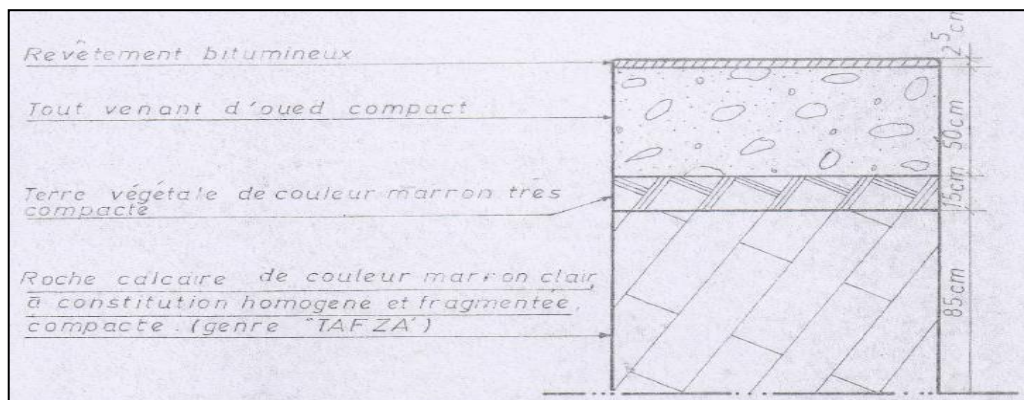


Figure IV.13 : Coupe descriptive puits 09.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie LTPO]

Puits N°10 : Il se situe dans l'aire de stationnement.

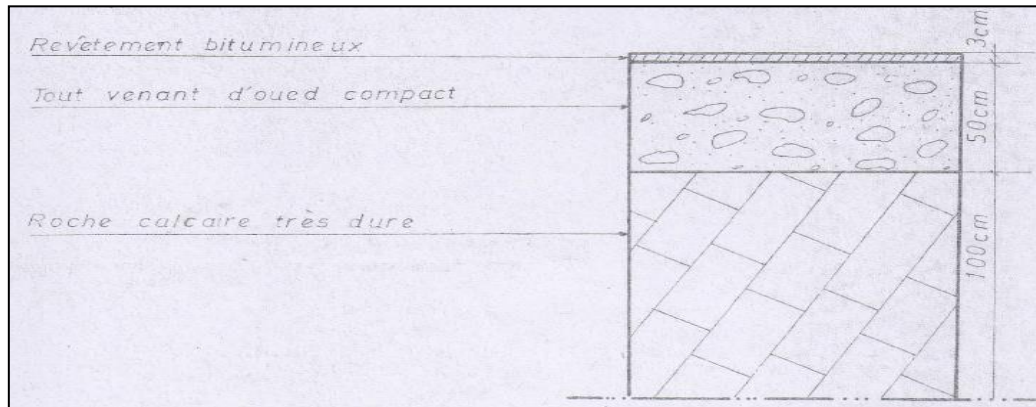


Figure IV.14 : Coupe descriptive puits 10.

[Document laboratoire des travaux publics de l'Oranie LTPO]
N.B : Terre végétale décapée ainsi qu'une épaisseur du sol porteur.

Puits N°11 : Il se situe dans l'aire de stationnement.

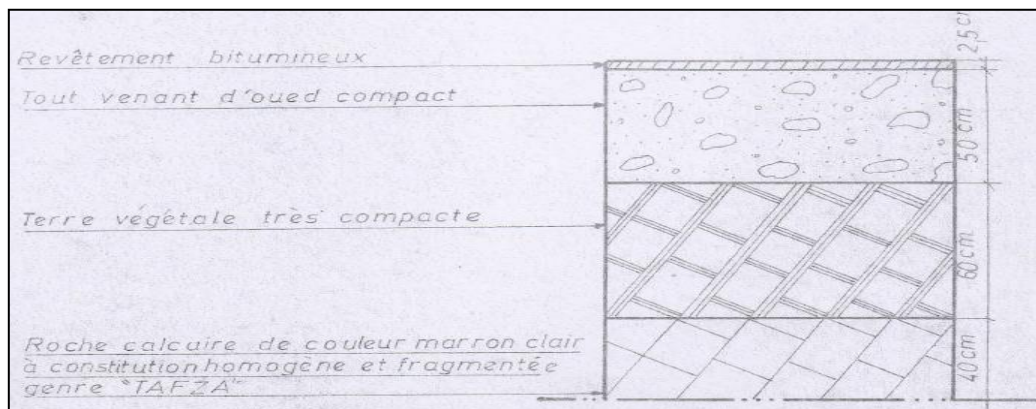


Figure IV.15 : Coupe descriptive puits 11.

[Document laboratoire des travaux publics de l'Oranie LTPO]

Puits N°12 : Il se situe dans l'aire de stationnement.

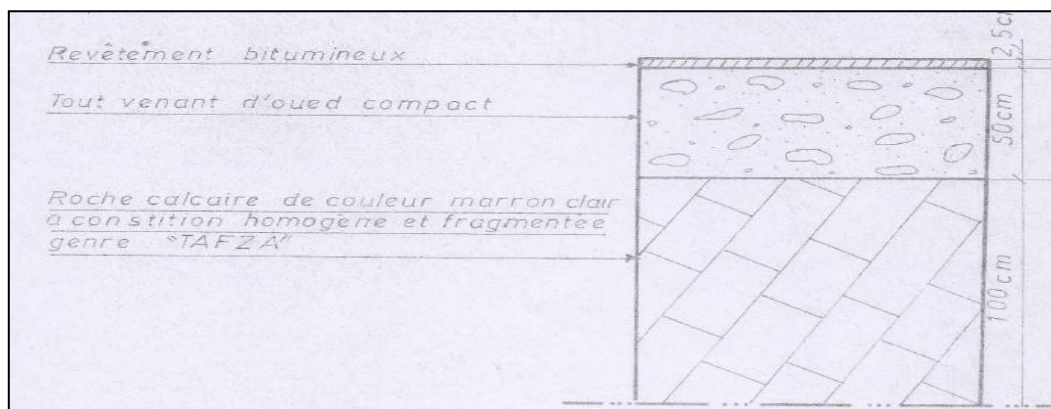


Figure IV.16 : Coupe descriptive puits 12.

[Document laboratoire des travaux publics de l'Oranie LTPO]

N.B : Terre végétale décapée ainsi qu'une épaisseur du sol porteur calcaire.

IV.3 .Caractéristiques physiques.

IV.3 .1. Densité :

Les mesures des densités in situ ont été effectués pour chaque puits et au niveau des trois couches rencontrées et constituant le corps de chaussée.

- Tout venant d'oued (mis en place)
- Terre végétale marron foncée (laissée sur place et compactée)
- Sol porteur (calcaire formant le plateau)

IV.3.2. Analyses granulométriques :

Au niveau de chaque puits, nous donnerons les résultats moyens des densités en place, obtenues pour chaque pour chaque nature de couche énoncée ainsi que leur teneur en eau naturelle correspondantes.

Les résultats ainsi que les variations en pourcentage des éléments constituant chaque couche de sol sont exposés pour chaque puits.

IV.3.3. Limites d'ATTERBERG :

Pour homogénéiser les échantillons utilisés pour les limites d'ATTERBERG, on a procédé à un prélèvement à travers l'ensemble des puits pour un même matériau étudié

- ✚ Faisons observer que pour le tout venant d'oued (matériau pulvérulent), les essais sur les limites n'ont pas été réalisés.

Rappelons qu'au niveau des puits : N°01, N°02, N°07, il a fallu lors de la réalisation de l'aérodrome, charger un peu le sol par du remblai en tuf. Par ailleurs au niveau des puits N°10 et N°12, la terre végétale ainsi qu'une partie du sol porteur d'origine calcaire ont été décapés.

Tableau IV.1 : récapitulatif puits 01

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granulo - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sables	% Gravier	L .Liquid	L .Plasti	I .Plasti
Remblai en tuf	I* 1,21	8.39	48	5	19	28	39.29	25.41	13.88
	II* 1,45	4.33							

I* : essai réalisé à la surface du remblai

II* : essai réalisé à la profondeur =1,50m

γ_d = densité sèche du sol.

W(%) = teneur en eau naturelle.

Tableau IV.2 : récapitulatif puits 02.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granulo - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sables	% Gravier	L .Liquid	L .Plasti	I .Pla
Tout Venant d'oued	1.82	11.92	07	00	30	63	/	/	/
Remblai en tuf	1.96	12.22	19	02	30	63	35.95	27.52	8.43

γ_d : densité sèche du sol.

W(%) = teneur en eau naturelle.

Tableau IV.3 : récapitulatif puits 03

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granulo - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sables	% Gravier	L .Liquid	L .Plas	I .Plas
Tout venant d'oued	1.64	11.69	6	1	45	48	/	/	/
Terre végétale	I*1,73	12.91	67	7	11	15	30.18	16.53	13.65
	II*1,31	15.83							
Sol porteur (terrain calcaire)	III*1.26	14.84	70	6	11	13	38.41	26.14	12.17

I* et III* essai réalisé en dehors du revêtement.

II* essai réalisé à une profondeur de 1,80m.

Tableau IV.4 : récapitulatif puits 04.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sable	% Gravier	L .Liquid	L .Plas	I .Plas
Tout venant d'oued	1.64	14.21	3	3	37	57	/	/	/
Terre végétale	1.53	11.48	64	7	10	19	34.41	23.97	10.44
Sol porteur (terrain calcaire)	1.63	8.26	44	4	16	36	32.64	18.68	13.86

Tableau IV.5 : récapitulatif puits 05.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de materiaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sables	% Gravier	L .Liquid	L .Plasti	I .Plast
Tout venant d'oued	1.83	16.9	5	2	41	52	/	/	/
Terre végétale	1.58	13.7	50	7	26	17	23.19	14.88	8.31
Sol porteur (terrain calcaire)	1.48	15.0	14	4	16	66	32.12	19.62	12.5

Tableau IV.6: récapitulatif puits 06

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de materiaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sables	% Gravier	L .Liquid	L .Plasti	I .Plasti
Tout venant d'oued	1.61	14.08	7	2	36	55	/	/	/
Terre végétale	1.645	10.78	59	7	14	20	35.31	20.59	14.72
	1.56	14.09							
Sol porteur (terrain calcaire)	1.53	10.27	53	6	15	26	34.06	22.26	11.8
	1.5	11.9							

Les essais de densité in situ pour les couches I et III ont été respectivement effectués sur la surface de chaque couche, II et IV ont été effectués aux milieux de ces couches.

Tableau IV.7 : récapitulatif puits 07.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sable	% Grav	L .Liquid	L .Plasti	I .Plas
Tout venant d'oued	1.56	13.62	2	1	29	68	/	/	/
Remblai en tuf	1.61	12.09	13	4	22	61	29.52	21.37	8.15

Tableau IV.8 : récapitulatif puits 08.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sable	% Gravier	L .Liquid	L .Plasti	I .Plasti
Tout Venant d'oued	1.48	8.48	5	3	46	46	/	/	/
Terre végétale	I* 1,45	8.97	55	5	17	23	32.64	21.93	10.71
	II*1,57	10.97							
Sol porteur (terrain calcaire)	III* 1,36	7.97	68	6	8	18	32.44	19.69	12.75
	I*1,42	9.57							

Tableau IV.9 : récapitulatif puits 09.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sables	% Gravier	L . Liquid	L .Plasti	I .Plas
Tout venant d'oued	1.47	9.53	4	2	39	55	/	/	/
Terre végétale	1.61	9.96	44	6	16	34	31.37	21.96	9.41
Sol porteur (terrain calcaire)	1.45	7.64	16	4	13	67	32.52	22.11	10.41

Tableau IV.10: récapitulatif puits 10.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	%Sables	% Gravier	L .Liqui	L .Plasti	I .Plasti
Tout venant d'oued	1.42	7.68	5	3	46	46	/	/	/
Sol porteur (teraincalcaire)	I* 1,54	9.03	68	6	8	18	31.6	19.26	12.34
	II*1,54	10.05							

Tableau IV.11 : récapitulatif puits 11.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sable	% Gravier	L .Liquid	L .Plas	I .Plas
Tout venant d'oued	1.42	7.68	4	2	37	57	/	/	/
Terre végétale	1.46	10.68	43	4	13	40	32.02	22.89	9.13
S.porteur (Terrain calcaire)	12.41	11.91	14	3	12	71	31.95	19.28	12.67

Tableau IV.12 : récapitulatif puits 12.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Couches de matériaux	Densité in situ		Analyse granule - sédimentométrique				Limites d'atterberg.		
	γ_d (t/m ³)	w %	% Argile	% Limon	% Sable	% Gravier	L. Liquid	L. .Plasti	I. .Plast
Tout venant d'oued	1.53	9.33	6	1	34	59	/	/	/
Sol porteur (terrain calcaire)	I* 1,62	8.48	21	3	19	57	30.44	20.47	9.97
	II* 1,62	10.04							

I* essai réalisé à la surface du terrain porteur

II* essai réalisé à la profondeur = 1,50 m du terrain porteur.

IV.3.4. Essais PROCTOR Modifiés.

Les essais Proctor ont été réalisés sur les matériaux constituant les trois couches de la chaussée (tout venant d'Oued, terre végétale et calcaire fragmenté).

Notons que chacun des Proctor modifiés réalisé sur le matériau d'une couche s'est opéré sur un prélèvement de l'ensemble des puits pour cette même couche.

Tableau IV.8 : essai Proctor sur terre végétale.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Matériau	Poids d'eau ajoutée à chaque compactage (%)	Densité sèche maximum(t/m ³)	Teneur en eau optimum(%)
Terre végétale	6 %	1,53	6,25
	8 %	1,61	8,03
	10 %	1,78	10,67
	12 %	1,83	11,55
	14 %	1,73	15,55
	16 %	1,57	19,04

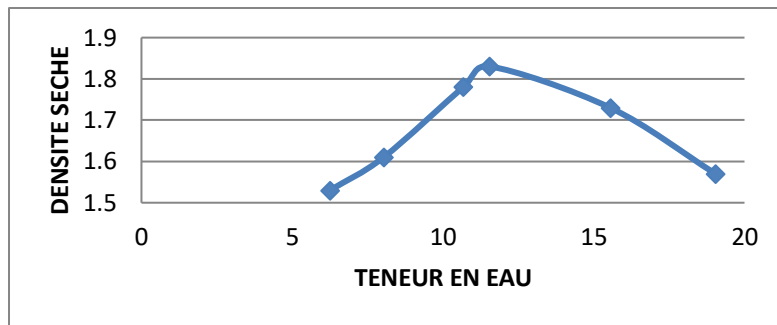


Figure IV.17 : essai Proctor sur terre végétale.

Teneur en eau optimum 11.55 %

Densité sèche maximum 1.83 t/m³

Tableau IV.9 :essai Proctor sur terrain porteur.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Matériau	Poids d'eau ajoutée à chaque compactage (%)	Densité sèche maximum(t/m ³)	Teneur en eau optimum(%)
Sol porteur (calcaire à constitution fragmenté)	6 %	1,67	7,40
	8 %	1,71	8,52
	10 %	1,72	9,09
	12 %	1,73	11,18
	14 %	1,74	14,42
	16 %	1,76	15,99
	18 %	1,63	17,40

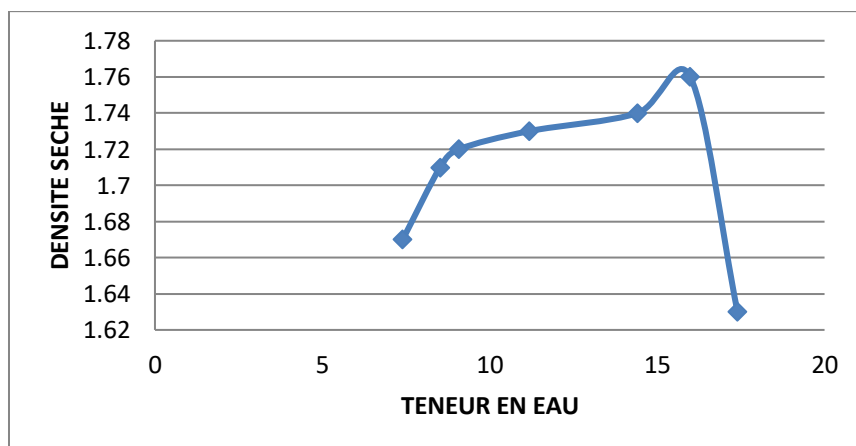


Figure IV.18 :essai Proctor sur terrain porteur.

Teneur en eau optimum 15 %.

Densité sèche maximum 1.80 t/m³.

Tableau IV.10 :essai Proctor sur tout venant d'oued.

[Document laboratoire des travaux publics de l'oranie]

Matériau	Poids d'eau ajoutée à chaque compactage (%)	Densité sèche maximum(t/m^3)	Teneur en eau optimum(%)
Tout venant d'Oued	4 %	2,01	3,83
	6 %	2,14	5,76
	8 %	2,15	7,38
	10 %	2,02	9,80
	/	/	/
	24 %	1,83	12,27

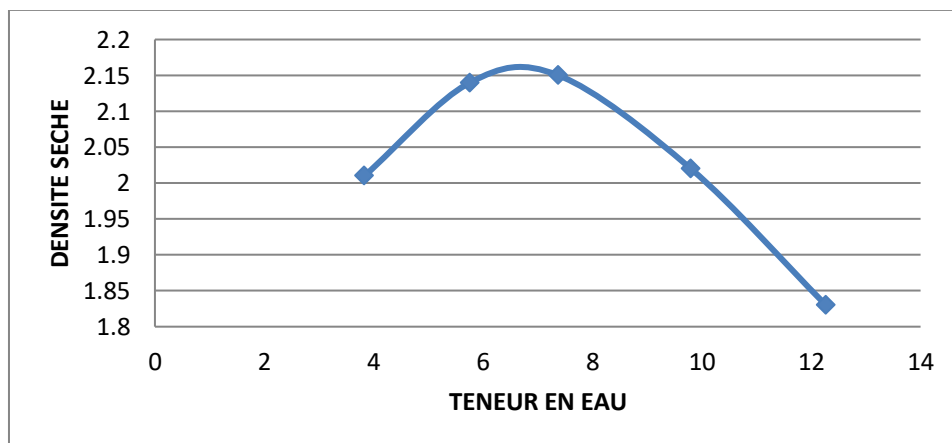


Figure IV.19 :essai Proctor sur tout venant d'oued.

Teneur en eau optimum 7.38 %.

Densité sèche maximum 2.15 t/m^3 .

✚ Par conséquent la valeur moyenne du CBR à adopter pour le calcul est égale à 10.

IV.3.5 : Conclusion.

Il a fallu un levé topographique pour récolter les données existantes sur le terrain naturel (y compris les 5 crevasses) en vue d'une transcription, à l'échelle, d'un plan ou d'une carte à partir des informations obtenues sur le terrain.

Deux opérations conjointes ont été nécessaires le lever planimétrique et le lever altimétrique pour pouvoir situer chaque point suivant trois axes X,Y (plan) et Z (altitude).

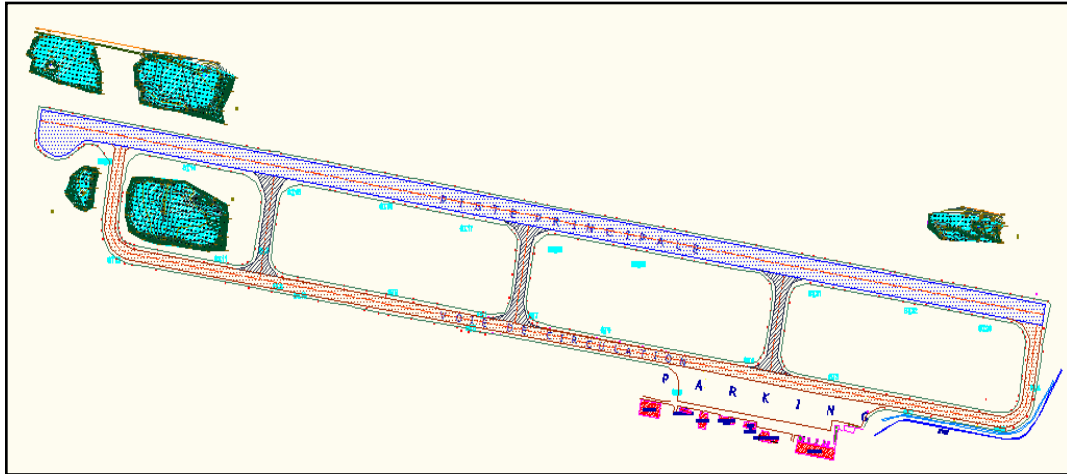


Figure IV.20 : levé topographique de l'aérodrome MESSALI EL HADJ-ZENATA-TLEMCEN.

Nous avons examiné comment, dans des conditions idéales on pouvait, à partir de certaines hypothèses et en suivant des théories cohérentes, calculer un coefficient de sécurité.

Chapitre V : Analyse du contexte actuel des pentes aux
rives de la
piste principale

V.1 : Introduction.

Ce chapitre explique la théorie utilisée dans le développement de SLOPE / W. Les variables utilisées sont d'abord définies, suivie d'une brève description de la méthode d'équilibre limite générale (GLE). Les équations correspondantes sont dérivées, y compris l'équation de la force normale de base et le facteur de sécurité d'équations. Elle est suivie d'une section décrivant la procédure itérative adoptée pour résoudre le facteur d'équations non linéaires de sécurité. L'attention est alors portée aux aspects de la théorie liées aux sols avec négatifs pressions d'eau interstitielle.

SLOPE/W résout deux équations facteur de sécurité; un équilibre satisfaisant vigueur et un moment d'équilibre satisfaisant. Toutes les méthodes couramment utilisées de tranches peut être visualisée comme des cas particuliers de l'équilibre limite générale (GLE) solution.

SLOPE/W est l'un des programmes intégrés dans la fenêtre du Geostudio 2018 et qui est basée sur la théorie de l'équilibre limite dans les calculs du coefficient de sécurité des pentes.

L'élaboration de ce programme permet d'analyser facilement à la fois des problèmes simple et complexe de stabilité de pente en utilisant une variété de méthodes pour calculer le coefficient de sécurité.

Les géotechniciens calculent par habitude le facteur de sécurité pour évaluer la stabilité des pentes en utilisant les méthodes déterministes malgré les différences entre les résultats obtenus-le facteur de sécurité, la surface hypothétique de glissement, mais l'analyse de la stabilité des pentes obtenue par la méthode d'équilibre limite calcule le facteur de sécurité en se basant sur un ensemble fixe de conditions et de paramètres matériels.

. La stabilité de l'ensemble est donc liée à celle de la bande considérée.

Les méthodes de calcul consistent à rechercher la surface le long de laquelle le coefficient de sécurité F est le plus faible.

- si $F < 1,5$: la surface est inévitable,
- si $F = 1,5$: le massif est en état d'équilibre limite,
- si $F > 1,5$: le milieu est en équilibre et le massif sera stable si le coefficient atteint un chiffre fixé à l'avance compte-tenu de la nature de l'ouvrage et des conséquences que pourrait entraîner la rupture.

V.2 .Caractéristiques géotechniques du sol pour chaque crevasse.

V.2.1.Crevasse 1 :

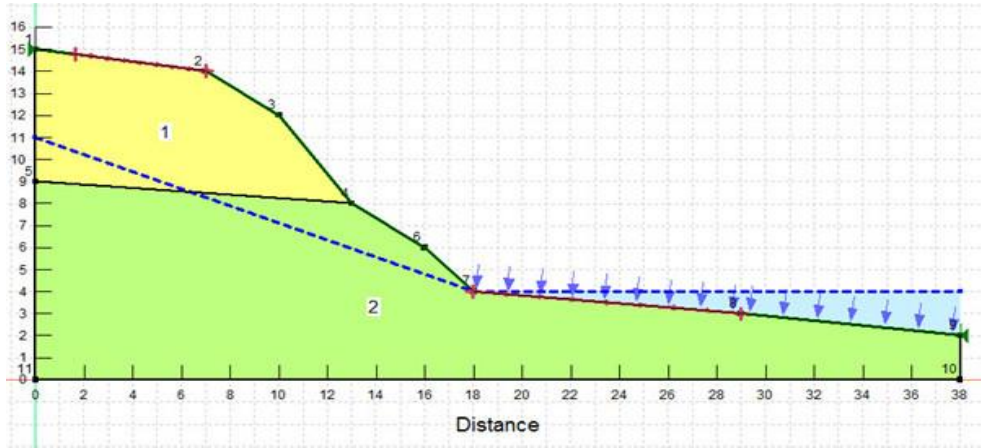


Figure V.1: caractéristiques géométriques – crevasse 1.

Tableau V.1: paramètres géotechniques – crevasse 1.

	(1) tout venant d'oued compact	(2) tuf blanc d'origine calcaire
Densité sèche γ_d (t/m ³)	1,64	1,31
teneur en eau ω (%)	11,69	15,83
Densité humide γ_h (kN/m ³)	15,52	15,56
cohésion C (Kpa)	5	18
angle de frottement ϕ (degré)	10	20

V.2.2. Crevasse 2 :

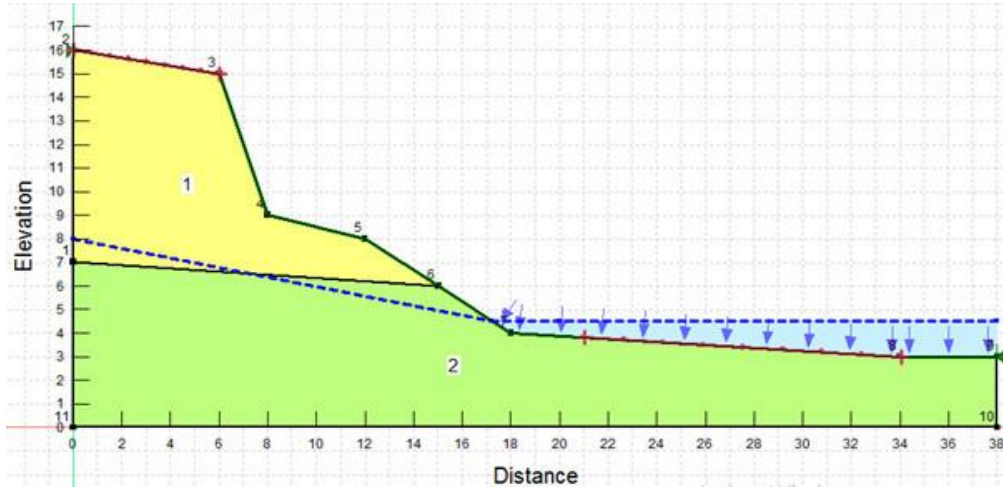


Figure V.2: caractéristiques géométriques – crevasse 2.

Tableau V.2 : paramètres géotechniques – crevasse 2.

	(1) tout venant d'oued compact	(2) tuf blanc d'origine calcaire
Densité sèche γ_d (t/m ³)	1,82	1,96
teneur en eau ω (%)	11,92	12,22
Densité humide γ_h (kN/m ³)	20,66	22,33
cohésion C (Kpa)	5	18
angle de frottement ϕ (degré)	10	20

V.2.3. Crevasse 3 :

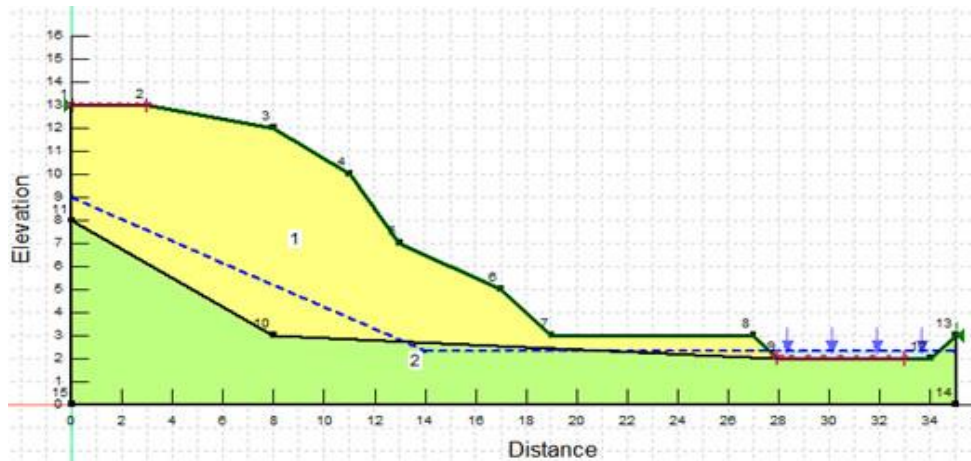


Figure V.3 : caractéristiques géométriques – crevasse 3.

Tableau V.4 : paramètres géotechniques – crevasse 3.

	(1) tout venant d'oued compact	(2) tuf blanc d'origine calcaire
Densité sèche Υ_d (t/m ³)	1,64	1,26
teneur en eau ω (%)	11,69	14,84
Densité humide Υ_h (kN/m ³)	18,57	14,80
cohésion C (Kpa)	5	18
angle de frottement ϕ (degré)	10	20

V.2.4. Crevasse 4 :

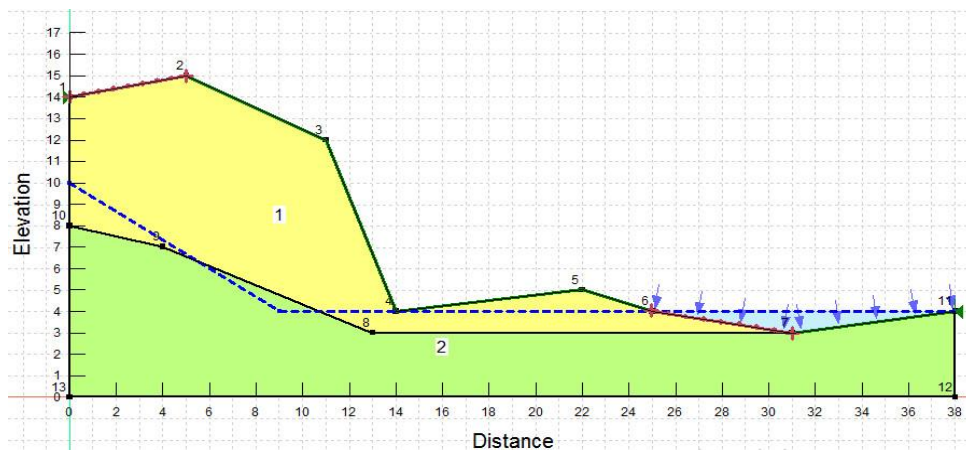


Figure V.5: caractéristiques géométriques – crevasse 4.

Tableau V.3: paramètres géotechniques – crevasse 4.

	(1) tout venant d'oued compact	(2) tuf blanc d'origine calcaire
Densité sèche γ_d (t/m ³)	1,62	1,63
teneur en eau ω (%)	14,21	8,26
Densité humide γ_h (kN/m ³)	18,88	17,76
cohésion C (Kpa)	5	18
angle de frottement ϕ (degré)	10	20

V.2.5. Crevasse 5 :

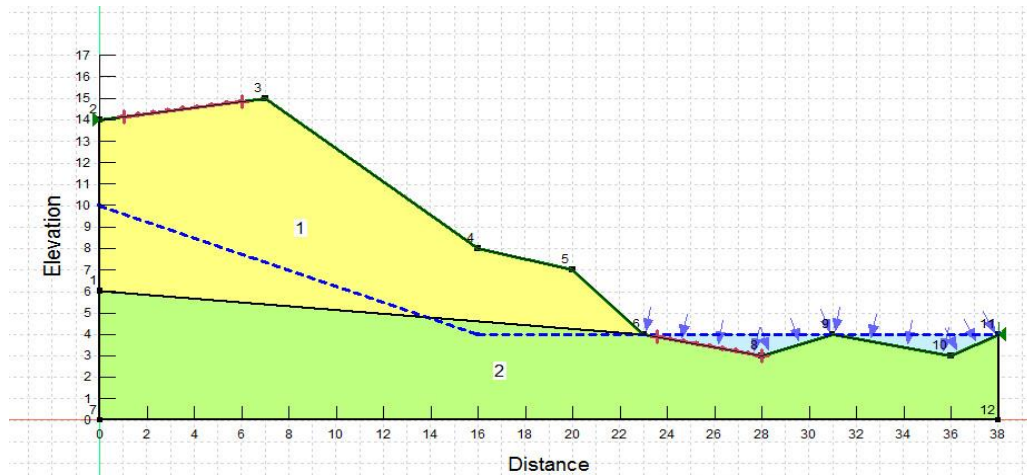


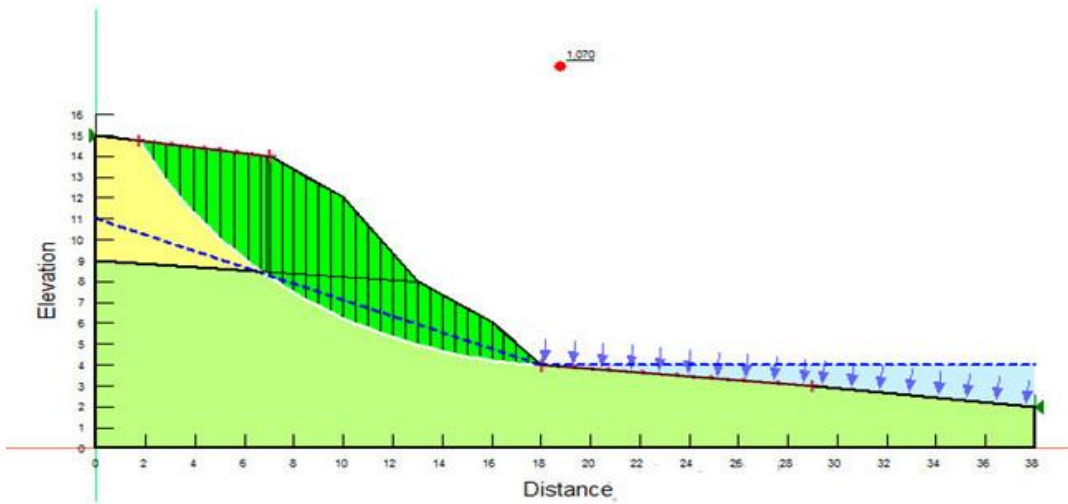
Figure V.6: caractéristiques géométriques – crevasse 5.

Tableau V.4: paramètres géotechniques – crevasse 5.

	(1) tout venant d'oued compact	(2) tuf blanc d'origine calcaire
Densité sèche γ_d (t/m ³)	1,53	1,62
teneur en eau ω (%)	9,33	10,04
Densité humide γ_h (kN/m ³)	16,87	18
cohésion C (Kpa)	5	18
angle de frottement ϕ (degré)	10	20

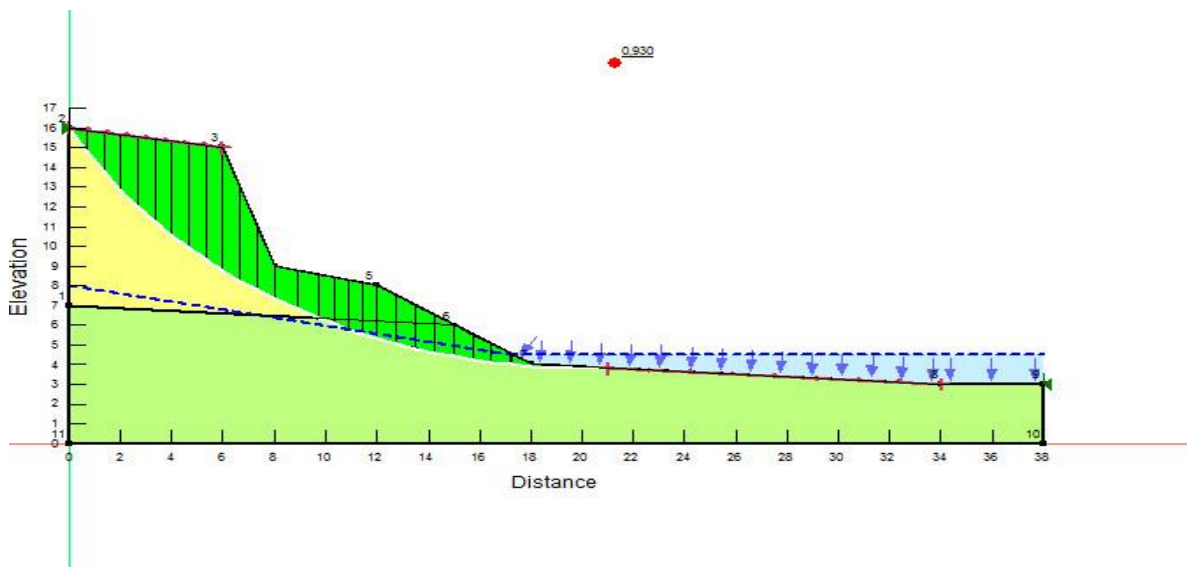
V.3.1. Calculs de stabilité du terrain (méthode de Morgenstern-Price) :

Nous calculons le coefficient de sécurité pour un nombre suffisant de cercles. Le coefficient de sécurité réel du talus est celui qui correspond au cercle donnant la valeur minimale de F_s . (cercle critique).



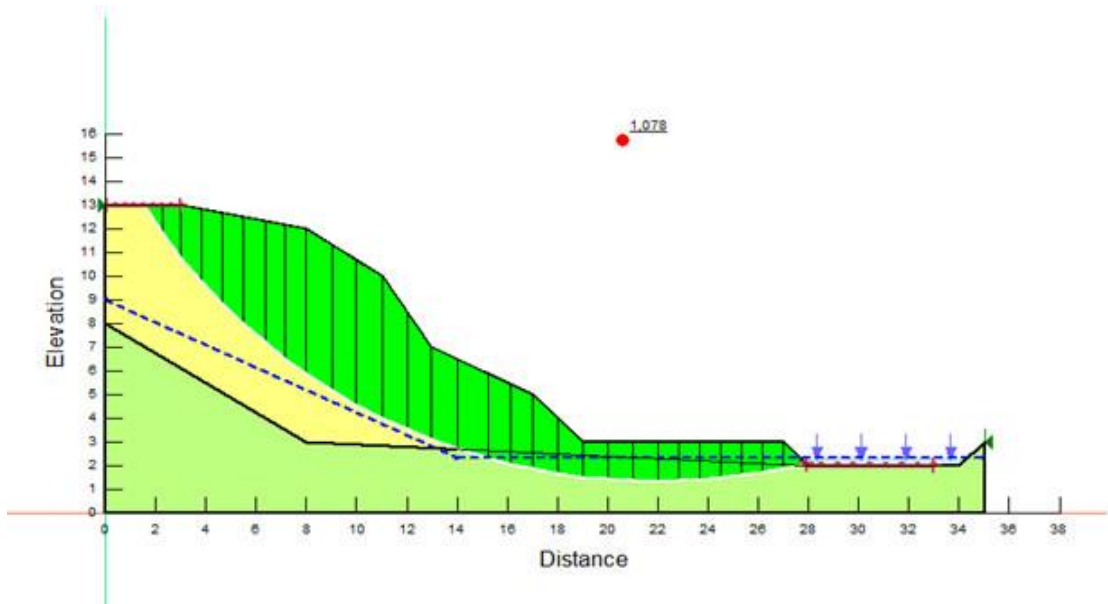
$$F_s = 1,070 < 1,5$$

Figure V.7: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 1.



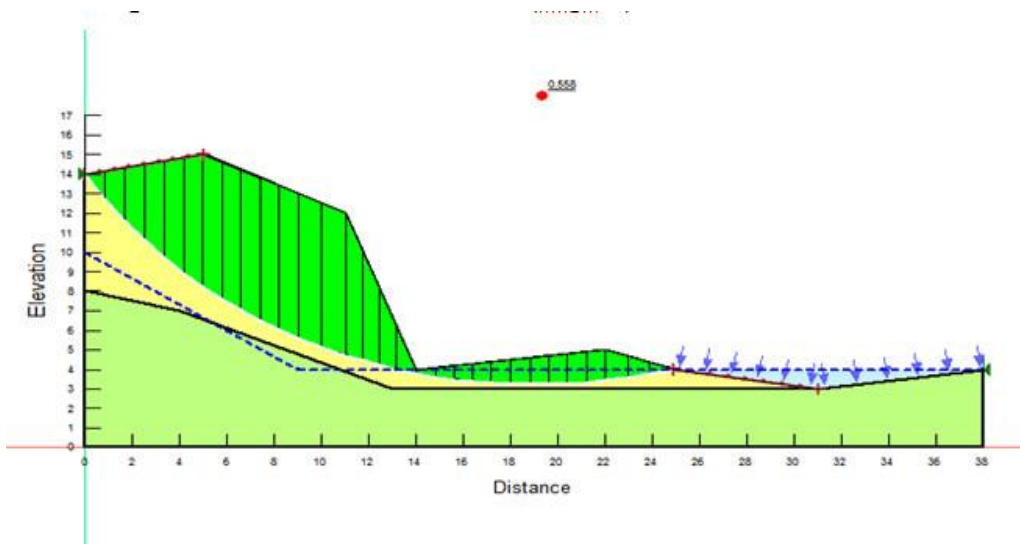
$$F_s = 0,93 < 1,5$$

Figure V.8: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 2.



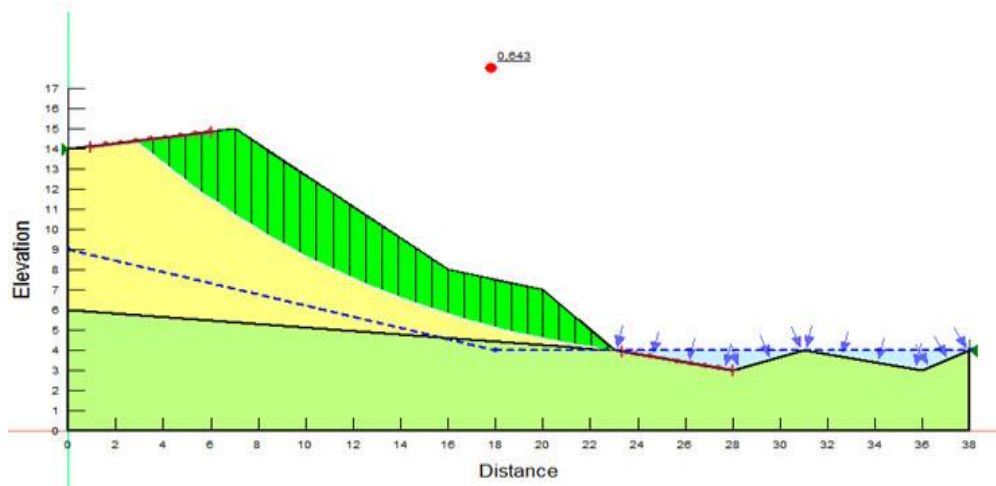
$F_s = 1,078 < 1,5$

Figure V.9: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 3.



$F_s = 0,588 < 1,5$

Figure V.10: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 4.



$F_s = 0,643 < 1,5$

Figure V.11: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 5.

V.4. Solution proposée.

Pour maintenir le sol en place, on a construit des remblais en matériaux qui présentent de meilleures caractéristiques le long de la pente du terrain.

C'est une masse de terre que l'on déplace pour surélever un terrain ou boucher un trou.

Caractéristiques du remblai : TUF BLANC D'ORIGINE CALCAIRE COMPACT.

Densité humide γ_h (kN/m ³)	15
Cohesion C (Kpa)	23
angle de frottement ϕ (degré)	28

On effectue un remblai suivant la largeur de 150 m de part et d'autre de la piste principale.

V.4.1 .Photos du terrain après mise en œuvre du remblai :



Figure V.12 : crevasse 3 après remblaiement.



Figure V.13 : crevasse 4 après remblaiement.



Figure V.14 : crevasse 5 après remblaiement.

V.4.2 .Caractéristiques géotechniques du sol pour chaque crevasse après la Solution proposée.

V.4.2.1 Crevasse 1 :

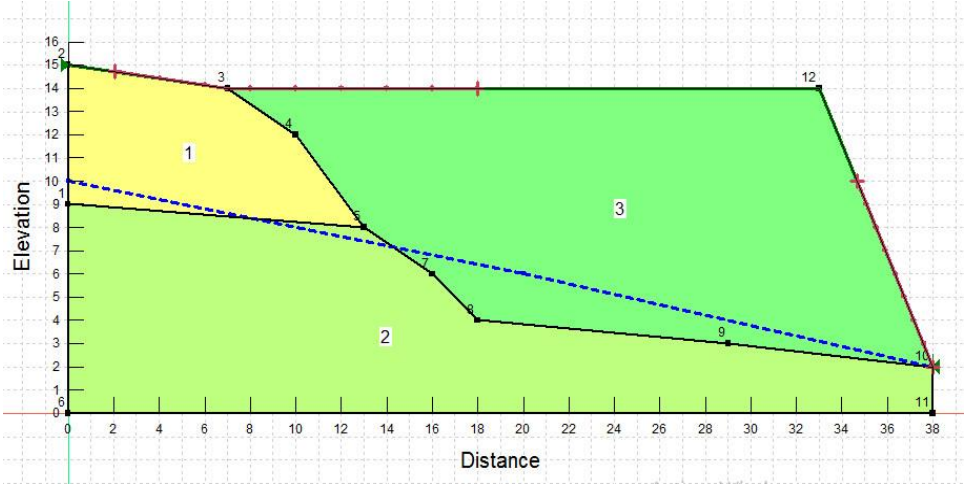


Figure V.15: caractéristiques géométriques – crevasse 1.

V.4.2.2 Crevasse 2 :

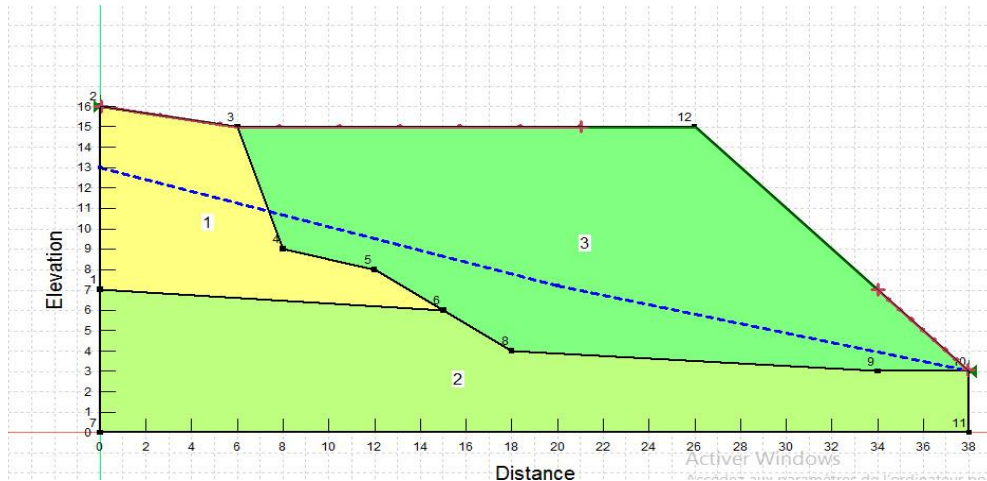


Figure V.16: caractéristiques géométriques – crevasse 2.

V.4.2.3 Crevasse 3 :

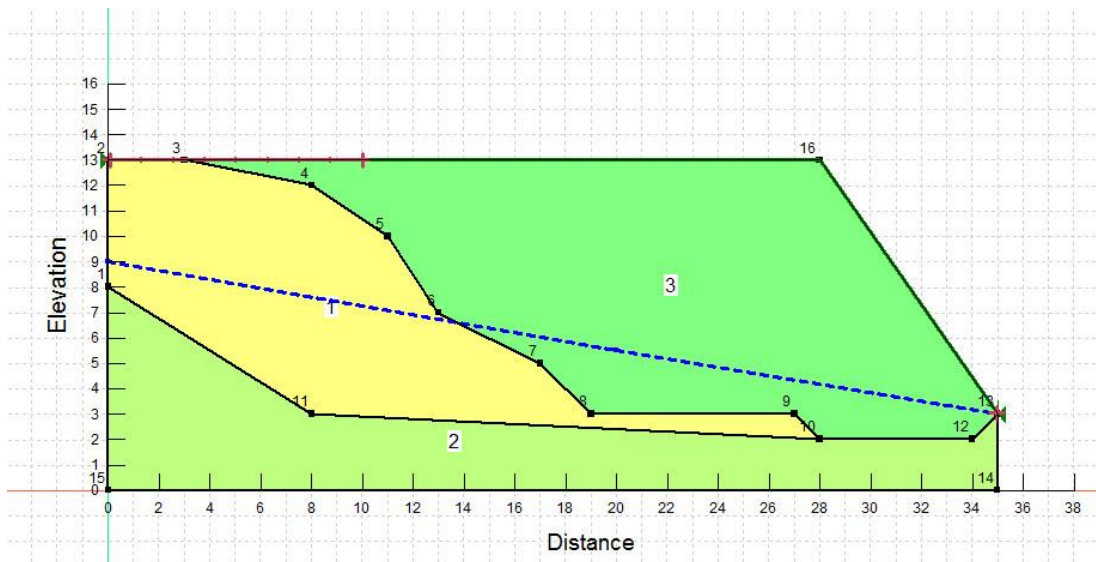


Figure V.17: caractéristiques géométriques – crevasse 3.

V.4.2.4 Crevasse 4 :

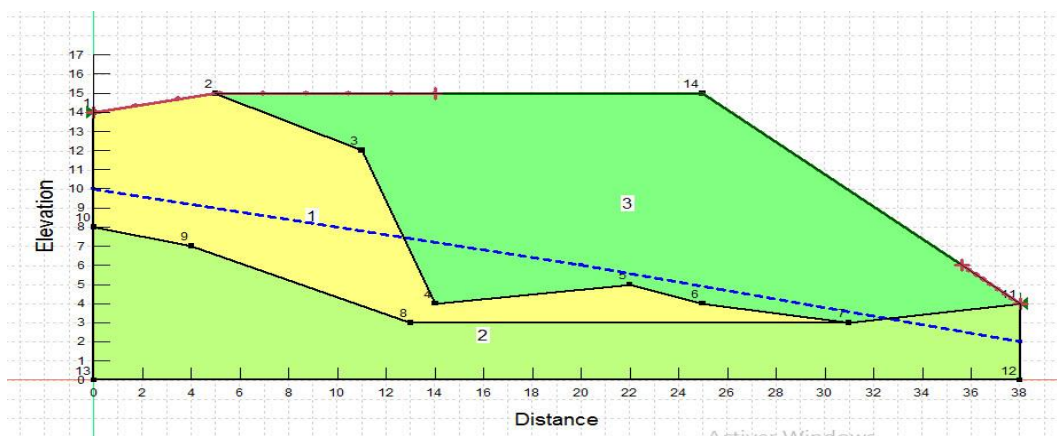


Figure V.18: caractéristiques géométriques – crevasse 4.

V.4.2.5 Crevasse 5 :

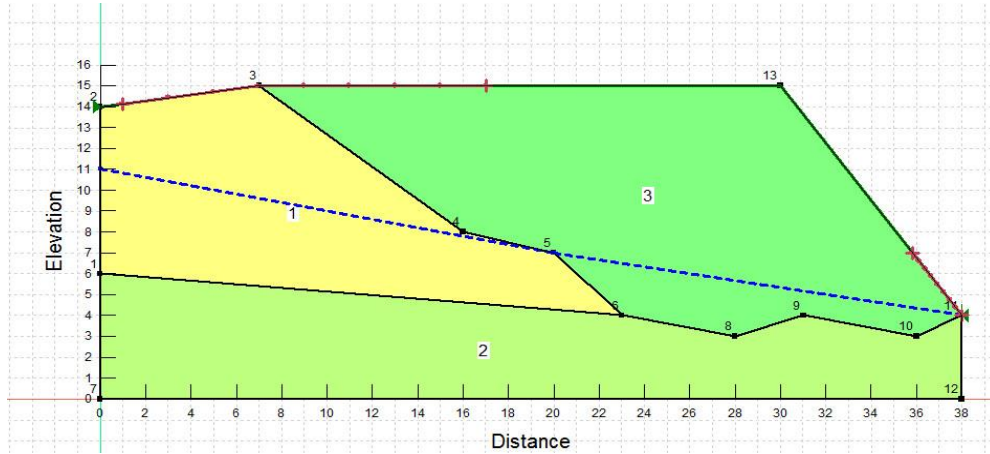
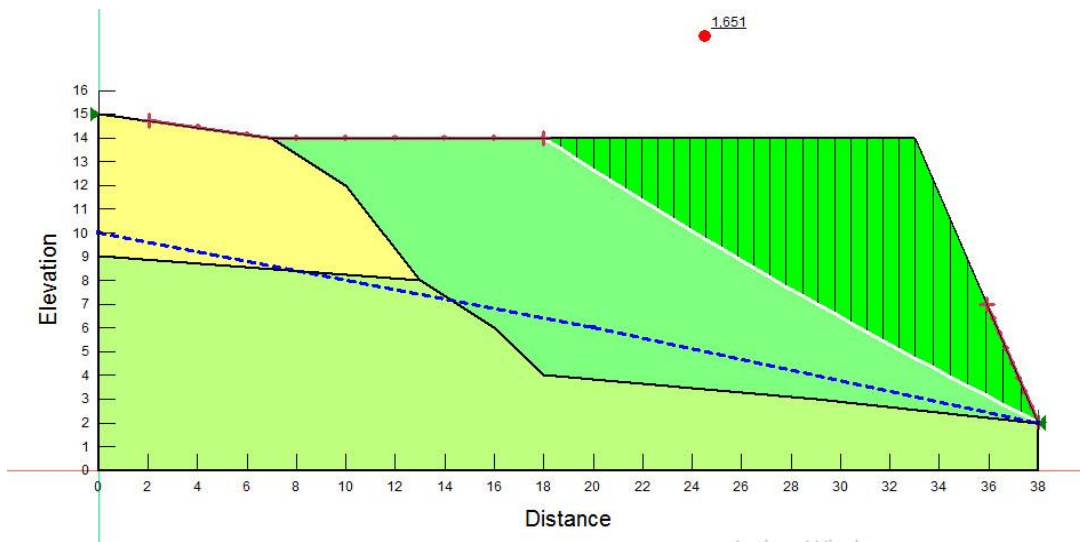


Figure V.19: caractéristiques géométriques – crevasse 5.

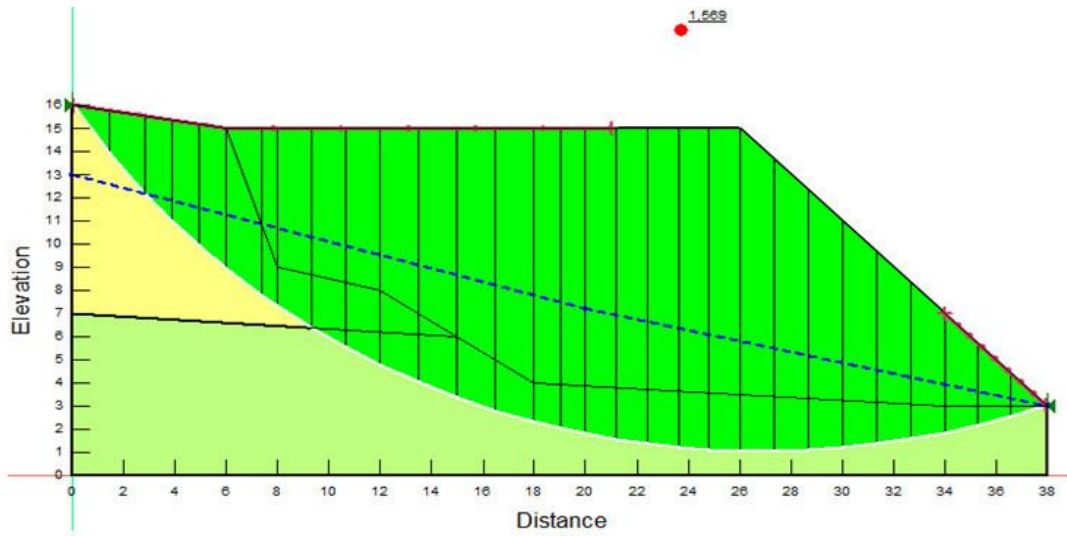
V.5. Calculs de stabilité du terrain après remblaiement (méthode de Morgenstern-Price) :

Nous calculons encore une fois, en rajoutant la couche de tuf blanc d'origine calcaire compact, le coefficient de sécurité pour un nombre suffisant de cercles.



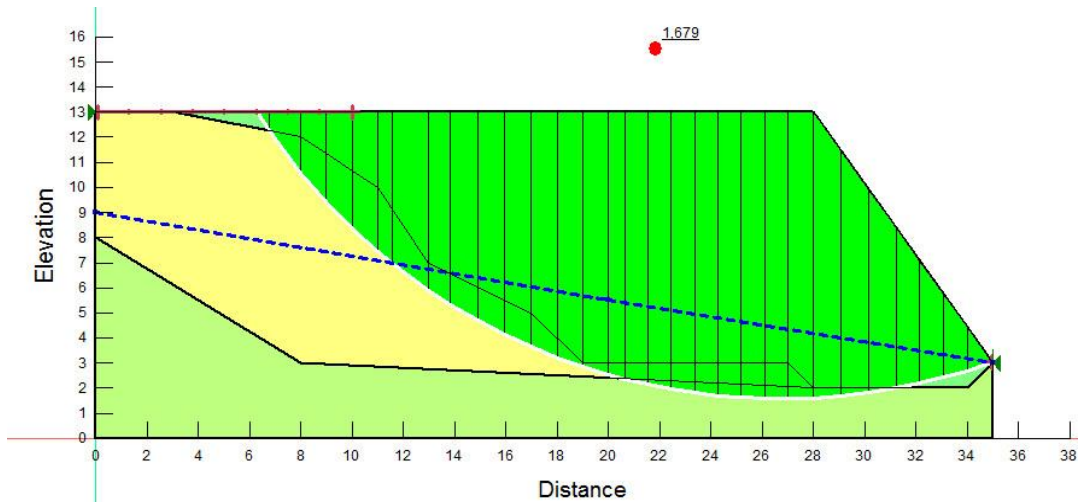
$F_s = 1,651 > 1,5$

Figure V.20: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 1.



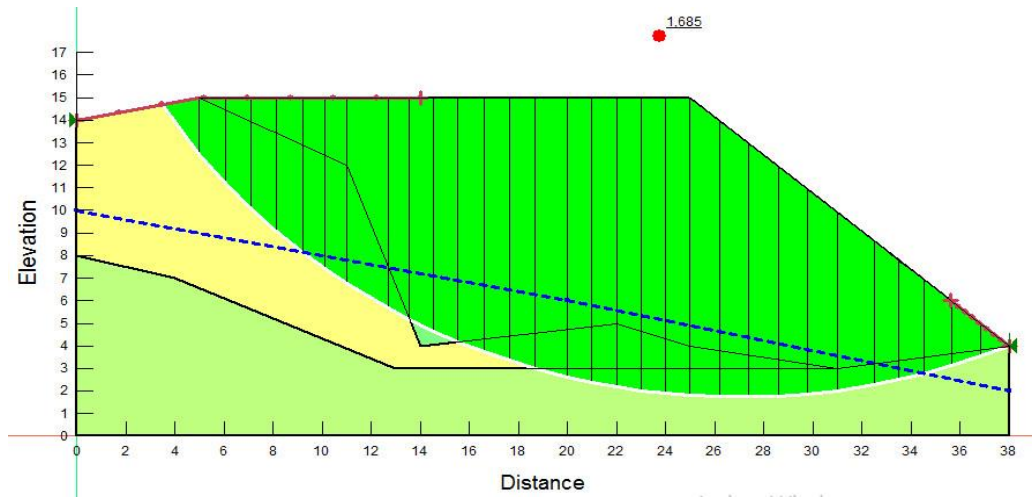
$F_s = 1,569 > 1,5$

Figure V.21: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 2.



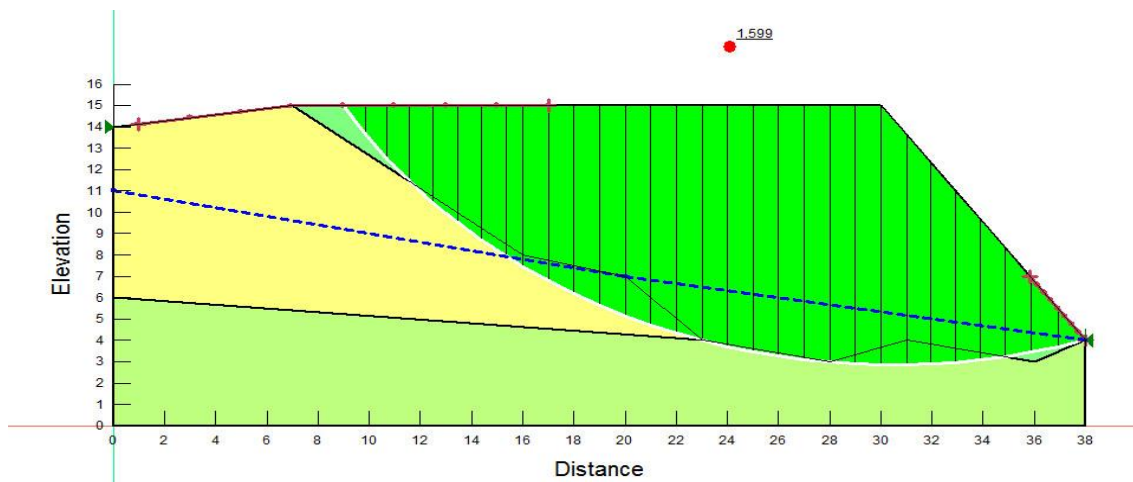
$F_s = 1,679 > 1,5$

Figure V.22 : résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 3.



$$F_s = 1,685 > 1,5$$

Figure V.23: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 4.



$$F_s = 1,599 < 1,5$$

Figure V.24: résultat calcul stabilité (slope/w) – crevasse 5.

V.6. Conclusion.

Les coefficients de sécurité sont supérieurs à 1,5 ce qui implique que notre terrain est devenu stable, et que les versants des crevasses n'ont pas de risque de glissement du côté de la piste principale.

D'autant plus que maintenant le terrain répond à la norme internationale des aéroports qui exige un terrain plat et uniforme à 150m de part et d'autre de l'axe de la piste principale.

CHAPITRE VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.1. Généralité:

Les chaussées aéronautiques doivent présenter des qualités d'usage identiques à celles des chaussées routières mais elles supportent des sollicitations très variables tant en intensité qu'en nombre (selon les zones de circulation et de manœuvre, et selon l'importance des aérodromes). Cette différence de conception se traduit principalement par un choix différent des caractéristiques des constituants et de formulation, ainsi que par une adaptation des modalités de mise en œuvre et de contrôle [4].

VI.2. Structure des chaussées aéronautiques:

Comme la pression dans la couche granulaire décroît régulièrement en profondeur, on peut constituer une chaussée par la superposition de couches de caractéristiques mécaniques croissantes [4].

En général on rencontre les couches suivantes à partir du sol :

- Couche de forme : afin d'améliorer et d'uniformiser la portance du sol, on est amené à interposer entre le sol support et les couches de chaussées, un élément de transition qui peut être constitué soit de matériaux grenus roulés ou concassés, soit de matériaux traités au liants hydrauliques. On l'appelle couche de forme, elle peut servir aussi au nivellement et assure la traficabilité du chantier.
- Une sous couche : qui joue un rôle anticapillaire et anti contaminant.
- Couche de fondation : assure un support à la couche de base et permet son bon compactage, elle participe à la répartition des contraintes sur le sol support.
- Couche de base : apporte à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour reprendre les charges verticales induites par le trafic. Elle répartie les pressions sur le sol support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles

Il est conseillé d'utiliser des matériaux hydrocarbonés pour la couche de base

Elle constitue aussi une bonne assise pour la couche de surface

- Couche de roulement ou de surface : généralement constituée d'un béton bitumineux aéronautique de granulométrie 0/10 0/14, continu ou discontinu. La qualité première recherchée pour une couche de surface est l'imperméabilisation optimale de la chaussée puis un bon uni et la rugosité. Elle joue aussi un rôle structurel.

VI.3. Types de chaussées aéronautiques:

On distingue principalement deux types de chaussées : les chaussées souples et les chaussées rigides. Par le jeu des renforcements successifs, plusieurs cas complexes pourront se présenter (couches bitumineuses sur dalle en béton, structures inverses, superposition de dalle de béton), mais dans le cadre de ce cours ne seront présentées que les deux grands types de chaussée [9][10].

VI.3.1. Chaussée Rigides:

Une chaussée rigide est constituée par un ensemble de dalles en béton hydraulique séparées par des joints et reposant sur une fondation en béton maigre ou en grave ciment ayant elle-même pour fonctions :

- ✓ D'assurer la continuité de l'appui des dalles au droit des joints,
- ✓ De contribuer à la protection contre le gel du sol support,
- ✓ De s'opposer au pompage des fines au droit des joints.

Les avantages reconnus à ces chaussées sont:

- Elles ne nécessitent que peu d'entretien si ce n'est au niveau des joints,
- Elles résistent aux solvants et à la chaleur,
- Elles ont une teinte claire propice au maintien de la propreté et à la visibilité
- Elles sont de plus faible épaisseur, cet argument pouvant être déterminant lorsque la nappe phréatique est peu profonde.

La rupture de la chaussée s'amorcera en premier lieu dans la dalle par excès de contraintes.

Il est usuel de classer les chaussées en béton selon la façon dont sont localisées et éventuellement traitées les discontinuités associées aux retraits de prise et thermique du béton en:

1. Chaussées à dalles courtes non armées non goujonné
2. Chaussée à dalles courtes non armés goujonnées
3. Chaussée en béton armé continu.

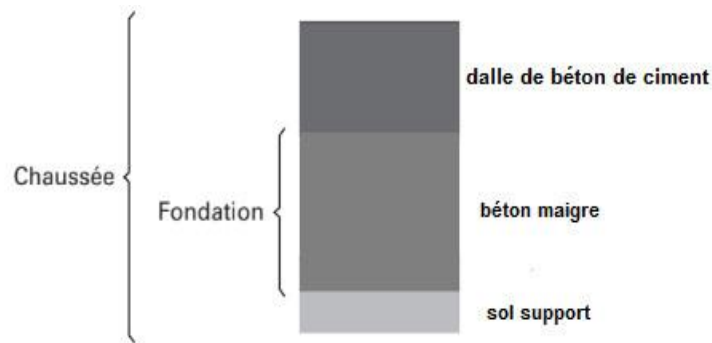


Figure VI. 1: Corps de chaussée rigide.

VI.3.2. Chaussée souple:

On appelle chaussées souples, les chaussées constituées principalement de couches de matériaux traités aux liants hydrocarbonés (matériaux bitumineux) qui reposent sur des couches de matériaux non traités. Le dimensionnement de ce type de chaussées est basé sur l'hypothèse que l'endommagement de la chaussée proviendrait de la rupture du sol support.

Elle a pour avantages :

- De ne pas comporter de joints constituant autant de points faibles,
- D'être très aisément réparables,
- De pouvoir tout aussi facilement être renforcées par apport de matériaux supplémentaires.

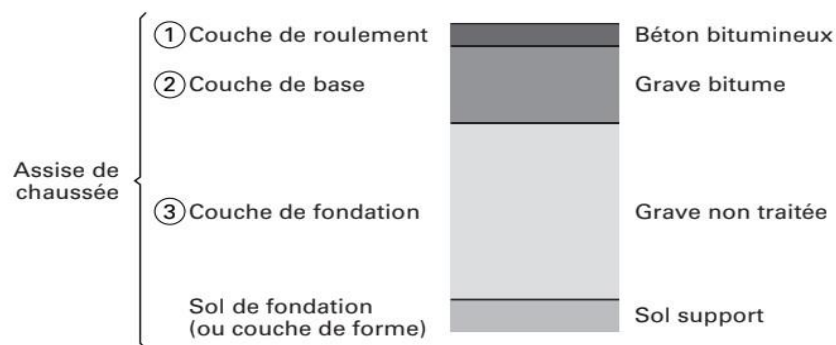


Figure VI. 2: Corps de chaussée souple.

VI.4. Choix d'un type de chaussée:

Le choix du type de chaussées résulte de considérations techniques et économiques.

- **La chaussée rigide**, dont le renforcement est toujours difficile et coûteux, convient plutôt mieux aux aérodromes à fort trafic qui sont obligés d'avoir des pistes dimensionnées pour un trafic très important et qui disposent d'une deuxième piste permettant de délester la première durant les travaux de renforcement. Ce type de revêtement convient également mieux sur les aires recevant de fortes contraintes de poinçonnement (postes de stationnement des avions gros porteurs) et sur certaines aires militaires sur lesquelles un revêtement hydrocarboné serait exposé au risque de brûlure sous l'effet du dégagement des gaz des réacteurs d'avions militaires (phase de postcombustion sur les seuils de piste ou roulage à faible vitesse).

- **La chaussée souple** est plus économique, plus facile à renforcer et bien adaptée aux faibles trafics : elle peut être conçue relativement mince

Pendant les premières années de fonctionnement de l'aéroport, puis être renforcée au fur et à mesure de l'apparition d'avions plus lourds ou de l'augmentation du trafic.

VI.5. Dimensionnement des chaussées:

VI.5.1 .Caractéristiques utiles pour le dimensionnement des aérodromes:

➤ **La masse des avions:**

Parmi les masses remarquables fournies par les constructeurs d'avions et dont la connaissance est utile pour le dimensionnement figurent :

- La masse maximale au roulage.
- La masse maximale au décollage.
- La masse maximale à l'atterrissage.
- La masse à vide.

➤ **Les atterrisseurs:**





L'atterrisseur est constitué par l'ensemble des roues montées sur une même jambe. L'ensemble des atterrisseurs constitue le train d'atterrissage. L'atterrisseur principal est l'ensemble composé en général des atterrisseurs principaux gauche et droit [4].

On distingue plusieurs configurations des trains d'atterrissage principaux :

V : voie ; distance entre deux roues d'un même essieu.

E : empattement ; distance entre l'essieu avant et l'essieu arrière.

Tableau VI.1 : Types et caractéristiques des atterrisseurs.

Géométrie	Type d'atterrisseur	Exemples	v	E	Masses Supportées	Pression de gonflage des pneumatiques
	Roue simple	Avions légers	-	-	Jusqu'à 5t	0.3 – 0.6 Mpa
	Jumelage Ou Diabolo	Avions légers Court et moyen courrier	50-90 cm	-	5 à 40t	0.6 – 1.2 Mpa
	Tandem	- Avions militaires (configuration rare)	-	130-170 cm	10 à 20t	0.4 – 0.8 Mpa
	Boggie	Tous types sauf avions légers principalement long courrier	10 -140 cm	100-180 cm	20 à 90t	1 – 1.6 Mpa

➤ Répartition de la masse sur les atterrisseurs:

La répartition totale de la masse d'un avion entre l'atterrisseur secondaire (avant) et les atterrisseurs principaux (arrière) est fonction du centrage de l'avion c'est-à-dire de la position du centre de gravité et on admet en général que 93 % à 95 % de la masse de l'avion sont distribués sur les atterrisseurs principaux. La charge réelle à considérer dans les calculs est définie par la formule suivante:

$$P = M \times V$$

M : Masse au roulage de l'avion.

V : Pourcentage de la masse supportée par chaque atterrisseur du train principal.

Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.

La masse des avions intervient dans les calculs sous forme d'une charge par atterrisseur. Une distinction par zone de l'aire de mouvement est à faire car si, sur certaines parties de l'aire de mouvement, le passage d'un avion est accidentel (parties latérales de la piste, prolongement d'arrêt), les avions sollicitent les matériaux de chaussées avec des vitesses différentes selon les aires.

Lorsque l'avion est à l'arrêt (aire de stationnement), la sollicitation est plus forte que lorsqu'il

circule à faible vitesse (voies de relation, extrémités de piste) et, a fortiori, que lorsqu'il se déplace rapidement (piste dans les phases de décollage et d'atterrissage), la charge étant alors réduite par la sustentation des ailes.

La charge réelle pondérée P' à considérer dans le calcul est :

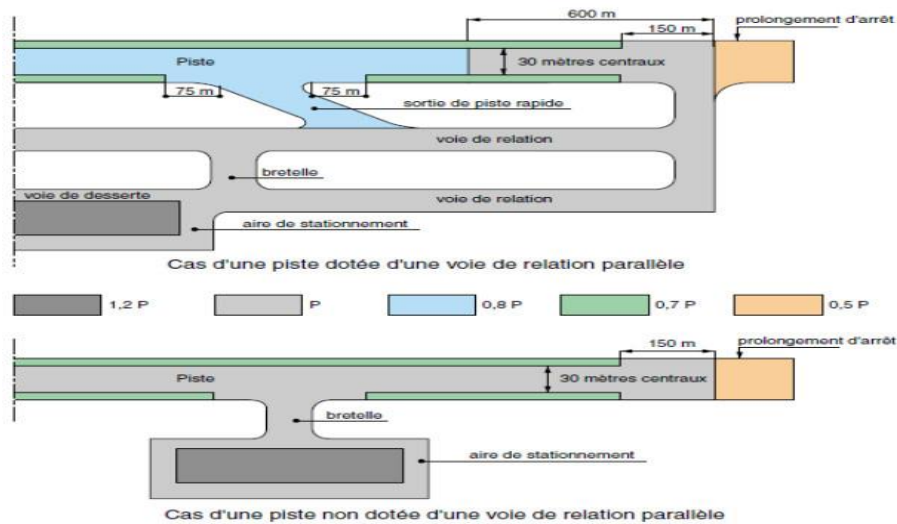


Figure VI.3: Pondération des charges réelles selon la fonction des aires [9][10][4][5].

➤ Le trafic

Pour le dimensionnement un mouvement réel d'avion représente son passage sur une chaussée par l'intermédiaire d'un atterrisseur lors d'une manœuvre (décollage, atterrissage, roulage).

Les espacements minima à respecter entre avions à l'approche ou au décollage, déterminent le nombre de mouvements maximum à l'heure pour une piste donnée.

Dans les méthodes de dimensionnement, on considère que le nombre de mouvements lourds ne dépasse pas une dizaine par jour.

VI.5.2. Méthode de dimensionnement

➤ Dimensionnement optimisé :

Le dimensionnement optimisé d'une chaussée prend en compte tous types d'avion devant produire un effet significatif sur la chaussée durant sa durée de vie.

Le dimensionnement optimisé se fait en fonction du nombre exact de mouvements réels de chaque avion pour la durée de vie envisagée.

➤ Dimensionnement forfaitaire:

Le dimensionnement forfaitaire d'une chaussée ne prend en compte que la charge de référence correspondant à la charge maximale de l'avion le plus contraignant destiné à fréquenter l'aérodrome.

Le dimensionnement est calculé dans des conditions de trafic normal, soit dix mouvements par jours pendant une période de dix ans de la charge de calcul.

VI.5.3. Présentation de la méthode forfaitaire:

➤ Pour une chaussée souple:

La durée de vie retenue pour une chaussée souple est de 10 ans .le dimensionnement d'une chaussée souple par la méthode forfaitaire se fait selon les étapes suivantes :

1. L'intensité du trafic et la durée de vie:

Un trafic de 10 mouvements par jour pendant 10 ans a été retenu par convention pour l'établissement des abaques. Toutefois, il se peut que ce trafic soit inférieur ou supérieur au trafic prévisible. Il est donc nécessaire de tenir compte de l'intensité réelle du trafic envisagé [9][10] [4] [5].

La correction repose sur une relation entre les couples (P' , n) où P' est la charge réelle pondérée, n le nombre d'applications en mouvements réels par jour pendant 10 ans et le couple (P'' , 10) où P'' est la charge normale de calcul appliquée 10 fois par jour.

$$\text{Avec :} \quad p'' = \frac{P'}{CT}$$

$$\text{Et :} \quad CT = 1,2 - 0,2 \log n$$

Cette relation est traduite sur l'abaque d'avion et n'est valable que pour une durée de vie de 10 ans. Pour une autre durée, il convient de se ramener à 10 ans. Par ailleurs, la valeur de CT est limitée à 1,2 en borne supérieure et à 0,8 en borne inférieure.

Quand le nombre de mouvements sort de ces limites, il est recommandé d'utiliser la méthode de dimensionnement optimisé.

2. La détermination des caractéristiques du sol support de chaussée:

Le sol support est caractérisé par son CBR ou indice portant californien (chapitre étude géotechnique)

3. Conditions climatiques:

Le recensement des facteurs climatiques comprend celui des prévisions météorologiques.

- La pluviométrie, prévisible au moment du chantier permet de déterminer la teneur en eau du sol support à prendre en compte pour le choix du CBR.
- L'étude de la cote de la nappe phréatique en fonction de la saison indique la nécessité de prévoir ou non une couche drainante.

4. La détermination d'une épaisseur équivalente :

Généralement on utilise des abaques pour le dimensionnement des chaussées souples. Chaque avion possède son propre abaque. En réalité, la chaussée est constituée de plusieurs couches présentant des qualités mécaniques très différentes. La notion d'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte de ces différences. L'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique CE appelé coefficient d'équivalence. Les valeurs du tableau ci- dessous servent de referens.

Tableau VI.2: Coefficients d'équivalence des matériaux.

Matériaux	Coefficients d'équivalence
- Béton bitumineux à module élevé (BBME).	2,5
- Béton bitumineux (BB).	2
- Enrobé à module élevé (EME).	1,9
- Grave bitume (GB).	1,5
- Béton maigre.	
- Grave traitée au liant Hydraulique.	
- Grave émulsion.	1,2
- Grave concassée non traitée (GCNT).	1
- Sable ciment.	
- Grave roulée.	0,75
- Sable.	0,5

5. Détermination des épaisseurs minimales des matériaux traités et Choix d'une constitution de chaussée:

Une chaussée souple comprend généralement plusieurs couches de qualité croissante ou des coefficients d'équivalence croissants de bas en haut.

Une épaisseur suffisante de matériaux traités est nécessaire pour assurer un bon comportement des couches supérieures de la chaussée. L'épaisseur équivalente minimale recommandée de matériaux traités est donnée en fonction de l'épaisseur équivalente totale e et du CBR du sol support sous forme d'abaque.

➤ Pour une chaussée rigide:

La durée de vie retenue pour une chaussée rigide est de 20 ans le dimensionnement d'une chaussée rigide par la méthode forfaitaire passe par les étapes suivantes :

- 1- Supposition d'une épaisseur de fondation en béton maigre qui varie de 15 à 20cm.
- 2- Calcul de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation en multipliant son épaisseur réelle par le coefficient d'équivalence du matériau considéré.
- 3- Correction du module de réaction du sol support qui est faite en fonction l'épaisseur équivalente de la couche de fondation.
- 4- correction de la contrainte admissible de traction par flexion du béton de ciment: En utilisant la formule :

$$\text{Avec :} \quad \sigma'_{bt} = \sigma_{bt} / CS$$

σ_{bt} : Contrainte de traction par flexion à la rupture du béton de ciment.

CS : Coefficient de sécurité qui change en fonction du type de la chaussée rigide.

- ✚ Selon les spécifications techniques, la résistance à la flexion minimale des dalles de béton est de 41 kg/cm^2

5-Détermination de l'épaisseur de la dalle:

La détermination de l'épaisseur de la dalle se fait en fonction de la charge normale de calcul P'' , du module de réaction corrigé du sol support et de la contrainte admissible de traction par flexion, en utilisant l'abaque de dimensionnement des chaussées rigides qui diffère d'un avion à un autre.

6-conception et construction des joints :

❖ Joints dans les chaussées en béton:

Les joints des chaussées rigides sont placés afin de réduire les contraintes et les fissures générées par les changements de volume et les déformations de la dalle, résultant des variations de température et de la teneur en humidité du béton. Il est recommandé que les dalles résultant de la division de la chaussée au moyen de joints soient aussi carrées que possible lorsqu'aucune armature en acier n'est utilisée dans le béton.

➤ Joints d'expansion:

Sa fonction est d'isoler les intersections de chaussée ou les structures adjacentes à une chaussée. Il en existe deux types:

- type A est fourni avec des chevilles et est utilisé lorsqu'il est nécessaire de transférer des charges à travers le joint.
- type B est utilisé lorsque les conditions ne permettent pas l'utilisation de chevilles. Ces joints sont formés en augmentant l'épaisseur de la chaussée le long du bord de la dalle.

➤ Joints de contraction:

La fonction des joints de contraction est d'assurer une fissuration contrôlée de la chaussée lorsque la chaussée se contracte en raison d'une diminution de la teneur en humidité ou d'une baisse de température. Les joints de contraction diminuent également

les contraintes causées par le gauchissement des dalles. Les détails des joints de contraction sont indiqués en types F, G et H dans la figure **VI.4**

➤ Joints de construction:

Des joints de construction sont nécessaires lorsque deux dalles attenantes sont placées à des moments différents, comme à la fin de la mise en place d'une journée ou entre les voies de pavage. Les détails des joints de construction sont présentés sous les types C, D et E dans la figure **VI.4**

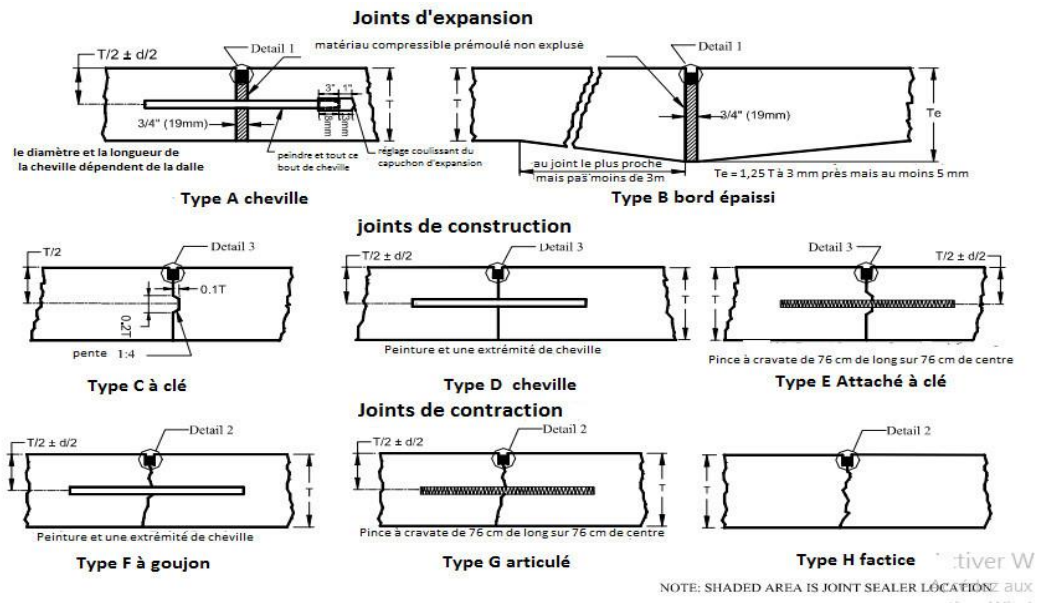
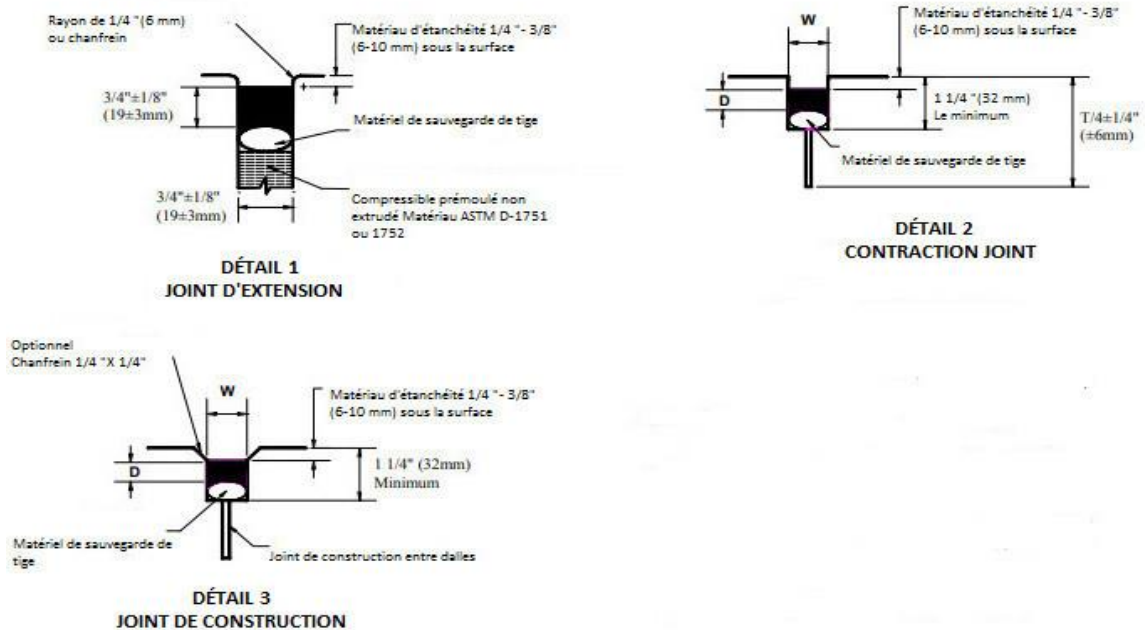


Figure VI.4. Types et détails de joint de chaussée rigide.



Source: FAA AC 150 / 5320-6D. Conception et évaluation de la chaussée de l'aéroport, États-Unis: 1995

Figure VI. 5. Types et détails de joint de chaussée rigide.

Espacement des articulations: La FAA (réf. 3) suggère certaines recommandations sur l'espacement des articulations lorsque vous avez une sous-base non stabilisé

sous- base non stabilisée : Dans ce cas, il est recommandé que l'espace de joint ne dépasse pas le double de l'épaisseur de la dalle, Le tableau VI.3 montre les mesures maximales recommandées pour l'espacement des joints sur une base non stabilisée [24].

Tableau VI.3: de l'espacement maximal des joints de chaussée rigides sur une base non stabilisée [25].

<i>Épaisseur de la dalle</i>	<i>Transversale</i>	<i>Longitudinale</i>
<i>Millimètres</i>	<i>Mètres</i>	<i>Mètres</i>
150	3.8	3.8
175 – 230	4.6	4.6
230 – 305	6.1	6.1
>305	7.6	7.6

❖ **Considérations spéciales sur les joints:**

la FAA mentionne les considérations suivantes, basées sur les résultats de l'expérience passée.

- Les joints clavetés (type C) ne doivent pas être utilisés sur des dalles de moins de 9 230 mm d'épaisseur.
- Lorsqu'il y a des avion gros-porteurs qui utilisent les installations, les recommandations suivantes doivent être suivies:
 - ✓ Dans les fondations à faible résistance (moins de 54MN / m³), les joints de type D ou B sont recommandés, et l'utilisation de joints de type à clavette doit également être évitée.
 - ✓ Dans les fondations à résistance moyenne (de 54 à 109 MN / m³), il est recommandé d'utiliser des joints de type D, E ou B.
 - ✓ Les joints de type C peuvent être utilisés dans des fondations à haute résistance (supérieures à 109 MN / m³).
- Lorsqu'il est prévu d'agrandir une chaussée à l'avenir, un joint de type (B) doit être fourni au bord approprié.

❖ **Acier dans les joints :**

La FAA mentionne que l'acier dans les joints peut être de deux types:

- **Barres de cravate :** Elles sont utilisées pour maintenir les faces des dalles en contact étroit, elles n'agissent pas comme des dispositifs de transfert de charge. Il est recommandé que ces barres aient un diamètre de (16 mm), une longueur de (75cm) et que l'espacement entre les tiges soit de (75 cm).

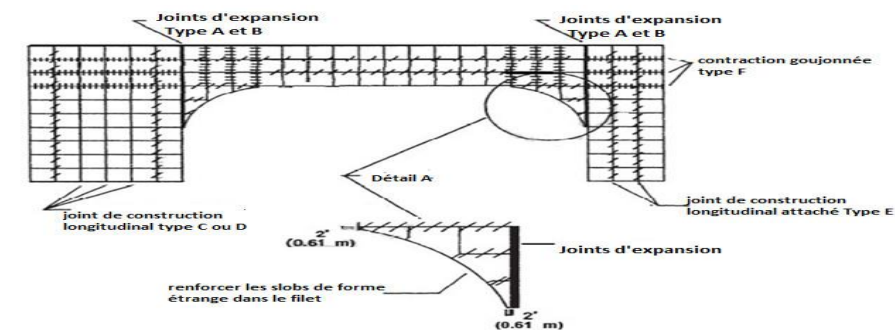
- **Chevilles :** Les chevilles sont utilisées au niveau des joints pour permettre le transfert de la charge à travers le joint et pour empêcher le déplacement vertical relatif des extrémités de dalle adjacentes. Les chevilles permettent le mouvement longitudinal des dalles adjacentes [24].

Tableau VI.4: Dimensions et espacement des chevilles.

Épaisseur de la dalle	Diamètre	La longueur	Espacement
150 - 180 mm	20 mm	460 mm	305 mm
210 - 305 mm	25 mm	480 mm	305 mm
330 - 405 mm	30 mm	510 mm	380 mm
430 - 510 mm	40 mm	510 mm	460 mm
535 - 610 mm	50 mm	610 mm	460 mm

Source: FAA AC 150 / 5320-6D. Conception et évaluation de la chaussée de l'aéroport, États-Unis: 1995.

- **Distribution des joints :** La FAA recommande une disposition conjointe, illustrée à la figure VI.6., lorsqu'il y a une intersection à 90 ° entre la piste et la voie de circulation.



Source: FAA AC 150 / 5320-6D. Conception et évaluation de la chaussée de l'aéroport, États-Unis: 1995

Figure VI.6: Distribution des joints [24] [25].

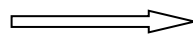
VI.5.4. Dimensionnement de la chaussée de l'aérodrome de Tlemcen zenata par la méthode forfaitaire:

1-Pour la chaussée souple:

Pour le dimensionnement forfaitaire, l'avion le plus contraignant est , le Boeing 737-800 dont la

- Masse maximale au roulage : $M= 79500 \text{ kg}=79.5 \text{ tonnes}$
- Pression des pneumatiques : $p= 1.41 \text{ MPa}$
- Coefficient de répartition de la charge : $V = 46.77\%$
- Charge de calcul : $P = M \times V$

$$P = 79.5 \times 0.4677$$



$$P = 37.18 \text{ t}$$

▪ **Caractéristiques du sol support:**

Le sol support est caractérisé par un CBR de 10.

▪ **Détermination des épaisseurs équivalentes :**

On doit d'abord déterminer des charges de calcul:

-Charge réelle $P= 37.18 \text{ tonnes}$

-Charge réelle pondérée $P' = P \times \text{coefficient de pondération de l'aire utilisée}$

Tableau VI.5: Charges réelles de calcul pondéré.

Aires	Charge réelle P(t)	Coefficient de pondération de la charge réelle	Charge Réelle pondéré (t)
Poste de stationnement	37.18	1,2	44,62
Bretelle aire de stationnement	37.18	1	37,18
Piste (30cm centraux)	37.18	0,8	29,74
accotements	37.18	0,7	26,03
P.O.R	37.18	0.5	18,59

▪ **Charge normale de calcul P'':**

$$P'' = P' / (1,2 - 0,2 \log_{10} n)$$

Tel que : $n = 10 \text{ mvt}/\text{jours}/10 \text{ ans}$

Dans ce cas, nous obtenons un coefficient $CT = 1,2 - 0,2 \log n$ égal à 1 pour toutes les aires. Ce qui nous donne des charges P'' égales aux charges P' pour toutes les aires.

▪ Calcul de l'épaisseur équivalente (Ee) par la formule CBR

Type de train principal : roue simple équivalente Le matériau choisi pour cette chaussée équivalente mono couche étant une grave non traitée, concassée, bien graduée et ayant une module de déformation de 500 MPa, son épaisseur minimale e(cm) devant être interposée entre une charge de calcul P(kg) – elle – même transmise par une roue d'atterrisseur gonflé a q(MPa)-appliquée 10000 fois et un sol support d'indice portante noté CBR est donnée par la formule[10]:

$$Ee = \sqrt{p' \times \left(\frac{1}{0,57 \times CBR} - \frac{1}{32 \times q} \right)}$$

Ee : épaisseur équivalente en cm ;

P' : charge sur la roue en kg ;

q : pression de gonflage en MPa.

1-Poste de stationnement :

$$Ee = \sqrt{44620 \times \left(\frac{1}{0,57 \times 10} - \frac{1}{32 \times 1,41} \right)} \longrightarrow Ee = 83 \text{ cm}$$

2-Bretelle aire de stationnement :

$$Ee = \sqrt{37180 \times \left(\frac{1}{0,57 \times 10} - \frac{1}{32 \times 1,41} \right)} \longrightarrow Ee = 76 \text{ cm}$$

3-Piste (30cm centraux)

$$Ee = \sqrt{29740 \times \left(\frac{1}{0,57 \times 10} - \frac{1}{32 \times 1,41} \right)} \longrightarrow Ee = 67 \text{ cm}$$

4-Accotements

$$Ee = \sqrt{26030 \times \left(\frac{1}{0,57 \times 10} - \frac{1}{32 \times 1,41} \right)} \longrightarrow Ee = 63 \text{ cm}$$

5-P.O.R

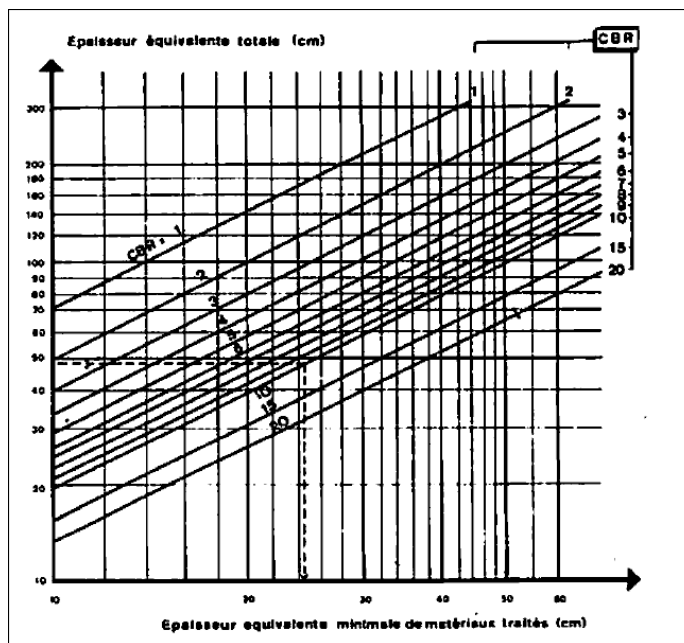
$$Ee = \sqrt{18590 \times \left(\frac{1}{0,57 \times 10} - \frac{1}{32 \times 1,41} \right)} \longrightarrow Ee = 54 \text{ cm}$$

Tableau VI.6: Epaisseurs équivalentes totales.

CBR=10		
Aires	Charge normal de calcul P'' (kg)	Ee (cm)
Poste de stationnement	44620	83
Bretelle de stationnement	37180	76
Piste (30cm centraux)	29740	67
accotements	26030	63
P.O.R	18590	54

• Détermination des épaisseurs minimales des matériaux traités:

Globalement, une épaisseur suffisante de matériaux traités est nécessaire pour assurer un bon comportement des canapés supérieurs de la chaussée par l'abaque.



Abaque donnant l'épaisseur équivalente minimale de matériaux traités

Ainsi l'abaque de la figure ci-dessus donne -t-il l'épaisseur équivalente minimale recommandée des matériaux traités en fonction de l'épaisseur équivalente totale de la chaussée et de l'indice CBR du sol support.

L'épaisseur minimale de matériaux traités pour chaque aire est déterminée en fonction de l'épaisseur équivalente totale à l'aire de l'abaque.

Verser → CBR = 10 et e BOEING 737-800

Tableau VI.7: Epaisseurs minimales des matériaux traités.

Aires	Epaisseur séquivalente totale (cm)	Epaisseurs minimales des matériaux traités (cm)
Poste de stationnement	83	42
Bretelle aire de stationnement	76	38
Piste (30cm centraux)	67	34
accotements	63	32
P.O.R	54	28

✓ **Choix d'une constitution de chaussée:**

Le choix final des structures se fait en fixant les épaisseurs des différentes couches de matériaux, de façon à vérifier la condition suivante :

$$\sum_i (e_i \times c_{ei}) \leq E_e \text{ et } \sum_i (e_i \times c_{ei}) \geq e_{\text{matériaux traités}}$$

e_i : épaisseur de la couche

c_{ei} : coefficient d'équivalence

E_e : Épaisseur équivalente

$e_{\text{matériaux traités}}$: Epaisseurs minimales des matériaux traités

➤ **Poste de stationnement :**

A partir de l'abaque chaussée souple de : B737-800(à partir la-Abaque), pour

$P = 44.62 \text{ t}$ et un $\text{CBR} = 10$ l'épaisseur équivalente est de : 83 cm, et une épaisseur minimale de matériaux traités de 42 cm.

On propose donc la structure du corps de chaussée suivante (du haut en bas) :

- **8 cm de Béton bitumineux.**
- **16 cm de Grave bitume.**
- **43 cm de Grave concassée bien graduée.**

Chapitre VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

Ce qui nous donne:

- **Béton bitumineux** : $8 \times 2 = 16 \text{ cm}$
- **Grave bitume** : $16 \times 1.5 = 24 \text{ cm}$
- **Grave concassée** : $43 \times 1 = 43 \text{ cm}$

On aura donc une épaisseur réelle de : **75 cm** pour une épaisseur équivalente de : **83 cm**. **Donc la condition de Le choix final des structure à vérifier**

$$\sum_i (e_i \times c_{e_i}) \leq E_e \text{ et } \sum_i (e_i \times c_{e_i}) \geq e \text{ matériaux traités}$$

Tableau VI.8:Epaisseurs de la chaussée au niveau des post stationnement.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Béton bitumineux	8	2	16
Grave bitume	16	1.5	24
Grave concassée	43	1	43
Totale	75		83

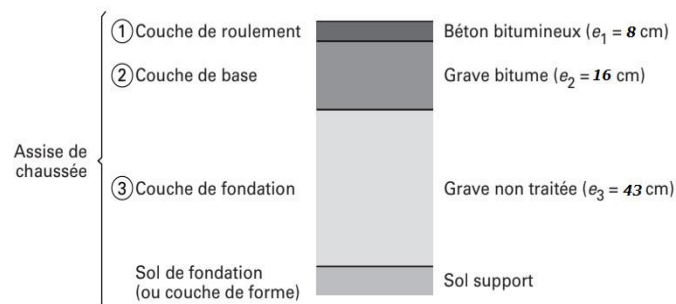


Figure VI. 7:Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone de post de stationnement.

➤ **Bretelle de stationnement :**

A partir de l'abaque chaussée souple : B737-800 (à partir la-Abaque), pour

$P = 37.18 \text{ t}$ et $\text{CBR} = 10$ l'épaisseur équivalente es de : 76 cm, et d'une épaisseur minimale de matériaux traités de 38 cm.

On propose donc la structure du corps de chaussée suivante (du haut en bas) :

- **16cm de Béton bitumineux.**
- **18 cm de Grave bitume.**
- **42 cm de Grave concassée bien graduée.**

Ce qui nous donne :

- **Béton bitumineux** : $8 \times 2 = 16 \text{ cm}$
- **Grave bitume** : $12 \times 1.5 = 18 \text{ cm}$
- **Grave concassée** : $42 \times 1 = 42 \text{ cm}$

On aura donc une épaisseur réelle de : **62 cm** pour une épaisseur équivalente de : **76 cm**. **Donc la condition de Le choix final des structure à vérifie**

$$\sum_i (e_i \times c_{ei}) \leq E_e \text{ et } \sum_i (e_i \times c_{ei}) \geq e \text{ matériaux traités}$$

Tableau VI.9: Epaisseurs de la chaussée au niveau des bretelles de stationnement.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Béton bitumineux	8	2	16
Grave bitume	12	1.5	18
Grave concassée	42	1	42
Totale	62		76

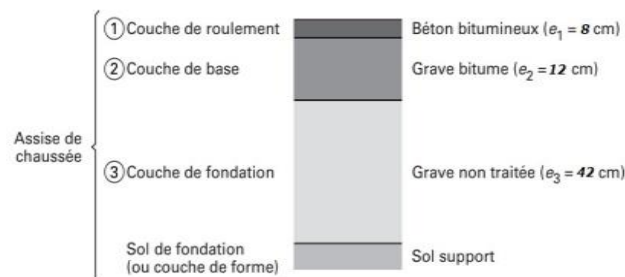


Figure VI.8: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone de bretelles de stationnement.

➤ **Piste (30 cm centraux) :**

A partir de l'abaque chaussée souple : B737-800 (à partir la-Abaque), pour

$P = 29,74 \text{ t}$ et $\text{CBR} = 10$ l'épaisseur équivalente es de : 67 cm , et d'une épaisseur minimale de matériaux traités de 34 cm .

On propose donc la structure du corps de chaussée suivante (du haut en bas) :

- **8 cm de Béton bitumineux.**
- **12 cm de Grave bitume.**
- **33 cm de Grave concassée bien graduée.**

Chapitre VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

Ce qui nous donne :

- **Béton bitumineux:** $8 \times 2 = 16 \text{ cm}$
- **Grave bitume :** $12 \times 1.5 = 18 \text{ cm}$
- **Grave concassée :** $33 \times 1 = 33 \text{ cm}$

On aura donc une épaisseur réelle de 53cm pour une épaisseur équivalente de : **67cm. Donc la condition de Le choix final des structure à vérifie**

$$\sum_i (e_i \times c_{ei}) \leq E_e \text{ et } \sum_i (e_i \times c_{ei}) \geq e \text{ matériaux traités}$$

Tableau VI.10: Epaisseurs de la chaussée au niveau de la piste.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Béton bitumineux	8	2	16
Grave bitume	12	1.5	18
Grave concassée	33	1	33
Totale	53		67

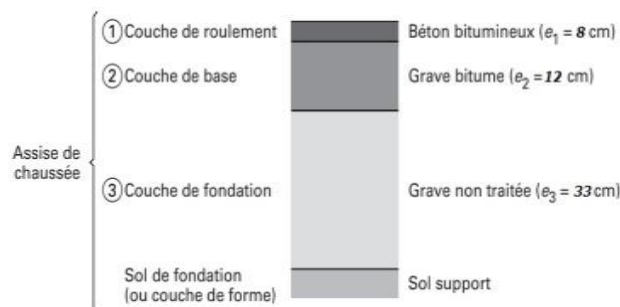


Figure VI.9: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone de piste.

➤ Accotements :

A partir de l'abaque chaussée souple de : B737-800 (à partir de l'abaque), pour $P = 26,03 \text{ t}$ et un CBR de 10 l'épaisseur équivalente est de : 63 cm, et une épaisseur minimale de matériaux traités de 32 cm.

On propose donc la structure du corps de chaussée suivante (du haut en bas) :

- **14 cm de Grave bitume.**
- **42 cm de Grave concassée bien graduée**

Ce qui nous donne:

- **Grave bitume:** $14 \times 1,5 = 21 \text{ cm}$
- **Grave concassée :** $42 \times 1 = 42 \text{ cm}$

Ce qui donne une épaisseur réelle de : **56 cm** pour une épaisseur équivalente de : **63 cm**

Donc la condition de Le choix final des structure sà vérifie

$$\sum_i (e_i \times c_{ei}) \leq Ee \text{ et } \sum_i (e_i \times c_{ei}) \geq e \text{ matériaux traités}$$

Tableau VI.11: Epaisseurs de la chaussée au niveau des accotements.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Grave bitume	14	2	21
Grave concassée	42	1	42
Totale	56		63

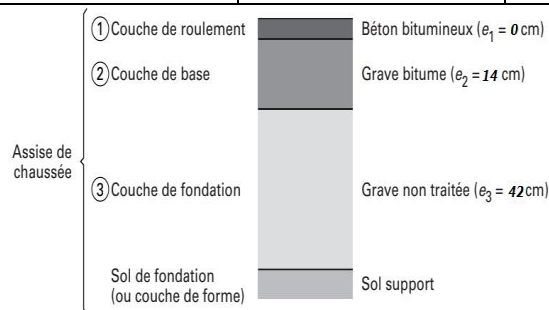


Figure VI.10: Épaisseur des couches de chaussée souple pour une zone des Accotements.

➤ **POR:**

A partir de l'abaque chaussée souple de : B737-800 (à partir la-Abaque), pour

$P = 18.59 \text{ t}$ et un CBR de 10 l'épaisseur équivalente est de : 54 cm, et une épaisseur minimale de matériaux traités de 28 cm.

On propose donc la structure du corps de chaussée suivante (du haut en bas) :

- **6 cm de Béton bitumineux.**
- **8 cm de Grave bitume.**
- **30 cm de Grave concassée bien graduée.**

Ce qui nous donne :

- **Béton bitumineux** : $6 \times 2 = 12 \text{ cm}$
- **Grave bitume** : $8 \times 1.5 = 12 \text{ cm}$
- **Grave concassée** : $30 \times 1 = 30 \text{ cm}$

Ce qui donne une épaisseur réelle de : **44 cm** pour une épaisseur équivalente de : **54 cm**

Donc la condition de Le choix final des structure sà vérifie

$$\sum_i (e_i \times c_{ei}) \leq E_e \text{ et } \sum_i (e_i \times c_{ei}) \geq e \text{ matériaux traités}$$

Tableau VI.12: Epaisseurs de la chaussée au niveau de POR.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Béton bitumineux	6	2	12
Grave bitume	8	1.5	12
Grave concassée	30	1	30
Totale	44		54

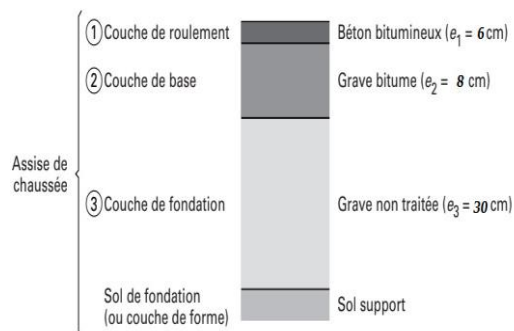


Figure VI.11:Épaisseur des couches de chaussé souple pour une zone des POR.

Tableau VI.13 : présente l'épaisseur de chaque couche dans les deux méthodes.

Structures	Couche de roulement (cm)	Couche de base (cm)	Couche de foundation (cm)
Poste de stationnement	8	16	43
Bretelle aire de stationnement	8	12	42
Piste (autrepiste)	8	12	33
Accotement	0	14	42
P.O.R	6	8	30

Nous proposons une couche de forme d'épaisseur de 30 cm de matériaux non traités disponibles dans la région (TVN / TVO) Dont le rôle est triple permet:

- Permet d'obtenir un bon uni des sofas inferieurs.
- Augmenter la portance du sol.
- Permet la circulation des moteurs de chantier lors des constructions.

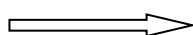
2-Pour chaussée rigide:

On a opté pour une chaussée à dalles courtes goujonnées qui est adaptée aux trafics d'avions lourds est utilisée pour les aérodromes civils et militaires.

- La méthode de dimensionnement de chaussée rigide par l'utilisation de deux abaques :
 1. le premier est nécessaire pour corriger le module du sol support en fonction de l'épaisseur équivalente de la fondation ; on obtient ainsi le module corrigé K_c .
 2. le second abaque permet d'obtenir directement l'épaisseur de la dalle de béton en fonction de la charge P' , du module corrigé K_c du sol support et de la contrainte admissible du béton σ_{bt} ou la résistance à la flexion du biton.
 3. conception et construction des joints.

Pour le dimensionnement forfaitaire, l'avion le plus contraignant est le Boeing 737-800 dont la

$$P = 79.5 \times 0.4677$$



$P = 37.18 \text{ t}$

- **Caractéristiques du sol support:**

Le sol support est caractérisé par un CBR de 10.

- **Détermination des épaisseurs équivalentes :**

On doit d'abord déterminer des charges de calcul:

-Charge réelle $P = 37.18$ tonnes

-Charge réelle pondérée $P' = P \times \text{coefficient de pondération de l'aire utilisée}$

- **Piste et bretelles :** $37.18 * 1 = 37.18T$
- **Post de stationnement:** $37.18 * 1.2 = 44.62T$
- **Accotement et POR :** $37.18 * 0.7 = 26,03T$

- **Charge normale de calcul P'' :**

$$P'' = P' / (1,2 - 0,2 \log_{10} n)$$

Tel que : $n = 10 \text{mvts/jours/10ans}$

Dans ce cas, nous obtenons un coefficient $CT = 1,2 - 0,2 \log n$ égal à 1 pour toutes les aires. Ce qui nous donne des charges P'' égales aux charges P' pour toutes les aires.

➤ **correction du module du sol support KC:**

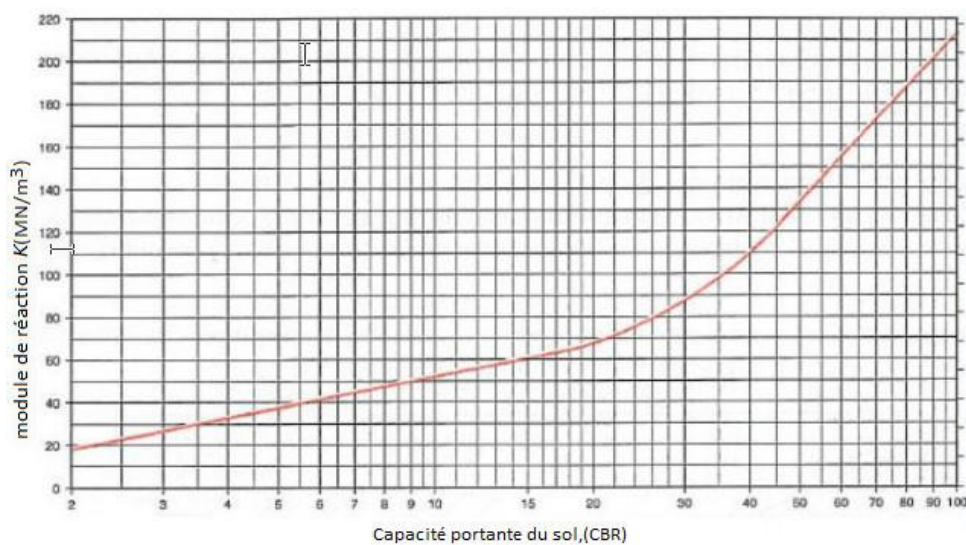
La couche de fondation est réalisée avec de la grave-ciment sur une épaisseur de 20cm.

L'épaisseur équivalente de la couche de fondation:

$$e = 20 \times 1.5 \implies \boxed{e = 30}$$

✚ La valeur du module de réaction (K) obtenue par le test sur la plaque est compliquée et coûteuse, et il est recommandé de l'exécution dans les phases finales de conception des grands projets. Les corrélations peuvent être utilisées dans les calculs préliminaires avec des tests de résistance tels que CBR, qui est présenté dans la figure le rôle est triple permet [14]:

- Le sol support est caractérisé par un CBR égal à 10 et un module de réaction à partir de le graphe suivant:



✓ module de réaction $K=55\text{MN/m}^3$

Il est également possible d'utiliser les relations empiriques entre K et CBR de la manière suivante [14] :

- Pour les valeurs $\text{CBR} < 10\%$:

$$K = 2.55 + 52.5 \log(\text{CBR})$$

- Pour les valeurs $\text{CBR} \geq 10\%$:

$$K = 46 + 9.08[\log(\text{CBR})]^{4.34}$$

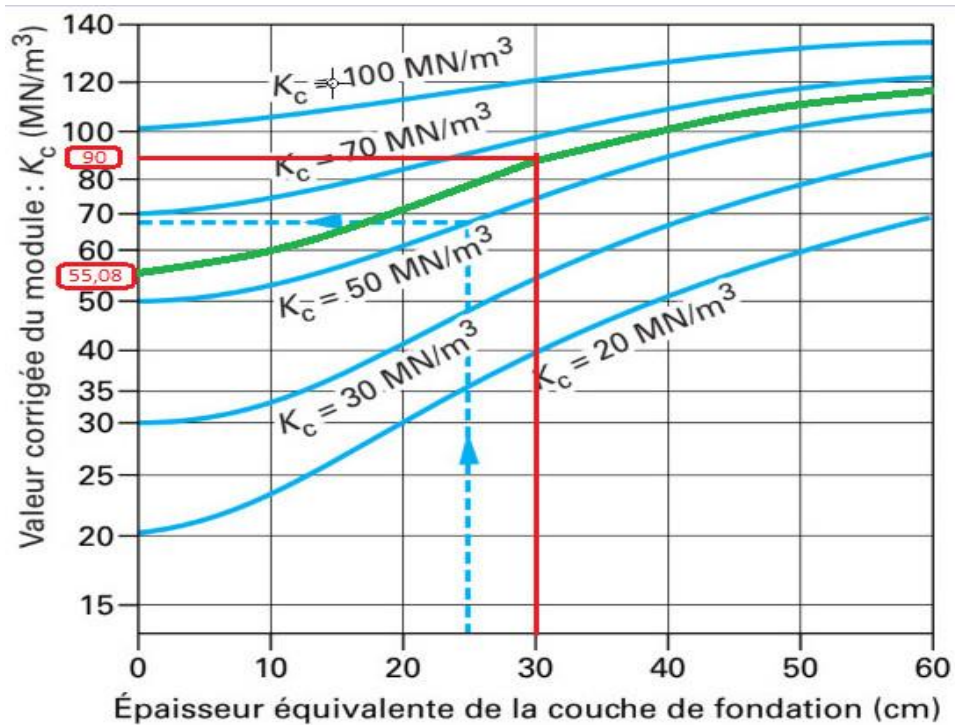
Le sol support est caractérisé par un CBR égal à 10 et un module de réaction à partir de formule suivant :

$$K = 46 + 9.08[\log(10)]^{4.34}$$

$$K = 55,08\text{MN/m}^3$$

Module de réaction corrigé du sol support à partir de l'abaque.

$$K_C = 90\text{MN/m}^3$$

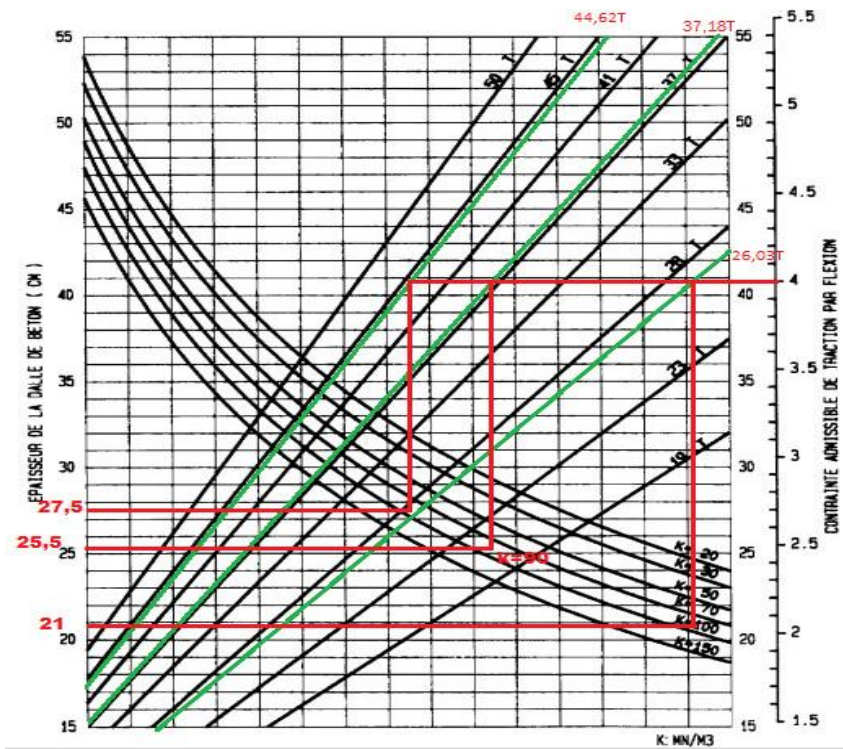


Abaque permettant de déterminer module de réaction corrigé k_c du sol pour chaussée rigide

➤ **Détermination de l'épaisseur de la dalle:**

Les données d'entrée nécessaires pour calculer l'épaisseur de la dalle de béton de la chaussée structurale de chaque aire sont les suivantes:

- ✓ L'abaque de chaussée rigide (B737-800)
- ✓ la Charge réelle pondérée
 - **Piste et bretelles :** $37.18 * 1 = 37.18T$
 - **Post de stationnement:** $37.18 * 1.2 = 44.62T$
 - **Accotement et POR :** $37.18 * 0.7 = 26,03T$
- ✓ Résistance à la flexion du béton: $41kg / cm^3$
- ✓ Module de réaction corrigé $K_c = 90MN/ m^3$
 - **A partir de l'abaque de la chaussée rigide : B737-800 :** (annexe n° VI.)



Par conséquent l'épaisseur de la dalle dans :

- **Piste et bretelles : 25,5 cm**
- **Post de stationnement : 27,5cm**
- **Accotement et POR :21cm**

Tableau VI.14: présente l'épaisseur de chaque couche dans les deux méthodes.

Structures	l'épaisseur de la fondation (cm)	l'épaisseur de la dalle de béton(cm)
Post de stationnement	30	27,5
Piste et bretelles	30	25,5
Accotement et POR	30	21

- ✚ Nous proposons une couche de forme d'épaisseur de 30 cm de matériaux non traités disponibles dans la région (TVN / TVO).

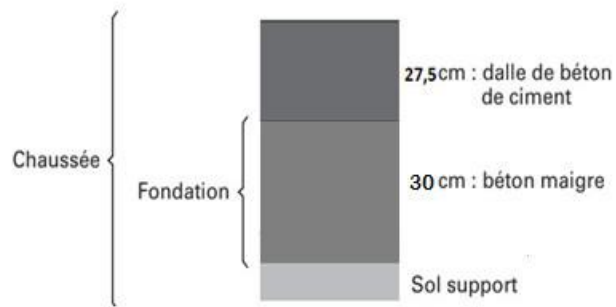


Figure VI.12: Épaisseur des couches de chaussée rigides pour une zone de post de stationnement.

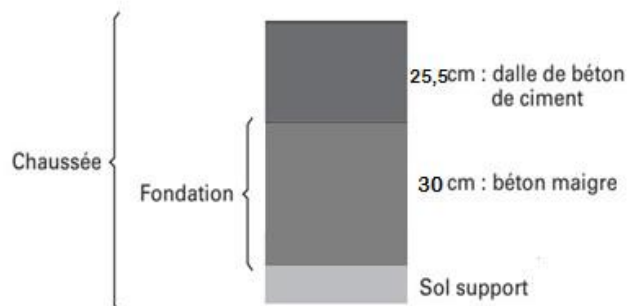


Figure VI.13: Épaisseur des couches de chaussée rigides pour une zone de Piste et bretelles.

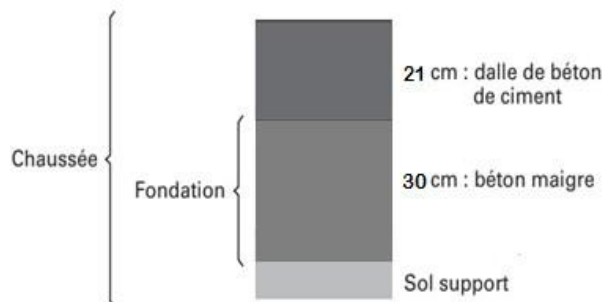


Figure VI.14: Épaisseur des couches de chaussée rigides pour une zone des Accotement et POR.

❖ conception et construction des joints

Toutes les considérations qui ont été prises en compte pour la conception des articulations sont des recommandations de données par la FAA dans le cadre théorique de cette thèse.

➤ Types de joints à utiliser

1. Joints d'expansion

Des joints d'expansion de type A, équipés de chevilles, seront utilisés aux intersections de la chaussée pour transférer les charges.

2. Joints de construction

Des joints longitudinaux de construction de type E, munis de tirants, seront utilisés sur la piste et les voies de circulation.

De même, les joints de construction longitudinaux de type D, pourvus de chevilles, seront utilisés sur la plaque-forme.

3. Joints de contraction

Des joints transversaux de retrait de type F sont utilisés, équipés de chevilles, sur tous les joints transversaux.

4. Espacement des joints

Les toiles de chaussée seront carrées, la chaussée rigide n'utilisera pas d'armature en acier dans le béton.

De même, dans le tableau **VI.3**, les espacements sur une base non stabilisée sont décrits, où l'espacement des joints transversaux et longitudinaux pour les dalle de béton de chaque aire sur le tableau suivant:

Aires	l'épaisseur de la dalle de béton (cm)	l'espacement des joints transversaux et longitudinaux (m)
Post de stationnement	27.5	6,1
piste et bretelle	25.5	6,1
Accotement et POR	21	4,6

➤ Chevilles

Les dimensions et les espacements des chevilles sont obtenus à partir du tableau VI.5, et sachant que l'épaisseur de la dalle de béton de chaque aire, nous obtenons ce qui suit :

Aires	l'épaisseur de la dalle de béton (cm)	Diamètre (cm)	Longueur (cm)	Séparation entre les barres(cm)
Post de stationnement	27.5	2,5	48	30,5
piste et bretelles	25.5	2,5	48	30,5
Accotement et POR	21	2,5	48	30,5

➤ Barres de cravate

{ Diamètre: 16 mm
Longueur: 75cm
Espacement des barres: 75 cm

❖ Remplissages et joints d'étanchéité

Elle commence par la coupe après environ 4 à 6 heures de coulée du béton (selon la météo), lorsque le béton à un certain degré de rigidité et que les contractions sont déclarées à celles qui provoquent la fissuration, cette coupe initiale ver gé de faiblesse où la fissuration va commencer.

VI.6. Méthode ACN- PCN:

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

La vérification des critères d'admissibilité s'avère nécessaire, afin que la charge des aéronefs puisse être conforme à celle préconisée par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (O.A.C.I)[21].

Le principe de la méthode consiste à comparer l'effet produit par l'aéronef appelé à venir, caractérisé par son ACN, (Aircraft Classification Number) à la portance de la chaussée de l'aérodrome, exprimée par un PCN, (Pavement Classification Number) :

Deux cas peuvent se présenter :

- si l' $ACN \leq PCN$: L'avion est admissible.
- si l' $ACN > PCN$: On a recours à la procédure d'admissibilité en dérogation de la charge.

VI.6.1. Détermination du PCN (Pavement Classification Number):

C'est un nombre exprimant la force portante de la chaussée pour une exploitation sans restriction [21].

Le calcul du PCN peut être effectué pour les deux types de chaussée souples et rigides de deux manières :

❖ Calcul approché:

Le PCN est déterminé sur la base des caractéristiques de la chaussée sans référence au trafic.

❖ Calcul optimisé:

La détermination du PCN prend en compte à la fois les caractéristiques de la chaussée et le trafic pour lequel la chaussée est destinée.

➤ Calcul approché du PCN:

La portance d'une chaussée d'aérodrome est définie par son PCN sous forme de quatre lettres de code en fonction des paramètres suivants :

- Le type de chaussée considérée;
- La résistance du terrain de fondation;
- La pression maximale admissible des pneumatiques;
- La base d'évaluation.

Les valeurs types utilisées et les explications des termes sont représentées dans le tableau (annexe n° VI).

VI.6.2. Détermination de l'ACN (Aircraft Classification Number):

L'ACN est le nombre exprimant l'effet relatif d'un avion sur une chaussée pour une catégorie spécifiée de sol support. La détermination des ACN obéit à un calcul normalisé imposé par l'O.A.C.I.

➤ Calcul de l'ACN d'un avion:

Soit un avion de masse réelle totale P_{ta} et de pression des pneumatiques q' fréquentant une chaussée pour laquelle un PCN est publié.

Le tableau des ACN « caractéristiques » fournit pour l'avion, selon le type de chaussée et la catégorie de sol support indiquée dans la publication du PCN, les données suivantes :

- ACNmax : ACN correspondant à la masse maximale au roulage M_{max} .
- ACNmin : ACN correspondant à la masse à vide en ordre d'exploitation M_{min} .
- q : pression standard de gonflage des pneumatiques.

Comme c'est le cas du Boeing 737-800 dans le tableau suivant :

Tableau VI.15: ACN du Boeing 737-800.

Type d'avion	Masses(Kg) Maximale (M) Minimale (m)	Pression standard des pneumatiques q(MPa)	CLASSES (catégorie de résistance du sol support)							
			Chaussée souple				Chaussée rigide			
			A	B	C	D	A	B	C	D
Boeing 737- 800	79500	1.47	44	46	51	56	51	53	56	57
	41500		21	21	23	26	24	25	26	27

le calcul de la charge admissible P_{ta} se fait à partir de la formule suivante :

$$P_{ta} = M_{min} + (M_{max} - M_{min}) \times \frac{(PCN - ACN_{min})}{(ACN_{max} - ACN_{min})}$$

Et Le calcul du ACN procède alors d'une simple interpolation :

$$ACN = ACN_{min} + (ACN_{max} - ACN_{min}) \times \frac{(P_{ta} - M_{min})}{(M_{max} - M_{min})}$$

- Connaissant le CBR du sol support et l'épaisseur équivalente de la **chaussée souple** on peut utiliser la formule suivante pour le calcul du PCN **de voie de relation**:

D'après le tableau (annexe n° VI) le futur aéroport de Tlemcen

Zenata sera caractérisé par :

1. **Une chaussée souple F.**
2. **Le sol support est de résistance moyenne B.**
3. **Une pression des pneumatiques moyenne du Boeing 737-800 égale 0 1.41 MPa correspond à la lettre de code X.**
4. **Une base d'évaluation correspondant à la lettre T.**

$$PCN = H (CBR) \times RSI$$

Avec:
$$\left\{ \begin{array}{l} e: \text{Epaisseur équivalente de la chaussée.} \\ CBR: \text{CBR du sol support} = 10. \end{array} \right.$$

on prend la charge équivalente P'de par la formule :

$$P' = P \times (1,2 - 0,2 \cdot \log (N))$$

N : 10 mouvements par jour

$$P' = P = 37,18t$$

l'épaisseur équivalente d'une chaussée **60** cm a partir l'abaque de **Annexe N°VI.1**

$$RSI = 6,12 \frac{e^2}{1000 \left[4,231 - 5,013 \times \log \frac{CBR}{0,6} + 2,426 \times \left(\log \frac{CBR}{0,6} \right)^2 - 0,473 \times \left(\log \frac{CBR}{0,6} \right)^3 \right]^2}$$

$$RSI = 25,46 t$$

RSI : Charge sur une roue simple isolée gonflée à 0,6 MPa, caractéristique de la portance de la chaussée considéré.

L'abaque ci-après fournit les valeurs du coefficient H (CBR) appropriées:

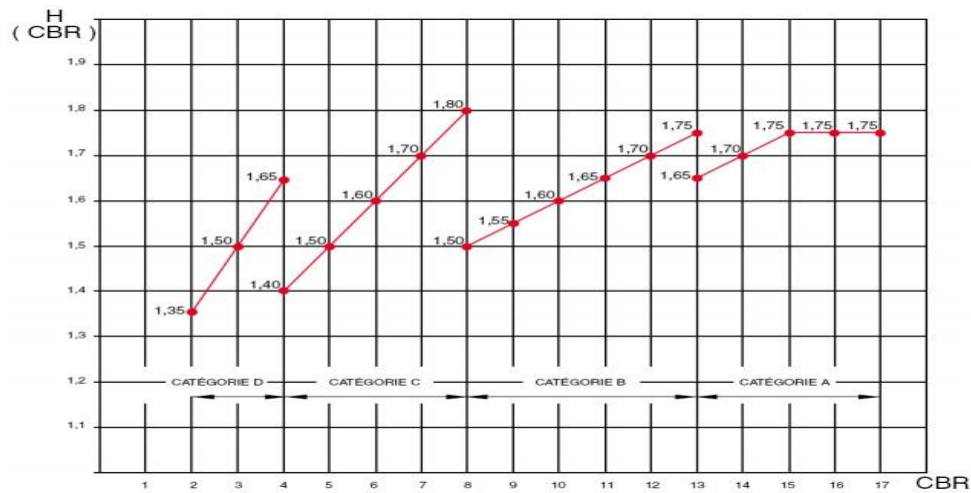


Figure VI.15: Valeurs du coefficient H(CBR) pour le calcul du PCN approché sur chaussées souples [21].

$$\text{PCN} = 1,6 \times 25,46 \Rightarrow 40,73$$

$$\text{PCN} = 41$$

On obtient le PCN suivant : **PCN 41/F/B/X/T.**

D'après le tableau :

ACNmin = 21 correspondant à Mmin = 41500Kg.

ACNmax = 46 correspondant à Mmax = 79500Kg.

$$\Rightarrow P_{ta} = 41500 + (79500 - 41500) \times \frac{(41 - 21)}{(46 - 21)}$$

$$\Rightarrow P_{ta} = 71900\text{Kg}$$

D'où:
$$\Rightarrow \text{ACN} = 21 + (46 - 21) \times \frac{(70380 - 41500)}{(79500 - 41500)}$$

$$\Rightarrow \text{ACN} = 41$$

ACN = PCN (AUTORISATION ACCEPTEE) \Rightarrow **L'avion est admissible.**

- Connaissant le CBR du sol support et l'épaisseur équivalente de la **chaussée rigide** on peut utiliser la formule suivante pour le calcul du PCN :

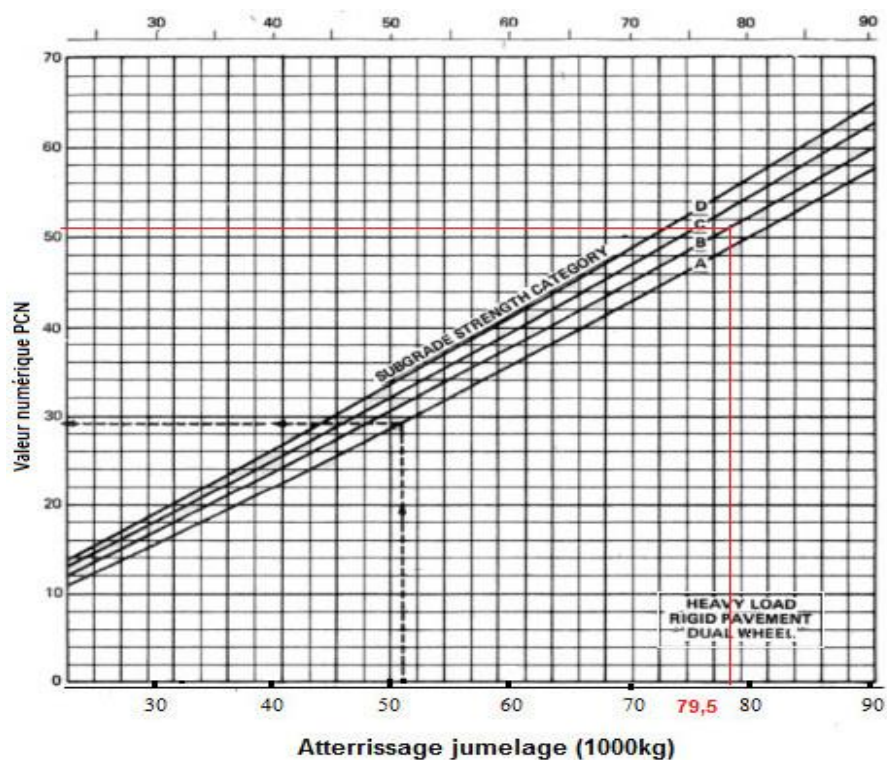
Le calcul de la RSI pour chaussée rigide est régi par un programme informatique fondé sur la méthode de la Portland Ciment Association avec les hypothèses de Westergaard.

D'après le tableau (voir annexe) le futur aéroport sera caractérisé par : (annexe n° VI.)

1. **Une chaussée rigide R.**
2. **Le sol support est de résistance moyenne B.**
3. **Une pression des pneumatiques moyenne du Boeing 737-800 égale 1.41 MPa correspond à la lettre de code X.**
4. **Une base d'évaluation correspondant à la lettre T.**

Donc à partir de l'abaque suivant on trouve PCN :

La masse maximale de l'avion Boeing 737-800 : 79500kg



On obtient le PCN suivant : **PCN 50/R/B/X/T**.

D'après le tableau :

ACN_{min} = 25 correspondant à M_{min} = 41500Kg.

ACN_{max} = 53 correspondant à M_{max} = 79500Kg.

$$\Rightarrow P_{ta} = 41500 + (79500 - 41500) \times \frac{(50 - 25)}{(53 - 25)}$$

$$\Rightarrow P_{ta} = 754228,57\text{Kg}$$

D'où:
$$\Rightarrow \text{ACN} = 25 + (53 - 25) \times \frac{(75428,57 - 41500)}{(79500 - 41500)}$$

$$\Rightarrow \text{ACN} = 50$$

ACN = PCN (AUTORISATIONACCEPTÉE) \Rightarrow **L'avion est admissible**

Toutefois si la pression effective de gonflage des pneumatiques $q'(1.41\text{MPa})$ diffère sensiblement de la pression standard $q(1.47\text{MPa})$

($q' - q > 0,1\text{MPa}$) une correction doit être réalisée

$$q' - q = |1.41 - 1.47|$$

$0.06 < 0.1$

Donc notre cas ne nécessite pas une correction.

VI.6. Conclusion:

Après cette étude préliminaire de notre projet, nous avons obtenu $PCN = ACN$ sur les chaussées (souple et rigides), donc le Boeing 737-800 est acceptable à l'aérodrome et manœuvre sur sa nouvelle chaussée (souple et rigide).

Chapitre VII : Etude économique comparative entre chaussée rigide et souple

VII.1 Introduction

L'aspect économique d'un projet de réalisation et la durée vie d'un ouvrage quelconque compte parmi ceux les plus importants sur lesquels les maîtres d'ouvrages peuvent prendre décision. C'est un aspect de l'étude reconnu décisif. Il est fonction de plusieurs paramètres techniques, sociales et fonctionnels. Cet aspect particulier est distinct d'un projet à l'autre, voire d'une période à l'autre pour un même ouvrage.

VII.2 Calcul des surfaces:

- **Piste principal** $\longrightarrow S = 2858 \times 45 \Rightarrow S = 128610 \text{ m}^2$
- **vois de relation** $\longrightarrow S = 2400 \times 25 \Rightarrow S = 60000 \text{ m}^2$

- **poste de stationnement** \longrightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{Largeur} = 4/3 \text{env} = 47.7\text{m} \\ \text{on prendra } \mathbf{48\text{m}} \text{ Profondeur} = \mathbf{50\text{m}} \\ \text{Aire} = 2400\text{m}^2 \text{ pour un aéronef} \\ \text{Pour 8 aéronefs : } \mathbf{\text{aire} = 19\ 200\text{m}^2} \end{array} \right.$

- **bretelle** $\longrightarrow S = 215 \times 25 \Rightarrow S = 5375 \text{ m}^2$
- **P.O.R** $\longrightarrow S = (60 \times 45) \times 2 \Rightarrow S = 5400 \text{ m}^2$
- **Aire de sécurité d'extrémité de piste** $\longrightarrow S = (90 \times 90) \times 2 \Rightarrow S = 16200\text{m}^2$
- **Les accotements de la Piste principal** $\longrightarrow S = (3098 \times 7,5) \times 2 \Rightarrow S = 46470 \text{ m}^2$
- **Les accotements de la vois de relation** $\longrightarrow S = 2400 \times 25 \Rightarrow S = 60000 \text{ m}^2$

VII.3 Calculez la quantité de matériaux utilisés

Les masses volumiques des différents matériaux :

- ✓ La masse volumique du béton bitumineux est de 2.4 t/m^3
- ✓ La masse volumique de la grave bitume est de 2.3 t/m^3
- ❖ **Chaussée rigide**
- **Poste de stationnement (épaisseur totale égale 87,5cm)**

La couche de la dalle de béton ($e = 27,5\text{cm}$)

$$19\ 200 \times 0,275 = 5280 \text{ m}^3$$

La couche de la fondation ($e = 30 \text{ cm}$)

$$19\ 200 \times 0,30 = 5760 \text{ m}^3 \text{ (en béton maigre)}$$

La couche de forme ($e = 30 \text{ cm}$)

$$19\ 200 \times 0,30 = 5760 \text{ m}^3$$

➤ **Piste principale (épaisseur totale égale 85,5cm)**

La couche de la dalle de béton (e = 25,5cm)

$$128610 \times 0,255 = 32795,55\text{m}^3$$

La couche de la fondation (e = 30 cm)

$$128610 \times 0,30 = 38583 \text{ m}^3(\text{en béton maigre})$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$128610 \times 0,30 = 38583 \text{ m}^3$$

➤ **vois de relation (épaisseur totale égale 85,5cm)**

La couche de la dalle de béton (e = 25,5cm)

$$60000 \times 0,255 = 15300 \text{ m}^3$$

La couche de la fondation (e = 30 cm)

$$60000 \times 0,30 = 18000\text{m}^3(\text{en béton maigre})$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$60000 \times 0,30 = 18000 \text{ m}^3$$

➤ **bretelle (épaisseur totale égale 85,5cm)**

La couche de la dalle de béton (e = 25,5cm)

$$5375 \times 0,255 = 1370,625\text{m}^3$$

La couche de la fondation (e = 30 cm)

$$5375 \times 0,30 = 1612,5\text{m}^3(\text{en béton maigre})$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$5375 \times 0,30 = 1612,5 \text{ m}^3$$

➤ **Aire de sécurité d'extrémité de piste**

La couche de la dalle de béton (e = 25,5cm)

$$16200 \times 0,255 = 4131\text{m}^3$$

La couche de la fondation (e = 30 cm)

$$16200 \times 0,30 = 4860\text{m}^3(\text{en béton maigre})$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$16200 \times 0,30 = 4860 \text{ m}^3$$

➤ **P.O.R (épaisseur totale égale 81cm)**

La couche de la dalle de béton (e = 21cm)

$$5400 \times 0,21 = 1134\text{m}^3$$

La couche de la fondation (e = 30 cm)

$$5400 \times 0,30 = 1620\text{m}^3(\text{en béton maigre})$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$5400 \times 0,30 = 1620 \text{ m}^3$$

❖ **Chaussée souple**

➤ **Poste de stationnement (épaisseur totale égale 97cm)**

La couche de roulement en Béton bitumineux (e = 8cm)

$$19\,200 \times 0,08 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 3686,4 \text{ t}$$

La couche de bas en Grave bitume (e = 16 cm)

$$19\,200 \times 0,16 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = 7065,6\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée (e = 43 cm)

$$19\,200 \times 0,43 = 8256 \text{ m}^3$$

La couche de forme(e = 30cm)

$$19\,200 \times 0,30 = 5760 \text{ m}^3$$

➤ **Piste principale (épaisseur totale égale 83cm)**

La couche de roulement en Béton bitumineux (e = 8cm)

$$128610 \times 0,08 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 24693,12\text{t}$$

La couche de bas en Grave bitume (e = 12 cm)

$$128610 \times 0,12 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = 35496,36\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée(e = 33 cm)

$$128610 \times 0,33 = 42441,3 \text{ m}^3$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$128610 \times 0,30 = 38583 \text{ m}^3$$

➤ **vois de relation (épaisseur totale égale 92cm)**

La couche de roulement en Béton bitumineux (e = 8cm)

$$60000 \times 0,08 \times 2,4\text{t/m}^3 = 11520\text{t}$$

La couche de bas enGrave bitume (e = 12 cm)

$$60000 \times 0,12 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = 16560\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée (e = 42 cm)

$$60000 \times 0,42 = 25200 \text{ m}^3$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$60000 \times 0,30 = 18000 \text{ m}^3$$

➤ **Bretelle (épaisseur totale égale 92 cm)**

La couche de roulement en Béton bitumineux (e = 8cm)

$$5375 \times 0,08 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 1032\text{t}$$

La couche de bas en Grave bitume (e = 12 cm)

$$5375 \times 0,12 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = 1483,5\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée (e = 42 cm)

$$5375 \times 0,42 = 2257,5 \text{ m}^3$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$5375 \times 0,30 = 1612,5 \text{ m}^3$$

➤ **P.O.R (épaisseur totale égale 74cm)**

La couche de roulement en Béton bitumineux (e = 6cm)

$$5400 \times 0,06 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 777,6\text{t}$$

La couche de bas en Grave bitume (e = 8 cm)

$$5400 \times 0,08 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = 993,6\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée (e = 30cm)

$$5400 \times 0,30 = 1620 \text{ m}^3$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$5400 \times 0,30 = 1620 \text{ m}^3$$

➤ **Aire de sécurité d'extrémité de piste (épaisseur totale égale 83cm)**

La couche de roulement en Béton bitumineux (e = 8cm)

$$16200 \times 0,08 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 3110,4\text{t}$$

La couche de bas en Grave bitume (e = 12 cm)

$$16200 \times 0,12 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = 4471,2\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée(e = 33 cm)

$$16200 \times 0,33 = 5346 \text{ m}^3$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$16200 \times 0,30 = 4860 \text{ m}^3$$

❖ Accotements

➤ Les accotements de la Piste principal (épaisseur totale égale 81cm)

La couche de bas en Grave bitume (e = 14 cm)

$$46470 \times 0,14 \times 2,3 \text{t/m}^3 = 14963,34\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée (e = 42 cm)

$$46470 \times 0,42 = 19517,4\text{t}$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$46470 \times 0,30 = 13941\text{m}^3$$

➤ Les accotements de la vois de relation (épaisseur totale égale 81cm)

La couche de bas en Grave bitume (e = 14cm)

$$60000 \times 0,14 \times 2,3 \text{t/m}^3 = 19320\text{t}$$

La couche de la fondation en Grave concassée (e = 42 cm)

$$60000 \times 0,42 = 25200\text{t}$$

La couche de forme(e = 30 cm)

$$60000 \times 0,30 = 18000 \text{m}^3$$

➤ la quantité de couche d'imprégnation :

❖ surface totale de la (chaussée souple+Accotements) $\times 400\text{g}$ ($1\text{m}^2 \longrightarrow 400\text{g}$)

$$\mathbf{Q} = 341255 \times 400 \Rightarrow \mathbf{Q} = 136502000\text{g}$$

$$\Rightarrow \mathbf{Q} = 136,502\text{t}$$

❖ Accotements :

$$\mathbf{Q} = 106470 \times 400 \Rightarrow \mathbf{Q} = 42588000\text{g}$$

$$\Rightarrow \mathbf{Q} = 42,588\text{t}$$

Curage et sablage de la surface du grave ciment = 234785m^2

Protection des dalles en béton par des produits de cure= 234785m^2

Tableau VII.1: La quantité totale des matériaux utilisés sur la corps chaussée.

la quantité totale des matériaux			
matériaux	chaussée rigide	chaussée souple	Les accotements
béton goudonné non armé	60011,175m ³	/	/
béton maigre	70435,5m ³	/	/
Béton bitumineux	/	44819,52t	/
Grave bitume	/	66070,26t	34283,34t
Grave concassée	/	85120,8m ³	44717,4m ³
sol support (tuf)	70435,5m ³	70435,5m ³	31941m ³
couche d'imprégnation	/	93,914t	42,588t
Curage et sablage de la surface du grave ciment	234785m ²	/	/
Protection des dalles en béton par des produits de cure	234785m ²	/	/

VII.4 Devis quantitatif et estimatif des chaussée aéronautique.

VII.4.1 Devis quantitatif et estimatif des Chaussée souple et accotements.

Tableau VII.2:Devis quantitatif et estimatif Chaussée souple et accotements.

N°	Désignation	U	Quantité	Prix unitaire	Montant total en hors taxes
1	Section de chaussée souple et accotements				
1.1	Couche de forme en tuf pour chaussées et Accotements	m ³	102376,5	750,00	76 782 375,00
1.2	Couche de fondation en grave concassée pour chaussées et accotements	m ³	129838,2	2 800,00	363 546 960,00
1.3	Couche d'imprégnation au Cut-Back Pour Chaussées et accotements	t	136,502	70 000,00	9 555 140,00
1.4	Couche de base en grave bitume pour Chaussées et accotements	t	100353,6	6 800,00	682 404 480,00
1.5	Couche de roulement en béton bitumineux pour chaussées	t	44819,52	7 500,00	336 146 400,00
SOUS TOTAL :					1 468 435 355,00

VII.4.2 Devis quantitatif et estimatif des Chaussée rigide et accotements.

Tableau VII.3: Devis quantitatif et estimatif Chaussée rigide et accotements.

N°	Désignation	U	Quantité	Prix unitaire	Montant total en hors taxes
2	Section de chaussée rigide et accotements				
1.1	Couche de forme en tuf pour chaussées et Accotements	m ³	102376,5	750,00	76 782 375,00
2.2	Couche de fondation en grave concassée pour accotements	m ³	44717,4	2 800,00	125 208 720,00
2.3	Couche d'imprégnation au Cut-Back pour Accotements	t	42,588	70 000,00	2 981 160,00
2.4	Couche de base en grave bitume accotements	t	34283,34	6 800,00	233 126 712,00
2.5	Couche de fondation en grave ciment pour bouts bétonnés	m ³	70435,5	12 000,00	845 226 000,00
2.6	Couche de cure et sablage pour bouts bétonnés	m ²	234785	1 000,00	234 785 000,00
2.7	Protection des dalles en béton par des produits de cure	m ²	234785	450,00	105 653 250,00
2.8	Béton pour dalles des bouts bétonnés	m ³	60011,175	27 000,00	1 620 301 725,00
SOUS TOTAL :					3 244 046 942,00

VII.5 Comparaison d'une chaussée rigide avec une chaussée souple

La répartition des charges sur le sol diffère selon le type d'assise. Dans les chaussées souples comme on l'a vu de la figure VII.1, le revêtement présente une très faible résistance à la flexion et donne une très petite diffusion de la charge. C'est la résistance à l'effort tranchant du terrain et du revêtement qui fixe les épaisseurs. Dans les chaussées rigides, au contraire, on a une grande répartition de la charge et c'est la résistance à la flexion des dalles qui détermine l'épaisseur nécessaire.

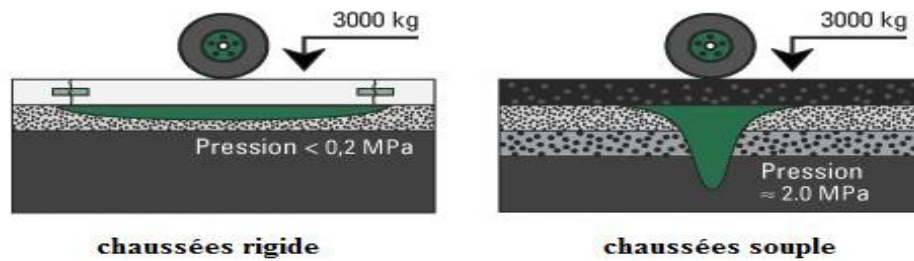


Figure VII.1: Répartition des charges sur la chaussée souple et la chaussée rigide.

VII.6 Conclusion

Les chaussées rigides sont les meilleures qui répondent aux conditions nécessaires des essais, bien qu'elles soient coûteuses par rapport aux chaussées souples. C'est pour ça la durée de vie retenue pour une chaussée rigide est de 20 ans par rapport à une chaussée souple est de 10 ans.

Chapitre VIII : Caractéristiques des signalisations

VIII.1. Caractéristiques des signalisations

Pour assurer la sécurité des aéronefs, l'aérodrome doit être équipé d'un système de signalisation horizontale (aides visuelles) basé sur les recommandations de l'annexe 14, qui définissent les dimensions des marques et la couleur adaptée à chaque aire de mouvement [11].

VIII.2. Couleur et visibilité des marques

Les marques de piste, ainsi que les lignes de sécurité d'aire de trafic, sont de couleur **blanche** [8].

Les marques de voie de circulation et les marques de poste de stationnement d'aéronef sont de couleur **jaune**.

Toutefois, les marques sont de couleur jaune, même sur une piste :

- sur les aires de demi-tour (marques axiales matérialisant la trajectoire de demi-tour et de raccordement à l'axe de piste).
- sur les aires à portance réduite ;
- sur les prolongements d'arrêt ;
- lorsqu'elles matérialisent les raccordements aux axes des voies de circulation ;

VIII.3. Marquage des pistes:

➤ Marques d'identification:

Les marques d'identification de piste sont apposées aux seuils des pistes revêtues. elles sont constituées par un nombre à deux chiffres; celui-ci est accompagné d'une lettre dans le cas de pistes parallèles. Les chiffres et les lettres auront la forme et les dimensions indiquées sur la Figure **VIII.1**. [8]

Dans le cas d'une piste unique, ce nombre de deux chiffres est le nombre entier le plus proche du dixième de l'azimut magnétique de l'axe de piste, mesuré en degrés à partir du nord magnétique dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant dans le sens de l'approche. les dimensions indiquées sur les figures **VIII.1**.et **VIII.2**peuvent être divisées par deux.[8]

Pour positionner longitudinalement les marques, les chiffres sont repérés par leur base (point le plus bas),

à propos largeur de la pistes égale à 45 m, et piste unique donc la positions de chiffres 48m du seuil ;

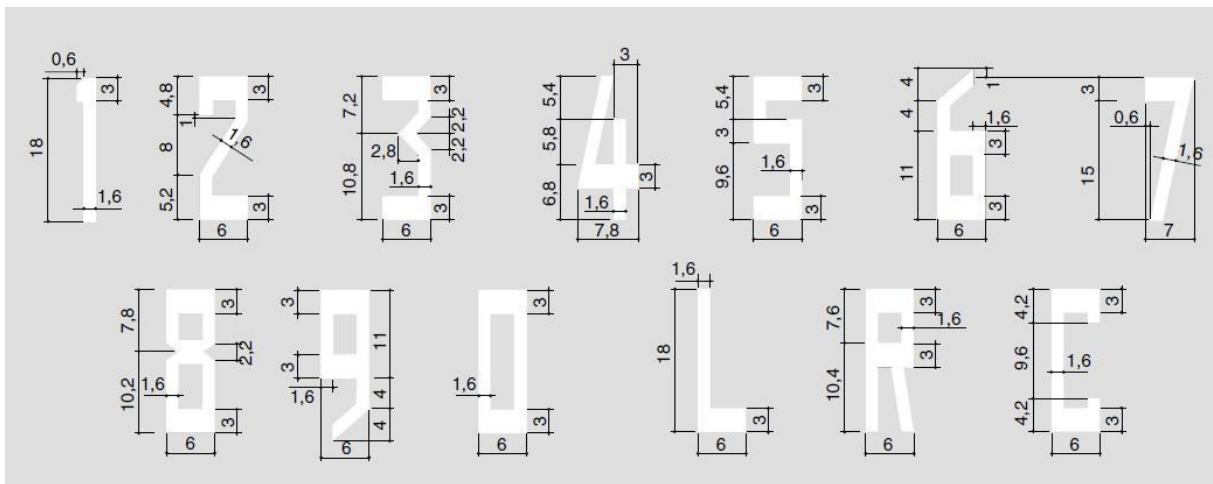


Figure VIII.1 : Formes et dimensions des lettres et chiffres des marques d'identification de piste [8].

- Cas général : 0,2,3,5,6,7,8,9

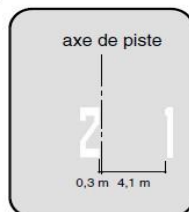
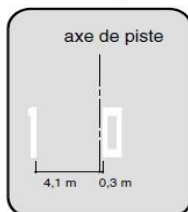


- Chiffre 4 : pistes 04, 14, 24, 34



- Exceptions : chiffres 1 et 4

Chiffre 1 : pistes 1 , 01, 21, 31



- Nombres particuliers

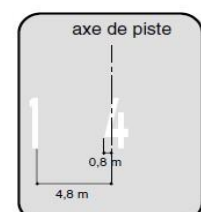
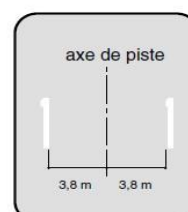


Figure VIII.2: Position latérale des marques d'identification de piste [8] .

➤ **Marques de seuil:**

Toutes pistes revêtues doivent être dotées de marques de seuil.

Les marques de seuil commencent à 6 m du seuil et sont constituées par des bandes de 30 m de longueur, parallèles à l'axe de piste et disposées symétriquement par rapport à cet axe. La largeur de la piste détermine le nombre de bandes, leur largeur et l'espacement entre deux bandes consécutives (voir Figure 1.3). [8]

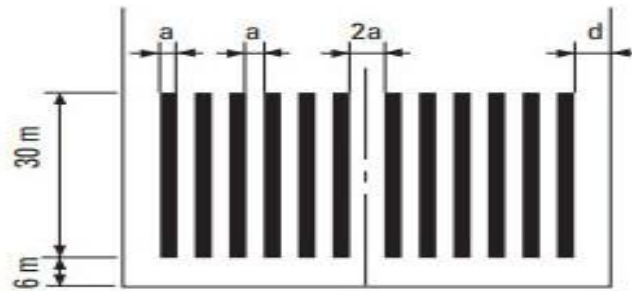


Figure VIII.3: Disposition des marques de seuil d'une piste de 45m (2x6 bandes).

Tableau VIII.1 : Nombre de bandes, largeur et espacement d'une marque de seuil.

Largeur de piste	Nombre de bande	a	d
18 m	4	1,5 m	3 m
23 m	6	1,5 m	2,5 m
30 m	8	1,5m	3m
45 m	12	1,7 m	2,1 m
60 m	16	1,7 m	2,8 m

➤ **Marques d'axe de piste:**

Toutes pistes revêtues doivent être dotées de marques d'axe.

Ces marques sont constituées par une ligne discontinue de traits, de 30m de longueur espacés de 30m et centrés sur l'axe de la piste.

La largeur des traits est fonction de la catégorie d'exploitation de la piste, les valeurs suivantes étant à adopter : 0,45 m pour les pistes à vue,[8]

➤ **Marques latérales de piste:**

Des marques latérales de piste sont apposées entre les deux seuils :

- d'une piste utilisée pour les approches de précision
- d'une autre piste revêtue lorsque le contraste entre les bords de la piste et les accotements ou le terrain environnant n'est pas suffisant.

Les marques latérales de piste sont constituées par deux bandes disposées le long des bords de la piste, le bord extérieur de chaque bande coïncide approximativement avec le bord de la piste. Sur une piste de 45m de largeur les marques latérales auront une largeur totale d'au moins 0,9m.[8]

VIII.4. Marques de voies de circulation:

➤ Marques axiales de voies de circulation:

Toutes les voies de relation des pistes revêtues doivent être dotées de marques d'axes. une marques axiales sont constituées par une ligne d'une largeur minimale de 0,15 m et continue sauf lorsqu'elles coupent des marques de point d'arrêt avant piste (Figure Figure 1.7 (D) Marques de point d'arrêt avant piste de grandes dimensions.), des marques de point d'arrêt intermédiaire (Figure VIII.9) ou des marques de seuil de piste (elles s'interrompent à 3 m de la bande de marque de seuil la plus excentrée). [8]

la marque axiale de la voie de relation est raccordée à celle de la piste et est prolongée parallèlement à celle-ci sur une distance de 60m au- delà du point de tangence lorsque le chiffre de code est 4. La distance entre axes des deux marques étant de 0,9m (Figure VIII.10)

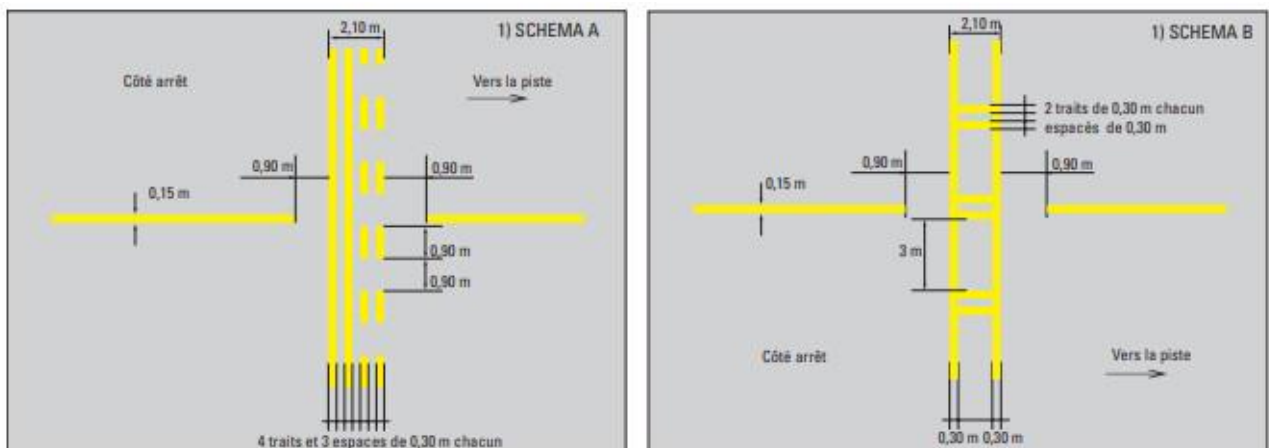


Figure VIII.5: Marques de point d'arrêt.

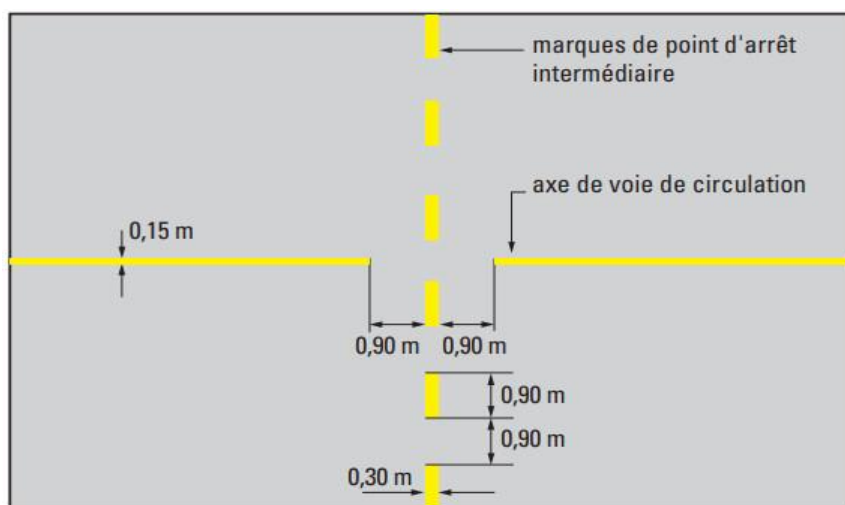


Figure VIII.6: Marques de point d'arrêt intermédiaire. [8]

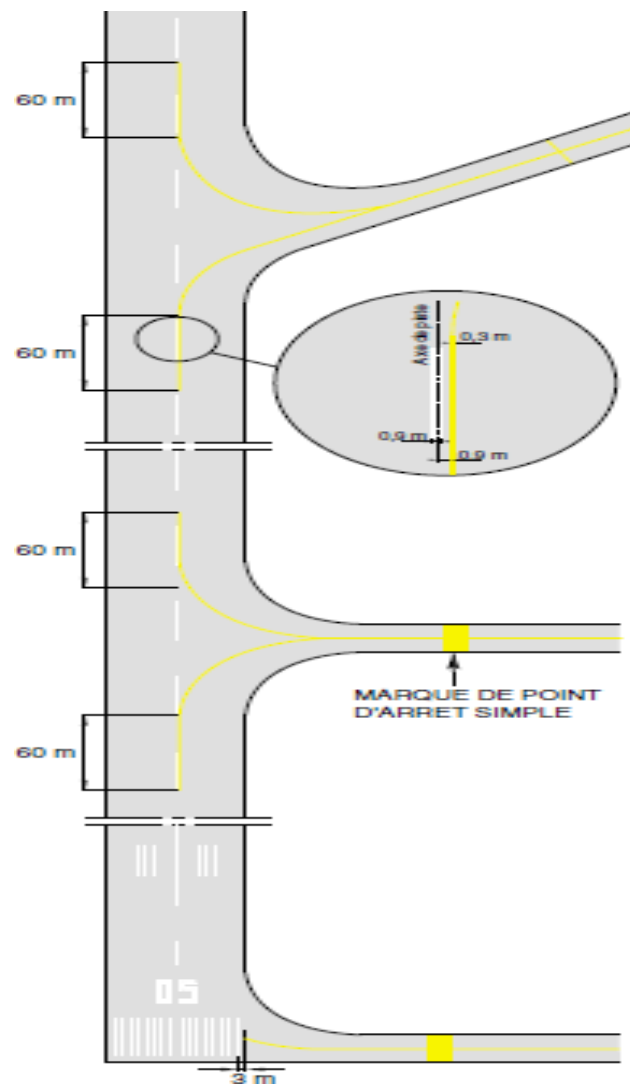


Figure VIII.7: Marques axiales de voies de circulation.[19]

➤ **Marques d'intersection de voies de circulation:**

Une marque d'intersection de voies de circulation est disposée à l'intersection de deux voies de circulation lorsqu'il y a lieu de définir une limite d'attente précise.

La marque d'intersection de voies de circulation est placée transversalement à une voie de circulation, à une distance suffisante du côté le plus rapproché d'une voie de circulation sécante pour assurer la marge de sécurité nécessaire entre des avions qui circulent au sol.[8]

La marque d'intersection de voies de circulation consistera en une ligne simple discontinue, éléments ont une longueur de 0,9m, une largeur de 0,3m et sont espacés de 0,9m. [8]



Figure VIII.8 : Marque d'intersection de voies de circulation.

➤ Marques de prolongement d'arrêt:

Des marques de prolongement d'arrêt sont apposées sur tous les prolongements d'arrêt d'une longueur supérieure à 60 m.

Ces marques sont constituées de chevrons de couleur jaune dont la pointe est dirigée vers le seuil de piste, centrés sur l'axe de piste, d'empiètement longitudinal de 15 m et séparés de 30 m de pointe à pointe. Les deux traits constituant chaque chevron mesurent 0,90 m de large, sont disposés symétriquement par rapport à l'axe de piste conformément à la Figure VIII.11. [8]

Le premier chevron commence à 7,50 m après le seuil de piste, mais seule la partie située avant le seuil est effectivement dessinée. Les chevrons suivants se succèdent tous les 30 m à partir de cette distance, le dessin s'arrêtant dans tous les cas à 1,50 m de l'extrémité du prolongement d'arrêt. [8]

Dans le cas où le prolongement d'arrêt est situé avant un seuil décalé, une ligne jaune de 1 m de large est située en travers de la piste à l'extrémité de piste à la Figure VIII.12. [8]

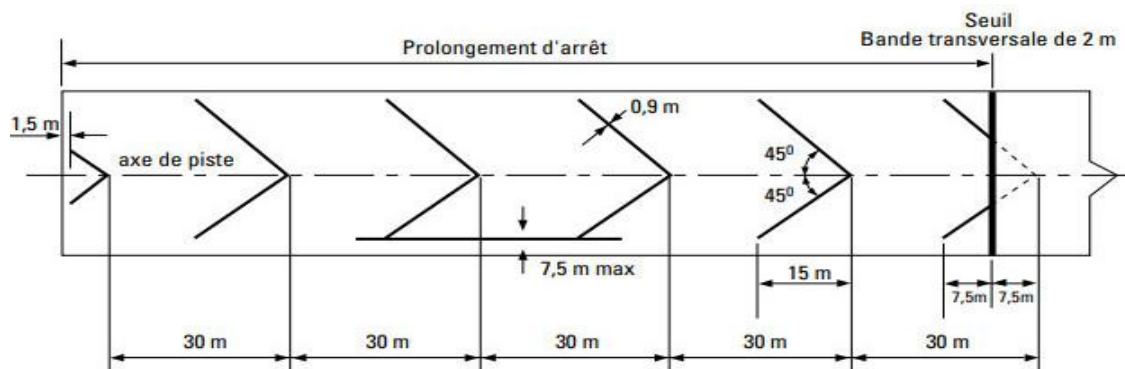


Figure VIII.9: Marques de prolongement d'arrêt.

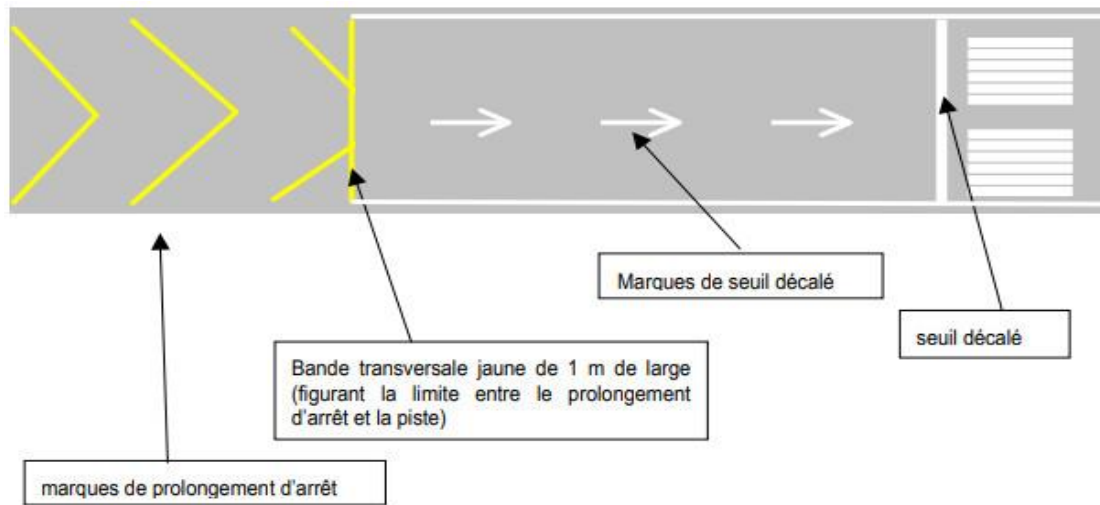


Figure VIII.10 : Schéma D Marques de prolongement d'arrêt dans le cas d'un seuil décalé.

VIII.5. Conclusion:

La signalisation acquise pour l'aérodrome de Zenata suivant les recommandations de l'O.A.C.I et une étude détaillée de notre projet.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Les conclusions que l'on peut tirer de ce travail sont les suivantes :

Vu le développement économique et l'importance des investissements au niveau de la ville de Tlemcen ces dernières années, la ville est devenue attractive sur le plan national et international d'où on a tous remarqué l'influence du trafic urbain en ce qui concerne l'autoroute EST-OUEST sur le trafic aérien au niveau national. Ce qui nous a poussé à un dimensionnement global de l'aéroport MESSALI EL HADJ (ZENATA-TLEMEN).

L'étude de conception et dimensionnement de la nouvelle piste d'aérodrome de ZENATA réalisée dans le cadre de notre projet de fin d'étude de Master nous a permis d'enrichir nos connaissances scientifiques dans le domaine des infrastructures aéroportuaires. Cette étude a été réalisée afin que la piste d'envol existante puisse répondre aux besoins opérationnels (atterrissage, roulement au sol, décollage) de l'appareil de type Boeing 737-800 qui est utilisé par la flotte des vols internes de la compagnie nationale Air Algérie.

Compte tenu des charges d'exploitation d'avions qui ne cessent d'augmenter, nous avons établi au cours de l'avant-projet détaillé une étude comparative entre les deux types de chaussées souple et rigide. Chaque chaussée obéit aux normes de l'O.A.C.I et présente des avantages et des inconvénients.

Nous avons choisi une structure souple conforme à la loi (moins de dix ans) et parce que le développement du trafic à l'aéroport de ZENATA-TLEMEN serait progressif.

En définitive, la construction ou la mise à niveau d'un aérodrome obéit à des normes internationales définies par les organisations en charge de l'aviation civile l'O.A.C.I, tant sur sa conception que sur sa mise en œuvre. C'est un domaine très sensible d'où la nécessité de respecter scrupuleusement les conventions internationales.

Bibliographie

- [1].E.G.S.A.O, 2017 FICHE DE PRESENTATION DE L'AEROPORT - Ministère des Transports.
- [2]. https://en.wikipedia.org/wiki/Air_Algeria
- [3].Services d'information Aérienne (S.I.A) Algérie www.sia-enna.dz.
- [4].Cours aerodromes M2 VOA USTHB.
- [5].Cours aerodromes M2 VOA CUBBT.
- [6].Station météorologique de TLEMCEM / ZENATA.
- [7].O.A.C.I Annexe technique n°1 relative aux caractéristiques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe.
- [8].O.A.C.I Annexe a conditions d'homologation et procedures d'exploitation des aerodromes
- [9].Direction générale de l'aviation civile (DGAC) .
- [10].Service technique des bases aériennes (STBA) .
- [11].O.A.C.I Annexe 14 à la convention relative à l'aviation civil internationale, Volume I : conception et exploitation des aérodromes, juillet2018.
- [12].O.A.C.I Manuel de conception de aerodromes partie2 vois circulation ,aire de trafic et plat forme de circulation.
- [13].O.A.C.I Manuel de conception de aerodromes 3eme partie chaussées deuxieme edition-1983.
- [14].estimacion del modulo de reaccion combinado para diferentes estructuras de subbase de pavimento rigido.
- [15].mémoire :Méthodologie de diagnostic et de renforcement des pistes aéronautiques exemple Aéroport de Hassi R'mel.
- [16].mémoire :Conception de la chaussées dans la zone de mouvement de l'aéroport de MÓRROPE – LAMBAYEQUE.
- [17].mémoire :Etude du renforcement de l'aérodrome d'in-saleh.
- [18].mémoir :Le développement stratégique cas :de l'aéroport d'oran.
- [19].Chapitre 3- Aire de MANŒUVRE.
- [20].Chapitre -4 Aire de trafic.
- [21].Chapitre 8 Gestion des chaussée aéronautiques Méthode A.C.N. - P.C.N .
- [22].Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength.
- [23].Document laboratoire national des travaux publics et du bâtiment (Etude N° 008/ES TL/1978) .

[24]. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DE PERU diseno pavimento de un aeropuerto

[25]. U.S Département of transportation fédéral aviation administration Advisory circular

[26] .Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer not d'information technique
dispositions relatives a l'application des aires de sécurité d'extrémité de piste.

Annexes

Annexe N°III.2.

Tableau 1 – Caractéristiques géométriques d'une piste stipulées par l'ITAC							
Caractéristiques géométriques(1)	Code chiffre(2)	Code lettre(2)					
		A	B	C	D	E	F
LARGEUR DES PISTES							
Piste revêtue aux instruments	1	30m	30m	30m			
	2	30m	30m	30m	45m		
	3	30m	30m	30m	45m	45 m	60 m
	4	.....	.....	45m			
Piste revêtue à vue	1	18m	18m	23m			
	2	23m	23m	30m	45m		
	3	30m	30m	30m	45m	45 m	60 m
	4	.....	.....	45m			
Piste non revêtue	1 et 2	50m	50m				
	Planeur	80m	80m				
PROFIL EN LONGUEUR							
Pente longitudinal moyenne	1	2 %	2 %	2 %			
	2	2 %	2 %	2 %	1 %		
	3	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %
	4	.....	.....	1 %			
Pente longitudinal ponctuelle	1	2 %	2 %	2 %			
	2	2 %	2 %	2 %	1,5 %		
	3	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,25 %	1,25 %	1,25 %
	4	.....	.....	1,25 %			
Changement de pentelongitudinale	1	2 %	2 %	2 %			
	2	2 %	2 %	2 %	1,5%		
	3	1,5 %	1,5 %	1,5%	1,5%	1,5 %	1,5 %
	4	.....	.....	1,5%			
Rayon de raccordement minimum	1	7 500m	7 500m	7 500m			
	2	7 500m	7 500m	7 500m	15 000m		
	3	15 000 m	15 000 m	15 000m	30 000m	30 000 m	30 000 m
	4	.....	.....	30 000m			
Hauteur au-dessus de la piste (Distance de visibilité)	1, 2, 3 et 4	1,5 m	2 m	3 m	3 m	3 m	3 m
PROFIL EN TRAVERS							
Pentes transversales	1, 2, 3 et 4	2 %	2 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %

(1) Les combinaisons de chiffres et de lettres de code correspondant aux caractéristiques spécifiées ont été établies en fonction des caractéristiques d'aéronefs types.

(2) Les codes chiffre et lettre ont été déterminés dans l'article [C4450], §3.3.

Tableau 2 – Caractéristiques géométriques des bandes de pistes				
Code chiffre	1	2	3	4
Longueur minimale(1)				
Piste exploitée aux instruments	$Lp + PA + 120$ m (2)	$Lp + PA + 120$ m (2)	$Lp + PA + 120$ m (2)	$Lp + PA + 120$ m (2)
Piste revêtue exploitée à vue	$Lp + PA + 60$ m (3)	$Lp + PA + 60$ m (3)	$Lp + PA + 120$ m (2)	$Lp + PA + 120$ m (2)
Piste non revêtue	$Lp + PA + PD$	$Lp + PA + PD$	-	-
Largeur				
Piste exploitée aux instruments	“ 150m	“ 150m	“300m	“300m
Piste exploitée à vue	“ 60m (4) (5)	“ 80m	“150m	“150m
Largeur de la partie aménagée				
Piste exploitée aux instruments	“80m	“80m	“150m	“150m
Piste exploitée à vue	“60m	“80m	“150m	“150m
Pentes longitudinales des parties dégagée et aménagée				
	2 %	2 %	1,75 %	1,5 %
Pentes transversales de la partie aménagée				
	3 %	3 %	2,5 %	2,5 %
<p>(1) <i>PA</i>: longueur du ou des prolongement(s) d'arrêt <i>PD</i>: longueur du ou des prolongement(s) dégagé(s); <i>LP</i>: longueur de la piste</p> <p>(2) Si la piste possède un prolongement dégagé (“60m) à un seuil, la longueur de la bande de piste sera: $Lp + PD + 60$ m.</p> <p>(3) Si la piste possède un prolongement dégagé (“60m) à chaque seuil, la longueur de la bande de piste sera: $Lp + PD1 + PD2$.</p> <p>(4) Si la piste possède un prolongement dégagé (“30m) à un seuil, la longueur de la bande de piste sera: $Lp + PD + 30$ m.</p> <p>(5) Si la piste possède un prolongement dégagé (“30m) à chaque seuil, la longueur de la bande de piste sera: $Lp + PD1 + PD2$.</p> <p>(4) 80 m pour les pistes utilisées par des planeurs.</p> <p>(5) 50 m pour les pistes non revêtues pour avions.</p>				

Tableau 3 – Caractéristiques géométriques des voies de circulation					
Code lettre	Voie de relation		Voie de desserte		Rayon intérieur de congés de raccordement entre la voie et une piste ou autre voie
	Largeur de la voie	Marge e_R de dégagement	Largeur de la voie	Marge e_D de dégagement	
A	7,5 m	1,5 m	7,5 m	1,5 m	15 m
B	10,5 m	2,25 m	9 m	1,5 m	20 m
C	15 m (1) ou 18 m (2)	3 m (1) ou 4,5 m (2)	13 m	2 m	30 m
D	18 m (3) ou 23 m (4)	4,5 m	19 m	2,5 m	50 m
E	23 m	4,5 m	19 m	2,5 m	50 m
F	25 m	4,5 m	21 m	2,5 m	50 m
<p>(1) Empattement avion inférieur à 18m.</p> <p>(2) Empattement avion supérieur ou égal à 18m.</p> <p>(3) Largeur hors-tout train principal inférieure à 9m.</p> <p>(4) Largeur hors-tout train principal supérieure ou égale à 9m.</p>					

Tableau 4 : Distances minimales de séparation pour les voies de circulation

Code lettre	Distance entre l'axe d'une voie de circulation et l'axe d'une piste (m)								Distance entre l'axe d'une voie de circulation et l'axe d'une autre voie de circulation (m)	Distance entre l'axe d'une voie de circulation autre qu'une voie d'accès de poste de stationnement et un objet (m)	Distance entre l'axe d'une voie d'accès de poste de stationnement et un objet (m)
	Pistes aux instruments Code chiffre				Piste à vue Codechiffre						
	1	2	3	4	1	2	3	4			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
A	82,5	82,5	-	-	37,5	47,5	-	-	23,75	16,25	12
B	87	87	-	-	42	52	-	-	33,5	21,5	16,5
C	-	-	168		-	-	93	101	44	26	24,5
D	-	-	176	176	-	-	-	101	66,5	40,5	36
E	-	-		182,5	-	-	-	107,5	80	47,5	42,5
F	-	-		190	-	-	-	115	97,5	57,5	50,5

Notel : les distances de séparation indiquées dans les colonnes (2) à (9) s'appliquent aux combinaisons habituelles de pistes de voies de circulation.

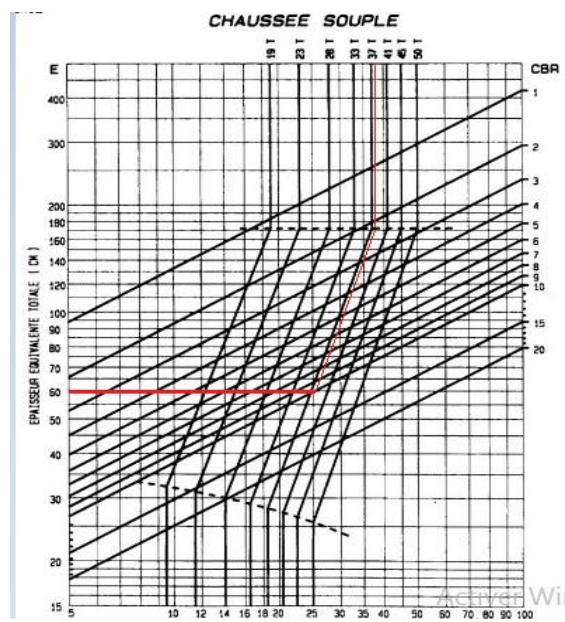
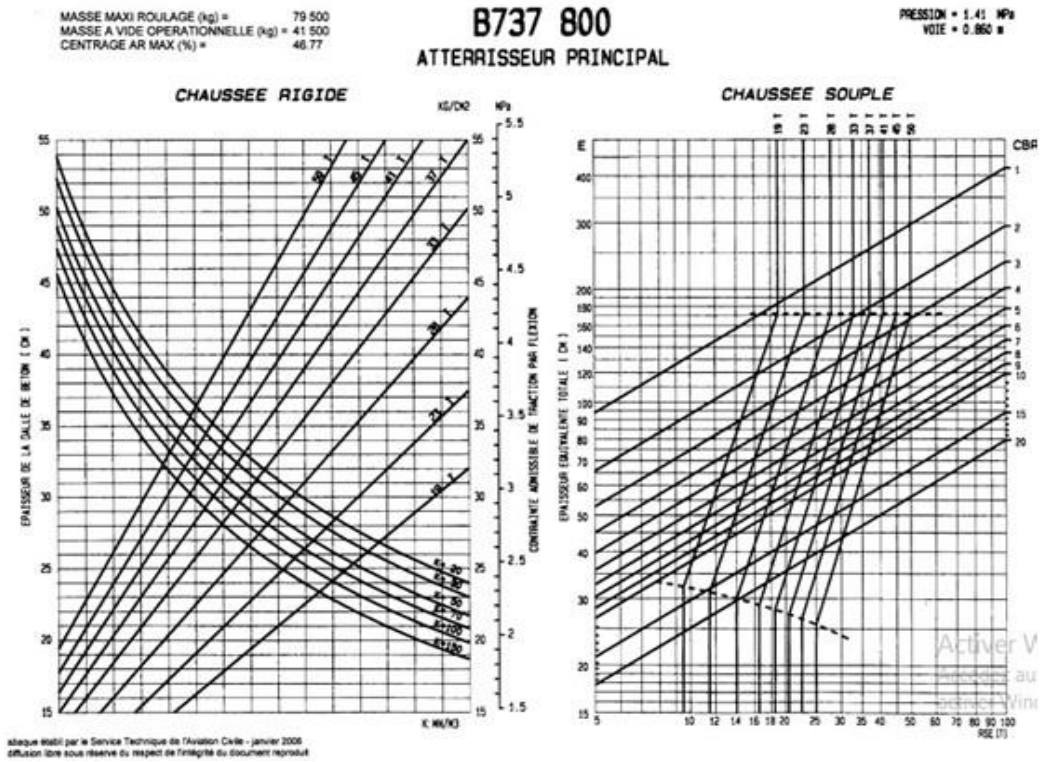
Note 2 : les distances indiquées dans les colonnes (2) à (9) ne garantissent pas une marge suffisante derrière un avion en attente pour le passage d'un autre avion sur une voie de circulation parallèle.

Tableau 5 :Dégagement sur les postes de stationnement

Lettre de code	Dégagement
A	3 m
B	3 m
C	4.5 m
D	7.5 m
E	7.5 m
F	7.5 m

Annexe N°VI.1

- Abaques de dimensionnement caractérisant le Boeing 737-800 :



➤ Les caractéristiques de la méthode ACN/ PCN.

Categories d'indications	letter de code
<p>1 - TYPE DE CHAUSSEE</p> <p>Souple Rigide</p> <p>* si la construction est composite ou non normalisée, une note le précisons est ajoutée.</p>	<p>F R</p>
<p>précisant est ajoutée.</p> <p>2 - CATEGORIE DE RESISTANCE DU SOL SUPPORT</p> <p>Résistance élevée caractérisée par $K = 150 \text{ MN/m}^3$ et représentant toutes les valeurs K supérieures d 120 MN/m^3 pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 15$ et représentant toutes les valeurs CBR supérieures d 13 pour les chaussées souples.</p>	<p>A</p>
<p>Résistance moyenne caractérisée par $K = 80 \text{ MN/m}^3$ et représentant une gamme de valeurs K de $60 \text{ à } 120 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 10$ et représentant une gamme de valeurs CBR de $8 \text{ à } 13$ pour les chaussées souples</p>	<p>B</p>
<p>Résistance faible caractérisée par $K = 40 \text{ MN/m}^3$ et représentant une gamme de valeurs de K de $25 \text{ à } 60 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 6$ et représentant une gamme de valeurs de CBR $4 \text{ à } 8$ pour les chaussées souples.</p>	<p>C</p>
<p>Résistance ultra faible caractérisée par $K = 20 \text{ MN/m}^3$ et représentant toutes les valeurs de K inférieures $\text{à } 25 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 3$ et représentant toutes les valeurs de CBR inférieures à 4 pour les chaussées souples</p>	<p>D</p>
<p>3 - PRESSION MAXIMALE ADMISSIBLE DES PNEUMATIQUES</p> <p>Catégorie de pression des pneumatiques</p> <p>Elevée (pas de limite de pression) Moyenne (pression limitée à $1,50 \text{ MPa}$) Faible (pression limitée à $1,00 \text{ MPa}$) Trèsfaible (pression limitée a $0,50 \text{ MPa}$)</p>	<p>W X Y Z</p>
<p>4 - BASE D'EVALUATION</p> <p>Evaluation technique : Etude spécifique des caractéristiques de la chaussée et utilisation de techniques d'études du comportement des chaussées.</p> <p>Evaluation faisant appel à l'expérience acquise sur les avions: Connaissance du type et de la masse spécifique des avions utilisés régulièrement et que la chaussée supporte de façon satisfaisante.</p>	<p>T U</p>