

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

ⓧ•⊕Λ• ΔΔ ΣX [://:V •X[•Λ[•O

FACULTE DE GENIE DE CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

Option : Voies et Ouvrages d'Art.

Thème

**ETUDE DE DEVELOPPEMENT DES
INFRASTRUCTURES AEROPORTUAIRES
AERODROME DE BOU SAADA
(AIN-EDDIS)**

Proposé par :

Service Aérodrome SAETI

Encadré par :

M^r :GABI Smail

Réalisé par :

M^{elle} : ACHOUR Katia

M^{elle} :AIT HAMOUDA Melissa

Promotion 2015/2016

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier dieu tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens, leurs patiences et toutes les aides matérielles morales qui nous ont accordés durant tout la période de notre formation.

Comme guise de reconnaissance, nous adressons nos sincères remerciements, notre grand respect et noble gratitude à notre encadreur Mr **GABI Smail**, pour nous avoir guidés dans la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté.

Au bureau d'étude **SAETI** : société algérienne s'étude et d'infrastructures, qui nous a fournis les données nécessaires à l'établissement de ce travail.

Par la même occasion, nous tenons à exprimer notre gratitude a :

Mr **SIDALI Farid**, directeur opérationnel des ouvrages aéroportuaires, qui nous a dirigés tout au long de cette étude d'une manière exceptionnel et pour toute son aide technique.

Nous ne saurons oublier sa constante disponibilité.

Notre cher ingénieurs de la SAETI Mr **ADJELANE Arezki**, et Mr **LOUNICI ALI Toufik**, qui nous ont apportés leur aide technique.

Nos vifs remerciements iront aussi aux membres de jury qui nous ferons l'honneur de juger et d'enrichir ce travail par leur propositions.

Que l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation et le personnel du département de génie civil veuillent trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance.



Dédicaces

Tout d'abord je remercie dieu de m'avoir donné la force d'accomplir ce travail, que je dédie à :

A mon cher père(MEZIANE) qui n'a pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir tout obstacle durant toutes mes années d'études et rien n'aurait été possible sans lui, que dieu me le garde en très bonne santé.

A ma plus belle étoile qui puissent exister dans l'univers ; ma chères mère(FATIHA), celle à qui je souhaite une très longue vie.

A ceux que j'aime et je respecte :

A mes charmants frères : AZIZ, YANIS, YOUBA(JUBA), ceux à qui je souhaite beaucoup de réussite dans leurs études.

A la mémoire de mes grand parents (Djedi el HADJE et Djedi MOUH), que dieu les accueillent dans son vaste paradis.

A ma grand-mère Djida FATIMA, celle à qui je souhaite une longue vie.

A mes oncles et mes tantes, ainsi que leurs familles.

A mes cousines et mes cousins.

A ma chère cousine KAHINA et son mari MOULOUD et ces deux enfants.

A toute ma grande famille, la famille ACHOUR.

A tonton ARZEKI Kebache, ainsi que sa famille.

A tonton HECENE Mekdoud et ma tante NADIA, ainsi que leurs enfants.

A mes copines de chambre : SEHAM, KAMILIA, NAWEL, SAMIRA.

A l'ami intime de mon père mon 2ème papa(SAID), ainsi que sa famille.

A mes chères amis, vous qui m'avez toujours aidé : BILAL, SEHAM, DYHIA, NADIA, RABAH Mekdoud, RACHID, HILAL, FARES, DJILALI, FARHAT, HAKIM, SOFIANE, NOUARA, HOUA..... (Et la liste ne se termine pas).

A ma charmante binôme MELLISSA Ait Hamouda, ainsi que sa famille.

A toute la promotion 2016, spécialement mes camarades de la promo VOA.

A ceux que j'ai oubliés et qui comptent pour moi.

Merci à tous

ACHOUR Katia



Dédicaces

Tout d'abord je remercie dieu de m'avoir donné la force d'accomplir ce travail, que je dédie à :

A ma très chère mère LOUIZA : Affable, honorable, aimable, Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher Père ABDENOUR : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mon très cher frère NABIL et son épouse AMINA, et mon petit ange que j'aime plus que tous NAEL.

A ma très chère sœur LUDMILA présente dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et ses belles surprises sucrées. Je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je t'exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

A mon très cher frère SOFIANE et sa femme SABRINA que je remercie pour tous ce que qu'elle a fais pour moi.

A mon grand frère YACINE et son fils CHEMSSOU.

A mes deuxièmes parents MADJED et NASHOI que j'aime beaucoup et que je remercie pour tous ce qu'ils ont fait pour moi.

A tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A ma très cher copine KAHINA et tous mes amis : BILY, RACHID, KARINA, FATMA....

A ma charmante binôme qui ma accompagné tous au long de ce mémoire de fin d'étude KATIA ACHOUR, ainsi que toute sa famille.

A toute la promotion 2016, spécialement mes camarade de promo VOA.

A ceux que j'ai oubliés et qui comptes pour moi.

Merci à tous

AIT HAMOUDA Melissa

LISETE DES ABREVIATIONS

- O.A.C.I** : l'Organisation de l'aviation civile internationale ;
- STBA** : service technique des bases aériennes ;
- ACN** : Numéro de classification d'aéronef (Aircraft Classification Number) ;
- PCN** : Numéro de classification de chaussée (Pavement Classification Number) ;
- MLS** : Système d'atterrissage hyperfréquences (Microwave Landing System) ;
- ILS** : Système d'atterrissage aux instruments (Instrument Landing) ;
- CU** : Coefficient d'utilisation d'une piste d'aérodrome ;
- QFU** : Marque d'identification des pistes ;
- R.E.S.A** : Aire de sécurité d'extrémité des pistes ;
- P.O.R (S.W.Y)** : prolongement occasionnellement roulant ;
- Pta** : charge admissible d'un avion ;
- Q** : le débit des eaux de surface ;
- C** : Degré Celsius ;
- CBR** : Indice portant californien (California Bearing Ratiotest) ;
- Kg** : Kilogramme ;
- Km** : Kilomètre ;
- Km/h** : Kilomètre par heure ;
- M** : Mètre ;
- Max** : Maximum ;
- Min** : Minimum ;
- Mm** : Millimètre ;
- Mpa** : Méga pascal ;
- N1** : correction de l'altitude ;
- N2** : correction de la température ;
- N3** : correction de la pente ;
- N** : correction totale ;
- LCPC** : laboratoire central des ponts et chaussées ;
- SAETI** : société algérienne d'étude et d'infrastructures ;

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

Tableau III.1 : Caractéristiques du Boeing 737-800	P15
Tableau III.2 : Code de référence des aérodromes.....	P17
Tableau III.3 : Valeurs limites du vent traversier.....	P20
Tableau III.4 : Largueur des pistes.....	P24
Tableau III.5 : Répartition des vents sur l'aérodrome de Bou Saâda.....	P26
Tableau III.6 : Récapitulatif des coefficients d'utilisation en fonction de la direction.....	P31

CHAPITRE IV: Proposition de variante

Tableau IV.1 : Caractéristique de la surface intérieure horizontale.....	P38
Tableau IV.2 : Caractéristiques de la surface conique.....	P39
Tableau IV.3 : Caractéristiques de la surface de transition.....	P40
Tableau IV.4 : Caractéristiques de la surface d'approche.....	P41
Tableau IV.5 : Caractéristiques de la surface de montée au décollage.....	P43
Tableau IV.6 : Comparaison des deux variantes (Avantages et inconvénients).....	P46

CHAPITRE V: Etude géotechnique

Tableau V.1 : Description géologique des puits.....	P49
Tableau V.2 : Interprétation des essais granulométriques suivant la classification L.C.P.C	P53
Tableau V.3 : Limite d'Atterberg.....	P55
Tableau V.4 : Interprétation des analyses chimiques.....	P57
Tableau V.5 : Récapitulatif de l'ensemble des résultats des essais en laboratoire	P60
Tableau V.6 : Nature géotechnique (classification L.C.P.C).....	P65

CHAPITRE VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

Tableau VI.1 : Types et caractéristiques des atterrisseurs	P74
Tableau VI.2 : Coefficients d'équivalence des matériaux.....	P78
Tableau VI.3 : Charges réelles de calcul pondérées	P80

Tableau VI.4 : Epaisseurs équivalentes totales.....	P81
Tableau VI.5 : Epaisseurs minimales des matériaux traités.....	P82
Tableau VI.6 : Epaisseurs de la chaussée au niveau de la piste et des bretelles.....	P83
Tableau VI.7 : Epaisseurs de la chaussée au niveau des parkings.....	P84
Tableau VI.8 : Epaisseurs de la chaussée au niveau des accotements et POR.....	P85
Tableau VI.9 : ACN du Boeing 737-800.....	P88

CHAPITRE VII : Etude géométrique

Tableau VII.1: Profil en long de la piste.....	P97
Tableau VII.2 : Profil en travers de la piste.....	P99
Tableau VII.3 : Distances minimales de séparation pour les voies de circulation.....	P105
Tableau VII.4 : Pentés transversales des voies de circulation, voies de sortie rapide et bretelles	P108
Tableau VII.5 : Profil en long bretelle 1.....	P108
Tableau VII.6 : Profil en long bretelle 1.....	P109
Tableau VII.7: Profil en long de la voie de sortie rapide.....	P109
Tableau VII.8 : Profil en long Taxiway 1.....	P110
Tableau VII.9 : Pentés transversales du parking.....	P111
Tableau VII.10 : Profil en long du Taxiway 2 y et du parking.....	P112

CHAPITRE IX : Métré des travaux

Tableau IX.1 : Des surfaces.....	P128
Tableau IX.2 : Des remblais et déblais.....	P129
Tableau IX.3 : Devis quantitatif et estimatif.....	P135
Tableau IX.4 : Devis quantitatif et estimatif.....	P136

LISTES DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE :

Figure 0.1 : Aérodomes d'Algérie	01
---	----

CHAPITRE I : Notions sur les aérodomes

Figure I.1 : Vue aérienne d'un aéroport	01
Figure I.2 : Eléments constituant l'aire de mouvement	02
Figure I.3 : Aire de manœuvre	02
Figure I.4 : Piste	03
Figure I.5 : pistes parallèles	04
Figure I.6 : Pistes sécantes	05
Figure I.7 : Voies de circulation	05
Figure I.8 : Aire de stationnement	06
Figure I.9 : Concept linéaire	07
Figure I.10: Concept jetée	07
Figure I.11: Concept satellite	08
Figure I.12: Concept transbordeur	08

CHAPITRE II : Présentation de la région de Bou Saâda et du projet

Figure II.1 : Localisation de la ville de Bou Saâda	09
Figure II.2 : Dunes et plaine au nord de la ville de Bou Saâda	10
Figure II.3 : Adossement de la ville de Bou Saâda à la montagne	11
Figure II.4 : Situation de l'aérodrome par rapport à la ville de Bou Saâda et du chef-lieu de M'Sila	11
Figure II.5 : L'aérodrome de AIN EDDIS	13

CHAPITRE III : Analyses des données de l'aérodrome de Bou Saâda

Figure III.1 : Caractéristique du Boeing 737-800	16
Figure III.2 : L'effet girouette	19
Figure III.3 : L'effet trièdre	9

Figure III.4 : Rose des vents annuelle (station météorologique de Bou Saâda (2000/2009)).....	21
Figure III.5 : Distribution fréquentielle annuelle des classes de vent (station météorologique de Bou Saâda 2000/2009).....	21
Figure III.6 : La direction Nord.....	26
Figure III.7 : La direction Nord- Nord-est.....	27
Figure III.8 : La direction Nord-Est.....	28
Figure III.9 : La direction Est-Nord- Est.....	28
Figure III.10 : La direction Est.....	29
Figure III.11 : La direction Est- Sud- Est.....	30
Figure III.12 : La direction Sud- Est.....	30
Figure III.13 : La direction Sud- Sud-Est.....	31
Figure III.14 : Courbe de variation du coefficient d'utilisation en fonction de la direction.....	32

CHAPITRE IV : Proposition de variantes

Figure IV.1 : Plan de dégagement de la première variante	34
Figure IV.2 : Plan de dégagement de la deuxième variante	36
Figure IV.3 : Vue en perspective des surfaces de dégagement.....	37
Figure IV.4 : Vue en plan de la surface horizontale intérieure	38
Figure IV.5 : Coupe longitudinale de la surface conique.....	39
Figure IV.6 : Surface horizontale intérieure et surface de transition.....	40
Figure IV.7 : Coupe longitudinale de la trouée d'atterrissage	42
Figure IV.8 : Vue en plan de la trouée d'atterrissage	42
Figure IV.9: Vue en plan de la surface de montée au décollage	43
Figure IV.10 : Surfaces de dégagement d'un aéroport.....	44
Figure IV.11 : Surfaces de limitation d'obstacles pour l'aéroport de Bou Saâda.....	45

CHAPITRE V : Etude géotechnique

Figure V.1 : Essai d'analyse granulométrique.....	54
Figure V.2 : Essai équivalent de sable.....	58
Figure V.3 : Essai Proctor.....	60

CHAPITRE VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

Figure VI.1 : Corps de chaussée rigide.....	72
FigureVI.2 : Corps de chaussée souple.....	72
Figure VI.3 : Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.....	75

CHAPITRE VII : Etude géométrique

FigureVII.1 : Gisement d'une droite.....	91
Figure VII.2 : Les gisements.....	92
Figure VII.3 : Premier cadran.....	92
Figure VII.4 : Deuxième cadran.....	92
FigureVII.5 : Troisième cadran	93
Figure VII.6 : Quatrième cadran.....	93
Figure VII.7 : Profil en long.....	95
FigureVII.8 : Calcul des distances entre deux changements de pente.....	96
Figure VII.9 : Profil en toit.....	98
FigureVII.10 : Profil à pente unique.....	98
FigureVII.11 : Profil en W.....	99
Figure VII.12 : Bande de piste.....	101
Figure VII.13 : Piste et son prolongement occasionnellement roulant.....	102
Figure VII.14 : Prolongement occasionnellement roulant (P.O.R).....	102
Figure VII.15 : Aire de sécurité d'extrémité de piste.....	103
Figure VII.16 : Détermination du largeur d'une voie de circulation.....	106
FigureVII.17 : Voie de sortie rapide.....	107
Figure VII.18 : Accotement de voie de circulation.....	107

CHAPITRE VIII : Balisage et signalisation

Figure VIII.1 : Manche à vent.....	114
FigureVIII.2 : Formes et proportions des lettres et chiffres des marques d'identification de piste.....	115
FigureVIII.3 : Disposition des marques de seuil d'une piste de 45m (2*6 Bandes).....	116
Figure VIII.4 : Marques de seuil.....	116
Figure VIII.5 : Marques de point cible.....	117
FigureVIII.6 : Marques de zone de toucher des roues et marques de point cible.....	118

Figure VIII.7 : Configuration des marques point cible et de zone de toucher des roues.....	118
Figure VIII.8 : Marque de voie de circulation interrompue.....	119
Figure VIII.9 : Marques axiales de voie de circulation.....	120
Figure VIII.10 : Marques de voies de circulation (représentées en association avec les marques fondamentales de piste).....	121
Figure VIII.11 : Marque de point d'attente de circulation.....	121
Figure VIII.12: Marques d'intersection de voies de circulation.....	122
Figure VIII.13 : Marques de prolongement occasionnellement roulant.....	123
Figure VIII.14 : Amorce de virage et immobilisation d'un avion en manœuvre autonome de positionnement sur poste.....	122

Sommaire

Avant -propos

Introduction générale

CHAPITRE I : Notions sur les aérodromes

I.1 Introduction.....	01
I.2 Eléments constituant un aérodrome.....	01
I.2.1 L'aire de mouvement.....	02
1- L'aire de manœuvre.....	02
➤ La piste.....	03
➤ les voies de circulation.....	05
I.2.2 L'aire de trafic.....	06
➤ Les voies de desserte.....	06
➤ Les aires de stationnement ou parking.....	06
➤ Aire d'attente.....	06
I.2.3 Installations terminales ou aéroports.....	07
I.3 Conclusion.....	08

CHAPITRE II : Présentation de la région de Bou Saâda et du projet

II.1 Introduction.....	09
II.2 Présentation de la région de Bou Saâda et de son aérodrome.....	09
II.2.1 Situation géographique.....	09
II.3 Présentation de l'aérodrome de Bou Saâda.....	11
II.3.1 Emplacement.....	11
II.3.2 Historique de l'aéroport de Bou Saâda et infrastructures existantes.....	12
II.4 Présentation et but du projet (infrastructures projetée).....	13
II.5 Critères et normes à respecter.....	13
II.6 Conclusion.....	14

CHAPITRE III : Analyses des données de l'aérodrome de Bou Saâda

III.1 Introduction.....	15
III.2 Analyse des données de l'aérodrome.....	15
a- L'avion critique.....	15
b- Classification de l'aérodrome.....	17
c- Etude du trafic.....	18

d- Climatologie.....	18
➤ Température et altitude	18
➤ Pluviométrie.....	18
➤ Les vents.....	18
III.3 Calcul de la longueur de la piste.....	24
III.4 Détermination de la largeur de la piste.....	24
III.5 Coefficient d'utilisation d'une piste d'envol.....	25
III.5.1 Méthodologie de calcul du Cu.....	25
III.5.2 Calcul du coefficient de l'aéroport de Bou Saâda.....	26

CHAPITRE IV : Proposition de variantes

IV.1 Introduction	33
IV.2 Première variante : étude de l'extension de la piste existante (04/22).....	33
IV.3 Deuxième variante : création d'une nouvelle piste (15/33) oblique par rapport à la piste actuelle.....	35
IV.4 Etude du dégagement.....	36
IV.4.1 Surface horizontale intérieure.....	37
IV.4.2 Surface conique.....	38
IV.4.3 Surface de transition.....	40
IV.4.4 Surface d'approche (la trouée d'atterrissage).....	41
IV.4.5 Surface de montée au décollage.....	43
IV.5 Choix et justification du choix de la variante.....	46
IV.6 Conclusion.....	47

CHAPITRE V : Etude géotechnique

V.1 Généralités.....	48
V.2 But de l'étude.....	49
V. 3 Reconnaissance IN- Situ.....	49
V.4 Programme des essais au laboratoire.....	49
V.4.1 Essais physiques.....	54
➤ L'analyse granulométrique.....	54
➤ Limites d'Atterberg.....	56
➤ L'équivalent de sable.....	58
V.4.2 Analyse chimique.....	58
V.4.3 Essais mécaniques.....	59
➤ Essai Proctor.....	59

➤ Essai C.B.R.....	60
V.5 Interprétation des résultats des essais géotechniques.....	67
V.6 Conclusion.....	69

CHAPITRE VI : Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.1 Généralités	70
VI.2 Structure des chaussées aéronautiques.....	70
VI.3 Type de chaussées aéronautiques.....	71
VI.3.1 Chaussée rigide.....	71
VI.3.2 Chaussée souple.....	72
VI.4 Choix d'un type de chaussée.....	73
VI.5 Dimensionnement des chaussées.....	73
V.5.1 Caractéristiques utile pour le dimensionnement des aérodromes.....	73
a- La masse des avions.....	73
b- les atterrisseurs.....	73
c- Répartition de la masse sur les atterrisseurs.....	74
d- Le trafic.....	76
VI.5.2 Type de dimensionnement.....	76
➤ Dimensionnement forfaitaire	76
➤ Dimensionnement optimisé.....	76
VI.5.3 Présentation de la méthode forfaitaire.....	77
➤ Pour une chaussée souple.....	77
➤ Pour une chaussée rigide	78
VI.5.4 Dimensionnement de la chaussée de l'aérodrome de Bou Saâda par la méthode forfaitaire.....	79
➤ Pour chaussée souple.....	79
➤ Pour chaussée rigide.....	85
VI.6 Méthode ACN-PCN.....	86
VI.6.1 Détermination du PCN (Pavement Classification Number).....	86
VI.6.2 Détermination de l'ACN (Aircraft Classification Number).....	86
➤ Calcul de l'ACN d'un avion.....	86
VI.6.3 Comparaison des ACN et des PCN.....	87
VI.7 Conclusion.....	88

CHAPITRE VII : Etude géométrique

VII. 1 But de l'étude.....	91
VI.2 calcul des coordonnées.....	91
IV.2.1 Méthodes de calcul.....	91
VII.2.2 Calcule de gisement de la piste de l'aérodrome de Bou Saâda.....	94
VII.2.3 conclusion.....	94
VII.3 Calcul des pentes.....	95
IV.3.1 La piste.....	95
a)- Profil en long de la piste.....	95
➤ Pente longitudinale.....	95
➤ Changement de pente.....	95
➤ Distance de visibilité.....	95
➤ Distance entre changement de pente.....	96
b)- Profil en travers de la piste.....	98
➤ Types de profil.....	98
➤ Pente transversale.....	99
c)- Aménagements complémentaires de la piste.....	100
❖ Accotement.....	100
❖ Bandes de piste.....	100
❖ Prolongement occasionnellement roulant (P.O.R).....	102
❖ Aires de sécurité d'extrémité de piste.....	103
❖ Voies de circulation.....	104
➤ Calcul de la largeur de la voie de circulation.....	105
➤ Voies de sortie rapide.....	106
➤ Accotements de voie de circulation.....	107
➤ Bandes de voie de circulation.....	108
❖ Parking.....	111

CHAPITRE VIII : Balisage et signalisation

VIII.1 Généralités.....	113
VIII.2 Balisage et signalisation de jour.....	113
VIII.2.1 Indication de la direction du vent.....	113
VIII.2.2 Marquage des pistes.....	114
➤ Marques d'identification.....	114
➤ Marques d'axe de piste.....	115
➤ Marques de seuil.....	115

➤ Marques de point cible.....	116
➤ Marques de zone de touché des roues.....	117
➤ Marques latérale de piste.....	119
VIII.2.3 Marques de voies de circulation.....	119
➤ Marques axiales des voies de circulation.....	119
➤ Marques de point d'attente de circulation.....	120
➤ Marques d'intersection de voies de circulation.....	122
VIII.2.4 Marques de prolongement occasionnellement roulable.....	122
VIII.2.5 Bandes et abords de piste.....	123
VIII.2.6 Marques de poste de station (Parking).....	123
VIII.6 Conclusion.....	125

CHAPITRE IX : Métré des travaux

IX.1 Introduction.....	126
IX.2 Calcul des surfaces.....	126
IX.2.1 Chaussée.....	126
IX.2.2 Accotement.....	127
IX.2.3 Bandes.....	127
IX.3 Calcul des surfaces.....	128
IX.4 Travaux préparatoires et terrassements.....	129
IX.5 Calcul des quantités.....	130
IX.5.1 Piste principal 15/33.....	131
IX.5.2 Accotement.....	131
IX.5.3 Bretelle, taxiways 1 et 2 et voies et sortie rapide.....	132
IX.5.4 Parking civil.....	133
IX.5.5 Prolongement occasionnellement roulable	134
IX.6 Signalisation.....	134
IX.7 Devis quantitatif et estimatif.....	135

Conclusion générale

Références bibliographie

Annexes

«AVANT-PROPOS»

Connaissant l'immensité du territoire Algérien et la préoccupation essentielle des habitants du sud, à savoir le rapprochement des grands centres du pays ; L'avion s'avère dans ce cas le moyen de transport le plus approprié pour répondre à leurs besoins s'il l'on tient compte de la pénibilité des voyages par autres voies qui deviennent parfois une véritable corvée.

Tenant compte de cet aspect, mais aussi du souhait de pallier aux déséquilibres entre les différentes wilayas et prolonger la politique d'aménagement du territoire ; les autorités algériennes ont pris la décision de rénover les plateformes aéroportuaires en plein sud dont l'aérodrome de BOU SAADA.

La SAETI qui est l'organisme d'accueil de notre projet de fin d'études, nous a confié ce travail, qui consiste en l'étude de développement des infrastructures de l'aérodrome de BOU SAADA.

Introduction Générale

Grâce à des facteurs technologiques, économiques et politiques la mobilité globale des marchandises et des personnes a énormément augmenté ces dernières années, c'est ce qui a incité l'homme à trouver un moyen de transport qui lui permet de franchir de grandes distances avec une grande vitesse en une courte durée.

Dans le transport global, le transport aérien a le double avantage par rapport au transport routier ou ferroviaire d'être plus rapide et d'ignorer les obstacles (mer, montagne, forêt, constructions humaine.....) auxquels sont confrontés les routes et les voies de chemins de fer.

Le trafic aérien a explosé ces dernières décennies passant d'un moyen de transport marginal réservé à de riches privilégiés à un transport populaire de masse, ce qui en fait un moyen de transport incontournable.

L'histoire de l'aviation a été marquée par des progrès techniques, permettant de voler toujours plus loin plus vite et plus haut, cela a permis la conception d'avions de plus en plus performants au niveau de la rapidité, de la capacité et surtout de la sécurité c'est ce qui a nécessité d'énormes investissements en infrastructures.

Vu les avantages que présente le transport aérien (confort, rapidité et sureté) l'Algérie qui détient cinquante-cinq Aéroports dont trente-six internationaux (Figure 0.1) 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 aérogares, 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.

C'est dans cet esprit que la wilaya de M'Sila a jugé utile de réhabiliter l'aéroport de la ville de Bou Saâda et c'est ce qui fait l'étude de notre projet.

Ce modeste travail, 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 relatives à la conception d'infrastructures aéroportuaires .Néanmoins nous avons tenus 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.

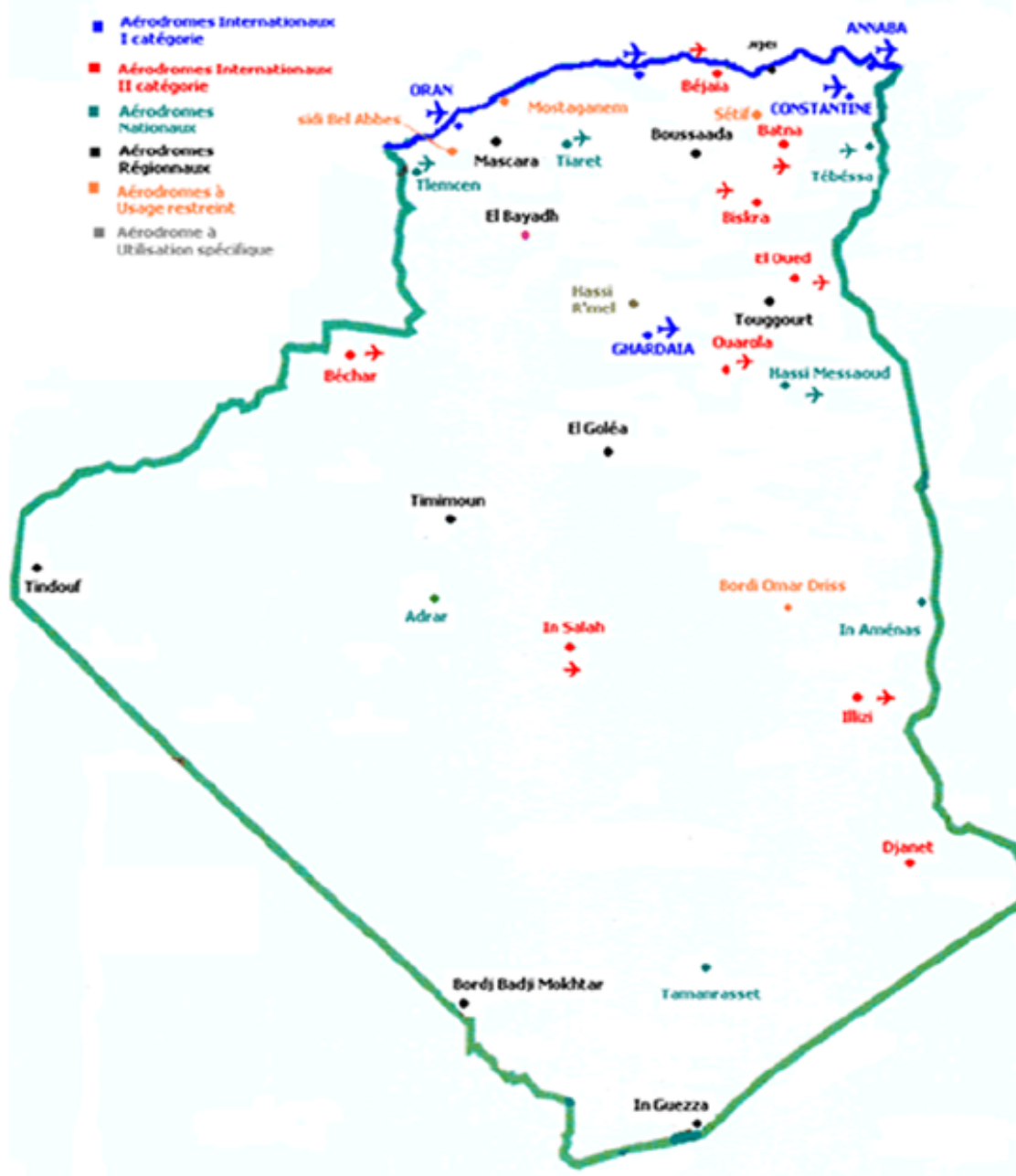


Figure 0 .1 : Aéroports d'Algérie.

Chapitre I

Notions sur les

aérodromes

Chapitre I : Notions sur les aérodromes

I.1. Introduction :

Un aérodrome est une surface (sur terre ou sur l'eau) destinée à être utilisée (en totalité ou en partie) pour l'arrivée, le départ et les manœuvres des aéronefs.

Un aéroport est un aérodrome sur lequel il existe des bâtiments et des installations nécessaires au trafic aérien d'une ville ou d'une région.



Figure I.1 : Vue aérienne d'un aéroport.

I.2. Éléments constituant un aérodrome :

En général, un aéroport comporte :

I.2.1. L'aire de mouvement :

Elle comprend toutes les infrastructures aménagées pour l'atterrissage et le décollage des aéronefs ainsi qu'à leurs évolutions et stationnement au sol.

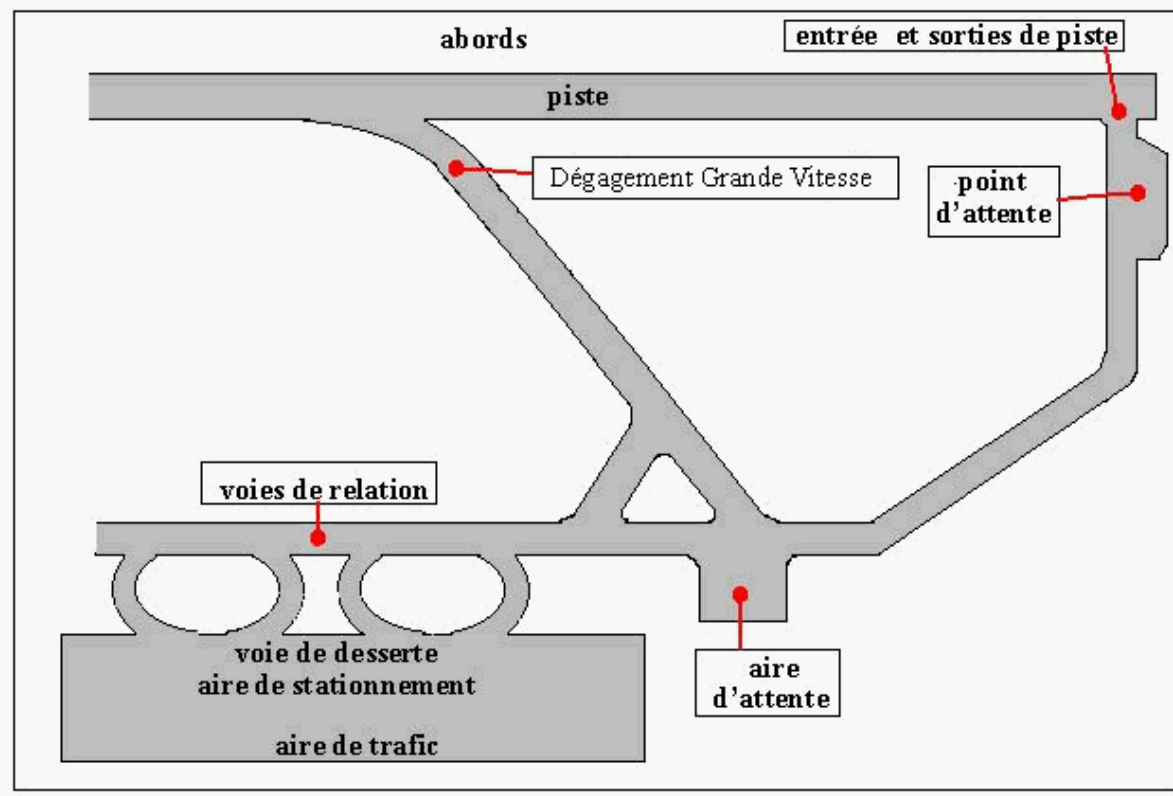


Figure I.2 : Eléments constituant l'aire de mouvement.

On y distingue :

1- L'aire de manœuvre :

C'est la partie d'un aérodrome destinée au décollage, l'atterrissage et la circulation des aéronefs.



Figure I.3 : Aire de manœuvre

Chapitre I : Notions sur les aérodromes

Elle comprend :

➤ **La ou les pistes :**

Ce sont des surfaces réservées au décollage et l'atterrissage des aérodynes.



Figure I.4 : Piste.

Plusieurs facteurs influent sur le choix de l'implantation et de l'orientation d'une piste :

- Les données météorologiques (orientation du (des) vent (s)).
- La topographie et l'emplacement de l'aérodrome et de ses abords (villes, montagnes et obstacles).

Selon la méthode d'approche utilisée par les avions pour accéder à une piste on distingue :

- Piste aux instruments : Piste destinée aux aéronefs qui utilisent des procédures d'approche aux instruments. Ce peut être :

a)- Une piste avec approche classique : Piste aux instruments desservie par des aides visuelles et une aide non visuelle assurant au moins un guidage en direction satisfaisant pour une approche en ligne droite.

b)- Une piste avec approche de précision, catégorie I : Piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux et des aides visuelles et destinée à l'approche avec une hauteur de décision au moins égale à 60 m (200 ft), et avec une visibilité au moins égale à 800 m ou une portée visuelle de piste au moins égale à 550 m.

c)- Une piste avec approche de précision, catégorie II : Piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux et des aides visuelles et destinée à l'approche avec une hauteur de décision

Chapitre I : Notions sur les aérodromes

inférieure à 60 m (200 ft) mais au moins égale à 30 m (100 ft), et une portée visuelle de piste au moins égale à 300 m.

d)- Une piste avec approche de précision, catégorie III : Piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux, jusqu'à la surface de la piste et le long de cette surface, est :

A → Destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 30 m (100 ft), ou sans hauteur de décision, et une portée visuelle de piste au moins égale à 175 m ;

B → Destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 15 m (50 ft), ou sans hauteur de décision, et une portée visuelle de piste inférieure à 175 m mais au moins égale à 50 m ;

C → Destinée à être utilisée sans hauteur de décision ni limites de portée visuelle de piste.

- Piste à vue : Piste destinée aux aéronefs effectuant une approche à vue.

La plupart des aérodromes disposent d'une piste d'envol unique sur laquelle se font les atterrissages et les décollages.

Cette piste principale, utilisée pour le trafic des avions commerciaux, peut être éventuellement complétée par une piste secondaire soit pour l'aviation générale et l'aviation légère, soit à titre de secours de la piste principale pour permettre les opérations d'entretien des pistes ou pour éviter l'interruption du trafic en cas d'accident sur la piste principale.

Sur les grands aéroports on pourra être amené à développer un système de plusieurs pistes afin d'atteindre une capacité suffisante. Les dispositions les plus courantes sont :

- Système de pistes parallèles :



Figure I.5 : Pistes parallèles.

Chapitre I : Notions sur les aérodromes

Les doublets de pistes parallèle sont caractérisées, d'une part par l'écartement de l'axe de pistes (doublet rapproché ou éloigné), d'autre part par l'utilisation prévue des pistes (doublet spécialisé, banalisé, doublet de pistes de catégories différentes).

- Doublet de pistes banalisées : les atterrissages et les décollages s'effectuent indifféremment sur l'une ou l'autre piste.
- Doublet de pistes spécialisées : l'une des pistes est réservée exclusivement aux atterrissages tandis que l'autre n'est utilisée que pour les décollages.
- Système de pistes parallèles de catégories différentes : la piste principale est destinée à une certaine catégorie d'aéronefs (commerciaux, rapides, réacteurs, etc...). la piste secondaire est destinée aux autres catégories. Cette disposition de pistes est fréquemment adoptée sur les aérodromes où l'aviation légère est importante.
- Système de pistes sécantes : ces systèmes de pistes sont constitués de deux pistes qui se croisent.



Figure I.6 : Pistes sécantes.

➤ **Les voies de circulation (communément Taxiway dans le langage aéronautique) :**

Ce sont des voies délimitées qui permettent aux appareils de se déplacer entre les parkings et les pistes.



Figure I.7 : Voies de circulation.

Chapitre I : Notions sur les aérodromes

I.2.2 L'aire de trafic :

C'est la partie d'un aérodrome destinée à l'embarquement et au débarquement des passagers, au chargement et déchargement du fret, au ravitaillement en carburant, à l'entretien courant, à la maintenance et au stationnement des avions. Elle comprend :

➤ **Les voies de desserte :**

Ce sont des voies de relation qui bordent l'aire de stationnement.

➤ **Les aires de stationnement ou parkings (parfois encore appelés tarmacs) :**

Ce sont les parties de l'aéroport où les avions séjournent que ce soit pour le transbordement des passagers et du fret ou pour l'entretien.



Figure I.8 : Aire de stationnement.

➤ **Aire d'attente :**

L'aire d'attente est généralement aménagée à proximité d'un point d'arrêt précédent une entrée de piste de manière à permettre à des avions de s'immobiliser sans interdire la circulation d'autres avions.

I.2.3. Installations terminales ou aérogares :

Pour un passager à l'arrivée, l'aérogare est le premier contact avec un pays ou une région. C'est un bâtiment emblématique dont l'architecture doit exprimer une image forte, attractive et identitaire, tout en veillant à une insertion harmonieuse dans son environnement.

Chapitre I : Notions sur les aéroports

L'aérogare, qui peut être constituée d'un ou plusieurs terminaux, est un élément essentiel de l'aéroport. C'est l'infrastructure par laquelle transitent les passagers et leurs bagages pour passer d'un mode de transport terrestre à un mode aérien, et inversement. Ceux-ci doivent en effet subir un certain nombre de formalités avant d'embarquer dans un avion ou après leur débarquement.

Il existe 4 principaux concepts d'aérogares :

- ✓ Le concept « linéaire » : les avions sont alignés au contact de l'aérogare.

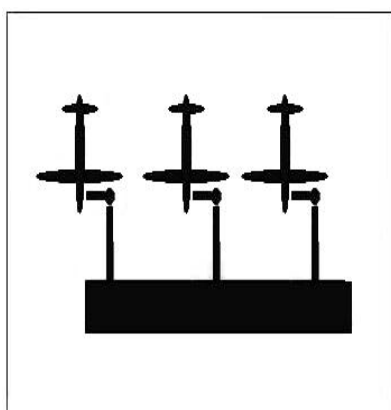


Figure I.9 : Concept linéaire.

- ✓ Le concept « jetée » : les avions sont rangés de part et d'autre d'une jetée issue de l'aérogare

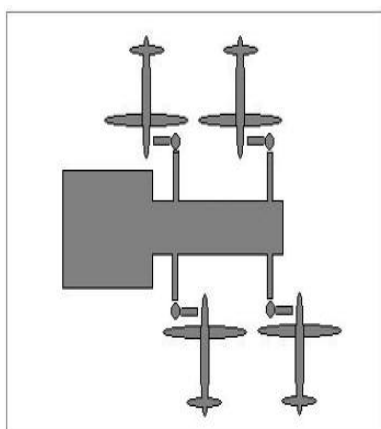


Figure I.10 : Concept jetée.

- ✓ Le concept « satellite » : les avions stationnent autour d'un satellite construit au centre d'une aire de stationnement, à une certaine distance de l'aérogare.

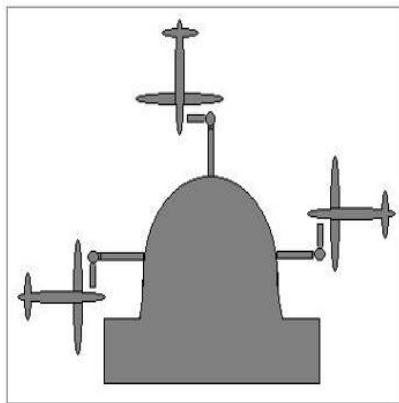


Figure I.11 : Concept satellite.

- ✓ Le concept «transbordeur» : véhicule pourvu d'une cabine à hauteur réglable, servant à transporter les passagers entre l'aérogare et l'avion

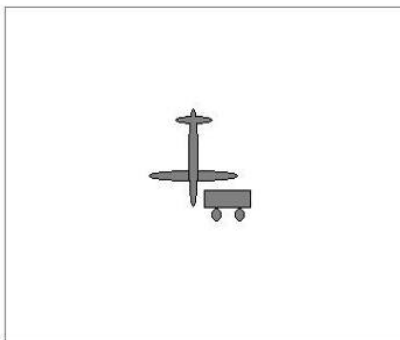


Figure I.12 : Concept transbordeur.

- 🚦 **NB :** Ces concepts se combinent assez souvent sur les grands aéroports.

I.3. Conclusion :

La présentation introductive des aéroports donne une idée générale sur les infrastructures aéronautiques, ce qui facilite l'étude préliminaire puis détaillée pour l'élaboration d'un projet de construction d'un aéroport.

Chapitre II

Présentation de la

région de Bou Sâada

et du projet

Chapitre II: Présentation de la région de Bou Sâada et du projet

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.
- La qualité des dégagements offerts par le site.
- La nature géotechnique du sol.
- Les conditions météorologiques.
- Les facilités d'accès au site.

II.2. Présentation de la région de Bou Saâda et de son aéroport :

II.2.1. Situation géographique :

Première oasis rencontrée lorsque on se dirige depuis Alger vers le sud Algérien, Bou Saâda est une commune de la wilaya de M'Sila située à 70 Km au sud-ouest de celle-ci, et à 245 Km au sud-est d'Alger, au sud de Chott El Hodna (figure I.1), entre la limite sud du Hodna et les confins des Oulad Nail. Sa population est estimée à 310 000 d'habitants.

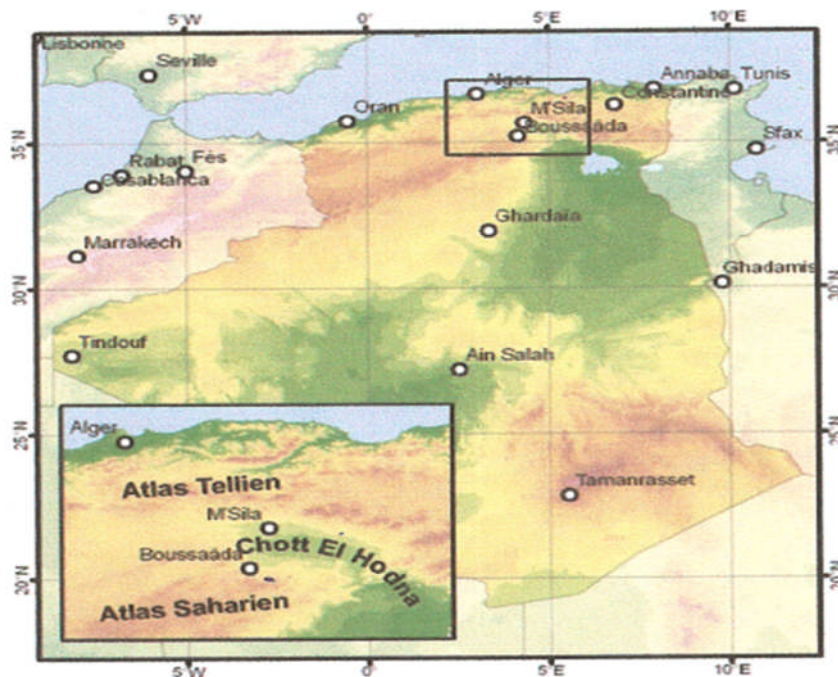


Figure II.1 : Localisation de la ville de Bou Saâda

Chapitre II: Présentation de la région de Bou Sâada et du projet

A l'échelle locale, la ville de Bou Saâda dont le nom arabe signifie « cité du bonheur » a été édifée sur un site accidenté présentant ainsi une variété de paysages géographiques. Bâtie sur une hauteur, Bou Saâda est traversée par deux rivières : L'oued Maïtar qui sépare l'ancienne ville de la nouvelle, et l'Oued Bou Saâda qui la sépare à l'est des jardins de palmiers adossés à la montagne (figure3).

Les traits du climat local sont : lumière, transparence de l'air, ciel bleu, chaleur estivale, rigueur hivernale. Pluies rares mais régulières et parfois de la neige sur les monts. C'est une zone semi-aride avec des vents de sable violents.

Bou Saâda est une ville à l'aspect saharien. Elle doit sa prospérité à sa position avantageusement choisie au pied des montagnes. Elle est entourée au nord et à l'est par de larges dunes de sables, au sud et l'ouest par le Djebel Kardada (figure2 et figure3), au nord de la ville de Bou Saâda s'étire un cordon de dunes vives (Zbara), long de 200 km, puis se développe une plaine qui a été mise en valeur dans les années 70 au moyen de pompes profondes et la dépression du Chott El hodna (figure II.2). Ce qui fait d'elle un point d'escale inévitable pour les voyageurs de plus elle est exploitée par les militaires depuis la période coloniale c'est pour cela que la Direction des Travaux Publics (DTP) de la wilaya de M'Sila a jugé utile la réhabilitation de son aéroport qui est un aéroport national destiné à accueillir des avions civiles et militaires. L'étude technique du développement des infrastructures de son aéroport Ain Eddis a été confiée au bureau d'études SAETI.

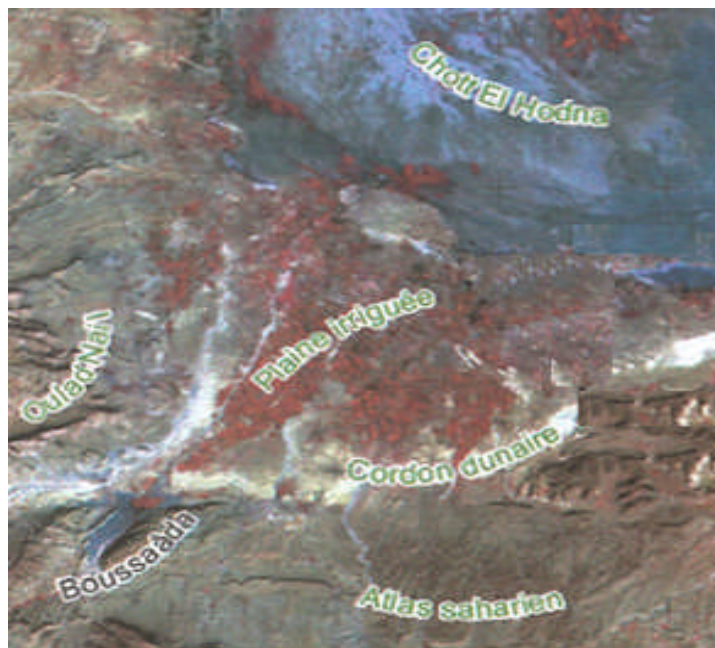


Figure II.2 : Dunes et plaine au Nord de la ville de Bou Sâada.

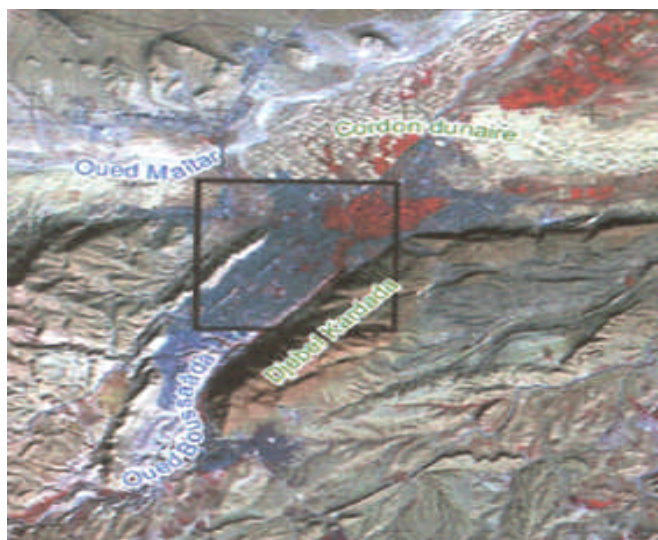


Figure II.3: Adossement de la ville de Bou Sâada à la montagne.

II.3. Présentation de l'aérodrome de Bou Saâda :

II.3.1. Emplacement :

L'aéroport de Bou Saâda est situé à 60 Km environ du centre-ville de M'Sila et 15 Km au nord de la ville de Bou Saâda, sur un plateau délimité par la RN 45 au Nord, la RN 08 (figure II.4) et la zone militaire à l'Ouest et la Sud-Ouest et Oued Maïtaï au Sud-Est, à 459 m au-dessus du niveau de la mer.

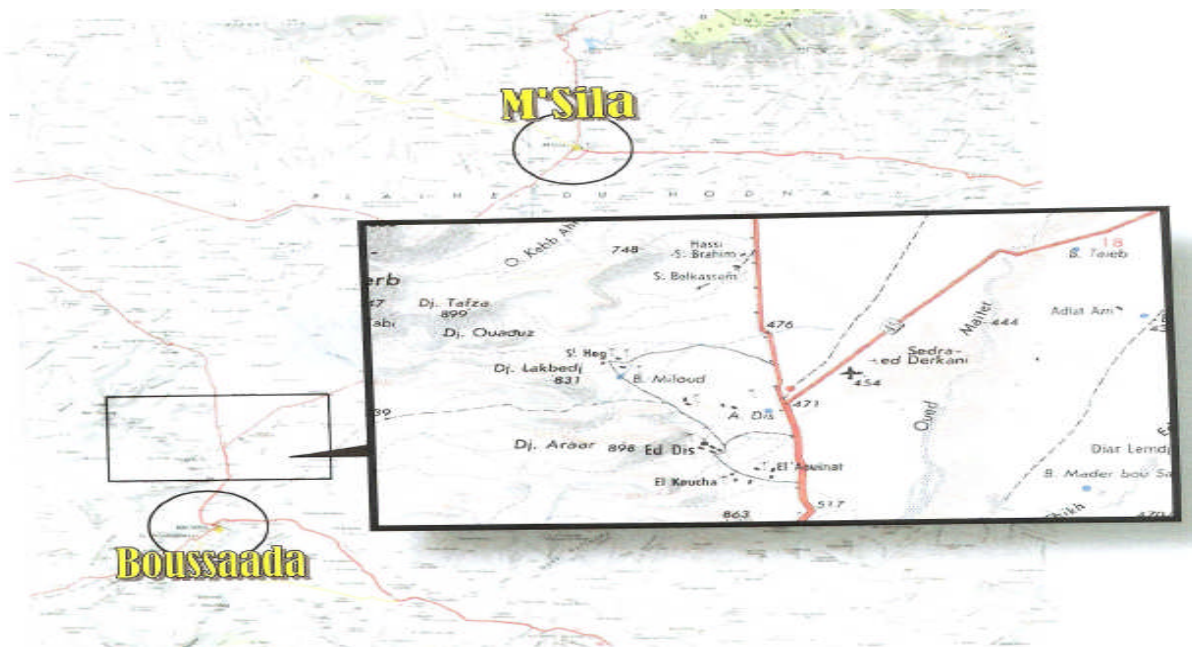


Figure II.4 : Situation de l'aérodrome par rapport à la ville de Bou Saâda et le chef-lieu de M'Sila.

Chapitre II: Présentation de la région de Bou Sâada et du projet

II.3.2. Historique de l'aéroport de Bou Saâda et infrastructures existantes :

L'aéroport a été construit dans les années cinquante et exploité par l'armée coloniale.

- Au début, il était composé d'une piste principale et d'une bretelle en terre battue jusqu'en 1959 ou il a été procédé au renforcement de la couche de fondation et de la couche de base de la piste principale dénommé 04/22 en TVC et en Tuf de 0,3 mètres d'épaisseur sur une longueur de 1600 mètres et une largeur de 40 mètres.
- Dans les années soixante, un revêtement en bicouche a été réalisé.
- En 1974 cette même piste a subi un renforcement à l'enrobé sur une épaisseur de 7 Cm et un prolongement de 600 mètres soit une longueur totale de 2200 mètres, dotée de bouts bétonnés de 300 mètres de longueur de part et d'autre des seuils 04 et 22.
- En 1983, la direction des infrastructures de base avec le concours de l'EPTP/ Bou Saâda a réalisé un parking civil (aire de stationnement) en souple de 120 mètres de longueur et environ 100 mètres de largeur, et une voie de roulement (bretelle) en structure souple aussi, d'une longueur d'environ de 255 mètres et une largeur de 15 mètres reliant la piste au parking civil.
- Il fut ouvert le 04/04/1984 par l'ENESA et il a assuré la ligne Bou Saâda-Alger par deux vols réguliers avec un Fokker à 40 places.
- Dans les années 2000-2010 il a été procédé à la réalisation de deux parkings militaires en souple de dimensions 510m X 100m et 810m x100m, et de deux bretelles parallèles en souple aussi de 177,5 mètres de longueur et 15 mètres de largeur chacune, reliant la piste aux deux parkings militaires, ainsi que le renforcement des infrastructures déjà existantes avec 10 Cm en grave bitume et 7 Cm en béton bitumineux.
- Il abrite aussi une tour de contrôle (TWR), une station météo, une aérogare passagers et un bloc technique, bloc SSIS.



Figure II.5: L'aérodrome d'AIN-EDDIS

II.4. Présentation et but du projet (infrastructures projetées) :

La ville de Bou Saâda s'est engagée dans une croissance démographique rapide qui a engendré l'évolution du trafic aérien, une évolution due aussi au tourisme que connaît la ville de Bou Saâda. La Direction des Travaux Publics (DTP) de la wilaya de M'Sila a jugé utile la réhabilitation de son aérodrome dans le but de desservir cette région.

Ce projet d'étude consiste à créer une nouvelle piste offrant de bons dégagements par rapport à la piste actuellement existante et l'aménagement de ses annexes (deux Taxiways, deux bretelles, une sortie de piste rapide et un parking avion) afin d'assurer les futurs vocations de l'aéroport.

II.5. 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

Chapitre II: Présentation de la région de Bou Sâada et du projet

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.

Le règlement adopté pour la réalisation des aérodromes se trouve dans l'annexe 14.

II.6. Conclusion :

D'après la présentation régionale de la ville de Bou Sâada et son aérodrome, on a pu localiser le site où aura lieu la réalisation de notre projet.

Chapitre III

Analyse des données

de l'aérodrome de

Bou Saâda

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

III.1. Introduction :

Cette étape est la phase préliminaire d'un projet, il s'agit de délimiter, définir un cadre au projet.

Le but de la phase préliminaire est de déterminer les paramètres dimensionnant du projet, et de fournir aux décideurs une proposition technique quant à la réponse apportée au problème posé, en termes de principes retenus et d'architecture générale.

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

a)-L'avion critique :

Depuis quelques années, les caractéristiques géométriques des aérodromes 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'aérodrome de Bou Saâda 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 Company.

Le premier vol de cet avion a eu lieu le 31 juillet 1997, il a été mis en service en 1998 et peut transporter jusqu'à 189 passagers.

Tableau III.1 : Caractéristiques du B737-800

Longueur (m)	39,47
Hauteur (m)	12,55
Envergure (m)	34,32
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

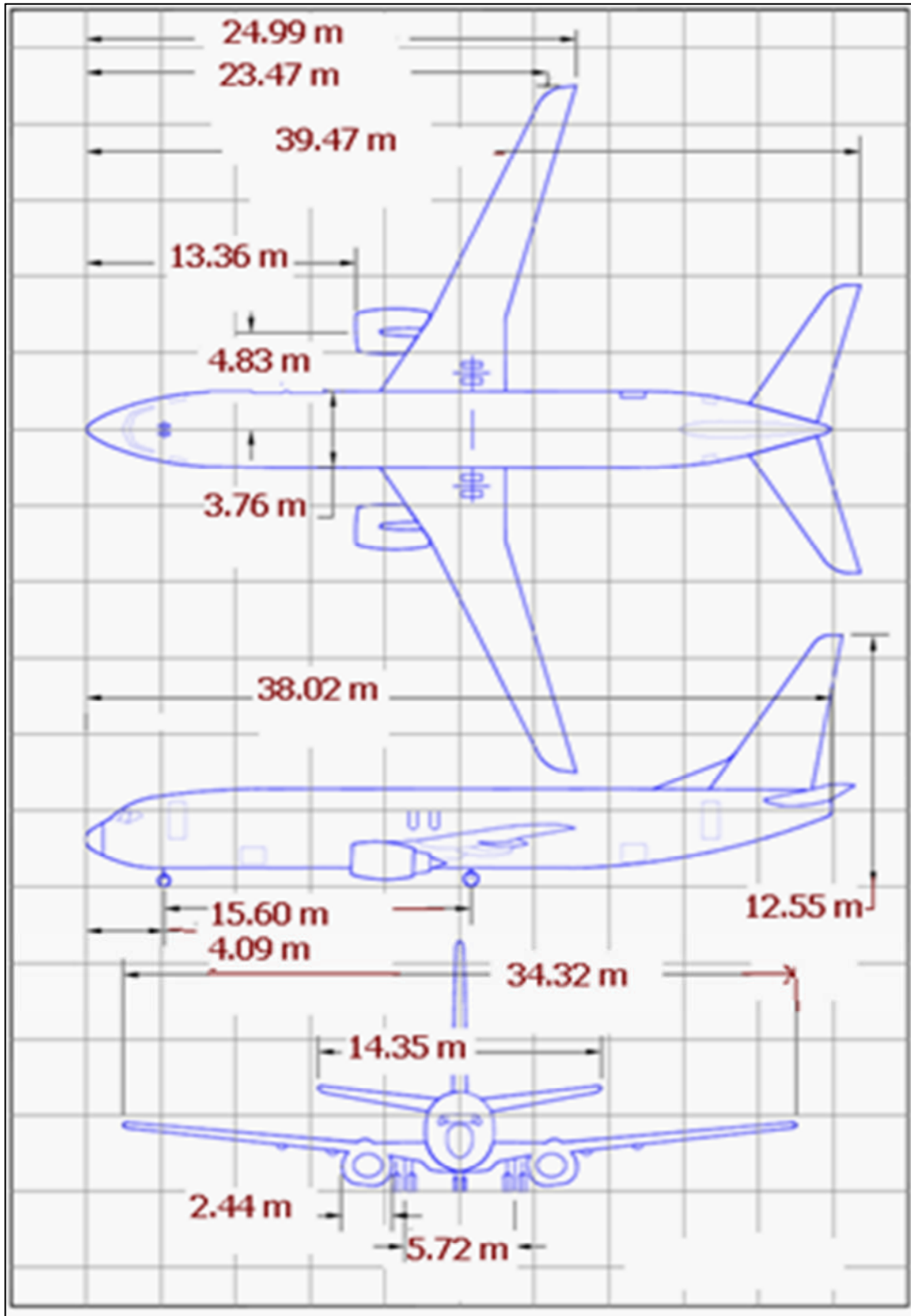


Figure III.1 : Caractéristiques dimensionnelles du Boeing 737-800

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

b)-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 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 : Code de référence des aérodromes

Élément de code 1		Élément 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 800 m	A	Moins de 15m	Moins de 4,5 m
2	De 800 m à 1 200 m exclus	B	De 15 m à 24 m exclus	De 4,5 m à 6 m exclus
3	De 1 200 m à 1 800 m exclus	C	De 24 m à 36 m exclus	De 6 m à 9 m exclus
4	1 800 m et plus	D	de 36 m à 52 m exclus	De 9 m à 14 m exclus
		E	De 52 m à 65 m exclus	De 9 m à 14 m exclus
		F	De 65 m à 80 m exclus	De 14 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 Bou Saâda est de classe : 4C

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

c)-Etude du trafic :

L'estimation du futur trafic d'un aérodrome est nécessaire pour l'établissement des caractéristiques auxquelles il doit répondre tels que le dimensionnement des structures, leur constance et leur durée de vie.

L'aérodrome de Bou Saâda étant hors service depuis presque 10 ans, il est assez complexe de faire une étude détaillée du trafic, nous retiendrons donc un trafic estimé à **10 mouvements par jour** en se basant sur le besoin exprimé par le maître de l'ouvrage qui est du nombre de 3 avions par jour.

d)-Climatologie :

➤ 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.

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.

Concernant les données retenues pour la température de Bou Saâda on a constaté que le mois le plus froid est le mois de Janvier et le plus chaud est le mois de Juillet.

La température de référence retenue pour l'aérodrome de Bou Saâda est de 31,5° C.

➤ Pluviométrie :

La connaissance des données pluviométriques d'une région est importante pour le calcul des réseaux d'assainissement.

La répartition mensuelle des précipitations de la région de Bou Saâda, tout en mettant en évidence le caractère irrégulier de la pluviosité, conduit à y reconnaître une période pluvieuse s'étalant de septembre à Mai, avec un maximum en hiver et une période sèche estivale correspondant au minimum pluviométrique. Une telle répartition saisonnière est caractéristique du climat méditerranéen, celui-ci étant plus ou moins atténué par l'influence saharienne.

Concernant l'aérodrome de Bou Saâda les précipitations annuelles sont de l'ordre de 280 mm et le nombre moyen de jours de pluie par an est de 94,2 jours.

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

➤ Les Vents :

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 :

- 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.

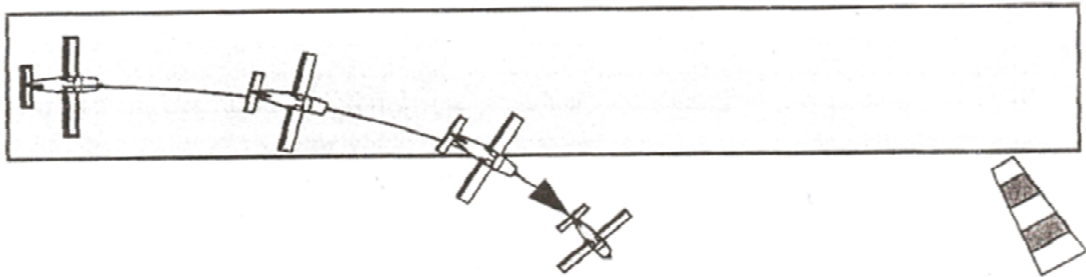


Figure III.2 : L'effet girouette

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

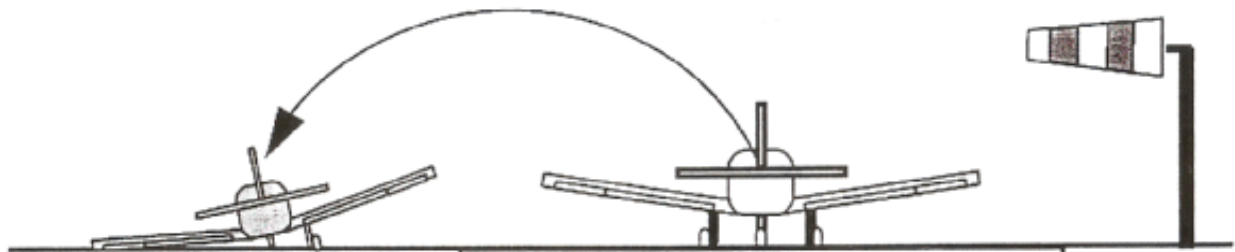


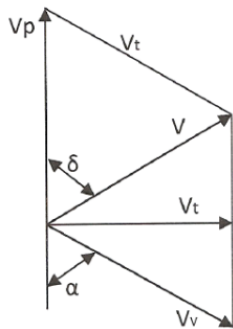
Figure III.3 : L'effet dièdre

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

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

Pour chaque classe d'aérodrome on adopte une force de vent traversier admissible exprimée en m/s sous la forme :

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



Avec :

V_p : vitesse propre de l'aéronef.

V_v : vitesse du vent.

V : Direction de déplacement de l'aéronef.

V_t : Force du vent traversier.

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

Tableau III.3 : Valeurs limites du vent traversier.

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'aérodrome de Bou Saâda étant de classe 4C, les vents traversiers seront de l'ordre de 10 m/s.

L'idéal pour bien comprendre un site du point de vue météorologique est d'avoir des observations depuis cinq à dix ans sur la force et la direction du vent, faites à raison d'au moins huit fois par jour et à intervalles réguliers.

Concernant les données retenues pour la région de Bou Saâda, les vents dominants sont ceux des quadras Nord-Ouest, le vent le plus fréquent souffle de l'Ouest, vient ensuite le vent du Nord-Ouest puis le vent du Nord. Le vent du sud est important.

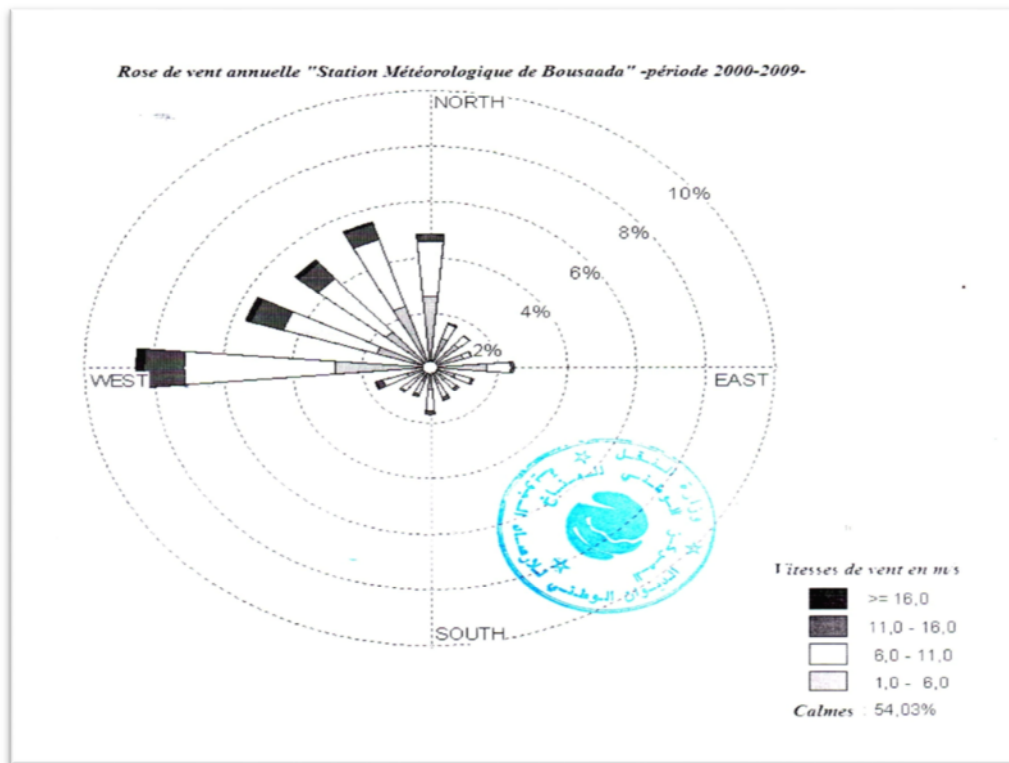


Figure III.4 : Rose de vent annuelle « station météorologique de Bou Saâda » période 2000-2009

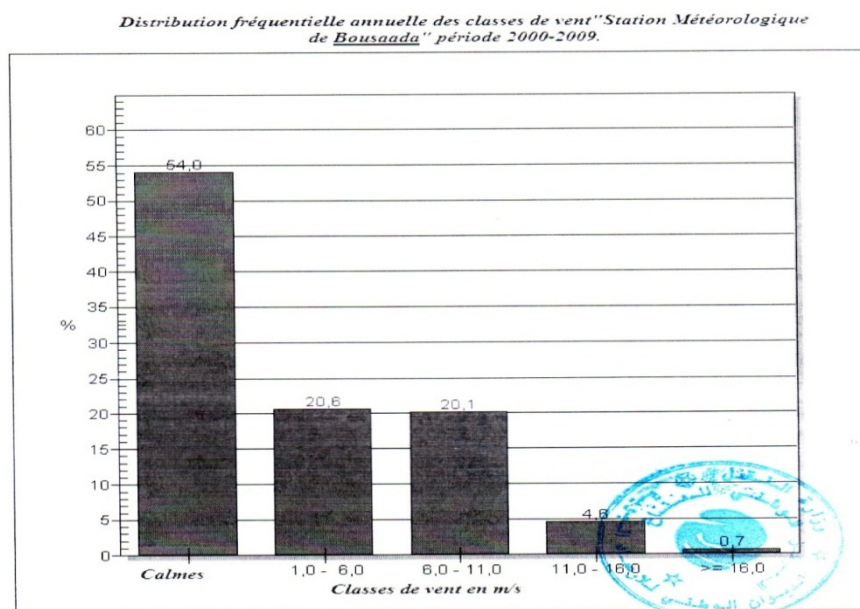


Figure III.5 : Distribution fréquentielle annuelle des classes de vent « station météorologique de Bou Saâda » période 2000-2009.

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

En hiver les vents dominant sont du secteur Ouest à Nord-Ouest à cause notamment des hautes pressions qui règnent sur l'Atlas Saharien. En été dans l'ensemble, ces vents sont de force modérée et les plus forts sont ceux de la fin de l'hiver et du printemps tandis qu'en été (Juillet) un vent sec et chaud souffle.

Ces vents ont une action très importante sur le climat, ceux du secteur Ouest apportent la pluie, ceux du secteur Sud au contraire sont desséchants au printemps et en été.

III.3. Calcul de la Longueur de la piste :

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 :

- Température moyenne du mois le plus chaud de l'année ;
- Pente de la piste ;
- Altitude de l'aérodrome.

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

N_1 : Coefficient de correction d'altitude.

N_2 : Coefficient de correction de température.

N_3 : Coefficient de correction de la pente.

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

✓ Calcul des coefficients correcteurs :

a) 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 = 459 m

$$\text{Donc : } N_1 = 7 \cdot 459 / 300 \quad \Rightarrow \quad N_1 = 10.71$$

b) 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 = 31.5°C

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.

$$t = 15^\circ\text{C} - 0.0065h \quad \Rightarrow \quad t = 15^\circ\text{C} - 0.0065 \cdot 459 \quad \Rightarrow \quad t = 12.0165^\circ\text{C}$$

$$\text{Donc : } N_2 = 31.5 - 12.0165 \quad \Rightarrow \quad N_2 = 19.48$$

Les coefficients N_1 et N_2 ne sont valables que si :

$$(1 + N_1/100)(1 + N_2/100) \leq 1.35$$

Si non des dispositions particulières doivent être prises par le gestionnaire de l'aérodrome.

On a :

$$(1 + 10.71/100)(1 + 19.48/100) = 1.32 \leq 1.35 \text{ (vérifié).}$$

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

c) Coefficient de correction de la pente :

$$N_3 = 10 \times P$$

Avec :

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

$$\text{On a : } P = 1\% \quad \Longrightarrow \quad N_3 = 10 \times 0.01 \quad \Longrightarrow \quad N_3 = 0.1$$

d) Correction totale :

$$N = (1 + N_1/100) (1 + N_2/100) (1 + N_3/100) \Longrightarrow N = (1 + 10.71/100) (1 + 19.48/100) (1 + 0.1/100) \\ \Longrightarrow N = 1.321$$

$$\text{Donc : } L = L_{\text{ref}} \times N \quad \Longrightarrow \quad L = 2090 \times 1.321 \quad \Longrightarrow \quad L = 2761.56 \text{ m}$$

- Pour des raisons de sécurité, on a opté pour une longueur de 3000 m.

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 :

Tableau III.4 : Largeur des pistes.

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

(*) : La largeur d'une piste avec approche de précision ne doit pas être inférieure à 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

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

III.5. Coefficient d'utilisation d'une piste d'envol:

Le coefficient d'utilisation est l'un des facteurs important pour la détermination de l'orientation d'une piste aéronautique, il est déterminé par le régime des vents. Il est recommandé que l'orientation des pistes d'un aérodrome soit telle que le coefficient d'utilisation de l'aérodrome ne soit pas inférieur à **95%** pour les avions pour lesquels l'aérodrome a été conçu.

a)-Méthodologie de calcul de Cu :

Le calcul est selon les étapes suivantes :

1. On choisit une échelle pour la vitesse du vent.
2. On dessine la rose des vents en représentant le premier cercle qui correspond à la vitesse de 6m/s, le deuxième cercle qui représente la vitesse de 11m/s et le troisième une vitesse de 16m/s.
3. Pour chaque direction on reporte les coefficients a, b et c correspondant aux observations de la répartition des vents sur le site étudié.
4. On trace le cercle correspondant à la vitesse limite de notre site d'étude.
5. On calcul la surface de la portion délimitée par les cercles correspondants aux vitesses de 11m/s et 16m/s.
6. Pour une direction donnée, on délimite ce cercle par deux droites parallèles. Pour chaque direction, on fait un nouveau dessin.
7. Ensuite on calcule, pour chaque direction, la surface S_i délimitée par la droite et le cercle de 16m/s.
8. Pour chaque direction, on multiplie la surface calculée par le coefficient des vents correspondant puis on divise par la surface d'une portion S .
9. On calcule le coefficient d'utilisation en soustrayant cette valeur à 100.

$$Cu = 100 - N.$$

$$\text{Avec } N = \sum \left(\frac{S_i}{S} \right) \times P_i$$

Tels que :

S_i : Les surfaces en dehors des parallèles appartenant à des portions distinctes.

P_i : Les pourcentages des portions contenant les surfaces **S_i** donnés

dans le tableau de répartition des vents.

S : Surface d'une portion.

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

10. La direction à retenir pour l'orientation de la piste sera celle qui aura le plus grand coefficient d'utilisation tout en s'assurant qu'il n'y ait pas d'obstacles contraignants dans cette direction,

b)-Calcul du coefficient d'utilisation de l'aérodrome de Bou Saâda :

D'après la rose des vents de la figure II.4, on calcule les coefficients (a, b et c) graphiquement

Tableau III.5 : Répartition des vents sur l'aérodrome de Bou Saâda.

Coefficients	Direction							
	0°	22,5°	45°	67,5°	90°	112,5°	135°	157,5°
a	2,55	0,9	0,9	0,81	1,45	0,55	0,36	0,36
b	2,09	0,54	0,45	0,27	0,72	0,55	0,45	0,55
c	0,27	0,18	0,09	0,09	0,18	0,09	0,18	0,18
Coefficients	Direction							
	180°	202,5°	225°	247,5°	270°	292,5°	315°	337,5°
a	0,55	0,36	0,36	0,55	2,55	1,45	1,45	2,18
b	0,81	0,54	0,63	0,81	4,45	2,90	2,63	2,54
c	0,18	0,18	0,18	0,27	1,09	1,27	0,9	0,72

- Direction Nord à « 0° » :

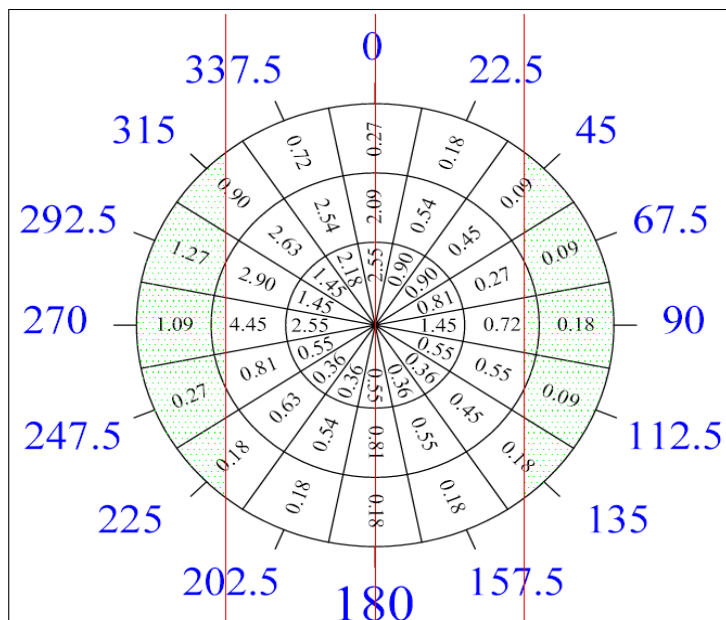


Figure III.6 : La direction nord

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,09 + 0,18 + 0,9 + 0,18) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,09 + 0,09 + 1,27 + 0,27) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,27 + 0,55 + 2,9 + 0,81) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,72 + 4,45) + 0,18 + 1,09 \right]$$

Cu = 95,02 %

- **Direction Nord-Nord Est à « 22,5° » :**

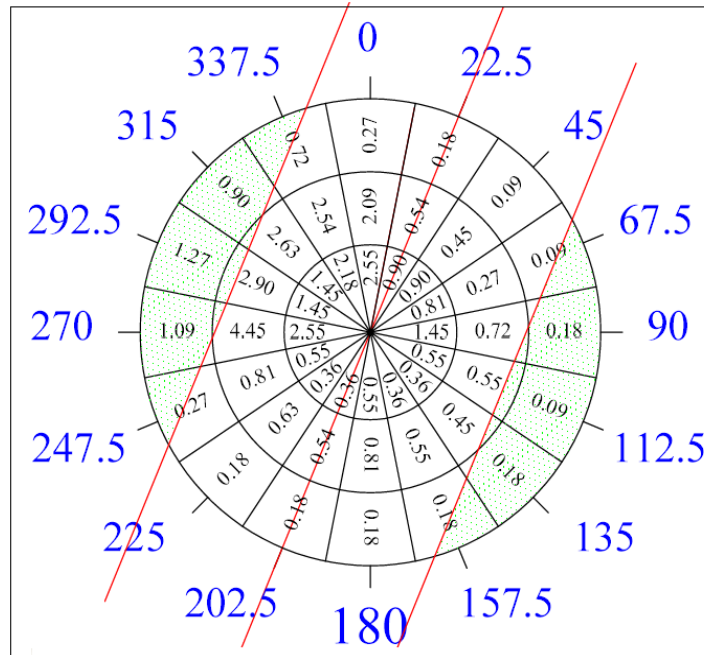


Figure III.7 : La direction nord-nord-est.

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,09 + 0,18 + 0,72 + 0,27) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,18 + 0,9 + 1,09) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,72 + 0,45 + 2,63 + 4,45) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (2,9 + 0,55) + 0,09 + 1,27 \right]$$

Cu = 94,5 %

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

- Direction Nord-est à « 45° » :

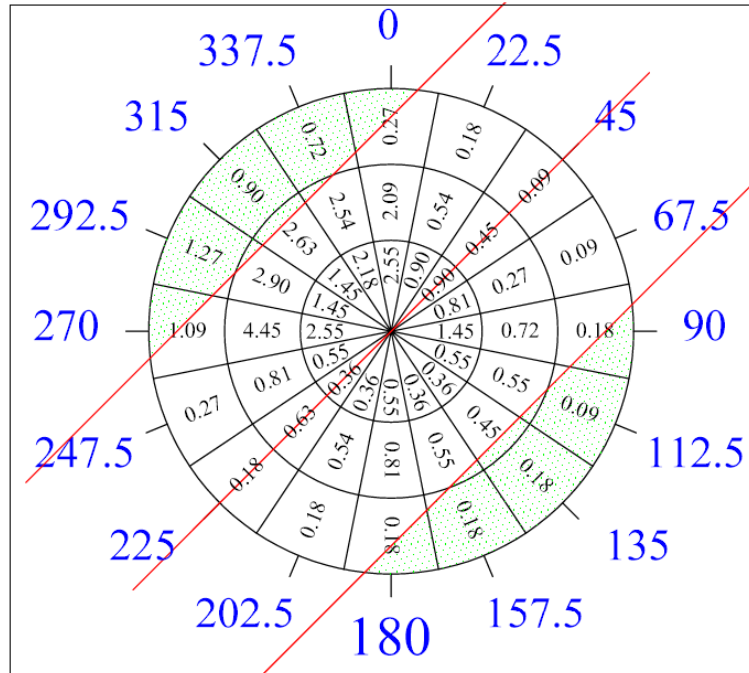


Figure III.8 : La direction Nord-est

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,18 + 0,27 + 1,09) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,09 + 0,18 + 0,72 + 1,27) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,55 + 0,55 + 2,54 + 2,9) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,45 + 2,63) + 0,18 + 0,9 \right]$$

Cu = 94, 89 %

- Direction Est Nord-est à « 67,5° » :

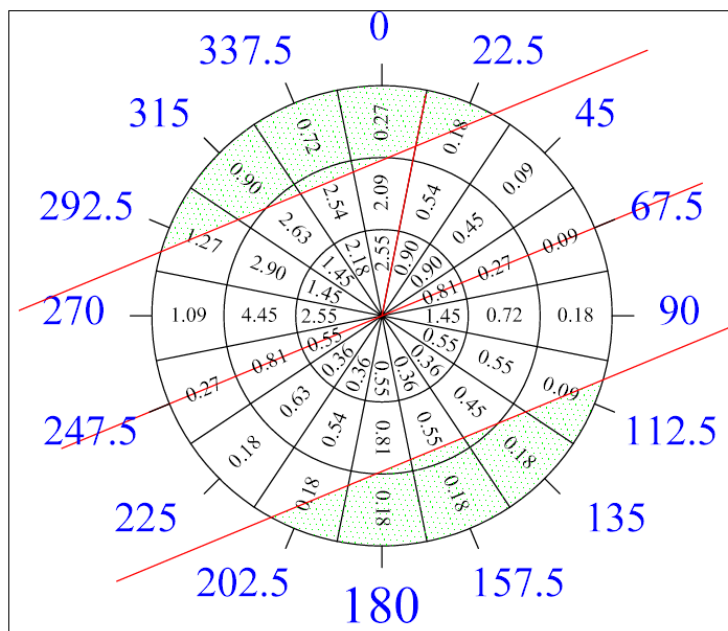


Figure III.9 : La direction Est Nord-est.

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,09 + 0,18 + 0,18 + 1,27) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,18 + 0,27 + 0,9) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,45 + 0,81 + 2,09 + 2,63) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,55 + 2,54) + 0,18 + 0,72 \right]$$

$$Cu = 95,81 \%$$

- Direction Est à 90° :

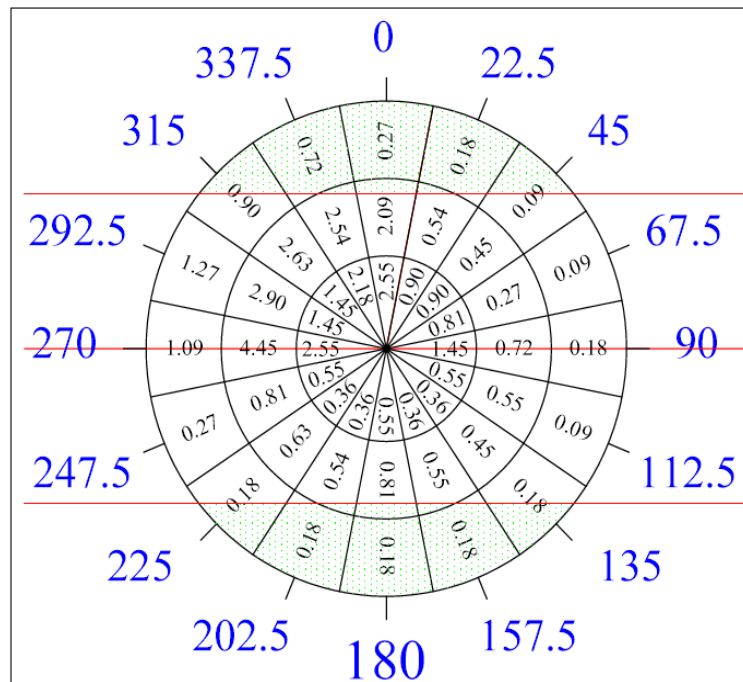


Figure III.10 : La direction Est.

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,18 + 0,09 + 0,9) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,18 + 0,18 + 0,72) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,55 + 0,54 + 0,54 + 2,54) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,81 + 2,09) + 0,18 + 0,27 \right]$$

$$Cu = 96,84 \%$$

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

- Direction Est Sud-est à « 112,5° » :

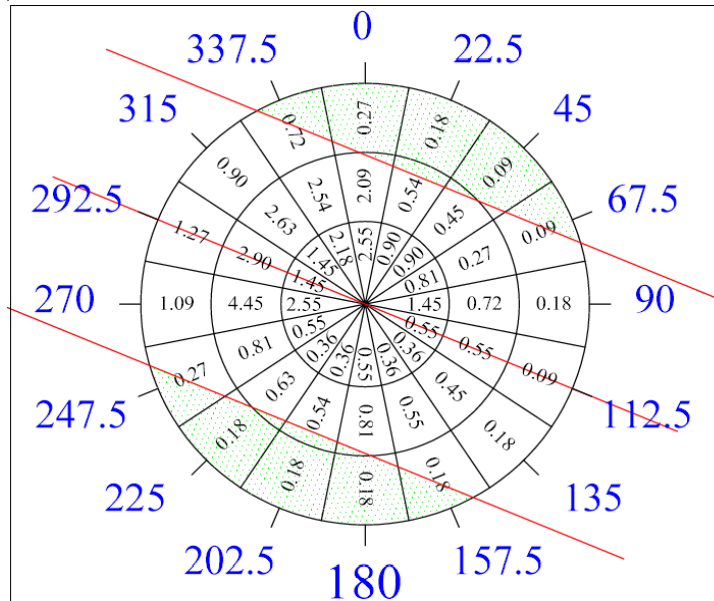


Figure III.11 : La direction Est-sud-est.

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,27 + 0,09 + 0,72) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,18 + 0,09 + 0,27) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,81 + 0,63 + 0,45 + 2,09) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,54 + 0,54) + 0,18 + 0,18 \right]$$

$$Cu = 97,93 \%$$

- Direction Sud Est à « 135° » :

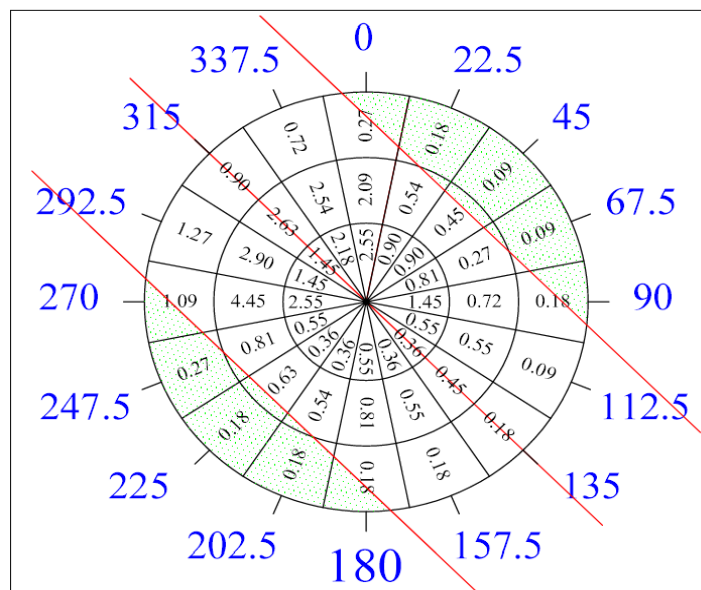


Figure III.12 : La direction Sud Est.

Chapitre III : Analyse des données de l'aérodrome de Bou Saâda

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,18 + 1,09 + 0,18 + 0,27) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,27 + 0,09 + 0,18) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,54 + 0,81 + 0,27 + 0,54) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,63 + 0,45) + 0,18 + 0,09 \right]$$

Cu = 97,97 %

- **Direction Sud-Sud Est à « 157,5° » :**

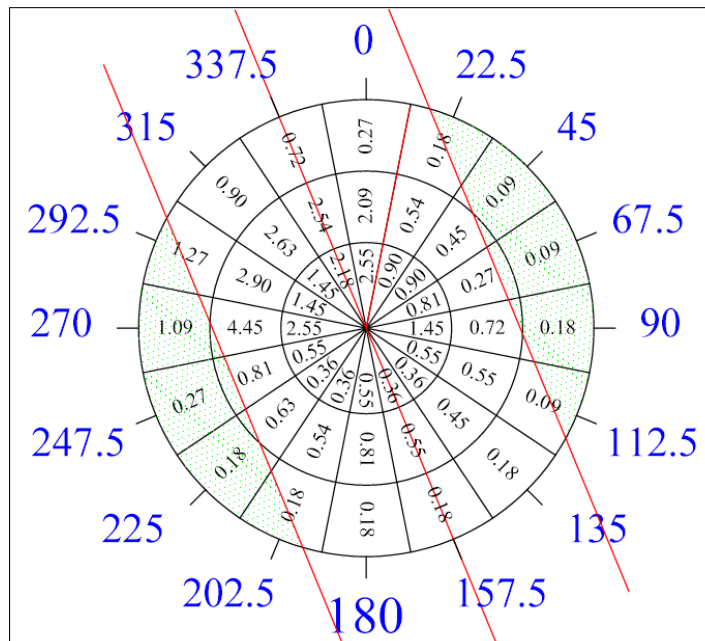


Figure III.13 : La direction Sud-Sud Est

$$Cu = 100 - \left[\left(\frac{10,2412}{26,5072} \right) * (0,09 + 0,18 + 1,27 + 0,18) + \left(\frac{25,6645}{26,5072} \right) * (0,18 + 0,09 + 1,09 + 0,18) + \left(\frac{1,1663}{16,6879} \right) * (0,72 + 0,45 + 4,45 + 0,63) + \left(\frac{3,8913}{16,6879} \right) * (0,27 + 0,81) + 0,27 + 0,09 \right]$$

Cu = 96,79 %

Tableau III.6 : Récapitulatif des coefficients d'utilisation en fonction de la direction.

Direction	0°	22,5°	45°	67,5°	90°	112,5°	135°	157,5°	180°
N	4,98	5,50	5,11	4,19	3,16	2,07	2,03	3,03	4,98
Cu %(Cu=100-N)	95,02	94,5	94,89	95,81	96,84	97,93	97,97	96,79	95,02

Une fois les valeurs des coefficients d'utilisation calculées, elles sont représentées sous forme de graphe $Cu=f(\alpha)$:

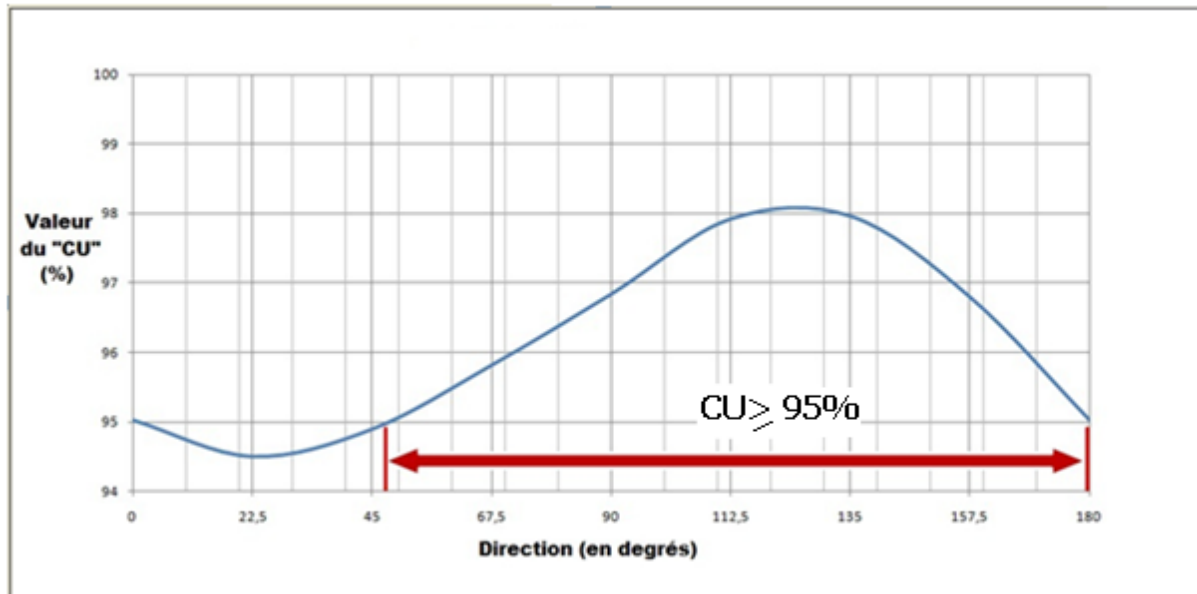


Figure III.14 : Courbe de la variation du coefficient d'utilisation en fonction de la direction

On obtient la courbe de l'évolution des coefficients d'utilisation en fonction de la direction qui nous permet de constater que le meilleur intervalle d'implantation d'une piste se situe entre 48° et 180°.

Remarque :

La direction exacte de l'implantation de la piste sera déterminée à partir du calcul du gisement.

Chapitre IV

Proposition de variantes

Chapitre IV : Proposition de variantes

IV.1. Introduction :

La Direction des Travaux Publics de la wilaya de M'Sila a exprimé le souhait de réhabiliter l'aérodrome de Bou Saada – Ain Eddis afin de le rendre de nouveau opérationnel après quelques années d'inactivité.

Deux variantes ont été présentées lors de l'établissement du dossier de l'étude de faisabilité :

- ✓ **Variante 1** : Extension de la piste existante du côté du seuil 22 et réhabilitation des annexes.

- ✓ **Variante 2** : Création d'une nouvelle piste, de deux taxiways, d'une bretelle, d'une voie de sortie à grande vitesse, l'extension du parking civil existant et l'élargissement de la bretelle 2.

IV.2. Première variante : Etude de l'extension de la piste existante (04/22) :

Les nouvelles dimensions doivent répondre à :

- La classification de l'aérodrome.
- L'avion de référence le plus contraignant destiné pour cet aérodrome.

Peu satisfaisante à l'époque, cette infrastructure à laquelle n'était affectée jusque-là que des avions de faibles capacités (ATR 42), l'est encore aujourd'hui compte tenu notamment de la mise en service prochaine des avions gros porteurs de type Boeingn737-800.

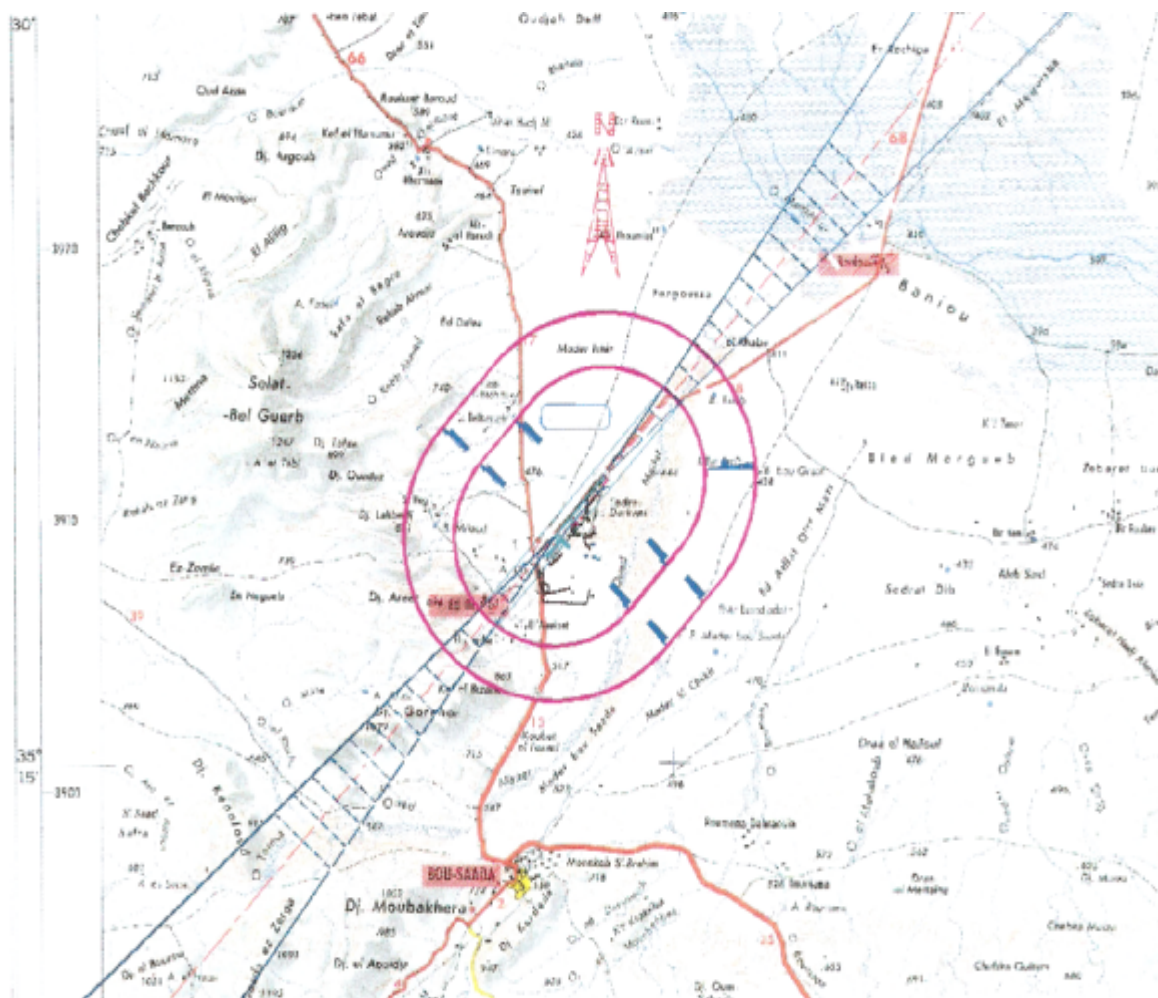
Les servitudes aéronautiques de la piste actuellement existante sont greffées par la présence d'obstacles naturels situés dans l'axe de la piste à moins de 5km du seuil 04, condamnant toute éventualité d'extension de la piste de ce côté, ajouté à cela, l'implantation de la route départementale N°45 reliant le chef-lieu de la wilaya de M'sila à la ville de Bou Saâda qui est située sur la bande gauche à 85m de l'axe de la piste ;

Donc vue la proximité des monticules Djebel Gorehor 1029m et Djebel Araat 898m au droit du seuil 04, la seule alternative est de procéder à l'extension de cette piste vers le côté Nord/Ouest (seuil22).Malheureusement le terrain situé dans le prolongement de l'axe de la piste vers le Nord est complètement occupé par les riverains, le nombre d'habitations rurales sur les 1000m est considérable. Les caractéristiques géotechniques de la première variante, se résument comme suit :

- Extension de la piste existante sur un linéaire de 800m x 45m ;
- Création d'un taxiway parallèle de dimension 3000m x 25m ;
- Elargissement de la chaussée existante de la piste pour la porter à 45m (7,5m de chaque côté) ;
- Création de bouts bétonnés de 300mx45m du coté de chaque seuil ;
- Elargissement de la bretelle existante d'une largeur de 15m à 25m ;
- Création d'une nouvelle bretelle située à 800m du nouveau seuil 22 ;

Chapitre IV : Proposition de variantes

- Extension du parking civil de 100m x 110m, dont les dimensions finales seront de 300m x 110m, avec renforcement du parking existant ;
- Création de P.O.R et aire de sécurité respectivement de 60et 90m ;
- Implantation d'une nouvelle clôture de 5870 ml et démontage de l'existante ;
- Déviation de la route nationale N° 45 sur un linéaire de 5,5 km avec la scarification de la chaussée existante ;
- Création d'une nouvelle route de desserte de 3,5km ;
- Travaux de démolition d'habitations situées au droit de la zone d'extension côté seuil 22 ;
- Expropriation des terrains dont la superficie est estimée à environ 125 ha ;
- Travaux de réalisation d'ouvrages de drainage.



FigureIV.1 : Plan de dégageement de la première variante.

IV.3. Deuxième variante : création d'une nouvelle piste (15/33) oblique par rapport à la piste actuelle :

Compte tenu de la présence de nombreuses contraintes le long du couloir de la piste existante on a choisi d'étudier un autre couloir susceptible de satisfaire les besoins pour la création d'une nouvelle piste de 3000mx45m. Un couloir d'orientation 150°/330°, offrant de très bon dégagements au droit des deux trouées d'envol.

Cette variante a pour avantage le maintien de la piste existante comme piste secondaire ainsi que l'écartement de toute actions de démolition d'habitations en grande masse, et la préservation les terres agricoles avoisinantes qui ont été mises en valeur ces dernières années.

Les caractéristiques géométriques de la deuxième variante se résument comme suit :

- Création d'une nouvelle piste de 3000mx45m ;
- Création d'un taxiway parallèle à cette piste de dimensions 3289x25m ;
- Création de deux bretelles reliant la piste au taxiway de 185mx25m et 350mx25m ;
- Extension du parking avions civil de 100mx110m avec renforcement du parking existant dimensions finales 300mx110m ;
- Création d'une voie de roulement reliant la nouvelle piste aux infrastructures militaires ;
- Création des bouts bétonnés au droit de chaque seuil de la nouvelle piste ;
- Création d'une nouvelle route de service de longueur 3300ml ;
- Réalisation d'ouvrages de drainage et protection contre les crues ;
- Création d'une nouvelle clôture d'une longueur de 12500ml ;
- Réalisation d'ouvrages tels que la déviation de l'Oued situé dans l'emprise de l'actuelle piste

Chapitre IV : Proposition de variantes

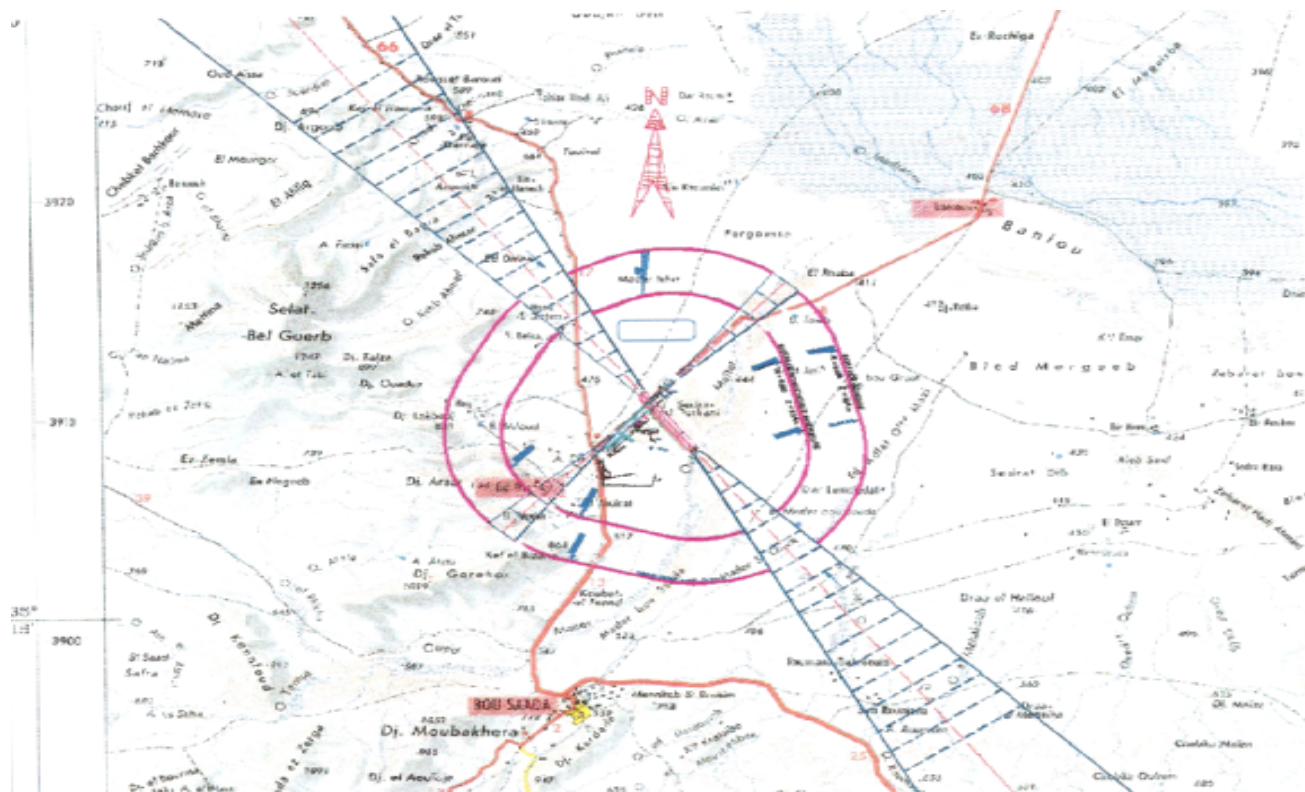


Figure IV.2 : Plan de dégagement de la deuxième variante

IV.4. Etude du dégagement :

Les servitudes aéronautiques de dégagement sont constituées par l'établissement d'une série de surfaces de limitation d'obstacles qui définissent les limites que peuvent atteindre les obstacles susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne ou nuisible au fonctionnement des dispositifs de sécurité établis dans l'intérêt de la navigation aérienne.

On définit les obstacles en 4 catégories :

- Les obstacles massifs (colline, construction de grande surface, accident de terrain, etc.)
- Les obstacles filiformes (ligne électrique ou téléphonique, câble, etc.)
- Les obstacles minces (pylône, cheminée, etc.)
- Les obstacles mobiles (voitures, camions, trains, bateaux).

Vu que l'aérodrome de Bou Saâda possède une piste avec approche classique l'O.A.C.I recommande que les surfaces de limitation d'obstacles soient établies comme suit :

- Surface horizontale intérieure ;
- Surface conique ;
- Surfaces de transition ;
- Surface d'approche (la trouée d'atterrissage) ;
- Surface de montée au décollage (trouée de décollage).

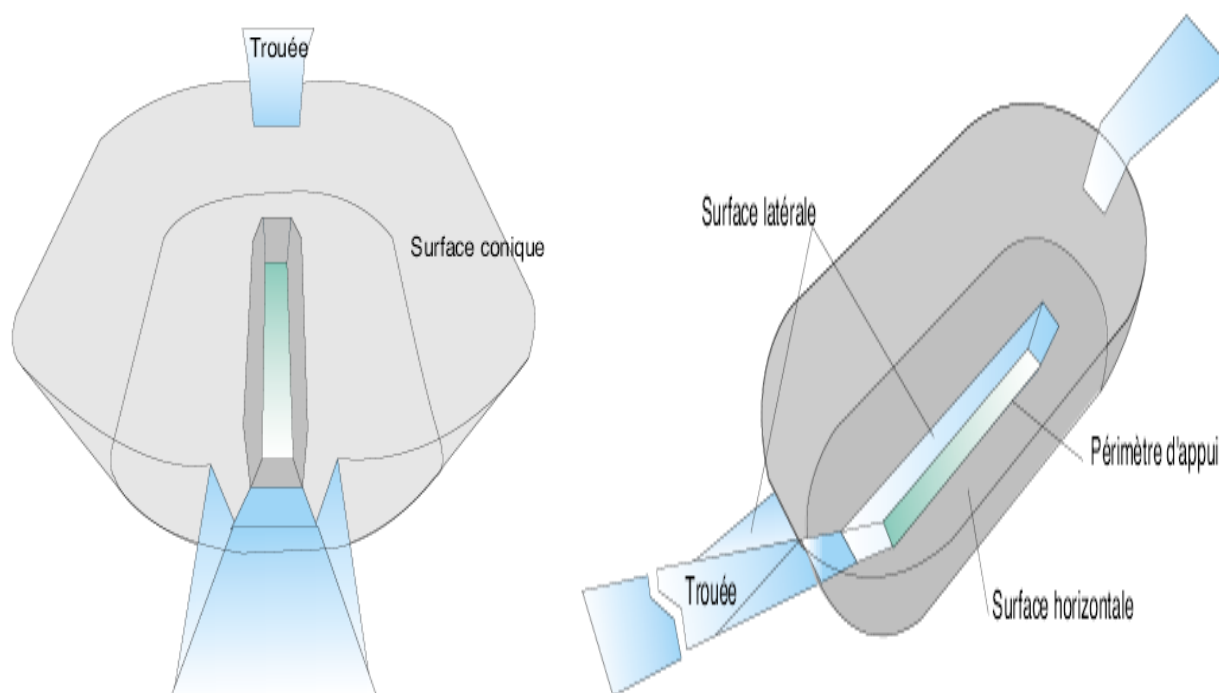


Figure IV.3 : Vue en perspective des surfaces de dégagement

IV.4.1. Surface horizontale intérieure :

Surface située dans un plan horizontal au-dessus d'un aéroport et de ses abords.

Le rayon R_1 ou les limites extérieures de la surface horizontale intérieure seront mesurés à partir d'un ou plusieurs points de référence établis à cet effet.

Sa limite extérieure est constituée par :

- Deux droites parallèles à l'axe de la piste et distantes l'une de l'autre d'une longueur correspondant au rayon de virage de l'avion-type de la catégorie considérée,
- Les deux segments formés par les intersections avec les plans de trouée,
- Quatre raccordements en quart de cercle.

La hauteur H_1 de la surface horizontale intérieure sera mesurée au-dessus d'un élément de référence d'altitude établi à cet effet.

Chapitre IV : Proposition de variantes

Tableau IV.1 : Caractéristiques de la surface intérieure horizontale.

	Piste exploitée à vue				Piste exploitée aux instruments					
					Approche classique			Approche de précision		
	Chiffre de code				Chiffre de code			Catégorie I		Catégorie II ou III
								Chiffre de code		Chiffre de code
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
Hauteur (m)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Rayon	2000	2500	4000	4000	3500	4000	4000	3500	4000	4000

Donc la surface horizontale intérieure sera définie par :

- $H_1 = Z + 45$

Avec : **Z** : Altitude de l'aérodrome

D'où $H_1 = 459 + 45 \rightarrow H_1 = 504$

$R_1 = 4000 \text{ m}$

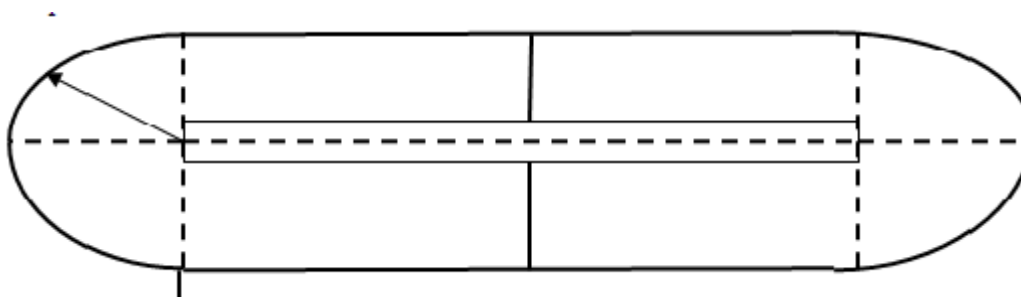


Figure IV.4 : Vue en plan de la surface horizontale intérieure.

IV.4.2. Surface conique :

Surface inclinée vers le haut et vers l'extérieur à partir du contour de la surface horizontale intérieure.

Les limites de la surface conique comprendront :

- Une limite intérieure coïncidant avec le contour de la surface horizontale intérieure ;
- Une limite supérieure située à une hauteur spécifiée au-dessus de la surface horizontale intérieure.

La pente de la surface conique sera mesurée dans un plan vertical perpendiculaire au contour de la surface horizontale intérieure.

Chapitre IV : Proposition de variantes

Tableau IV.2: Caractéristiques de la surface conique.

	Piste exploitée à vue				Piste exploitée aux instruments					
					Approche classique			Approche de précision		
								Catégorie I		Catégorie II ou III
	Chiffre de code				Chiffre de code			Chiffre de code		Chiffre de code
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
Pente (%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
hauteur (m)	35	55	75	100	60	75	100	60	100	100

Donc la surface conique sera définie par :

$$\text{Sa hauteur finale : } H_2 = H_1 + 100 \implies H_2 = 504 + 100 \implies \mathbf{H_2 = 604 \text{ m}}$$

Son inclinaison de 5% vers le haut en partant de la surface horizontale intérieure.

Son rayon qui est égal à : $R_2 = R_1 + r$

$$\text{Avec : } r = (H_2 - H_1) / 0.05$$

$$\text{D'où : } r = (604 - 504) / 0.05 \implies r = 2000 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } R_2 = 4000 + 2000 \implies \mathbf{R_2 = 6000 \text{ m}}$$

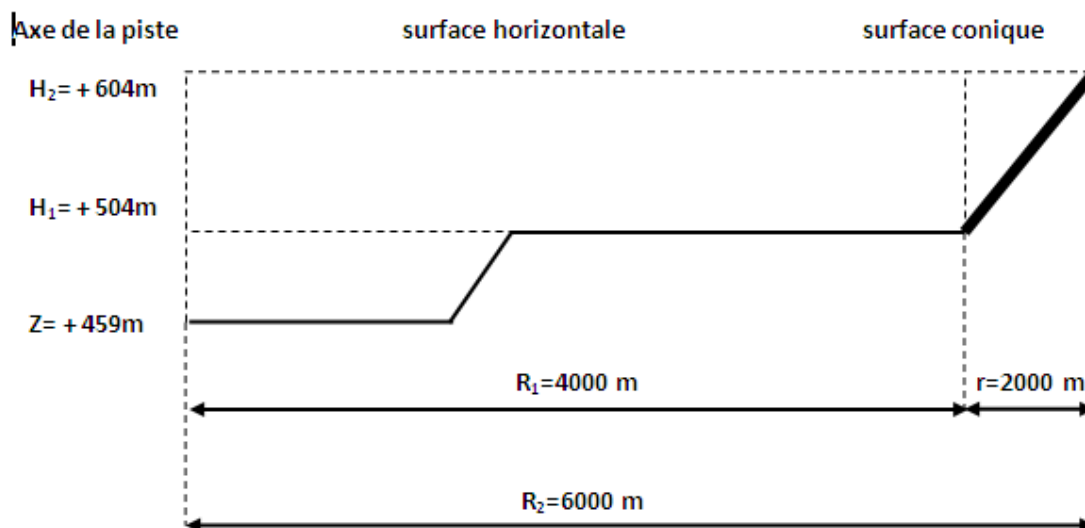


Figure IV.5 : Coupe longitudinale de la surface conique

IV.4.3. Surfaces de transition :

Surface complexe qui s'étend sur le côté de la bande et sur une partie du côté de la surface d'approche et qui s'incline vers le haut vers l'extérieur jusqu'à la surface horizontale.

Une surface de transition sera délimitée :

Chapitre IV : Proposition de variantes

- ❖ Par un bord inférieur commençant à l'intersection du côté de la surface d'approche avec la surface horizontale intérieure et s'étendant sur le côté de la surface d'approche jusqu'au bord intérieur de cette dernière et, de là, le long de la bande, parallèlement à l'axe de la piste.
- ❖ Par un bord supérieur situé dans le plan de la surface horizontale intérieure.

L'altitude d'un point situé sur le bord intérieur sera :

- Le long du côté de la surface d'approche, égale à l'altitude de la surface d'approche en ce point ;
- Le long de la bande, égale à l'altitude du point le plus rapproché sur l'axe de la piste ou sur son prolongement.

La pente de la surface de transition sera mesurée dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la piste.

Tableau III.3 : Caractéristiques de la surface de transition

	Piste exploitée à vue				Piste exploitée aux instruments					
					Approche classique			Approche de précision		
	Chiffre de code				Chiffre de code			Catégorie I	Catégorie II ou III	
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
Pente (%)	20	20	14,3	14,3	20	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3

Donc la pente de la surface de transition est de **14,3%**.

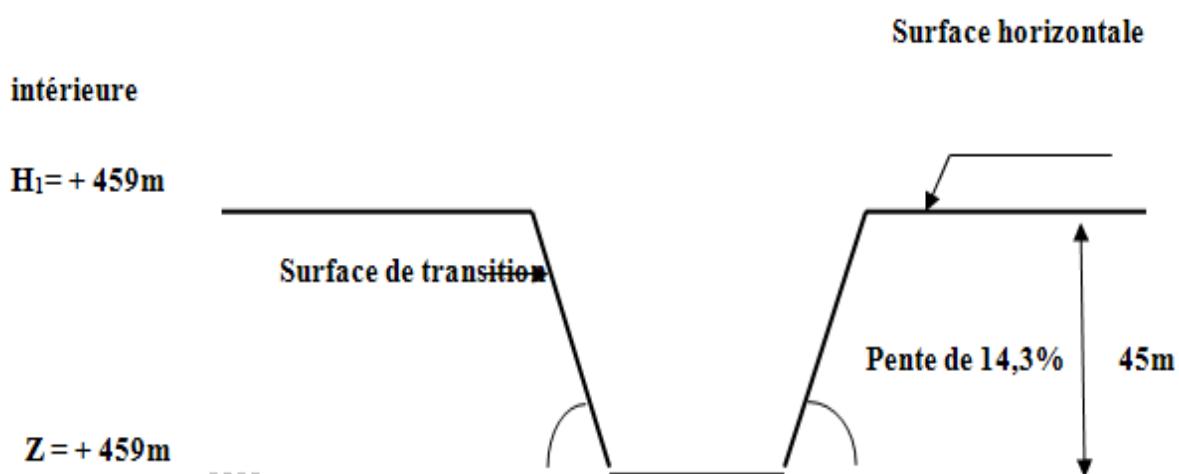


Figure IV.6 : Surface horizontale intérieure et surface de transition.

Chapitre IV : Proposition de variantes

IV.4.4. Surface d'approche (la trouée d'atterrissage) :

C'est le plan incliné ou combinaison de plans précédant le seuil.

La surface d'approche sera délimitée :

- Par un bord intérieur de longueur spécifiée, horizontal et perpendiculaire au prolongement de l'axe de la piste et précédant le seuil d'une distance spécifiée ;
- Par deux lignes qui, partant des extrémités du bord intérieur divergent uniformément sous un angle spécifié par rapport au prolongement de l'axe de la piste ;
- Par un bord extérieur parallèle au bord intérieur.

Le bord intérieur sera situé à la même altitude que le milieu du seuil.

La pente de la surface d'approche sera mesurée dans le plan vertical passant par l'axe de la piste

Tableau IV.4 : Caractéristiques de la surface d'approche.

	Piste exploitée à vue				Piste exploitée aux instruments						
					Approche classique			Approche de précision			
	Chiffre de code				Chiffre de code			Catégorie I		Catégorie II ou III	
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4	
Longueur du bord intérieur (m)	60	80	150	150	150	300	300	150	300	300	
Distance au seuil (m)	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
Divergence (%) (de pat et d'autre)	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	
Première section											
Longueur (m)	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000	3000	3000	
Pente(%)	5	4	3,33	2,5	3,33	2	2	2,5	2	2	
Deuxième section											
Longueur (m)	-	-	-	-	-	3600	3600	12000	3600	3600	
Pente (%)	-	-	-	-	-	2,5	2,5	3	2,5	2,5	
Section horizontale											
longueur	-	-	-	-	-	8400	8400	-	8400	8400	
Longueur totale	-	-	-	-	-	15000	15000	15000	15000	15000	

Chapitre IV : Proposition de variantes

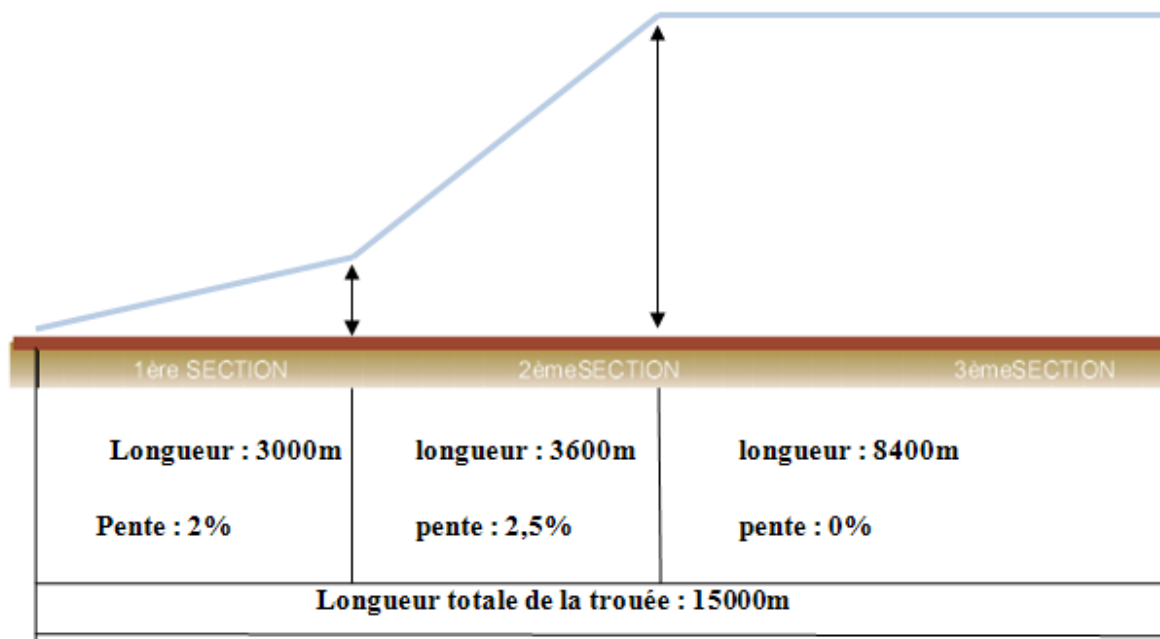


Figure IV.7 : Coupe longitudinale de la trouée d'atterrissage.

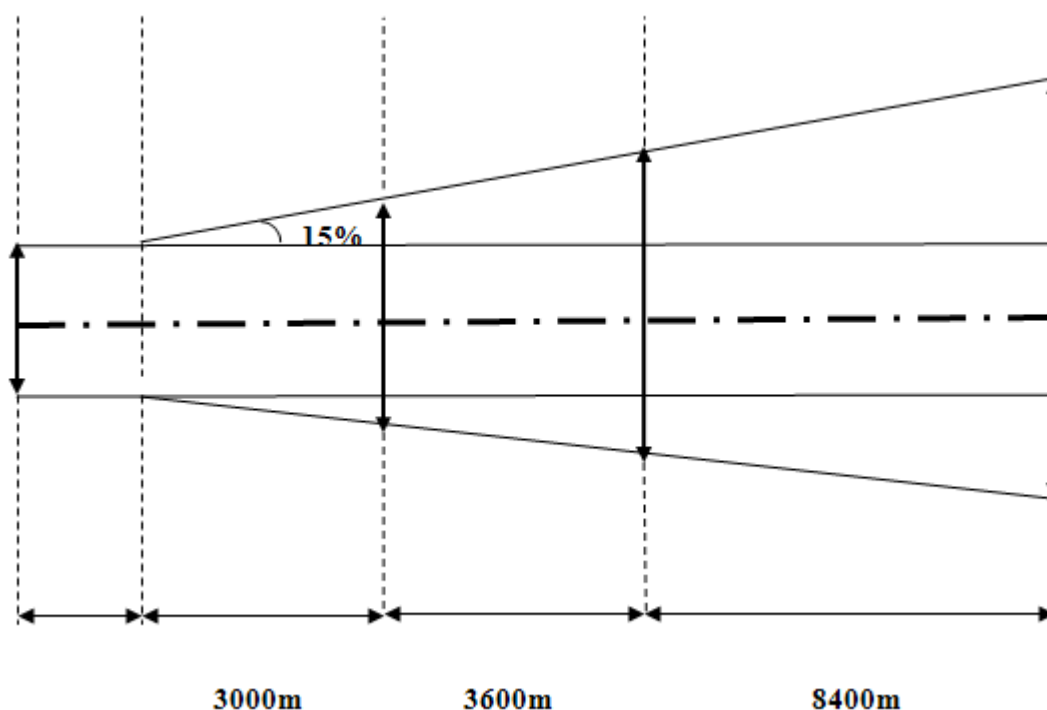


Figure IV.8 : Vue en plan de la trouée d'atterrissage

Donc dans le cas de l'aérodrome d'AIN EDDIS (classe 4C), qui est exploité avec approche classique (trafic moyen), on aura une surface d'approche **de 15000 m** de longueur, répartie en trois sections.

Chapitre IV : Proposition de variantes

IV.4.5. Surface de montée au décollage (trouée de décollage) :

Plan incliné ou toute autre surface spécifiée située au-delà de l'extrémité d'une piste ou d'un prolongement dégagé.

La surface de montée au décollage sera délimitée :

- Par un bord intérieur horizontal, perpendiculaire à l'axe de la piste et situé, soit à une distance spécifiée au-delà de l'extrémité de la piste, soit à l'extrémité du prolongement dégagé, lorsqu'il y en a un et que sa longueur dépasse la distance spécifiée.
- Par deux côtés qui, partant des extrémités du bord intérieur divergent uniformément sous un angle spécifié par rapport à la route de décollage, pour atteindre une largeur définitive spécifiée, puis deviennent parallèle et le demeurent sur la longueur restante de la surface de montée au décollage.
- Par un bord extérieur horizontal, perpendiculaire à la route de décollage spécifiée.

Tableau IV.5 : Caractéristiques de la surface de montée au décollage.

Surface et dimensions ^a	Chiffre de code		
	1	2	3,4
Surface de montée au décollage			
Longueur du bord intérieur (m)	60	80	180
Distance par rapport à l'extrémité de piste (m)	30	60	60
Divergence (de part et d'autre) (%)	10	10	12,5
Largeur finale (m)	380	580	1200
Longueur (m)	1600	2500	15000
Pente (%)	5	4	2

a: sauf indication contraire, toutes les dimensions sont mesurées dans le plan horizontal.

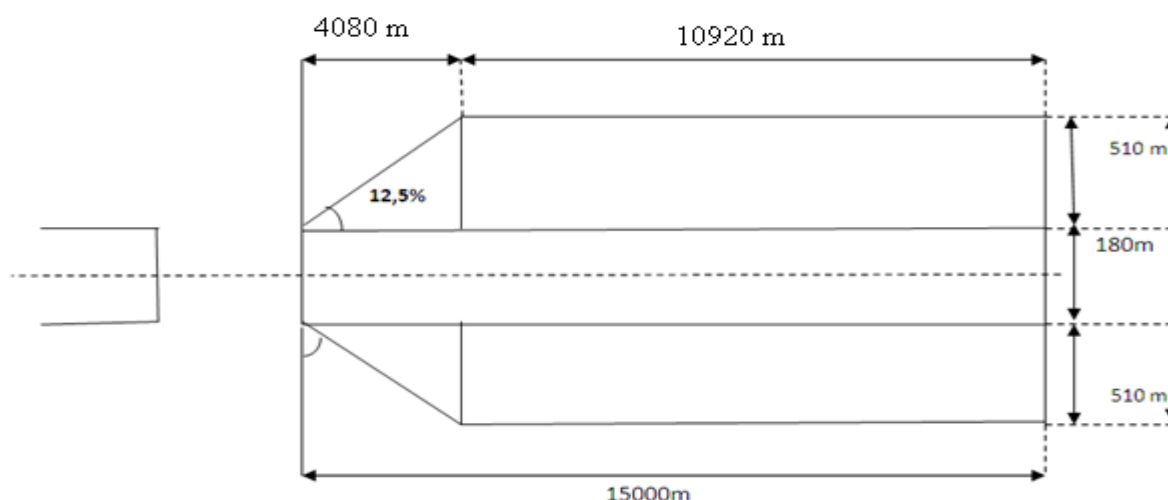


Figure IV.9 : Vue en plan de la surface de montée au décollage.

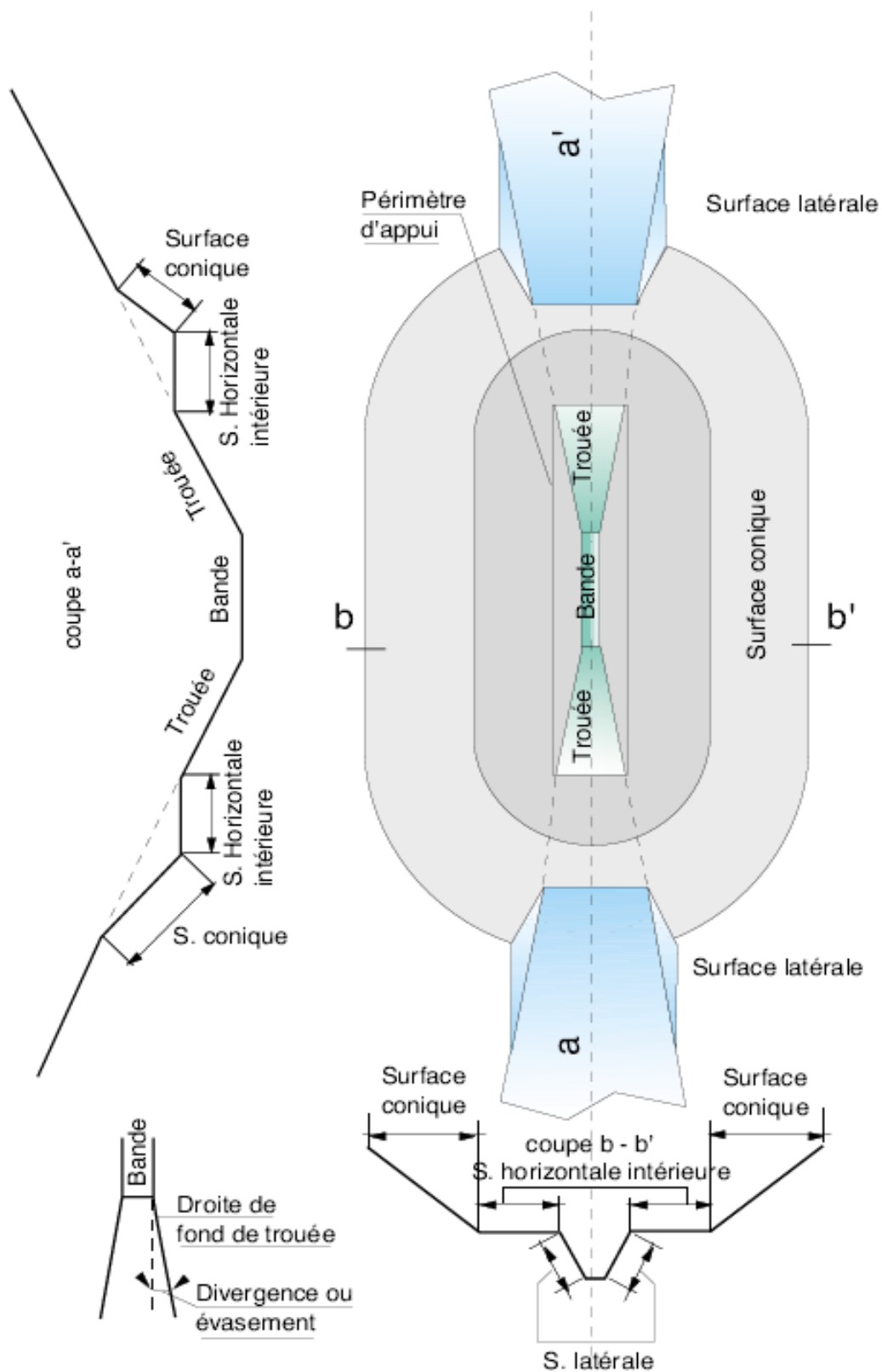


Figure IV.10 : Surfaces de dégagement d'un aérodrome

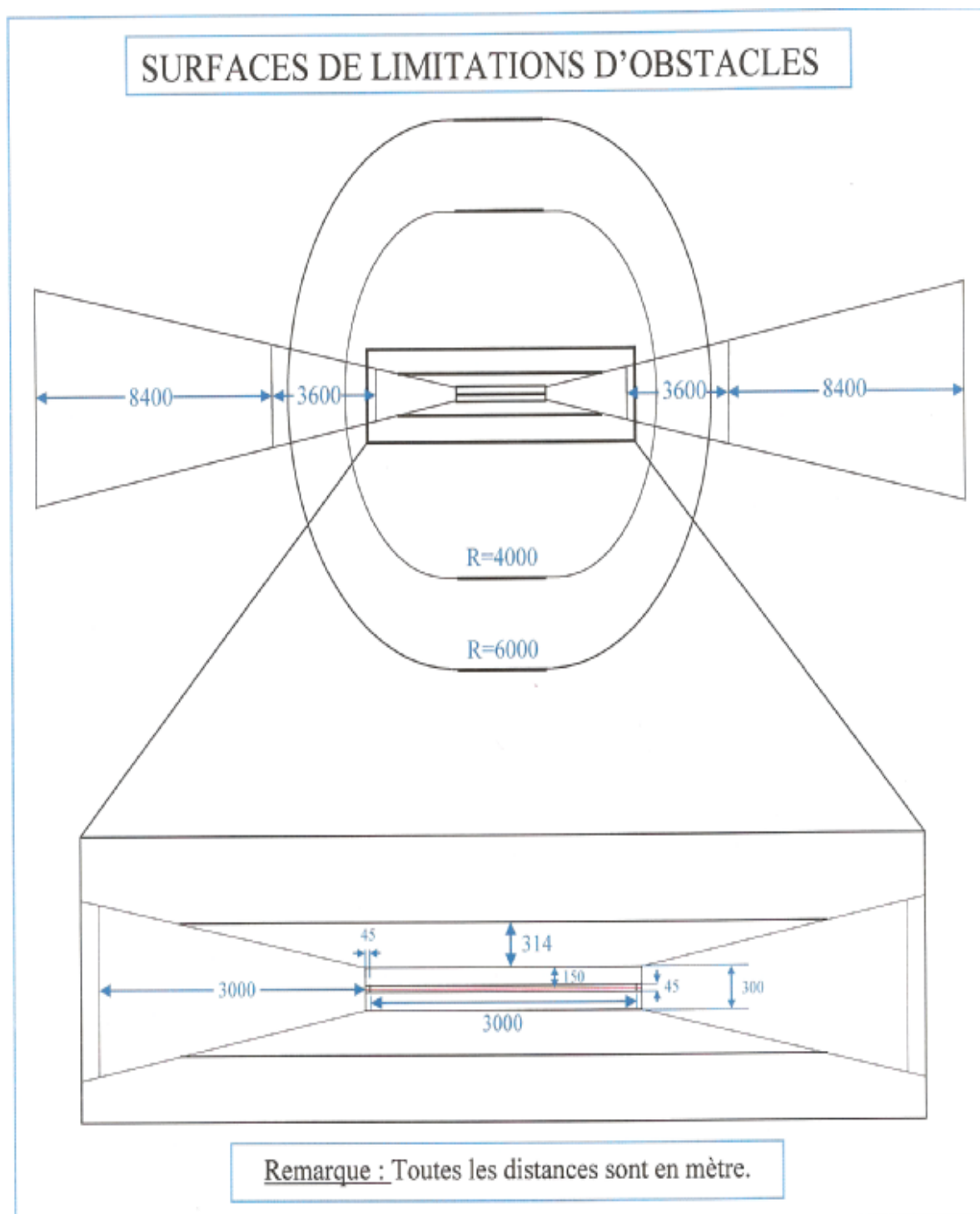


Figure IV.11 : Surfaces de limitation d'obstacles pour l'aérodrome de Bou Sâada.

Chapitre IV : Proposition de variantes

Tableau IV.6 : Comparaison des deux variantes (avantages et inconvénients).

Critères de comparaison	Variante 1: Extension de la piste existante	Variante 2 : Création d'une nouvelle piste
Surface de la nouvelle chaussée	Piste : 69 000 m ² Taxiway : 75 000 m ² Parking : 11 000 m ² Bretelle : 6 775 m ²	Piste : 135 000 m ² Taxiway : 118 228,5 m ² Parking : 11 000 m ² Bretelle : 137 500 m ²
Surface nouvelle à intégrer dans l'emprise aéroportuaire	125 hectares	185 hectares
Dégagement (trouées)	<ul style="list-style-type: none"> • Trouée (seuil 04) : greffée par le relief du Djebel Gorehor (1029m), Djebel Araar (898m) • Trouée (seuil 22) : habitations, château d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trouées dégagées dans les deux sens. • Aucun obstacle majeur n'est à signaler.
Dégagements latéraux	Trouée (seuil 04), greffée par le relief du Djebel Gorehor (1029) et Djebel Araar (898M).	Présence d'obstacles au droit de la surface conique.
Contraintes de démolition d'habitations	Zone urbanisée à délocaliser	Contraintes mineures
Surface des terrains agricoles	20 hectares	18 hectares
Flexibilité opérationnelle	Une seule trouée dégagée (seuil 22), moyennant la démolition d'habitations et balisage d'un château d'eau.	Aucune contrainte n'est à signaler pour les deux trouées

IV.5. Choix et justification du choix de la variante :

A travers la mission d'investigation effectuée sur site il ressort que les dégagements du côté du seuil (04) de la piste existante sont compromis car on signale : la présence du relief du Djebel Gorehor comme obstacle majeur situé à 4500m du seuil (04) et dans l'aire de dégagement de la trouée ainsi qu'au droit des deux surfaces, horizontale intérieure et conique, des dénivellations importantes du relief dépassant les 400m au-dessus du fond de la trouée d'approche et de décollage.

Donc d'après l'étude du dégagement de l'aérodrome de Bou Saâda et d'après les recommandations de l'O.A.C.I, ces obstacles sont largement suffisants pour écarter la variante de l'extension de la piste actuellement existante.

Par contre la création d'une nouvelle piste oblique par rapport à l'ancienne offre un meilleur couloir caractérisé par d'excellents dégagements qui permettent l'exploitation de cette nouvelle piste aux instruments sans contraintes car ce couloir présente des surfaces d'approche et de montée parfaitement libres d'obstacles du côté des deux seuils de la piste sur une distance allant jusqu'à 15 à 20m.

Le plan de dégagement illustre l'implantation de cette piste avec les différentes servitudes.

Chapitre IV : Proposition de variantes

IV.6. Conclusion :

Après une étude préliminaire de notre projet on a abouti à un choix de la variante qui assurera le bon fonctionnement de l'aérodrome de Bou Sâada, et qui sera approfondit dans l'étude détaillé.

Chapitre V

Etude géotechnique

Chapitre V: Etude géotechnique

V.1. Généralités :

Le génie moderne nous a donné la preuve plus d'une fois que les constructions de toutes natures, des plus modestes au plus complexes, ne sont réalisables que grâce à une étude géotechnique, laquelle permet de choisir des fondations adaptées et économiques. Les études géotechniques permettent d'obtenir tous les renseignements nécessaires des sols sur lesquels seront érigés les ouvrages.

Les principes de la géotechnique sont simples mais leur expression est compliquée, car ils procèdent à la fois de la géologie et de la mécanique, de l'observation/expérimentation et du calcul, du raisonnement inductif et du raisonnement déductif. À partir du terrain, la géologie étudie la morphologie et le comportement des géo matériaux réels, roches, sols et eau constituant le sous-sol d'un site, qui sont tangibles, discontinus, variables, hétérogènes, anisotropes, contraints, pesants et bien plus que cela : la nature les a faits ainsi et on ne peut que le constater. À partir de sondages et d'essais, la géo mécanique les réduit à des milieux virtuels de modèles qui doivent être continus, immuables, homogènes, isotropes, libres, parfois non pesants et rien que cela : le traitement mathématique l'impose. Pour passer des premiers aux seconds, de la réalité à l'image, il suffit d'un peu d'imagination et d'usage ; pour repasser ensuite et nécessairement des seconds aux premiers, des échantillons au site, il faut ajouter que les géo matériaux ne sont pas désordonnés, que leurs hétérogénéités et leurs comportements ne sont pas aléatoires, mais qu'au contraire, ils sont structurés de façon tout à fait cohérente, ce qui ramène à la géologie : tout résultat d'essai et de calcul géo mécanique incompatible avec une observation géologique, est inacceptable en géotechnique.

En effet, ne pas tenir compte des particularités géologiques d'un site risque d'entraîner à plus ou moins long terme, des dommages, voire des accidents parfois très graves au chantier et/ou à l'ouvrage.

Donc naturellement, pour implanter un aéroport sur un site donné, il est indispensable de connaître les caractéristiques géotechniques de ce dernier.

C'est pour cela, et dans le cadre du projet de la réalisation d'une base aérienne dans la région de Bou Saâda wilaya de M'Sila, le laboratoire central des Travaux Publics (L.C.T.P) a été sollicité pour une compagnie géotechnique des assiettes devant servir à la construction de divers ouvrages à la base citée ci-dessus.

Chapitre V: Etude géotechnique

V.2. But de l'étude géotechnique :

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

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

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

V.3. Reconnaissance IN-SITU :

➤ Programme de reconnaissance :

Le programme de reconnaissance établit prévoit la réalisation de 30 puits de reconnaissances à ciel ouvert dont la profondeur varie entre 0,2m et 3,30m.

Tableau V.1 : Description géologique des puits

Puits N°	Lithologie	Profondeur en(m)	Nature du terrain
1		0.00-0.20	Terre végétale sableuse
		0.20-1.50	Passage alluvionnaire gravelo-sableux
		1.50-2.50	Tuf sablo-argileux
2		0.00-0.40	Terre végétale sableuse
		0.40-0.60	Passage alluvionnaire gravelo-sableux
		0.60-1.00	Passage sablo-graveleux
		1.00-2.40	Alluvions gravelo-sableuses

Chapitre V: Etude géotechnique

		2.40- 3.20	Tuf sablo-argileux
3		0.00- 1.00	Sable fin
		1.00- 2.50	Alluvions gravelo-sableuses avec de gros galets
4		0.00- 0.80	Sable fin
		0.80- 2.80	Alluvions gravelo-sableuses
5		0.00- 0.20	Terre végétale
		0.20- 2.20	Passage alluvionnaire gravelo-sableux
		2.20- 2.80	Passage de sable
6		0.00- 0.20	Terre Végétale
		0.20- 2.20	Passage alluvionnaire gravelo-sableux
		2.20- 2.80	Passage de sable
7		0.00- 0.20	Terre Végétale
		0.20- 2.30	Passage alluvionnaire gravelo-sableux
		2.30- 2.60	Sable fin
8		0.00- 1.35	Sable fin
		1.35- 3.00	Alluvions gravelo-sableuses
		0.00-	Sable fin

Chapitre V: Etude géotechnique

9		1.70	
		1.70- 2.90	Alluvions gravelo-sableuses avec de gros galets
10		0.00- 2.10	Sable fin
		2.10- 2.90	Alluvions gravelo-sableuses avec de gros galets
11		0.00- 2.90	Sable fin
		2.90- 3.20	Alluvions gravelo-sableuses
		3.20- 3.50	Sable
12		0.00- 1.20	Sable fin
Puits N°	Lithologie	Profondeur	Nature du terrain
13		0.00- 0.70	Sable fin
		0.70- 2.70	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets et cailloux
14		0.00- 0.50	Terre végétale sableuse
		0.50- 2.50	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets
15		0.00- 0.20	Terre végétale sableuse
		0.20- 1.30	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets
		1.30- 1.80	Sable fin
		1.80-	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets

Chapitre V: Etude géotechnique

		2.60	
16		0.00- 0.50	Terre végétale sableuse
		0.50- 2.60	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets
17		0.00- 0.70	Terre végétale sableuse
		0.70- 1.30	Alluvions gravelo-sableuses
		1.30- 2.90	Sable fin
18		0.00- 1.10	Terre végétale sableuse
		1.10- 1.70	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets
		1.70- 2.60	Sable fin
19		0.00- 0.60	Terre végétale sableuse
		0.60- 1.80	Alluvions gravelo-sableuses avec des gros galets
		1.80- 2.60	Sable fin
20		0.00- 0.30	Sable fin
		0.30- 3.30	Tuf sableux
21		0.00- 1.20	Sable fin
		1.20- 2.10	Tuf sableux
		2.10- 2.08	Sable fin

Chapitre V: Etude géotechnique

22		0.00- 0.20	Terre végétale sableuse
		0.20- 3.20	Tuf sableux
23		0.00- 3.20	Sable fin
24		0.00- 3.10	Sable fin
25		0.00- 0.70	Terre végétale sableuse
		0.70- 1.20	Alluvions gravelo-sableuses
		1.20- 2.60	Sable fin
26		0.00- 0.60	Sable fin
Puits N°	Lithologie	Profondeur	Nature du terrain
27		0.00- 1.10	Sable fin
		1.10- 2.60	Tuf sablo-argileux
28		0.00- 0.80	Terre végétale sableuse
		0.80- 2.50	Tuf sablo-argileux avec quelques cailloux roulés
29		0.00- 3.20	Sable fin
30		0.00- 0.80	Terre végétale sableuse
		0.80- 2.50	Tuf sablo-argileux

V.4. Programme des essais au laboratoire:

Les essais réalisés en laboratoire sur les échantillons remaniés ont porté essentiellement sur :

- Essais physiques et identification ;
- Essais mécaniques ;
- Analyse chimique sommaire.

V.4.1. Essais physiques :

➤ **L'analyse granulométrique :**

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 125mm

▪ **Principe de l'essai :**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

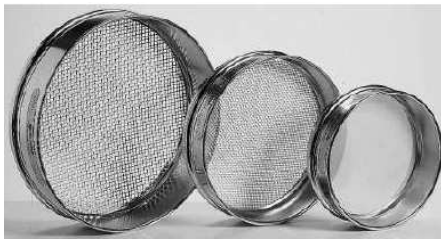


Figure V.1 : Essai d'analyse granulométrique.

Les masses des différents refus et tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

▪ **Tracé de la courbe granulométrique :**

Il suffit de porter les divers pourcentages des tamisât cumulés sur une feuille semi-logarithmique :

- En abscisse : les dimensions des mailles, échelle logarithmique ;

Chapitre V: Etude géotechnique

- En ordonnée : les pourcentages sur une échelle arithmétique.
- La courbe doit être tracée de manière continue.

NB : Pour les courbes granulométriques voir annexe N° V.1

▪ **Interprétation des courbes :**

La forme de la courbe granulométrique obtenue apporte les renseignements suivants :

- Les dimensions d (diamètre min) et D (diamètre max) du granulat ;
- La plus ou moins grande proportion d'éléments fins ;
- La continuité ou la discontinuité de la granularité.

▪ **Les résultats obtenus sont donnés ci-après :**

Tableau V.2: Interprétations des essais granulométriques suivant la classification L.C.P.C.

Puits N°	Profondeur (m)	% < 2 mm	% < 80 µ	% < 4 µ	Interprétation des résultats suivant la classification L.C.P.C
01	0.20-1.50	40.00	5.00	/	Sols grenus
01	1.50-2.50	76.00	42.00	19	
03	1.00-2.50	49.00	/	/	
04	0.80-2.80	32.00	5.00	/	
06	0.20-2.80	33.00	5.00	/	
08	0.50-3.00	26.00	2.00	/	
10	2.10-2.90	32.00	7.00	/	
12	1.20-2.50	27.00	3.00	/	
14	0.50-2.60	25.00	2.00	/	
16	0.50-2.60	21.00	1.00	/	
19	0.60-1.20	40.00	3.00	/	
21	1.20-2.10	48.00	5.00	/	
23	0.00-3.20	99.00	28.00	/	
27	1.10-2.60	99.00	38.00	/	
28	0.80-2.60	99.00	40.00	/	
30	0.60-2.50	84.00	21.00	/	

Chapitre V: Etude géotechnique

- **Légende :**

% < 2 mm : Pourcentage des passants inférieurs à 2 mm

% < 80 μ : Pourcentage des passants inférieurs à 80 μ

% < 4 μ : Pourcentage des passants inférieurs à 4 μ

Le sol support présente une granulométrie étalée avec plus de 50% d'éléments qui ont un diamètre supérieur à 80 μ dénotant qu'on est en présence d'un sol grenu.

➤ **Limites d'Atterberg :**

Les limites d'ATTERBERG sont déterminées uniquement pour les éléments fins d'un sol (fraction passant au tamis de 0,4 mm), car ce sont les seuls éléments sur lesquels l'eau agit en modifiant la consistance du sol. L'essai consiste donc à faire varier la teneur en eau de cette fraction de sol et en observer sa consistance

Selon la teneur en eau, le sol se comportera comme un solide, un matériau plastique (capable de se déformer beaucoup sans casser), ou un liquide. On détermine plus particulièrement les valeurs suivantes :

- La limite de plasticité (w_p).
- La limite de liquidité (w_L).

La limite de plasticité (w_p) est définie comme la teneur en eau d'un sol qui a perdu sa plasticité et se fissure en se déformant lorsqu'il est soumis à de faibles charges. Cette limite sépare l'état plastique de l'état semi-solide.

La limite de liquidité (w_L) est la teneur en eau qui sépare l'état liquide de l'état plastique.

La connaissance de ces limites est importante pour l'exécution des travaux de terrassement, en particulier si le matériau doit être utilisé après remaniement, leur détermination revêt une importance considérable.

La différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité donne un indice appelé indice de plasticité I_p qui mesure l'étendue du domaine de plasticité du sol. Il s'exprime donc par la relation :

$$I_p = (w_L) - (w_p)$$

Chapitre V: Etude géotechnique

Un sol dont l'indice I_p est grand, est très sensible aux conditions atmosphérique, car plus I_p est grand plus le gonflement par humidification de la terre et son retrait par dessiccation seront importants.

Les limites d'Atterberg donnent des indices de plasticité I_p qui varient entre 9% et 17% avec des limites de liquidité w_L qui varient être 18% et 29%, mettant en évidence un sol peu plastique. L'ensemble de ces paramètres et selon la classification LCPC, le sol support est une grave argileuse.

- Les résultats obtenus sont donnés ci-après :

Légende :

L_L : Limite de liquidité

L_p : Limite de plasticité

I_p : Indice de plasticité

Tableau V.3 : Limites d'Atterberg.

Puits N°	Profondeur	L_L	L_p	I_p	Interprétation des résultats
01	1.50-2.50	22.00	12.40	9.60	Sol faiblement argileux, peu plastique
03	1.00-2.50	22.00	12.49	9.51	Sol faiblement argileux, peu plastique
04	0.80-2.80	18.50	NM	NM	NM : non mesurable
23	0.00-3.20	29.00	11.74	17.26	Sol moyennement argileux, peu plastique
27	1.10-2.60	23.00	13.66	9.34	Sol faiblement argileux, peu plastique
28	0.80-2.60	26.00	12.74	13.26	Sol moyennement argileux, peu plastique

Chapitre V: Etude géotechnique

➤ L'équivalent de sable :

L'essai d'équivalent de sable permet de mesurer la propreté dans un sol c'est-à-dire la proportion relative de sol fin et de sol grenu. Cet essai est important, car la présence d'éléments fins peut modifier le comportement de ces sols. Il est effectué sur les éléments de dimensions inférieures à 5 mm (fraction 0/5 mm du sol).

Le but de cet essai est de mettre en suspension les fines (particules < 0.063 mm soit $63 \mu\text{m}$) puis de les laisser se déposer au fond d'un tube transparent. La proportion de fines par rapport au reste de l'échantillon est alors mesurée puis calculée.

Le résultat est noté ES (équivalent de sable) et est proportionnel au sable propre : plus il est propre, plus ES s'approche de 100, à l'inverse plus il est sale, plus ES se rapproche de 0.

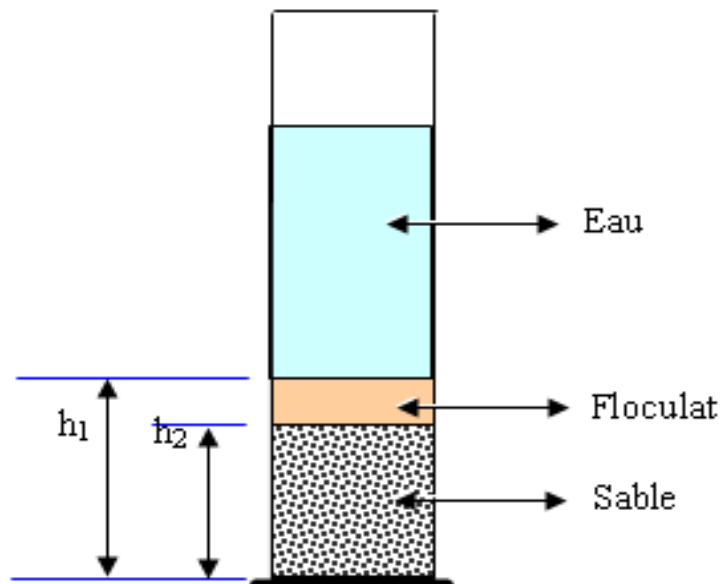


Figure V.2 : Equivalent de sable.

V.4.2. Analyse chimique :

L'analyse chimique consiste à déterminer la nature minéralogique et de mesurer la teneur en carbonates « CaCO_3 », en silices « SiO_2 », en sulfates « sol », chlorures « Cl » et matières organiques. Les analyses chimiques sommaires ont donné les résultats suivants :

Chapitre V: Etude géotechnique

Tableau V.4: Interprétation des analyses chimiques.

Puits N°	Profondeur	Les insolubles	Les carbonates	Les sulfates	Observations
01	1.50-2.50	75.88	18.92	Traces	Le sol étudié est carbonaté non agressif
03	1.00-2.50	75.87	18.02	Traces	
04	0.80-2.80	75.87	18.02	Traces	
06	0.20-2.20	73.85	19.82	Traces	
08	0.50-3.00	64.12	29.73	Traces	
10	2.10-2.90	74.01	19.82	Traces	
12	1.20-2.50	73.89	19.82	Traces	
14	0.50-2.60	68.06	24.32	Traces	
16	0.50-2.60	50.26	44.19	Traces	
19	0.60-1.20	60.55	34.23	Traces	
21	1.20-2.10	57.33	36.04	Traces	
23	0.00-3.20	71.13	18.92	Traces	
27	1.10-2.60	65.63	23.42	Traces	
28	0.80-2.60	72.51	20.72	Traces	
30	0.60-2.50	66.22	27.03	Traces	

L'analyse chimique montre un sol siliceux, moyennement carbonaté et non gypseux.

V.4.3. Essais mécaniques :

➤ Essai Proctor :

L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour un sol donné et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximale.

L'essai consiste à compacter dans un moule normalisé, à l'aide d'une dame normalisée, selon un processus bien défini, l'échantillon de sol à étudier et à mesurer sa teneur en eau et son poids spécifique sec après compactage.

L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à différentes teneur en eau. On définit ainsi plusieurs points d'une courbe ($\gamma_d/\gamma_w ; \omega$) ; on trace cette courbe qui représente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau optimale et l'ordonnée la densité sèche optimale.

Chapitre V: Etude géotechnique

L'intensité de compactage est choisie en fonction de la surcharge prévue pour l'ouvrage au cours de sa durée de vie ; on distingue :

- Essai Proctor normal : résistance souhaitée faible, du type remblai non ou peu chargé.
- Essai Proctor modifié : forte résistance souhaitée du type chaussée autoroutière.

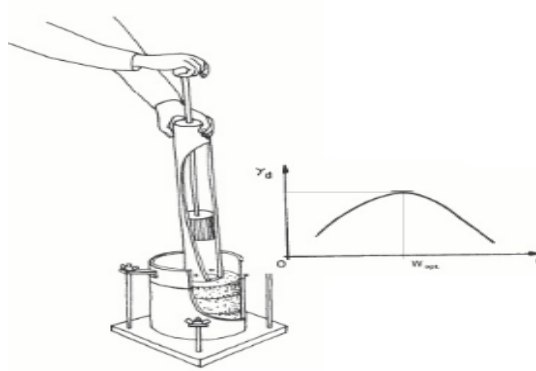


Figure V.3: Essai Proctor.

✚ **NB:** Pour la courbe de l'essai proctor voir annexe N° V.2

➤ **Essai CBR :**

L'essai CBR a pour but de déterminer un indice permettant de calculer grâce à des abaques l'épaisseur des couches de fondation d'une route nécessaire à la constitution d'une chaussée en fonction du sol sous-jacent, du trafic et des charges prévus et des conditions hydriques futures que subira cette route.

Le matériau à étudier est placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau. Il est ensuite poinçonné par un piston, enfoncé à une vitesse constante

L'indice portant californien est un nombre sans dimension exprimant en pourcentage le rapport entre les pressions produisant un enfoncement donné dans le matériau à étudier d'une part (avec ou sans immersion au préalable) et dans un matériau type d'autre part. Il caractérise implicitement la tenue au poinçonnement d'un sol. Par définition cet indice est pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- $\frac{\text{pression à } 2,5\text{mm d'enfoncement (en MPa)}}{0,7}$
- $\frac{\text{pression à } 5\text{mm d'enfoncement (en MPa)}}{1,05}$

Le pouvoir portant d'un sol est d'autant meilleur que le CBR est grand.


Chapitre V: Etude géotechnique

On distingue deux types d'essais CBR en fonction des buts fixés :

- L'essai CBR immédiat : mesure de la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à sa teneur en eau naturelle. Il caractérise l'aptitude du sol à permettre la circulation en phase de chantier dans les régions peu humides, le CBR immédiat sert directement de référence (pas de variation hydrique).

 **NB :** Pour les courbes de l'essai CBR après immersion voir annexe N° V.3

- L'essai CBR imbibé : mesure de la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à différentes teneurs en eau puis immergé durant plusieurs jours (4 en général). Il caractérise l'évolution d'un sol compacté à différentes teneurs en eau et/ou soumis à des variations de régime hydrique.

 **NB :** Pour les courbes de l'essai CBR imbibé voir annexe N° V. 4

Les principaux résultats de l'analyse en laboratoire sont consignés sous forme de tableau donné ci-après :

Légende :

$\gamma_{d\text{ opt}}$ (t/m^3) : Densité sèche à l'optimum Proctor.

$\omega_{d\text{ opt}}$ (%) : Teneur en eau à l'optimum Proctor.

I_{CBR} : Indice CBR à l'optimum Proctor.

% < 5mm : Pourcentage des passants inférieurs à 5 mm

% < 2mm : Pourcentage des passants inférieurs à 2 mm

% < 0,40mm : Pourcentage des passants inférieurs à 0,40 mm

% < 80 μ : Pourcentage des passants inférieurs à 80 μ .

% < 4 μ : pourcentage des passants inférieurs à 4 μ .

L_L : Limite de liquidité.

I_p : Indice de plasticité.

ES : Equivalent de sable.

γ_d : Densité sèche.

Chapitre V: Etude géotechnique

Tableau V.5 : Récapitulatif de l'ensemble des résultats des essais au laboratoire.

Puits N°		01	01	03	04	06	
Profondeur		02.0-1.50	1.50-2.50	1.00-2.50	0.80-2.80	0.20-2.20	
Classe en fonction de la nature du sol		B	A	B	B	B	
Sous-classe en fonction de la nature du sol		B4	A1	B3	B3	B3	
Classification L.C.P.C		/	/	/	/	/	
Classification G.T.R		B4	A1	B3	B3	B3	
Teneur en eau naturelle		/	/	/	/	/	
Densité sèche in-situ		/	/	/	/	/	
Compacité (%)		/	/	/	/	/	
Granulométrie	% des passants à 5 mm	4.00	79.00	53.00	43.00	38.00	
	% des passants à 2 mm	40.00	76.00	49.00	32.00	33.00	
	% des passants à 0.40 mm	30.00	66.00	45.00	25.00	25.00	
	% des passants à 80 µ	5.00	42.00	/	5.00	5.00	
	% des passants à 2 µ	/	19.00	/	/	/	
Fraction des cailloux en %		22.00	12.00	31.00	25.00	33.00	
Fraction des graves en %		38.00	12.00	20.00	43.00	28.00	
Fraction des sables en %		35.00	39.00	27.00	27.00	28.00	
Fraction fines en %		5.00	42.00	/	5.00	5.00	
Limites d'ATTERGE RG	Limite de liquidité L_L	/	22.00	22.00	18.50	/	
	Indice de plasticité I_p	/	9.60	9.51	Non mesurable	/	
	Indice de consistance I_c	/	/	/	/	/	
Equivalent de sable (E.S) en %		/	/	29.13	26.08	17.61	
Proctor modifié	ω_{opm} (%)	4.50	7.70	5.85	5.00	4.40	
	γ_{dopm} (t/m³)	2.17	2.15	2.17	2.23	2.18	
Proctor normal	ω_{opm} (%)	/	/	/	/		
C.B.R imbibé à 4 jours	55 coups	γ_d (t/m³)	2.17	2.13	2.16	2.21	2.18
		I_{CBR}	79.30	41.14	130.40	258.40	136.40
		% gonflement	0.79	8.66	0.79	0.79	1.60
	25 coups	γ_d (t/m³)	2.09	2.02	2.09	2.12	2.12
		I_{CBR}	75.30	22.08	72.70	155.54	87.80
		% gonflement	0.79	8.66	1.57	0.79	1.60

Chapitre V: Etude géotechnique

	10 coups	γ_d (t/m ³)	2.03	1.96	2.02	2.06	2.11
		I _{CBR}	35.12	18.06	25.10	55.20	45.65
		% gonflement	0.79	10.24	3.15	2.36	1.60
I _{CBR}	à 95 % de l'opm		44.50	24.10	54.00	120.00	14.00
	A98 % de l'opm		64.00	32.80	110.00	230.00	72.00
Analyses chimiques sommaires	Chlorures		/	/	/	/	/
	Carbonates		/	18.92	13.51	18.02	19.82
	Sulfate		/	Traces	Traces	Traces	Traces
	Insolubles		/	75.88	82.25	75.87	7.93
	Anhydride carbonique (CO ₂)		/	8.32	5.95	7.93	8.72
Puits N°			08	10	12	14	16
Profondeur			0.50-3.00	2.10-2.90	1.20-2.50	0.50-2.60	0.50-2.60
Classe en fonction de la nature du sol			B	B	B	B	B
Sous-classe en fonction de la nature du sol			B3	B3	B3	B4	B3
Classification L.C.P.C			/	/	/	/	/
Classification G.T.R			B3	B3	B3	B4	B3
Teneur en eau naturelle			/	/	/	/	/
Densité sèche in-situ			/	/	/	/	/
Compacité (%)			/	/	/	/	/
Granulométrie	% des passants à 5 mm		39.00	39.00	36.00	31.00	29.00
	% des passants à 2 mm		26.00	32.00	27.00	25.00	21.00
	% des passants à 0.40 mm		19.00	28.00	20.00	21.00	15.00
	% des passants à 80 μ		3.00	7.00	3.00	1.00	5.00
	% des passants à 2 μ		/	/	/	/	/
Fraction des cailloux en %			40.00	27.00	28.00	35.00	33.00
Fraction des graves en %			34.00	33.00	37.00	34.00	37.00
Fraction des sables en %			24.00	25.00	24.00	23.00	20.00
Fraction fines en %			2.00	7.00	3.00	2.00	1.00
Limites d'ATTEERGE RG	Limite de liquidité L _L		/	/	/	/	/
	Indice de plasticité I _P		/	/	/	/	/
	Indice de consistance I _C		/	/	/	/	/
Equivalent de sable (E.S) en %			39.04	30.83	31.62	22.62	25.80
Proctor modifié	ω_{opm} (%)		4.80	6.40	5.90	7.10	6.00
	γ_{dopm} (t/m ³)		2.23	2.17	2.23	2.18	2.18
Proctor	ω_{opm} (%)		/	/	/	/	/

Chapitre V: Etude géotechnique

normal	γ_{dopm} (t/m ³)	/	/	/	/	/	
C.B.R imbibé à 4 jours	55 coups	γ_d (t/m ³)	2.19	2.17	2.23	2.18	2.18
		I_{CBR}	100.35	145.50	107.40	100.35	173.10
		% gonflement	/	1.57	1.57	/	/
	25 coups	γ_d (t/m ³)	2.17	2.03	2.20	2.08	2.13
		I_{CBR}	59.20	85.30	85.30	128.95	130.45
		% gonflement	/	1.57	1.57	/	/
	10 coups	γ_d (t/m ³)	2.04	2.09	2.13	1.95	2.08
		I_{CBR}	44.66	51.70	60.70	60.21	103.86
		% gonflement	/	1.57	1.57	/	0.79
I_{CBR}	à 95 % de l'opm	58.00	32.00	58.00	67.00	101.00	
	A98 % de l'opm	86.00	87.00	87.00	84.00	135.00	
Analyses chimiques sommaires	Chlorures	/	/	/	/	/	
	Carbonates	29.73	19.82	19.82	24.32	44.19	
	Sulfate	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	
	Insolubles	64.12	74.01	73.89	68.08	50.26	
	Anhydride carbonique (CO₂)	13.08	8.72	7.72	10.70	19.42	
Puits N°		19	21	23	27	28	
Profondeur		0.60-1.20	1.20-2.10	0.00-3.20	1.10-2.60	0.80-2.60	
Classe en fonction de la nature du sol		B	B	B	A	A	
Sous-classe en fonction de la nature du sol		B3	B3	B6	A1	A2	
Classification L.C.P.C							
Classification G.T.R		B3	B3	B6	A1	A2	
Teneur en eau naturelle		/	/	/	/	/	
Densité sèche in-situ		/	/	/	/	/	
Compacité (%)		/	/	/	/	/	
Granulométrie	% des passants à 5 mm	46.00	53.00	99.00	99.00	92.00	
	% des passants à 2 mm	40.00	48.00	99.00	99.00	90.00	
	% des passants à 0.40 mm	31.00	40.00	99.00	98.00	87.00	
	% des passants à 80 μ	3.00	5.00	28.00	38.00	40.00	
	% des passants à 2 μ	/	/	/	/	/	
Fraction des cailloux en %		24.00	20.00	/	/	2.00	
Fraction des graves en %		30.00	19.00	1.00	/	6.00	
Fraction des sables en %		37.00	44.00	75.00	66.00	53.00	
Fraction fines en %		3.00	5.00	28.00	38.00	40.00	
Limite de liquidité L_L		/	/	29.00	23.00	26.00	

Chapitre V: Etude géotechnique

Limites d'ATERGE RG	Indice de plasticité I_p	/	/	17.26	9.34	13.26	
	Indice de consistance I_c	/	/	/	/	/	
Equivalent de sable (E.S) en %		28.21	25.85	8.50	3.66	5.13	
Proctor modifié	ω_{opm} (%)	6.10	9.50	10.40	10.40	9.80	
	γ_{dopm} (t/m ³)	2.20	2.03	2.12	2.10	2.13	
Proctor normal	ω_{opm} (%)	/	/	/	/	/	
	γ_{dopm} (t/m ³)	/	/	/	/	/	
C.B.R imbibé à 4 jours	55 coups	γ_d (t/m ³)	/	2.04	2.12	2.10	2.13
		I_{CBR}	/	23.33	11.71	8.78	11.66
		% gonflement	/	/	11.81	15.95	14.17
	25 coups	γ_d (t/m ³)	/	1.96	2.02	1.99	2.03
		I_{CBR}	/	29.85	29.62	23.74	23.41
		% gonflement	/	/	3.15	44.09	25.20
	10 coups	γ_d (t/m ³)	/	1.84	1.90	1.89	1.92
		I_{CBR}	/	16.05	11.42	13.10	10.28
		% gonflement	/	/	8.67	51.97	14.17
I_{CBR}	à 95 % de l'opm	/	18.70	28.50	/	/	
	A98 % de l'opm	/	21.00	44.00	/	/	
Analyses chimiques sommaires	Chlorures	/					
	Carbonates	34.23	36.04	18.92	23.42	20.72	
	Sulfate	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	
	Insolubles	60.55	57.33	71.53	65.63	72.51	
	Anhydride carbonique (CO₂)	15.06	15.86	8.32	10.31	9.11	
Puits N°		30					
Profondeur		0.60-2.50	/	/	/	/	
Classe en fonction de la nature du sol		B	/	/	/	/	
Sous-classe en fonction de la nature du sol		B5 à B6 selon I_p	/	/	/	/	
Classification L.C.P.C			/	/	/	/	
Classification G.T.R		B5 à B6 selon I_p	/	/	/	/	
Teneur en eau naturelle		/	/	/	/	/	
Densité sèche in-situ		/	/	/	/	/	
Compacité (%)		/	/	/	/	/	
Granulo métrie	% des passants à 5 mm	86.00	/	/	/	/	
	% des passants à 2 mm	84.00	/	/	/	/	
	% des passants à 0.40 mm	76.00	/	/	/	/	

Chapitre V: Etude géotechnique

	% des passants à 80 μ	21.00	/	/	/	/
	% des passants à 2 μ	/	/	/	/	/
Fraction des cailloux en %		7.00	/	/	/	/
Fraction des graves en		7.00	/	/	/	/
Fraction des sables en %		63.00	/	/	/	/
Fraction fines en %		21.00	/	/	/	/
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité L_L	/	/	/	/	/
	Indice de plasticité I_p	/	/	/	/	/
	Indice de consistance I_c	/	/	/	/	/
Equivalent de sable (E.S) en %		17.48	/	/	/	/
Proctor modifié	ω_{opm} (%)	7.40	/	/	/	/
	γ_{dopm} (t/m^3)	2.13	/	/	/	/
Proctor normal	ω_{opm} (%)	/	/	/	/	/
	γ_{dopm} (t/m^3)	/	/	/	/	/
C.B.R imbibé à 4 jours	55 coups	γ_d (t/m^3)	/	/	/	/
		I_{CBR}	/	/	/	/
		% gonflement	/	/	/	/
	25 coups	γ_d (t/m^3)	/	/	/	/
		I_{CBR}	/	/	/	/
		% gonflement	/	/	/	/
	10 coups	γ_d (t/m^3)	/	/	/	/
		I_{CBR}	/	/	/	/
		% gonflement	/	/	/	/
I_{CBR}	à 95 % de l'opm	/	/	/	/	
	A98 % de l'opm	/	/	/	/	
Analyses chimiques sommaires	Chlorures		/	/	/	/
	Carbonates	27.03	/	/	/	/
	Sulfate	Traces	/	/	/	/
	Insolubles	66.22	/	/	/	/
	Anhydride carbonique (CO_2)	11.89	/	/	/	/

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

Chapitre V: Etude géotechnique

Tableau V.6 : Nature géotechnique (Classification L.C.P.C).

Puits N°	Profondeur (m)	Fraction cailloux (%)	Fraction Gravier (%)	Fraction sable (%)	Fraction Limon (%)	Fraction fine (%)	Nature géotechnique
01	0.20-1.50	22.00	38.00	35.00	/	5.00	Alluvion sablo-graveleuse
01	1.50-2.50	12.00	12.00	39.00	11.00	42.00	
03	1.00-2.50	31.00	20.00	27.00	/	/	
04	0.80-2.80	25.00	43.00	27.00	/	5.00	
06	0.20-2.20	23.00	28.00	28.00	/	5.00	
08	0.50-3.00	40.00	34.00	24.00	/	2.00	
10	2.10-2.90	27.00	33.00	25.00	/	7.00	
12	1.20-2.50	28.00	37.00	24.00	/	3.00	
14	0.80-2.60	35.00	34.00	23.00	/	2.00	
16	0.50-2.60	33.00	37.00	20.00	/	1.00	
19	0.60-1.20	24.00	30.00	37.00	/	3.00	
21	1.20-2.10	20.00	19.00	44.00	/	5.00	
23	0.00-3.20	/	1.00	75.00	20.00	28.00	
27	1.10-2.60	/	/	66.00	26.00	38.00	
28	0.80-2.60	2.00	6.00	53.00	26.00	40.00	
30	0.60-2.50	7.00	7.00	63.00	/	21.00	

V.5. Interprétation des résultats des essais géotechniques :

Suivant le Guide Technique Routier (G.T.R 2000) établi par le LCPC et SETRA, les sols étudiés sont classés suivant les caractères principaux des sols :

- ✓ Le caractère principal des sols A1 : ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur teneur en eau naturelle est proche de la teneur en eau à l'optimum Proctor normal, le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement.

Chapitre V: Etude géotechnique

- ✓ Le caractère principal des sols A2 : le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée). Dès que l'indice de plasticité atteint des valeurs supérieures à 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.
- ✓ Le caractère principal des sols B3 : ce sont des matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau, mais dans certains cas, cette insensibilité devra être confirmée par une étude complémentaire ou une planche d'essai. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des liants hydrauliques nécessite la mesure de leur résistance mécanique.
- ✓ Le caractère principal des sols B4 : la plasticité de leurs fines rend ces sols sensibles à l'eau. Ils sont plus graveleux que les sols B2 (dont le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique est climatique est court, tout en pouvant varier assez largement) et leur fraction sableuse est plus faible. Pour cette raison, ils sont en général perméables. Ils réagissent assez rapidement aux variations de l'environnement hydrique et climatique (humidification- séchage). Lorsqu'ils sont extraits dans la nappe il est assez peu probable, en climat océanique, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir moyen. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des liants hydrauliques nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique.
- ✓ Le caractère principal des sols B5 : la proportion des fines et la faible plasticité de ces dernières, rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A1 qui changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque la teneur en eau naturelle est proche de la teneur en eau de l'optimum Proctor normal. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des liants hydrauliques nécessite de connaître leur résistance mécanique.
- ✓ Le caractère principal des sols B6 : l'influence des fines est prépondérante, le comportement du sol se rapproche de celui du sol fin ayant même plasticité que les fines du sol avec toutefois une plus grande sensibilité à l'eau due à la présence de la fraction sableuse en plus grande quantité.

V.6. Conclusion :

Le présent rapport expose les résultats d'essais au laboratoire et in-situ du terrain du projet base aérienne situé dans la région de Bou Saâda wilaya de Msila.

L'investigation in-situ effectuée nous a permis de reconnaître un sol de nature alluvionnaire sablo-graveleuse.

Le sol étudié est grenu, faiblement argileux, peu plastique, non agressif.

Toutefois les formations rencontrées ont fait l'objet d'analyse et d'essais en laboratoire.

On trouvera dans ce présent rapport les principales caractéristiques géotechniques nécessaires à l'étude et au dimensionnement de la nouvelle piste de l'aérodrome de Bou Saâda et de ces annexes.

Chapitre VI

Dimensionnement

de la structure de la

chaussée

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.1. Généralité :

Les chaussées aéronautiques représentent l'ensemble des aires sur les quelles circulent, manœuvrent et stationnent des avions.

Rappelons que le rôle d'une chaussée est de reporter sur le sol support, en les répartissant convenablement, les efforts dus au trafic. La chaussée doit avoir une épaisseur telle que la pression verticale transmise au sol soit suffisamment faible afin que celui-ci puisse la supporter sans dégradation.

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.

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.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.3. Types de chaussées aéronautiques :

Selon la nature des matériaux constituant les différentes couches de la structure d'une chaussée, on distingue les deux types de chaussées suivantes :

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.

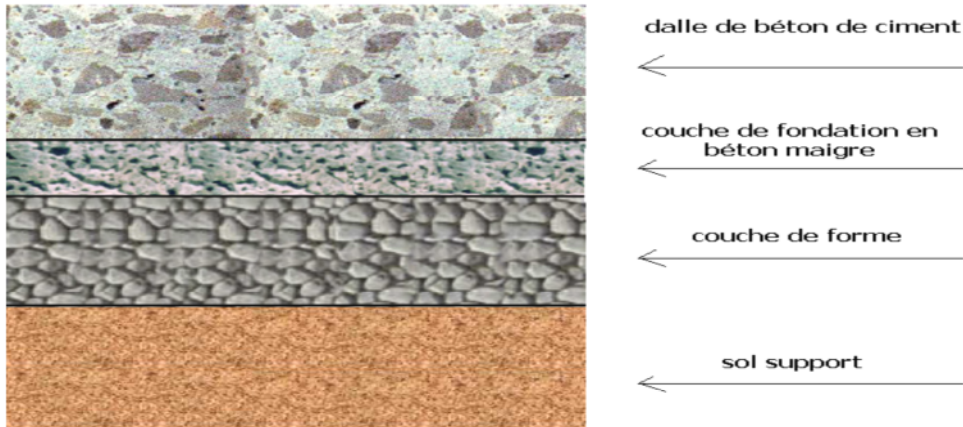


Figure VI.1 : Corps de chaussée rigide

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.

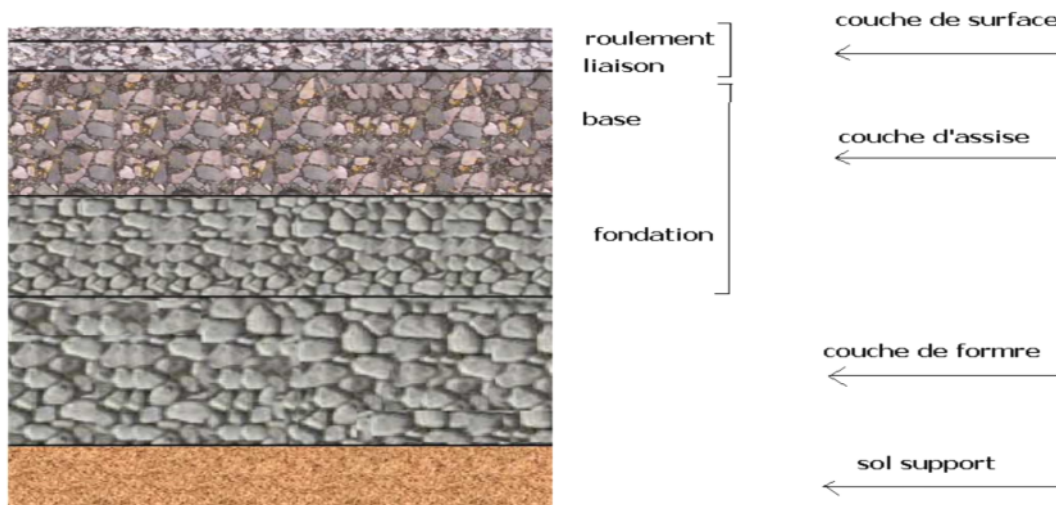


Figure VI.2 : Corps de chaussée souple.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.4. Choix d'un type de chaussée :

Les chaussées souples et les chaussées rigides convenablement dimensionnées et construites peuvent être utilisées aussi valablement les unes que les autres. Le choix doit être fait en fonction de plusieurs facteurs :

- Des coûts de construction et d'entretien ;
- Des conditions locales d'approvisionnement en matériaux ;
- Des délais de mise en œuvre ;
- Des possibilités de phasage des travaux de renforcement ultérieurs des chaussées ;
- Du climat.

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.


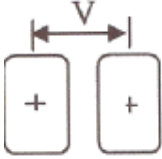
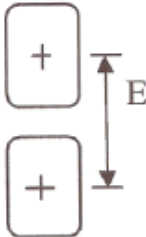
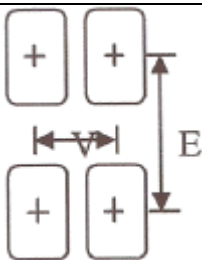
❖ Les atterrisseurs :

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.

On distingue plusieurs configurations des trains d'atterrissage principaux :

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

Tableau VI.1 : Types et caractéristiques des atterrisseurs.

Géométrie	Type d'atterrisseur	Exemples	V	E	Masse supportée	Pression de gonflage des pneumatiques
	ROUE SIMPLE	Avion légers	/	/	Jusqu'à 5 t	0.3 à 0.6 MPa
	JUMELAGE (ou diabolo)	Avion légers court et moyen-courrier	50 à 90 cm	/	5 à 40 t	0.6 à 1.2 MPa
	TANDAM	Avion militaire (configuration rare)	/	130 à 170 cm	10 à 20 t	0.4 à 0.8 MPa
	BOGGIE	Tous types sauf avion légers. principalement long-courriers	40 à 140 cm	100 à 180 cm	20 à 90 t	1 à 1.6 MPa
<p>V : voie ; distance entre deux roues d'un même essieu.</p> <p>E : empattement ; distance entre l'essieu avant et l'essieu arrière.</p>						

❖ Répartition de la masse sur les atterrisseurs :

La répartition totale de la masse d'un avion entre l'atterrisseur avant et les atterrisseurs principaux dépend de la position du centre de gravité de l'avion appelé centrage de l'avion donné par le constructeur pour chaque type d'avion.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

Pour les avions dont on ne dispose pas d'indications précises, on admettra que la répartition est de 10% sur l'atterrisseur avant et 95% sur les atterrisseurs principaux. De manière générale c'est l'atterrisseur principal qui procure les sollicitations les plus sévères.

La masse des avions à considérer intervient dans les calculs sous forme d'une charge statique appliquée par chacun des atterrisseurs. On définit la charge réelle de calcul P qui est égale au produit de la masse au roulage de l'avion par le pourcentage correspondant à chaque atterrisseur principal.

La charge réelle à considérer dans les calculs est définie par la formule suivante :

$$P = M \times V$$

Avec : M : Masse au roulage de l'avion.

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

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, extrémité de piste. De la même façon, lorsqu'il se déplace rapidement (pistes dans les phases de décollage et d'atterrissage), la charge est réduite par la sustentation des ailes.

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

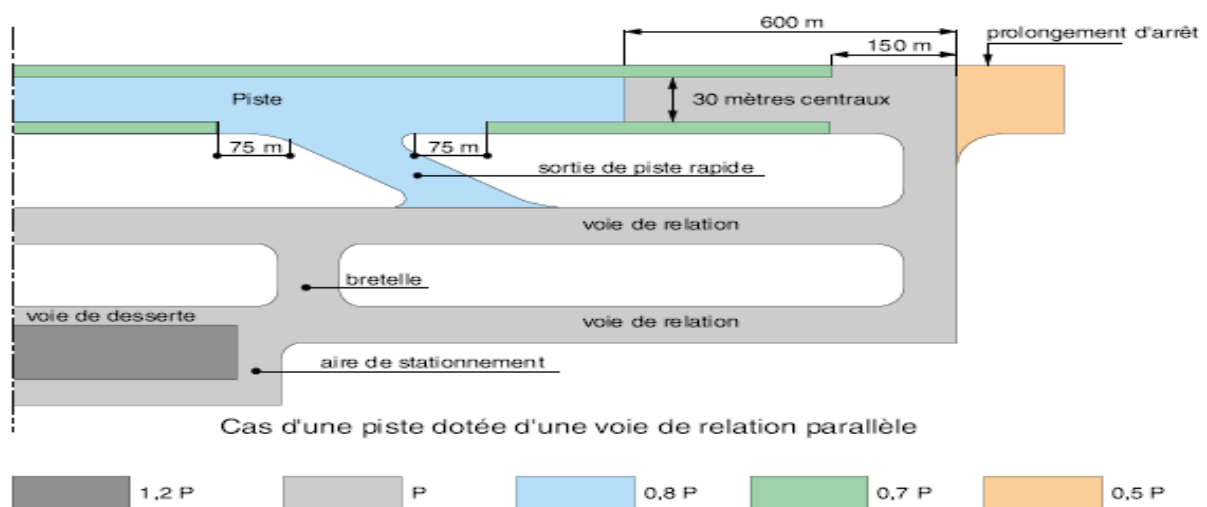


Figure VI.3 : Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

❖ **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. Types de dimensionnement :

❖ **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.

❖ **Dimensionnement optimisé :**

Le dimensionnement optimisé d'une chaussée prend en compte tous type 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.

Remarque :

Vu qu'on ne dispose pas de prévisions de trafic très fiable pour l'aérodrome de Bou Saâda et pour des raisons de simplicité et de commodité le dimensionnement de la chaussée n'est présenté dans ce chapitre qu'avec la méthode forfaitaire, qui sous certaines réserves peut être suffisante comme technique de dimensionnement.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.5.3. Présentation de la méthode forfaitaire :

❖ Pour une chaussée souple :

Le dimensionnement d'une chaussée souple par la méthode forfaitaire se fait selon les étapes suivantes :

○ 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.

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 N°2 (voir annexe) 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.

○ La détermination des caractéristiques du sol support de chaussée :

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

○ 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.

○ La détermination d'une épaisseur équivalente :

Généralement on utilise des abaques pour le dimensionnement des chaussées souples. Chaque avion possède son propre abaque.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

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 e , multipliée par un coefficient numérique CE appelé coefficient d'équivalence.

Les valeurs du tableau ci-dessous servent de référence :

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

Matériaux neufs	Coefficient d'équivalence CE
Béton bitumineux	2
grave bitume	1,5
Grave émulsion	1,2
Grave traitée aux liants hydrauliques	1,5
Grave non-traitée, concassée bien graduée	1
Sable traités aux liants hydrauliques	1
Grave roulée	0,75
Sable	0,5

o **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 N°1 (voir annexe)

❖ **Pour une chaussée rigide:**

Le dimensionnement d'une chaussée rigide par la méthode forfaitaire passe par les étapes suivantes :

- Supposition d'une épaisseur de fondation en béton maigre qui varie de 15 à 20 cm.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

- Calcul de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation en multipliant son épaisseur réelle par le coefficient d'équivalence du matériau considéré.
- Correction du module de réaction du sol support qui est faite en fonction l'épaisseur équivalente de la couche de fondation en utilisant l'abaque N°3 (voir annexe)
- Correction de la contrainte admissible de traction par flexion du béton de ciment :

En utilisant la formule :

$$\sigma'_{bt} = \frac{\sigma_{bt}}{CS}$$

Avec σ_{bt} : Contrainte de traction par flexion à la rupture du béton de ciment = 5.6 MPa.

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

- 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.

VI.5.4. Dimensionnement de la chaussée de l'aérodrome de Bou Saâda par la méthode forfaitaire :

❖ Pour la chaussée souple:

- Avion critique de dimensionnement :

Pour le dimensionnement forfaitaire, l'avion le plus contraignant est le Boeing 737-800 dont la fiche technique présente les caractéristiques suivantes :

- 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=37.18t

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

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

✚ **NB** : Pour plus d'information voir abaque 2 annexe N°VI.2).

On rappelle la valeur des coefficients de pondération selon l'aire concernée :

1.2 P pour le parking

1P pour la piste (30 m centraux), voies de circulation et bretelles.

0.8P pour piste et sorties de piste rapide

0.7P pour piste (hors 30 m centraux)

Remarque :

Pour la piste il est inutile de distinguer les 30 m centraux du reste de la chaussée compte tenu de la difficulté de réalisation de structures différentes en profils en travers.

0.5P pour les POR et accotement.

- **Piste et bretelles** : $37.18 * 1 = 37.18 \text{ T}$
- **Parking** : $37.18 * 1.2 = 44.62 \text{ T}$
- **Accotement et POR** : $37.18 * 0.5 = 18.59 \text{ T}$

Tableau VI .3 : Charges réelles de calcul pondéré

AIRES	Coefficient de pondération	Charges réelles pondérées P'(t)
Piste et bretelles	1	37.18
Parking	1.2	44.62
Accotements et POR	0.5	18.59

- Charge normale de calcul P'' :

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

Tel que : **n = 10 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.

$$E_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{p''}}{5 + I_{cbr}}$$

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

- Piste et bretelles:

$$E_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{37.18}}{5 + 10}$$

$$E_{eq} = 67 \text{ cm}$$

- Parking :

$$E_{eq} = \frac{100+150\sqrt{44.62}}{5+10}$$

$$E_{eq} = 73 \text{ cm}$$

- Accotement et POR :

$$E_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{18.59}}{5 + 10}$$

$$E_{eq} = 49 \text{ cm}$$

Tableau VI.4 : Epaisseurs équivalentes totales.

CBR = 10	Aires	Charges normales de calcul P''	Epaisseurs équivalentes totales (cm)
	Piste et bretelles	37.18	67
	Parking	44.62	73
	Accotements et POR	18.59	49

▪ Détermination des épaisseurs minimales des matériaux traités :

A partir de l'abaque (voir abaque 1 annexe N° VI.1) pour le calcul de l'épaisseur équivalente de matériaux traités en fonction de l'épaisseur équivalente totale et du CBR du sol support on obtient :

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

Tableau VI.5 : Epaisseurs minimales des matériaux traités.

CBR = 10	Aires	Epaisseurs équivalentes totales (cm)	Epaisseurs minimales des matériaux traités (cm)
	Piste et bretelles	67	34
	Parking	73	37
	Accotements et POR	49	24

✓ Choix d'une constitution de chaussée :

▪ Piste et bretelle :

A partir de l'abaque chaussée souple : B737-800 (voir annexes N°VI.1), pour P = 37.18 t et CBR=10 l'épaisseur équivalente es de : 67 cm, et d'une épaisseur minimale de matériaux traités de 34cm

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

* 7 cm de Béton bitumineux (0/14).

*émulsion.

* 15 cm de Grave bitume (0/20).

* Imprégnation au Cut-back (0/1).

* 15 cm de Grave concassée (0/31,5) bien graduée.

* 20 cm de Tuf.

Ce qui nous donne :

- Béton bitumineux : $7 \times 2 = 14\text{cm}$
- Grave bitume : $15 \times 1.5 = 22.5\text{cm}$
- Grave concassée : $15 \times 1 = 15\text{cm}$
- Tuf : $20 \times 0.5 = 10\text{cm}$

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

On aura donc une épaisseur réelle de : 57 cm pour une épaisseur équivalente de : 61,5 cm.

Tableau VI.6 : Epaisseurs de la chaussée au niveau de la piste et des bretelles.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Béton bitumineux	7	2	14
Grave bitume	15	1.5	22.5
Grave concassée	15	1	15
Tuf	20	0.5	10
Totale	57		61.5

▪ Parking :

A partir de l'abaque chaussée souple de : B737-800(voir annexes N°VI.1), pour $P = 44.62$ t et un CBR = 10 l'épaisseur équivalente est de : 73 cm, et une épaisseur minimale de matériaux traités de 37 cm

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

- * 6 cm de Béton bitumineux (0/14).
- *Emulsion.
- * 15 cm de Grave bitume (0/20).
- * Imprégnation au Cut-back (0/1).
- * 20 cm de Grave concassée (0/31,5) bien graduée.
- * 30 cm de Tuf.

Ce qui nous donne:

- Béton bitumineux : $6*2= 12\text{cm}$
- Grave bitume : $15*1.5= 22.5\text{cm}$
- Grave concassée : $20*1= 20\text{cm}$
- Tuf : $30*0.5=15\text{cm}$

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

On aura donc une épaisseur réelle de : 71 cm pour une épaisseur équivalente de : 64,5 cm.

Tableau VI.7: Epaisseurs de la chaussée au niveau des parkings.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Béton bitumineux	6	2	12
Grave bitume	15	1.5	22.5
Grave concassée	20	1	20
Tuf	30	0.5	10
Totale	71		64.5

▪ Accotements et POR :

A partir de l'abaque chaussée souple de : B737-800 (voir annexes N°VI.1), pour $P = 18.59$ et un CBR de 10 l'épaisseur équivalente est de : 49 cm, et une épaisseur minimale de matériaux traités de 24 cm.

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

- * 5 cm de Micro Béton bitumineux (0/14).
- * Imprégnation au Cut-back (0/1).
- * 20 cm de Grave concassée (0/31,5) bien graduée
- * 20 cm de TVO.

Ce qui nous donne :

- Micro bitumineux : $5 \times 2 = 10 \text{ cm}$
- Grave concassée : $20 \times 1 = 20 \text{ cm}$
- Tuf : $20 \times 0.5 = 10 \text{ cm}$

Ce qui donne une épaisseur réelle de : 40 cm pour une épaisseur équivalente de : 40 cm.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

Tableau VI.8 : Epaisseurs de la chaussée au niveau des accotements et POR.

Matériaux	Epaisseurs réelles (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseurs équivalentes (cm)
Micro Béton bitumineux	5	2	10
Grave concassée	20	1	20
Tuf	20	0.5	10
Totale	40		40

➤ Pour chaussée rigide:

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

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

$$e = 20 \times 1.5$$

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

- Le sol support est caractérisé par un CBR égal à 10 et un module de réaction k_0 égal à 60 MN/m³.
- Module de réaction corrigé du sol support à partir de l'abaque N°3 (Annexe)

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

- Correction de la contrainte admissible de traction par flexion :

On a : $\delta = 5.6 \text{ MPa}$

Coefficient de sécurité = 1.8 (dalles courtes goudonnées)

$$\Rightarrow \sigma' = \frac{5.6}{1.8} \Rightarrow \sigma' = 3.11 \text{ MPA}$$

➤ Détermination de l'épaisseur de la dalle :

A partir de l'abaque 3 chaussée rigide : B737-800 (voire annexes N°VI.1), pour $P = 37.18 \text{ t}$ et en fonction de la contrainte admissible $\sigma' = 3.11 \text{ MPa}$ et un module de réaction $K' = 90 \text{ MN/m}^3$

Donc : L'épaisseur de la dalle est de 30 cm.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

VI.6. Méthode ACN- PCN :

Dans le cadre des renseignements à déterminer et à communiquer sur la résistance des chaussées l'O.A.C.I a élaboré et recommandé un système international de publication des charges admissibles appelé la méthode ACN-PCN.

La méthode consiste en la détermination des deux numéros ACN et PCN et leur comparaison telle qu'un avion dont l'ACN est inférieur ou égale au PCN de la chaussée peut utiliser sans restriction cette chaussée sous réserve de limitation due à la pression des pneumatiques.

Afin de permettre une détermination facile et rapide de l'admissibilité des avions sur les chaussées d'aérodromes les charges admissibles exprimées par la méthode ACN-PCN sont publiées dans les manuels d'informations aéronautiques.

Cette publication doit tenir compte des éléments suivants :

- Lorsque une piste est composée de deux types de chaussées différentes, une publication doit être faite pour chacun des types ;
- Lorsque la piste ou une partie de piste est d'un type unique mais comporte différentes zones non homogènes en portance (différents PCN), les charges admissibles de la zone la plus faible sont retenues pour caractériser l'ensemble de la piste ou de la partie de la piste.

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. 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.

Remarque :

Cette méthode ne va pas être utilisée dans ce chapitre compte tenu des incertitudes sur les données du trafic pour l'aérodrome de Bou Saâda.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

➤ 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 (voire annexes N°VI.2).

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 :

$$\text{PCN} = \left(\frac{e^2}{500}\right) / \left(\frac{1}{0.57 \times \text{CBR}} - 0.025\right)$$

Avec e : Epaisseur équivalente de la chaussée.

CBR : CBR du sol support

Dans le cas de l'aérodrome de Bou Saâda on a :

$$\text{CBR} = 10$$

$$e = 59 \text{ cm}$$

Donc :

$$\text{PCN} = \left(\frac{59^2}{500}\right) / \left(\frac{1}{0.57 \times 10} - 0.025\right)$$

$$\text{PCN} = 42.28$$

$$\text{PCN} = 42$$

D'après le tableau (voir annexe N°VI.2) le futur aérodrome de Bou Saâda 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.

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

On obtient le PCN suivant : **PCN 42/F/B/X/T**.

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 :

- ACN_{max} : ACN correspondant à la masse maximale au roulage M_{max} .
- ACN_{min} : 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.9: ACN du Boeing 737-800.

Type d'avion	Masses(Kg)	Pression standard des pneumatiques q (MPa)	CAN							
			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 du PCN procède alors d'une simple interpolation :

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

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

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

Chapitre VI: Dimensionnement de la structure de la chaussée

Application numérique :

D'après le tableau :

ACN_{min}=21 correspondant à **M_{min}=41500 Kg**.

ACN_{max}=46 correspondant à **M_{max}=79500 Kg**.

$$\Rightarrow P_{ta} = 41500 + (79500 - 41500) \times \frac{42 - 21}{46 - 21}$$

$$\Rightarrow P_{ta} = 73420 \text{ kg}$$

$$\text{D'où: } ACN = 21 + (46 - 21) \times \frac{(73420 - 41500)}{(79500 - 41500)}$$

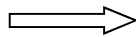
$$\Rightarrow ACN = 42$$

Toutefois si la pression effective de gonflage des pneumatiques q' diffère sensiblement de la pression standard q ($q' - q > 0.1$ MPa), une correction doit être réalisée .

$$q' = 1.41 \text{ MPa}$$

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

$$q = 1.47 \text{ MPa}$$



$$0.06 < 0.1$$

Donc notre cas ne nécessite pas une correction.

VI.6.3. Comparaison des ACN et des PCN :

- 1- Si la charge réelle d'un avion est inférieure ou égale à la charge admissible P_{ta} ou si l'ACN est inférieur au PCN, l'avion considéré peut être admis sans restriction que ce soit pour la charge ou pour le trafic.
- 2- Si la charge réelle P est supérieure à la charge admissible P_{ta} ou si l'ACN est supérieur au PCN, des dispositions particulières doivent être prises pour l'avion considéré soit :
 - Absence totale de restriction.
 - Une exploitation limitée soit en limitant la charge et/ou le nombre de mouvement.
 - Interdiction totale d'accès.

VI.7. Conclusion:

En ce qui concerne l'aérodrome de Bou Saâda on a une charge admissible Pta de l'avion le plus critique le Boeing 737-800 inférieure à sa charge maximale au roulage Mmax et un PCN de chaussée égale à l'ACN de cet l'avion, donc le Boeing 737-800 peut fréquenter l'aérodrome de Bou Saâda et manœuvrer sur sa nouvelle chaussée avec restriction.

Chapitre VII

Etude

géométrique

Chapitre VII : Etude géométrique

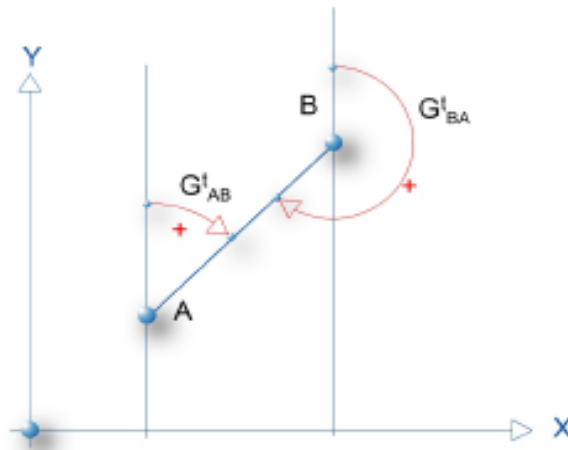
VII.1 But de l'étude :

L'objectif de cette étude est d'exposer le fondement des principales caractéristiques géométriques de la piste. Dans un souci de sécurité mais également de confort, la conception géométrique des pistes doit permettre d'assurer des conditions de visibilité satisfaisantes tant au droit des points singuliers qu'en section courante.

VII.2 Calcul des coordonnées :

L'élaboration des plans et l'identification des informations sur le terrain sont faites par un calcul topographique.

Le gisement est l'angle formé par la direction orientée AB avec la direction du nord. Il est compté positivement de 0 à 400 grades dans le sens des aiguilles d'une montre à partir de son origine l'axe des Y.



FigureVII.1 : Gisement d'une droite

$$\text{Propriété : } G_{BA} = G_{AB} + 200_{\text{grades}}$$

VII.2.1 Méthode de calcul :

Le calcul du gisement d'une droite AB se fait à partir des coordonnées des points A et B. en faisant la différence entre ces coordonnées ($\Delta X_{AB} = X_B - X_A$) et ($\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A$), la tangente de l'angle α est égale à $\Delta X_{AB} / \Delta Y_{AB}$, ce qui donne le gisement de la direction AB.

Vu que les valeurs naturelles sont toujours données pour un angle inférieur à 100 grades, il faut tenir compte de la figure IV.8 qui est faite en fonction des signes de ΔX et ΔY :

Chapitre VII : Etude géométrique

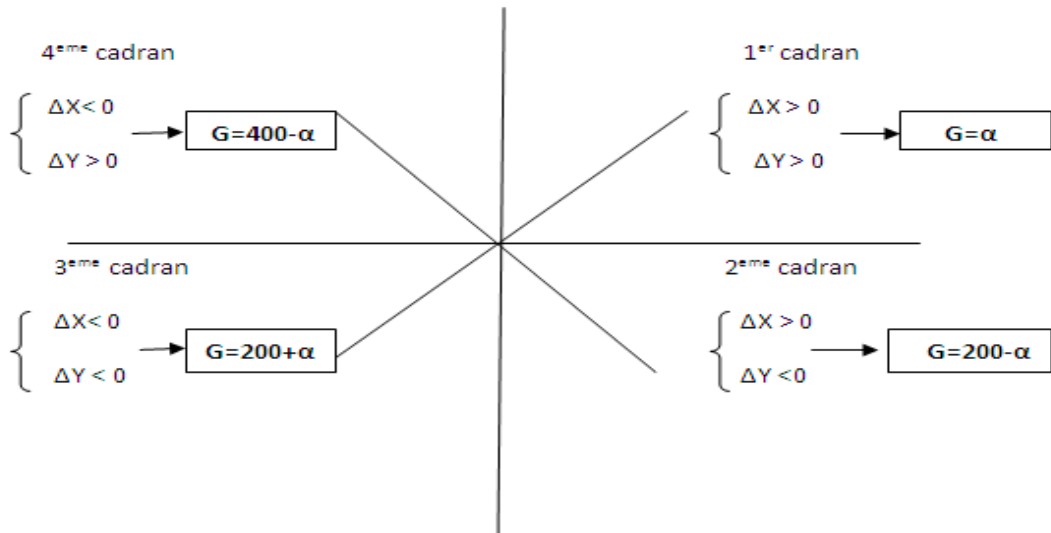


Figure VII.2: Les gisements.

Pour trouver les coordonnées d'un point quelconque B, on calcul :

✓ 1^{er} cadran :

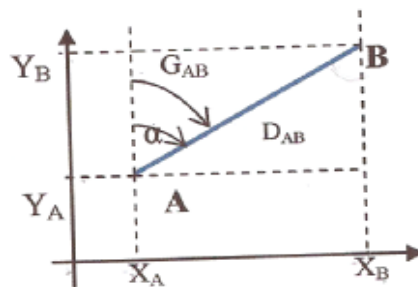


Figure VII.3: Premier cadran.

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = X_B - X_A = D_{AB} \sin G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = X_A + \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = D_{AB} \cos G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB} \end{cases}$$

Avec: $G_{AB} = \alpha$

✓ 2^{eme} cadran :

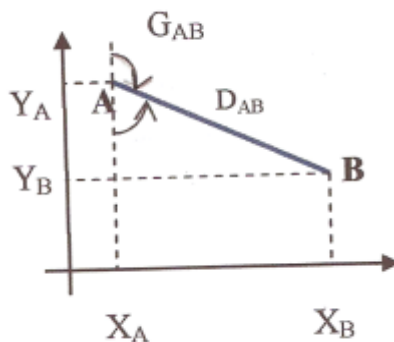


Figure VII.4: Deuxième cadran.

Chapitre VII : Etude géométrique

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = X_B - X_A = D_{AB} \sin G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = X_A + \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = D_{AB} \cos G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB} \end{cases}$$

Avec: $G_{AB} = 200 - \alpha$

✓ 3^{ème} cadran :

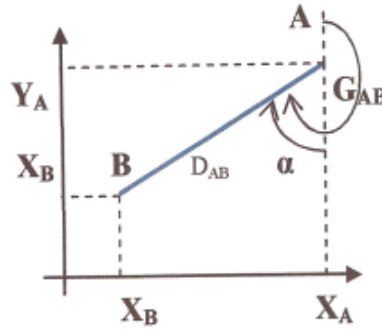


Figure VII.5: Troisième cadran.

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = X_B - X_A = D_{AB} \sin G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = X_A + \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = D_{AB} \cos G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB} \end{cases}$$

Avec: $G_{AB} = 200 + \alpha$

✓ 4^{ème} cadran :

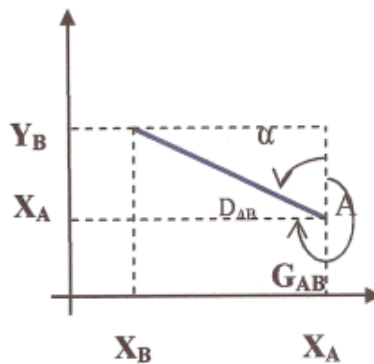


Figure VII.6 : Quatrième cadran.

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = X_B - X_A = D_{AB} \sin G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = X_A + \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = D_{AB} \cos G_{AB} & \longrightarrow G_{AB} = Y_A + \Delta Y_{AB} \end{cases}$$

Avec: $G_{AB} = 400 - \alpha$

Chapitre VII : Etude géométrique

VII.2.2. Calcul du gisement de la piste de l'aérodrome de Bou Saâda :

Les calculs topographiques faits sur l'aérodrome de Bou Saâda, ont donné les résultats suivants :

✓ Le point A à pour coordonnées :

$$\begin{cases} X_A = 611588,371 \\ Y_A = 3909100,362 \end{cases}$$

✓ Le point B à pour coordonnées :

$$\begin{cases} X_B = 611120,6391 \\ Y_B = 3909733,9103 \end{cases}$$

D'où :

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = -467,7319 < 0 \\ \Delta Y_{AB} = 633,548 > 0 \end{cases}$$

→ On se trouve dans le quatrième cadran : $G_{AB} = 400 - \alpha$.

$$\text{Donc : } \tan \alpha = \Delta X_{AB} / \Delta Y_{AB} = 0,73827 \longrightarrow \begin{cases} \alpha = 40 \text{ gr} = 36,44^\circ \\ G_{AB} = 400 - 40 = 360 \text{ gr} = 324^\circ \end{cases}$$

VII.2.3. Conclusion :

Le gisement de la piste étant connu, les nombres entiers des bouts des pistes qui identifient cette dernière se déterminent comme suit :

✓ $G_{AB} = 360 \text{ gr.}$

✓ $G_{AB} = 324^\circ$.

Soit 33 dizaines de degrés, donc le nombre associé au point **A** est **33**.

• $G_{BA} = G_{AB} - 180^\circ$

• $G_{AB} = 144^\circ$.

Soit 15 dizaines de degrés, donc le nombre associé au point **B** est **15**.

• **Enfin, notre piste est identifiée et définie par : 15 / 33.**

VII.3 Calcul des pentes :

VII.3.1 La piste :

a) Profil en long de la piste :

Le profil en long est une coupe longitudinale d'un terrain, définissant son allure. Se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements circulaires. Il suit dans la mesure du possible le terrain naturel et doit être aussi plat que possible.

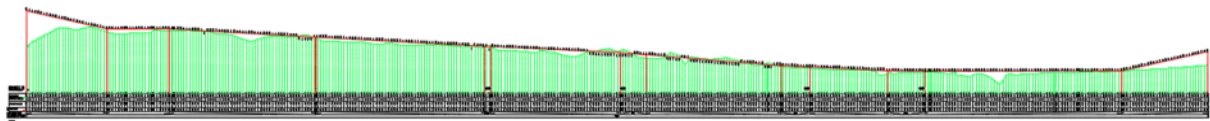


Figure VII.7 : Profil en long.

❖ Pente longitudinal :

Il est recommandé que :

- ✓ la pente obtenue en divisant la différence entre les niveaux maximal et minimal le long de l'axe de la piste par la longueur de la piste ne dépasse pas **1% lorsque le chiffre de code est 4.**
- ✓ aucune portion de piste ne présente une pente longitudinale dépassant **1,25% lorsque le chiffre de code est 4.**

Toutefois, sur les premier et dernier quarts de la longueur de la piste, la pente longitudinale ne devrait pas dépasser 0,8%, soit sur une longueur de **750m** pour la piste de Bou Saâda.

❖ Changement de pente :

Lorsqu'il est impossible d'éviter les changements de pente longitudinale, entre deux pentes consécutives, le changement de pente n'excède jamais **1,5% lorsque le chiffre de code est 4**, quant au passage d'une pente à une autre se fait par des courbes de raccordement le long desquelles la pente ne varie pas de plus de **0,1% par 30m (rayon de courbure minimale de 30000m) lorsque le chiffre de code est 4.**

❖ Distance de visibilité :

Il est recommandé que, lorsqu'ils sont inévitables, les changements de pente longitudinale soient tels que, lorsque la lettre de code est C, tout point situé à 3m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 3m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste.

Chapitre VII : Etude géométrique

❖ Distance entre changements de pente :

Les ondulations et les changements de pente marqués et rapprochés le long d'une piste sont à éviter, c'est pour cela que la distance entre les points d'intersection de deux courbes successive ne doit pas être inférieure à la plus grande des valeurs suivantes :

- Produit de la somme des valeurs absolues des changements de pente correspondants par la longueur appropriée ci-après :
 - ✓ 30000m lorsque le chiffre de code est 4.
 - ✓ Largeur 45m.

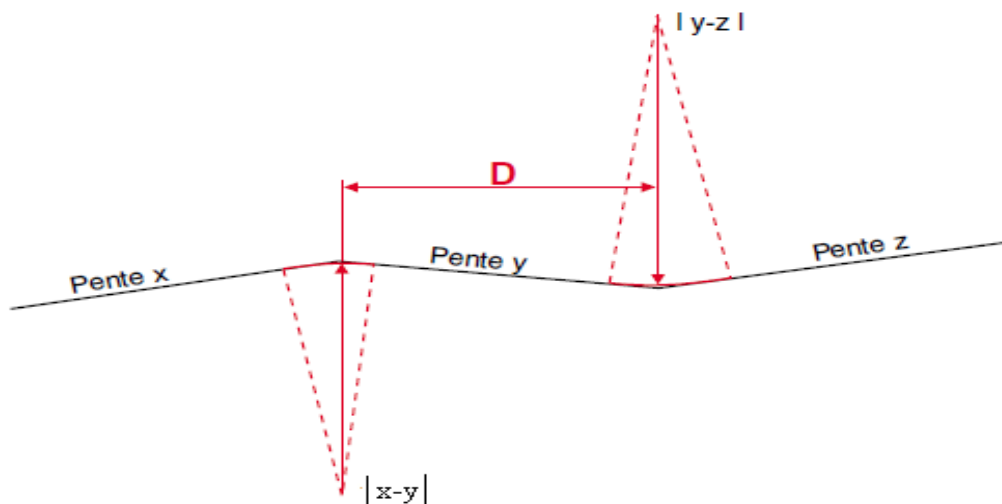


Figure VII.8 : Calcul de D distance entre deux changements de pente.

Pour être conforme aux spécifications, D ne devrait pas être inférieur à :

$$D > 30000 (|X - Y| + |Y - Z|) \text{ m.}$$

Avec : D : distance de visibilité.

A titre d'exemple on propose les données suivantes tirées du profil en long de la piste (tableau VII.1) :

$$X = -0,430 \%$$

$$Y = -0,722 \%$$

$$Z = -0,397 \%$$

Ce qui donne :

$$D > 30000 (|-0,430 + 0,722| + |-0,722 + 0,397|) / 100$$

$$D > 185,1 \text{ m}$$

Chapitre VII : Etude géométrique

Toutes les distances entre les changements de pente de l'aérodrome de Bou Saâda répondent aux recommandations de l'O.A.C.I.

Les caractéristiques du profil en long de la piste sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 : Profil en long de la piste.

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONG	ABSCISSE	Z
			-480.000	467.371
D1	PENTE= -2.102 %	269.895		
			-210.105	461.699
PR1	S= -209.8949 Z= 461.6964 R = 10.00	0.210		
			-209.895	461.696
D2	PENTE= 0.000 %	209.892		
			-0.003	461.696
PR10	S= -0.0026 Z= 461.6964 R = -1.00	0.005		
			0.003	461.696
D3	PENTE= -0.511 %	491.555		
			491.558	459.183
PR3	S= 644.9433 Z= 458.7910 R = 30000.00	3.965		
			495.522	459.163
D4	PENTE= -0.498 %	568.109		
			1063.631	456.334
PR4	S= 1213.0521 Z= 455.9614 R = 30000.00	20.298		
			1083.929	456.239
D5	PENTE= -0.430 %	436.199		
			1520.128	454.362
PR5	S= 1391.0044 Z= 454.6398 R = -30000.00	87.345		
			1607.472	453.859
D6	PENTE= -0.722 %	455.152		
			2062.625	450.575
PR6	S= 2279.0926 Z= 449.7936 R = 30000.00	97.451		
			2160.075	450.030
D7	PENTE= -0.397 %	260.936		
			2421.011	448.994
PR7	S= 2540.0286 Z= 448.7584 R = 30000.00	125.577		
			2546.589	448.759
D8	PENTE= 0.022 %	663.401		
			3209.990	448.904
PR9	S= 3209.9899 Z= 448.9042 R = 1.00	0.020		
			3210.010	448.904
D10	PENTE= 2.000 %	289.990		
			3500.000	454.705
LONGUEUR DE L'AXE 3980.000				

Chapitre VII : Etude géométrique

b) Profil en travers de la piste :

Le profil en travers est une coupe transversale d'un terrain, définissant la géométrie suivant son épaisseur, c'est-à-dire une coupe perpendiculaire à l'axe de la piste.

❖ Type de profile :

Trois cas peuvent se présenter :

1- Profil à simple bombement ou en toit :

Le plus fréquent, il comporte deux versants plans permettant le rejet des eaux sur les deux côtés, raccordés par une courbe circulaire ou parabolique.

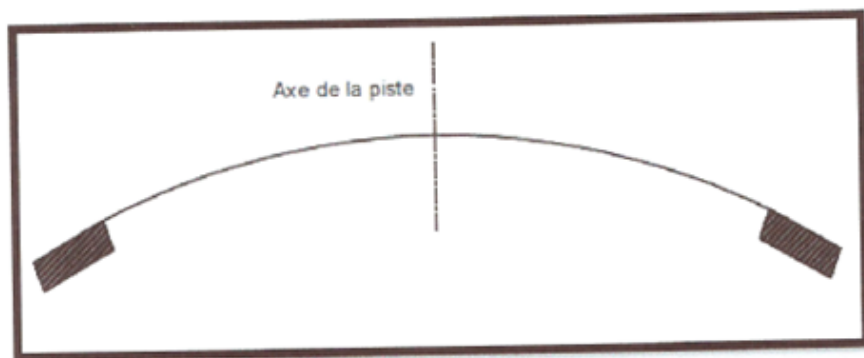


Figure VII.9: Profil en toit.

2- Profil à pente unique :

Comporte un seul versant, utilisé dans le cas d'un vent traversier courant permettant un assèchement rapide de la piste.

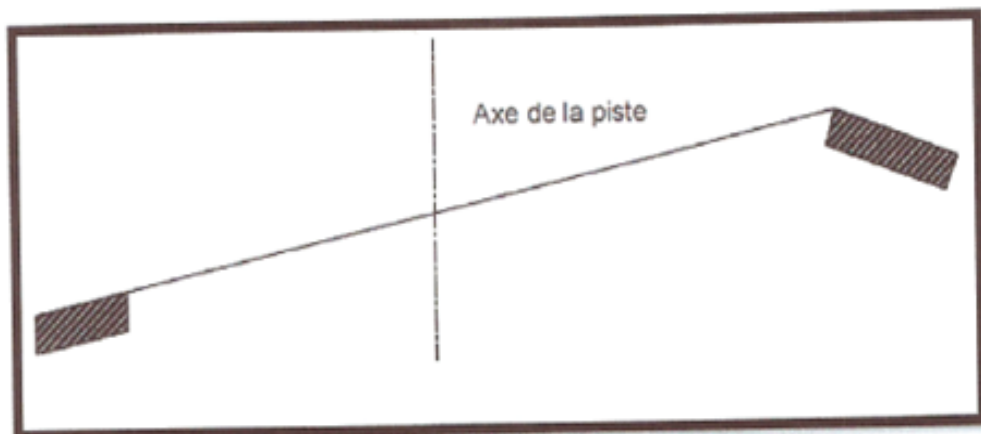


Figure VII.10 : Profil à pente unique.

Chapitre VII : Etude géométrique

3- Profil en W :

Comporte une partie centrale semblable au profil à simple bombement, et de part et d'autre, deux versants plans de faible largeur (moins de 7,5m) inclinés en sens inverse, utilisé pour les pistes de 60m de largeur, afin de faciliter l'évacuation des eaux.

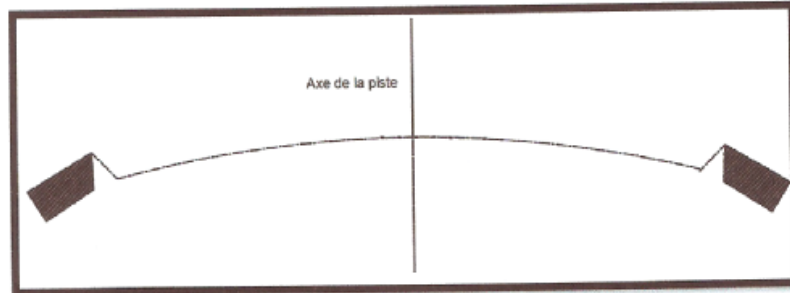


Figure VII.11: Profil en W.

❖ Pente transversal :

Pour assurer un assèchement rapide, la surface de la piste, si possible, doit être bombée, sauf dans le cas où les vents de pluies souffleraient transversalement et où une pente uniforme descendante dans le sens du vent permettrait un assèchement rapide ; l'idéal serait que la pente transversale soit de **1,5% lorsque la lettre de code est C.**

Mais elle ne devrait en aucun cas être supérieure à la valeur su mentionnée, ni inférieure à 1% sauf aux intersections des pistes ou des voies de circulation, aux quelles des pentes moins prononcées peuvent être nécessaires.

Pour la piste de l'aérodrome de Bou Saâda on a opté pour un profil en toit, avec une pente transversale de 1% tout au long de la piste.

Tableau VII.2: Profil en travers de la piste.

Elément	Chaussée souple et rigide	Accotement	Bande nivelée et compactée	Bande sans obstacle
Largeur (m)	45	7,5	45	75
Pente (%)	1	1,5	1	5

✚ **NB :** Pour le plan correspondant voir annexe N°VII.1.

Chapitre VII : Etude géométrique

C) Aménagements complémentaires de la piste :

❖ Accotements :

C'est la partie du terrain jouxtant les côtés d'une piste et ses prolongements éventuels, ou d'une voie de circulation, aménagée de façon à limiter pour un avion sortant accidentellement de la piste des dommages structurels et que soient évitées les projections ou ingestions de corps étrangers par les groupes motopropulseurs.

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 inférieurs à 60m.

Donc dans le cas de la piste de l'aérodrome de Bou Saâda 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.

Il est recommandé aussi, qu'au raccordement d'un accotement et de la piste, la surface de l'accotement soit de niveau avec la surface de la piste et que la pente transversale de l'accotement ne dépasse pas **2,5%**.

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

Les accotements de piste sont traités ou construits de façon qu'ils puissent non seulement supporter le poids d'un avion qui sortirait de la piste sans que cet avion ne subisse de dommages structurels mais aussi le poids des véhicules qui pourraient circuler dessus.

❖ Bandes de piste :

La piste ainsi que le prolongement d'arrêt et le prolongement dégagé qu'elle peut comporter, est placée à l'intérieur d'une bande dite également bande dégagée. Cette bande est destinée à :

- Réduire les risques de dommages auxquels est exposé un aéronef qui sort accidentellement de la piste.
- Assurer la protection des aéronefs qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage.

Chapitre VII : Etude géométrique

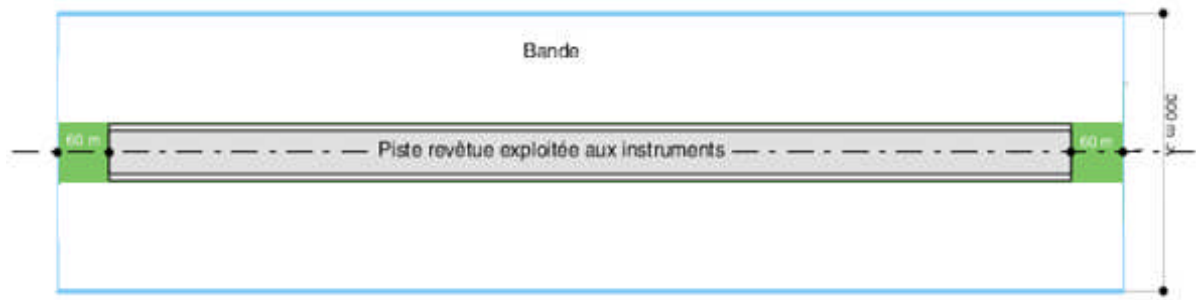


Figure VII.12: Bande de piste.

Il est recommandé lorsque le chiffre de code est 4 que :

- 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**.
- Toute bande à l'intérieur de laquelle s'inscrit une piste avec approche classique s'étend latéralement, sur toute sa longueur, jusqu'à au moins **150m** de part et d'autre de l'axe de la piste et du prolongement de cet axe.
- Dans toute la mesure du possible, de supprimer tout objet situé sur une bande de piste qui peut constituer un danger pour les avions.
- La partie d'une bande à l'intérieur de laquelle s'inscrit une piste aux instruments présente, sur une distance par rapport à l'axe et à son prolongement d'au moins **75m**, une aire nivelée à l'intention des avions auxquels la piste est destinée, pour le cas où un avion sortirait de la piste.
- Une pente longitudinale, sur la partie d'une bande qui doit être nivelée, ne dépasse pas **1,5%**.
- Sur la partie d'une bande qui doit être nivelée, les changements de pente soient aussi graduels que possible et que tout changement brusque ou inversion soudaine de la pente soit évité.
- Sur la partie d'une bande devant être nivelée, les pentes transversales soient suffisantes pour empêcher l'accumulation d'eau sur la surface mais ne dépassent pas **2,5%**.

On a opté pour une pente transversale de 1% pour la bande nivelée de notre piste.

De plus :

- La surface de la partie d'une bande attenante à une piste, un accotement ou un prolongement d'arrêt sera de niveau avec la surface de la piste, de l'accotement ou du prolongement d'arrêt.
- Il est recommandé, pour protéger les avions qui atterrissent contre le danger de formation d'une dénivellation abrupte à l'extrémité de la piste, que la surface de la bande située en amont du seuil, sur une distance d'au moins 30m soit traitée contre l'érosion due au souffle des moteurs.

Chapitre VII : Etude géométrique

- La bande ou se trouve une piste aux instruments soit aménagée ou construite, sur une distance par rapport à l'axe ou à son prolongement d'au moins 75m lorsque le chiffre de code est 4 de manière à réduire au minimum le danger que constituent les différences de force portante pour les avions auxquels la piste est destinée, dans le cas où il sortirait de la piste.
- Toutefois pour faciliter l'écoulement des eaux, sur toute partie d'une bande située au-delà de la portion qui doit être nivelée les pentes transversales devrait être positive, lorsqu'elle est mesurée en s'écartant de la piste, et peut atteindre 5% mais ne les dépasse pas.

➤ **Prolongement occasionnellement roulant (P.O.R):**

C'est une partie du terrain, coaxiale à la piste, adjacente à chacune de ses extrémités, et ne présentant aucun obstacle pouvant constituer un danger pour un aéronef volant à faible hauteur, aménagée de façon à permettre à un aéronef roulant au sol et venant à dépasser occasionnellement l'extrémité de piste en fin d'une manœuvre de décollage interrompu, dite d'accélération-arrêt, de pouvoir le faire sans subir de dommages .



Figure VII.13: Piste et son prolongement occasionnellement roulant.

La nouvelle piste a prévu un P.O.R à chacune de ses extrémités, avec une longueur de 60m chacun et de même largeur que la piste soit 45m. Les limitations de pentes de 0,8% sur le premier et dernier quart de la longueur seront à exclure, le changement de pente maximal peut atteindre 0,3% par 30m (rayon de courbure minimal en profil en long sera de 10000m) pour le chiffre de code 4.

Les P.O.R comprendront des accotements et des bandes similaires à ceux de la nouvelle piste.



Figure VII.14: Prolongement occasionnellement roulant (P.O.R).

Chapitre VII : Etude géométrique

Les pentes transversales et longitudinales seront identiques à celles de la piste.

➤ **Aires de sécurité d'extrémité de piste :**

Elle est aménagée afin de réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste. Cette aire est adjacente à l'extrémité de la bande, extérieure à celle-ci et symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste.



Figure VII.15: Aire de sécurité d'extrémité de piste.

Il est recommandé que:

- Une aire de sécurité d'extrémité de piste sera aménagée à chaque extrémité de la bande de piste lorsque **Le chiffre de code est 4.**
- Une aire de sécurité d'extrémité de piste s'étendra à partir de l'extrémité de la bande de piste sur une distance d'au moins 90m, pour des raisons de sécurité on a opté pour une longueur de 150m pour l'aire de sécurité de notre piste.
- L'aire de sécurité d'extrémité de piste sera au moins deux fois plus large que la piste correspondante, soit une valeur de 90m pour notre piste.
- 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 2% pour l'aire de sécurité de la piste de Bou Saâda.
- Les changements de pente soient aussi progressifs que cela est pratiquement possible et qu'il n'y ait ni changements brusques ni inversions soudaines.
- Les pentes transversales d'une aire de sécurité d'extrémité de piste ne dépassent pas une valeur positive ou négative de 5%.

Chapitre VII : Etude géométrique

➤ 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.

- Chaque voie de circulation sera conçue de telle manière que lorsque le poste de pilotage de l'avion auquel elle est destinée reste à la verticale des marques axiales, la marge entre les roues extérieures de l'atterrisseur principal de l'avion et le bord de la voie de circulation ne soit pas inférieure à la valeur de 3m, si la voie de circulation est destinée à des avions dont l'empattement est inférieur à 18m, lorsque la lettre de code est C .
- ✓ L'empattement est la distance entre l'atterrisseur avant et le centre géométrique de l'atterrisseur principale.
- La largeur d'une partie rectiligne d'une voie de circulation ne n'est pas inférieure à 15m, si la voie de circulation est destinée à des avions dont l'empattement est inférieur à 18m, lorsque la lettre de code est C.
- La pente longitudinale d'une voie de circulation n'excède pas 1,5% lorsque la lettre de code est C.
- Lorsqu'il est impossible d'éviter les changements de pente d'une voie de circulation, il est recommandé de réaliser le passage d'une pente à une autre par des surfaces curvilignes le long desquelles la pente ne varie pas de plus de 1% par 30m (rayon de courbure minimale de 3000m) lorsque la lettre de code est C.
- Lorsqu'un changement de pente sur une voie de circulation est inévitable, ce changement de pente soit tel que, de tout point situé à 3m au-dessus de la voie de circulation, il soit possible de voir la surface de la voie de circulation sur une distance d'au moins 300m, lorsque la lettre de code est C.
- les pentes transversales d'une voie de circulation doivent être suffisantes pour éviter l'accumulation des eaux sur la chaussée, mais n'excèdent pas 1,5% lorsque la lettre de code est C.
- 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 dans le tableau suivant :

Chapitre VII : Etude géométrique

Tableau VII.3 : Distances minimales de séparation pour les voies de circulation.

Lettre de code	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)
C	44	26	24,5

Toutefois elles peuvent être inférieures à ces valeurs, si à la suite d'une étude il est prouvé qu'elles n'abaissent pas le niveau de sécurité et n'influent pas sensiblement sur la régularité de l'exploitation.

- La résistance d'une voie de circulation est au moins égale à celle de la piste qu'elle dessert, compte tenu du fait que la densité de la circulation est plus grande sur une voie de circulation que sur une piste et de ce que les avions immobiles ou animés d'un mouvement lent créent sur cette voie de circulation des contraintes plus élevées que sur une piste desservie.
- La surface d'une voie de circulation ne présente pas d'irrégularité de nature à endommager la structure des avions.
- La surface d'une voie de circulation est construite en dur de manière que les caractéristiques de frottement soient bonnes lorsque cette voie est mouillée.
 - **Calcul de la largeur de la voie de circulation :**

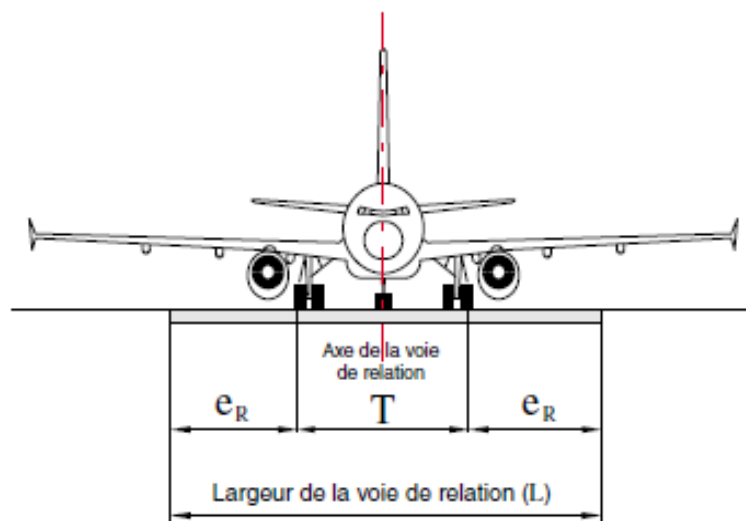


Figure VII.16 : Détermination de la largeur d'une voie de circulation.

Chapitre VII : Etude géométrique

Dans notre cas :

$e_r = 3\text{m}$ (pour un empattement de 15,60 m).

$T = 7\text{m}$ (largeur hors-tout du Boeing 737-800).

$$L = T + 2 e_r$$

$$L = 7 + 2 * 3 \longrightarrow L = 13\text{m}$$

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

➤ **Voies de sortie rapide :**

Les conditions particulières qui s'appliquent aux voies de sortie rapide sont précisées dans les spécifications (**Figure VII.17**).

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

Il est recommandé que:

- 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.
- Le rayon de courbure de raccordement intérieur d'une voie de sortie rapide soit suffisant pour assurer un évasement de la voie de sortie qui permette de reconnaître facilement l'entrée et le point de dégagement vers la voie de circulation.
- Une voie de sortie rapide comporte, 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°.

Chapitre VII : Etude géométrique

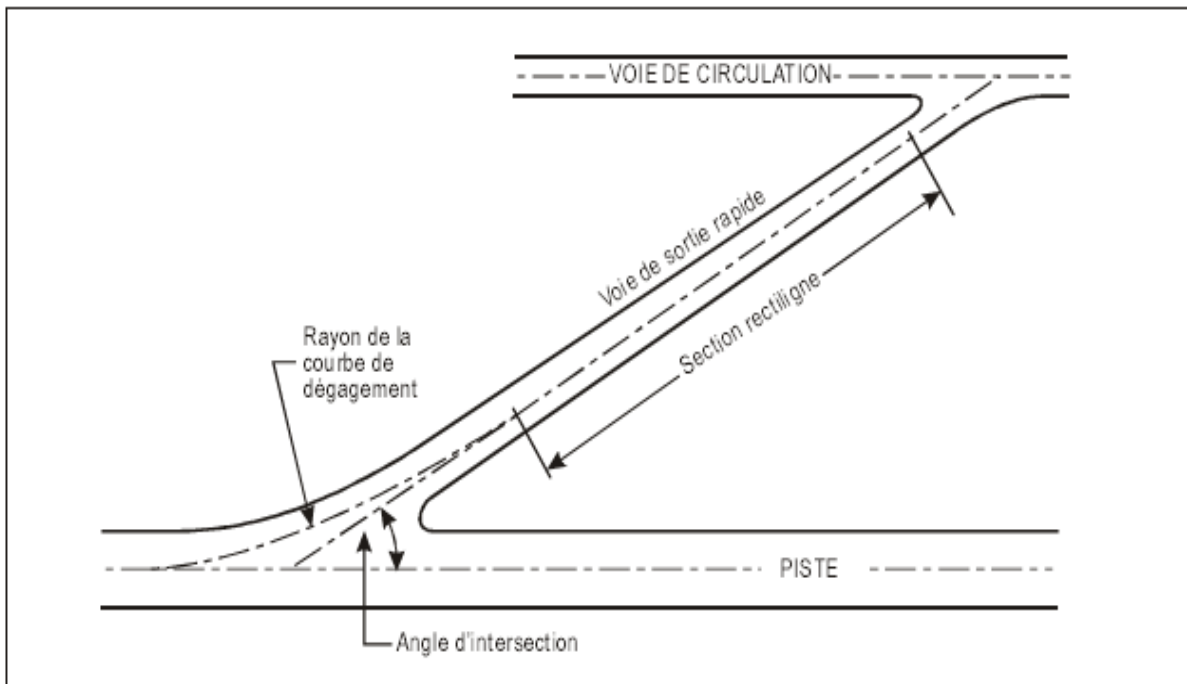


Figure VII.17: Voie de sortie rapide.

➤ **Accotements de voie de circulation :**



Figure VII.18: Accotement de voie de circulation.

Il est recommandé que:

- Les portions rectilignes d'une voie de circulation, lorsque la lettre de code est C, soient 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.

Chapitre VII : Etude géométrique

➤ 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.

Il est recommandé que:

- 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 (tableau VII.3).
- La bande de voie de circulation présente une aire exempte d'objets susceptibles de constituer un danger pour les avions qui l'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.

Tableau VII.4 : Pentés transversales des voies de circulation, voie de sortie rapide, et bretelles.

Elément	Chaussée souple et rigide	Accotement	Bande nivelée et compactée	Bande sans obstacle
Largeur (m)	15	9,5	4	-
Pente (%)	1	1,5	1	5

Tableau VII.5 : Profil en long bretelle 1.

ELM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONG	ABSCISSE	Z
			0.000	457.647
D1	PENTE= -1.000 %	23.265		
			23.265	457.414
C1	S= 53.2650 Z= 457.2643 R = 3000.00	43.470		
			66.735	457.295
D2	PENTE= 0.449 %	70.000		
			136.735	457.609
C2	S= 123.2650 Z= 457.5787 R = 3000.00	16.530		
			153.265	457.729
D3	PENTE= 1.000 %	31.735		
			185.000	458.046
LONGUEUR DE L'AXE 185.000				

Chapitre VII : Etude géométrique

Tableau VII.6 : Profil en long Bretelle 2.

ELM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONG	ABSCISSE	Z
			0.000	453.211
D1	PENTE= -0.913 %	14.945		
			14.945	453.074
C1	S= 15.0367 Z= 453.0741 R = 10.00	0.109		
			15.055	453.074
D2	PENTE= 0.179 %	69.513		
			84.568	453.198
C2	S= 89.9236 Z= 453.2030 R = -3000.00	10.865		
			95.432	453.198
D4	PENTE= -0.184 %	74.508		
			169.941	453.061
C3	S= 169.9592 Z= 453.0611 R = 10.00	0.118		
			170.059	453.062
D5	PENTE= 1.000 %	12.441		
			182.500	453.186
LONGUEUR DE L'AXE 182.500				

Tableau VII.7 : Profil en long de la voie de sortie rapide.

ELM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONG	ABSCISSE	Z
			0.000	450.907
D1	PENTE= -1.120 %	44.776		
			44.776	450.405
C1	S= 78.3810 Z= 450.2172 R = 3000.00	30.448		
			75.224	450.219
D2	PENTE= -0.105 %	238.496		
			313.721	449.968
C2	S= 316.8774 Z= 449.9662 R = 3000.00	12.559		
			326.279	449.981
D3	PENTE= 0.313 %	43.720		
			370.000	450.118
LONGUEUR DE L'AXE 370.000				

Chapitre VII : Etude géométrique

Tableau VII.8 : Profil en long du Taxiway 1.

ELM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONG	ABSCISSE	Z
			0.000	461.579
D1	PENTE= -1.000 %	28.246		
			28.246	461.297
C1	S= 58.2463 Z= 461.1465 R = 3000.00	23.507		
			51.754	461.154
D2	PENTE= -0.216 %	398.602		
			450.356	460.291
C2	S= 443.8636 Z= 460.2979 R = -3000.00	7.308		
			457.664	460.266
D3	PENTE= -0.460 %	539.992		
			997.656	457.782
C3	S= 983.8556 Z= 457.8139 R = -3000.00	4.688		
			1002.344	457.757
D4	PENTE= -0.616 %	834.514		
			1836.858	452.614
C4	S= 1855.3464 Z= 452.5570 R = 3000.00	6.284		
			1843.142	452.582
D5	PENTE= -0.407 %	569.352		
			2412.494	450.266
C5	S= 2424.6981 Z= 450.2408 R = 3000.00	5.724		
			2418.218	450.248
D6	PENTE= -0.216 %	397.012		
			2815.230	449.390
C6	S= 2808.7502 Z= 449.3973 R = -3000.00	0.252		
			2815.482	449.390
D8	PENTE= -0.224 %	405.772		
			3221.254	448.479
C7	S= 3227.9852 Z= 448.4717 R = 3000.00	36.732		
			3257.985	448.622
D9	PENTE= 1.000 %	22.634		
			3280.619	448.848
LONGUEUR DE L'AXE 3280.619				

Chapitre VII : Etude géométrique

➤ Parking :

Il est recommandé que :

- Les aérodromes soient pourvus d'aires de trafic lorsque ces aires sont nécessaires pour éviter que les opérations d'embarquement et de débarquement des passagers, des marchandises et de la poste ainsi que les opérations de petit entretien ne gênent la circulation d'aérodrome.
- La surface totale de l'aire de trafic soit suffisante pour permettre l'acheminement rapide de la circulation d'aérodrome aux périodes de densité maximale prévue.
- La surface d'une aire de trafic soit capable de supporter la circulation des aéronefs pour lesquels elle a été prévue, compte tenu du fait que certaines parties de l'aire de trafic seront soumises à une plus forte densité de circulation et de ce que des aéronefs immobiles ou animés d'un mouvement lent créent des contraintes plus élevées que sur une piste.
- La pente longitudinale maximale d'un poste de stationnement d'aéronefs n'excède pas 1%.
- Un poste de stationnement d'aéronefs assure un dégagement minimal de 4,5m lorsque la lettre de code est C, entre un aéronef stationné à ce poste et toute construction voisine, tout aéronef stationné à un autre poste et tout autre objet.

Tableau VII.9: Pentes transversales du parking.

Elément	Chaussée souple et rigide	Accotement	Bande nivelée et compactée	Bande sans obstacle
Largeur (m)	115,5	9,5	4	-
Pente (%)	0,4	1,5	1	5

Chapitre VII : Etude géométrique

Tableau VII.10: Profil en long du Taxiway 2 et du parking.

ELM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONG	ABSCISSE	Z
			0.000	457.858
D1	PENTE= -0.640 %	17.137		
			17.137	457.748
C1	S= -2.0480 Z= 457.8095 R = -3000.00	5.726		
			22.863	457.706
D2	PENTE= -0.830 %	183.785		
			206.648	456.180
C2	S= 231.5593 Z= 456.0765 R = 3000.00	6.704		
			213.352	456.132
D3	PENTE= -0.607 %	301.809		
			515.161	454.300
C3	S= 533.3685 Z= 454.2448 R = 3000.00	4.259		
			519.420	454.277
D4	PENTE= -0.465 %	142.626		
			662.045	453.614
C4	S= 648.0962 Z= 453.6465 R = -3000.00	0.792		
			662.837	453.610
D5	PENTE= -0.491 %	170.768		
			833.605	452.771
C5	S= 818.8644 Z= 452.8074 R = -3000.00	7.370		
			840.975	452.726
D6	PENTE= -0.737 %	262.027		
			1103.002	450.795
C6	S= 1125.1130 Z= 450.7132 R = 3000.00	13.996		
			1116.998	450.724
D7	PENTE= -0.270 %	297.458		
			1414.456	449.920
C7	S= 1422.5708 Z= 449.9086 R = 3000.00	38.115		
			1452.571	450.059
D8	PENTE= 1.000 %	5.943		
			1458.513	450.118
LONGUEUR DE L'AXE 1458.513				

Chapitre VIII

Balisage et signalisation

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

VIII.1. Généralité :

Afin de faciliter l'utilisation d'une piste et de ses parties annexes et d'assurer une bonne exploitation en évitant tout incident la construction de cette piste s'accompagne de la mise en place sur celle-ci de dispositifs fournissant au pilote des repères visuels standardisés qui l'aident dans ses manœuvres. Ces repères sont appelées balisage.

En général, on distingue deux sortes de balisage :

- Balisage diurne (de jour).
- Balisage lumineux.

VIII.2. Balisage et signalisation de jour :

Le balisage non lumineux peut être réalisé soit par des marques, soit par des balises et marques suivant qu'il s'agit de parties revêtues ou non revêtues.

Les marques ne font pas saillies sur la surface qui les porte et sont visibles en vol.

Les balises font saillie au-dessus du sol, émergent de la végétation éventuelle et sont visibles pendant le roulement.

Les marques de balisage sont de couleur blanche sur la piste et de couleur jaune sur les voies de circulation et leurs raccordements, les postes de stationnement d'aéronefs et les aires de portance réduite comme les prolongements occasionnellement roulables.

La conception et l'entretien de ces marques doivent garantir un contraste suffisant en particulier dans le cas des chaussées de couleur claire, les marques ressortent mieux si elles sont entourées d'un liseré noir.

VIII.2.1. Indicateur de la direction du vent :

Afin de donner une indication nette de la direction du vent et une indication générale de sa vitesse à la surface il est recommandé de doter l'aérodrome d'au moins un indicateur de vent. Ce dernier se présentera sous forme d'un tronc de cône en tissu d'une longueur au moins égale à 3,6m et un diamètre, à l'extrémité la plus large, au moins égale à 0,9m, monté sur une girouette. De couleurs choisies de manière à le rendre nettement visible d'une hauteur minimale de 300m au-dessus de l'aérodrome, on a opté pour une combinaison de deux couleurs le blanc et le rouge.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

L'emplacement d'un indicateur de direction du vent sera signalé par une bande circulaire de 15m de diamètre et 1,2m de large, centrée sur l'axe du support de l'indicateur et de couleur blanche afin de le rendre suffisamment visible,

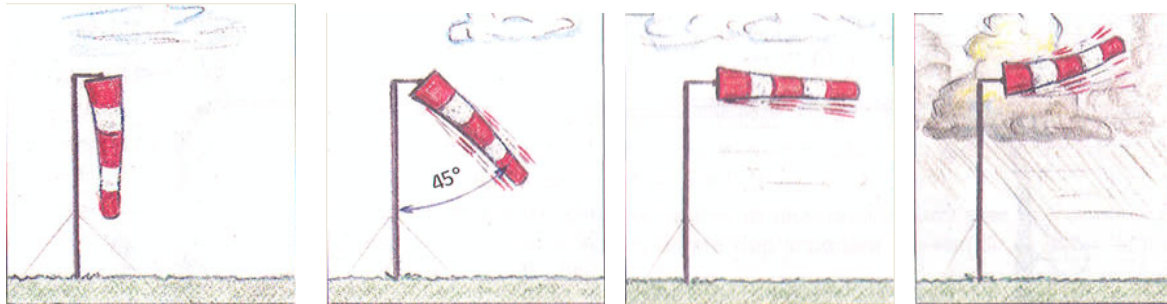


Figure VIII.1: Manche à vent.

VIII.2.2. Marquage des pistes :

➤ Marques d'identification :

Les marques d'identification de piste doivent être apposées aux seuils des pistes, elles sont constituées sur chaque seuil par un nombre à deux chiffres. Ce nombre de deux chiffres est le nombre entier le plus proche du dixième de l'azimut magnétique de l'axe de la piste pris dans le sens de l'atterrissage sur ce seuil et mesuré en degrés à partir du nord magnétique dans le sens des aiguilles d'une montre.

La figure VII.2 précise la forme et les dimensions des chiffres.

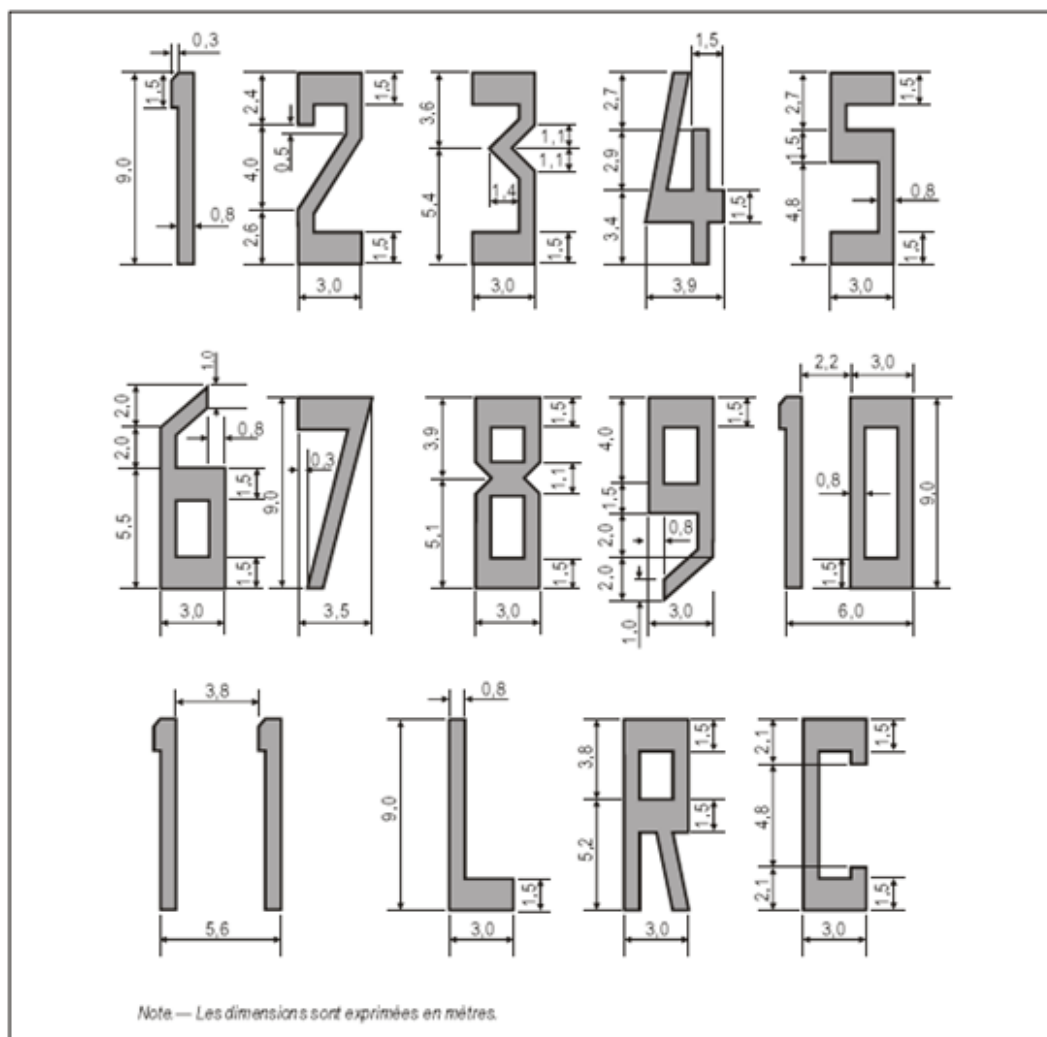


Figure VIII.2: Formes et proportions des lettres et chiffres des marques d'identification de piste.

➤ **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 20m et centrés sur l'axe de la piste. La largeur des traits est fonction de la catégorie d'exploitation de la piste. Elle sera de 0,45 sur une piste avec approche classique dont le chiffre de code est 4.

➤ **Marques de seuil :**

Toutes pistes revêtues doivent être dotées de marques de seuil.

Les marques de seuil commencent à 6m en aval du seuil et sont constituées par des bandes de 30m de longueur, parallèles à l'axe de la piste et disposées symétriquement par rapport à cet axe.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

La largeur de la piste détermine le nombre de bandes, leur largeur et l'espacement entre deux bandes consécutives, pour une piste de 45m de largeur le nombre de bandes sera de 12 bandes, d'environ 1,8m de largeur chacune et un écartement d'environ 1,8m aussi, lorsque les marques de seuil de piste couvrent toute la largeur de la piste, un espacement double séparera les deux bandes voisines de l'axe de piste.

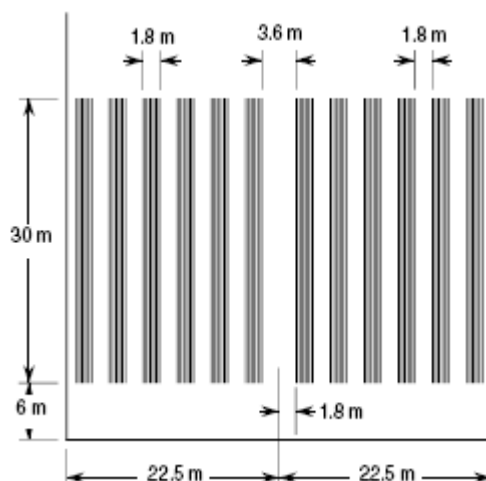


Figure VIII.3: Disposition des marques de seuil d'une piste de 45m (2x6 bandes).



Figure VIII.4 : Marques au seuil.

➤ **Marque de point cible (marques de distance constante) :**

Utilisées à l'atterrissage en liaison avec les marques de seuil, les marques de point cible ont pour but d'aider le pilote à suivre une trajectoire normale de descente.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

Comme indiqué sur la figure VIII.5, les marques de point cible sont constituées d'une paire de marques rectangulaires disposées longitudinalement et symétriquement par rapport à l'axe de la piste.

Chacun de ces deux rectangles a une longueur de 45m et une largeur dépendant de celle de la piste soit 6m pour une piste de 45m.

L'écartement entre cotés intérieurs de ces deux rectangles est de 18m.

La distance longitudinale entre le seuil de piste et la limite amont de la marque de point cible est égale à 400m pour une piste d'une longueur de 3000m



Figure VIII.5 : Marques de point cible.

➤ **Marques de zone de toucher des roues :**

Les marques de zone de toucher des roues fournissent au pilote des éléments de guidage pour la prise de contact avec la surface de la piste et des indications de distance par rapport au seuil.

Les marques de zone de toucher des roues sont constituées de paires de marques rectangulaires, disposées parallèlement à l'axe de la piste, symétriquement par rapport à cet axe et à une distance entre cotés intérieurs des marques d'une même paire égale à celle de l'écartement des bandes de la marque de point de cible c'est-à-dire 18m.

Chaque bande de chaque marque aura une longueur d'au moins 22,5m et une largeur de 3m et les bandes adjacentes seront espacées de 1,5m.

Ces paires de marques sont disposées à intervalles longitudinaux de 150m à partir du seuil de piste, le début de la marque étant pris comme référence de position, toutefois, les paires de marques de zone de toucher des roues qui coïncident avec une marque de point cible ou sont situées à moins de 50m d'une telle marque, seront supprimées de la configuration et la distance entre les deux marques de toucher des roues encadrant la marque de point de cible sera de 300m.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

Lorsqu'une piste est ouverte dans les deux sens aux approches, le nombre de paires de marques de zone de toucher des roues est fonction de la distance entre les seuils, dans notre cas on aura six paires.



Figure VIII.6 : Marques de zone de toucher des roues et marques de point cible.

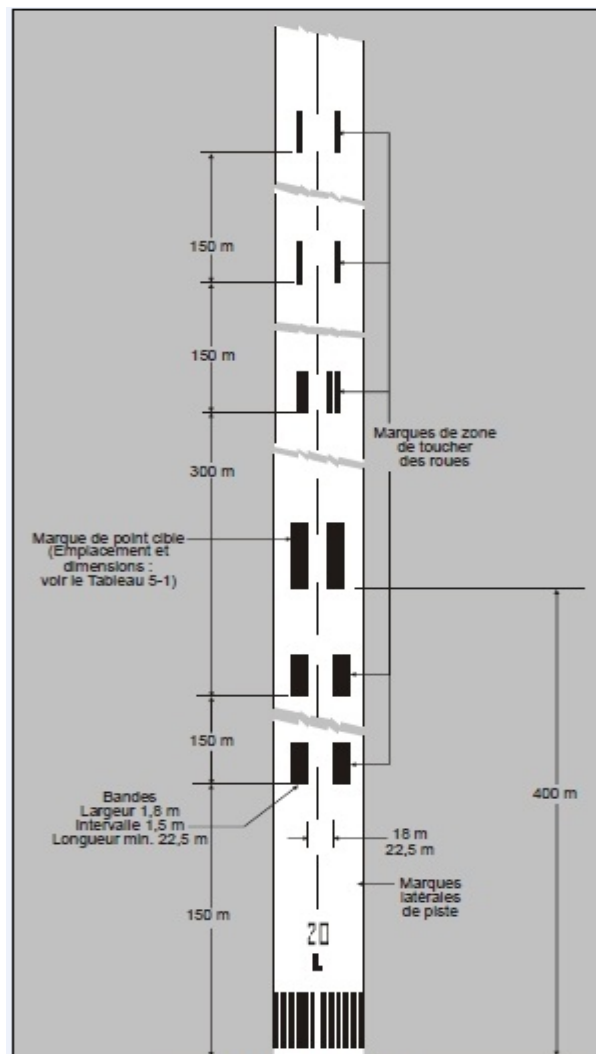


Figure VIII.7: Configuration de marques de point cible et de zone de toucher des roues.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

➤ Marques latérales de piste :

Des marques latérales de piste seront disposées entre les deux seuils d'une piste 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.

VIII.2.3. 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 de manière à assurer un guidage à partir de l'axe de la piste jusqu'au point, sur l'aire de trafic, où commencent les marques de poste de stationnement d'aéronefs.

Une marque axiale d'une voie de relation est constituée par une ligne d'une largeur minimale de 0,15m. Cette ligne est continue sauf lorsque:

- Elle coupe une marque de point d'arrêt, sur laquelle elle s'interrompt comme indiqué sur la figure VIII.8.
- Elle aboutit sur une marque de seuil de piste, auquel cas elle s'interrompt à 3m de la bande la plus excentrée de celle-ci comme indiqué sur la figure VIII.9.

Sur les parties rectilignes d'une voie de circulation, les marques axiales sont disposées le long de l'axe de cette voie, et dans les courbes, ces marques font suite à la ligne axiale de la partie rectiligne de cette voie, en demeurant à une distance constante du bord extérieur du virage.

A l'intersection d'une voie de relation et d'une piste, 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.8 : Marque de voie de circulation interrompue.

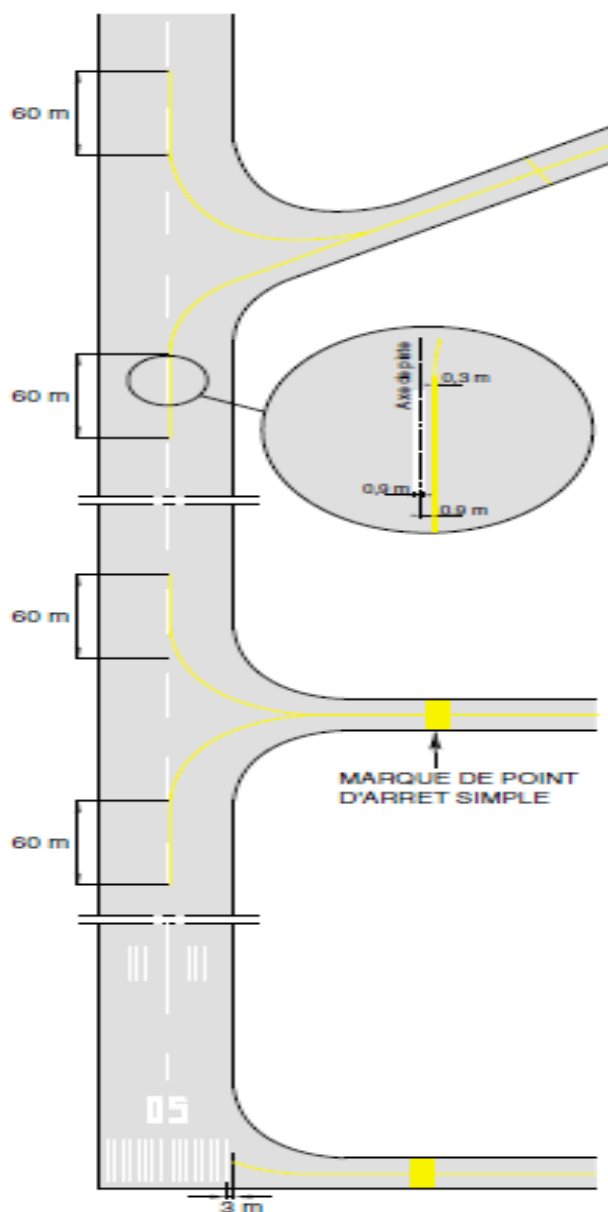


Figure VIII.9: Marques axiales de voies de circulation.

➤ **Marques de point d'attente de circulation :**

Des marques de point d'attente doivent être apposées sur les voies de relation à certains emplacements déterminés, au-delà desquels un aéronef ou un véhicule ne doit pas passer sauf à en avoir reçu l'autorisation de l'organisme de contrôle.

A l'intersection d'une voie de circulation et d'une piste avec approche classique, la marque de point d'attente de circulation se présentera comme suit, quatre bandes disposées perpendiculairement à l'axe de la voie de circulation, larges de 0,15m et espacées de 0,15m, deux de ces quatre bandes sont continuées et les deux autres sont constituées d'éléments de 0,9m de longueur espacés de 0,9m comme indiqué sur la figure VIII.10

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

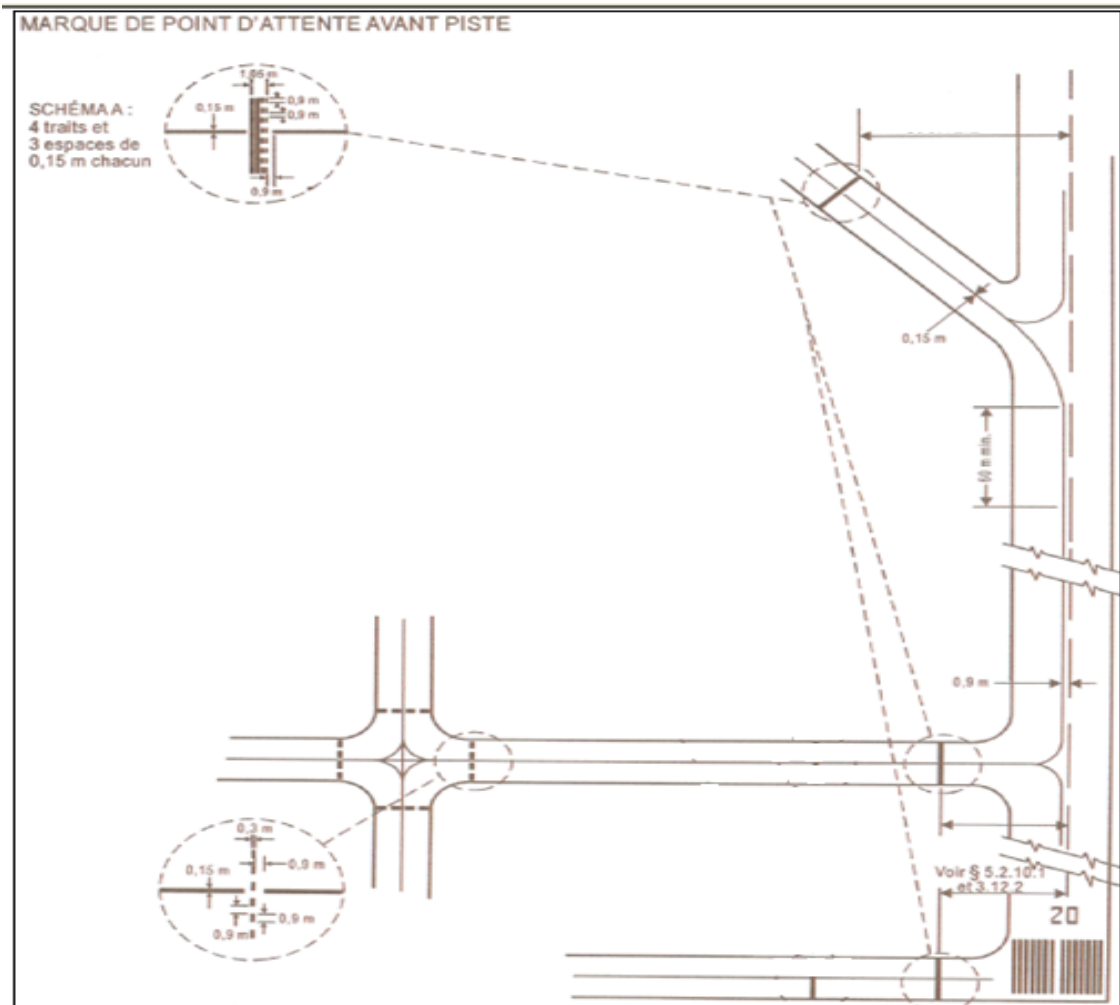


Figure VIII.10: Marques de voies de circulation (représentées en association avec les marques fondamentales de piste).

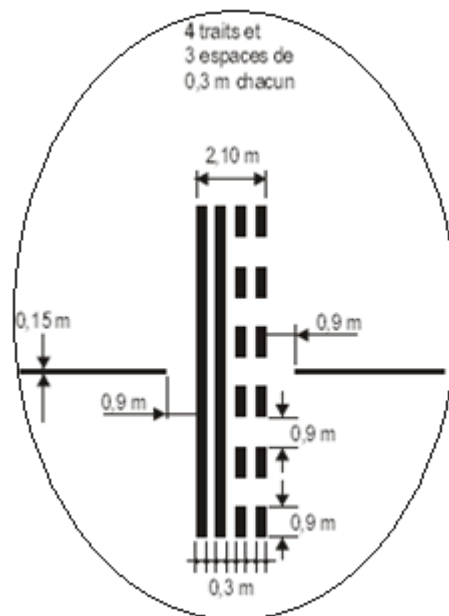


Figure VIII.11 : Marque de point d'attente de circulation.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

➤ 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.

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.

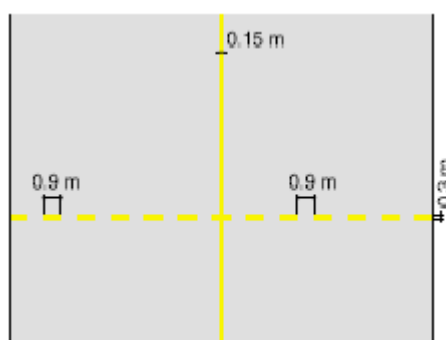


Figure VIII.12: Marque d'intersection de voies de circulation.

VII.2.4. Marques de prolongement occasionnellement roulant :

Des marques doivent être apposées sur tous les prolongements occasionnellement roulables.

Ces marques sont constituées par des chevrons de couleur jaune dont la pointe est dirigée vers le seuil de piste. Centrées sur l'axe de la piste, ces chevrons ont 0,9m d'épaisseur de trait, 15m d'empatement longitudinal et sont séparés de 30m entre pointes.

Le premier chevron est disposé d'une manière telle que sa pointe dépasse de 7,5m le seuil de la piste, mais seule la partie située en amont du seuil sera dessinée. Les autres chevrons se succédant ensuite tous les 30m, le marquage de P.O.R s'arrête, dans tous les cas, 1,5m avant l'extrémité de ce dernier comme indiqué sur la figure IV.13

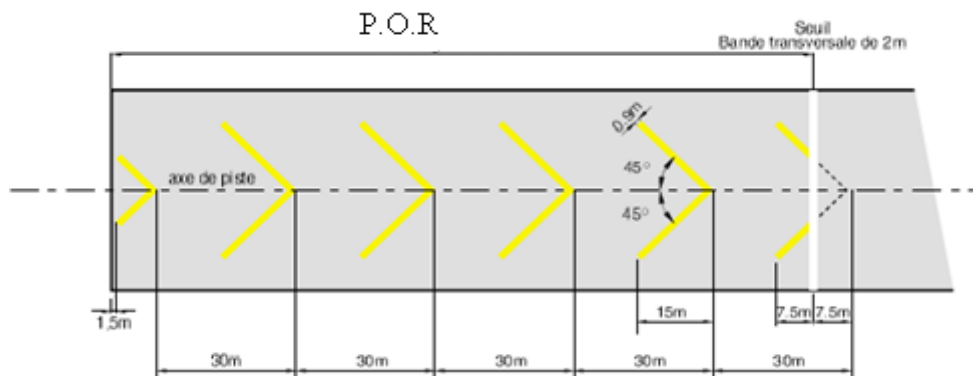


Figure VIII.13 : Marques de prolongement occasionnellement roulant.

VIII.2.5. Bandes et abords de piste :

Les limites des bandes de piste ne sont pas balisées.

VIII.2.6. Marques de poste de stationnement (parking) :

Les marques de stationnement d'aéronefs sont disposées, en des points de stationnement désignés, situés de manière à assurer les dégagements recommandés sur les postes de stationnement, lorsque la roue avant suit ces marques.

Les marques de point de stationnement comprennent, notamment, selon la configuration de stationnement et en complément des autres aides de stationnement, les éléments suivants :

- Une marque d'identification de poste de stationnement (lettre et/ou chiffre), incorporée à une faible distance après le début de la ligne d'entrée, sa hauteur devrait être suffisante pour qu'elle puisse être lue du poste de pilotage.
- Une ligne d'entrée : c'est une ligne droite raccordée par un cercle à la ligne d'axe de la voie de circulation.
- Une barre de virage : elle est placée perpendiculairement à la ligne d'entrée, au droit du pilote occupant le siège de gauche, au point où doit être amorcé le virage. Cette barre devrait avoir une longueur au moins égale à 6m et une largeur d'au moins 15cm, et comporter une pointe de flèche indiquant le sens du virage.
- Une ligne de virage.
- Une barre d'alignement : placée de manière à coïncider avec le prolongement de l'axe de l'aéronef, ce dernier étant dans la position de stationnement spécifiée, et de manière à être visible pour le pilote au cours de la phase finale de la manœuvre de stationnement. Cette barre devrait avoir une largeur d'au moins 15cm.

Chapitre VIII: Balisage et signalisation

- Une ligne d'arrêt : placée perpendiculairement à la barre d'alignement, au droit du pilote occupant le siège de gauche, au point d'arrêt prévu. Cette barre devrait avoir une longueur minimale de 6m et une largeur de 15cm.
- Une ligne de sortie.

Les lignes d'entrée, les lignes de virage et les lignes de sortie, sont en principe continues, mais lorsque plusieurs séries de marques sont superposées sur un poste de stationnement, ces lignes devraient être continues pour les aéronefs les plus pénalisants et discontinues pour les autres aéronefs.

Les distances qui doivent être maintenues entre la barre de virage et la ligne d'entrée ou la ligne d'arrêt et la ligne d'entrée dépendent des types d'aéronefs.

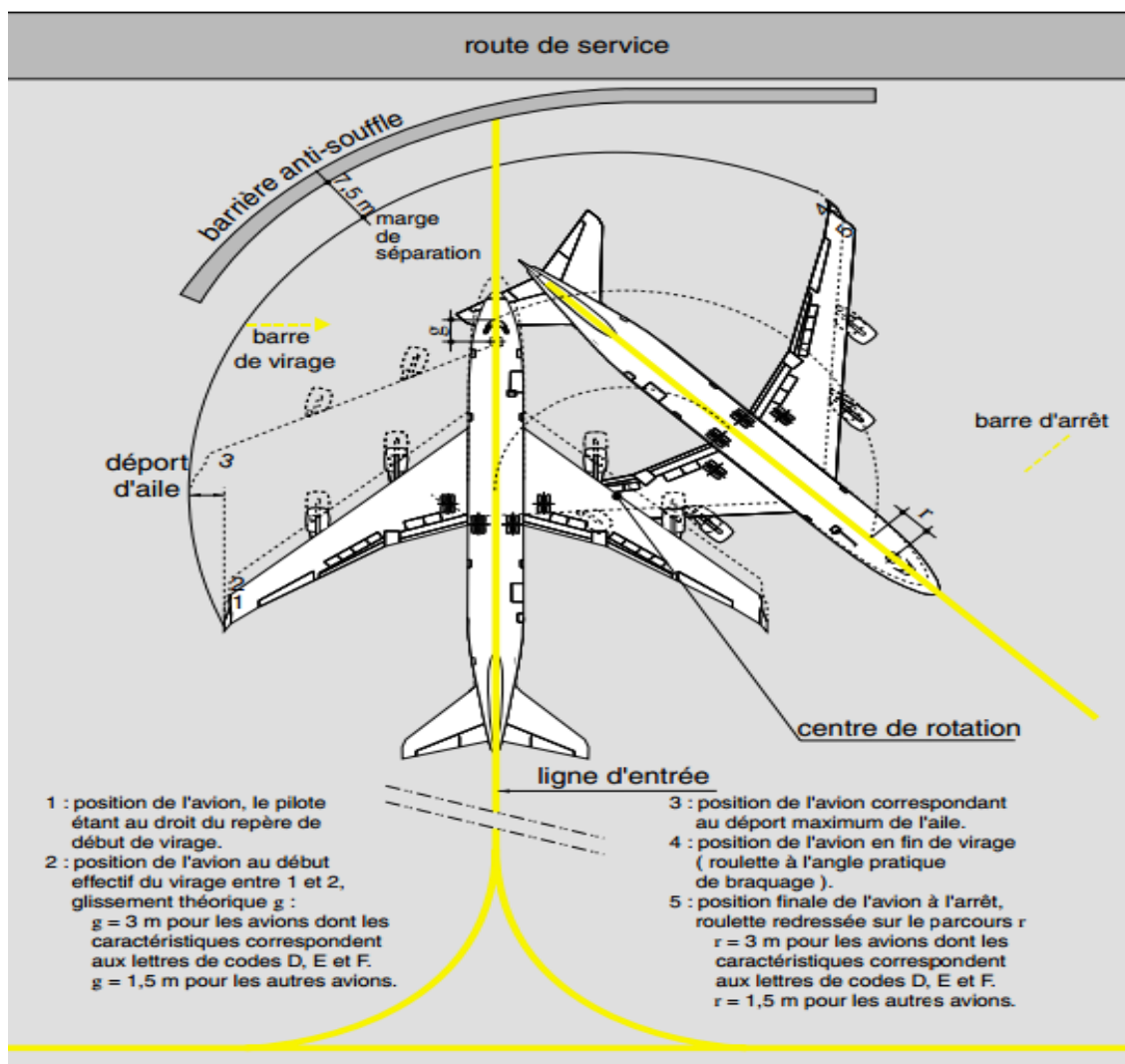


Figure VIII.14: Amorce de virage et immobilisation d'un avion en manœuvre autonome de positionnement sur son poste.

VIII.3. Conclusion :

Après l'étude détaillée de notre projet, on a constaté que la variante choisie au cours de l'étude préliminaire, répond aux recommandations de l'O.A.C.I et aux fonctions futures de l'aérodrome de Bou Sâada.

La réalisation du projet peut donc être lancée.

Chapitre IX

Métré des travaux

Chapitre IX : Métré des travaux

IX .1 Introduction:

Toute étude d'un projet d'infrastructure se termine par le calcul des quantités applicables à chaque opération réellement exécutée, cette étape s'appelle le métré. Celui-ci servira de base pour lancer l'avis d'appel d'offre aux entreprises.

IX.2 Calcul des surfaces:

A l'aide du logiciel **AUTO CAD** et suivant les plans de masse des aires de l'aérodrome on a déterminé les surfaces et les volumes qui sont les suivants:

IX.2.1 Chaussée :

a)- Piste principal 15/33 :

- **Chaussée souple :**

$$S= 2400 \times 45 \dots\dots\dots = \boxed{108\ 000,00\ m^2}$$

- **Chaussée rigide :**

$$S= 300 \times 45 \times 2 \dots\dots\dots = \boxed{27\ 000,00\ m^2}$$

b) - Taxiway N° 01 :

$$S= 3235.62 \times 25 \dots\dots\dots = \boxed{80\ 890,50\ m^2}$$

c)- Taxiway N° 02 :

$$S= 1458.51 \times 25 \dots\dots\dots = \boxed{36\ 462,75\ m^2}$$

d)- Parking avions :

$$S= 300 \times 110 \dots\dots\dots = \boxed{33\ 000,00\ m^2}$$

e)- Bretelles :

$$S= \dots\dots\dots = \boxed{18\ 562,50\ m^2}$$

f)- Voie de sortie rapide :

$$S= \dots\dots\dots = \boxed{7\ 498,75\ m^2}$$

Chapitre IX : Métré des travaux

g)- POR (seuil 15 et seuil 33) :

$$S = (60 \times 45) \times 2 \dots\dots\dots = \boxed{5\,400,00 \text{ m}^2}$$

h)- RESA :

$$S = (90 \times 90) \times 2 \dots\dots\dots = \boxed{16\,200,00 \text{ m}^2}$$

IX.2.2 Accotments:

a)- Piste principal 15/33:

$$S = (3\,120 \times 7.5) + (2483.67 \times 7.5) \dots\dots\dots = \boxed{42\,027,52 \text{ m}^2}$$

b)- Taxiway N° 01 :

$$S = \dots\dots\dots = \boxed{56\,237,62 \text{ m}^2}$$

c)- Taxiway N° 02 :

$$S = 1458.51 \times 25 \dots\dots\dots = \boxed{20\,969,92 \text{ m}^2}$$

d)- Parking avions :

$$S = \dots\dots\dots = \boxed{1\,978,09 \text{ m}^2}$$

e)- Bretelles :

$$S = \dots\dots\dots = \boxed{10\,787,23 \text{ m}^2}$$

f)- Voie de sortie rapide :

$$S = \dots\dots\dots = \boxed{6\,095,20 \text{ m}^2}$$

IX.2.3 Bandes :

a)- piste principal 15/33:

$$S = \dots\dots\dots = \boxed{660\,733,20 \text{ m}^2}$$

b)- taxiway n°1 :

$$S = 3235.62 \times 25 \dots\dots\dots = \boxed{23\,679,00 \text{ m}^2}$$

Chapitre IX : Métré des travaux

c)-Taxiway n°2 :

S= 1458.51 x25= 8 829,44 m²

d)- Parking avions :

S== 832,88 m²

e)- Bretelles :

S== 4 542,00 m²

f)- voie de sortie rapide :

S== 2 566,40m²

IX.3 CALCUL DES SURFACES:

Tableau IX.1 : Tableau des surfaces

DESIGNATION	SURFACES CHAUSSEES (m ²)	SURFACES ACCOTEMENTS (m ²)	SURFACES BANDES (m ²)
PISTE PRINCIPALE 15/33 -CHAUSS2E SOUPLE -CHAUSS2E RIGIDE	108 000,00 27 000,00	42 027,52	660 733,20
TAXIWAY N°1	80 890,50	56 237,62	23 679,00
TAXIWAYN°2	36 462,75	20 969.92	8 829,44
BRETELLES	18 562,50	10 787,23	4 542,00
PARKING AVIONS CIVIL	33 000	1 978,09	832,88
VOIE DE SORTIE RAPIDE	7 498,75	6 095,20	2 566,40
POR	5 400,00	/	/
RESA	16200,00	/	/

Chapitre IX : Métré des travaux

IX.4 Travaux préparatoire et terrassement:

Tableau IX.2: Tableau des remblais et déblais

DESIGNATION	remblais (m ³)	Déblais (m ³)
PISTE PRINCIPALE 15/33	133 274,00	2 106 796,00
TAXIWAY N° 01	40 765,00	85 656,00
TAXIWAY N° 02	6 091,00	26 055,00
BRETELLES (1,2,3 et 4)	568,00	16 211,00
PARKING AVIONS CIVIL	14,00	52 953,00
VOIE DE SORTIE RAPIDE	663,00	7 396,00

a)-Remblais d'emprunt:

V.....= 181375.00 m³

b)-Déblais mis en remblais:

V.....= 181375.00 m³

c)-Déblais mis en dépôts:

V.....= 213692.00 m³

d)-Réglage et compactage de la forme:

S.....= 453005.00 m³

Chapitre IX : Métré des travaux

IX.5 Calcul des quantites:

Le calcul se fait en tenant compte des masses volumique des matériaux a mettre en oeuvre , tels que montrer ci dessous:

❖ Les masses volumiques des différents matériaux:

- ✓ La masse volumique du béton bitumineux est de 2.4 t/ m^3
- ✓ La masse volumique du micro béton bitumineux est de 2.4 t/ m^3
- ✓ La masse volumique du béton butimineux a module élevé est de 2.65 t/ m^3
- ✓ La masse volumique de la grave bitume est de 2.3 t/ m^3
- ✓ Les couches d'accrochage en émulsion cationique sont dosés a 1.15 kg/ m^2
- ✓ Les couches d'imprégnation en cut-back 0/1 sont dosées a 0.9 kg/ m^2

IX.5.1 Piste principal 15/33:

a)- Chaussée souple :

- **Couche de roulement en béton bitumineux 0/14 ep = 08 cm**

$$108000 \times 0,08 \times 2,4 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

20736.00 t

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

$$108000 \times 1,15 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

124.20 t

- **Couche de base en grave bitume 0/20 ep : 15 cm**

$$108000 \times 0,15 \times 2,3 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

37260.00 t

- **Couche d'imprégnation au cut-bak 0/1 :**

$$108000 \times 1,25 \text{ kg/m}^2 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

135.00 t

- **Couche de fondation en grave concassée 0/31,5 ep : 20cm**

$$108000 \times 0,20 \dots\dots\dots =$$

21600.00 m³

- **Couche en tuf : ep = 35cm**

$$108000 \times 0,35 \dots\dots\dots =$$

37 800 m³

b)-Chaussées rigides :

- **Couche Tuf (couche d'égalisation) :**

$$(27000 \times 0,15) \dots\dots\dots =$$

4 050m³

Chapitre IX : Métré des travaux

- Couche de base en crave ciment 0/20 :

$$(27000 \times 0,20) \dots\dots\dots = 5\,400 \text{ m}^3$$

- Curage et sablage de la surface du grave ciment :

$$S \dots\dots\dots = 27\,000 \text{ m}^2$$

- Couche de roulement des dalles en béton de ciment :

$$(27000 \times 0,33) \dots\dots\dots = 8\,910 \text{ m}^3$$

- Produits de cure :

$$S \dots\dots\dots = 27000 \text{ m}^2$$

IX.5.2 Accotements :

- Revêtement en micro-béton 0/10 : ep = 5 cm

$$42027.52 \times 0,05 \times 2,4 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

5043.30 t

- Couche d'imprégnation au cut-back 0/1

$$42027.52 \times 1,25 \text{ kg/m}^2 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

52.53 t

- Couche de base en grave concassée 0/31,5 ep = 20 cm

$$42027.52 \times 0,20 \dots\dots\dots =$$

8405.50 m³

- Couche de fondation en tuf : ep = 30 cm

$$42027.52 \times 0,30 \dots\dots\dots =$$

12608.25 m³

IX.5.3 Bretelles, taxiway 01 et 02 et voies de sortie rapide :

a)-Chaussée :

- Couche de roulement en béton bitumineux 0/14 : ep : 08 cm

$$143414.50 \times 0,08 \times 2,4 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

27535.58 t

- Couche d'accrochage en émulsion cationique

$$143414.50 \times 1,15 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

164.92 t

- Couche de base en grave bitume 0/20 : ep = 15 cm

$$143414.50 \times 0,15 \times 2,3 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

49478.00 t

Chapitre IX : Métré des travaux

- **Couche d'imprégnation au cut-back 0/1**

$$143414.50 \times 1,25 \text{ kg/m}^2 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

179.26 t

- **Couche de fondation en grave concassée : ep : 20 cm**

$$143414.50 \times 0,20 \dots\dots\dots =$$

28682.90 m³

- **Couche en tuf ep : 35 cm**

$$143414.50 \times 0,35 \dots\dots\dots =$$

50195.07 m³

b)- Accotements :

- **Revêtement en micro-béton bitumineux 0/10 : ep = 5 cm**

$$94089.97 \times 0,05 \times 2,4 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

11290.79 t

- **Couche d'imprégnation au cut-back 0/1**

$$94089.97 \times 1,25 \text{ kg/m}^2 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

117.61 t

- **Couche de base en grave concassée 0/31,5 ep = 20 cm**

$$94089.97 \times 0,20 \dots\dots\dots =$$

18817.99 m³

- **Couche de fondation en tuf : ep = 30 cm**

$$94089.97 \times 0,30 \dots\dots\dots =$$

28226.99 m³

IX.5.4 PARKING CIVIL :

a)- Chaussée partie renforcée :

- **Couche de roulement en béton bitumineux 0/14 : ep : 07 cm**

$$16500 \times 0,07 \times 2,4 \text{ t/m}^3 \dots\dots\dots =$$

2772,00 t

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

$$16500 \times 1,15 \times 10^{-3} \dots\dots\dots =$$

19,00t

Chapitre IX : Métré des travaux

b)- Chaussée (extension et élargissement) :

- Couche de roulement en béton bitumineux 0/14 : ep : 2x7 cm 16500 x 0,14 x 2,4 t/m ³	=	27535,58 t
- Couche d'accrochage en émulsion cationique 16500 x 1,15 x 10 ⁻³	=	19,00.0.0 t
- Couche de base en grave bitume 0/20 : ep = 15 cm 16500 x 0,15 x 2,3 t/m ³	=	5692,50 t
- Couche d'imprégnation au cut-back 0/1 16500 x 1,25 kg/m ² x 10 ⁻³	=	20,625 t
- Couche de fondation en grave concassée : ep : 25 cm 16500x 0,25	=	4125,00 m ³
- Couche en tuf ep : 40 cm 16500 x 0,40	=	6600,00 m ³

c) - Accotements :

- Revêtement en micro-béton bitumineux 0/10 : ep = 5 cm 1 978,09x 0,05 x 2,4 t/m ³	=	237,37 t
- Couche d'imprégnation au cut-back 0/1 1 978,09x 1,25 kg/m ² x 10 ⁻³	=	2,47 t

Chapitre IX : Métré des travaux

- Couche de base en grave concassée 0/31,5 ep = 20 cm

1 978,09x 0,20=

395,61 m³

- Couche de fondation en tuf : ep = 30 cm

1 978,09x 0,30=

593,42 m³

IX.5.5 Prolongement occasionnellement rouable (P.O.R) :

- Couche de roulement en béton bitumineux 0/14 : ep : 08 cm

5400.00 x 0,08 x 2,4 t/m³=

1036,80 t

- Couche d'accrochage en émulsion cationique

5400.00 x 1,15 x 10⁻³=

6,21 t

- Couche de base en grave bitume 0/20 : ep = 12cm

5400.00 x 0,12 x 2,3 t/m³=

1490,40 t

- Couche d'imprégnation au cut-back 0/1

5400.00 x 1,25 kg/m² x 10⁻³=

6,75 t

- Couche de fondation en grave concassée : ep : 20 cm

5400.00 x 0,20=

1080,00 m³

IX.6 Signalisation:

- Peinture pour balisage

S=.....=

21 600,00m²

Chapitre IX : Métré des travaux

IX.7 Devis quantitatif et estimatif:

Tableau IX.3: Devis quantitatif et estimatif

N°	DESIGNATION	U	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	MONTANT TOTAL EN HORS TAXES
1	SECTION 1 : INSTALLATION DE CHANTIER ET REPLI DE MATERIEL				
1.1	Amenée du matériel et installation de chantier	U	1	15 000 000,00	15 000 000,00
1.2	Démontage et repli des installations de chantier	U	1	5 000 000,00	5 000 000,00
SOUS TOTAL :					20 000 000,00
2	SECTION 2 : TRAVAUX PREPARATOIRES ET TERRASSEMENTS :				
2.1	Remblais d'empreint	M ³	39 953,00	600,00	23 971 800,00
2.2	Déblais mis en remblais	M ³	35 413,00	400,00	14 165 200,00
2.3	Déblais mis en dépôts	M ³	177 065,00	300,00	53 119 500,00
2.4	Réglage et compactage de la forme	M ²	453 005,00	85,00	38 505 425,00
SOUS TOTAL :					129 761 925,00
3	SECTION 3 : CHAUSSEES ET ACCOTEMENTS				
3.1	Couche de forme en tuf pour chaussées et accotements	M ³	169 446,00	750,00	12 084 500,00
3.2	Couche de fondation en grave concassée 0/31.5 pour chaussées et accotements	M ³	100 720,00	2 800,00	282 016 000,00
3.3	Couche d'imprégnation au Cut-Back 0/1	T	621,00	70 000,00	43 470 000,00
3.4	Couche d'accrochage en émulsion cationique	T	395,00	75 000,00	29 625 000,00
3.5	Couche de base en grave bitume 0/20 pour chaussées	T	111 203,00	6 800,00	756 180 400,00
3.6	Couche de roulement en béton bitumineux 0/14	T	69 513,00	7 500,00	521 347 500,00
3.7	Couche de roulement en micro béton bitumineux 0/10 pour accotements	T	20 130,00	7 000,00	140 910 000,00
3.8	Couche de fondation en grave ciment 0/20 pour bouts bétonnés	M ³	6 480,00	12 000,00	77 760 000,00
3.9	Couche de cure et sablage pour bouts bétonnés	M ²	32 400,00	1 000,00	32 400 000,00
3.10	Béton pour dalles des bouts bétonnés	M ³	10 692,00	27 000,00	288 684 000,00
3.11	Protection des dalles en béton par des produits de cure	M ²	27 000,00	450,00	12 150 000,00
SOUS TOTAL :					2 311 627 400,00
4	SECTION 4 : SIGNALISATION				
4.1	Peinture pour balisage	M ²	21 600,00	400,00	8 640 000,00
SOUS TOTAL :					8 640 000,00

Chapitre IX : Métré des travaux

Tableau IX.4: Devis quantitatif et estimatif

		MONTANT EN DA
SECTION 1	Installation de chantier et repli de matériel	20 000 000,00
SECTION 2	Travaux préparatoires et terrassements	129 761 925,00
SECTION 3	Chaussées et accotements	2 311 627 400,00
SECTION 4	Signalisation	8 640 000,00
TOTAL GENERAL EN HORS TAXES		247 002 932 5,00
TVA (17 %)		419 904 985,3
TOTAL GENERAL EN TTC		2 .889.934.310, 00

Arrête le présent devis à la somme de : Deux milliard huit cent quatre-vingt-neuf millions neuf cent trente-quatre mille trois cent dix dinars et zéro centimes.

CONCLUSION GENERALE

La ville de Bou Sâada à l'instar des villes de l'Algérie connaît un essor économique important. La réhabilitation de l'aérodrome de la ville contribuera à son développement régional et national.

Les autorités ayant analysés la situation de la région ont décidé de procéder à son réaménagement et sa réhabilitation.

C'est dans ce cadre que notre projet, intitulé : Réhabilitation de l'aérodrome de Bou Sââda, s'inscrit. Il s'agit d'une étude détaillée de la réhabilitation de cet aérodrome. L'objectif est de le rendre opérationnel en l'optimisant afin qu'il soit performant et répondre aux attentes des populations de la région.

Au cours de l'étude, nous nous sommes focalisés sur l'importance de la sécurité aéronautique et nous l'avons pris comme référence à vérifier lors de l'élaboration de l'étude de faisabilité, ce qui nous a guidés vers le choix de la réalisation d'une nouvelle piste et de ses annexes qui répondent parfaitement aux recommandations de l'O.A.C.I.

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 chaussé obéit aux normes de l'O.A.C.I et présente des avantages et des inconvénients. Nous avons opté pour une structure souple pour la majorité des structures avec des bouts bétonnés (structure rigide) de trois cent mètre sur les deux côtés de la piste car l'évolution du trafic de l'aérodrome de Bou Saâda se fera de manière progressive.

Notre passage en qualité d'ingénieurs était une occasion, d'une part l'analyse du milieu professionnel vers lequel nous allons diriger et d'autre part de mettre en application les connaissances théoriques acquises et de bénéficier de l'expérience des ingénieurs de la S.A.E.T.I autant sur le plan théorique que pratique.

Enfin, ce projet de fin d'études nous a permis de faire une synthèse des connaissances que l'on a reçu durant nos 10 semestres d'études sur les bancs de l'université Mouloud Mammeri ; d'acquérir de l'expérience concernant l'élaboration d'une étude de développement des infrastructures aéroportuaires, et l'utilisation des nouvelles technologies de construction ; ainsi que d'élargir nos connaissances dans le domaine du génie civil en général et celui de la conception d'aérodrome en particulier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

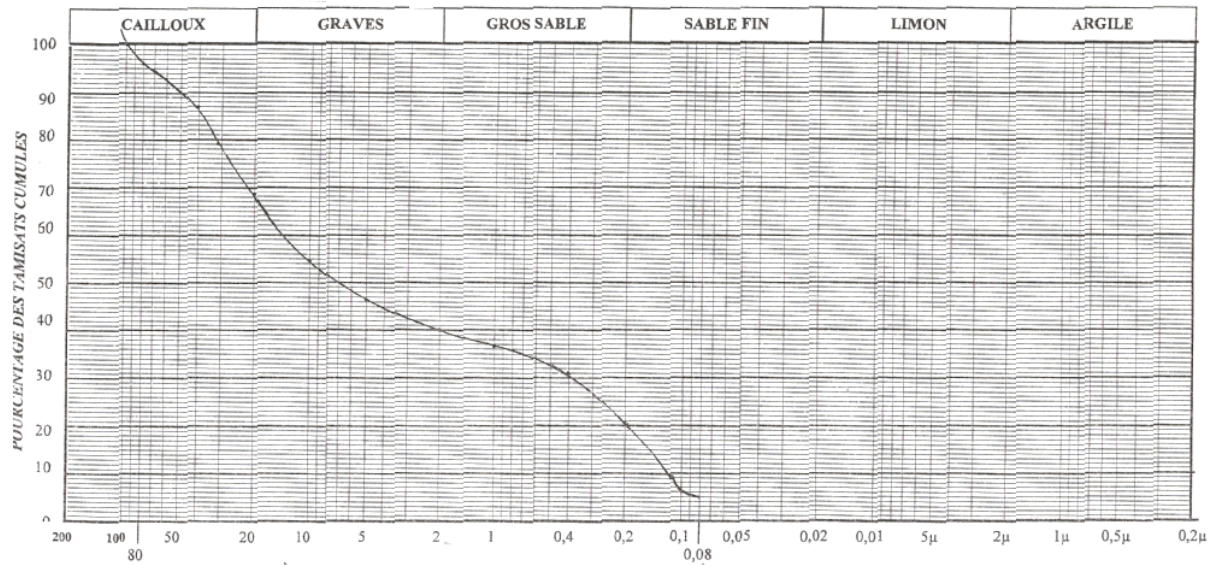
- ❖ O.A.C.I **Annexe 14** à la convention relative à l'aviation civil internationale, **Volume I** : conception et exploitation des aérodromes ,04 édition juillet 2004 ;
- ❖ **Instruction Techniques** sur les **Aérodromes civils (ITAC)** ; octobre 2001 ;
- ❖ **Service Technique des Bases Aériennes (S.T.B.A)**, l'auscultation des aérodromes septembre 1994 ;
- ❖ Cours de route (dimensionnement et renforcement) ;
- ❖ Copyright Ailes Virtuelles 2011 – Aérodrome – Page 1 / 9. Un atelier de Patrick Hiroux (FAVPH) et Jean-Pierre Rabine (FAVJPR);
- ❖ Dimensionnement des chaussées d'aérodromes (**S.T.B.A**) ;
- ❖ Thèses de fin d'études de(**ENTP**) ;
- ❖ **DGAC, STAC, STBA**, tableaux de caractéristiques et abaques de dimensionnement des chaussées aéronautiques 1993 ;
- ❖ **Thèse** : Etude de la deuxième piste de l'aérodrome ES-Senia d'Oran avec les nouvelles technologies (Promotion 2009-U.S.T.H.B) ;
- ❖ **Thèse** : Etude et dimensionnement du nouvel aérodrome de Hassi Berkine (Promotion 2011-U.S.T.H.B) ;
- ❖ **Thèse** : Conception d'un nouvel aérodrome à Illizi (Promotion 1984- E.N.T.P) ;
- ❖ **DGAC, STAC**, guide pratique de l'utilisation de la méthode **ACN - PCN** 1988 copyright I.S.B.N 2.11.085574.6 ;
- ❖ **DGAC, STAC**, guide de dimensionnement des chaussées aéronautiques **volume 1** et **volume 2**,1993 ;
- ❖ Mémoire de fin d'études **UMMTO** (promo **2010** et **2015**) ;
- ❖ Services d'information Aérienne (**S.I.A**) Algérie www.sia-enna.dz;
- ❖ Données et plans relatifs à l'aérodrome de Bou Saâda fournies par la **S.A.E.T.I** ;
- ❖ Cours aérodromes **UMMTO**.

Annexes

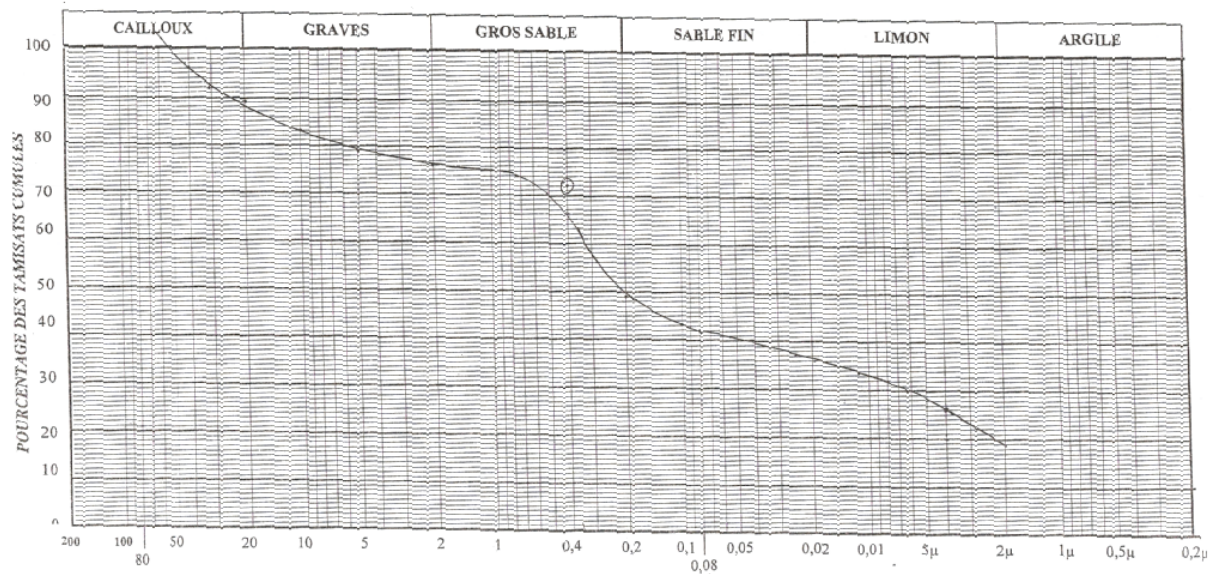
Annexe N°V. 1

❖ Courbes granulométriques:

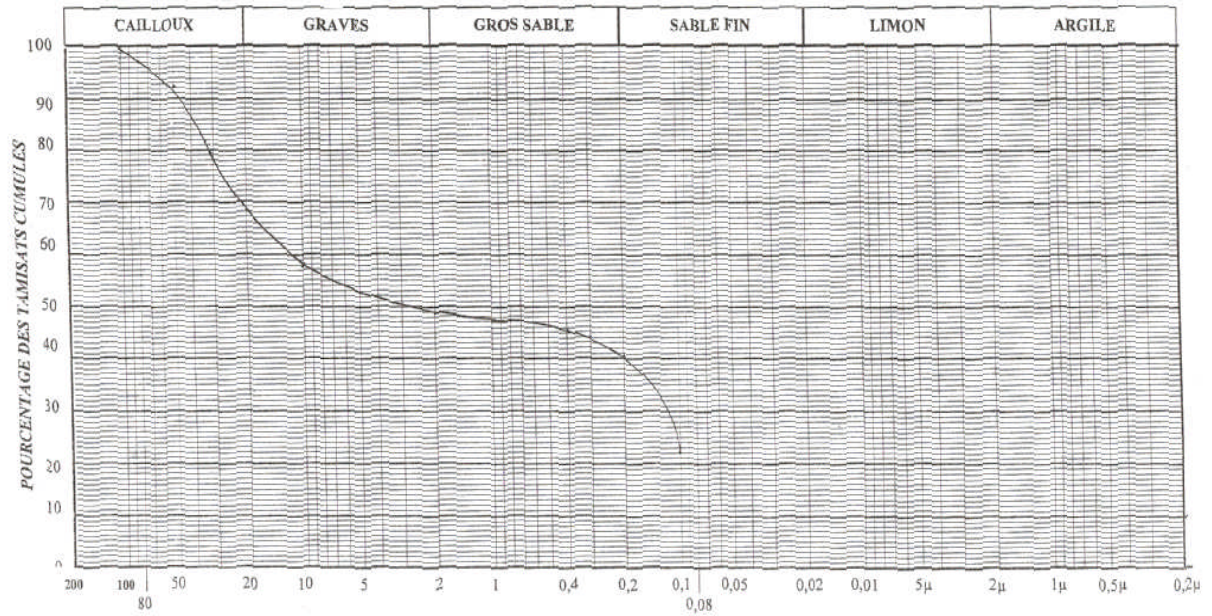
Courbe N°	Puits N°	Profondeur
1	1	0.20-1.50



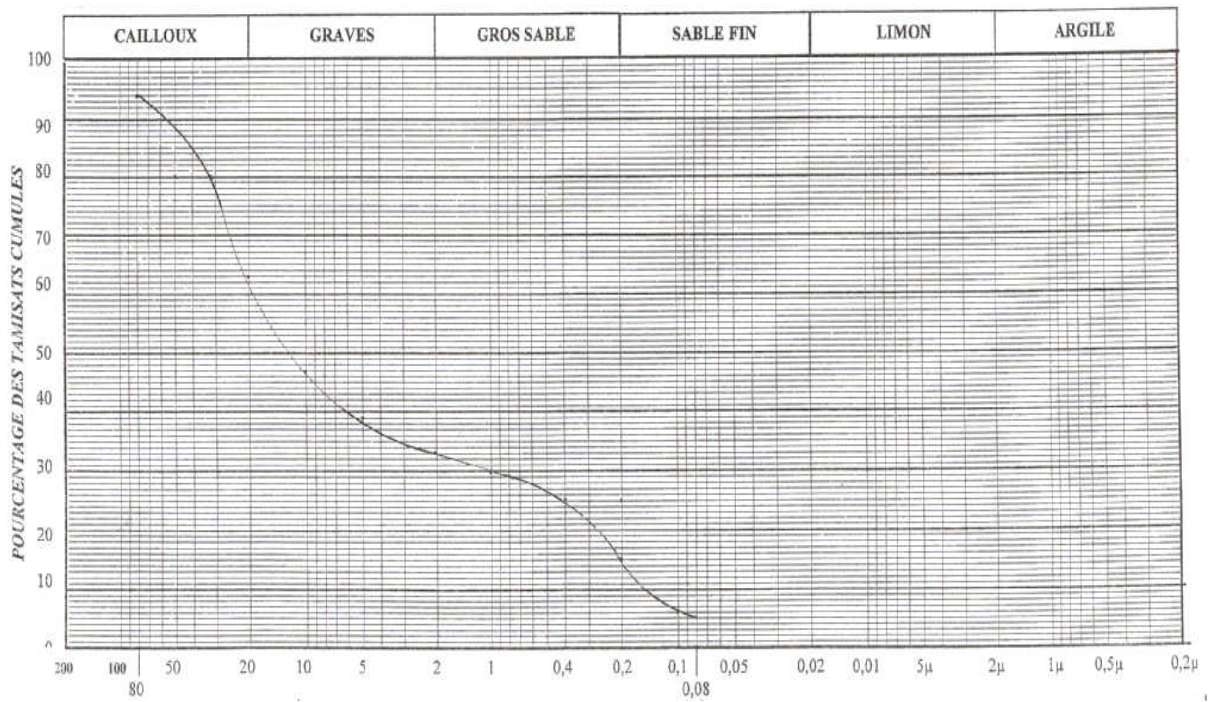
Courbe N°	Puits N°	Profondeur
2	1	1.50-2.50



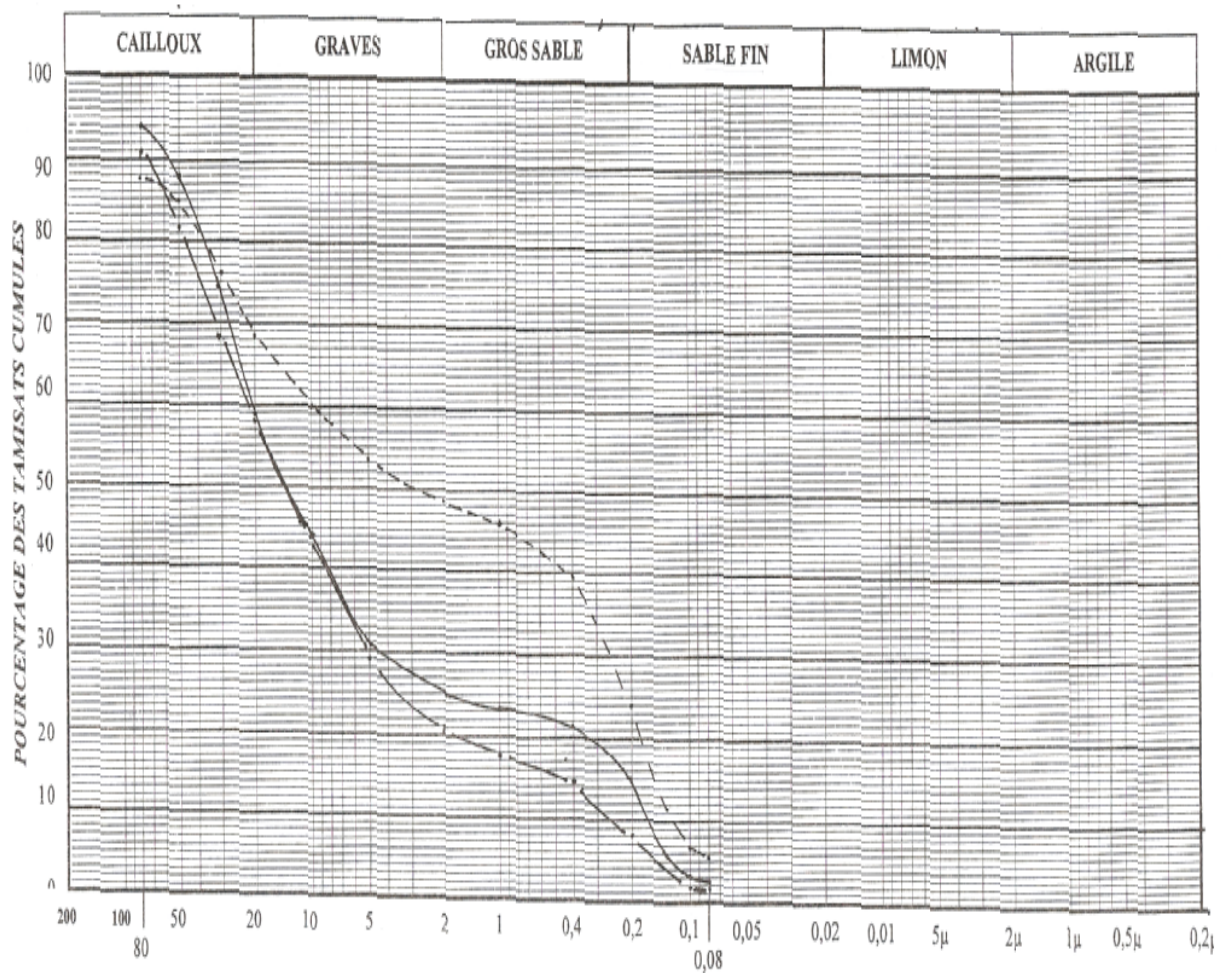
Courbe N°	Puits N°	Profondeur
3	3	1.00-2.50



Courbe N°	Puits N°	Profondeur
4	6	0.20-2.20



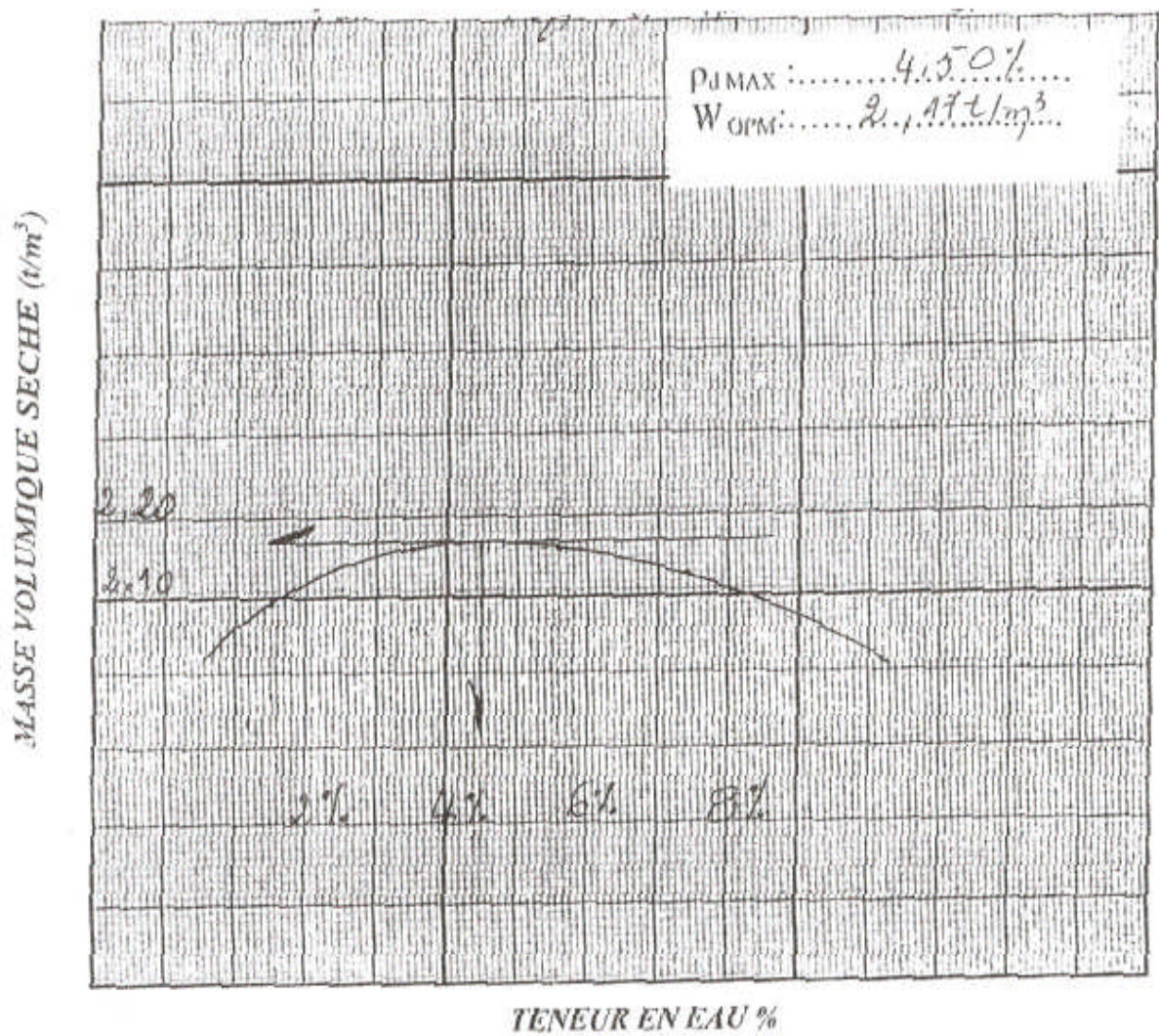
Courbe N°	Puits N°	Profondeur	Légende
5	14	0.50-2.60	—
	16	0.50-2.60	- . - .
	21	1.20-2.10	- - - -



Annexe N°V.2

❖ Essai Proctor modifié:

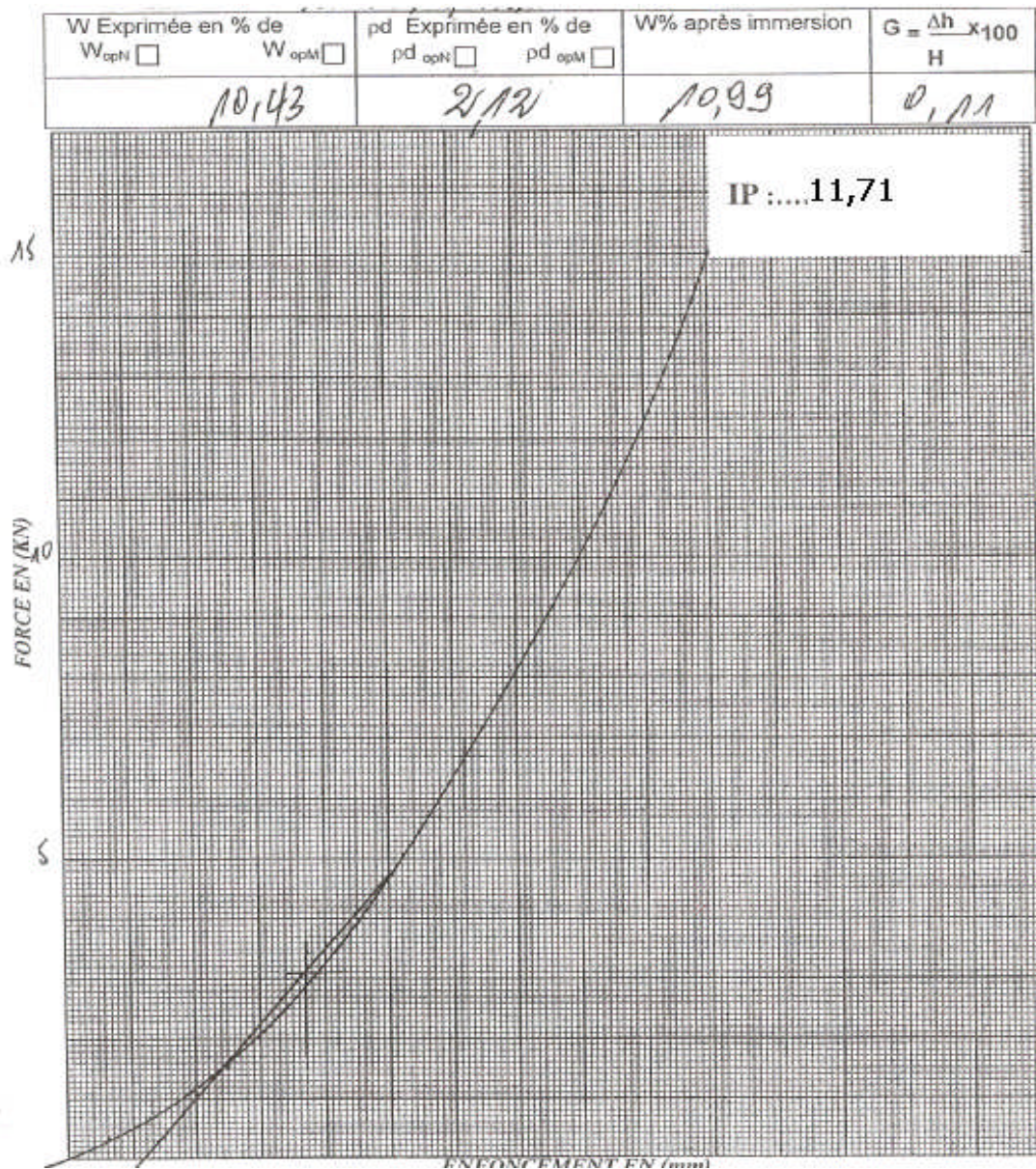
courbe	Puits N°	Profondeur
6	1	0.20-1.50



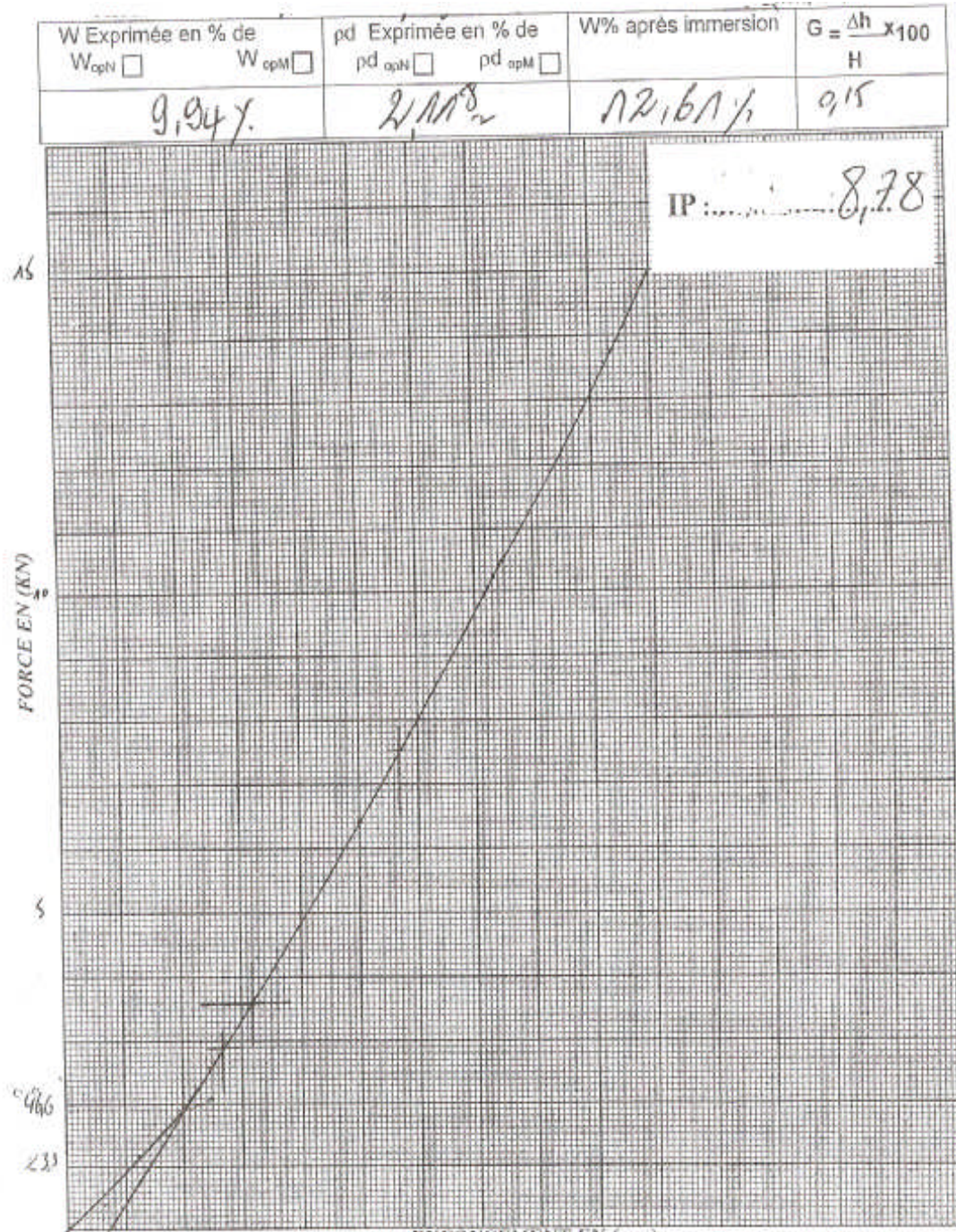
Annexe N°V.3

❖ **Indice CBR après immersion:**

courbe	Puits N°	Profondeur
7	23	0.00-3.20

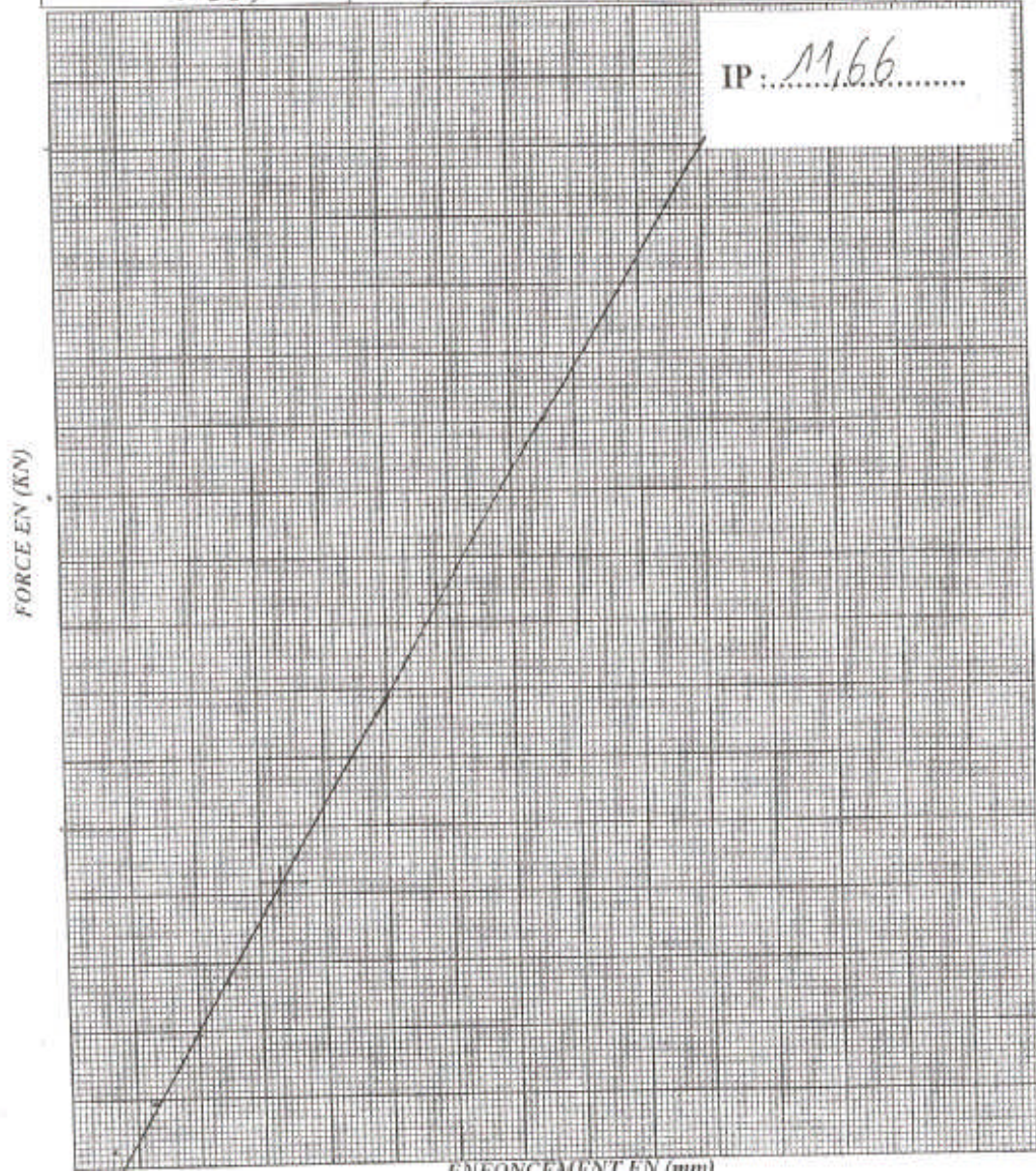


Courbe	Puits N°	Profondeur
8	27	1.10-2.60



courbe	Puits N°	Profondeur
9	28	0.80-2.60

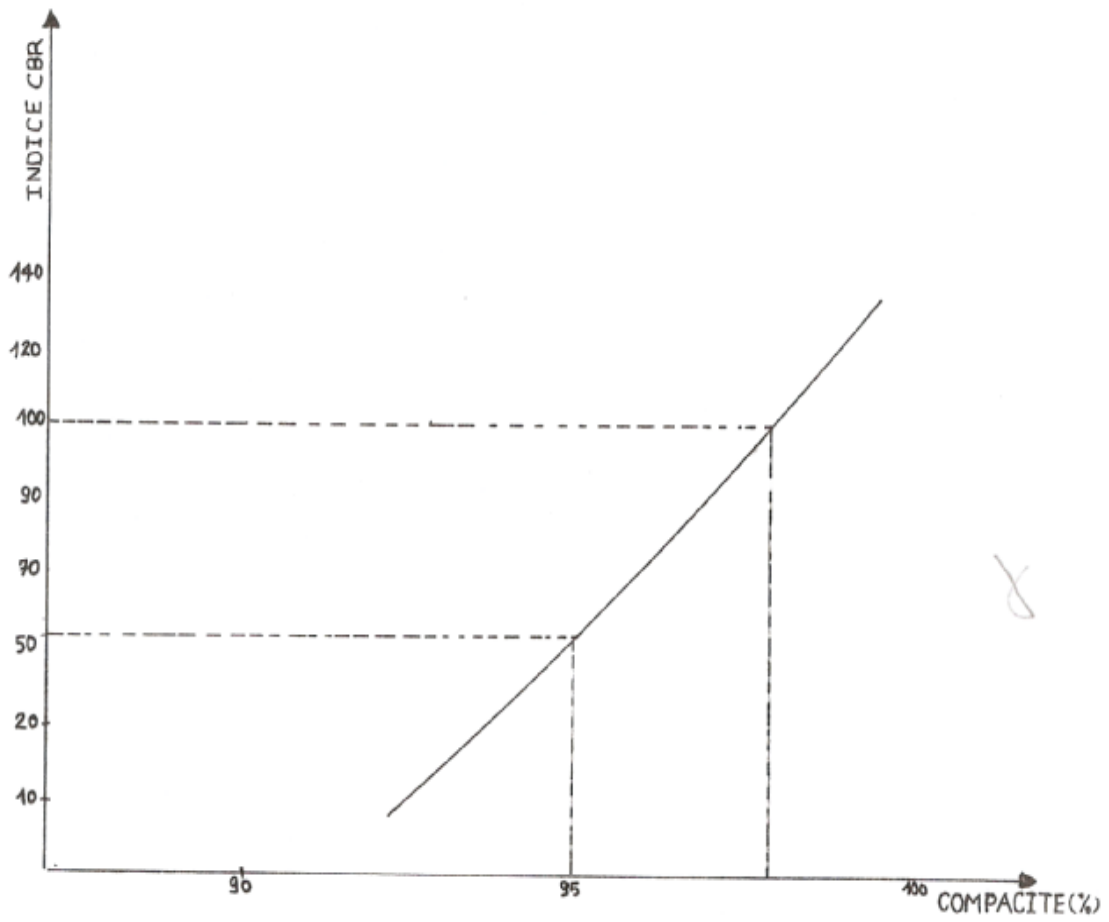
W Exprimée en % de W _{opt} <input type="checkbox"/>	W _{opt} <input type="checkbox"/>	pd Exprimée en % de pd _{opt} <input type="checkbox"/>	pd _{opt} <input type="checkbox"/>	W% après immersion	$G = \frac{\Delta h}{H} \times 100$
9,98%		2,14 T/m ³		10,20%	0,14



Annexe N°V.4

❖ Essais CBR imbibes:

ESSAI CBR IMBIBE
PUITS N° 03 Profondeur : 1.00-2.50
I_{CBR} à 95 % de L'OPM = 54.00
I_{CBR} à 98 % de L'OPM = 110.00

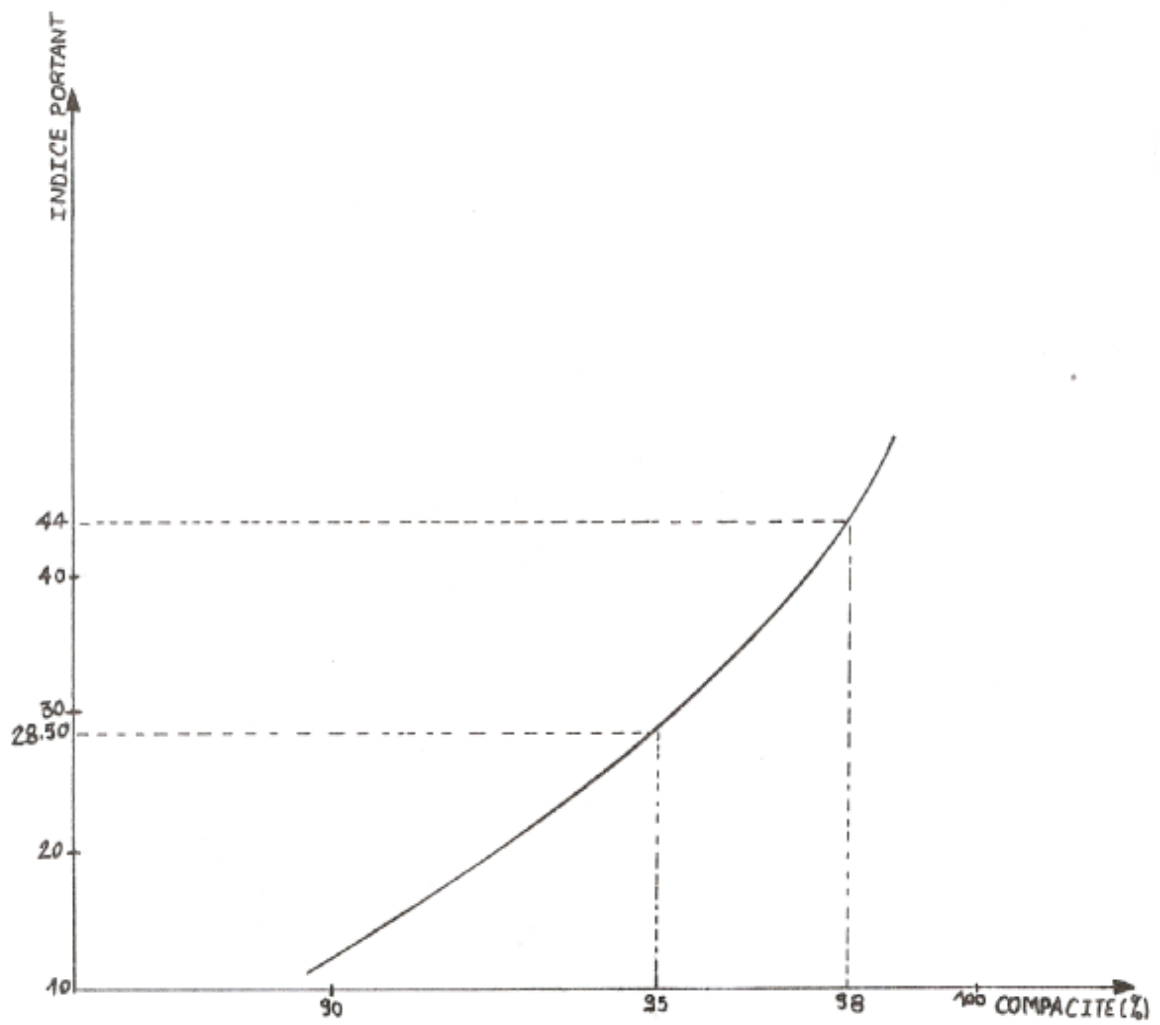


ESSAI CBR IMBIBE

PUITS N° 23 Profondeur : 0.00-3.20

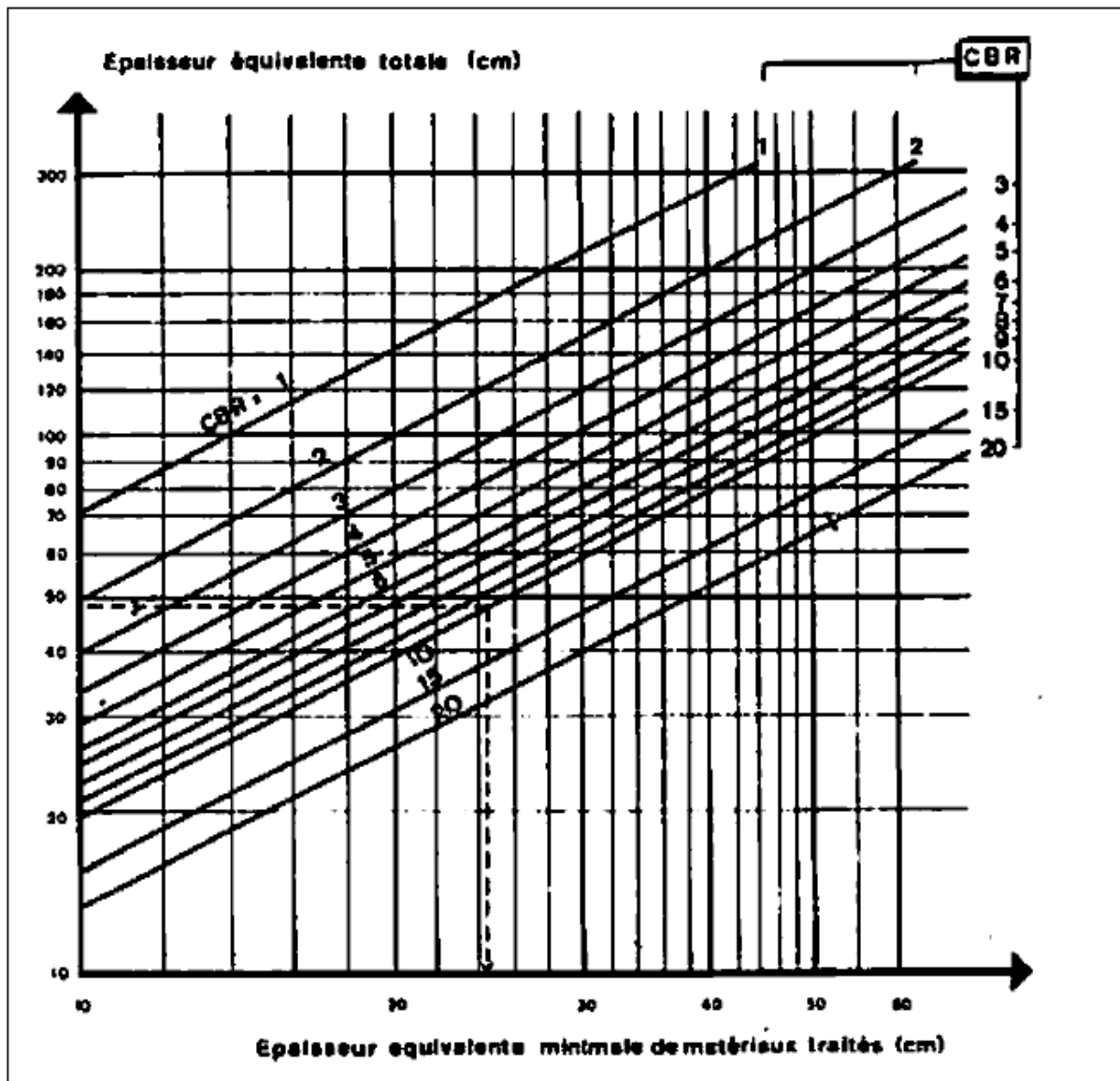
ICBR à 95 % de L'OPM=28.50

ICBR à 98 % de L'OPM = 44.00

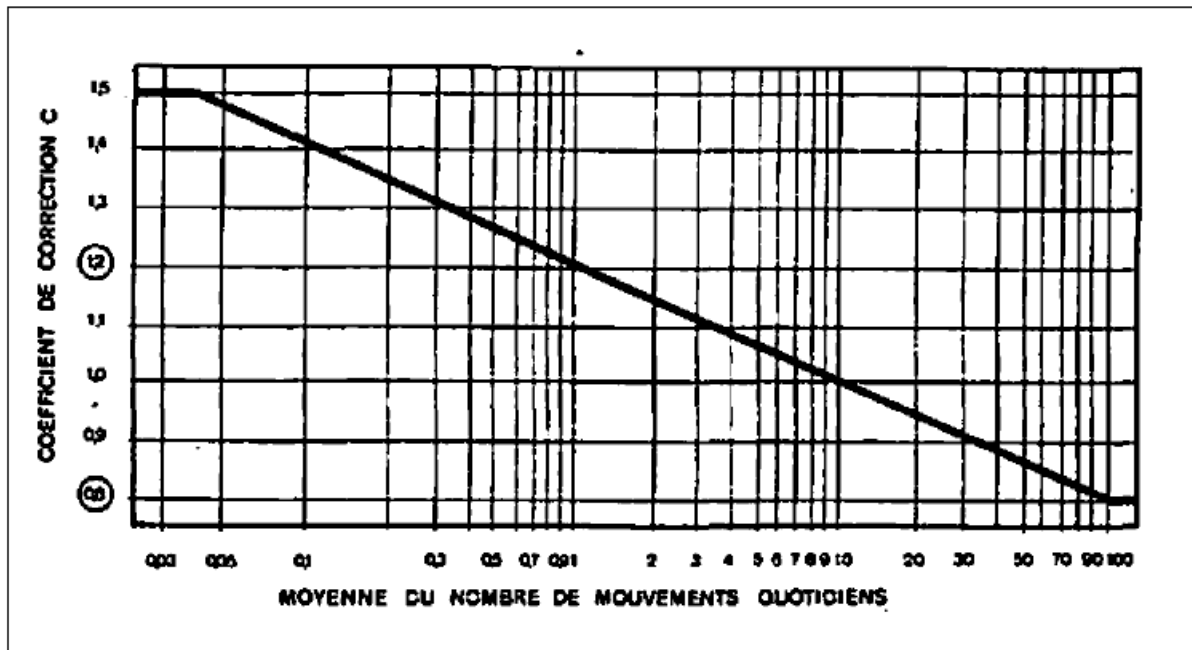


Annexe N°VI.1

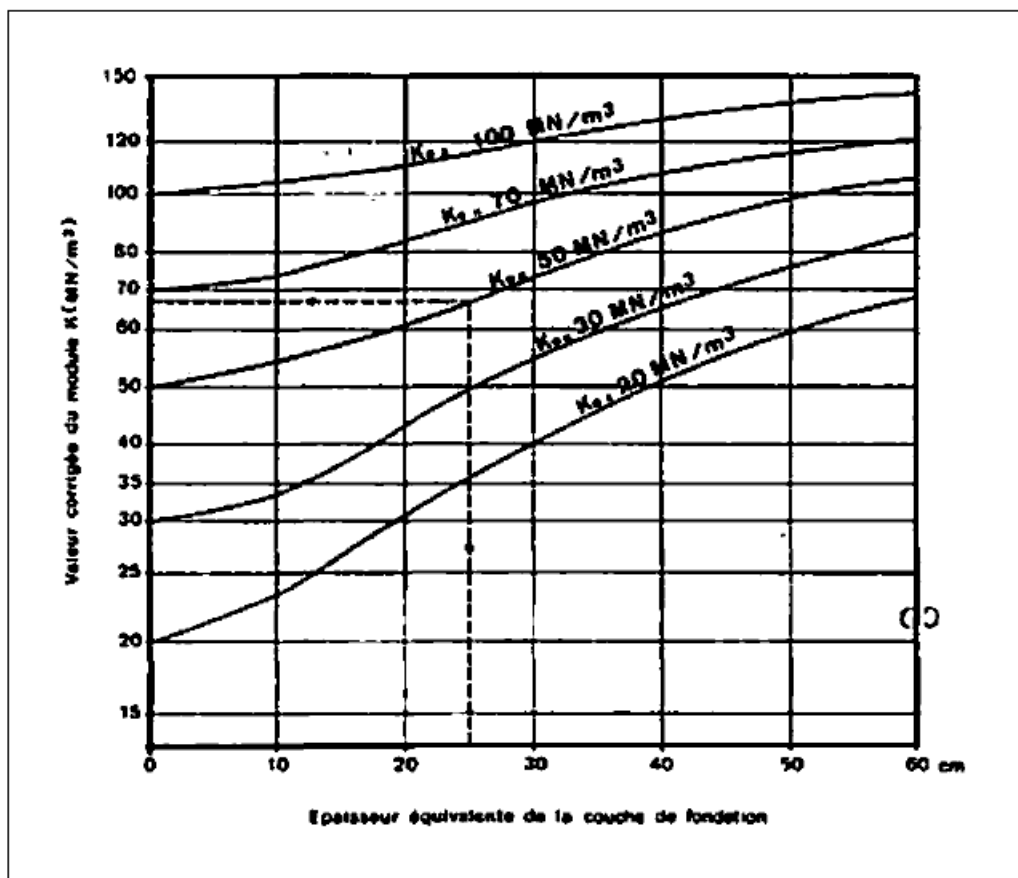
❖ Abaques de dimensionnement caractérisant le Boeing 737-800 :



Abaque 1: Abaque pour le calcul de l'épaisseur équivalente de matériaux traités en fonction de l'épaisseur totale et du CBR du sol support.



Abaque 2: Abaque pour la correction de la charge réelle pondérée en fonction de l'intensité moyenne du trafic.



Abaque 3 : Correction du module de réaction du sol support en fonction de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation.

Annexe N°VI.2

❖ Tableau: Les caractéristiques de la méthode PCN.

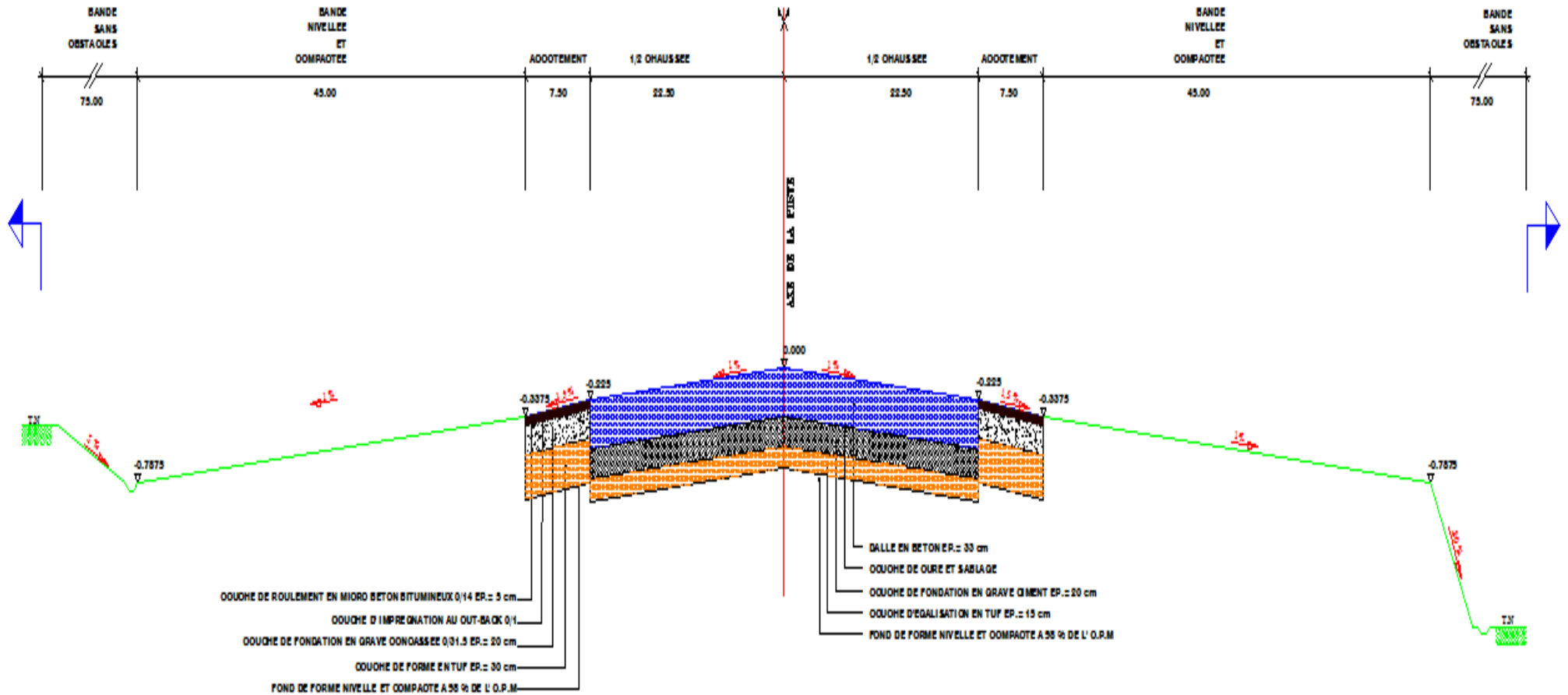
Catégorie d'indication	Lettre de code
Type de chaussée :	
<ul style="list-style-type: none">• Souple	F
<ul style="list-style-type: none">• rigide	R
Catégorie de résistance du sol support :	
<ul style="list-style-type: none">• résistance élevée : caractérisée par $K = 150 \text{ MN/m}^3$ représentant toutes les valeurs de $K > 120 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides ou par un $\text{CBR} = 15$ et représentant toutes les valeurs $\text{CBR} > 13$ pour les chaussées souples.	A B
<ul style="list-style-type: none">• résistance moyenne : caractérisée par $K = 80 \text{ MN/m}^3$ représentant toutes les valeurs de $60 \text{ MN/m}^3 < K < 120 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides ou par un $\text{CBR} = 10$ et représentant toutes les valeurs CBR de 8 à 13 pour les chaussées souples.	C D
<ul style="list-style-type: none">• résistance faible : caractérisée par $K = 40 \text{ MN/m}^3$ représentant toutes les valeurs de $25 \text{ MN/m}^3 < K < 60 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides ou par un $\text{CBR} = 6$ et représentant toutes les valeurs CBR de 4 à 8 pour les chaussées souples.	
<ul style="list-style-type: none">• résistance ultra faible : caractérisée par $K = 20 \text{ MN/m}^3$ représentant toutes les valeurs de $K < 25 \text{ MN/m}^3$ pour les chaussées rigides ou par un $\text{CBR} = 3$ et représentant toutes les valeurs $\text{CBR} < 4$ pour les chaussées souples.	
Pression des pneumatiques :	
<ul style="list-style-type: none">• Elevée : pas de limite de pression.	W
<ul style="list-style-type: none">• Moyenne : pression limitée à 1,5 MPa.	X
<ul style="list-style-type: none">• Faible : pression limitée à 1,0 MPa.	Y
<ul style="list-style-type: none">• Très faible : pression limitée à 0,5 MPa.	Z
Base d'évaluation :	
Etude spécifique des caractéristiques de la chaussée et utilisant des techniques d'études du comportement des chaussées. Ce code est le plus généralement retenu.	T
<ul style="list-style-type: none">• Evaluation faisant appel à l'expérience acquise sur les avions. Ce code ne peut s'appliquer que pour une publication provisoire de PCN d'une chaussée pour laquelle on ne dispose pas de résultats fiables d'auscultation et dont on ne peut juger le comportement qu'à son aptitude à recevoir un trafic existant.	U

PROFIL EN TRAVERS TYPE

PISTE NOUVELLE 15/33

(STRUCTURE RIGIDE)

EDH : 1/250/23

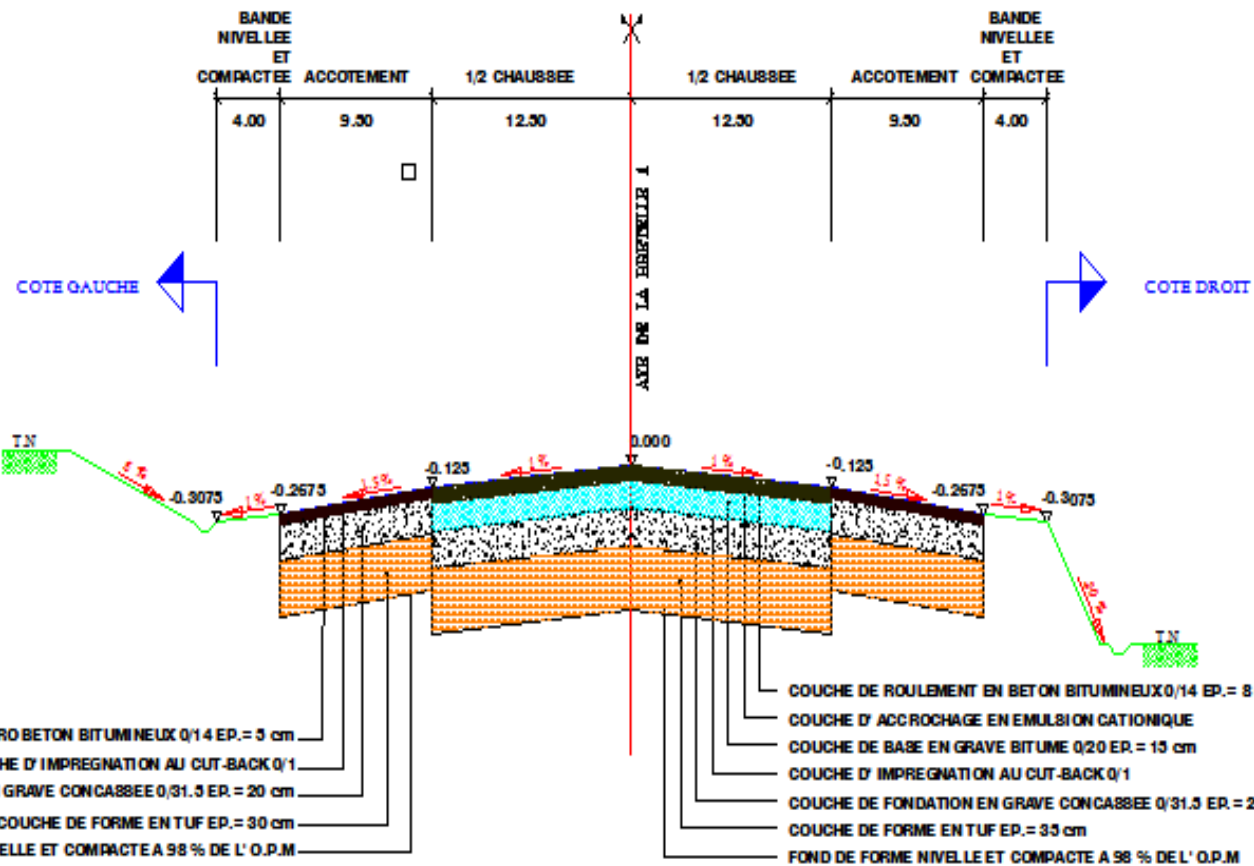


PROFIL EN TRAVERS TYPE

BRETELLE 1

(STRUCTURE SOUPLE)

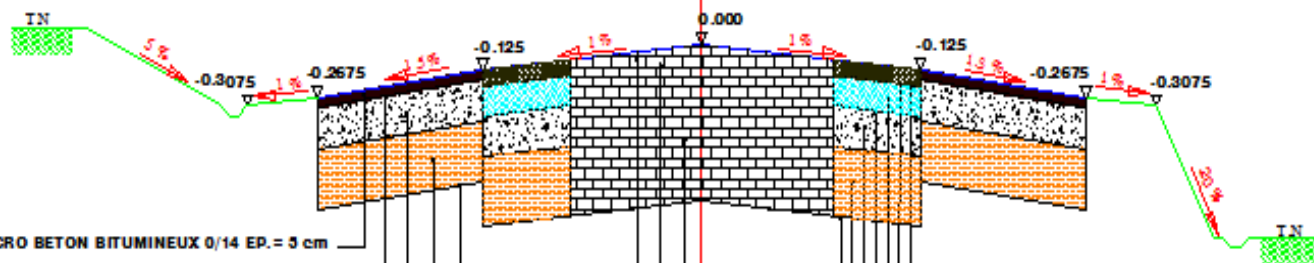
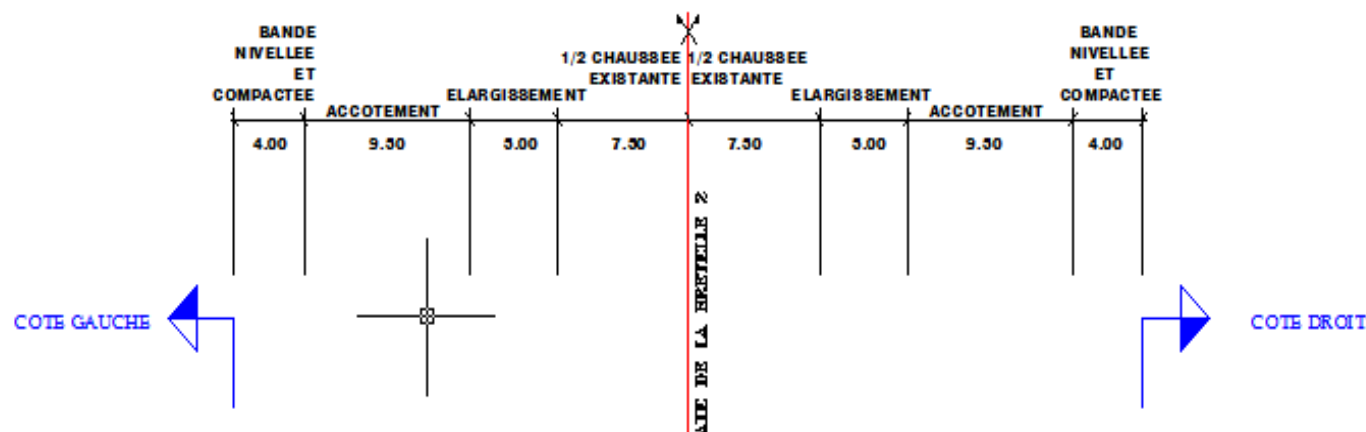
ECH: 1/250/25



ELARGISSEMENT DE LA BRETELLE 2

(STRUCTURE SOUPLE)

ECH : 1/250,25



- COUCHE DE ROULEMENT EN MICRO BETON BITUMINEUX 0/14 EP. = 3 cm
- COUCHE D'IMPREGNATION AU CUT-BACK 0/1
- COUCHE DE FONDATION EN GRAVE CONCASSEE 0/31.3 EP. = 20 cm
- COUCHE DE FORME EN TUF EP. = 30 cm
- FOND DE FORME NIVELLE ET COMPACTE A 98 % DE L' O.P.M
- RENFORCEMENT AVEC COUCHE EN BETON BITUMINEUX 0/14 EP. = 7 cm
- COUCHE D'ACCROCHAGE EN EMULSION CATIONIQUE
- COUCHES DE CHAUSSEE EXISTANTE

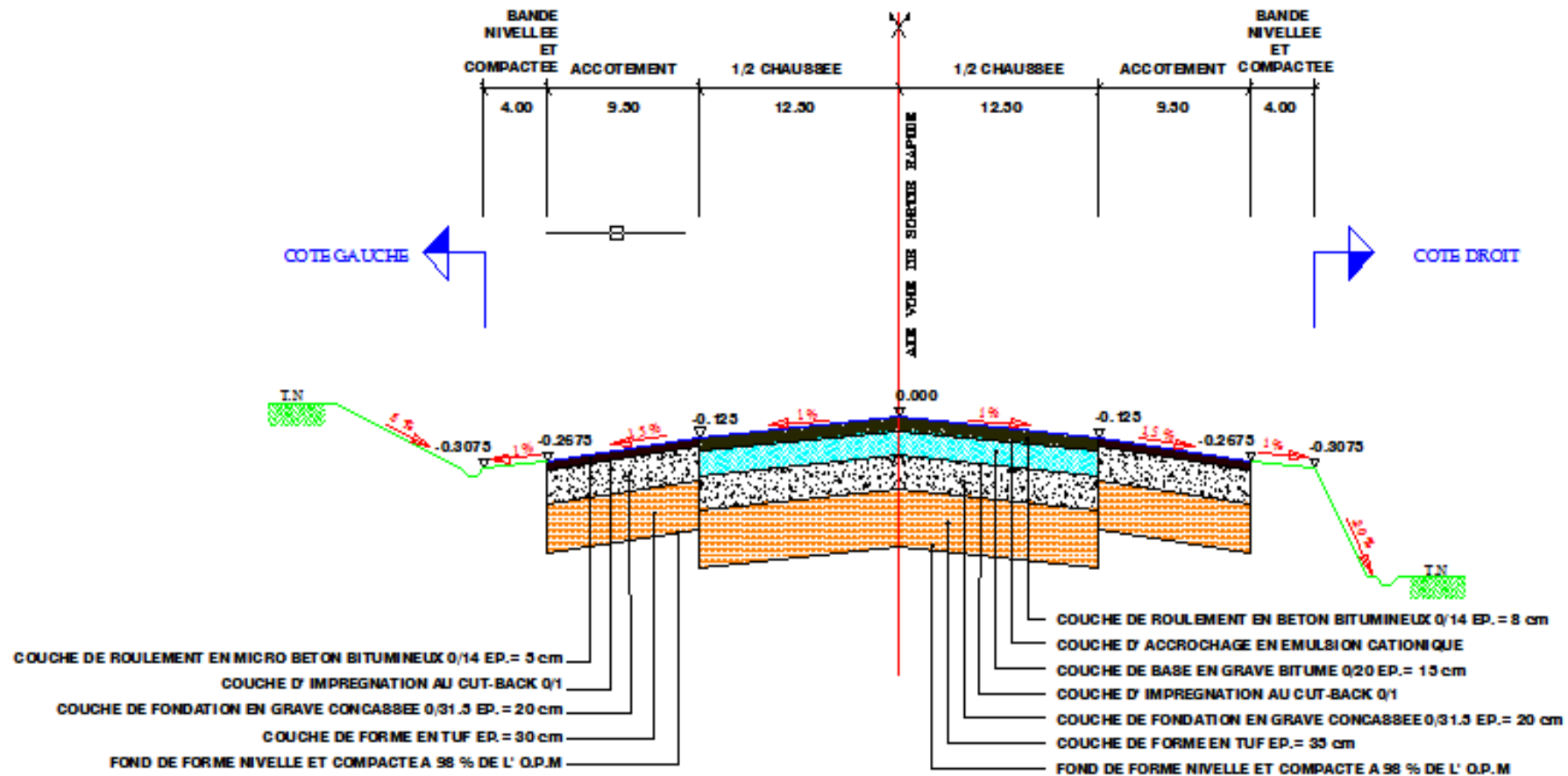
- COUCHE DE ROULEMENT EN BETON BITUMINEUX 0/14 EP. = 8 cm
- COUCHE D'ACCROCHAGE EN EMULSION CATIONIQUE
- COUCHE DE BASE EN GRAVE BITUME 0/20 EP. = 15 cm
- COUCHE D'IMPREGNATION AU CUT-BACK 0/1
- COUCHE DE FONDATION EN GRAVE CONCASSEE 0/31.3 EP. = 20 cm
- COUCHE DE FORME EN TUF EP. = 33 cm
- FOND DE FORME NIVELLE ET COMPACTE A 98 % DE L' O.P.M

PROFIL EN TRAVERS TYPE

VOIE DE SORTIE A GRANDE VITESSE

(STRUCTURE SOUPLE)

ECH : 1/250/25

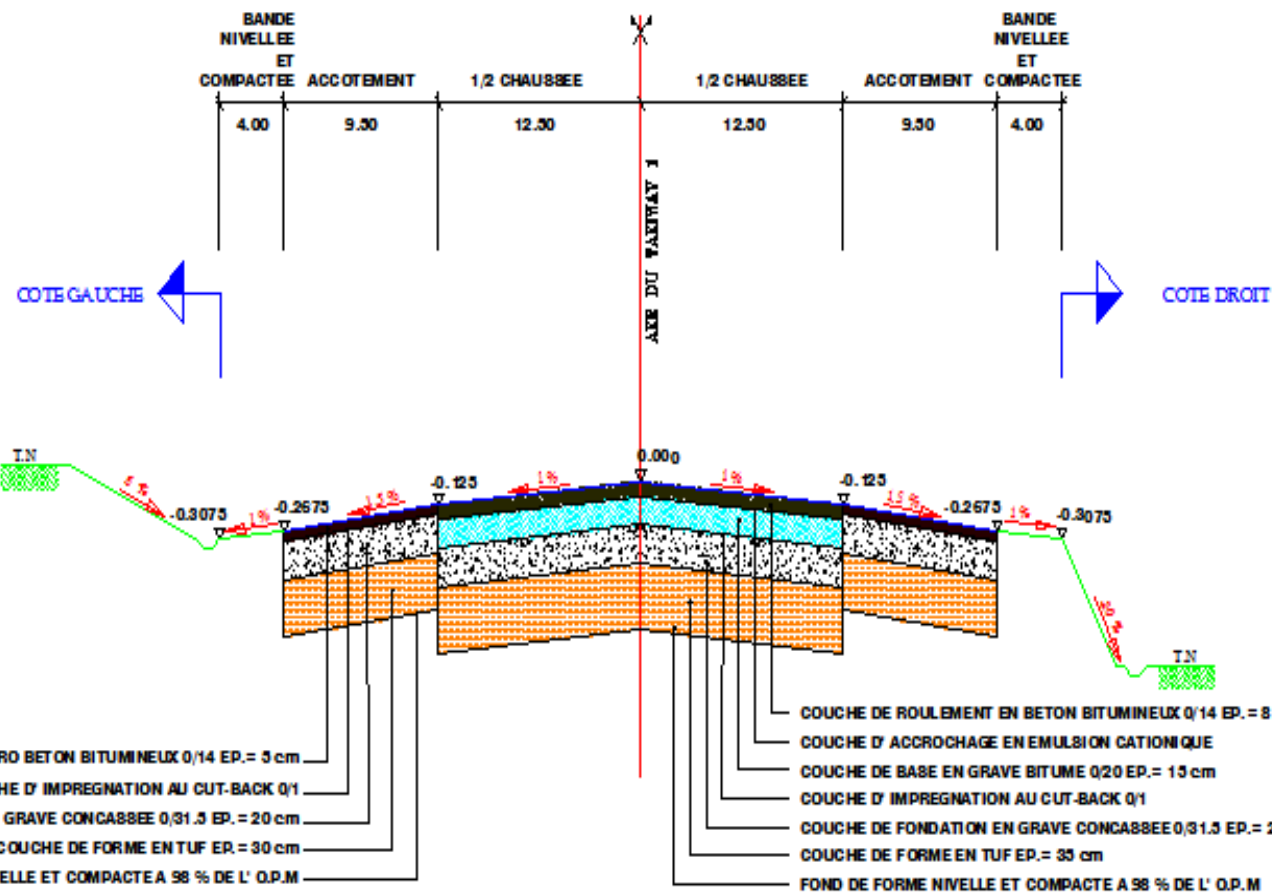


PROFIL EN TRAVERS TYPE

TAXIWAY 1

(STRUCTURE SOUPLE)

ECH : 1/200/20

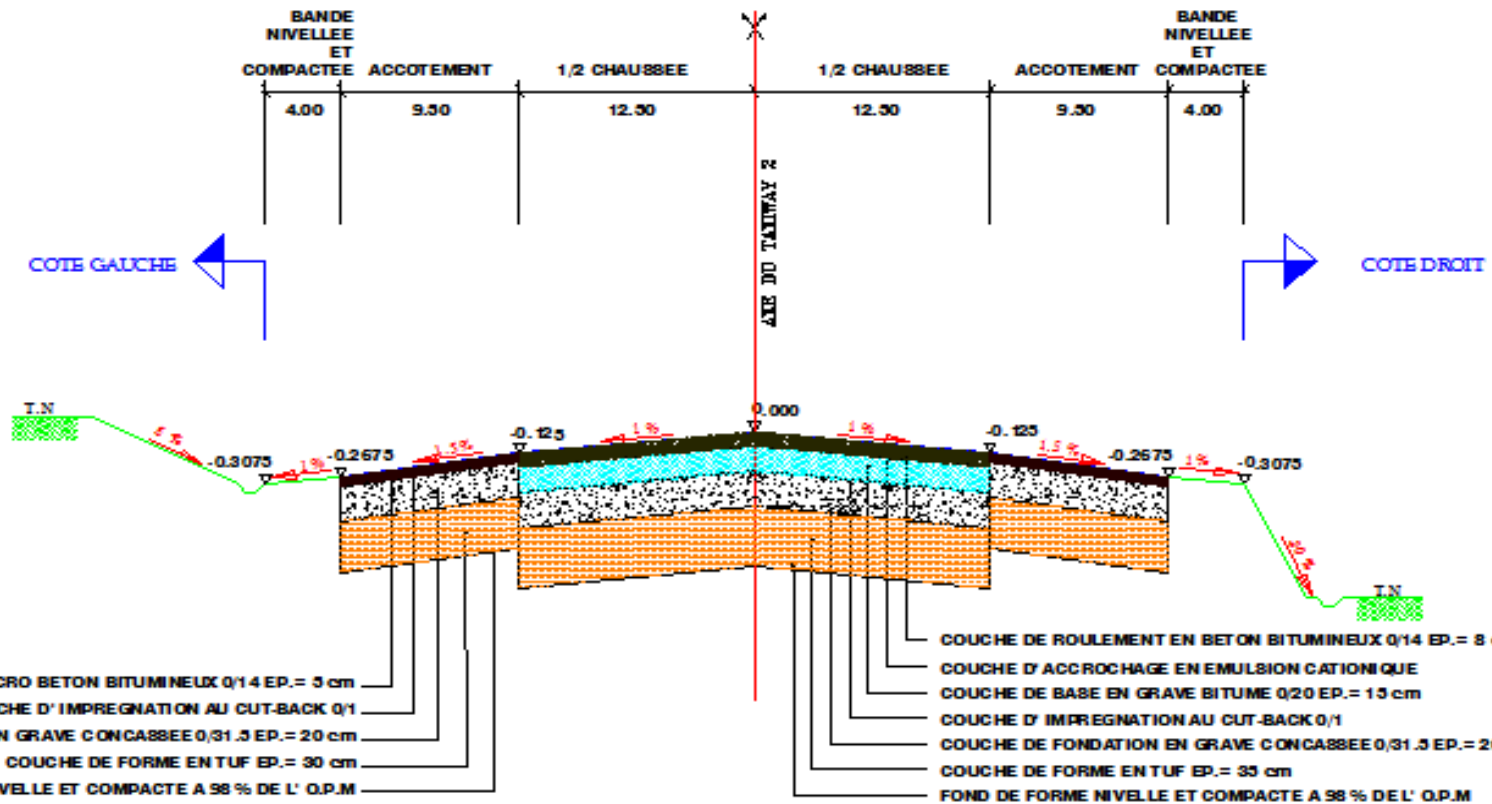


PROFIL EN TRAVERS TYPE

TAXIWAY 2

(STRUCTURE SOUPLE)

ECH : 1/250,25

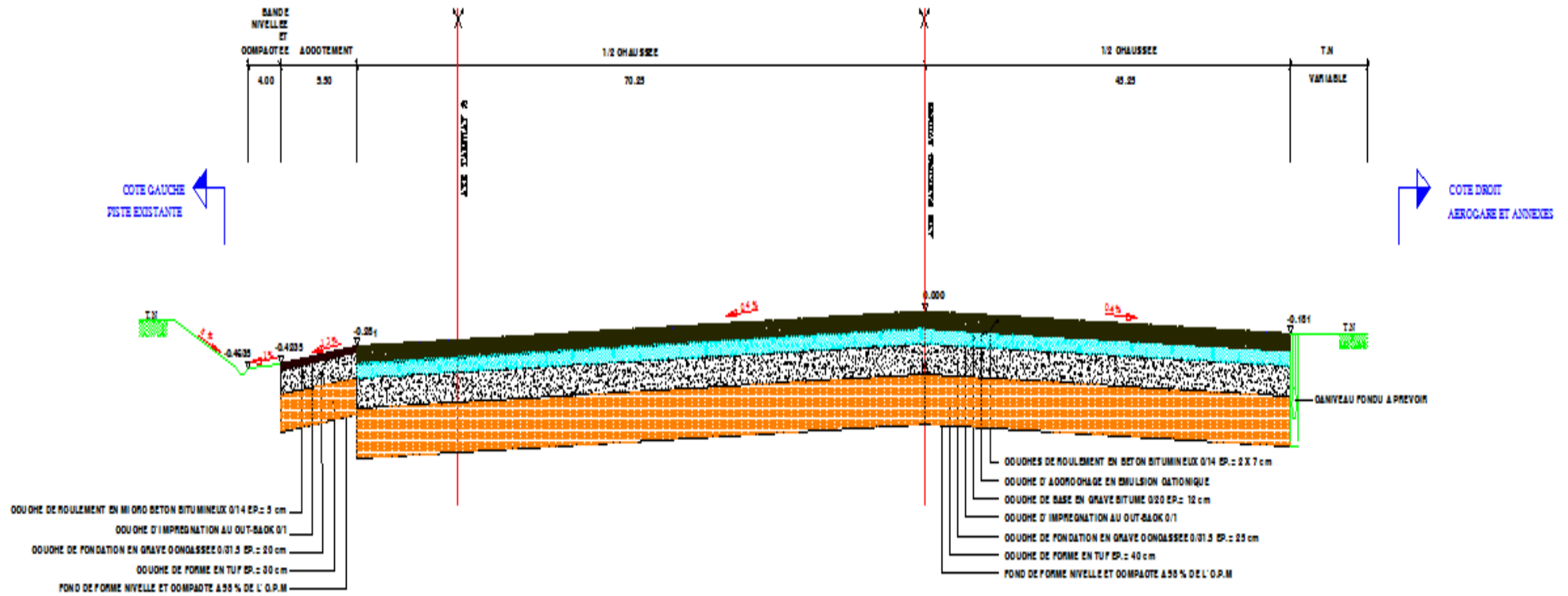


PROFIL EN TRAVERS TYPE

EXTENSION PARKING AVIONS

(STRUCTURE SOUPLE)

EM : 1/250,00



Annexe N°VII.2

❖ Tabulation piste principe:

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	-480.000	456.174	467.371	611880.868	3908704.128	59.517g	0.00	0.00
2	-470.000	457.022	467.161	611874.929	3908712.173	59.517g	0.02	-0.02
3	-460.000	457.794	466.951	611868.990	3908720.219	59.517g	0.05	-0.05
4	-450.000	458.272	466.740	611863.051	3908728.264	59.517g	0.07	-0.07
5	-440.000	458.750	466.530	611857.112	3908736.310	59.517g	0.10	-0.10
6	-430.000	459.228	466.320	611851.173	3908744.355	59.517g	0.12	-0.12
7	-420.000	459.706	466.110	611845.234	3908752.400	59.517g	0.14	-0.14
8	-410.000	460.184	465.900	611839.295	3908760.446	59.517g	0.17	-0.17
9	-400.000	460.662	465.690	611833.356	3908768.491	59.517g	0.19	-0.19
10	-390.000	461.140	465.479	611827.417	3908776.536	59.517g	0.21	-0.21
11	-380.000	461.618	465.269	611821.478	3908784.582	59.517g	0.24	-0.24
12	-370.000	462.096	465.059	611815.539	3908792.627	59.517g	0.26	-0.26
13	-360.000	462.115	464.849	611809.599	3908800.672	59.517g	0.29	-0.29
14	-350.000	462.087	464.639	611803.660	3908808.718	59.517g	0.31	-0.31
15	-340.000	461.980	464.429	611797.721	3908816.763	59.517g	0.33	-0.33
16	-330.000	461.663	464.218	611791.782	3908824.809	59.517g	0.36	-0.36
17	-320.000	461.281	464.008	611785.843	3908832.854	59.517g	0.38	-0.38
18	-310.000	461.530	463.798	611779.904	3908840.899	59.517g	0.40	-0.40
19	-300.000	461.779	463.588	611773.965	3908848.945	59.517g	0.43	-0.43
20	-290.000	461.972	463.378	611768.026	3908856.990	59.517g	0.45	-0.45
21	-280.000	462.081	463.168	611762.087	3908865.035	59.517g	0.48	-0.48
22	-270.000	462.191	462.957	611756.148	3908873.081	59.517g	0.50	-0.50
23	-260.000	462.303	462.747	611750.209	3908881.126	59.517g	0.52	-0.52
24	-250.000	461.722	462.537	611744.270	3908889.172	59.517g	0.55	-0.55
25	-240.000	461.540	462.327	611738.331	3908897.217	59.517g	0.57	-0.57
26	-230.000	461.254	462.117	611732.392	3908905.262	59.517g	0.60	-0.60
27	-220.000	460.939	461.907	611726.453	3908913.308	59.517g	0.62	-0.62
28	-210.000	460.649	461.697	611720.514	3908921.353	59.517g	1.00	-1.00
29	-200.000	460.361	461.696	611714.575	3908929.398	59.517g	1.00	-1.00
30	-190.000	460.325	461.696	611708.636	3908937.444	59.517g	1.00	-1.00
31	-180.000	460.231	461.696	611702.697	3908945.489	59.517g	1.00	-1.00
32	-170.000	460.147	461.696	611696.758	3908953.534	59.517g	1.00	-1.00
33	-160.000	460.077	461.696	611690.819	3908961.580	59.517g	1.00	-1.00
34	-150.100	460.166	461.696	611684.939	3908969.545	59.517g	1.00	-1.00
35	-150.000	460.167	461.696	611684.880	3908969.625	59.517g	1.00	-1.00
36	-140.000	460.257	461.696	611678.941	3908977.671	59.517g	1.00	-1.00
37	-130.000	460.358	461.696	611673.002	3908985.716	59.517g	1.00	-1.00
38	-120.000	460.390	461.696	611667.063	3908993.761	59.517g	1.00	-1.00
39	-110.000	460.403	461.696	611661.124	3909001.807	59.517g	1.00	-1.00
40	-100.000	460.417	461.696	611655.185	3909009.852	59.517g	1.00	-1.00
41	-90.000	460.412	461.696	611649.246	3909017.897	59.517g	1.00	-1.00
42	-80.000	460.396	461.696	611643.307	3909025.943	59.517g	1.00	-1.00
43	-70.000	460.502	461.696	611637.368	3909033.988	59.517g	1.00	-1.00
44	-60.100	460.895	461.696	611631.488	3909041.953	59.517g	1.00	-1.00
45	-60.000	460.899	461.696	611631.429	3909042.033	59.517g	1.00	-1.00
46	-50.000	461.296	461.696	611625.490	3909050.079	59.517g	1.00	-1.00
47	-40.000	461.322	461.696	611619.551	3909058.124	59.517g	1.00	-1.00
48	-30.000	461.212	461.696	611613.612	3909066.170	59.517g	1.00	-1.00
49	-20.000	461.097	461.696	611607.673	3909074.215	59.517g	1.00	-1.00
50	-10.000	461.059	461.696	611601.733	3909082.260	59.517g	1.00	-1.00
51	0.000	461.015	461.696	611595.794	3909090.306	59.517g	1.00	-1.00

52	10.000	460.974	461.645	611589.855	3909098.351	59.517g	1.00	-1.00
53	12.500	460.970	461.632	611588.371	3909100.362	59.517g	1.00	-1.00
54	20.000	460.960	461.594	611583.916	3909106.396	59.517g	1.00	-1.00
55	30.000	460.947	461.543	611577.977	3909114.442	59.517g	1.00	-1.00
56	40.000	460.946	461.492	611572.038	3909122.487	59.517g	1.00	-1.00
57	50.000	461.087	461.441	611566.099	3909130.533	59.517g	1.00	-1.00
58	60.000	461.228	461.390	611560.160	3909138.578	59.517g	1.00	-1.00
59	70.000	461.314	461.339	611554.221	3909146.623	59.517g	1.00	-1.00
60	80.000	461.132	461.287	611548.282	3909154.669	59.517g	1.00	-1.00
61	90.000	460.950	461.236	611542.343	3909162.714	59.517g	1.00	-1.00
62	100.000	460.967	461.185	611536.404	3909170.759	59.517g	1.00	-1.00
63	110.000	461.088	461.134	611530.465	3909178.805	59.517g	1.00	-1.00
64	120.000	461.209	461.083	611524.526	3909186.850	59.517g	1.00	-1.00
65	130.000	460.945	461.032	611518.587	3909194.895	59.517g	1.00	-1.00
66	140.000	460.615	460.981	611512.648	3909202.941	59.517g	1.00	-1.00
67	150.000	460.295	460.929	611506.709	3909210.986	59.517g	1.00	-1.00
68	160.000	460.224	460.878	611500.770	3909219.032	59.517g	1.00	-1.00
69	170.000	460.152	460.827	611494.831	3909227.077	59.517g	1.00	-1.00
70	180.000	460.080	460.776	611488.892	3909235.122	59.517g	1.00	-1.00
71	190.000	459.985	460.725	611482.953	3909243.168	59.517g	1.00	-1.00
72	200.000	459.900	460.674	611477.014	3909251.213	59.517g	1.00	-1.00
73	210.000	459.815	460.623	611471.075	3909259.258	59.517g	1.00	-1.00
74	220.000	459.636	460.572	611465.136	3909267.304	59.517g	1.00	-1.00
75	230.000	459.235	460.520	611459.197	3909275.349	59.517g	1.00	-1.00
76	240.000	458.830	460.469	611453.258	3909283.395	59.517g	1.00	-1.00
77	250.000	458.494	460.418	611447.319	3909291.440	59.517g	1.00	-1.00
78	260.000	458.296	460.367	611441.380	3909299.485	59.517g	1.00	-1.00
79	270.000	458.105	460.316	611435.441	3909307.531	59.517g	1.00	-1.00
80	280.000	458.061	460.265	611429.502	3909315.576	59.517g	1.00	-1.00
81	290.000	458.317	460.214	611423.563	3909323.621	59.517g	1.00	-1.00
82	300.000	458.572	460.163	611417.624	3909331.667	59.517g	1.00	-1.00
83	310.000	458.906	460.111	611411.685	3909339.712	59.517g	1.00	-1.00
84	320.000	459.096	460.060	611405.746	3909347.757	59.517g	1.00	-1.00
85	330.000	459.310	460.009	611399.806	3909355.803	59.517g	1.00	-1.00
86	340.000	459.523	459.958	611393.867	3909363.848	59.517g	1.00	-1.00
87	350.000	459.527	459.907	611387.928	3909371.894	59.517g	1.00	-1.00
88	360.000	459.508	459.856	611381.989	3909379.939	59.517g	1.00	-1.00
89	370.000	459.498	459.805	611376.050	3909387.984	59.517g	1.00	-1.00
90	380.000	459.378	459.754	611370.111	3909396.030	59.517g	1.00	-1.00
91	390.000	459.242	459.702	611364.172	3909404.075	59.517g	1.00	-1.00
92	400.000	459.166	459.651	611358.233	3909412.120	59.517g	1.00	-1.00
93	410.000	459.207	459.600	611352.294	3909420.166	59.517g	1.00	-1.00
94	420.000	459.240	459.549	611346.355	3909428.211	59.517g	1.00	-1.00
95	430.000	459.447	459.498	611340.416	3909436.256	59.517g	1.00	-1.00
96	440.000	459.620	459.447	611334.477	3909444.302	59.517g	1.00	-1.00
97	450.000	459.793	459.396	611328.538	3909452.347	59.517g	1.00	-1.00
98	460.000	459.966	459.344	611322.599	3909460.393	59.517g	1.00	-1.00
99	470.000	459.783	459.293	611316.660	3909468.438	59.517g	1.00	-1.00
100	480.000	459.279	459.242	611310.721	3909476.483	59.517g	1.00	-1.00
101	490.000	458.775	459.191	611304.782	3909484.529	59.517g	1.00	-1.00
102	500.000	458.499	459.141	611298.843	3909492.574	59.517g	1.00	-1.00
103	510.000	458.251	459.091	611292.904	3909500.619	59.517g	1.00	-1.00
104	520.000	458.003	459.041	611286.965	3909508.665	59.517g	1.00	-1.00
105	530.000	457.803	458.991	611281.026	3909516.710	59.517g	1.00	-1.00
106	540.000	457.902	458.942	611275.087	3909524.756	59.517g	1.00	-1.00
107	550.000	458.002	458.892	611269.148	3909532.801	59.517g	1.00	-1.00
108	560.000	458.021	458.842	611263.209	3909540.846	59.517g	1.00	-1.00
109	570.000	457.844	458.792	611257.270	3909548.892	59.517g	1.00	-1.00
110	580.000	457.667	458.742	611251.331	3909556.937	59.517g	1.00	-1.00
111	590.000	457.556	458.693	611245.392	3909564.982	59.517g	1.00	-1.00

112	600.000	457.620	458.643	611239.453	3909573.028	59.517g	1.00	-1.00
113	610.000	457.679	458.593	611233.514	3909581.073	59.517g	1.00	-1.00
114	620.000	457.729	458.543	611227.575	3909589.118	59.517g	1.00	-1.00
115	630.000	457.683	458.493	611221.636	3909597.164	59.517g	1.00	-1.00
116	640.000	457.683	458.444	611215.697	3909605.209	59.517g	1.00	-1.00
117	650.000	457.661	458.394	611209.758	3909613.255	59.517g	1.00	-1.00
118	660.000	457.490	458.344	611203.819	3909621.300	59.517g	1.00	-1.00
119	670.000	457.320	458.294	611197.879	3909629.345	59.517g	1.00	-1.00
120	680.000	457.175	458.244	611191.940	3909637.391	59.517g	1.00	-1.00
121	690.000	457.088	458.194	611186.001	3909645.436	59.517g	1.00	-1.00
122	700.000	457.001	458.145	611180.062	3909653.481	59.517g	1.00	-1.00
123	710.000	456.971	458.095	611174.123	3909661.527	59.517g	1.00	-1.00
124	720.000	457.114	458.045	611168.184	3909669.572	59.517g	1.00	-1.00
125	730.000	457.257	457.995	611162.245	3909677.617	59.517g	1.00	-1.00
126	740.000	457.322	457.945	611156.306	3909685.663	59.517g	1.00	-1.00
127	750.000	457.236	457.896	611150.367	3909693.708	59.517g	1.00	-1.00
128	760.000	457.151	457.846	611144.428	3909701.754	59.517g	1.00	-1.00
129	770.000	457.034	457.796	611138.489	3909709.799	59.517g	1.00	-1.00
130	780.000	456.849	457.746	611132.550	3909717.844	59.517g	1.00	-1.00
131	790.000	456.665	457.696	611126.611	3909725.890	59.517g	1.00	-1.00
132	800.000	456.582	457.647	611120.672	3909733.935	59.517g	1.00	-1.00
133	810.000	456.621	457.597	611114.733	3909741.980	59.517g	1.00	-1.00
134	820.000	456.659	457.547	611108.794	3909750.026	59.517g	1.00	-1.00
135	830.000	456.685	457.497	611102.855	3909758.071	59.517g	1.00	-1.00
136	840.000	456.741	457.447	611096.916	3909766.117	59.517g	1.00	-1.00
137	850.000	456.797	457.398	611090.977	3909774.162	59.517g	1.00	-1.00
138	860.000	456.850	457.348	611085.038	3909782.207	59.517g	1.00	-1.00
139	870.000	456.903	457.298	611079.099	3909790.253	59.517g	1.00	-1.00
140	880.000	456.818	457.248	611073.160	3909798.298	59.517g	1.00	-1.00
141	890.000	456.825	457.198	611067.221	3909806.343	59.517g	1.00	-1.00
142	900.000	456.923	457.149	611061.282	3909814.389	59.517g	1.00	-1.00
143	910.000	456.898	457.099	611055.343	3909822.434	59.517g	1.00	-1.00
144	920.000	456.835	457.049	611049.404	3909830.479	59.517g	1.00	-1.00
145	930.000	456.772	456.999	611043.465	3909838.525	59.517g	1.00	-1.00
146	940.000	456.693	456.949	611037.526	3909846.570	59.517g	1.00	-1.00
147	950.000	456.572	456.900	611031.587	3909854.616	59.517g	1.00	-1.00
148	960.000	456.454	456.850	611025.648	3909862.661	59.517g	1.00	-1.00
149	970.000	456.346	456.800	611019.709	3909870.706	59.517g	1.00	-1.00
150	980.000	456.236	456.750	611013.770	3909878.752	59.517g	1.00	-1.00
151	990.000	456.125	456.700	611007.831	3909886.797	59.517g	1.00	-1.00
152	1000.000	456.239	456.650	611001.892	3909894.842	59.517g	1.00	-1.00
153	1010.000	456.403	456.601	610995.952	3909902.888	59.517g	1.00	-1.00
154	1020.000	456.567	456.551	610990.013	3909910.933	59.517g	1.00	-1.00
155	1030.000	456.381	456.501	610984.074	3909918.979	59.517g	1.00	-1.00
156	1040.000	456.102	456.451	610978.135	3909927.024	59.517g	1.00	-1.00
157	1050.000	455.824	456.401	610972.196	3909935.069	59.517g	1.00	-1.00
158	1060.000	455.979	456.352	610966.257	3909943.115	59.517g	1.00	-1.00
159	1070.000	456.286	456.302	610960.318	3909951.160	59.517g	1.00	-1.00
160	1080.000	456.557	456.257	610954.379	3909959.205	59.517g	1.00	-1.00
161	1090.000	456.067	456.213	610948.440	3909967.251	59.517g	1.00	-1.00
162	1100.000	455.534	456.170	610942.501	3909975.296	59.517g	1.00	-1.00
163	1110.000	455.268	456.127	610936.562	3909983.341	59.517g	1.00	-1.00
164	1120.000	455.188	456.084	610930.623	3909991.387	59.517g	1.00	-1.00
165	1130.000	455.109	456.041	610924.684	3909999.432	59.517g	1.00	-1.00
166	1140.000	455.029	455.998	610918.745	3910007.478	59.517g	1.00	-1.00
167	1150.000	455.009	455.955	610912.806	3910015.523	59.517g	1.00	-1.00
168	1160.000	455.019	455.912	610906.867	3910023.568	59.517g	1.00	-1.00
169	1170.000	455.028	455.869	610900.928	3910031.614	59.517g	1.00	-1.00
170	1180.000	454.988	455.826	610894.989	3910039.659	59.517g	1.00	-1.00
171	1190.000	454.918	455.783	610889.050	3910047.704	59.517g	1.00	-1.00

172	1200.000	454.848	455.740	610883.111	3910055.750	59.517g	1.00	-1.00
173	1210.000	454.820	455.697	610877.172	3910063.795	59.517g	1.00	-1.00
174	1220.000	454.670	455.654	610871.233	3910071.840	59.517g	1.00	-1.00
175	1230.000	454.520	455.611	610865.294	3910079.886	59.517g	1.00	-1.00
176	1240.000	454.590	455.568	610859.355	3910087.931	59.517g	1.00	-1.00
177	1250.000	455.101	455.525	610853.416	3910095.977	59.517g	1.00	-1.00
178	1260.000	455.017	455.481	610847.477	3910104.022	59.517g	1.00	-1.00
179	1270.000	454.779	455.438	610841.538	3910112.067	59.517g	1.00	-1.00
180	1280.000	454.610	455.395	610835.599	3910120.113	59.517g	1.00	-1.00
181	1290.000	454.576	455.352	610829.660	3910128.158	59.517g	1.00	-1.00
182	1300.000	454.542	455.309	610823.721	3910136.203	59.517g	1.00	-1.00
183	1310.000	454.323	455.266	610817.782	3910144.249	59.517g	1.00	-1.00
184	1320.000	454.027	455.223	610811.843	3910152.294	59.517g	1.00	-1.00
185	1330.000	453.706	455.180	610805.904	3910160.340	59.517g	1.00	-1.00
186	1340.000	453.522	455.137	610799.965	3910168.385	59.517g	1.00	-1.00
187	1350.000	453.355	455.094	610794.025	3910176.430	59.517g	1.00	-1.00
188	1360.000	453.188	455.051	610788.086	3910184.476	59.517g	1.00	-1.00
189	1370.000	453.413	455.008	610782.147	3910192.521	59.517g	1.00	-1.00
190	1380.000	453.622	454.965	610776.208	3910200.566	59.517g	1.00	-1.00
191	1390.000	453.853	454.922	610770.269	3910208.612	59.517g	1.00	-1.00
192	1400.000	454.290	454.879	610764.330	3910216.657	59.517g	1.00	-1.00
193	1410.000	454.725	454.836	610758.391	3910224.702	59.517g	1.00	-1.00
194	1420.000	454.816	454.793	610752.452	3910232.748	59.517g	1.00	-1.00
195	1430.000	454.805	454.750	610746.513	3910240.793	59.517g	1.00	-1.00
196	1440.000	454.866	454.707	610740.574	3910248.839	59.517g	1.00	-1.00
197	1450.000	455.128	454.664	610734.635	3910256.884	59.517g	1.00	-1.00
198	1460.000	455.349	454.621	610728.696	3910264.929	59.517g	1.00	-1.00
199	1470.000	455.543	454.578	610722.757	3910272.975	59.517g	1.00	-1.00
200	1480.000	455.731	454.535	610716.818	3910281.020	59.517g	1.00	-1.00
201	1490.000	455.532	454.492	610710.879	3910289.065	59.517g	1.00	-1.00
202	1500.000	454.993	454.449	610704.940	3910297.111	59.517g	1.00	-1.00
203	1510.000	454.791	454.405	610699.001	3910305.156	59.517g	1.00	-1.00
204	1520.000	455.102	454.362	610693.062	3910313.201	59.517g	1.00	-1.00
205	1530.000	455.413	454.318	610687.123	3910321.247	59.517g	1.00	-1.00
206	1540.000	455.162	454.270	610681.184	3910329.292	59.517g	1.00	-1.00
207	1550.000	454.710	454.218	610675.245	3910337.338	59.517g	1.00	-1.00
208	1560.000	454.237	454.164	610669.306	3910345.383	59.517g	1.00	-1.00
209	1570.000	453.676	454.106	610663.367	3910353.428	59.517g	1.00	-1.00
210	1580.000	453.116	454.044	610657.428	3910361.474	59.517g	1.00	-1.00
211	1590.000	452.918	453.980	610651.489	3910369.519	59.517g	1.00	-1.00
212	1600.000	452.811	453.912	610645.550	3910377.564	59.517g	1.00	-1.00
213	1610.000	452.726	453.841	610639.611	3910385.610	59.517g	1.00	-1.00
214	1620.000	452.750	453.768	610633.672	3910393.655	59.517g	1.00	-1.00
215	1630.000	452.774	453.696	610627.733	3910401.701	59.517g	1.00	-1.00
216	1640.000	452.677	453.624	610621.794	3910409.746	59.517g	1.00	-1.00
217	1650.000	452.545	453.552	610615.855	3910417.791	59.517g	1.00	-1.00
218	1660.000	452.674	453.480	610609.916	3910425.837	59.517g	1.00	-1.00
219	1670.000	453.303	453.408	610603.977	3910433.882	59.517g	1.00	-1.00
220	1680.000	453.931	453.335	610598.038	3910441.927	59.517g	1.00	-1.00
221	1690.000	454.404	453.263	610592.099	3910449.973	59.517g	1.00	-1.00
222	1700.000	454.224	453.191	610586.159	3910458.018	59.517g	1.00	-1.00
223	1710.000	453.994	453.119	610580.220	3910466.063	59.517g	1.00	-1.00
224	1720.000	453.500	453.047	610574.281	3910474.109	59.517g	1.00	-1.00
225	1730.000	451.929	452.975	610568.342	3910482.154	59.517g	1.00	-1.00
226	1740.000	450.848	452.903	610562.403	3910490.200	59.517g	1.00	-1.00
227	1750.000	452.628	452.830	610556.464	3910498.245	59.517g	1.00	-1.00
228	1760.000	453.243	452.758	610550.525	3910506.290	59.517g	1.00	-1.00
229	1770.000	452.993	452.686	610544.586	3910514.336	59.517g	1.00	-1.00
230	1780.000	452.891	452.614	610538.647	3910522.381	59.517g	1.00	-1.00
231	1790.000	452.759	452.542	610532.708	3910530.426	59.517g	1.00	-1.00

232	1800.000	452.626	452.470	610526.769	3910538.472	59.517g	1.00	-1.00
233	1810.000	452.494	452.397	610520.830	3910546.517	59.517g	1.00	-1.00
234	1820.000	452.364	452.325	610514.891	3910554.563	59.517g	1.00	-1.00
235	1830.000	452.415	452.253	610508.952	3910562.608	59.517g	1.00	-1.00
236	1840.000	452.510	452.181	610503.013	3910570.653	59.517g	1.00	-1.00
237	1850.000	452.618	452.109	610497.074	3910578.699	59.517g	1.00	-1.00
238	1860.000	452.750	452.037	610491.135	3910586.744	59.517g	1.00	-1.00
239	1870.000	452.852	451.964	610485.196	3910594.789	59.517g	1.00	-1.00
240	1880.000	452.946	451.892	610479.257	3910602.835	59.517g	1.00	-1.00
241	1890.000	452.607	451.820	610473.318	3910610.880	59.517g	1.00	-1.00
242	1900.000	452.274	451.748	610467.379	3910618.925	59.517g	1.00	-1.00
243	1910.000	452.374	451.676	610461.440	3910626.971	59.517g	1.00	-1.00
244	1920.000	452.059	451.604	610455.501	3910635.016	59.517g	1.00	-1.00
245	1930.000	451.356	451.532	610449.562	3910643.062	59.517g	1.00	-1.00
246	1940.000	451.181	451.459	610443.623	3910651.107	59.517g	1.00	-1.00
247	1950.000	451.367	451.387	610437.684	3910659.152	59.517g	1.00	-1.00
248	1960.000	450.930	451.315	610431.745	3910667.198	59.517g	1.00	-1.00
249	1970.000	450.529	451.243	610425.806	3910675.243	59.517g	1.00	-1.00
250	1980.000	450.499	451.171	610419.867	3910683.288	59.517g	1.00	-1.00
251	1990.000	450.639	451.099	610413.928	3910691.334	59.517g	1.00	-1.00
252	2000.000	450.872	451.026	610407.989	3910699.379	59.517g	1.00	-1.00
253	2010.000	451.106	450.954	610402.050	3910707.424	59.517g	1.00	-1.00
254	2017.747	451.287	450.898	610397.449	3910713.657	59.517g	1.00	-1.00
255	2020.000	451.339	450.882	610396.111	3910715.470	59.517g	1.00	-1.00
256	2030.000	451.026	450.810	610390.172	3910723.515	59.517g	1.00	-1.00
257	2040.000	450.649	450.738	610384.232	3910731.561	59.517g	1.00	-1.00
258	2050.000	450.348	450.666	610378.293	3910739.606	59.517g	1.00	-1.00
259	2060.000	450.156	450.594	610372.354	3910747.651	59.517g	1.00	-1.00
260	2070.000	450.020	450.522	610366.415	3910755.697	59.517g	1.00	-1.00
261	2080.000	449.954	450.454	610360.476	3910763.742	59.517g	1.00	-1.00
262	2090.000	449.889	450.390	610354.537	3910771.787	59.517g	1.00	-1.00
263	2100.000	449.824	450.328	610348.598	3910779.833	59.517g	1.00	-1.00
264	2110.000	449.759	450.270	610342.659	3910787.878	59.517g	1.00	-1.00
265	2120.000	449.976	450.215	610336.720	3910795.924	59.517g	1.00	-1.00
266	2130.000	450.064	450.164	610330.781	3910803.969	59.517g	1.00	-1.00
267	2140.000	449.959	450.116	610324.842	3910812.014	59.517g	1.00	-1.00
268	2150.000	449.855	450.071	610318.903	3910820.060	59.517g	1.00	-1.00
269	2160.000	449.708	450.030	610312.964	3910828.105	59.517g	1.00	-1.00
270	2170.000	449.651	449.990	610307.025	3910836.150	59.517g	1.00	-1.00
271	2180.000	449.594	449.951	610301.086	3910844.196	59.517g	1.00	-1.00
272	2190.000	449.492	449.911	610295.147	3910852.241	59.517g	1.00	-1.00
273	2200.000	449.490	449.871	610289.208	3910860.286	59.517g	1.00	-1.00
274	2210.000	449.402	449.832	610283.269	3910868.332	59.517g	1.00	-1.00
275	2220.000	449.278	449.792	610277.330	3910876.377	59.517g	1.00	-1.00
276	2230.000	449.213	449.752	610271.391	3910884.423	59.517g	1.00	-1.00
277	2240.000	449.191	449.713	610265.452	3910892.468	59.517g	1.00	-1.00
278	2250.000	449.152	449.673	610259.513	3910900.513	59.517g	1.00	-1.00
279	2260.000	449.113	449.633	610253.574	3910908.559	59.517g	1.00	-1.00
280	2270.000	449.106	449.594	610247.635	3910916.604	59.517g	1.00	-1.00
281	2280.000	449.112	449.554	610241.696	3910924.649	59.517g	1.00	-1.00
282	2290.000	449.125	449.514	610235.757	3910932.695	59.517g	1.00	-1.00
283	2300.000	449.204	449.475	610229.818	3910940.740	59.517g	1.00	-1.00
284	2310.000	449.246	449.435	610223.879	3910948.785	59.517g	1.00	-1.00
285	2320.000	449.168	449.395	610217.940	3910956.831	59.517g	1.00	-1.00
286	2330.000	449.162	449.356	610212.001	3910964.876	59.517g	1.00	-1.00
287	2340.000	449.145	449.316	610206.062	3910972.922	59.517g	1.00	-1.00
288	2350.000	449.123	449.276	610200.123	3910980.967	59.517g	1.00	-1.00
289	2360.000	449.079	449.237	610194.184	3910989.012	59.517g	1.00	-1.00
290	2370.000	448.962	449.197	610188.245	3910997.058	59.517g	1.00	-1.00
291	2380.000	448.844	449.157	610182.305	3911005.103	59.517g	1.00	-1.00

292	2390.000	447.652	449.118	610176.366	3911013.148	59.517g	1.00	-1.00
293	2400.000	447.571	449.078	610170.427	3911021.194	59.517g	1.00	-1.00
294	2410.000	447.775	449.038	610164.488	3911029.239	59.517g	1.00	-1.00
295	2420.000	447.951	448.999	610158.549	3911037.285	59.517g	1.00	-1.00
296	2430.000	448.172	448.960	610152.610	3911045.330	59.517g	1.00	-1.00
297	2440.000	448.093	448.925	610146.671	3911053.375	59.517g	1.00	-1.00
298	2450.000	448.114	448.893	610140.732	3911061.421	59.517g	1.00	-1.00
299	2460.000	448.217	448.865	610134.793	3911069.466	59.517g	1.00	-1.00
300	2470.000	448.184	448.840	610128.854	3911077.511	59.517g	1.00	-1.00
301	2480.000	448.164	448.818	610122.915	3911085.557	59.517g	0.86	-0.89
302	2490.000	448.144	448.800	610116.976	3911093.602	59.517g	0.72	-0.77
303	2500.000	448.140	448.785	610111.037	3911101.647	59.517g	0.57	-0.65
304	2510.000	448.156	448.773	610105.098	3911109.693	59.517g	0.42	-0.53
305	2520.000	448.171	448.765	610099.159	3911117.738	59.517g	0.27	-0.42
306	2530.000	448.280	448.760	610093.220	3911125.784	59.517g	0.12	-0.30
307	2540.000	448.391	448.758	610087.281	3911133.829	59.517g	-0.02	-0.18
308	2550.000	448.575	448.760	610081.342	3911141.874	59.517g	-0.11	-0.11
309	2560.000	448.662	448.762	610075.403	3911149.920	59.517g	-0.11	-0.11
310	2565.778	448.693	448.763	610071.971	3911154.568	59.517g	-0.11	-0.11
311	2570.000	448.666	448.764	610069.464	3911157.965	59.517g	-0.11	-0.11
312	2580.000	448.590	448.766	610063.525	3911166.010	59.517g	-0.11	-0.11
313	2590.000	448.426	448.769	610057.586	3911174.056	59.517g	-0.05	-0.16
314	2600.000	448.303	448.771	610051.647	3911182.101	59.517g	0.10	-0.28
315	2610.000	448.180	448.773	610045.708	3911190.147	59.517g	0.25	-0.40
316	2620.000	448.044	448.775	610039.769	3911198.192	59.517g	0.40	-0.52
317	2630.000	447.904	448.777	610033.830	3911206.237	59.517g	0.54	-0.63
318	2640.000	448.294	448.780	610027.891	3911214.283	59.517g	0.69	-0.75
319	2650.000	448.618	448.782	610021.952	3911222.328	59.517g	0.84	-0.87
320	2660.000	447.481	448.784	610016.013	3911230.373	59.517g	0.99	-0.99
321	2670.000	447.516	448.786	610010.074	3911238.419	59.517g	1.00	-1.00
322	2680.000	447.455	448.788	610004.135	3911246.464	59.517g	1.00	-1.00
323	2690.000	447.298	448.790	609998.196	3911254.509	59.517g	1.00	-1.00
324	2700.000	447.140	448.793	609992.257	3911262.555	59.517g	1.00	-1.00
325	2710.000	447.584	448.795	609986.318	3911270.600	59.517g	1.00	-1.00
326	2720.000	447.950	448.797	609980.378	3911278.646	59.517g	1.00	-1.00
327	2730.000	447.957	448.799	609974.439	3911286.691	59.517g	1.00	-1.00
328	2740.000	447.964	448.801	609968.500	3911294.736	59.517g	1.00	-1.00
329	2750.000	447.793	448.804	609962.561	3911302.782	59.517g	1.00	-1.00
330	2760.000	447.221	448.806	609956.622	3911310.827	59.517g	1.00	-1.00
331	2770.000	446.648	448.808	609950.683	3911318.872	59.517g	1.00	-1.00
332	2780.000	446.075	448.810	609944.744	3911326.918	59.517g	1.00	-1.00
333	2790.000	445.502	448.812	609938.805	3911334.963	59.517g	1.00	-1.00
334	2800.000	444.930	448.815	609932.866	3911343.008	59.517g	1.00	-1.00
335	2810.000	446.175	448.817	609926.927	3911351.054	59.517g	1.00	-1.00
336	2820.000	447.715	448.819	609920.988	3911359.099	59.517g	1.00	-1.00
337	2830.000	447.831	448.821	609915.049	3911367.145	59.517g	1.00	-1.00
338	2840.000	447.822	448.823	609909.110	3911375.190	59.517g	1.00	-1.00
339	2850.000	447.813	448.825	609903.171	3911383.235	59.517g	1.00	-1.00
340	2860.000	447.803	448.828	609897.232	3911391.281	59.517g	1.00	-1.00
341	2870.000	447.830	448.830	609891.293	3911399.326	59.517g	1.00	-1.00
342	2880.000	447.885	448.832	609885.354	3911407.371	59.517g	1.00	-1.00
343	2890.000	447.940	448.834	609879.415	3911415.417	59.517g	1.00	-1.00
344	2900.000	447.995	448.836	609873.476	3911423.462	59.517g	1.00	-1.00
345	2910.000	448.049	448.839	609867.537	3911431.508	59.517g	1.00	-1.00
346	2920.000	448.047	448.841	609861.598	3911439.553	59.517g	1.00	-1.00
347	2930.000	448.120	448.843	609855.659	3911447.598	59.517g	1.00	-1.00
348	2940.000	448.194	448.845	609849.720	3911455.644	59.517g	1.00	-1.00
349	2950.000	448.256	448.847	609843.781	3911463.689	59.517g	1.00	-1.00
350	2960.000	448.232	448.850	609837.842	3911471.734	59.517g	1.00	-1.00
351	2970.000	448.237	448.852	609831.903	3911479.780	59.517g	1.00	-1.00

352	2980.000	448.274	448.854	609825.964	3911487.825	59.517g	1.00	-1.00
353	2987.500	448.301	448.856	609821.509	3911493.859	59.517g	1.00	-1.00
354	2990.000	448.310	448.856	609820.025	3911495.870	59.517g	1.00	-1.00
355	3000.000	448.334	448.858	609814.086	3911503.916	59.517g	1.00	-1.00
356	3010.000	448.345	448.860	609808.147	3911511.961	59.517g	1.00	-1.00
357	3020.000	448.347	448.863	609802.208	3911520.007	59.517g	1.00	-1.00
358	3030.000	448.350	448.865	609796.269	3911528.052	59.517g	1.00	-1.00
359	3040.000	448.353	448.867	609790.330	3911536.097	59.517g	1.00	-1.00
360	3050.000	448.382	448.869	609784.391	3911544.143	59.517g	1.00	-1.00
361	3060.000	448.411	448.871	609778.451	3911552.188	59.517g	1.00	-1.00
362	3060.100	448.411	448.871	609778.392	3911552.269	59.517g	1.00	-1.00
363	3070.000	448.441	448.874	609772.512	3911560.233	59.517g	1.00	-1.00
364	3080.000	448.476	448.876	609766.573	3911568.279	59.517g	1.00	-1.00
365	3090.000	448.543	448.878	609760.634	3911576.324	59.517g	1.00	-1.00
366	3100.000	448.618	448.880	609754.695	3911584.369	59.517g	1.00	-1.00
367	3110.000	448.695	448.882	609748.756	3911592.415	59.517g	1.00	-1.00
368	3120.000	448.776	448.885	609742.817	3911600.460	59.517g	1.00	-1.00
369	3130.000	448.759	448.887	609736.878	3911608.506	59.517g	1.00	-1.00
370	3140.000	448.742	448.889	609730.939	3911616.551	59.517g	1.00	-1.00
371	3150.000	448.724	448.891	609725.000	3911624.596	59.517g	1.00	-1.00
372	3150.100	448.724	448.891	609724.941	3911624.677	59.517g	1.00	-1.00
373	3160.000	448.707	448.893	609719.061	3911632.642	59.517g	1.00	-1.00
374	3170.000	448.714	448.895	609713.122	3911640.687	59.517g	1.00	-1.00
375	3180.000	448.761	448.898	609707.183	3911648.732	59.517g	1.00	-1.00
376	3190.000	448.807	448.900	609701.244	3911656.778	59.517g	1.00	-1.00
377	3200.000	448.854	448.902	609695.305	3911664.823	59.517g	1.00	-1.00
378	3210.000	448.900	448.904	609689.366	3911672.869	59.517g	1.00	-1.00
379	3220.000	448.944	449.104	609683.427	3911680.914	59.517g	0.00	0.00
380	3230.000	448.987	449.304	609677.488	3911688.959	59.517g	0.00	0.00
381	3240.000	449.030	449.504	609671.549	3911697.005	59.517g	0.00	0.00
382	3250.000	449.073	449.704	609665.610	3911705.050	59.517g	0.00	0.00
383	3260.000	449.126	449.904	609659.671	3911713.095	59.517g	0.00	0.00
384	3270.000	449.178	450.104	609653.732	3911721.141	59.517g	0.00	0.00
385	3280.000	449.229	450.305	609647.793	3911729.186	59.517g	0.00	0.00
386	3290.000	449.280	450.505	609641.854	3911737.231	59.517g	0.00	0.00
387	3300.000	449.343	450.705	609635.915	3911745.277	59.517g	0.00	0.00
388	3310.000	449.423	450.905	609629.976	3911753.322	59.517g	0.00	0.00
389	3320.000	449.485	451.105	609624.037	3911761.368	59.517g	0.00	0.00
390	3330.000	449.547	451.305	609618.098	3911769.413	59.517g	0.00	0.00
391	3340.000	449.609	451.505	609612.159	3911777.458	59.517g	0.00	0.00
392	3350.000	449.640	451.705	609606.220	3911785.504	59.517g	0.00	0.00
393	3360.000	449.672	451.905	609600.281	3911793.549	59.517g	0.00	0.00
394	3370.000	449.703	452.105	609594.342	3911801.594	59.517g	0.00	0.00
395	3380.000	449.735	452.305	609588.403	3911809.640	59.517g	0.00	0.00
396	3390.000	449.767	452.505	609582.464	3911817.685	59.517g	0.00	0.00
397	3400.000	449.853	452.705	609576.525	3911825.731	59.517g	0.00	0.00
398	3410.000	449.956	452.905	609570.585	3911833.776	59.517g	0.00	0.00
399	3420.000	450.060	453.105	609564.646	3911841.821	59.517g	0.00	0.00
400	3430.000	450.163	453.305	609558.707	3911849.867	59.517g	0.00	0.00
401	3440.000	450.259	453.505	609552.768	3911857.912	59.517g	0.00	0.00
402	3450.000	450.298	453.705	609546.829	3911865.957	59.517g	0.00	0.00
403	3460.000	450.337	453.905	609540.890	3911874.003	59.517g	0.00	0.00
404	3470.000	450.377	454.105	609534.951	3911882.048	59.517g	0.00	0.00
405	3480.000	450.424	454.305	609529.012	3911890.093	59.517g	0.00	0.00
406	3490.000	450.544	454.505	609523.073	3911898.139	59.517g	0.00	0.00
407	3500.000	450.671	454.706	609517.134	3911906.184	59.517g	0.00	0.00

❖ **Tabulation bretelle 1:**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	456.582	457.647	611120.672	3909733.935	359.517g	-0.50	-0.50
2	10.000	456.752	457.547	611112.627	3909727.996	359.517g	-0.50	-0.50
3	20.000	457.005	457.447	611104.581	3909722.057	359.517g	-0.50	-0.50
4	22.490	457.068	457.422	611102.578	3909720.578	359.517g	-0.50	-0.50
5	22.500	457.068	457.422	611102.570	3909720.572	359.517g	-0.50	-0.50
6	30.000	457.169	457.355	611096.536	3909716.118	359.517g	-0.28	-0.57
7	40.000	457.218	457.294	611088.491	3909710.179	359.517g	0.03	-0.68
8	50.000	457.267	457.266	611080.445	3909704.240	359.517g	0.32	-0.77
9	60.000	457.279	457.272	611072.400	3909698.301	359.517g	0.62	-0.88
10	70.000	457.342	457.309	611064.355	3909692.362	359.517g	0.93	-0.98
11	80.000	457.243	457.354	611056.309	3909686.423	359.517g	1.00	-1.00
12	90.000	457.145	457.399	611048.264	3909680.484	359.517g	1.00	-1.00
13	100.000	457.217	457.444	611040.218	3909674.545	359.517g	1.00	-1.00
14	110.000	457.493	457.489	611032.173	3909668.606	359.517g	1.00	-1.00
15	120.000	457.751	457.534	611024.128	3909662.667	359.517g	0.82	-0.93
16	130.000	457.861	457.579	611016.082	3909656.728	359.517g	0.57	-0.84
17	140.000	457.696	457.625	611008.037	3909650.789	359.517g	0.33	-0.75
18	150.000	457.532	457.698	610999.992	3909644.850	359.517g	0.09	-0.66
19	160.000	457.397	457.796	610991.946	3909638.911	359.517g	-0.16	-0.57
20	170.000	457.391	457.896	610983.901	3909632.972	359.517g	-0.40	-0.48
21	172.500	457.385	457.921	610981.890	3909631.487	359.517g	-0.46	-0.46
22	172.510	457.385	457.921	610981.881	3909631.481	359.517g	-0.46	-0.46
23	180.000	457.367	457.996	610975.855	3909627.033	359.517g	-0.46	-0.46
24	185.000	457.356	458.046	610971.833	3909624.063	359.517g	-0.46	-0.46

❖ **Tabulation bretelle 2:**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	453.211	453.211	609454.182	3910447.601	245.721g	1.00	-1.00
2	10.000	453.117	453.120	609461.712	3910441.020	245.721g	1.00	-1.00
3	15.000	453.074	453.074	609465.477	3910437.730	245.721g	1.00	-1.00
4	15.100	453.075	453.074	609465.553	3910437.664	245.721g	1.00	-1.00
5	20.000	453.125	453.083	609469.242	3910434.440	245.721g	1.00	-1.00
6	30.000	453.164	453.101	609476.772	3910427.860	245.721g	1.00	-1.00
7	40.000	453.163	453.119	609484.302	3910421.280	245.721g	1.00	-1.00
8	50.000	453.168	453.136	609491.832	3910414.700	245.721g	1.00	-1.00
9	60.000	453.175	453.154	609499.362	3910408.119	245.721g	1.00	-1.00
10	70.000	453.194	453.172	609506.892	3910401.539	245.721g	1.00	-1.00
11	80.000	453.200	453.190	609514.423	3910394.959	245.721g	1.00	-1.00
12	90.000	453.208	453.203	609521.953	3910388.379	245.721g	1.00	-1.00
13	100.000	453.216	453.190	609529.483	3910381.799	245.721g	1.00	-1.00
14	110.000	453.220	453.171	609537.013	3910375.219	245.721g	1.00	-1.00
15	120.000	453.217	453.153	609544.543	3910368.638	245.721g	1.00	-1.00
16	130.000	453.225	453.134	609552.073	3910362.058	245.721g	1.00	-1.00
17	140.000	453.252	453.116	609559.603	3910355.478	245.721g	1.00	-1.00
18	150.000	453.290	453.098	609567.133	3910348.898	245.721g	1.00	-1.00
19	160.000	453.289	453.079	609574.663	3910342.318	245.721g	1.00	-1.00
20	169.900	453.341	453.061	609582.117	3910335.803	245.721g	1.00	-1.00
21	170.000	453.342	453.061	609582.193	3910335.738	245.721g	1.00	-1.00
22	180.000	453.342	453.161	609589.723	3910329.157	245.721g	1.00	-1.00
23	182.500	453.296	453.186	609591.605	3910327.512	245.721g	1.00	-1.00

❖ **Tabulation voie de sortie rapide :**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	451.287	450.907	610397.449	3910713.657	26.184g	0.72	-0.72
2	10.000	451.282	450.795	610388.283	3910717.655	26.184g	0.72	-0.72
3	20.000	451.075	450.683	610379.116	3910721.653	26.184g	0.72	-0.72
4	30.000	450.868	450.571	610369.950	3910725.651	26.184g	0.72	-0.72
5	40.000	450.626	450.459	610360.784	3910729.649	26.184g	0.72	-0.72
6	45.000	450.513	450.403	610356.201	3910731.648	26.184g	0.72	-0.72
7	50.000	450.491	450.351	610351.618	3910733.647	26.184g	0.74	-0.74
8	60.000	450.447	450.274	610342.452	3910737.645	26.184g	0.78	-0.78
9	66.650	450.418	450.240	610336.357	3910740.304	26.184g	0.80	-0.80
10	70.000	450.403	450.229	610333.286	3910741.643	26.184g	0.81	-0.81
11	80.000	450.351	450.214	610324.120	3910745.641	26.184g	0.85	-0.85
12	90.000	450.385	450.203	610314.954	3910749.639	26.184g	0.89	-0.89
13	100.000	450.489	450.193	610305.788	3910753.637	26.184g	0.93	-0.93
14	110.000	450.292	450.182	610296.622	3910757.635	26.184g	0.96	-0.96
15	120.000	450.050	450.172	610287.456	3910761.633	26.184g	1.00	-1.00
16	130.000	449.808	450.161	610278.290	3910765.631	26.184g	1.00	-1.00
17	140.000	449.596	450.151	610269.124	3910769.629	26.184g	1.00	-1.00
18	150.000	449.576	450.140	610259.958	3910773.627	26.184g	1.00	-1.00
19	160.000	449.549	450.130	610250.792	3910777.625	26.184g	1.00	-1.00
20	170.000	449.588	450.119	610241.626	3910781.623	26.184g	1.00	-1.00
21	180.000	449.637	450.109	610232.460	3910785.621	26.184g	1.00	-1.00
22	190.000	449.731	450.098	610223.294	3910789.619	26.184g	1.00	-1.00
23	200.000	449.901	450.088	610214.128	3910793.617	26.184g	1.00	-1.00
24	210.000	450.037	450.077	610204.962	3910797.615	26.184g	1.00	-1.00
25	220.000	450.057	450.067	610195.796	3910801.613	26.184g	1.00	-1.00
26	230.000	450.078	450.056	610186.630	3910805.611	26.184g	1.00	-1.00
27	240.000	450.077	450.045	610177.464	3910809.609	26.184g	1.00	-1.00
28	250.000	448.656	450.035	610168.298	3910813.607	26.184g	1.00	-1.00
29	260.000	449.989	450.024	610159.132	3910817.605	26.184g	0.94	-0.94
30	270.000	450.180	450.014	610149.966	3910821.603	26.184g	0.88	-0.88
31	280.000	450.220	450.003	610140.800	3910825.600	26.184g	0.81	-0.81
32	290.000	450.375	449.993	610131.634	3910829.598	26.184g	0.75	-0.75
33	300.000	450.214	449.982	610122.467	3910833.596	26.184g	0.69	-0.69
34	310.000	450.024	449.972	610113.301	3910837.594	26.184g	0.63	-0.63
35	320.000	449.853	449.968	610104.135	3910841.592	26.184g	0.57	-0.57
36	323.350	449.846	449.973	610101.065	3910842.932	26.184g	0.54	-0.54
37	330.000	449.830	449.993	610094.969	3910845.590	26.184g	0.50	-0.50
38	340.000	449.804	450.024	610085.803	3910849.588	26.184g	0.44	-0.44
39	345.000	449.791	450.040	610081.220	3910851.587	26.184g	0.41	-0.41
40	350.000	449.778	450.055	610076.637	3910853.586	26.184g	0.41	-0.41
41	360.000	449.752	450.087	610067.471	3910857.584	26.184g	0.41	-0.41
42	370.000	449.722	450.118	610058.306	3910861.582	26.184g	0.41	-0.41

❖ **Tabulation parking :**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	454.402	454.472	609489.031	3910122.368	145.721g	0.50	0.50
2	10.000	454.367	454.425	609495.611	3910129.898	145.721g	0.50	0.50
3	20.000	454.313	454.379	609502.191	3910137.428	145.721g	0.50	0.50
4	30.000	454.247	454.332	609508.772	3910144.958	145.721g	0.50	0.50
5	40.000	454.172	454.286	609515.352	3910152.488	145.721g	0.50	0.50
6	50.000	454.119	454.239	609521.932	3910160.018	145.721g	0.50	0.50
7	60.000	454.081	454.193	609528.512	3910167.548	145.721g	0.50	0.50
8	70.000	454.043	454.146	609535.092	3910175.078	145.721g	0.50	0.50
9	80.000	454.004	454.100	609541.673	3910182.608	145.721g	0.50	0.50
10	90.000	453.967	454.053	609548.253	3910190.138	145.721g	0.50	0.50
11	100.000	453.929	454.007	609554.833	3910197.668	145.721g	0.50	0.50
12	110.000	453.871	453.960	609561.413	3910205.198	145.721g	0.50	0.50
13	120.000	453.811	453.914	609567.993	3910212.728	145.721g	0.50	0.50
14	130.000	453.552	453.867	609574.573	3910220.258	145.721g	0.50	0.50
15	140.000	453.395	453.819	609581.154	3910227.788	145.721g	0.50	0.50
16	150.000	453.265	453.770	609587.734	3910235.318	145.721g	0.50	0.50
17	160.000	453.174	453.721	609594.314	3910242.848	145.721g	0.50	0.50
18	170.000	453.140	453.672	609600.894	3910250.378	145.721g	0.50	0.50
19	180.000	453.097	453.623	609607.474	3910257.908	145.721g	0.50	0.50
20	190.000	453.044	453.574	609614.054	3910265.438	145.721g	0.50	0.50
21	200.000	452.966	453.525	609620.635	3910272.968	145.721g	0.50	0.50
22	210.000	452.875	453.475	609627.215	3910280.498	145.721g	0.50	0.50
23	220.000	452.796	453.426	609633.795	3910288.028	145.721g	0.50	0.50
24	230.000	452.718	453.377	609640.375	3910295.558	145.721g	0.50	0.50
25	240.000	452.502	453.328	609646.955	3910303.089	145.721g	0.50	0.50
26	250.000	452.408	453.279	609653.535	3910310.619	145.721g	0.50	0.50
27	260.000	452.354	453.230	609660.116	3910318.149	145.721g	0.50	0.50
28	270.000	452.323	453.181	609666.696	3910325.679	145.721g	0.50	0.50
29	280.000	452.290	453.131	609673.276	3910333.209	145.721g	0.50	0.50
30	290.000	452.257	453.082	609679.856	3910340.739	145.721g	0.50	0.50
31	300.000	452.177	453.033	609686.436	3910348.269	145.721g	0.50	0.50

❖ Tabulation taxiway 1:

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	460.970	461.579	611588.371	3909100.362	359.517g	2.50	-2.50
2	10.000	461.215	461.479	611580.325	3909094.423	359.517g	2.50	-2.50
3	20.000	461.457	461.379	611572.280	3909088.484	359.517g	2.50	-2.50
4	30.000	461.594	461.280	611564.235	3909082.545	359.517g	1.00	-1.00
5	40.000	461.729	461.202	611556.189	3909076.606	359.517g	1.00	-1.00
6	50.000	461.864	461.158	611548.144	3909070.667	359.517g	1.00	-1.00
7	60.000	461.964	461.136	611540.098	3909064.728	359.517g	1.00	-1.00
8	70.000	462.100	461.114	611532.053	3909058.789	359.517g	1.00	-1.00
9	80.000	462.236	461.092	611524.008	3909052.850	359.517g	1.00	-1.00
10	90.000	462.172	461.071	611515.962	3909046.911	359.517g	1.00	-1.00
11	100.000	462.042	461.049	611507.917	3909040.972	359.517g	1.00	-1.00
12	110.000	461.905	461.027	611499.872	3909035.033	359.517g	1.00	-1.00
13	120.000	462.006	461.006	611491.455	3909029.647	368.006g	1.00	-1.00
14	130.000	462.218	460.984	611482.397	3909025.428	376.494g	1.00	-1.00
15	140.000	462.257	460.963	611472.858	3909022.451	384.982g	1.00	-1.00
16	150.000	462.282	460.941	611463.008	3909020.768	393.470g	1.00	-1.00
17	160.000	462.367	460.919	611453.022	3909020.409	1.959g	1.00	-1.00
18	170.000	462.442	460.898	611443.077	3909021.381	10.447g	1.00	-1.00
19	180.000	462.394	460.876	611433.349	3909023.666	18.935g	1.00	-1.00
20	190.000	462.079	460.854	611424.011	3909027.225	27.423g	1.00	-1.00
21	200.000	461.685	460.833	611415.230	3909031.993	35.912g	1.00	-1.00
22	210.000	461.172	460.811	611407.160	3909037.886	44.400g	1.00	-1.00
23	220.000	461.154	460.789	611399.945	3909044.800	52.888g	1.00	-1.00
24	227.810	461.086	460.773	611394.989	3909050.831	59.517g	1.00	-1.00
25	230.000	461.060	460.768	611393.688	3909052.593	59.517g	1.00	-1.00
26	240.000	460.969	460.746	611387.749	3909060.638	59.517g	1.00	-1.00
27	250.000	460.653	460.725	611381.810	3909068.684	59.517g	1.00	-1.00
28	260.000	460.233	460.703	611375.871	3909076.729	59.517g	1.00	-1.00
29	270.000	460.235	460.681	611369.932	3909084.774	59.517g	1.00	-1.00
30	280.000	459.909	460.660	611363.993	3909092.820	59.517g	1.00	-1.00
31	290.000	459.676	460.638	611358.054	3909100.865	59.517g	1.00	-1.00
32	300.000	459.796	460.616	611352.115	3909108.910	59.517g	1.00	-1.00
33	310.000	459.796	460.595	611346.176	3909116.956	59.517g	1.00	-1.00
34	320.000	459.876	460.573	611340.237	3909125.001	59.517g	1.00	-1.00
35	330.000	460.004	460.551	611334.298	3909133.046	59.517g	1.00	-1.00
36	340.000	460.119	460.530	611328.359	3909141.092	59.517g	1.00	-1.00
37	350.000	460.435	460.508	611322.419	3909149.137	59.517g	1.00	-1.00
38	360.000	460.760	460.486	611316.480	3909157.183	59.517g	1.00	-1.00
39	370.000	460.588	460.465	611310.541	3909165.228	59.517g	1.00	-1.00
40	380.000	460.514	460.443	611304.602	3909173.273	59.517g	1.00	-1.00
41	390.000	460.480	460.422	611298.663	3909181.319	59.517g	1.00	-1.00
42	400.000	460.446	460.400	611292.724	3909189.364	59.517g	1.00	-1.00
43	410.000	460.405	460.378	611286.785	3909197.409	59.517g	1.00	-1.00
44	420.000	460.205	460.357	611280.846	3909205.455	59.517g	1.00	-1.00
45	430.000	460.046	460.335	611274.907	3909213.500	59.517g	1.00	-1.00
46	440.000	460.016	460.313	611268.968	3909221.545	59.517g	1.00	-1.00
47	450.000	459.987	460.292	611263.029	3909229.591	59.517g	1.00	-1.00
48	460.000	459.719	460.255	611257.090	3909237.636	59.517g	1.00	-1.00
49	470.000	459.500	460.209	611251.151	3909245.682	59.517g	1.00	-1.00
50	480.000	459.436	460.163	611245.212	3909253.727	59.517g	1.00	-1.00
51	490.000	459.372	460.117	611239.273	3909261.772	59.517g	1.00	-1.00
52	500.000	459.317	460.071	611233.334	3909269.818	59.517g	1.00	-1.00

53	510.000	459.487	460.025	611227.395	3909277.863	59.517g	1.00	-1.00
54	520.000	459.333	459.979	611221.456	3909285.908	59.517g	1.00	-1.00
55	530.000	459.370	459.933	611215.517	3909293.954	59.517g	1.00	-1.00
56	540.000	459.407	459.887	611209.578	3909301.999	59.517g	1.00	-1.00
57	550.000	459.444	459.841	611203.639	3909310.045	59.517g	1.00	-1.00
58	560.000	459.496	459.795	611197.700	3909318.090	59.517g	1.00	-1.00
59	570.000	459.593	459.749	611191.761	3909326.135	59.517g	1.00	-1.00
60	580.000	459.695	459.703	611185.822	3909334.181	59.517g	1.00	-1.00
61	590.000	459.797	459.657	611179.883	3909342.226	59.517g	1.00	-1.00
62	600.000	459.889	459.611	611173.944	3909350.271	59.517g	1.00	-1.00
63	610.000	459.976	459.565	611168.005	3909358.317	59.517g	1.00	-1.00
64	620.000	460.034	459.519	611162.066	3909366.362	59.517g	1.00	-1.00
65	630.000	460.036	459.473	611156.127	3909374.407	59.517g	1.00	-1.00
66	640.000	459.862	459.427	611150.188	3909382.453	59.517g	1.00	-1.00
67	650.000	459.687	459.381	611144.249	3909390.498	59.517g	1.00	-1.00
68	660.000	459.513	459.335	611138.310	3909398.544	59.517g	1.00	-1.00
69	670.000	459.494	459.289	611132.371	3909406.589	59.517g	1.00	-1.00
70	680.000	459.447	459.243	611126.432	3909414.634	59.517g	1.00	-1.00
71	690.000	459.371	459.197	611120.492	3909422.680	59.517g	1.00	-1.00
72	700.000	459.351	459.151	611114.553	3909430.725	59.517g	1.00	-1.00
73	710.000	459.224	459.105	611108.614	3909438.770	59.517g	1.00	-1.00
74	720.000	459.057	459.059	611102.675	3909446.816	59.517g	1.00	-1.00
75	730.000	458.859	459.013	611096.736	3909454.861	59.517g	1.00	-1.00
76	740.000	459.021	458.967	611090.797	3909462.906	59.517g	1.00	-1.00
77	750.000	459.287	458.921	611084.858	3909470.952	59.517g	1.00	-1.00
78	760.000	459.533	458.875	611078.919	3909478.997	59.517g	1.00	-1.00
79	770.000	459.533	458.829	611072.980	3909487.043	59.517g	1.00	-1.00
80	780.000	459.625	458.783	611067.041	3909495.088	59.517g	1.00	-1.00
81	790.000	459.440	458.737	611061.102	3909503.133	59.517g	1.00	-1.00
82	800.000	459.255	458.691	611055.163	3909511.179	59.517g	1.00	-1.00
83	810.000	459.032	458.645	611049.224	3909519.224	59.517g	1.00	-1.00
84	820.000	458.762	458.599	611043.285	3909527.269	59.517g	1.00	-1.00
85	830.000	458.493	458.553	611037.346	3909535.315	59.517g	1.00	-1.00
86	840.000	458.259	458.507	611031.407	3909543.360	59.517g	1.00	-1.00
87	850.000	458.193	458.461	611025.468	3909551.406	59.517g	1.00	-1.00
88	860.000	458.135	458.415	611019.529	3909559.451	59.517g	1.00	-1.00
89	870.000	458.078	458.369	611013.590	3909567.496	59.517g	1.00	-1.00
90	880.000	458.038	458.323	611007.651	3909575.542	59.517g	1.00	-1.00
91	890.000	457.963	458.277	611001.712	3909583.587	59.517g	1.00	-1.00
92	900.000	457.888	458.231	610995.773	3909591.632	59.517g	1.00	-1.00
93	910.000	457.785	458.185	610989.834	3909599.678	59.517g	1.00	-1.00
94	920.000	457.589	458.139	610983.895	3909607.723	59.517g	1.00	-1.00
95	930.000	457.395	458.093	610977.956	3909615.768	59.517g	1.00	-1.00
96	940.000	457.353	458.047	610972.017	3909623.814	59.517g	1.00	-1.00
97	950.000	457.451	458.001	610966.078	3909631.859	59.517g	1.00	-1.00
98	960.000	457.513	457.955	610960.139	3909639.905	59.517g	1.00	-1.00
99	970.000	457.595	457.909	610954.200	3909647.950	59.517g	1.00	-1.00
100	980.000	457.676	457.863	610948.261	3909655.995	59.517g	1.00	-1.00
101	990.000	457.605	457.817	610942.322	3909664.041	59.517g	1.00	-1.00
102	1000.000	457.436	457.770	610936.383	3909672.086	59.517g	1.00	-1.00
103	1010.000	457.286	457.710	610930.444	3909680.131	59.517g	1.00	-1.00
104	1020.000	457.159	457.648	610924.505	3909688.177	59.517g	1.00	-1.00
105	1030.000	457.003	457.587	610918.565	3909696.222	59.517g	1.00	-1.00
106	1040.000	456.889	457.525	610912.626	3909704.268	59.517g	1.00	-1.00
107	1050.000	456.937	457.463	610906.687	3909712.313	59.517g	1.00	-1.00
108	1060.000	456.985	457.402	610900.748	3909720.358	59.517g	1.00	-1.00
109	1070.000	457.045	457.340	610894.809	3909728.404	59.517g	1.00	-1.00
110	1080.000	457.104	457.278	610888.870	3909736.449	59.517g	1.00	-1.00
111	1090.000	457.043	457.217	610882.931	3909744.494	59.517g	1.00	-1.00
112	1100.000	456.899	457.155	610876.992	3909752.540	59.517g	1.00	-1.00

113	1110.000	456.949	457.093	610871.053	3909760.585	59.517g	1.00	-1.00
114	1120.000	457.177	457.032	610865.114	3909768.630	59.517g	1.00	-1.00
115	1130.000	457.406	456.970	610859.175	3909776.676	59.517g	1.00	-1.00
116	1140.000	457.313	456.909	610853.236	3909784.721	59.517g	1.00	-1.00
117	1150.000	457.162	456.847	610847.297	3909792.767	59.517g	1.00	-1.00
118	1160.000	457.011	456.785	610841.358	3909800.812	59.517g	1.00	-1.00
119	1170.000	456.860	456.724	610835.419	3909808.857	59.517g	1.00	-1.00
120	1180.000	456.708	456.662	610829.480	3909816.903	59.517g	1.00	-1.00
121	1190.000	456.510	456.600	610823.541	3909824.948	59.517g	1.00	-1.00
122	1200.000	456.311	456.539	610817.602	3909832.993	59.517g	1.00	-1.00
123	1210.000	456.374	456.477	610811.663	3909841.039	59.517g	1.00	-1.00
124	1220.000	456.446	456.416	610805.724	3909849.084	59.517g	1.00	-1.00
125	1230.000	456.514	456.354	610799.785	3909857.129	59.517g	1.00	-1.00
126	1240.000	456.383	456.292	610793.846	3909865.175	59.517g	1.00	-1.00
127	1250.000	456.152	456.231	610787.907	3909873.220	59.517g	1.00	-1.00
128	1260.000	455.922	456.169	610781.968	3909881.266	59.517g	1.00	-1.00
129	1270.000	455.695	456.107	610776.029	3909889.311	59.517g	1.00	-1.00
130	1280.000	455.411	456.046	610770.090	3909897.356	59.517g	1.00	-1.00
131	1290.000	455.062	455.984	610764.151	3909905.402	59.517g	1.00	-1.00
132	1300.000	454.736	455.923	610758.212	3909913.447	59.517g	1.00	-1.00
133	1310.000	454.630	455.861	610752.273	3909921.492	59.517g	1.00	-1.00
134	1320.000	454.524	455.799	610746.334	3909929.538	59.517g	1.00	-1.00
135	1330.000	454.436	455.738	610740.395	3909937.583	59.517g	1.00	-1.00
136	1340.000	454.366	455.676	610734.456	3909945.629	59.517g	1.00	-1.00
137	1350.000	454.333	455.614	610728.517	3909953.674	59.517g	1.00	-1.00
138	1360.000	454.263	455.553	610722.578	3909961.719	59.517g	1.00	-1.00
139	1370.000	454.143	455.491	610716.639	3909969.765	59.517g	1.00	-1.00
140	1380.000	454.122	455.430	610710.699	3909977.810	59.517g	1.00	-1.00
141	1390.000	454.151	455.368	610704.760	3909985.855	59.517g	1.00	-1.00
142	1400.000	454.180	455.306	610698.821	3909993.901	59.517g	1.00	-1.00
143	1410.000	454.215	455.245	610692.882	3910001.946	59.517g	1.00	-1.00
144	1420.000	454.246	455.183	610686.943	3910009.991	59.517g	1.00	-1.00
145	1430.000	454.276	455.121	610681.004	3910018.037	59.517g	1.00	-1.00
146	1440.000	454.306	455.060	610675.065	3910026.082	59.517g	1.00	-1.00
147	1450.000	454.336	454.998	610669.126	3910034.128	59.517g	1.00	-1.00
148	1460.000	454.351	454.936	610663.187	3910042.173	59.517g	1.00	-1.00
149	1470.000	454.348	454.875	610657.248	3910050.218	59.517g	1.00	-1.00
150	1480.000	454.344	454.813	610651.309	3910058.264	59.517g	1.00	-1.00
151	1490.000	454.341	454.752	610645.370	3910066.309	59.517g	1.00	-1.00
152	1500.000	454.287	454.690	610639.431	3910074.354	59.517g	1.00	-1.00
153	1510.000	454.191	454.628	610633.492	3910082.400	59.517g	1.00	-1.00
154	1520.000	454.102	454.567	610627.553	3910090.445	59.517g	1.00	-1.00
155	1530.000	454.058	454.505	610621.614	3910098.490	59.517g	1.00	-1.00
156	1540.000	454.014	454.443	610615.675	3910106.536	59.517g	1.00	-1.00
157	1550.000	453.962	454.382	610609.736	3910114.581	59.517g	1.00	-1.00
158	1560.000	453.855	454.320	610603.797	3910122.627	59.517g	1.00	-1.00
159	1570.000	453.732	454.259	610597.858	3910130.672	59.517g	1.00	-1.00
160	1580.000	453.613	454.197	610591.919	3910138.717	59.517g	1.00	-1.00
161	1590.000	453.567	454.135	610585.980	3910146.763	59.517g	1.00	-1.00
162	1600.000	453.558	454.074	610580.041	3910154.808	59.517g	1.00	-1.00
163	1610.000	453.559	454.012	610574.102	3910162.853	59.517g	1.00	-1.00
164	1620.000	453.538	453.950	610568.163	3910170.899	59.517g	1.00	-1.00
165	1630.000	453.465	453.889	610562.224	3910178.944	59.517g	1.00	-1.00
166	1640.000	453.393	453.827	610556.285	3910186.990	59.517g	1.00	-1.00
167	1650.000	453.311	453.766	610550.346	3910195.035	59.517g	1.00	-1.00
168	1660.000	453.212	453.704	610544.407	3910203.080	59.517g	1.00	-1.00
169	1670.000	453.189	453.642	610538.468	3910211.126	59.517g	1.00	-1.00
170	1680.000	453.406	453.581	610532.529	3910219.171	59.517g	1.00	-1.00
171	1690.000	453.463	453.519	610526.590	3910227.216	59.517g	1.00	-1.00
172	1700.000	453.510	453.457	610520.651	3910235.262	59.517g	1.00	-1.00

173	1710.000	453.556	453.396	610514.712	3910243.307	59.517g	1.00	-1.00
174	1720.000	453.561	453.334	610508.772	3910251.352	59.517g	1.00	-1.00
175	1728.570	453.421	453.281	610503.683	3910258.247	59.517g	1.00	-1.00
176	1730.000	453.398	453.273	610502.833	3910259.398	59.517g	1.00	-1.00
177	1740.000	453.413	453.211	610496.894	3910267.443	59.517g	1.00	-1.00
178	1750.000	453.263	453.149	610490.955	3910275.489	59.517g	1.00	-1.00
179	1760.000	453.112	453.088	610485.016	3910283.534	59.517g	1.00	-1.00
180	1770.000	452.962	453.026	610479.077	3910291.579	59.517g	1.00	-1.00
181	1780.000	452.834	452.964	610473.138	3910299.625	59.517g	1.00	-1.00
182	1790.000	452.749	452.903	610467.199	3910307.670	59.517g	1.00	-1.00
183	1800.000	452.683	452.841	610461.260	3910315.715	59.517g	1.00	-1.00
184	1810.000	452.617	452.779	610455.321	3910323.761	59.517g	1.00	-1.00
185	1820.000	452.620	452.718	610449.382	3910331.806	59.517g	1.00	-1.00
186	1830.000	452.764	452.656	610443.443	3910339.852	59.517g	1.00	-1.00
187	1840.000	453.095	452.596	610437.504	3910347.897	59.517g	1.00	-1.00
188	1850.000	453.426	452.554	610431.565	3910355.942	59.517g	1.00	-1.00
189	1860.000	453.436	452.513	610425.626	3910363.988	59.517g	1.00	-1.00
190	1870.000	453.469	452.473	610419.687	3910372.033	59.517g	1.00	-1.00
191	1880.000	453.397	452.432	610413.748	3910380.078	59.517g	1.00	-1.00
192	1890.000	452.944	452.391	610407.809	3910388.124	59.517g	1.00	-1.00
193	1900.000	452.429	452.351	610401.870	3910396.169	59.517g	1.00	-1.00
194	1910.000	451.914	452.310	610395.931	3910404.214	59.517g	1.00	-1.00
195	1920.000	451.399	452.269	610389.992	3910412.260	59.517g	1.00	-1.00
196	1930.000	450.963	452.228	610384.053	3910420.305	59.517g	1.00	-1.00
197	1940.000	450.373	452.188	610378.114	3910428.351	59.517g	1.00	-1.00
198	1950.000	450.014	452.147	610372.175	3910436.396	59.517g	1.00	-1.00
199	1960.000	450.446	452.106	610366.236	3910444.441	59.517g	1.00	-1.00
200	1970.000	450.252	452.066	610360.297	3910452.487	59.517g	1.00	-1.00
201	1980.000	450.145	452.025	610354.358	3910460.532	59.517g	1.00	-1.00
202	1990.000	450.118	451.984	610348.419	3910468.577	59.517g	1.00	-1.00
203	2000.000	450.126	451.944	610342.480	3910476.623	59.517g	1.00	-1.00
204	2010.000	450.142	451.903	610336.541	3910484.668	59.517g	1.00	-1.00
205	2020.000	450.167	451.862	610330.602	3910492.713	59.517g	1.00	-1.00
206	2030.000	450.200	451.822	610324.663	3910500.759	59.517g	1.00	-1.00
207	2040.000	450.208	451.781	610318.724	3910508.804	59.517g	1.00	-1.00
208	2050.000	450.195	451.740	610312.785	3910516.850	59.517g	1.00	-1.00
209	2060.000	450.151	451.700	610306.845	3910524.895	59.517g	1.00	-1.00
210	2070.000	450.108	451.659	610300.906	3910532.940	59.517g	1.00	-1.00
211	2080.000	450.069	451.618	610294.967	3910540.986	59.517g	1.00	-1.00
212	2090.000	450.123	451.578	610289.028	3910549.031	59.517g	1.00	-1.00
213	2100.000	450.172	451.537	610283.089	3910557.076	59.517g	1.00	-1.00
214	2110.000	450.218	451.496	610277.150	3910565.122	59.517g	1.00	-1.00
215	2120.000	450.218	451.456	610271.211	3910573.167	59.517g	1.00	-1.00
216	2130.000	450.187	451.415	610265.272	3910581.213	59.517g	1.00	-1.00
217	2140.000	450.303	451.374	610259.333	3910589.258	59.517g	1.00	-1.00
218	2150.000	450.334	451.333	610253.394	3910597.303	59.517g	1.00	-1.00
219	2160.000	450.353	451.293	610247.455	3910605.349	59.517g	1.00	-1.00
220	2170.000	450.334	451.252	610241.516	3910613.394	59.517g	1.00	-1.00
221	2180.000	450.291	451.211	610235.577	3910621.439	59.517g	1.00	-1.00
222	2190.000	450.269	451.171	610229.638	3910629.485	59.517g	1.00	-1.00
223	2200.000	450.245	451.130	610223.699	3910637.530	59.517g	1.00	-1.00
224	2210.000	450.173	451.089	610217.760	3910645.575	59.517g	1.00	-1.00
225	2220.000	450.342	451.049	610211.821	3910653.621	59.517g	1.00	-1.00
226	2230.000	450.600	451.008	610205.882	3910661.666	59.517g	1.00	-1.00
227	2240.000	450.833	450.967	610199.943	3910669.712	59.517g	1.00	-1.00
228	2250.000	449.669	450.927	610194.004	3910677.757	59.517g	1.00	-1.00
229	2260.000	448.950	450.886	610188.065	3910685.802	59.517g	1.00	-1.00
230	2270.000	448.686	450.845	610182.126	3910693.848	59.517g	1.00	-1.00
231	2280.000	449.119	450.805	610176.187	3910701.893	59.517g	1.00	-1.00
232	2290.000	449.553	450.764	610170.248	3910709.938	59.517g	1.00	-1.00

233	2300.000	449.906	450.723	610164.309	3910717.984	59.517g	1.00	-1.00
234	2310.000	449.919	450.683	610158.370	3910726.029	59.517g	1.00	-1.00
235	2320.000	449.974	450.642	610152.431	3910734.074	59.517g	1.00	-1.00
236	2330.000	450.026	450.601	610146.492	3910742.120	59.517g	1.00	-1.00
237	2340.000	450.074	450.561	610140.553	3910750.165	59.517g	1.00	-1.00
238	2350.000	450.179	450.520	610134.614	3910758.211	59.517g	1.00	-1.00
239	2360.000	450.239	450.479	610128.675	3910766.256	59.517g	1.00	-1.00
240	2370.000	450.277	450.439	610122.736	3910774.301	59.517g	1.00	-1.00
241	2380.000	450.293	450.398	610116.797	3910782.347	59.517g	1.00	-1.00
242	2390.000	450.344	450.357	610110.858	3910790.392	59.517g	1.00	-1.00
243	2400.000	450.255	450.316	610104.918	3910798.437	59.517g	1.00	-1.00
244	2410.000	450.037	450.276	610098.979	3910806.483	59.517g	1.00	-1.00
245	2420.000	450.013	450.244	610093.040	3910814.528	59.517g	1.00	-1.00
246	2430.000	449.968	450.222	610087.101	3910822.574	59.517g	1.00	-1.00
247	2440.000	449.922	450.201	610081.162	3910830.619	59.517g	1.00	-1.00
248	2450.000	449.876	450.179	610075.223	3910838.664	59.517g	1.00	-1.00
249	2460.000	449.825	450.158	610069.284	3910846.710	59.517g	1.00	-1.00
250	2470.000	449.772	450.136	610063.345	3910854.755	59.517g	1.00	-1.00
251	2480.000	449.713	450.114	610057.406	3910862.800	59.517g	1.00	-1.00
252	2490.000	449.683	450.093	610051.467	3910870.846	59.517g	1.00	-1.00
253	2500.000	449.660	450.071	610045.528	3910878.891	59.517g	1.00	-1.00
254	2510.000	449.627	450.050	610039.589	3910886.936	59.517g	1.00	-1.00
255	2520.000	449.614	450.028	610033.650	3910894.982	59.517g	1.00	-1.00
256	2530.000	449.604	450.006	610027.711	3910903.027	59.517g	1.00	-1.00
257	2540.000	449.577	449.985	610021.772	3910911.073	59.517g	1.00	-1.00
258	2550.000	449.544	449.963	610015.833	3910919.118	59.517g	1.00	-1.00
259	2560.000	449.517	449.942	610009.894	3910927.163	59.517g	1.00	-1.00
260	2570.000	449.490	449.920	610003.955	3910935.209	59.517g	1.00	-1.00
261	2580.000	449.464	449.898	609998.016	3910943.254	59.517g	1.00	-1.00
262	2590.000	449.437	449.877	609992.077	3910951.299	59.517g	1.00	-1.00
263	2600.000	449.410	449.855	609986.138	3910959.345	59.517g	1.00	-1.00
264	2610.000	449.360	449.834	609980.199	3910967.390	59.517g	1.00	-1.00
265	2620.000	449.311	449.812	609974.260	3910975.436	59.517g	1.00	-1.00
266	2630.000	449.367	449.790	609968.321	3910983.481	59.517g	1.00	-1.00
267	2640.000	449.423	449.769	609962.382	3910991.526	59.517g	1.00	-1.00
268	2650.000	449.577	449.747	609956.443	3910999.572	59.517g	1.00	-1.00
269	2660.000	449.670	449.726	609950.504	3911007.617	59.517g	1.00	-1.00
270	2670.000	449.656	449.704	609944.565	3911015.662	59.517g	1.00	-1.00
271	2680.000	449.518	449.682	609938.626	3911023.708	59.517g	1.00	-1.00
272	2690.000	449.356	449.661	609932.687	3911031.753	59.517g	1.00	-1.00
273	2700.000	449.279	449.639	609926.748	3911039.798	59.517g	1.00	-1.00
274	2710.000	449.218	449.618	609920.809	3911047.844	59.517g	1.00	-1.00
275	2720.000	449.173	449.596	609914.870	3911055.889	59.517g	1.00	-1.00
276	2730.000	449.129	449.574	609908.931	3911063.935	59.517g	1.00	-1.00
277	2740.000	449.163	449.553	609902.991	3911071.980	59.517g	1.00	-1.00
278	2750.000	449.190	449.531	609897.052	3911080.025	59.517g	1.00	-1.00
279	2760.000	448.717	449.510	609891.113	3911088.071	59.517g	1.00	-1.00
280	2770.000	448.416	449.488	609885.174	3911096.116	59.517g	1.00	-1.00
281	2780.000	448.481	449.466	609879.235	3911104.161	59.517g	1.00	-1.00
282	2790.000	448.547	449.445	609873.296	3911112.207	59.517g	1.00	-1.00
283	2800.000	448.612	449.423	609867.357	3911120.252	59.517g	1.00	-1.00
284	2810.000	448.677	449.402	609861.418	3911128.297	59.517g	1.00	-1.00
285	2820.000	448.716	449.380	609855.479	3911136.343	59.517g	1.00	-1.00
286	2830.000	448.694	449.357	609849.540	3911144.388	59.517g	1.00	-1.00
287	2840.000	448.674	449.335	609843.601	3911152.434	59.517g	1.00	-1.00
288	2850.000	448.655	449.312	609837.662	3911160.479	59.517g	1.00	-1.00
289	2860.000	448.653	449.290	609831.723	3911168.524	59.517g	1.00	-1.00
290	2870.000	448.661	449.267	609825.784	3911176.570	59.517g	1.00	-1.00
291	2880.000	448.670	449.245	609819.845	3911184.615	59.517g	1.00	-1.00
292	2890.000	448.662	449.223	609813.906	3911192.660	59.517g	1.00	-1.00

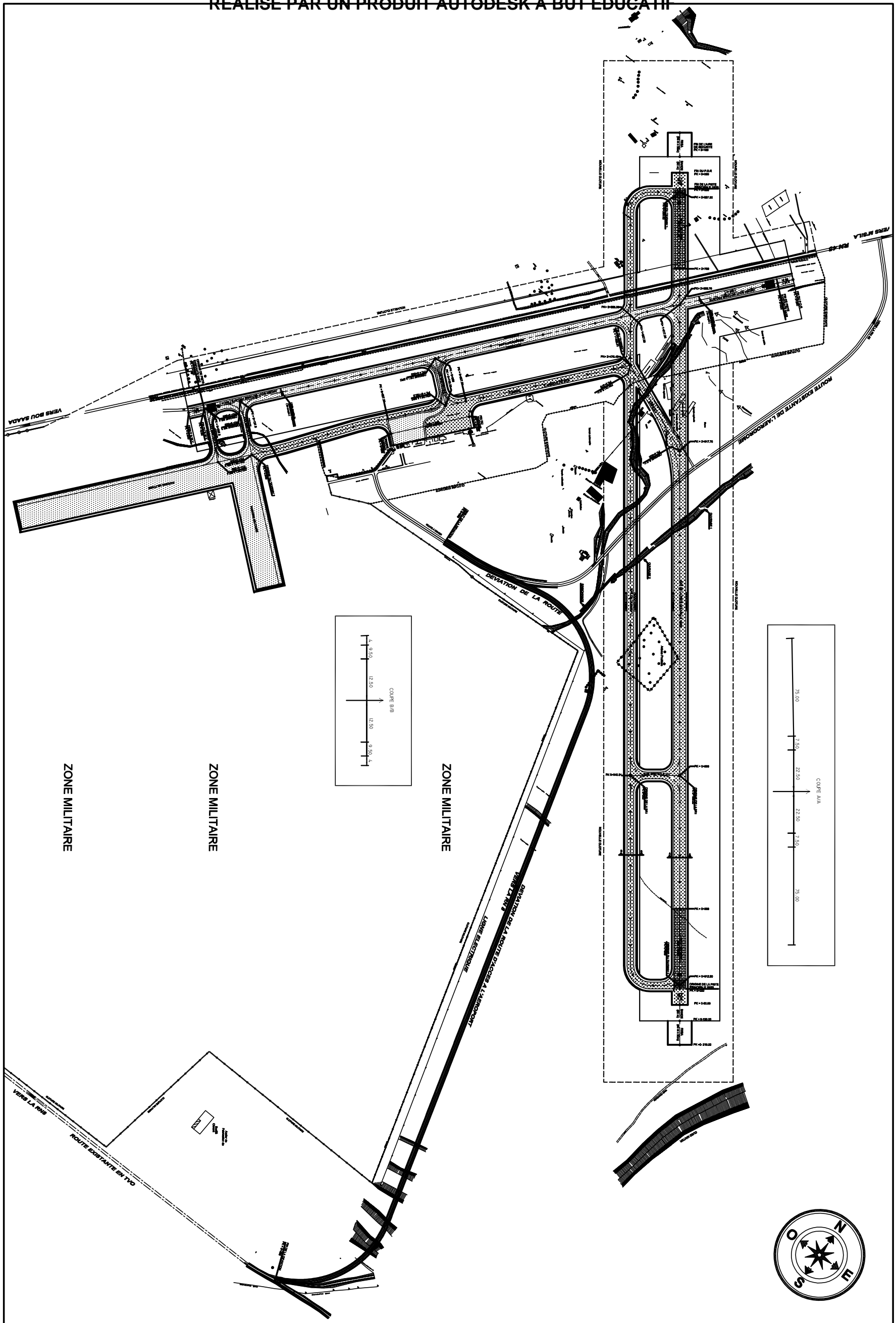
293	2900.000	448.651	449.200	609807.967	3911200.706	59.517g	1.00	-1.00
294	2910.000	448.636	449.178	609802.028	3911208.751	59.517g	1.00	-1.00
295	2920.000	448.570	449.155	609796.089	3911216.797	59.517g	1.00	-1.00
296	2930.000	448.503	449.133	609790.150	3911224.842	59.517g	1.00	-1.00
297	2940.000	448.501	449.110	609784.211	3911232.887	59.517g	1.00	-1.00
298	2950.000	448.507	449.088	609778.272	3911240.933	59.517g	1.00	-1.00
299	2960.000	448.550	449.065	609772.333	3911248.978	59.517g	1.00	-1.00
300	2970.000	448.617	449.043	609766.394	3911257.023	59.517g	1.00	-1.00
301	2980.000	448.685	449.021	609760.455	3911265.069	59.517g	1.00	-1.00
302	2990.000	448.753	448.998	609754.516	3911273.114	59.517g	1.00	-1.00
303	3000.000	448.790	448.976	609748.577	3911281.159	59.517g	1.00	-1.00
304	3010.000	448.775	448.953	609742.638	3911289.205	59.517g	1.00	-1.00
305	3020.000	448.756	448.931	609736.699	3911297.250	59.517g	1.00	-1.00
306	3030.000	448.737	448.908	609730.760	3911305.296	59.517g	1.00	-1.00
307	3040.000	448.740	448.886	609724.821	3911313.341	59.517g	1.00	-1.00
308	3050.000	448.775	448.863	609718.882	3911321.386	59.517g	1.00	-1.00
309	3052.810	448.773	448.857	609717.213	3911323.647	59.517g	1.00	-1.00
310	3060.000	448.792	448.841	609713.226	3911329.627	65.621g	1.00	-1.00
311	3070.000	448.810	448.819	609708.671	3911338.521	74.109g	1.00	-1.00
312	3080.000	448.818	448.796	609705.338	3911347.942	82.597g	1.00	-1.00
313	3090.000	449.006	448.774	609703.287	3911357.722	91.085g	1.00	-1.00
314	3100.000	448.896	448.751	609702.555	3911367.687	99.574g	1.00	-1.00
315	3110.000	448.768	448.729	609703.154	3911377.662	108.062g	1.00	-1.00
316	3120.000	448.669	448.706	609705.073	3911387.468	116.550g	1.00	-1.00
317	3130.000	448.666	448.684	609708.280	3911396.933	125.038g	1.00	-1.00
318	3140.000	448.661	448.662	609712.715	3911405.887	133.527g	1.00	-1.00
319	3150.000	448.656	448.639	609718.302	3911414.171	142.015g	1.00	-1.00
320	3160.000	448.653	448.617	609724.941	3911421.640	150.503g	1.00	-1.00
321	3170.000	448.615	448.594	609732.514	3911428.160	158.991g	1.00	-1.00
322	3170.619	448.613	448.593	609733.010	3911428.530	159.517g	1.00	-1.00
323	3180.000	448.579	448.572	609740.557	3911434.101	159.517g	1.00	-1.00
324	3190.000	448.542	448.549	609748.603	3911440.040	159.517g	1.00	-1.00
325	3200.000	448.504	448.527	609756.648	3911445.979	159.517g	1.00	-1.00
326	3210.000	448.466	448.504	609764.694	3911451.918	159.517g	2.50	-2.50
327	3220.000	448.428	448.482	609772.739	3911457.857	159.517g	2.50	-2.50
328	3230.000	448.461	448.472	609780.784	3911463.796	159.517g	2.50	-2.50
329	3240.000	448.486	448.496	609788.830	3911469.735	159.517g	2.50	-2.50
330	3250.000	448.511	448.552	609796.875	3911475.674	159.517g	2.50	-2.50
331	3260.000	448.535	448.642	609804.920	3911481.613	159.517g	2.50	-2.50
332	3270.000	448.556	448.742	609812.966	3911487.552	159.517g	2.50	-2.50
333	3280.000	448.304	448.842	609821.011	3911493.491	159.517g	2.50	-2.50
334	3280.619	448.301	448.848	609821.509	3911493.859	159.517g	2.50	-2.50

❖ Tabulation taxiway 2:

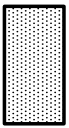
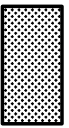
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	457.860	457.858	609116.022	3909749.084	145.721g	1.00	-1.00
2	7.490	457.804	457.810	609120.951	3909754.724	145.721g	1.00	-1.00
3	7.500	457.804	457.810	609120.957	3909754.732	145.721g	1.00	-1.00
4	10.000	457.712	457.794	609122.602	3909756.614	145.721g	1.00	-1.00
5	20.000	457.558	457.728	609129.182	3909764.144	145.721g	1.00	-1.00
6	30.000	457.464	457.647	609135.762	3909771.674	145.721g	1.00	-1.00
7	40.000	457.373	457.564	609142.343	3909779.204	145.721g	1.00	-1.00
8	50.000	457.304	457.481	609148.923	3909786.734	145.721g	1.00	-1.00
9	60.000	457.266	457.398	609155.503	3909794.265	145.721g	1.00	-1.00
10	70.000	457.228	457.315	609162.083	3909801.795	145.721g	1.00	-1.00
11	80.000	457.078	457.232	609168.663	3909809.325	145.721g	1.00	-1.00
12	88.128	456.977	457.164	609174.011	3909815.445	145.721g	1.00	-1.00
13	90.000	456.915	457.149	609175.241	3909816.857	145.504g	1.00	-1.00
14	100.000	456.584	457.065	609181.727	3909824.468	144.347g	1.00	-1.00
15	110.000	456.255	456.982	609188.073	3909832.196	143.189g	1.00	-1.00
16	120.000	456.011	456.899	609194.277	3909840.039	142.032g	1.00	-1.00
17	126.856	455.967	456.842	609198.448	3909845.480	141.238g	1.00	-1.00
18	130.000	455.950	456.816	609200.345	3909847.987	141.238g	1.00	-1.00
19	140.000	455.896	456.733	609206.379	3909855.962	141.238g	1.00	-1.00
20	150.000	455.842	456.650	609212.413	3909863.936	141.238g	1.00	-1.00
21	160.000	455.825	456.567	609218.447	3909871.910	141.238g	1.00	-1.00
22	170.000	455.923	456.484	609224.481	3909879.885	141.238g	1.00	-1.00
23	180.000	456.021	456.401	609230.515	3909887.859	141.238g	1.00	-1.00
24	190.000	456.119	456.318	609236.550	3909895.833	141.238g	1.00	-1.00
25	200.000	456.193	456.235	609242.584	3909903.808	141.238g	1.00	-1.00
26	210.000	456.152	456.154	609248.618	3909911.782	141.238g	1.00	-1.00
27	220.000	456.112	456.091	609254.652	3909919.756	141.238g	1.00	-1.00
28	230.000	456.084	456.031	609260.686	3909927.731	141.238g	1.00	-1.00
29	240.000	456.073	455.970	609266.720	3909935.705	141.238g	1.00	-1.00
30	250.000	456.063	455.909	609272.754	3909943.679	141.238g	1.00	-1.00
31	260.000	456.017	455.849	609278.788	3909951.654	141.238g	1.00	-1.00
32	270.000	455.884	455.788	609284.822	3909959.628	141.238g	1.00	-1.00
33	280.000	455.750	455.727	609290.856	3909967.602	141.238g	1.00	-1.00
34	290.000	455.651	455.667	609296.890	3909975.577	141.238g	1.00	-1.00
35	300.000	455.563	455.606	609302.924	3909983.551	141.238g	1.00	-1.00
36	310.000	455.451	455.545	609308.958	3909991.525	141.238g	1.00	-1.00
37	320.000	455.308	455.484	609314.992	3909999.500	141.238g	1.00	-1.00
38	330.000	455.202	455.424	609321.026	3910007.474	141.238g	1.00	-1.00
39	340.000	455.066	455.363	609327.061	3910015.448	141.238g	1.00	-1.00
40	350.000	454.828	455.302	609333.095	3910023.423	141.238g	1.00	-1.00
41	360.000	454.657	455.242	609339.129	3910031.397	141.238g	1.00	-1.00
42	370.000	454.547	455.181	609345.163	3910039.371	141.238g	1.00	-1.00
43	380.000	454.433	455.120	609351.197	3910047.346	141.238g	1.00	-1.00
44	390.000	454.355	455.060	609357.231	3910055.320	141.238g	1.00	-1.00
45	400.000	454.036	454.999	609363.265	3910063.294	141.238g	1.00	-1.00
46	407.904	453.720	454.951	609368.034	3910069.597	141.238g	1.00	-1.00
47	410.000	453.694	454.938	609369.302	3910071.266	141.481g	1.00	-1.00
48	420.000	453.585	454.878	609375.439	3910079.162	142.638g	1.00	-1.00
49	430.000	453.537	454.817	609381.717	3910086.945	143.796g	1.00	-1.00
50	440.000	453.465	454.756	609388.137	3910094.612	144.953g	1.00	-1.00
51	446.633	453.546	454.716	609392.471	3910099.633	145.721g	1.00	-1.00
52	450.000	453.652	454.695	609394.687	3910102.168	145.721g	1.00	-1.00


53	460.000	453.967	454.635	609401.267	3910109.698	145.721g	1.00	-0.95
54	470.000	453.945	454.574	609407.847	3910117.228	145.721g	1.00	-0.75
55	480.000	453.550	454.513	609414.427	3910124.758	145.721g	1.00	-0.55
56	490.000	453.289	454.453	609421.007	3910132.289	145.721g	1.00	-0.35
57	500.000	453.404	454.392	609427.588	3910139.819	145.721g	1.00	-0.15
58	510.000	453.724	454.331	609434.168	3910147.349	145.721g	1.00	0.05
59	520.000	453.974	454.275	609440.748	3910154.879	145.721g	1.00	0.25
60	527.190	453.696	454.241	609445.479	3910160.293	145.721g	1.00	0.40
61	527.290	453.696	454.241	609445.545	3910160.368	145.721g	1.00	0.40
62	530.000	453.715	454.228	609447.328	3910162.409	145.721g	1.00	0.40
63	540.000	453.782	454.182	609453.908	3910169.939	145.721g	1.00	0.40
64	550.000	453.875	454.135	609460.488	3910177.469	145.721g	1.00	0.40
65	560.000	453.903	454.089	609467.069	3910184.999	145.721g	1.00	0.40
66	570.000	453.839	454.042	609473.649	3910192.529	145.721g	1.00	0.40
67	580.000	453.803	453.996	609480.229	3910200.059	145.721g	1.00	0.40
68	590.000	453.770	453.949	609486.809	3910207.589	145.721g	1.00	0.40
69	600.000	453.731	453.903	609493.389	3910215.119	145.721g	1.00	0.40
70	610.000	453.667	453.856	609499.969	3910222.649	145.721g	1.00	0.40
71	620.000	453.602	453.810	609506.550	3910230.179	145.721g	1.00	0.40
72	630.000	453.589	453.763	609513.130	3910237.709	145.721g	1.00	0.40
73	640.000	453.580	453.717	609519.710	3910245.239	145.721g	1.00	0.40
74	650.000	453.517	453.670	609526.290	3910252.769	145.721g	1.00	0.40
75	660.000	453.426	453.624	609532.870	3910260.299	145.721g	1.00	0.40
76	670.000	453.388	453.575	609539.450	3910267.829	145.721g	1.00	0.40
77	680.000	453.358	453.526	609546.031	3910275.359	145.721g	1.00	0.40
78	690.000	453.313	453.477	609552.611	3910282.889	145.721g	1.00	0.40
79	700.000	453.231	453.428	609559.191	3910290.419	145.721g	1.00	0.40
80	710.000	453.207	453.379	609565.771	3910297.949	145.721g	1.00	0.40
81	720.000	453.233	453.329	609572.351	3910305.479	145.721g	1.00	0.40
82	730.000	453.299	453.280	609578.931	3910313.009	145.721g	1.00	0.40
83	740.000	453.377	453.231	609585.512	3910320.539	145.721g	1.00	0.40
84	749.260	453.296	453.186	609591.605	3910327.512	145.721g	1.00	0.40
85	750.000	453.275	453.182	609592.092	3910328.069	145.721g	1.00	0.40
86	760.000	452.917	453.133	609598.672	3910335.599	145.721g	1.00	0.40
87	770.000	452.533	453.084	609605.252	3910343.129	145.721g	1.00	0.40
88	780.000	452.379	453.035	609611.832	3910350.659	145.721g	1.00	0.40
89	790.000	452.352	452.985	609618.412	3910358.189	145.721g	1.00	0.40
90	800.000	452.306	452.936	609624.993	3910365.719	145.721g	1.00	0.40
91	810.000	452.267	452.887	609631.573	3910373.250	145.721g	1.00	0.40
92	820.000	452.227	452.838	609638.153	3910380.780	145.721g	1.00	0.40
93	827.290	452.199	452.802	609642.950	3910386.269	145.721g	1.00	0.40
94	827.390	452.198	452.802	609643.016	3910386.344	145.721g	1.00	0.40
95	830.000	452.188	452.789	609644.733	3910388.310	145.721g	1.00	0.35
96	840.000	452.126	452.733	609651.313	3910395.840	145.721g	1.00	0.15
97	850.000	452.061	452.659	609657.894	3910403.370	145.721g	1.00	-0.05
98	860.000	451.998	452.586	609664.474	3910410.900	145.721g	1.00	-0.25
99	870.000	451.934	452.512	609671.054	3910418.430	145.721g	1.00	-0.45
100	880.000	451.871	452.438	609677.634	3910425.960	145.721g	1.00	-0.65
101	890.000	451.827	452.365	609684.214	3910433.490	145.721g	1.00	-0.85
102	900.000	451.796	452.291	609690.794	3910441.020	145.721g	1.00	-1.00
103	910.000	451.764	452.217	609697.375	3910448.550	145.721g	1.00	-1.00
104	920.000	451.717	452.143	609703.955	3910456.080	145.721g	1.00	-1.00
105	930.000	451.645	452.070	609710.535	3910463.610	145.721g	1.00	-1.00
106	940.000	451.573	451.996	609717.115	3910471.140	145.721g	1.00	-1.00
107	950.000	451.451	451.922	609723.695	3910478.670	145.721g	1.00	-1.00
108	960.000	451.313	451.849	609730.275	3910486.200	145.721g	1.00	-1.00
109	970.000	451.205	451.775	609736.856	3910493.730	145.721g	1.00	-1.00
110	980.000	451.119	451.701	609743.436	3910501.260	145.721g	1.00	-1.00
111	990.000	451.024	451.628	609750.016	3910508.790	145.721g	1.00	-1.00
112	1000.000	450.909	451.554	609756.596	3910516.320	145.721g	1.00	-1.00

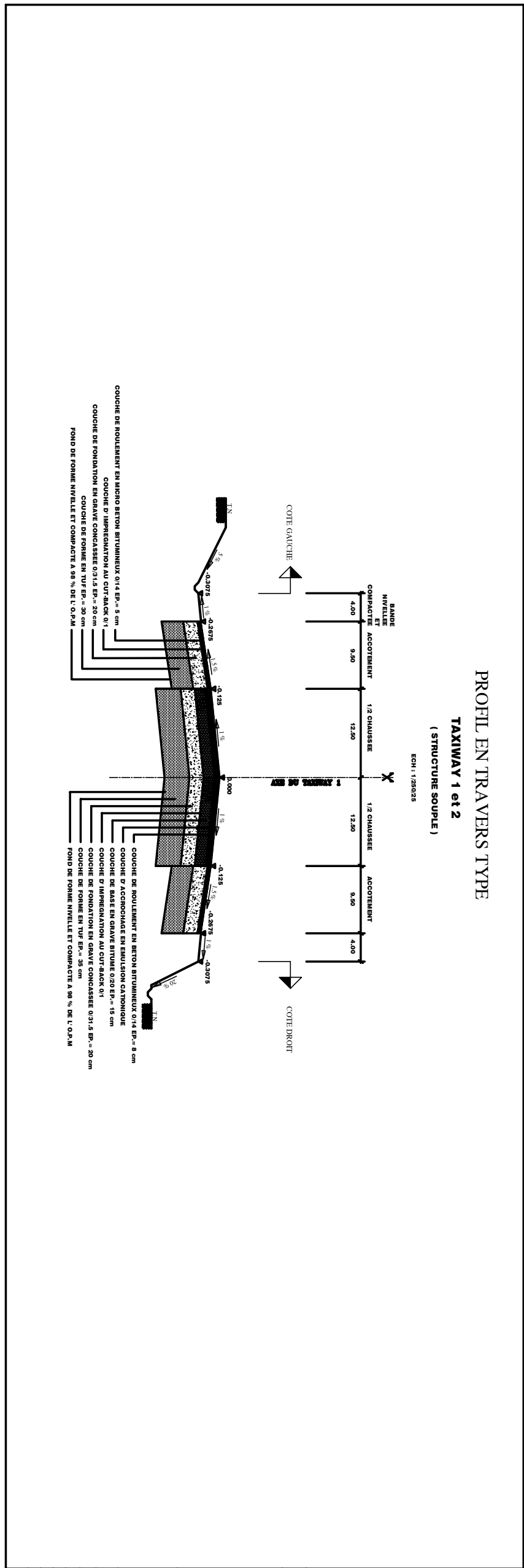
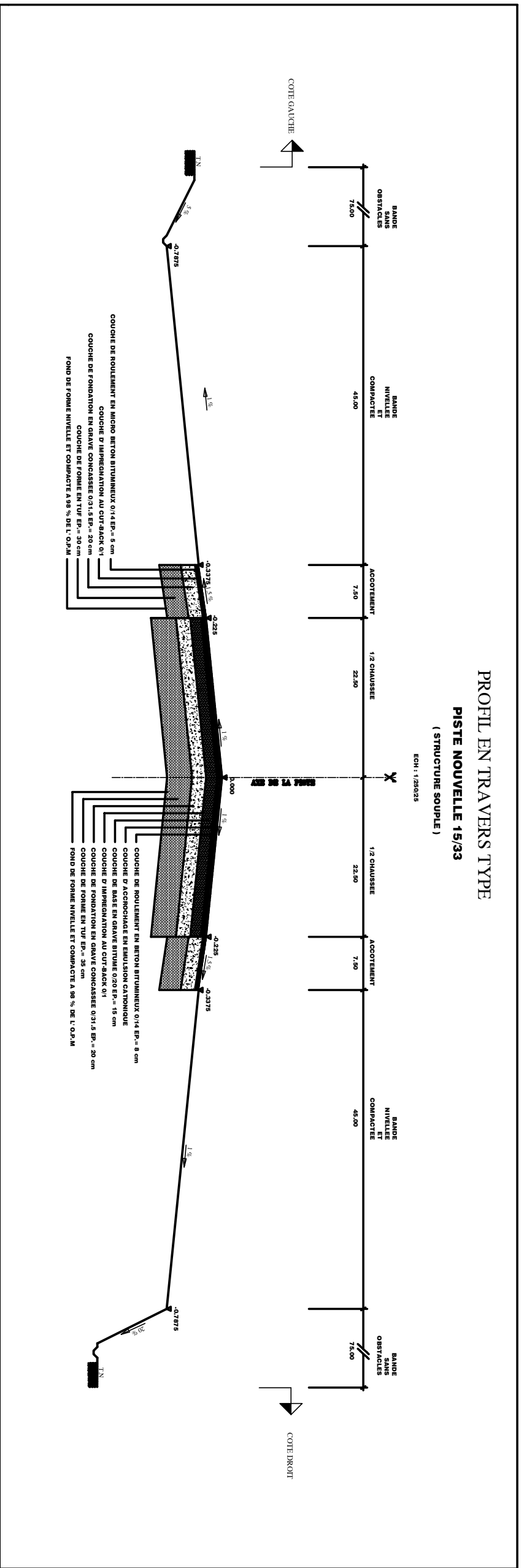
113	1010.000	450.822	451.480	609763.176	3910523.850	145.721g	1.00	-1.00
114	1020.000	450.742	451.406	609769.756	3910531.380	145.721g	1.00	-1.00
115	1030.000	450.662	451.333	609776.337	3910538.910	145.721g	1.00	-1.00
116	1040.000	450.581	451.259	609782.917	3910546.440	145.721g	1.00	-1.00
117	1050.000	450.520	451.185	609789.497	3910553.970	145.721g	1.00	-1.00
118	1060.000	450.501	451.112	609796.077	3910561.500	145.721g	1.00	-1.00
119	1070.000	450.502	451.038	609802.657	3910569.030	145.721g	1.00	-1.00
120	1080.000	450.504	450.964	609809.237	3910576.560	145.721g	1.00	-1.00
121	1090.000	450.523	450.891	609815.818	3910584.090	145.721g	1.00	-1.00
122	1100.000	450.542	450.817	609822.398	3910591.620	145.721g	1.00	-1.00
123	1110.000	450.543	450.751	609828.978	3910599.150	145.721g	1.00	-1.00
124	1120.000	450.529	450.716	609835.558	3910606.680	145.721g	1.00	-1.00
125	1130.000	450.551	450.689	609842.138	3910614.211	145.721g	1.00	-1.00
126	1140.000	450.547	450.662	609848.718	3910621.741	145.721g	1.00	-1.00
127	1150.000	450.515	450.635	609855.299	3910629.271	145.721g	1.00	-1.00
128	1160.000	450.476	450.608	609861.879	3910636.801	145.721g	1.00	-1.00
129	1170.000	450.438	450.581	609868.459	3910644.331	145.721g	1.00	-1.00
130	1180.000	450.475	450.554	609875.039	3910651.861	145.721g	1.00	-1.00
131	1190.000	450.476	450.527	609881.619	3910659.391	145.721g	1.00	-1.00
132	1200.000	450.452	450.500	609888.199	3910666.921	145.721g	1.00	-1.00
133	1210.000	450.422	450.473	609894.780	3910674.451	145.721g	1.00	-1.00
134	1220.000	450.421	450.446	609901.360	3910681.981	145.721g	1.00	-1.00
135	1230.000	450.428	450.418	609907.940	3910689.511	145.721g	1.00	-1.00
136	1240.000	450.429	450.391	609914.520	3910697.041	145.721g	1.00	-1.00
137	1250.000	450.409	450.364	609921.100	3910704.571	145.721g	1.00	-1.00
138	1260.000	450.374	450.337	609927.680	3910712.101	145.721g	1.00	-1.00
139	1270.000	450.345	450.310	609934.261	3910719.631	145.721g	1.00	-1.00
140	1280.000	450.313	450.283	609940.841	3910727.161	145.721g	1.00	-1.00
141	1290.000	450.280	450.256	609947.421	3910734.691	145.721g	1.00	-1.00
142	1300.000	450.278	450.229	609954.001	3910742.221	145.721g	1.00	-1.00
143	1310.000	450.291	450.202	609960.581	3910749.751	145.721g	1.00	-1.00
144	1320.000	450.269	450.175	609967.161	3910757.281	145.721g	1.00	-1.00
145	1330.000	450.230	450.148	609973.742	3910764.811	145.721g	1.00	-1.00
146	1340.000	450.194	450.121	609980.322	3910772.341	145.721g	1.00	-1.00
147	1350.000	450.252	450.094	609986.902	3910779.871	145.721g	1.00	-1.00
148	1360.000	450.360	450.067	609993.482	3910787.401	145.721g	1.00	-1.00
149	1370.000	450.288	450.040	610000.062	3910794.931	145.721g	1.00	-1.00
150	1380.000	450.087	450.013	610006.642	3910802.461	145.721g	1.00	-1.00
151	1390.000	449.978	449.986	610013.223	3910809.991	145.721g	2.50	-2.50
152	1400.000	449.936	449.959	610019.803	3910817.521	145.721g	2.50	-2.50
153	1410.000	449.893	449.932	610026.383	3910825.051	145.721g	2.50	-2.50
154	1420.000	449.865	449.910	610032.963	3910832.581	145.721g	2.50	-2.50
155	1430.000	449.857	449.918	610039.543	3910840.111	145.721g	2.50	-2.50
156	1440.000	449.815	449.959	610046.123	3910847.641	145.721g	2.50	-2.50
157	1450.000	449.765	450.034	610052.704	3910855.172	145.721g	2.50	-2.50
158	1458.513	449.722	450.118	610058.306	3910861.582	145.721g	2.50	-2.50



LEGENDE :

 PARTIE EXISTANTE
 PARTIE PROJETEE

<p>REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE</p> <p>MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE</p> <p>UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI OUZOU</p> <p>FACULTE GENE DE CONSTRUCTION</p> <p>DEPARTEMENT GENE CIVIL</p>		
<p>PROJET:</p> <p>STUDIA DE SERTUZZAMENTU ILLU STRUTTURAZIONE ASSERVIZIUMU ASSERVIZIUMU DE BOU SAALA ARI 2000</p> <p>STUDIA ARIAR PROIECTU SERTUZZAMU</p>		
<p>PAIS GENERAL:</p> <p>ETABLISSEMENT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR</p> <p>NOM DE L'ETABLISSEMENT:</p> <p>NOM DE L'UNIVERSITE:</p> <p>NOM DE LA FACULTE:</p> <p>NOM DU DEPARTEMENT:</p> <p>DATE:</p> <p>SCALE:</p>		<p>PROPOSE PAR :</p> <p>S.A.R.T.I</p>



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI OUZOU
FACULTE GENE DE CONSTRUCTION
DEPARTEMENT GENE CIVIL

PROJET:
STUDIUM DE REQUALIFICATION DES INFRASTRUCTURES AEROPORTUAIRES
AMPHITHÉATRE DE BOU SAÏDA ANN 2008
STUDIUM AVANT PROJET DÉTAILLÉ
PROFIL EN TRAVERS TYPE

ETABLI	KACHEM KAKA / INTERRADIA ALGERIA	PROPOSE PAR :	S.A.B.T.I
VERIFIE	M. OUBI SAÏAL		
VALIDE	M. OUBI SAÏAL		
DATE	JUIN 2014		
ECHELLE	1/250/25		