

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude de création d'un nouvel aéroport au
niveau d'In Guezzam

Présenté par :

TOUNSI Nacim

CHOUIHA Chaima

Encadré par :

M. HALES Nacer

Co- Encadré par :

Mme LARBI Selma

Promotion 2022/2023

©ENSTP-FJ –Garidi–Vieux Kouba

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force d'accomplir ce projet de fin d'études dans les meilleures conditions.

Nos sincères remerciements vont à notre superviseur, pour nous avoir accordé de son temps et de nous avoir partagé son savoir et guidé dans chaque étape. Le côtoyer était une expérience sans égale.

Nous remercions vivement les membres du jury d'avoir pris la peine de corriger notre mémoire, leurs remarques constructives seront indispensables à la finition de ce dernier.

Nous tenons à remercier tous les enseignants de l'ENSTP, qui, durant ces cinq années ont contribué à ce que nous sommes aujourd'hui, personnellement et intellectuellement.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos parents, pour avoir toujours cru en nous, sans eux nous ne serons pas arrivés là où nous sommes aujourd'hui.

Pour eux, ce modeste travail est dédié.



Merci

DEDICACES

Je dédie ce modeste ouvrage à tout ceux qui m'ont aidé, soutenu, supporté et crurent en moi,
En particulier mes parents, mes frères Zaky et Anès, mes grands-parents ainsi qu'à toute ma famille
et mes amis.

Nacim TOUNSI

Je dédie ce travail

À mes chers parents, qui m'ont soutenu et encouragé durant toutes mes années d'études.

À Mes sœurs et ma meilleure amie, d'avoir partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de
la réalisation de ce mémoire et de m'avoir encouragé tout le long de ce travail.

A mon binôme, qui a fait un excellent travail, et à qui je souhaite plein de succès et de réussite,
ainsi qu'à toute sa famille.

CHOUIHA Chaima

SOMMAIRE

Chapitre I: Présentation du projet	1
I.1. Introduction	1
I.2. Historique	1
I.3. Présentation de la Zone d'étude	2
I.4. Climatologie	4
I.5. Topographie	5
I.6. Hydrologie.....	5
I.7. Nature du sol	6
I.8. Histoire de l'aérodrome d'In Guezzam.....	7
Chapitre II: Définitions et généralités	8
II.1. Présentation de l'OACI.....	8
II.2. Définition d'un aérodrome.....	9
II.3. Différentes parties d'un aérodrome	9
II.3.1. Aire de mouvement	9
II.3.2. Zones des installations	10
II.4. Caractéristiques physiques.....	12
II.4.1. La Piste	12
II.4.2. QFU : numéro d'identification de piste.....	12
II.4.3. Accotement de piste	14
II.4.4. Bande de piste	14
II.4.5. Aire de demi-tour sur piste.....	14
II.4.6. Aire de sécurité d'extrémité « LA RESA ».....	15
II.4.7. Les voies de circulations	15
Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome.....	16
III.1. Introduction	16
III.2. L'avion critique	16
III.3. Classification de l'aérodrome	16
III.4. Détermination de la longueur de piste	17
III.4.1. Loi de calcul.....	17
III.4.2. Calcul des coefficients de correction de longueur	18
III.5. Largeur de piste	20
III.6. Orientation de la piste.....	21

III.6.1. Introduction.....	21
III.6.2. Notion de vent traversier.....	21
III.6.3. Détermination du coefficient d'utilisation.....	22
III.6.4. Méthodologie de calcul du coefficient d'utilisation.....	23
III.6.5. Choix de l'orientation de la piste.....	25
III.7. Conception de la bande de piste.....	25
III.8. Conception de la RESA (aire de sécurité d'extrémité).....	26
III.9. Conception de la voie de circulation.....	26
III.9.1. L'emplacement de la bretelle.....	26
III.10. Aire de demi-tour (raquette de retournement).....	29
III.10.1. Conception de l'aire de demi-tour.....	29
III.11. Prolongement d'arrêt.....	31
III.12. Aire de stationnement.....	31
III.12.1. Conception de l'aire de stationnement.....	32
III.13. Tableau récapitulatif des éléments physiques de l'aérodrome.....	33
Chapitre IV: Surfaces de dégagements.....	34
IV.1. Introduction.....	34
IV.2. Surfaces de dégagements.....	34
IV.3. Surface horizontale intérieure.....	35
IV.3.1. Surface conique.....	35
IV.3.2. Surface d'approche (la trouée).....	36
IV.3.3. Surface intérieure d'approche.....	38
IV.3.4. Surface de transition.....	39
IV.3.5. Surface d'atterrissage interrompu.....	40
IV.3.6. Surface intérieure de transition.....	41
IV.3.7. Surface de montée au décollage.....	42
IV.4. Vérification des dégagements.....	43
Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome.....	45
V.1. Profil en long de la piste.....	45
V.2. Profil en long de la bande de piste.....	47
V.3. Profil en long de la bretelle.....	48
V.4. Profil en long de l'aire de demi-tour.....	49
V.5. Profil en travers.....	49

V.5.1. Les Pentes transversales selon les normes de l'OACI	49
V.5.2. Profil en travers type de la piste	50
V.5.3. Profil en travers type de la bretelle	51
V.5.4. Profil en travers type du prolongement d'arrêt	51
Chapitre VI: Etude géotechnique	52
VI.1. Introduction	52
VI.2. Compagne de reconnaissance.....	52
VI.3. Etude des sols du site.....	52
VI.4. Conclusion des essais	53
Chapitre VII: Chaussée aéronautique.....	54
VII.1. Introduction	54
VII.2. Spécificités des chaussées Aéronautiques.....	54
VII.3. Types de chaussée	54
VII.4. Choix du type de chaussée	55
VII.5. Comportement des chaussées souple	56
VII.6. Dimensionnement des chaussées aéroportuaires	57
VII.7. Dimensionnement des chaussées souples par la méthode forfaitaire	57
VII.7.1. Application au projet	58
VII.8. Évaluation de la portance des chaussées aéronautiques.....	63
Chapitre VIII: Hydrologie.....	67
VIII.1. Introduction.....	67
VIII.2. Nature des réseaux d'assainissement.....	67
VIII.3. Historique des crues d'In Guezzam	67
VIII.4. Données pluviométriques	68
VIII.5. Etude hydrologique.....	68
VIII.5.1. Délimitation du bassin versant	68
VIII.5.2. Analyse du système d'écoulement de la zone d'étude.....	70
VIII.5.3. Calcul des débits des bassins versants	72
VIII.5.4. Application au projet.....	74
VIII.5.5. Dimensionnement de l'ouvrage hydraulique	74
VIII.6. Assainissement longitudinal au droit de la piste.....	75
Chapitre IX: Signalisation diurne	81
IX.1. Introduction	81

IX.2. Marques d'identification des pistes QFU	81
IX.3. Marques d'axe de piste.....	82
IX.4. Marques de seuils de pistes	82
IX.5. Marques de la zone de toucher des roues	82
IX.6. Marques de point cible ou point de visée	83
IX.7. Marques de point d'arrêt et d'intersection de voies de circulation	83
IX.8. Marques de Prolongement d'arrêt	85
Chapitre X: Etude d'impact environnemental.....	86
X.1. Etude d'impact environnemental et social.....	86
Chapitre XI: Etude financière	91
Recherche bibliographique : Amélioration de la rétroflexion des.....	92
marquages des aérodromes	92
SYNTHESE.....	94
BIBLIOGRAPHIE	95
ANNEXES.....	96
ANNEXE 1 : Résultats géotechniques	97
ANNEXE 2 : Caractéristiques physiques de l'aérodrome.....	101
ANNEXE 3 : surfaces de dégagements.....	107
ANNEXE 4 : Dimensionnement de chaussée.....	109
ANNEXE 5 : Hydrologie.....	112
ANNEXE 6 : Signalisation.....	113
ANNEXE 7 : Etude d'impact environnementale	114
ANNEXE 8 : Éléments de l'estimation financière.....	117
ANNEXE 9 : Listings Axe en plan et Profil en long.....	120

LISTE DES ABREVIATIONS

OACI	L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale
ITAC	Instruction technique sur les aérodromes civils
OMGWS	Largeur hors tout du train principal
TDA	Télédiffusion d'Algérie
VOR	Radiophare omnidirectionnel à haute fréquence
IMC	Conditions météorologiques de vol aux instruments
VMC	Conditions météorologiques de vol à vue
RESA	Aire de sécurité d'extrémité de piste
PA	Prolongement d'arrêt
MNT	Modèle numérique du terrain
ACN	Numéro de classification de l'aéronef
PCN	Numéro de classification de chaussée
CBR	Indice de portance californien
Mvt	Mouvement
PGES	Plan de gestion environnementale et sociale
Cu	Coefficient d'utilisation
SSBV	Sous sous-bassin
Pj max	Précipitation journalière maximale
BB	Béton Bitumineux
GB	Grave Bitume
GC	Grave concassée
Cp	Coefficient de pondération
Ct	Coefficient de trafic
e _{eq}	Epaisseur équivalente
q	Pression pneumatique
C	Coefficient de répartition des charges
n	Nombre de mouvements par jour
P	Charge réelle, charge maximale sur l'atterrisseur principal le plus contraignant
p'	Charge réelle pondérée
P''	Charge de dimensionnement
M	Masse au roulage
Kg	Kilogramme
m	Mètre
cm	Centimètre
mm	Millimètre
t	Tonne
ha	Hectare
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
Mpa	Méga pascal
Qps	Débit à plein section
Vps	Vitesse plein section
QFU	Direction magnétique de la piste

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: CARTE DE DISTRIBUTION DES AERODROMES A TRAVERS LE TERRITOIRE ALGERIEN.....	2
FIGURE 2: CARTE DE LA WILAYA D'IN GUEZZAM.	3
FIGURE 3 : UNE RECONNAISSANCE AUTOMOBILE IN GALL - IN GUEZZAM -SOURCE : RENSEIGNEMENTS COLONIAUX N°03 AVRIL/MAI 1927.	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 4 : : IN GUEZZAM : INONDATION DU 04/08/2018 (PHOTO : R. ZEGAIT, 2018).	4
FIGURE 5: CARTE DES PENTES ET CARTE DES ALTITUDES D'IN GUEZZAM.....	5
FIGURE 6: CARTE DES COURS D'EAU D'IN GUEZZAM.	6
FIGURE 7: CARTE DES SOLS D'IN GUEZZAM.	6
FIGURE 8: L'ACTUELLE PISTE D'IN GUEZZAM -SOURCE GOOGLE EARTH-	7
FIGURE 9: LE LOGO DE L'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE.....	8
FIGURE 10: ELEMENTS CONSTITUTIFS DE L'AIRE DE MOUVEMENT	10
FIGURE 11: EXEMPLE : INSTALLATIONS DE L'AEROPORT DE BEJAIA.....	11
FIGURE 12 : SCHEMA EXPLICATIF POUR LA DETERMINATION DU SENS DE CALCUL DES ANGLES.	13
FIGURE 13: NUMEROTATION DU SEUIL DE PISTE DE L'AERODROME D'IN GUEZZAM.	13
FIGURE 14: SCHEMA REPRESENTANT LA NUMEROTATION DE DEUX PISTES PARALLELES.	14
FIGURE 15: RAQUETTE DE DEMI-TOUR DE L'ACTUEL L'AERODROME D'IN GUEZZAM.	14
FIGURE 16: SCHEMA REPRESENTATIF DES DIFFERENTES VOIES DE CIRCULATION.	15
FIGURE 17: SCHEMA EXPLICATIF DU VENT TRAVERSIER.	22
FIGURE 18: CALCUL DES SURFACES POUR LA DIRECTION 81°/261°	24
FIGURE 19: COURBE DES COEFFICIENTS D'UTILISATION.....	25
FIGURE 20: SCHEMA DE L'AIRE DE DEMI-TOUR.	30
FIGURE 21: EMBLACEMENT DES RAQUETTES DE RETOURNEMENTS.	30
FIGURE 22: CONFIGURATION DU SYSTEME DE PARKING LINEAIRE.....	31
FIGURE 23 : SCHEMA GENERAL DES SURFACES DE DEGAGEMENTS.	34
FIGURE 24: VUE EN PLAN DE LA SURFACE HORIZONTALE INTERIEURE.....	35
FIGURE 25: VUE EN PLAN ET EN ELEVATION DES SURFACES CONIQUE ET HORIZONTALE INTERIEURE.....	36
FIGURE 26: VUE EN PLAN DE LA SURFACE D'APPROCHE.....	37
FIGURE 27: VUE EN ELEVATION DE LA SURFACE D'APPROCHE.	38
FIGURE 28: VUE EN PLAN ET EN ELEVATION DE LA SURFACE INTERIEURE D'APPROCHE.....	39
FIGURE 29: VUE EN PLAN DE LA SURFACE DE TRANSITION.....	40
FIGURE 30: VUE EN ELEVATION DES SURFACES DE DEGAGEMENTS.....	40
FIGURE 31: VUE EN PLAN DE LA SURFACE D'ATTERRISSAGE INTERROMPU.	41
FIGURE 32: VUE EN PLAN DE LA SURFACE DE MONTEE AU DECOLLAGE.	42
FIGURE 33: SCHEMA REPRESENTATIF DES SURFACES DE DEGAGEMENTS	43
FIGURE 34: PROFIL EN LONG DE LA BRETELLE.....	48
FIGURE 35: PROFIL EN TRAVERS TYPE MIXTE DE LA PISTE 08/26.	50
FIGURE 36: PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PA DU SEUIL 08.....	51
FIGURE 37: REALISATION DES PUIITS ET SONDAGES SUR LA ZONE DU PROJET.	52
FIGURE 38: COMPORTEMENT DES CHAUSSEES SOUPLE	56
FIGURE 39: LES VALEURS DE L'ACN MINIMALES ET MAXIMALES DU B-737-800.	66
FIGURE 40: INONDATION A IN GUEZZAM.	68
FIGURE 41: DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS.....	69
FIGURE 42: INONDATION DU SEUIL 26 DE L'ACTUEL AERODROME D'IN GUEZZAM LORS DE LA CRUE DU 04/08/2018.	69
FIGURE 43: MODELE NUMERIQUE DU TERRAIN (MNT).	70
FIGURE 44: SENS D'ECOULEMENT DES COURS D'EAU DE LA ZONE DE PROJET.	71
FIGURE 45: PROJECTION DU FOSSE SUD DE LA ZONE D'ETUDE.....	71

FIGURE 46: LES CARACTERISTIQUES DES DEUX SOUS-BASSINS VERSANTS.	72
FIGURE 47: TEMPS DE CONCENTRATION DES SOUS SOUS-BASSINS VERSANTS.	72
FIGURE 48: INTENSITE DES SOUS SOUS-BASSINS VERSANTS.....	73
FIGURE 49: MARQUES DE POINT D'ARRET ET D'INTERSECTION DE VOIES DE CIRCULATION.	84
FIGURE 50: MARQUAGE AU SOL TAXIWAY.....	84
FIGURE 51: MARQUAGE DU PROLONGEMENT D'ARRET.	85
FIGURE 52: MARQUAGE AVEC DES BILLES DE VERRE.....	92
FIGURE 53: PHOTOS REELLE DES TROIS TYPES D'UTILISATION DE LA MICROBILLE DE VERRE.....	93

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: LES CATEGORIES DE PISTE.....	12
TABLEAU 2: CHIFFRE DE CODE D'UN AERODROME.....	16
TABLEAU 3: LETTRE DE CODE D'UN AERODROME.....	17
TABLEAU 4: LES REFERENCES DES LARGEURS DE PISTE. ANNEXE 14 OACI.....	21
TABLEAU 5: VITESSE DU VENT TRAVERSIER ADMISSIBLE, ANNEXE 14 L'OACI.....	22
TABLEAU 6: VITESSE DU VENT TRAVERSIER ADMISSIBLE POUR LA PISTE 4C.....	23
TABLEAU 7: VALEURS DES COEFFICIENTS D'UTILISATION.....	24
TABLEAU 8: LONGUEUR DE LA BANDE DE PISTE.....	25
TABLEAU 9: CARACTERISTIQUES DE LA RESA. ANNEXE 14.....	26
TABLEAU 10: LARGEUR DE VOIE DE CIRCULATION, ANNEXE 14.....	28
TABLEAU 11: ACCOTEMENT DE LA VOIE DE CIRCULATION, ANNEXE 14.....	28
TABLEAU 12: LA MARGE ENTRE LE SILLAGE EXTERIEUR DE L'ATTERISSEUR PRINCIPALE ET LE BORD DE L'AIRE DE DEMI-TOUR. ANNEXE 14.....	29
TABLEAU 13: PARAMETRES INFLUENTS LE DIMENSIONNEMENT DE L'AIRE DE DEMI-TOUR.....	30
TABLEAU 14: LARGEUR DE L'AIRE DE STATIONNEMENT.....	32
TABLEAU 15 : TABLEAU RECAPITULATIF DES ELEMENTS PHYSIQUES DE L'AERODROME.....	33
TABLEAU 16: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE HORIZONTALE INTERIEURE.....	35
TABLEAU 17: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE CONIQUE.....	36
TABLEAU 18: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE D'APPROCHE.....	37
TABLEAU 19: CARACTERISTIQUES DE SURFACE INTERIEURE D'APPROCHE.....	38
TABLEAU 20: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE DE TRANSITION.....	39
TABLEAU 21: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE D'ATTERISSAGE INTERROMPU.....	41
TABLEAU 22: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE INTERIEURE DE TRANSITION.....	41
TABLEAU 23: CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE DE MONTEE AU DECOLLAGE.....	42
TABLEAU 24: TABLEAU RECAPITULATIF DES OBSTACLES AUX ALENTOURS.....	44
TABLEAU 25: PENTE MOYENNE LONGITUDINALE, ANNEXE 14.....	45
TABLEAU 26: CHANGEMENT DE PENTE LONGITUDINALE, ANNEXE 14.....	45
TABLEAU 27: CALCUL DE LA PENTE MOYENNE LONGITUDINALE DE LA PISTE D'IN GUEZZAM.....	46
TABLEAU 28: VERIFICATION DES CHANGEMENTS DE PENTES.....	46
TABLEAU 29: LES RAYONS DES RACCORDEMENTS.....	47
TABLEAU 30: LES DISTANCES ENTRE CHANGEMENTS DE PENTES.....	47
TABLEAU 31: LES PENTES LONGITUDINALES DES BANDES DE PISTE.....	47
TABLEAU 32: RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DU PROFIL EN LONG DE LA PISTE 08/26.....	48
TABLEAU 33: LES PENTES TRANSVERSALES DE LA PISTE.....	50
TABLEAU 34: LES PENTES TRANSVERSALES DE LA BRETELLE.....	51
TABLEAU 35: LES PENTES TRANSVERSALES DU PROLONGEMENT D'ARRET.....	51
TABLEAU 36: AVANTAGES DES CHAUSSEES SOUPLE ET RIGIDE.....	55
TABLEAU 37: INCONVENIENTS DES CHAUSSEES SOUPLE ET RIGIDE.....	56
TABLEAU 38: LES DONNEES DU PROJET.....	58
TABLEAU 39: TABLEAU RECAPITULATIF DES CHARGES.....	59
TABLEAU 40: TABLEAU DE CALCUL DES EPAISSEURS EQUIVALENTES.....	60
TABLEAU 41: TABLEAU DE CALCUL DE L'EPAISSEUR MINIMALE A TRAITER.....	60
TABLEAU 42: COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE DES MATERIAUX DE CHAUSSEE.....	61
TABLEAU 43: DIMENSIONNEMENT DE LA PISTE ET DE LA BRETELLE.....	61
TABLEAU 44: DIMENSIONNEMENT DES ACCOTEMENTS DE LA PISTE.....	62
TABLEAU 45: DIMENSIONNEMENT DES ACCOTEMENTS DE LA BRETELLE.....	62
TABLEAU 46: DIMENSIONNEMENT DU PROLONGEMENT D'ARRET.....	62
TABLEAU 47: DIMENSIONNEMENT DE L'AIRE DE STATIONNEMENT.....	63
TABLEAU 48: DETERMINATION DE LA RSI.....	64

TABLEAU 49: RESISTANCE DU SOL SUPPORT SELON L'INDICE CBR.	65
TABLEAU 50: PRECIPITATIONS JOURNALIERES MAXIMALES.	68
TABLEAU 51: COEFFICIENTS DE RUISSELEMENT.	74
TABLEAU 52: VALEUR DU DEBIT DES SOUS SOUS-BASSINS.	74
TABLEAU 53: TEMPS DE CONCENTRATION.	77
TABLEAU 54: CALCUL DE LA HAUTEUR MOULLER DU FOSSE.	78
TABLEAU 55: LA VITESSE D'ECOULEMENT.	79
TABLEAU 56: ITERATION POUR LA VERIFICATION DE LA VITESSE D'ECOULEMENT.	79
TABLEAU 57: RECAPITULATIF DU DEVIS ESTIMATIF.	91

RESUMÉ

Ayant déjà une position géostratégique, la ville d'In Guezzam est en droit chemin pour améliorer son activité aéronautique qui assurera son développement économique et social. D'où la décision de création d'un nouvel aérodrome qui sera construit sur un site plus adapté, assurant une meilleure fonctionnalité et sécurité de ses usagers.

Le présent mémoire dont le thème s'intitule : « Etude de Création d'un Nouvel Aérodrome au niveau d'In Guezzam » nous a permis d'aborder les techniques et les méthodes d'étude de conception d'aérodromes, citons : la conception géométrique de l'aérodrome, le dimensionnement des chaussées, la détermination des zones de dégagement, drainage et assainissement de la piste...et ceci conformément aux recommandations de l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Notre étude a abouti sur une variante d'une piste d'une longueur de 3200m avec une largeur de 45 m. la piste est formée d'une chaussée souple, de 40 cm d'épaisseur, la piste est prolongée à ses deux extrémités d'une chaussée de moindre résistance de 100 m de longueur rajoutée par soucis de sureté et de sécurité. Une bretelle de 200m de longueur permettra l'accès à la zone de stationnement aménagée pour recevoir quatre avions de type Boeing 737-800.

Mots clefs

- Aérodrome
- Piste
- Aéronef
- Chaussée aéronautique
- Distance de référence

ملخص

تتمتع مدينة إن قزام بموقع جيوستراتيجي وهذا ما يساعدها على التحسين من نشاطها الجوي ويضمن تنميتها الاقتصادية والاجتماعية. ومن هنا جاء قرار إنشاء مطار جديد سيتم بناؤه على موقع أكثر ملاءمة، مما يضمن وظائف وسلامة أفضل لمستخدميه.

موضوع هذا المشروع الذي يحمل عنوان: "دراسة إنشاء مطار جديد على مستوى منطقة إن قزام" أتاح لنا الاقتراب من تقنيات وأساليب دراسة تصميم المطارات، نذكر منها: التصميم الهندسي للمطار، تحديد أبعاد الأرصفة، تحديد مناطق الخلوص وتنقية المياه للمدرج... إلخ.

وذلك وفقاً لتوصيات منظمة الطيران المدني الدولي (إيكاو) نتج عن دراستنا مدرج بطول 3200 متر وعرض 45 متر. يتكون المدرج من رصيف مرن بطول 40 سم، ويمتد عند كلا الطرفين بواسطة رصيف أقل مقاومة بطول 100 متر مضاف لأسباب تتعلق بالسلامة والأمن. سيوفر منحدر يبلغ طوله 200 متر إمكانية الوصول إلى منطقة وقوف السيارات المجهزة لاستقبال أربع طائرات من نوع **B 737-800**

الكلمات المفتاحية

المطار

المدرج

الطائرة

رصيف الطيران

المسافة المرجعية

ABSTRACT

For a start the city of In Guezzam is already in a great location, Therefore is on the right track to improve its aeronautical activity that will ensure its economic and social development. Hence the decision to create a new aerodrome that will be built on a more suitable site, Furthermore insuring a better functionality and safety of its users.

Meanwhile this thesis whose theme is : “The study of the Creation of a New Aerodrome at In Guezzam Allowed us to discuss the techniques and methods of aerodrome design study, Including : The geometric design of the aerodrome, the sizing of the pavements, the determination of the areas of clearance, drainage and sanitation of the runway...

All in all this is in accordance with the recommendations of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Last but not least our study resulted in a variant of a track with a length of 3200m with a width of 45 m. the track is formed by a flexible pavement, of 40 cm, The track is extended at both ends by a roadway of less resistance of 100 m in length added for safety.

Lastly a 200m long ramp will allow access to the parking area equipped to receive four Boeing 737-800 aircraft.

Keywords :

- Aerodrome
- Runway
- Aircraft
- Aeronautical road
- Reference distance

Chapitre I: Présentation du projet

I.1.Introduction

Un aéroport est un site à partir duquel les opérations aériennes ont lieu, qu'il s'agisse de fret aérien, de transport de voyageurs ou d'aucun des deux. Le terme « aéroport » comprend les petits terrains d'aviation (ex : aéroclub), les grands aéroports commerciaux et les bases aériennes militaires. Tandis que le terme « aéroport » peut impliquer une certaine envergure (ayant satisfait à certains critères de certification ou exigences réglementaires) qu'un aéroport peut ne pas avoir atteint. Cela signifie que tous les aéroports sont des aéroports, mais pas tous les aéroports sont des aéroports. On peut définir un aéroport comme un terrain ou un plan d'eau spécialement aménagé pour assurer les mouvements des avions et dégager tout obstacle portant atteinte à la sécurité et confort des usagers.

Quels sont les différents types d'aéroports ?

- **Aéroport civil :**
un aéroport civil est un aéroport certifié pour les vols commerciaux.
- **Base aérienne militaire :**
une base aérienne est un aéroport doté d'installations importantes pour soutenir les avions et les équipages. Le terme est habituellement réservé aux bases militaires, mais s'applique également aux bases civiles d'hydravions.
- **Piste d'atterrissage :**
Une piste d'atterrissage est un petit aéroport qui se compose uniquement d'une piste avec peut-être de l'équipement de ravitaillement, qui se trouve généralement dans des endroits éloignés. De nombreuses pistes d'atterrissage ont été construites à travers le Sahara algérien. Quelques pistes sont devenues des bases aériennes à part entière à mesure que l'importance stratégique ou économique d'une région augmentait avec le temps.

I.2.Historique

L'Algérie est rentrée dans l'ère de l'aéronautique et du transport aérien en 1924 année de la création de la base aérienne N° 149 Maison Blanche sur le site qui abrite actuellement l'aéroport HOUARI Boumediene Dar El Beida. Plusieurs aéroports ont été construits durant la période coloniale à travers le territoire algérien. Depuis l'indépendance l'Algérie a œuvré à développer l'héritage colonial, et à ce jour, mène une politique et alloue des budgets colossaux pour la

Chapitre I: Présentation du projet

construction de nouveaux aérodromes et la mise à niveau du patrimoine existant. Ce patrimoine qui a été répertorié et classé dès 1974 date à laquelle l'Algérie a rejoint OACI (l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale)

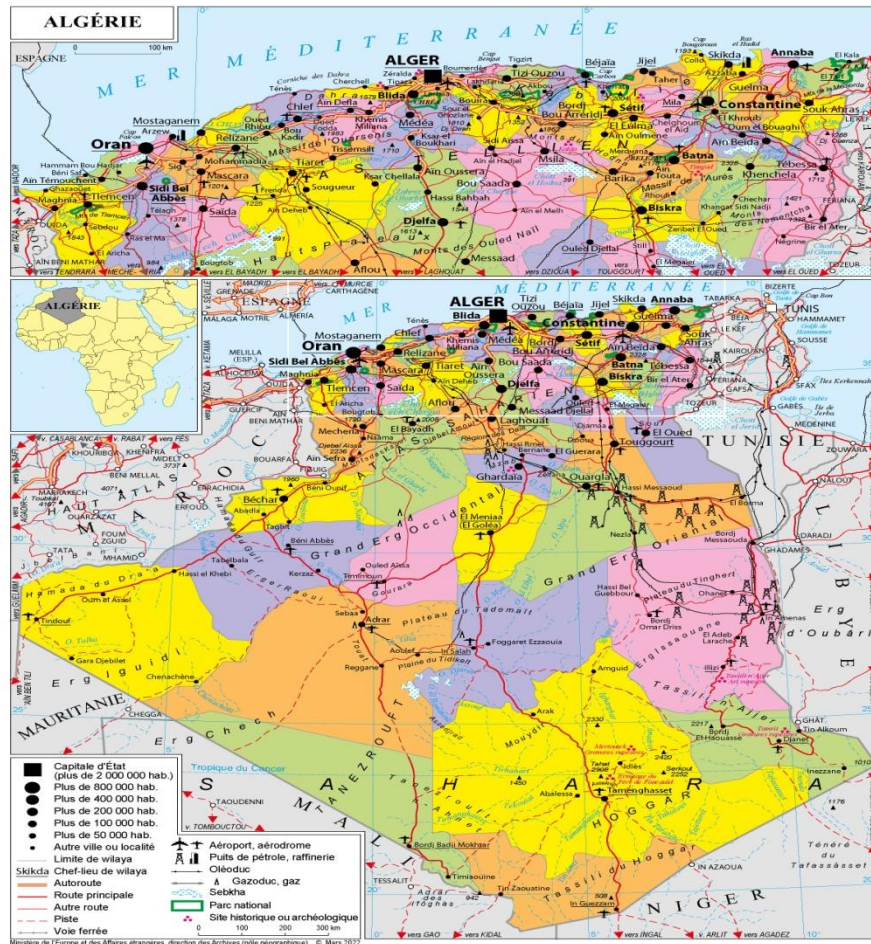


Figure 1: Carte de distribution des aérodromes à travers le territoire algérien.

I.3.Présentation de la Zone d'étude

Notre projet portera sur l'étude de la réalisation d'une nouvelle piste d'atterrissage à la ville d'In Guezzam, nom signifiant « source au lézard » en tamachek. Ville située à 420 kms au sud de Tamanrasset récemment promue au rang d'une Wilaya, elle s'étend sur une superficie de 88000 Km² pour une population de 31936 habitants. La localité est composée seulement de deux communes : In Guezzam chef-lieu de la wilaya et Tin Zaoutine, toutes deux villes frontalières respectivement au Niger et au Mali.

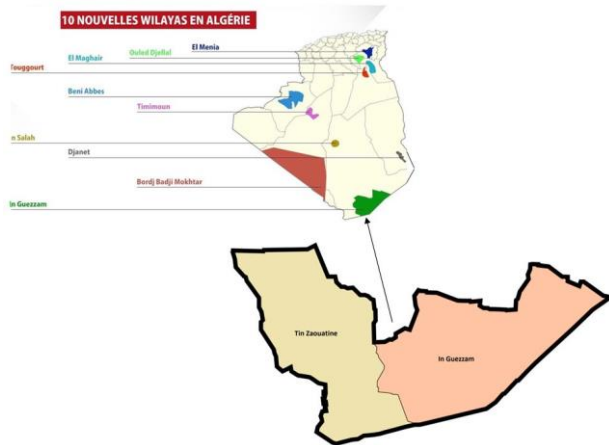


Figure 2: Carte de la wilaya d'In Guezzam.

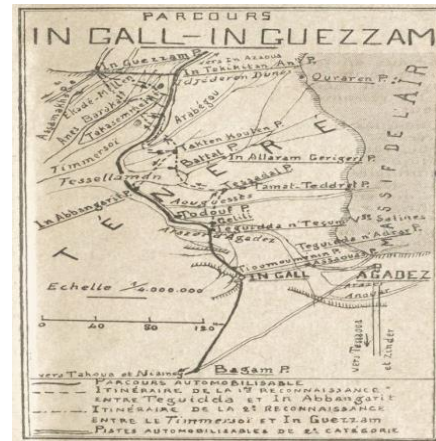


Figure 3 : Une reconnaissance automobile In Gall - In Guezzam

In Guezzam est considérée comme la plus profonde ville algérienne proche des grandes villes africaines du Sahel, sa position géostratégique n'a jamais été négligée, déjà tout à fait au début du siècle dernier le colonisateur français l'incrustait toujours dans toutes ses études de connexion nord-sud.

➤ CHOIX DU SITE

Depuis un moment déjà les autorités ont voulu développer l'actuel aéroport d'In Guezzam en rallongeant la piste actuelle comme première variante, ou en ajoutant une deuxième piste parallèle comme deuxième variante, mais le dernier épisode d'inondation d'Aout 2018 a poussé les autorités à abandonner ces scénarios et chercher un site indépendant de l'aéroport actuel répondant aux critères suivants :

- Non inondable.
- À proximité de la ville.
- Pas au sud à cause de la frontière.
- Proche de la zone d'emprunt.
- Bonne géologie et géotechnique.
- Extensible

C'est de là qu'a découlé notre choix pour un site à environ 02 kilomètres à l'ouest de l'actuelle piste, et sur le même axe de cette dernière.

I.4.Climatologie

L'étude des données climatiques (température, précipitations, vents, évaporation, humidité) fournies par l'Office Nationale de Météorologie qualifie le climat d'In Guezzam d'hyperaride. Il est caractérisé par de faibles et irrégulières précipitations avec une moyenne d'environ 30 mm/an, les températures sont très élevées en été, et peuvent dépasser 45 °C. Cependant en hiver, le climat est généralement doux avec des températures moyennes de (10 à 20 °C). Les vents sont relativement fréquents et irréguliers et jouent un rôle essentiel dans la formation des ergs et des regs. Leurs vitesses sont importantes d'avril à juillet, ce qui provoque le sirocco et les vents de sable ; accompagnés d'un fort taux d'évaporation. Ce même climat aride a fait quand même de In-Guezzam la scène de plusieurs épisodes d'inondations extrêmes, accompagnées de violentes tempêtes, le dernier en date est celui du samedi 4 août 2018, survenu après de nombreuses années de sécheresse. Il a plu presque 53 mm en quelques heures.

Le niveau d'eau a fortement augmenté dans les principaux affluents de la région, ainsi que la vitesse d'écoulement provoquant des dommages importants, humains et matériels ; toutes les zones urbaines ont été inondées, le premier jour avec plus de 272 ha (soit 41 % de la zone urbaine totale); plus de 100 maisons se sont effondrées; environ 345 familles ont été déplacées.



Figure 4 : In Guezzam : Inondation du 04/08/2018 (Photo : R. Zegait, 2018).

Depuis cet événement, une prise en considération plus sérieuse du facteur hydrologie est soulignée et préconisée dans toutes les études de réalisation de tout type d'infrastructure dans la région d'In Guezzam.

I.5.Topographie

Le relief d'In Guezzam est représenté par une topographie plus au moins homogène, ces caractéristiques sont plus visibles sur des cartes des pentes et altitudes (voir ci-dessous) élaborées après interprétation des résultats obtenus par l'application du logiciel ArcGIS associé à un système d'information géographique (SIG).

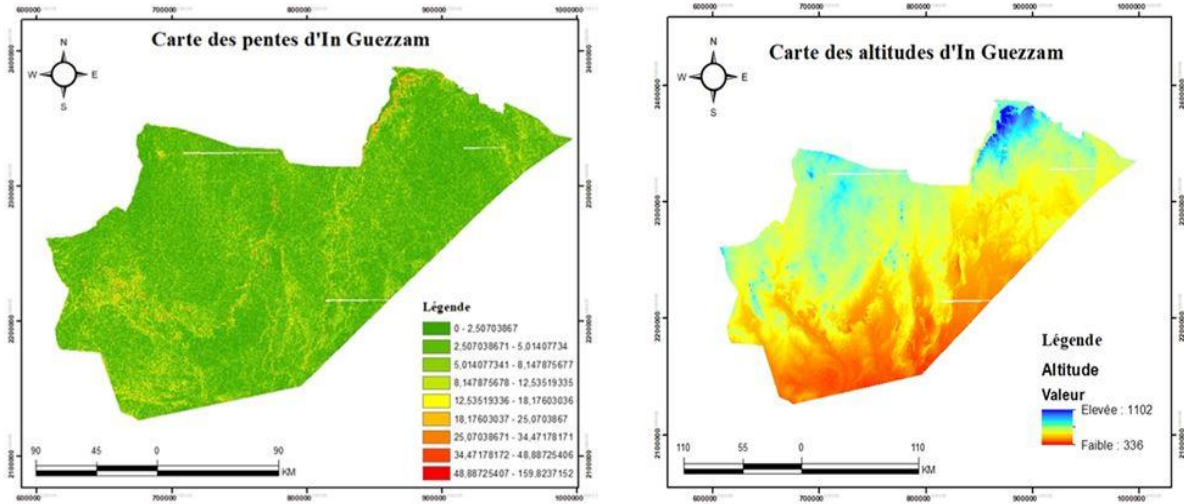


Figure 5: Carte des pentes et carte des altitudes d'In Guezzam.

La carte ci-dessus à gauche représente le modèle numérique du terrain (MNT) montrant la répartition des altitudes qui varient entre 336 et 1102 mètres par rapport au niveau de la mer.

I.6.Hydrologie

Le bassin versant d'In-Guezzam fait partie intégrante du Tassili. Il est formé d'une grande étendue de plateaux rocheux parsemés de dunes. Il est localisé dans la zone de dépression des cours d'eau Sahb El-Rahala et Adakh-Adakh, qui représentent les affluents principaux du bassin versant de longueurs de 20 km et 24 km, respectivement. Il couvre une superficie de 170 km².

Ce bassin versant est alimenté progressivement tout au long de son parcours par de petites sources. Son débit est pratiquement nul, malgré sa grande superficie, le bassin hydrographique a une faible densité de drainage elle est de 1.65, valeur calculée selon la loi de Horton (1945), la pente moyenne du bassin versant est de 0.35 %, et il évoque un rugissement moyen. La couverture végétale est presque inexistante, sauf pour certains arbres au fond des cours d'eau.

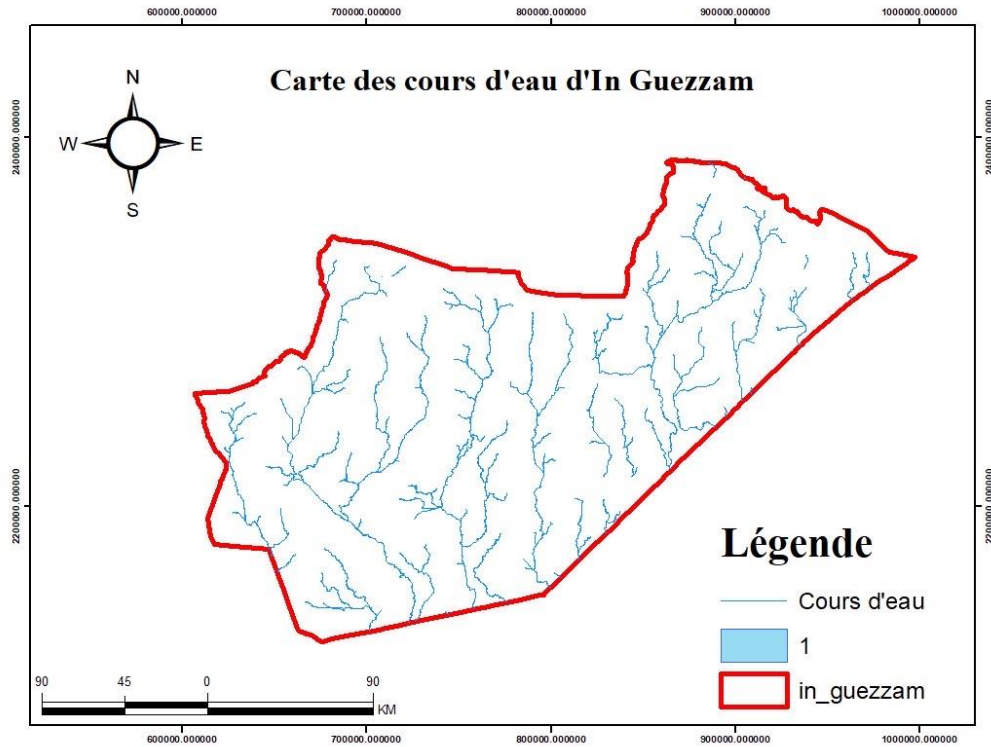


Figure 6: Carte des cours d'eau d'In Guezzam.

I.7. Nature du sol

La zone d'In Guezzam présente une diversité dans la composition des sols, ces derniers sont représentés sur la carte ci-dessous qui ressort un sol à majorité sableux et limoneux parsemé de quelques massifs rocheux.

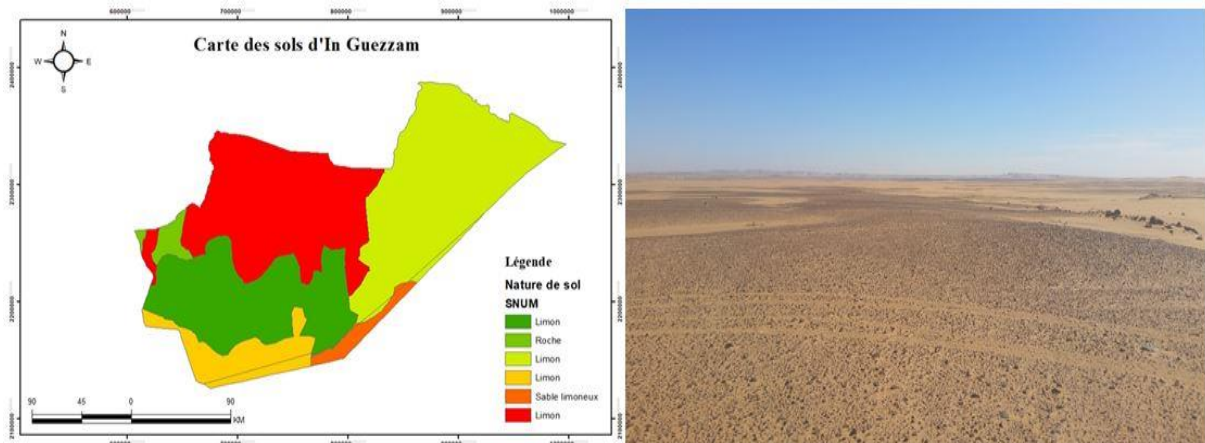


Figure 7: Carte des sols d'In Guezzam.

I.8.Histoire de l'aérodrome d'In Guezzam

Rares les avions qui se sont posés au Sahara avant la Seconde Guerre mondiale. Ce n'est qu'à la fin du conflit que furent installées les premières pistes d'atterrissage au Sahara algérien. Biskra en 1946 et à Bechar en 1950. Un gros effort fut accompli par la puissance coloniale dans les années cinquante où la découverte du pétrole accéléra la construction de pistes, sommairement équipées. Le nom d'In Guezzam a été presque cité dans toutes les études de liaison aérienne nord sud et cela depuis 1933 date de la première mission ayant pour but l'étude de la possibilité de joindre Tamanrasset au lac Tchad via In Guezzam (source : revue Alegria n°09 de novembre 1933). Mais ce n'est qu'après l'indépendance que la ville d'In Guezzam se voit enfin dotée d'un aérodrome. L'aéroport d'In-Guezzam a été ouvert à la circulation aérienne publique en 1983, dans le cadre d'un programme surnommé " Plan Spécial Aéroports Sud ".



Figure 8: L'actuelle piste d'In Guezzam -source google earth-

Chapitre II: Définitions et généralités

II.1.Présentation de l'OACI

L'Organisation de l'aviation civile internationale est une institution autonome et civile des nations unies, fondée officiellement le 07 décembre 1944 à Chicago dont le rôle principal est d'établir une réglementation mondiale qui assurera la sécurité de l'aviation civile internationale.



Figure 9: Le logo de l'Organisation de l'aviation civile internationale

➤ Les objectifs de l'OACI :

Depuis sa création l'OACI veille avant toute chose à accomplir des missions qui relèvent de l'intérêt générale de l'aviation civile internationale à commencer par satisfaire les besoins des passagers du monde entier en assurant un développement social et économique et anticiper la capacité du transport aérien mondial tout en évitant de porter atteinte à la sécurité, l'efficacité et l'environnement. Dans le cadre de l'accomplissement de ces missions l'OACI s'est fixée cinq objectifs qui lui servent de boussole dans toutes ses actions :

- La sécurité.
- La capacité et l'efficacité de la navigation aérienne.
- La sûreté et facilitation des transits.
- Le développement économique du transport aérien.
- La protection de l'environnement.

II.2.Définition d'un aérodrome

L'OACI définit dans l'**Annexe 14** un aérodrome comme étant une surface sur terre ou sur l'eau, destinée à être utilisée en totalité ou en partie pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface, toutefois, cette définition reste la plus classique.

II.3.Différentes parties d'un aérodrome

On admet qu'un aérodrome est constitué par deux éléments distincts :

II.3.1.Aire de mouvement

L'aire de mouvement représente l'ensemble de tout ce qui est destiné à permettre l'atterrissage ou le décollage des avions, ainsi que leurs mouvements au sol, et on distingue :

- L'aire de manœuvre est composée de :
 - ✓ La (les) piste(s).
 - ✓ Les voies de relation permettant le déplacement des aéronefs entre les entrées-sorties de piste et les aires de trafics.
- Aires de trafic : ensemble des parties d'un aérodrome qui peuvent se différencier suivant leurs fonctions en :
 - ✓ Aire de trafic aérogare passager : aire consacrée à la manœuvre et stationnement des avions afin de permettre d'une part aux passagers d'effectuer leur embarquement et débarquement, (cette aire peut être utilisée pour l'avitaillement ou l'entretien des avions stationnés ainsi que pour charger/décharger le fret, la poste et les bagages)
 - ✓ Aire de trafic aérogare fret distincte destinée spécialement aux avions ne transportant que du fret ou de la poste.
 - ✓ Aire de garage : destinée au stationnement des avions durant les périodes où ils sont commercialement non utilisés.
 - ✓ Aire d'entretien : espace aménagé dans les grands aéroports commerciaux permettant aux transporteurs aériens d'installer leurs services d'entretien.

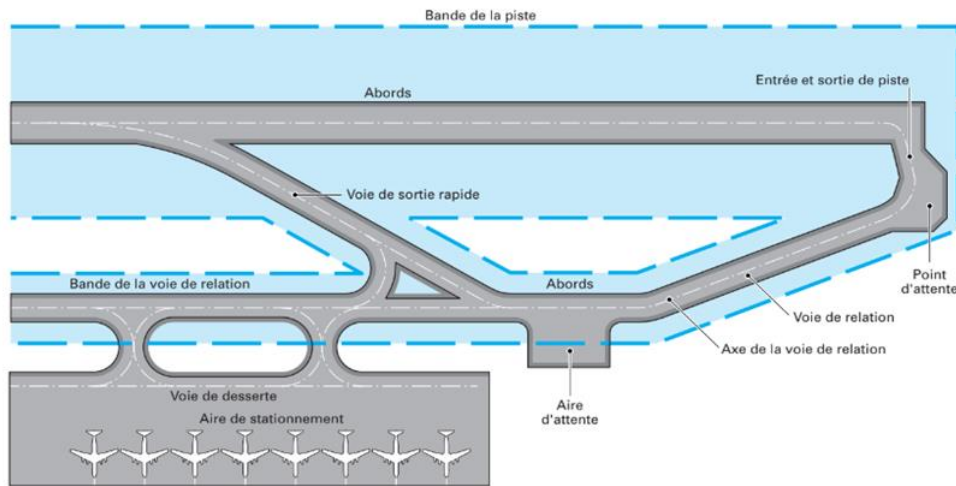


Figure 10: Eléments constitutifs de l'aire de mouvement

II.3.2.Zones des installations

Les zones des installations sont un ensemble de bâtiments, des aménagements et des équipements nécessaires au service des avions et de leur cargaison. C'est justement l'existence d'installations qui transforme un aérodrome civil en un aéroport, ces zones sont situées à proximité des aires de trafic et elles sont généralement regroupées par zones d'activités semblables et on peut distinguer :

- Zones d'exploitation : comprennent des installations destinées à l'exploitation de l'aérodrome :
 - ✓ Exploitation commerciale : qui regroupe l'aérogare passagère, l'aérogare de fret, parcs à véhicules, commissariat....
 - ✓ Exploitation technique : bloc technique et vigie, service d'incendie, centrale électrique....
- Zones d'activités industrielles : regroupent les ouvrages nécessaires à l'entretien, suivi et différentes réparations liées aux aéronefs voir même la construction aéronautique.
- Zones spécialisées : destinées à usage spécifique par exemple :
 - ✓ Zone militaire.
 - ✓ Zone pour la sécurité civile.
 - ✓ Zone d'aviation générale.

Chapitre II: Définitions et généralités

En addition à ces installations, d'autres installations sont disposées en fonction de leurs utilisations en divers endroits de l'aérodrome telles que :

- ✓ Les installations de balisage.
- ✓ Les installations de mesures météorologiques.
- ✓ Les réseaux divers.

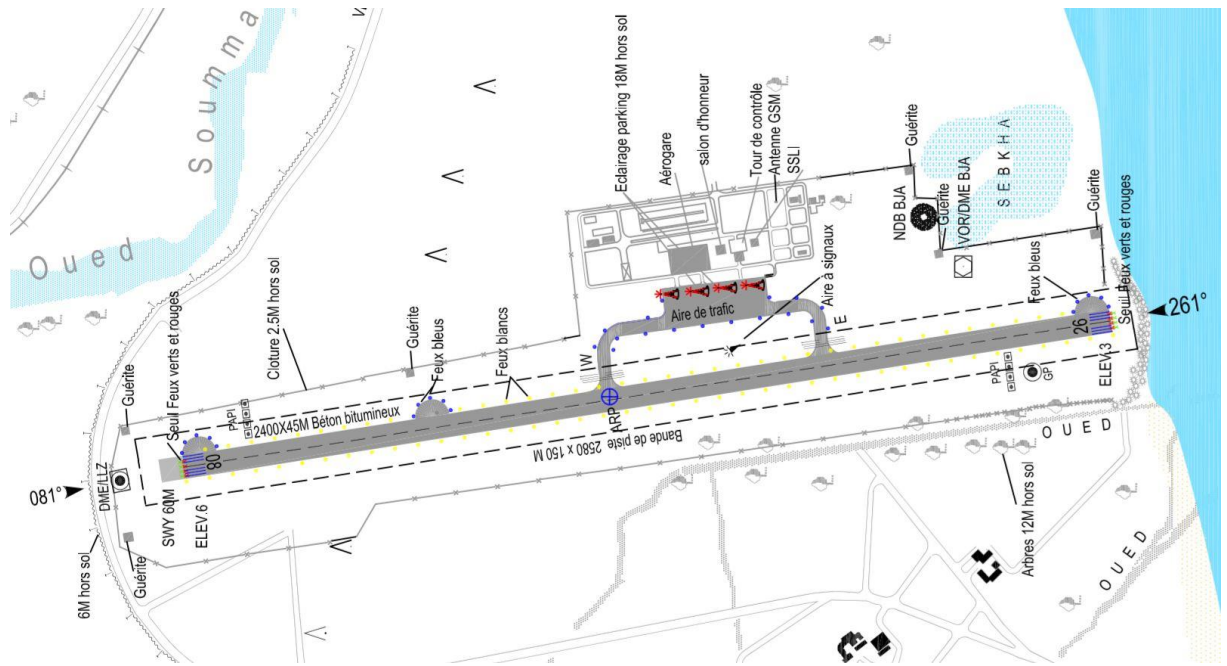


Figure 11: Exemple : Installations de l'aéroport de Béjaia.

II.4.Caractéristiques physiques

II.4.1.La Piste

La piste est une surface aménagée pour assurer le décollage et l’atterrissage des aéronefs. Le nombre de pistes et leurs orientations dépendent respectivement du trafic et du régime des vents mais aussi de l’impact sonore engendré par le mouvement des aéronefs vis-à-vis des zones urbaines et autres zones sensibles au bruit à proximité de l’aéroport.

Les catégories de piste		
Les pistes principales	Les pistes secondaires de même catégorie que la piste principale	Piste secondaire de catégorie inférieure à celle de la piste principale
C’est en principe les plus longues de l’aérodrome, elles correspondent à un meilleur dégagement et la direction ayant le meilleur coefficient d’utilisation.	Ces pistes sont utilisées lorsque la direction du vent ne permet pas l’utilisation de la piste principale, ou lorsque des circonstances particulières rendent la piste principale indisponible.	Il se peut que dans certains aérodromes la présence de pistes secondaires de catégorie inférieure soit plus rentable pour recevoir les aéronefs légers qui admettent des vents traversiers plus faibles, et ainsi la piste principale ne sera consacrée que pour les aéronefs lourds.

Tableau 1:Les catégories de piste.

II.4.2.QFU : numéro d’identification de piste

L’identification des pistes revient à affecter à chacune d’elles un numéro composé de deux chiffres (QFU) qui précise l’orientation de l’axe de la piste par rapport au nord magnétique. Pour cela, on divise par dix l’orientation de la piste exprimée en degrés et on arrondit la valeur à l’unité la plus proche. Pour un aérodrome composé d’une piste dont l’orientation d’un seuil est 81° sera numéroté 08 et compte tenu de la géométrie l’autre bout sera numéroté comme suit :

$$08+18 = 26.$$

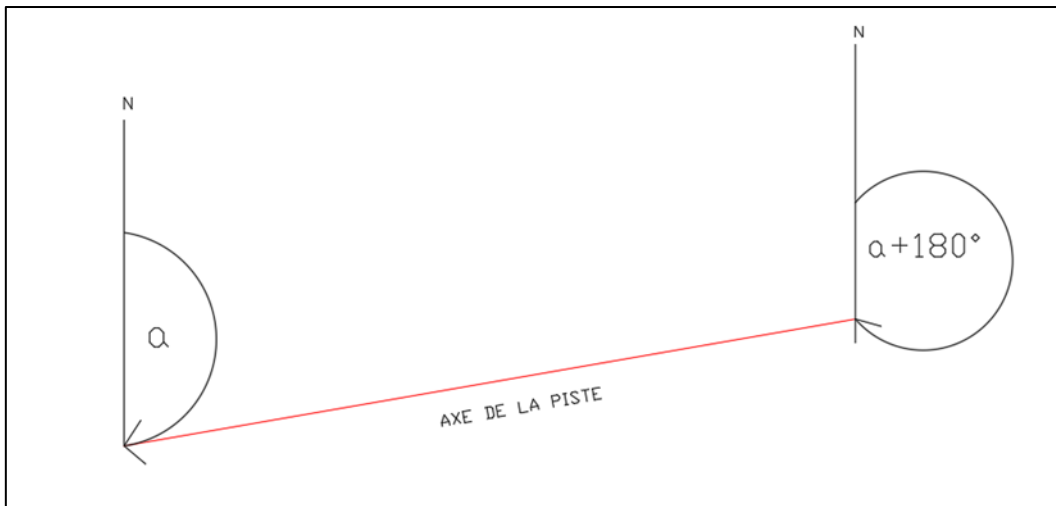


Figure 12 : Schéma explicatif pour la détermination du sens de calcul des angles.



Figure 13: Numérotation du seuil de piste de l'aérodrome d'In Guezzam.

Dans certains cas un aérodrome peut comporter plusieurs pistes parallèles et ceci nécessite l'utilisation des lettres afin d'identifier les différents seuils de piste :

- R pour right qui désigne la piste située à droite.
- L pour left qui désigne la piste située à gauche.
- C pour central qui désigne la piste située au centre.

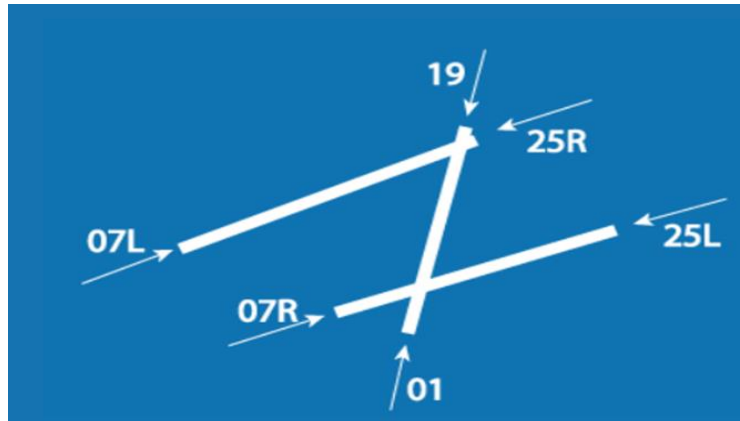


Figure 14: Schème représentant la numérotation de deux pistes parallèles.

II.4.3. Accotement de piste

C'est une surface aménagée et revêtue de manière à réduire au maximum les risques que peut engendrer un avion lorsqu'il s'écarte de la piste, le rôle des accotements se résume aussi dans :

- Protéger les extrémités latérales de la piste.
- Epauler la piste pour l'évacuation des eaux.
- Freiner l'érosion du sol.
- Parking pour les engins d'entretien de la piste.

II.4.4. Bande de piste

C'est un espace dégagé qui inclut la piste, le prolongement d'arrêt et les accotements, elle comporte une partie nivelée et une partie terrassée et compactée.

II.4.5. Aire de demi-tour sur piste

C'est une aire aménagée aux extrémités ou sur le long des pistes afin d'assurer le virage de 180 degrés des aéronefs.



Figure 15: Raquette de demi-tour de l'actuel l'aérodrome d'In Guezzam.

II.4.6. Aire de sécurité d'extrémité « LA RESA »

C'est une aire aménagée, dégagée et nivelée à chaque extrémité de la bande de piste d'une manière à réduire les risques de dommages pour un avion qui fera un atterrissage trop court ou dépassera la piste, améliorer la décélération de l'avion et faciliter les déplacements des véhicules de sauvetage et d'incendie.

II.4.7. Les voies de circulations

Les voies de circulations ou très fréquemment désignées par les Taxiways sont des éléments qui relient la piste aux aires sur lesquelles se fait le trafic des aéronefs. Leur tracé est conçu dans le but de faciliter la circulation des aéronefs.

➤ Type de voie de circulation

On peut distinguer :

- Les entrées sorties.
- Les voies reliant deux parties de l'aéroport.
- Les accès aux aires de stationnements.

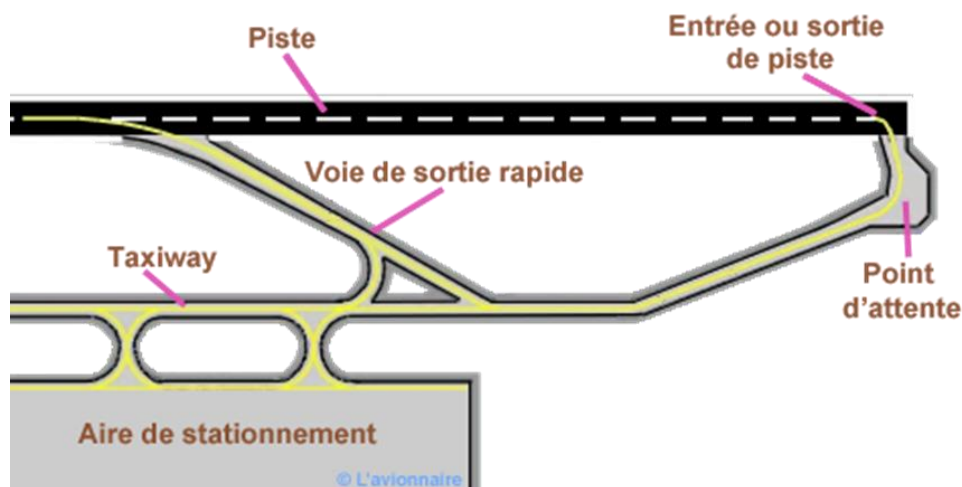


Figure 16: Schéma représentatif des différentes voies de circulation.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

III.1.Introduction

Une infrastructure aéroportuaire est caractérisée géométriquement par une longueur et largeur mais également une orientation convenable afin de permettre aux avions de décoller et atterrir en toute sécurité. Ces caractéristiques sont déterminées à partir des recommandations énoncées par l'annexe 14 de l'OACI sous forme de tableaux qui dépendent essentiellement de l'avion critique choisie pour la conception de l'aérodrome qui fait l'objet de l'étude.

III.2.L'avion critique

La détermination de l'avion critique est une étape importante dans la conception d'un aérodrome, les dimensions de ce dernier sont exclusivement dépendantes des caractéristiques physiques (poids, longueur, envergure et type) de l'appareil choisi.

L'aérodrome d'In Guezzam sera dimensionné pour recevoir l'avion Boeing 737-800 construit par la société américaine Boeing dans ce cas on le désignera "Avion critique".

Les caractéristiques principales du B737-800 sont présentées dans le tableau Annexe N°2.

III.3.Classification de l'aérodrome

L'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) recommande l'attribution d'un code de référence constitué d'un chiffre suivi d'une lettre, ces derniers dépendent respectivement de l'envergure et la longueur de référence de la piste qui sont deux caractéristiques intrinsèques de l'aéronef.

➤ Chiffre de référence

C'est le premier élément de code qui varie de 1-4 suivant l'importance de la longueur de référence de la piste.

Chiffre de référence	Distance de référence De l'avion (m)
1	Moins de 800
2	De 800 à 1200 exclu
3	De 1200 à 1800 exclu
4	1800 et plus

Tableau 2: Chiffre de code d'un aérodrome.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

➤ Lettre de référence

C'est le deuxième élément de code qui englobe les 6 premières lettres de l'alphabet, il dépend de l'envergure de l'aéronef.

Lettre de référence	Envergure
A	Moins de 15
B	De 15 à 24 exclu
C	De 24 à 36 exclu
D	De 36 à 52 exclu
E	De 52 à 65 exclu
F	De 65 à 80 exclu

Tableau 3: Lettre de code d'un aérodrome

➤ Conclusion

D'après les caractéristiques de Boeing 737-800 la classification recommandée par l'OACI pour la piste aéronautique d'In Guezzam est **4C**.

III.4.Détermination de la longueur de piste

III.4.1.Loi de calcul

La longueur de référence est par définition la distance pour laquelle l'avion critique peut effectuer son décollage et atterrissage en toute sécurité, pour cela l'OACI préconise que la longueur réelle **L** doit être supérieure à la longueur de base donnée par le concepteur de l'aéronef. Elle est obtenue en appliquant à cette dernière des corrections qui dépendent de la température, de l'altitude et la pente.

$$L = L_{\text{réf}} \times N$$

Avec :

- $L_{\text{réf}} = 2090\text{m}$.
- N : coefficient de corrections.

Il y'a lieu d'appliquer aux données de base des coefficients de corrections car les longueurs de référence énoncée par les constructeurs d'aéronef concernent les conditions standard d'altitude (niveau moyen de la mer) et de température (15°C), ainsi que dans le cas où la pente longitudinale est nulle.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

Le coefficient de majoration N est en fonction des trois facteurs suivants :

- **Température**

La température de référence d'un aérodrome est la température moyenne maximale du mois le plus chaud de l'année pendant une période de mesure, comme énoncé dans le tableau Annexe N°2.

➤ **Conclusion**

D'après la définition et les données météorologiques citées ci-dessus la température de référence de l'aérodrome d'In Guezzam est de **45°C**.

- **Altitude**

L'altitude de référence de la piste d'aérodrome est révélée dans levé topographique de la zone d'étude. Pour la nouvelle piste d'In Guezzam l'altitude de référence est de **442m**.

- **Pente**

La pente moyenne de la piste est exprimée en (%). Cette dernière est obtenue en divisant la différence d'altitude entre le point le plus haut et le plus bas par la longueur totale de la piste. Pour la nouvelle piste d'In Guezzam la pente est de 1%.

- **Coefficients de correction**

$$N = \left(1 + \frac{N1}{100}\right) * \left(1 + \frac{N2}{100}\right) * \left(1 + \frac{N3}{100}\right)$$

Avec :

- N1 : Coefficient de correction d'altitude.
- N2 : Coefficient de correction de température.
- N3 : Coefficient de correction de la pente.

III.4.2. Calcul des coefficients de correction de longueur

Coefficient de correction d'altitude

$$N1 = \frac{7 * h}{300}$$

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

Donc :

$$N1 = \frac{7 * 442}{300} \rightarrow N1 = 10.31$$

Coefficient de correction de température

$$N2 = T - t$$

Avec :

- T : température de référence de l'aérodrome.
- t : température en atmosphère type à l'altitude, exprimée en degré Celsius ayant pour valeur
- $t = 15^\circ\text{C} - 0.0065h$.

Donc :

$$t = 12.13^\circ\text{C}.$$

$$\text{Par conséquent : } N2 = 32.87.$$

Remarque :

Avant d'avancer dans les calculs on doit vérifier que : $\left(1 + \frac{N1}{100}\right) \times \left(1 + \frac{N2}{100}\right) \leq 1.35$

Sinon, d'après l'OACI des dispositions particulières doivent être prise par le gestionnaire de l'aérodrome.

Dans notre cas : $\left(1 + \frac{10.31}{100}\right) \times \left(1 + \frac{32.87}{100}\right) = 1.4657 > 1.35 \rightarrow$ non vérifié.

Par conséquent on s'abstient à une correction de 1.35 et ceci après avoir déterminé la température qui satisfait cette condition.

• Détermination de la température

On pose : $\left(1 + \frac{N1}{100}\right) \times \left(1 + \frac{N2}{100}\right) = 1.35.$

Après calcul on trouve : $N2 = 22.38 \rightarrow T = 34.51^\circ\text{C}.$

Coefficient de correction de pente

$$N3 = 10 \times P$$

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

On a par application numérique :

$$N_3 = 10 \times 1\% = 10\%.$$

Coefficient de correction globale

$$N = \left(1 + \frac{N_1}{100}\right) \times \left(1 + \frac{N_2}{100}\right) \times \left(1 + \frac{N_3}{100}\right)$$

On a:

$$N = 1.35 \times \left(1 + \frac{10}{100}\right)$$

$$N = 1.485.$$

- **Longueur réelle de la piste L**

$$L = L_{\text{réf}} \times N$$

On a :

$$L = 2090 \times 1.485$$

$$L = 3103.65\text{m}.$$

Conclusion

Après avoir pris en compte tous les facteurs pouvant influencer sur la longueur de la piste et pour d'avantage de sécurité dans les cas défavorables on opte pour une longueur réelle de piste de 3200m.

III.5.Largeur de piste

Contrairement à la longueur, la largeur est déterminée directement à partir du code de référence comme le montre le tableau ci-dessous :

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

Code chiffre	Code lettre					
	A	B	C	D	E	F
1*	18	18	23			
2*	23	23	30			
3	30	30	30	45		
4			45	45	45	60

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

Tableau 4: Les références des largeurs de piste. Annexe 14 OACI.

Conclusion

L'aérodrome d'In Guezzam étant de classe 4C, se dotera d'une largeur de piste de 45 m.

III.6.Orientation de la piste

III.6.1.Introduction

Les aérodromes sont aménagés de telle sorte que leur fréquence d'utilisation reste importante malgré les changements climatiques (plus précisément les vents) qui peuvent interrompre l'exploitation de la piste lors des mouvements de décollage ou atterrissage.

Le choix de l'orientation de la piste est majoritairement dépendant de la force et la direction des vents dominants de la zone étudiée, assiette du nouvel aérodrome. Les pistes sont orientées dans le sens des vents dans l'optique de faciliter le décollage, réduire sa distance et améliorer le freinage lors de l'atterrissage.

III.6.2.Notion de vent traversier

Il est recommandé que les décollages et les atterrissages des aéronefs s'effectuent face aux vents dominants, en revanche des vents traversiers peuvent représenter par leurs intensité des facteurs à risque au bon déroulement de ces manœuvres, il faut donc réduire techniquement la composante perpendiculaire de la force de ce vent par rapport à l'axe de la piste.

Vu l'ampleur des dégâts que peut engendrer le vent traversier lorsqu'il dépasse une certaine limite de (vitesse) ce dernier tend à écarter l'avion de l'axe de la piste lors des manœuvres de décollage ou atterrissage.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

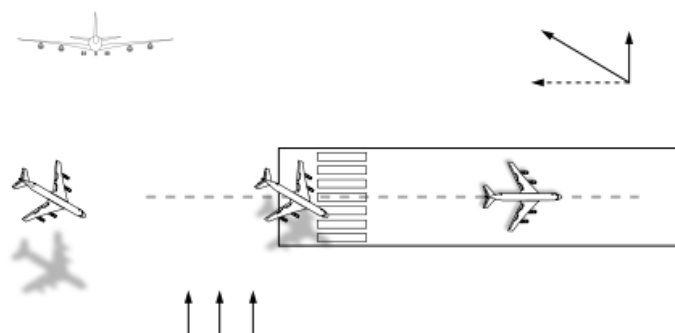


Figure 17: Schéma explicatif du vent traversier.

III.6.3.Détermination du coefficient d'utilisation

On définit le coefficient théorique d'utilisation de la piste (C_u) par le rapport entre le nombre d'observations aux quelle la vitesse du vent traversier reste inférieure à la vitesse admissible sur le nombre total d'observations.

Selon l'OACI il est recommandé que l'orientation des pistes doit être de manière que le coefficient d'utilisation de l'aérodrome soit supérieur ou égale à 95 %, il est aussi recommandé qu'il n'y est ni décollage ni atterrissage si la valeur de la composante transversale du vent est supérieure à :

Vitesse du vent traversier admissible (km/h)	Distance de référence de l'avion (m)
37 ^A	Supérieur à 1500m
24	De 1200m à 1500m exclus
19	Inférieur à 1200m

A : lorsque le coefficient de frottement longitudinal est relativement faible pour permettre un bon freinage ; l'annexe 14 recommande une vitesse admissible du vent inférieure ou égale à 24km/h. Au-delà de ces valeurs, il n'y'aura ni décollage ni atterrissage.

Tableau 5: Vitesse du vent traversier admissible, Annexe 14 l'OACI.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aéroport

Dans le cas de l'avion BOEING B737-800 : pour une distance de référence supérieure à 1500m la valeur de vitesse du vent traversier admissible est :

Vitesse du vent traversier admissible (km/h)	Vitesse du vent traversier admissible (m/s)
37	10

Tableau 6: Vitesse du vent traversier admissible pour la piste 4C.

III.6.4. Méthodologie de calcul du coefficient d'utilisation

Vu la disponibilité d'une station météorologique à In Guezzam, les données relatives aux vents ont permis leurs représentations par une rose des vents annuels pour la période s'étalant de l'année 2011 à 2020, respectant les quatre classes de vitesses et les seize directions.

- **Etapas de calcul du coefficient d'utilisation**

On commence tous d'abord par représenter la rose des vents en inscrivant des cercles concentriques représentant les classes de vents, puis on trace deux tangentes au cercle qui présente la vitesse admissible du vent traversier et parallèles à la direction d'envol choisie.

On multiplie les surfaces S_i calculées par les pourcentages P_i des portions contenant les surfaces, ensuite on divise par la surface S d'une portion, ce qui nous laisse à définir le coefficient d'utilisation comme suit :

$$C_u = 100 - N \quad \text{avec : } N = \sum \left(\frac{S_i}{S} \right) \times P_i$$

Tels que :

- **S_i** : Les surfaces en dehors des parallèles appartenant à des portions distinctes.
- **S** : surface d'une portion.
- **P_i** : les pourcentages des portions contenant les surfaces **S_i** donnés dans le tableau.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aéroport

Calcul de Cu pour la direction 81°/261° de la nouvelle piste d'In Guezzam

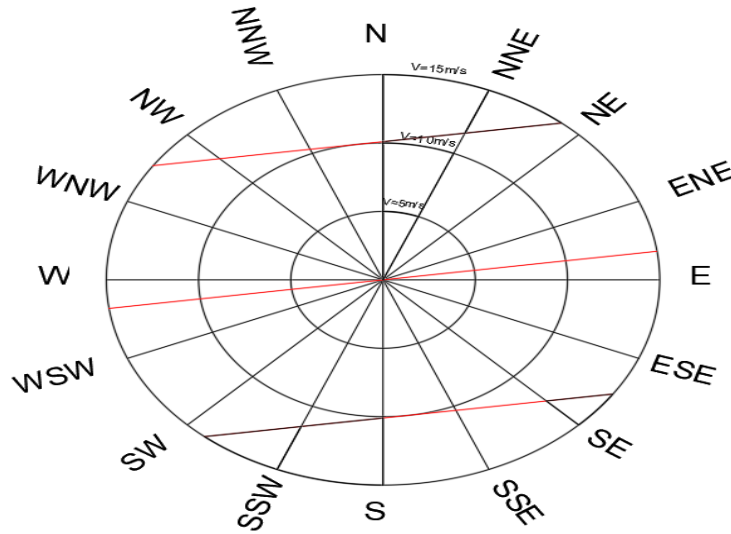


Figure 18: Calcul des surfaces pour la direction 81°/261°.

$$Cu = 100 - \left(\frac{23.7682}{24.5437} + 2 \times \frac{16.4051}{24.5437} + \frac{0.9986}{24.5437} + \frac{0.0331}{24.5437} + \frac{23.7682}{24.5437} + \frac{16.4051}{24.5437} + 2 \times \frac{8.5588}{19.4352} \right)$$

Cu=95.14%

De la même manière on calcule le **Cu** pour les autres directions, les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Directions	N-S	NNE-SSW	NE-SW	ENE-WSW	E-W	ESE-WNW	SE-NW	SSE-NNW
Cu (%)	83.90	89.17	95.43	97.36	93.57	88.18	84.30	82.72

Tableau 7: Valeurs des coefficients d'utilisation.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aéroport

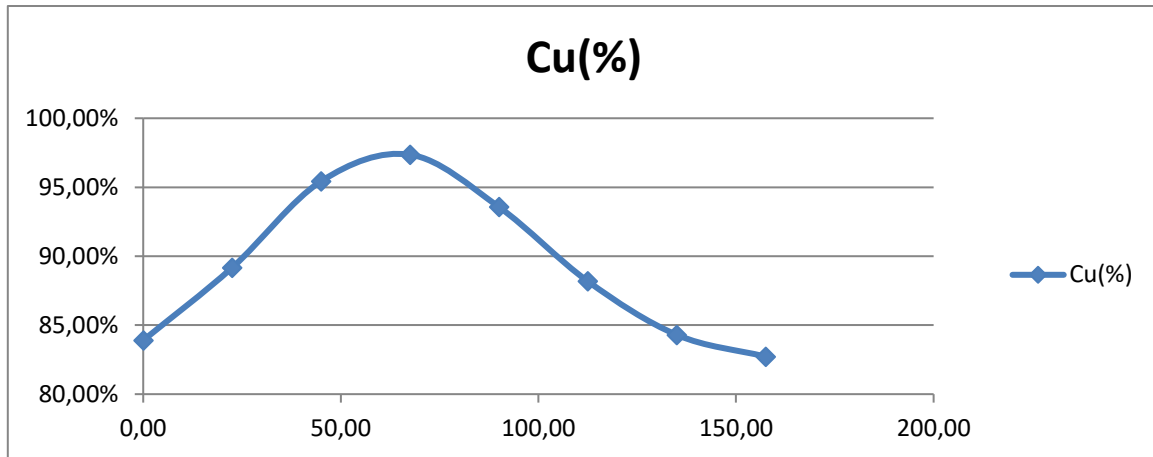


Figure 19: Courbe des coefficients d'utilisation.

III.6.5. Choix de l'orientation de la piste

Le choix de l'orientation de la nouvelle piste de l'aéroport d'In Guezzam ne dépend pas seulement du coefficient d'utilisation **Cu** mais aussi il faut prendre en considération la proximité du site à la frontière Algéro-Nigérienne, les manœuvres des aéronefs peuvent emmener à la violation de l'espace aérien Nigérien.

Nous remarquons que la direction de la piste $81/261^\circ$ est caractérisée par un **Cu=95.14%** ce qui satisfait les recommandations suggérées par l'annexe 14, de plus cette direction est parallèle à la frontière ce qui évitera comme cité plus haut la violation de l'espace aérien Nigérien.

III.7. Conception de la bande de piste

➤ Longueur de la bande de piste

La bande de piste s'étendra de l'extrémité de la piste ou du prolongement d'arrêt jusqu'à une distance comme spécifiée dans le tableau ci-dessous.

Chiffre de code	2,3ou4	(1) avec approche à vue	(1) avec approche aux instruments
Longueur (m)	60	30	60

Tableau 8: Longueur de la bande de piste.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

➤ Largeur de la bande de piste

Pour une approche de précision et un chiffre de code 4, la largeur de la bande de part et d'autre de l'axe de piste est de au moins 140 m.

La bande est partagée en deux portions comme suit :

- 75m aménagée de part et d'autre de l'axe de piste.
- 65m nivelée étendue de part et d'autre de la bande aménagée.

Conclusion

Pour un chiffre de code 4 le nouvel aérodrome sera doté d'une bande enveloppant la piste d'une longueur de 3520 m et d'une largeur de 280 m.

III.8. Conception de la RESA (aire de sécurité d'extrémité)

Les deux extrémités de la bande du nouvel aérodrome seront préservées par l'aménagement d'aires de sécurité dont les caractéristiques géométriques figurent dans le tableau ci-dessous :

Longueur	Largueur
100 m	90

Tableau 9: Caractéristiques de la RESA. Annexe 14

III.9. Conception de la voie de circulation

Pour permettre l'accès de la piste à l'aire de stationnement une bretelle sera projetée conformément aux recommandations de l'annexe 14 qui préconise de placer cette voie de circulation à une distance qui dépend essentiellement la vitesse à la touchée des roues avec la piste lors de l'atterrissage ; et de la vitesse de roulement vers les voies de circulations.

III.9.1.L'emplacement de la bretelle

Pour simplifier la détermination de l'emplacement de la bretelle, on se fixe un certain nombre d'hypothèses :

- La vitesse de toucher des roues qui est déterminée en fonction du type d'avion, dont les valeurs sont données dans le tableau AnnexeN°2.
- La décélération moyenne après toucher des roues est de 1.5 m/s².
- La vitesse de roulement des avions a été fixe à 20 Km/h au niveau des bretelles.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

➤ Détermination de l'emplacement de la bretelle du nouvel aérodrome d'In Guezzam

La distance entre le point de toucher des roues et le point où la vitesse de sortie est atteinte peut être calculé par la formule suivante :

$$D = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

Avec :

- V1 : Vitesse de toucher des roues (m/s).
- V2 : Vitesse de sortie (m/s).
- a : la décélération (m/s²).

➤ Application numérique :

Pour notre cas la vitesse de toucher des roues est de 222 Km/h et la vitesse de sortie au niveau de la bretelle sera égale à 20 Km/h.

$$D = \frac{(61.67)^2 - (5.56)^2}{2 \times (1.5)}$$

$$D = 1257 \text{ m.}$$

- Pour le BOEING 737-800, on estime que la distance entre le seuil est le point de toucher des roues est 300m, ce qui donne une distance de 1557m du seuil de la piste préférentiel 08.

➤ Conclusion

On conclut que d'après le calcul effectué et après correction avec le coefficient de correction N=1.485, la position de la bretelle sera à une distance de 2300 m à du seuil de la piste préférentiel 08 et donc à 900 m du seuil 26.

➤ Largeur de la bretelle

Selon les recommandations de l'OACI la largeur de la voie de circulation doit être au minimum égale à la valeur indiquée dans le tableau ci-contre :

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

Largueur hors tout du train principal				
	<4.5m	4.5-6	6-9	9-15
Largueur de la voie de circulation	7.5m	10.5m	15m	23m

Tableau 10: Largeur de voie de circulation, Annexe14.

La largeur de la voie de circulation (bretelle) est de 15m.

➤ **Longueur de la bretelle**

Il n'existe aucune recommandation prescrivant la longueur d'une bretelle mais vu que cette dernière dessert directement vers un parking on doit respecter un minimum de dégagement entre l'axe de la piste et l'axe de l'aire de stationnement des avions.

Pour cela on opte pour une bretelle d'une longueur de 200 m

➤ **Rayon du virage**

Un virage ne peut pas être évité à l'intersection de la piste avec la bretelle. Le rayon doit être compatible avec des manœuvres et des vitesses normales de circulation au sol des avions auxquels ce dernier est destiné. Les rayons minimaux sont mentionnés dans le tableau ANNEXE 2.

Pour notre cas un rayon $R=50$ m sera suffisant pour permettre aux avions de virer sans sortir de la chaussée.

➤ **Accotement de la bretelle**

Pour renforcer la sécurité en cas de mauvaises manœuvres, un accotement est aménagé de part et d'autre de la voie de circulation, les valeurs de la largeur totale sont comme l'indique le tableau ci-dessous :

Catégories	C	D	E	F
Largueur totale(m)	25	34	38	44

Tableau 11: Accotement de la voie de circulation, Annexe 14.

Pour une lettre de code C on prévoit un accotement d'une largeur de 5m de part et d'autre de la voie de circulation ce qui donne une largeur totale de 25m.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

➤ Bande de la bretelle

La bretelle est inscrite dans une bande dont la largeur totale est de 52 m.

Pour $6 \leq \text{OMGWS} < 9$, l'annexe 14 recommande que la bande de la bretelle présente une aire nivelée jusqu'à une distance de l'axe de la bretelle supérieure ou égale à 12.5m.

III.10.Aire de demi-tour (raquette de retournement)

L'annexe 14 recommande d'aménager les pistes de lettre de code C au moins d'une aire de demi-tour aux extrémités pour effectuer le retournement des avions.

III.10.1.Conception de l'aire de demi-tour

L'annexe 14 recommande :

- ✓ Un angle d'insertion avec la piste inférieure à 30 degrés.
- ✓ L'angle de braquage du Boeing 737-800, ne dépasse pas 45 degrés.
- ✓ La marge entre le sillage extérieur de l'atterrisseur principale et le bord de l'aire de demi-tour est spécifiée dans le tableau ci-dessous :

OMGWS	OMGWS<4.5m		4.5≤OMGWS <6		6≤OMGWS <9		9≤OMGWS <15	
Empattement	<18m	≥18m	<18m	≥18m	<18m	≥18m	<18m	≥18m
Marge	1.5m		2.25m		3m	4m	4m	

Tableau 12: La marge entre le sillage extérieur de l'atterrisseur principale et le bord de l'aire de demi-tour. Annexe 14.

La marge de la nouvelle piste d'In Guezzam sera donc de 3 m.

- ✓ Le choix des dimensions de l'aire de demi-tour dépend du cercle engendré du retournement de l'aéronef par ses ailes ainsi que du le rayon du nez d'avion, sa longueur, sa largeur hors tout du train principale, ajoutée à cela une marge qui garantit à l'avion de rester toujours dans l'aire en effectuant son retournement. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-contre :

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aéroport

Boeing 737-800	
Rayon des ailes (m)	22.80
Rayon du nez(m)	20
OMGWS(m)	7
Marge(m)	3
Longueur (m)	39.50

Tableau 13: Paramètres influents le dimensionnement de l'aire de demi-tour.

L'accotement garantissant la protection du moteur de l'aspiration des débris ainsi que la protection de la surface de piste contre l'érosion, est de 7.5 m le même que celui la piste correspondante.

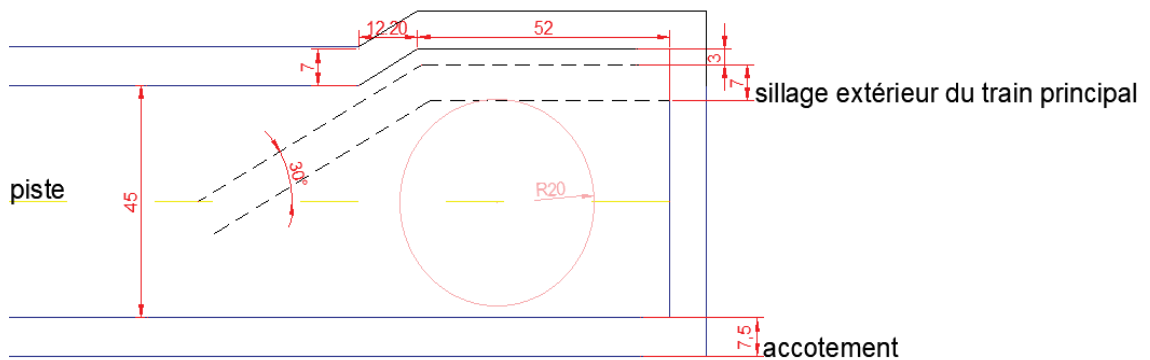


Figure 20: Schéma de l'aire de demi-tour.

III.10.1.1. Emplacement des aires de demi-tours

Notre piste est dotée de deux aires de demi-tours aux extrémités de la piste et une 3ème aire au à 900 du seuil 08 comme le montre la figure ci-dessous.

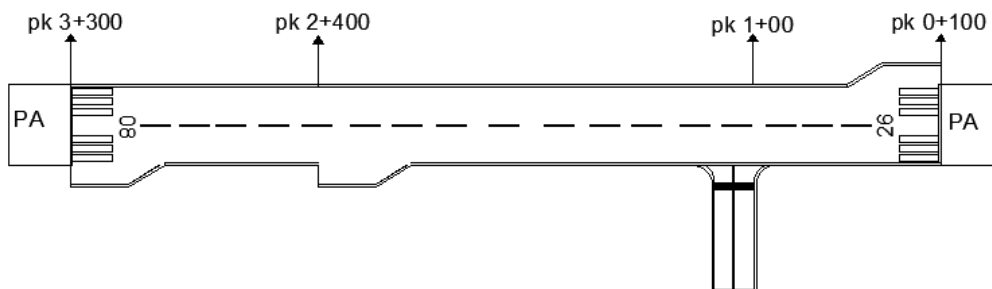


Figure 21: Emplacement des raquettes de retournements.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

III.11. Prolongement d'arrêt

➤ Largeur du prolongement d'arrêt

Le prolongement d'arrêt est caractérisé par une largeur de 60m.

➤ Longueur du prolongement d'arrêt

Comme évoqué précédemment le prolongement d'arrêt est une disposition mise en place (pour qu'elle soit utilisée dans le cas où il y'a un problème lors du décollage ou atterrissage), de plus c'est une marge de sécurité étant donné que la longueur de référence calculée théoriquement est de 3104 m et la longueur choisie est 3200 m, ainsi on opte pour une longueur de 100m du fait qu'on est aussi contraint par la longueur de la RESA.

Notre piste est dotée d'un prolongement d'arrêt de part et d'autre qui est caractérisé par une longueur de 100m et largeur de 60m

III.12. Aire de stationnement

Il existe plusieurs manières d'organiser l'aire de stationnement et ceci dépend essentiellement du volume de trafic de l'aérodrome, pour le nouvel aérodrome d'In Guezzam un système de parking linéaire paraît adapté pour accueillir les 04 postes de stationnement prévu.

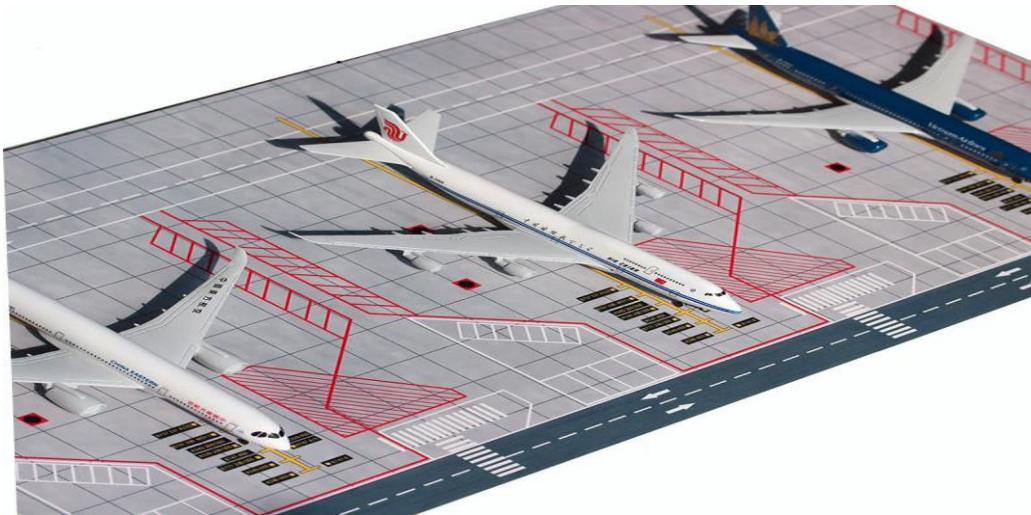


Figure 22: Configuration du système de parking linéaire.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aéroport

III.12.1. Conception de l'aire de stationnement

➤ Largeur

La largeur du parking n'est pas soumise à des règles géométriques précises sauf l'obligation de respecter les espacements minimaux entre les différents postes de stationnement.

Lettre de code	Dégagement
A	3.0
B	3.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5
F	7.5

Tableau 14: largeur de l'aire de stationnement.

➤ Application au projet

Largueur = $5 \times \text{envergure} + 3 \times \text{dégagement}$, Avec dégagement pris 10m.

Largueur = 201,6 m.

Compte tenu de ces dégagements et après majoration on opte pour une largeur de 300 m.

➤ Longueur

La longueur de l'aire de stationnement est déterminée de telle sorte à permettre aux avions de pouvoir effectuer leurs manœuvres pour quitter ou entrer au parking.

La longueur est donc de 150m.

Chapitre III: Caractéristiques physiques d'un aérodrome

III.13. Tableau récapitulatif des éléments physiques de l'aérodrome

Caractéristique	Longueur (m)	Largeur (m)
Piste	3200	45
Accotement de piste	3200	7.5
Bande de piste	3520	280
RESA	100	90
Bretelle	200	15
Accotement de la bretelle	200	5
Bande de la bretelle	200	52
Aire de demi-tour	64.20	7
Accotement de l'aire de demi-tour	64.20	7.5
Aire de stationnement	150	300
Prolongements d'arrêts	100	60

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des éléments physiques de l'aérodrome.

Chapitre IV: Surfaces de dégagements

IV.1.Introduction

Dans ce chapitre nous aborderons la notion de surface de dégagement ou surface de limitation d'obstacle qui assure la libération de l'espace aérien d'un aéroport de tout obstacle pouvant compromettre les opérations effectuées par les aéronefs ainsi que leur sécurité.

IV.2.Surfaces de dégagements

Les surfaces de dégagements diffèrent pour chaque aéroport, elles sont déterminées selon le type d'approche ainsi que le fonctionnement de la piste, Selon l'annexe 14, pour une piste avec approche de précision de catégorie II, les surfaces de dégagements sont les suivantes :

- Surface horizontale intérieure.
- Surface conique.
- Surface d'approche et surface intérieure d'approche.
- Surface de transition.
- Surface intérieur de transition.
- Surface d'atterrissage interrompu.
- Surface de montée au décollage.

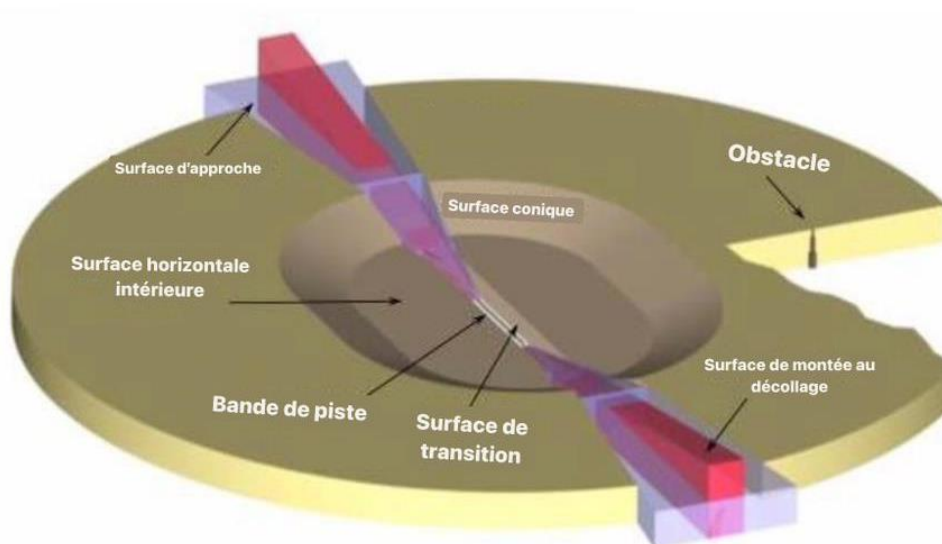


Figure 23 : Schéma général des surfaces de dégagements.

IV.3.Surface horizontale intérieure

C'est une aire virtuelle dégagée de tout obstacle ayant une élévation minimum de 45m sur un rayon déterminé dans l'annexe 14, au-delà de cette côte la sécurité de l'aéronef lors du décollage ou atterrissage peut être compromise.

Pour une piste avec approche de précision de catégorie II, il ressort les caractéristiques suivantes :

Approche de précision catégorie II	
Chiffre de code 3 ou 4	
Hauteur	Rayon de la surface horizontale intérieure R_1
45m	4000m

Tableau 16: Caractéristiques de la surface horizontale intérieure.

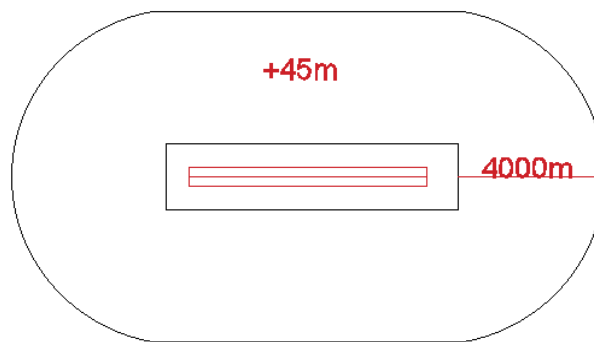


Figure 24: Vue en plan de la surface horizontale intérieure.

IV.3.1.Surface conique

C'est une surface qui tend à empêcher les objets artificiels existants ou projetés de nuire aux mouvements des aéronefs, ces obstacles peuvent aussi être d'ordre naturels : arbres, collines et montagnes.

Elle est inclinée vers le haut de 5% et limitée du bas par la surface horizontale jusqu'à une hauteur spécifiée dans le tableau ci-dessous :

Approche de précision catégorie II	
Chiffre de code 3 ou 4	
Pente	Hauteur
5%	100m

Tableau 17: Caractéristiques de la surface conique.

Le rayon de la surface conique est déterminé comme suit :

$$R_2 = R_1 + \frac{100}{0.05} = 4000 + 2000 = 6000 \text{ m.}$$

Avec R_1 : Rayon de la surface horizontale intérieure.

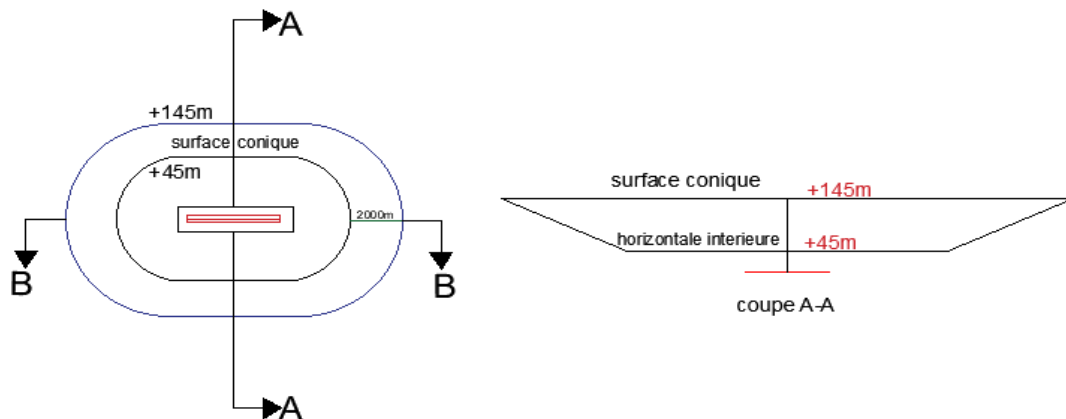


Figure 25: Vue en plan et en élévation des surfaces conique et horizontale intérieure.

IV.3.2.Surface d'approche (la trouée)

C'est un plan incliné déterminé pour limiter la présence de tout obstacle naturel ou artificiel pouvant percer l'espace aérien navigable au moment du décollage ou de l'atterrissage.

Elle est délimitée par :

- ✓ Un bord intérieur de 280 m horizontale et de même altitude que le milieu du seuil, et il est perpendiculaire au prolongement de l'axe de la piste précédant le seuil d'une distance de 60m.
- ✓ Deux lignes débutantes des deux extrémités du bord intérieur, divergentes de 15% par rapport au prolongement de l'axe de la piste.
- ✓ Un bord extérieur parallèle au bord intérieur.
- ✓ La pente par rapport au plan vertical passant par l'axe de la piste est de 2.5%.

Chapitre IV: Surfaces de dégagements

Surface d'approche, approche de précision catégorie II	
Longueur du bord intérieur	280m
Distance au seuil	60m
Divergence des lignes	15%
Première section	
Longueur	3 000m
Pente	2%
Deuxième section	
Longueur	3 600m ^a
pen	2.5%
Section horizontale	
Longueur	8 400m ^a
Longueur totale	15 000m
<p>a: La surface d'approche sera horizontale au-delà du plus élevé des deux points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Point où le plan incliné à 2,5 % coupe un plan horizontal situé à 150 m au-dessus du seuil. • Point où ce même plan coupe le plan horizontal passant par le sommet de tout objet qui détermine la hauteur limite de franchissement d'obstacles. 	

Tableau 18: Caractéristiques de la surface d'approche.

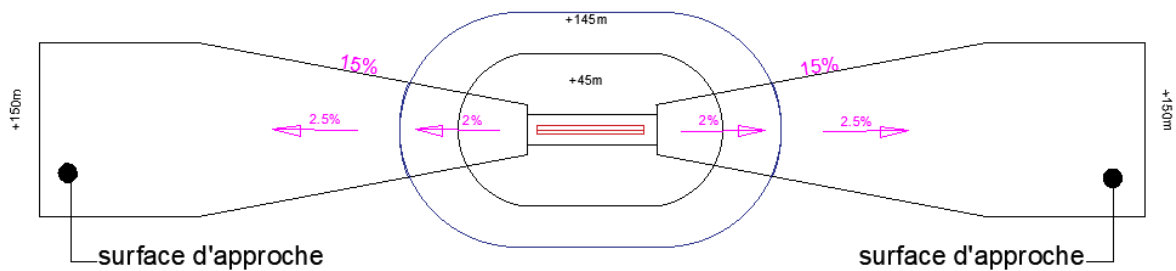


Figure 26: Vue en plan de la surface d'approche.

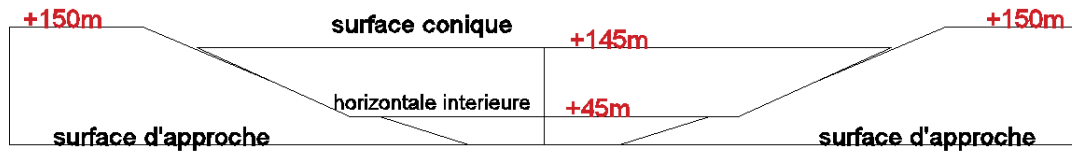


Figure 27: Vue en élévation de la surface d'approche.

IV.3.3.Surface intérieure d'approche

Pour plus de sécurité au moment du décollage des aéronefs, une surface virtuelle sous forme de portion rectangulaire de la partie du plan de surface d'approche précédant immédiatement le seuil est à vérifier.

Cette surface appelée surface intérieure d'approche est délimitée :

- Par un bord intérieur situé au même endroit que le bord intérieur de la surface d'approche
- Par deux côtés partant des extrémités du bord intérieur et parallèles au plan vertical passant par l'axe de la piste.
- Par un bord extérieur parallèle au bord intérieur.

Surface intérieure d'approche, approche de précision catégorie II	
Largeur	120
Distance au seuil	60m
Longueur	900m
Pente	2%

Tableau 19: Caractéristiques de surface intérieure d'approche.

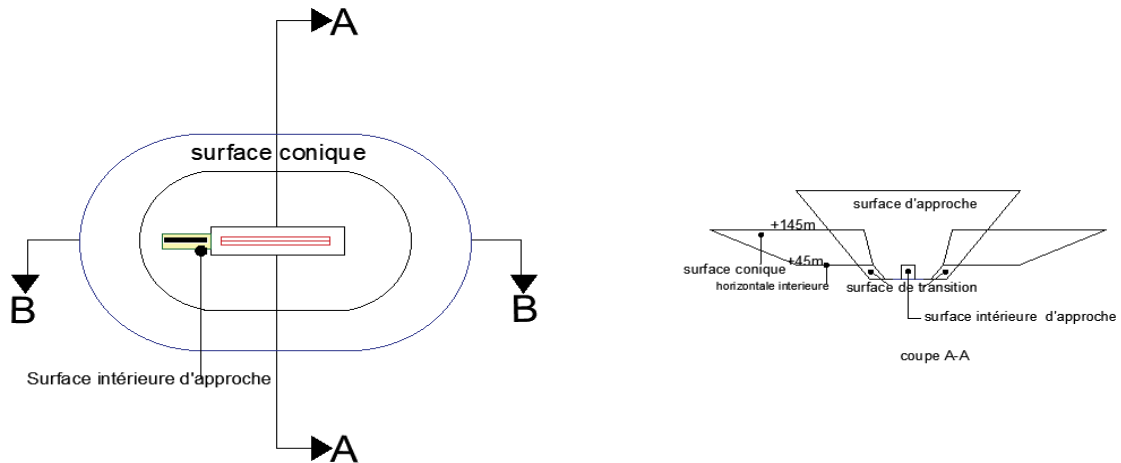


Figure 28: Vue en plan et en élévation de la surface intérieure d'approche.

IV.3.4.Surface de transition

C'est une surface qui délimite une zone dans laquelle les aéronefs peuvent évoluer à basse altitude en toute sécurité lorsqu'ils s'écartent de l'axe de piste lors de l'approche. Elle 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 et vers l'extérieur jusqu'à la surface horizontale intérieure. Elle est délimitée :

- 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.

Surface de transition, <u>Approche de précision catégorie II</u>	
Pente	14.3%

Tableau 20: Caractéristiques de la Surface de transition.

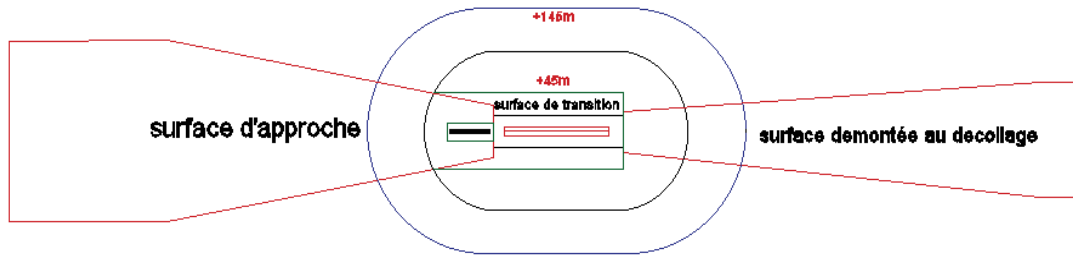


Figure 29: Vue en plan de la surface de transition.

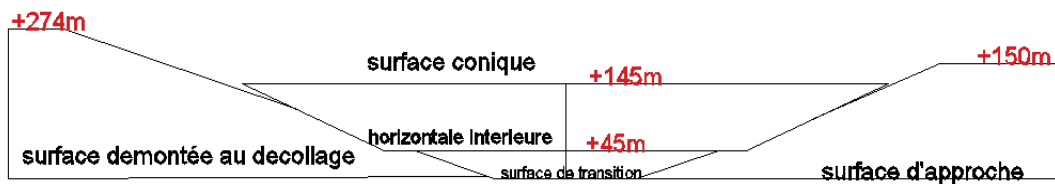


Figure 30: Vue en élévation des surfaces de dégagements.

IV.3.5. Surface d'atterrissage interrompu

La surface d'atterrissage interrompu est sous forme d'un plan incliné situé à une distance spécifiée en aval du seuil, et s'étendant entre les surfaces intérieures de transition. Elle est délimitée :

- Par un bord intérieur horizontal situé à l'altitude de son point d'intersection avec l'axe de la piste et qui lui est perpendiculaire et situé à une distance spécifiée en aval du seuil.
- Par deux côtés qui, partant des extrémités du bord intérieur, divergent uniformément sous un angle spécifié, par rapport au plan vertical passant par l'axe de la piste ;
- Par un bord extérieur parallèle au bord intérieur et situé dans le plan de la surface horizontale intérieure.

Surface d'atterrissage interrompu, Approche de précision catégorie II	
Longueur du bord intérieur à l'extrémité de la bande	120m
Distance au seuil	1800m
Divergence	10%
Pente	3.33%

Tableau 21: Caractéristiques de la surface d'atterrissage interrompu.

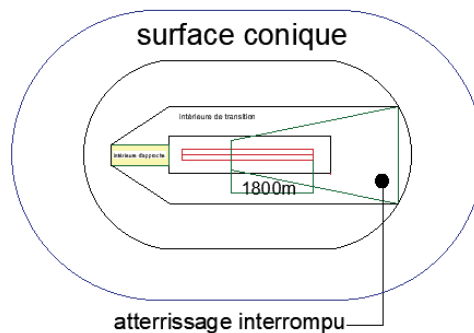


Figure 31: Vue en plan de la surface d'atterrissage interrompu.

IV.3.6. Surface intérieure de transition

Surface analogue à la surface de transition mais plus rapprochée de la piste, elle détermine la limitation d'obstacle pour les aéronefs, les aides de navigation ainsi que toute autre véhicule pouvant se trouver à proximité de la piste. Elle est délimitée par :

- Par un bord inférieur commençant à l'extrémité de la surface intérieure d'approche et s'étendant sur le côté et jusqu'au bord intérieur de cette surface, et de là le long de la bande parallèlement à l'axe de piste jusqu'au bord intérieur de la surface d'atterrissage interrompu, et s'élevant ensuite sur le côté de la surface d'atterrissage interrompu jusqu'au point d'intersection de ce côté avec la surface horizontale intérieure.
- Par un bord supérieur situé dans le même plan que la surface horizontale intérieure.

Surface intérieure de transition, Approche de précision catégorie II	
Pente	33.3%

Tableau 22: Caractéristiques de la surface intérieure de transition

IV.3.7. Surface de montée au décollage

Familière à la surface d'approche, c'est une surface à vérifier pour les pistes lors des décollages. Elle est inclinée de 2% et délimitée par :

- ✓ Un bord intérieur de 180 m perpendiculaire à l'axe de la piste situé à 60 du seuil de piste.
- ✓ Deux cotés démarrant du bord intérieur et divergeant de 12.5% par rapport à l'axe de la piste.
- ✓ Un bord extérieur situé à 15 000 m du bord intérieur et qui lui est parallèle.

Surface de montée au décollage, chiffre de code 4	
Longueur du bord intérieur	180m
Distance au seuil	60m ^a
Divergence	12.5%
Pente	2%
Largeur finale	1800m ^b
Longueur	15 000m
<p>a : La surface de montée au décollage commence à la fin du prolongement dégagé si la longueur de ce dernier dépasse la distance spécifiée.</p> <p>b : 1800m lorsque la route prévue comporte des changements de cap de plus de 15° pour les vols effectués en conditions IMC ou VMC de nuit sinon c'est 1200m.</p>	

Tableau 23: Caractéristiques de la surface de montée au décollage.

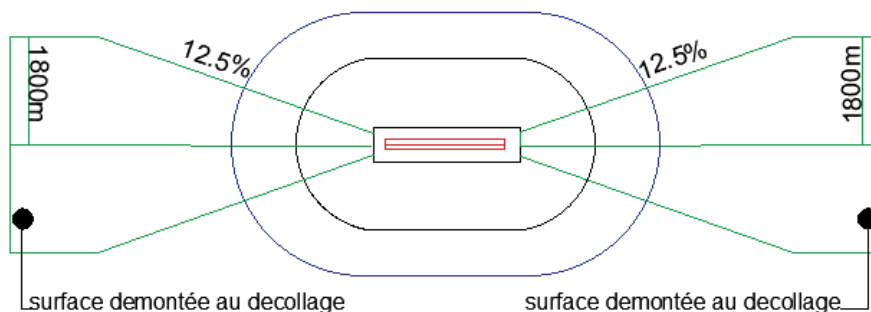
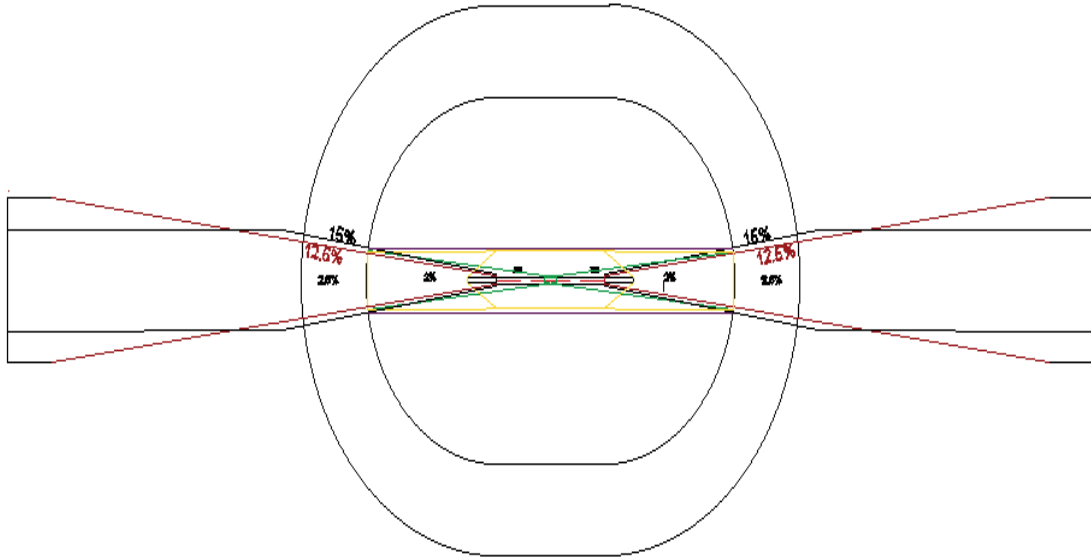


Figure 32: Vue en plan de la surface de montée au décollage.

Chapitre IV: Surfaces de dégagements

De ces constructions géométriques et des recommandations de l'OACI indiquée dans l'ANNEXE N°3 résulte le plan de dégagement schématisé ci-dessous



**Figure 33: Schéma représentatif des surfaces de dégagements
de la nouvelle piste d'In Guezzam**

IV.4.Vérification des dégagements

Après la vérification des surfaces de dégagements du nouvel aéroport d'In Guezzam, on obtient les résultats récapitulés dans le tableau N°24 .

Chapitre IV: Surfaces de dégagements

Obstacle	Altitude de l'obstacle(m)	Hauteur de l'obstacle(m)	Surface de dégagements	Limite d'obstacle (m)
Antenne VOR	415	6	Horizontale intérieure	462
			Conique	562
			Approche	420
Château d'eau	422	15	Horizontale intérieure	487.56
			Approche	526.7895
			Montée au décollage	521.94
TWR	422.785	17	Horizontale intérieure	487.56
			Atterrissage interrompu	525.86
			Approche	492.59
			Montée au décollage	492.59
Antenne TDA	430.2	100	Conique	587.56
Pylône PRKG P1	424.093	24	Atterrissage interrompu	519.53
			Horizontale intérieure	487.56
			Approche	488.79
			Montée au décollage	488.79
Pylône PRKG P2	423.51	24	Atterrissage interrompu	524
			Horizontale intérieure	487.56
			Approche	491.48
			Montée au décollage	491.48
Pylône PRKG P3	422.459	24	Atterrissage interrompu	529.57
			Horizontale intérieure	487.56
			Approche	494.82
			Montée au décollage	494.82
Antenne militaire	426	15	Horizontale intérieure	487.56
			Transition	495.62
Antenne MTO	425.07		Atterrissage interrompu	516
			Horizontale intérieure	487.56
			Approche	486.67
			Montée au décollage	486.67

Tableau 24: Tableau récapitulatif des obstacles aux alentours de la nouvelle piste d'In Guezzam

➤ Conclusion

Le sommet de l'antenne militaire doit être signalé afin que les services d'aviations prennent les mesures adéquates pour assurer la sécurité, le VOR doit être déplacé de l'axe de piste.

Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome

V.1.Profil en long de la piste

Le profil en long d'une piste d'aérodrome obéit à des conditions strictes vis-à-vis les pentes et les raccordements pour assurer la sécurité et le confort des passagers lors du décollage et l'atterrissage des aéronefs.

➤ Pente moyenne longitudinale

La pente moyenne longitudinale est obtenue par le quotient de la différence entre l'altitude maximale et l'altitude minimale mesurées sur l'axe de la piste par la longueur de la piste, et ne doit pas dépasser les valeurs ci-dessous :

Pente moyenne longitudinale	Chiffre de code
1%	3 ou 4
2%	1 ou 2

Tableau 25: Pente moyenne longitudinale, Annexe14.

Pour la nouvelle piste, et tout en sachant que le chiffre de code est 4, la pente moyenne longitudinale ne doit pas dépasser 1%.

➤ Les pentes longitudinales

En tenant compte des recommandations de l'annexe 14 :

- Aucune portion de profil ne doit dépasser 1.25% pour le chiffre de code 4.
- Les pentes du 1^{er} et dernier quart ne doivent pas dépasser 0.8%.

➤ Changement de pente longitudinale

Dans les situations où les changements de pentes sont inévitables l'annexe 14 exige des limites sur les changements entre deux pentes consécutives :

Changement de pente (%)	Chiffre de code
1,5 %	3 ou 4
2 %	1 ou 2

Tableau 26: Changement de pente longitudinale, Annexe14.

Le changement de pente est réalisé par des courbes de raccordement d'un rayon minimal de 30 000 m pour le chiffre de code 4.

Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome

➤ Distance entre changement de pente

La distance entre les points d'intersection de deux courbes de raccordement entre les pentes successives p_1 , p_2 et p_3 doit être supérieure ou égale aux deux valeurs suivantes :

$$\begin{cases} 45m \\ (|p_2 - p_1| + |p_2 - p_3|) \times R \text{ minimal} \end{cases}$$

Cas de de la piste d'In Guezzam :

- La pente du premiers quart $P_1=0.8\% \leq 0.8\%$, **exigences respectées.**
- Les pentes dans le dernier quart $P_2=-0.40\% < 0.8\%$, $P_2'=-0.1 < 0.8\%$, **exigences respectées.**
- La pente moyenne longitudinale est calculée comme suit :

$$p_{\text{moy.l}} = \frac{Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}}{L_{\text{piste}}}$$

Zmin	Zmax	Longueur de piste	Pente moyenne longitudinale	Condition
442.56	464.05	3200	0.672%	0.672% < 1% Condition vérifiée

Tableau 27: Calcul de la pente moyenne longitudinale de la piste d'In Guezzam.

Remarque :

Pour les calculs on prend une pente moyenne longitudinale $p_{\text{moy.l}} = 1\%$

- Les pentes dans chaque portion du profil en long sont comme suit :

Portion	Pente %	Condition
100-1750m	0.80	<1.25% Condition vérifiée
1750m-2500m	0.40	
2500m-3200	-0.10	

Tableau 28: Vérification des changements de pentes.

Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome

- Nous disposons de quatre courbes de raccordement tel que :

Pente	Rayon de raccordement parabolique (m)	Longueur de la courbe (m)
0.80 ; 0.4%	50 000	200
0.40 ; -0.10%	50 000	250

Tableau 29: Les rayons des raccordements.

- Il y'a lieux de vérifier une seule distance entre changement de pente tel que :

Distance	D
P1	0.80
P2	0.40
P3	-0.10

Tableau 30: Les distances entre changements de pentes.

Avec ces valeurs on doit trouver :

$$D \geq \begin{cases} 45m \\ (|0.40 - (0.80)| + |0.40 + 0.10|) \times 500 \end{cases}$$

$$D \geq 450 \text{ m}$$

Du profil en long, $D = 850 \text{ m} \Rightarrow D > 450\text{m}$ donc cette exigence est respectée.

V.2.Profil en long de la bande de piste

La partie nivelée de la bande doit répondre à des exigences sur les pentes longitudinale, transversale ainsi que les changements de pentes. Pour un aérodrome de code 4 nous avons :

- ✓ La pente longitudinale ne doit pas dépasser 1.5%.
- ✓ Il est souhaitable d'éviter tout changement de pente avant le seuil de piste avec approche de précision, lorsque c'est inévitable on limite les changements de pente à 2% sur 30 m.

Pour notre cas :

Bande de piste	Pente
Bande du seuil 08	-0.10
Bande du seuil 26	0.80

Tableau 31: Les pentes longitudinales des bandes de piste.

Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome

V.3.Profil en long de la bretelle

La bretelle est insérée au PK 1+00 du seuil 26, elle s'étend sur 200 m avec une pente longitudinale de 0.40% <1.5%.

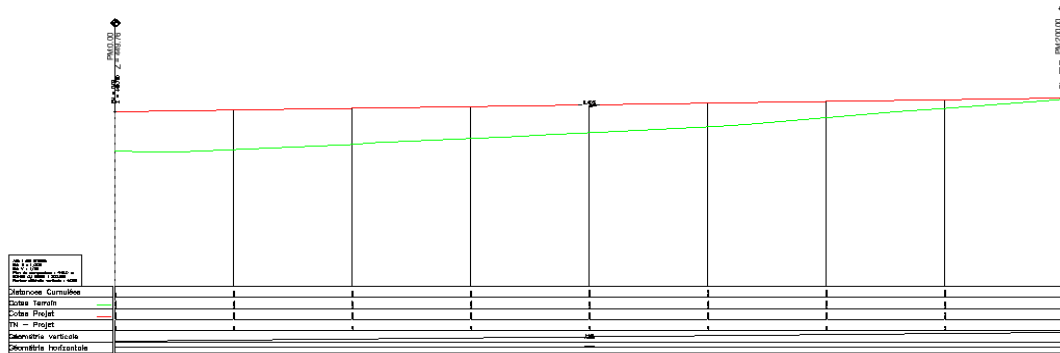


Figure 34: Profil en long de la bretelle.

Profil en long de la piste 08/26 + PA			
Droite 1			
Longueur(m)	Pente (%)	Abscisse (m)	Altitude(m)
1550	0.80	0.00	441.76
		1550	454.16
Parabole 1			
Rayon (m)	Longueur (m)	Abscisse sommet (m)	Altitude sommet (m)
50 000	200	1650	454.96
Droite2			
Longueur(m)	Pente (%)	Abscisse (m)	Altitude(m)
625	0.40	1750	455.36
		2375	457.86
Parabole 2			
Rayon (m)	Longueur (m)	Abscisse sommet (m)	Altitude sommet (m)
50 000	250	2500	458.36
Droite3			
Longueur(m)	Pente (%)	Abscisse (m)	Altitude(m)
775	-0.10	2625	458.24
		3400	457.46

Tableau 32: Récapitulatif des caractéristiques du profil en long de la piste 08/26.

V.4.Profil en long de l'aire de demi-tour

L'aire de demi-tour doit avoir des pentes longitudinales et transversales suffisante pour assurer l'écoulement rapide des eaux en surface :

- ✓ La pente longitudinale ne dépasse pas 1.25%.
- ✓ Le changement de pente ne dépasse pas 1.5%.

V.5.Profil en travers

Les profils en travers des pistes sont de préférence composés de deux versants plans symétriques formant un toit pour assurer l'évacuation des eaux de pluie dans le but d'éviter les phénomènes de glissance et d'hydroplanage. Ils sont constitués du corps de chaussée, les accotements, la bande, les talus en déblais ou/et en remblais ainsi que les fossés. Les pentes des profils en travers doivent répondre aux normes de l'OACI.

V.5.1.Les Pentes transversales selon les normes de l'OACI

➤ La piste

Pour une lettre de code C la pente transversale de la piste ne doit pas d'une part dépasser 1.5% et d'une autre part, ne doit pas être inférieur à 1% sauf aux intersections avec les voies de circulations ou il est préférable d'avoir des pentes très faibles et que la transition soit régulière.

➤ Les accotements

Il est préférable que la surface de l'accotement soit de même niveau que la surface de piste avec une pente transversale ne dépassant pas 2.5%.

➤ Aire de demi-tours

Il est préférable que la pente transversale de la raquette de retournement soit de même que celle de la surface de piste adjacente et suffisante pour un écoulement des eaux rapide à fin d'empêcher toute accumulation en surface.

➤ Bande de piste

Afin d'empêcher toute accumulation des eaux en surface, la partie nivelée de la bande ne doit pas dépasser une pente transversale de 2.5% pour le chiffre de code 4. Toutefois, pour faciliter l'écoulement des eaux, la pente sur les trois premiers mètres à l'extérieur du bord de la piste, des accotements ou du prolongement d'arrêt devrait être négative, lorsqu'elle est mesurée en s'écartant de la piste, et peut atteindre 5 %.

Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome

➤ Aires de sécurité d'extrémité de piste RESA

Il est préférable que la pente transversale de la RESA ne dépasse pas une valeur positive ou négative de 5%.

➤ Prolongements d'arrêt

Le prolongement d'arrêt doit répondre aux mêmes restrictions de pente que celle de la piste associée.

➤ Bretelle

Pour une lettre de code C, la pente transversale de la bretelle ne doit pas dépasser 1.5%.

V.5.2. Profil en travers type de la piste

La figure N°39 représente le profil en travers type mixte de la piste 08/26, les autres profils sont présentés dans les plans.

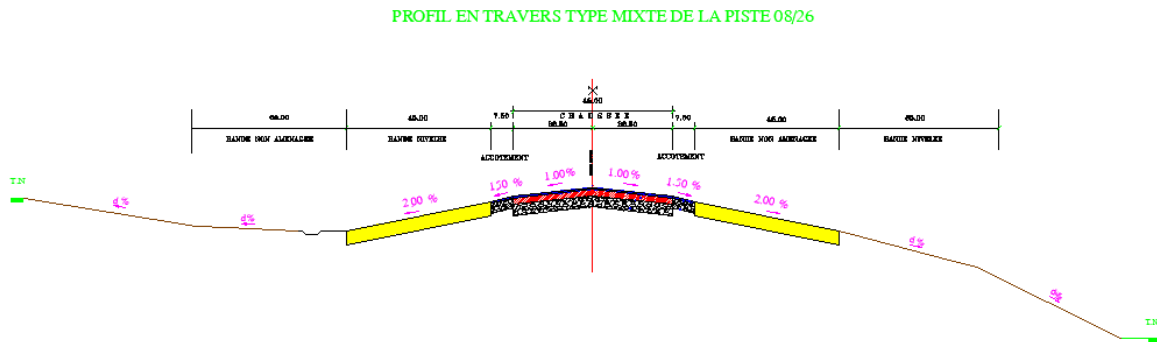


Figure 35: Profil en travers type mixte de la piste 08/26.

Caractéristique	Pente transversale en %
Chaussée	-1.00
Accotements	-1.50
Bande aménagée	-2

Tableau 33: Les pentes transversales de la piste.

Chapitre V: Caractéristiques géométriques de l'aérodrome

V.5.3.Profil en travers type de la bretelle

Caractéristique	Pente transversale en %
Chaussée	-1.00
Accotements	-1.50
Bande aménagée	-2

Tableau 34: Les pentes transversales de la bretelle.

V.5.4.Profil en travers type du prolongement d'arrêt

Prolongement d'arrêt	
Distance (m)	Pente transversale en %
22.5	-1.00
7.5	-1.50

Tableau 35: Les pentes transversales du prolongement d'arrêt.

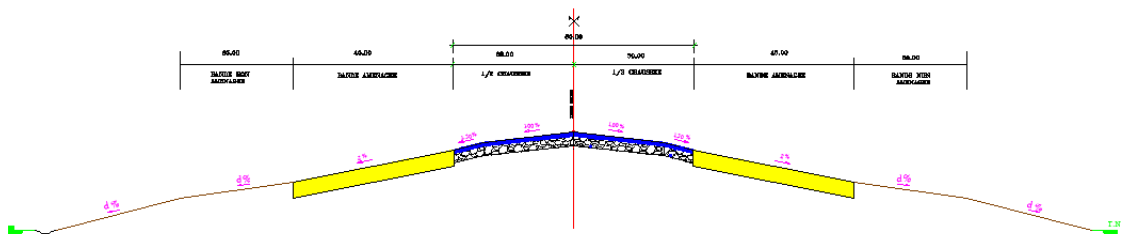


Figure 36: Profil en travers type du PA du seuil 08.

Chapitre VI: Etude géotechnique

VI.1.Introduction

La géotechnique a pour objectif :

- Identifier les différentes couches de sols constituant le site étudié
- Classification des sols selon les normes
- Détermination des caractéristiques physiques et mécaniques du sol d'assise.

VI.2.Compagne de reconnaissance

Tout projet d'infrastructure génie civil doit obligatoirement être soumis à une étude géotechnique, cette dernière conditionne le choix du site qui accueillera notre ouvrage, dans le cas de notre projet, le bureau d'étude SAETI a commandé une étude géotechnique pour la plateforme qui accueillera la nouvelle piste d'atterrissage, le Laboratoire des Travaux publics du Sud a intervenu in-situ suivant les étapes :

- Visite de site
- Implantation et réalisation des puits et sondage carotté
- Prélèvement des échantillons et réalisations des essais laboratoires

VI.3.Etude des sols du site

➤ Creusement des puits de reconnaissances

Après la visite du site et le repérage des lieux de prospection il a été procédé à la localisation de ces derniers, à déterminer leur nombre et arrêter les profondeurs des puits qui devront permettre de ressortir les variations sensibles dans la nature du sol.

La reconnaissance in-situ du sol-support a été effectuée par le creusement de quinze puits à ciel ouvert et six sondages carottés figés à 05 m de profondeur.

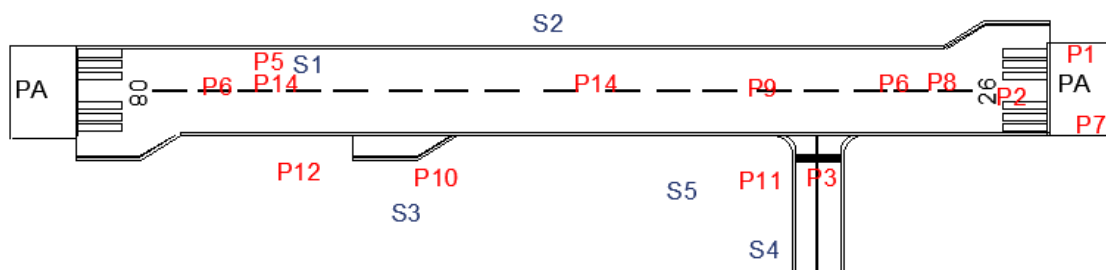


Figure 37:realisation des puits et sondages sur la zone du projet.

Chapitre VI: Etude géotechnique

Les sections lithologique des sondages carottés obtenues sont représentées dans le tableau ANNEXE N°1.

Les résultats des prélèvements montrent que la plateforme qui recevra la future piste a une homogénéité horizontale, et est formée principalement par une couche de sable.

Les sections lithologiques des puits obtenues sont représentées dans le tableau ANNEXE N°1

➤ Réalisation des essais laboratoires

Les prélèvements effectués ont été soumis aux essais de laboratoires suivants :

- Analyse granulométrique.
- Essai CBR immédiat.
- Essai Proctor.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de sable.
- Résistance à la compression.
- Analyse chimique.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ANNEXE N°1

VI.4.Conclusion des essais

➤ Partie meuble

- Granulométrie étalée « sol sablonneux » avec forte présence d'éléments fins.
- Indice de plasticité situé ente 15-40 --> sol plastique.
- Equivalent de sable ES < 65 --> sable argileux.
- D'après les analyses chimiques le sol n'est pas agressif et présente un pourcentage faible de carbonates.
- Sol support de bonne portance $16 < \text{CBR} < 133$.
- Classification GTR : on est en présence d'un sol dont la sous classe est **B1** et **B5**.

➤ Partie rocheuse

- Classification GTR on est en présence **R4** : roche siliceuse « Grés ».

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

VII.1.Introduction

Les chaussées aéronautiques sont construites par juxtaposition d'une série de couches de différents matériaux spécifiques de qualités croissante de bas en haut. Le choix de la nature de ces matériaux représente un des facteurs qui définissent le type de chaussée.

VII.2.Spécificités des chaussées Aéronautiques

Bien qu'il existe des similitudes en termes de matériaux ou méthodes de mise en œuvre néanmoins les chaussées aéronautiques se différencient à travers quelques spécificités des chaussées routières à commencer par les charges appliquées aux chaussées aéronautiques qui peuvent atteindre les 90 tonnes pour certains aéronefs tel que Boeing 747, de plus leurs grandes surfaces géométriques et faible pente font que les chaussées aéronautiques sont beaucoup plus exposées aux conditions climatiques.

De ce fait, les chaussées aéronautiques doivent satisfaire les conditions suivantes :

- Un calcul plus important des épaisseurs de chaussées afin de supporter le chargement très élevés des avions.
- La variation de la fréquence de trafic et sa dispersion sur l'air de manœuvre exigent l'application de coefficient de pondération des charges selon la fonction de chaque partie de la chaussée.
- (Protection couches de surfaces)

VII.3.Types de chaussée

A partir de la nature des matériaux constituant les différentes couches de la structure d'une chaussée, on peut distinguer les quatre types de chaussée suivante :

- **Chaussée souple** : c'est une chaussée dont la structure est constituée par une couche de roulement et d'une couche de base composée de matériaux traités aux liant hydrocarbonées et une couche de fondation en matériaux non traité.
- **Chaussée rigide** : c'est une chaussée constituée principalement d'une dalle en béton de ciment qui représente à la fois la couche de roulement et la couche de base et une couche de fondation.

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

- **Chaussée composite** : ce type de chaussée est le résultat du renforcement d'une chaussée rigide par une chaussée souple.
- **Chaussée semi rigide** : c'est une chaussée dont la structure est composée d'une couche de roulement constituées de matériaux traité aux liant hydrocarbonés et d'une couche de base constituées de matériaux traite en liant hydraulique.

VII.4.Choix du type de chaussée

Le choix du type de chaussée est l'un des problèmes les plus difficiles que l'on rencontre dans l'étude d'un projet.

Ce choix devra donc être fait en fonction de divers facteurs tels que :

- (Au) Trafic.
- (Au) sol support.
- (au) climat.
- (aux) conditions locales d'approvisionnement.
- (aux) délais d'exécution.
- (aux) divers problèmes techniques.
- (A) la longévité et entretien à long terme.

A priori il n'est pas évidant de faire le choix entre ces deux types de chaussées sauf après étude complète des deux procédés et en tenant compte des avantages et inconvénients que chaque type présente.

Avantages	
Chaussée souple	Chaussée rigide
<ul style="list-style-type: none">• Absence de joint.• Existence d'une main d'œuvre qualifiée.• Facilité d'entretien.	<ul style="list-style-type: none">• Grande durée de vie.• Bonne répartition des charges sur le sol support.• Bonne résistance aux carburants et souffles des réacteurs.

Tableau 36:Avantages des chaussées souple et rigide.

Inconvénients	
Chaussée souple	Chaussée rigide
<ul style="list-style-type: none"> Mauvaise résistance aux carburants et souffles des réacteurs. Fondation très importante. Entretien plus courant. 	<ul style="list-style-type: none"> Faible élasticité. Risque de fissuration de la dalle. Entretien difficile demandant une main d'œuvre qualifiée.

Tableau 37: Inconvénients des chaussées souple et rigide.

➤ **Choix de type de chaussée pour la piste d'In Guezzam :**

Dans le cas de notre étude on a opté pour une chaussée de piste souple pour les raisons suivantes :

- Faible trafic donc : charges faibles.
- Bon sol CBR = 12

VII.5. Comportement des chaussées souple

Lorsque les roues de l'atterrisseur s'appuient sur la surface de la chaussée, l'effort exercé par ces roues traverse la succession des surfaces et descend avec un angle caractéristique du matériau traversé qui se resserre au passage de chaque couche à la suivante comme représenté dans la figure ci-dessous :

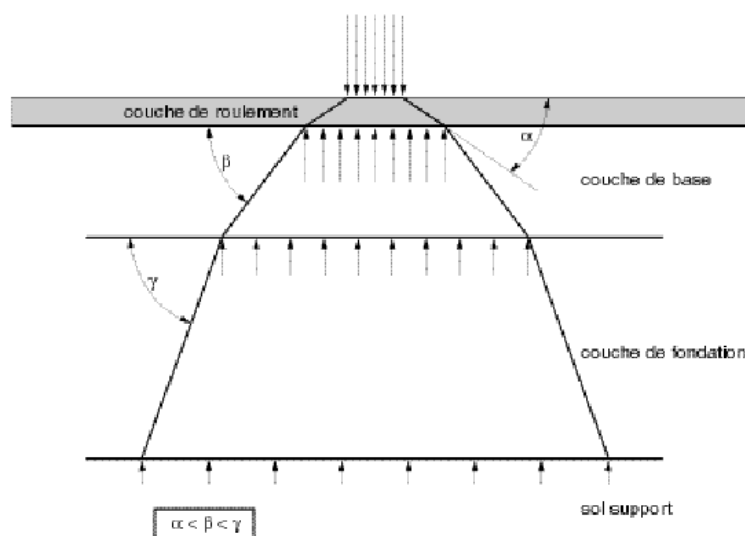


Figure 38: Comportement des chaussées souple .

VII.6. Dimensionnement des chaussées aéroportuaires

Le dimensionnement des chaussées aéroportuaires diffère de celui des chaussées routières car la piste aéronautique présente des dimensions importantes et les sollicitations sont différentes et évoluent avec le trafic, le nombre de mouvements et les charges pneumatiques importantes. Le dimensionnement de ces chaussées consiste à déterminer les épaisseurs des différentes couches, du type de chaussée choisi avec une connaissance préalable de certains paramètres de base qui sont :

- **La durée de vie**
- **L'avion de référence**
- **Le sol support**
- **Les sollicitations**
- **Les charges**

➤ **Méthode de dimensionnement des chaussées aéroportuaires**

Une fois le type de chaussée déterminée nous passons au choix de la méthode de dimensionnement du corps de cette dernière ; il existe plusieurs méthodes pour effectuer ce calcul, citons les plus utilisées :

- Méthode optimisée.
- Méthode forfaitaire.
- Méthode ACN/PCN

En absence de données précises sur l'ensemble des aéronefs qui emprunteront la piste de décollage/atterrissage du nouvel aéroport d'in Guezzam nous utiliserons dans tout ce qui suivra la méthode forfaitaire.

VII.7. Dimensionnement des chaussées souples par la méthode forfaitaire

➤ **Principe**

Le dimensionnement forfaitaire permet de calculer une chaussée en fonction d'une charge de référence correspondant à la charge maximale de l'avion le plus contraignant.

Le dimensionnement est calculé dans des conditions de trafic normal, soit dix mouvements par jour pendant dix ans.

VII.7.1.Application au projet

➤ **Données du projet**

CBR su sol support	12		
Intensité du trafic	10 mouvements par jour		
Avion critique	Boeing 737-800	Pression pneumatique	Masse maximale au roulage
		1.41 Mpa	79 500 kg

Tableau 38: Les données du projet.

Note : Un mouvement représente le décollage et atterrissage.

➤ **Calcul de la charge réelle P**

Le calcul de la charge réelle revient à déterminer la charge pour une roue simple équivalente

$$P = M \times C$$

- P : c'est la charge d'une roue simple équivalente et elle dépend du type d'atterrisseur.
- Le tableau des caractéristiques du Boeing 737-800 indique que le coefficient de répartition de charge de l'atterrisseur principale est $C = 46.77\%$.

Ce qui donne une charge réelle P :

$$P = 79\ 500 \times 0.4677 = 37\ 182.15\ \text{Kg.}$$

➤ **Calcul de la charge pondérée**

Le manuel de conception des aérodromes recommande donc d'affecter des coefficients de pondérations à la charge réelle pour chaque aire, ceci est dû au fait que la charge est inversement proportionnelle à la vitesse, il faut aussi prendre en considération le degré d'utilisation de la piste et de ses auxiliaires.

$$P' = P \times C_p$$

Le coefficient de pondération de l'aire utilisée C_p est déterminé à partir de la figure

ANNEXE 4.

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

Pour notre cas, la piste est non dotée de voie de relation parallèle, on obtient :

- Pour la piste et la bretelle : $P' = P \times 1 = 37\ 182.15 \times 1 = 37\ 182.15\ \text{Kg}$.
- Pour le prolongement d'arrêt : $P' = P \times 0.5 = 37\ 182.15 \times 0.5 = 18\ 591.08\ \text{Kg}$.
- Pour les accotements : $P' = P \times 0.7 = 37\ 182.15 \times 0.7 = 26\ 027.51\ \text{Kg}$.
- Pour l'aire de stationnement : $P' = P \times 1.2 = 37\ 182.15 \times 1.2 = 44\ 618.58\ \text{Kg}$.

Calcul de la charge normale de calcul P''

Cette dernière est en fonction de deux paramètres : P' et le coefficient C_t qui dépend du nombre de mouvements et qui est obtenu soit de la formule suivante :

$$C_t = 1.2 - 0.2 \log(n)$$

Ou du graphique ANNEXE 4.

$$P'' = \frac{P'}{C_t} = \frac{P'}{1.2 - 0.2 \log(n)} \text{ (kg)}$$

$C_t = 1.00$ on obtient donc :

- Pour la piste et la bretelle : $p'' = \frac{37\ 182.15}{1} = 37\ 182.15\ \text{Kg}$.
- Pour le prolongement d'arrêt : $p'' = \frac{18\ 591.08}{1} = 18\ 591.08\ \text{Kg}$.
- Pour les accotements : $p'' = \frac{26\ 027.51}{1} = 26\ 027.51\ \text{Kg}$.
- Pour l'aire de stationnement : $p'' = \frac{44\ 618.58}{1} = 44\ 618.58$.

➤ Tableau récapitulatif

L'aire	Charge pondéré (kg)	Charge de dimensionnement (kg)
Piste	37 182.15	37 182.15
Bretelle	37 182.15	37 182.15
Prolongement d'arrêt	18 591.08	18 591.08
Accotement	26 027.51	26 027.51
Aire de stationnement	44 618.58	44 618.58

Tableau 39: Tableau récapitulatif des charges.

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

➤ Calcul de l'épaisseur équivalente

Connaissant la valeur du CBR et la charge P'' propre à chaque aire de manœuvre de l'aérodrome, l'épaisseur équivalente totale e_{eq} est obtenu en utilisant l'abaque ANNEXE 4 spécifique au Boeing 737-800 pour les chaussées souples :

Après projection on obtient les résultats suivants :

Aire	Piste	Bretelle	Prolongement d'arrêt	Accotement	Aire de stationnement
Charge de dimensionnement p'' (kg)	37 182.15	37 182.15	18 591.08	26 027.51	44 618.58
Pression pneumatique (Mpa)	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Epaisseur équivalente e_{eq} (cm)	52	52	32	40	58

Tableau 40: Tableau de calcul des épaisseurs équivalentes.

➤ Epaisseur minimale à traiter

L'épaisseur calculée avec la formule CBR désigne l'épaisseur totale, mais cette dernière sera traitée partiellement en utilisant l'abaque ANNEXE 4.

Après projection on trouve l'épaisseur à traiter pour chaque aire de mouvement comme le montre le tableau ci-dessous :

Aire	Piste	Bretelle	Prolongement d'arrêt	Accotements	Aire de stationnement
Epaisseur équivalente e_{eq} (cm)	52	52	32	40	58
Epaisseur équivalente minimale à traiter (cm)	30	30	18	22	32.8

Tableau 41: Tableau de calcul de l'épaisseur minimale à traiter.

➤ Détermination des couches de chaussée

L'épaisseur à traité représente la somme des épaisseurs de chaque matériau multiplier par son coefficient d'équivalence CE :

$$e_{eq} = \sum e_i \times CE_i$$

Matériaux	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux à module élevé	2.5
Béton bitumineux	2
Grave bitume	1.5
Grave traitée aux liants hydrauliques	1.5
Sable	0.5
Grave concassé	1

Tableau 42: Coefficients d'équivalence des matériaux de chaussée.

➤ Choix de la structure de chaussée

❖ Piste (45m centraux) et bretelle (15m centraux)

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GC.

Piste et bretelle				
Couches	Matériaux	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	2	6	12
Couche de base	GB	1.5	12	18
Couche de fondation	GC	1	22	22
Totale			40	52

Tableau 43: Dimensionnement de la piste et de la bretelle.

❖ Accotement de piste (2×7.5m)

Les accotements dans les aéroports sont traités par la mise en œuvre d'une couche de au moins 20 cm de grave naturelle et d'un revêtement d'au moins 4 cm pour les voies de relation et d'au moins 6 cm pour les pistes, mis en place après imprégnation de la grave et couche d'accrochage.

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

Le choix de structure de chaussée pour les accotements de piste et de bretelle est comme suit :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GC.

Accotement de piste				
Couches	Matériaux	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	2	6	12
Couche de base	GC	1	20	20
		Totale	26	32

Tableau 44: Dimensionnement des accotements de la piste.

❖ Accotement de la bretelle (2×5m)

Accotement de la bretelle				
Couches	Matériaux	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	2	5	12
Couche de base	GC	1	22	22
		Totale	27	32

Tableau 45: Dimensionnement des accotements de la bretelle.

❖ Prolongement d'arrêt (60m)

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GC.

Prolongement d'arrêt				
Couches	Matériaux	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	2	6	12
Couche de base	GC	1	20	20
		Totale	26	32

Tableau 46: Dimensionnement du prolongement d'arrêt.

❖ **Aires de stationnement**

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GC.

Aire de stationnement				
Couches	Matériaux	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	2	6	12
Couche de base	GB	1.5	14	21
Couche de fondation	GC	1	25	25
		Totale	45	58

Tableau 47: Dimensionnement de l'aire de stationnement.

VII.8.Évaluation de la portance des chaussées aéronautiques

➤ **Méthode d'évaluation**

La détermination des charges admissibles pour les chaussées existantes constitue le problème du dimensionnement des chaussées aéronautiques. Pour pallier ces problèmes deux méthodes de suivi des aérodromes sont mises en application à savoir :

- LA METHODE PAR ATTERRISSEUR-TYPE
- LA METHODE ACN/PCN

➤ **Choix de méthode d'évaluation**

Dans notre cas de figure nous allons nous intéresser à la méthode ACN/PCN qui est une démarche normalisée par l'OACI et donnée comme outil d'appréciation de la résistance des chaussées aéronautiques.

➤ **Résistance des chaussées**

La méthode vise à fournir des renseignements sur la résistance des chaussées aéronautiques en estimant l'admissibilité de chaque avion en fonction de sa charge, et la résistance des chaussées accueillantes.

Par définition :

ACN : (Aircraft Classification Number), nombre qui exprime l'effet relatif d'un avion sur une chaussée pour une catégorie de sol support.

PCN : (Pavement Classification Number). Nombre qui exprime la force portante de la chaussée pour une exploitation sans restriction.

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

➤ Détermination du code PCN

Le numéro de classification de chaussée PCN indique qu'un avion dont le numéro de classification ACN est inférieur ou égal à ce PCN peut utiliser la chaussée sous réserve de limitation due à la pression des pneumatiques. Cet indice est un nombre sans unité, affecté d'un code de quatre lettres apportant les renseignements sur la portance des chaussées aéronautiques. Le calcul du PCN peut être effectué pour les deux types de chaussées de deux manières à savoir le calcul approché et le calcul optimisé.

Le calcul du PCN de notre chaussée sera fait par la méthode approchée en raison du fait qu'il est applicable aux chaussées souples et tient compte des caractéristiques de la portance de la chaussée, mais également du fait que notre dimensionnement s'est fait en tenant compte de l'aéronef le plus contraignant.

➤ Calcul du chiffre de code du PCN

Cette méthode ne fait pas intervenir le trafic, mais nécessite la détermination de la Roue Simple Isolée à 0,6 MPa (RSI) en qualité de la valeur caractéristique de la portance de la chaussée.

Pour une chaussée souple, le calcul de la RSI utilise la formule CBR du corps of Engineers :

$$RSI = \frac{e_{eq}^2}{1000} \times \frac{6.12}{\left((4.231 - 5.013 \times \log\left(\frac{CBR}{0.6}\right) + 2.425 \times \left[\log\left(\frac{CBR}{0.6}\right)\right]^2 - 0.473 \times \left[\log\left(\frac{CBR}{0.6}\right)\right]^3 \right)^2}$$

Dans notre cas :

Élément	E (m)	CBR	RSI (t)
Piste	52	12	27.69

Tableau 48: Détermination de la RSI.

Le PCN est finalement calculé par la formule suivante pour chaussée souple :

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

Les valeurs de H(CBR) sont données dans l'abaque illustré dans l'Annexe N°4 :

Pour un indice CBR du sol égale à 12, le sol support est de résistance moyenne de catégorie B, nous avons le coefficient H(CBR) à considérer est de **1,7**.

$$PCN = H(CBR) \times RSI = 1.7 \times 27.69 = 47$$

➡ **Soit un numéro PCN47**

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

- **Détermination de la lettre de code du PCN**

Le code PCN est déterminé à partir du tableau ANNEXE 4 :

- Le code PCN est déterminé à partir du tableau Annexe N° :
- Pour un type de chaussée souple on obtient une lettre de code **F**.
- Pour une résistance du sol support moyenne (CBR=12) on a la lettre **B**.
- Pour une chaussée neuve pas de limitation de pression, on a la lettre **W**.
- Pour notre cas l'évaluation se fait essentiellement selon les caractéristiques de la chaussée on a alors une lettre **T**.

Donc le PCN de notre chaussée est **PCN 47 /F/B/W/T**.

- **Détermination du code ACN**

L'ACN des principaux avions existants ont été calculés et publiés par l'OACI. Ils sont fournis pour chaque type de chaussée sur la base des quatre catégories de résistance de sol support pour la pression standard (q) de gonflage des pneumatiques de chaque avion et pour deux masses caractéristiques à savoir la masse maximale au roulage et la masse à vide en ordre d'exploitation.

Pour la suite nous allons considérer le cas le plus défavorable en utilisant comme référence le numéro d'ACN à charge maximale correspondant à la masse maximale au chargement de l'avion.

Le sol support de notre piste à un indice CBR de 12 donc appartient à la classe B :

Resistance du sol support	
Type de sol support	Indice CBR
Sol support a résistance élevée A	CBR>13
Sol support a résistance moyenne B	8<CBR<13
Sol support a résistance faible C	4<CBR<8
Sol support a résistance très faible D	CBR<4

Tableau 49: Resistance du sol support selon l'indice CBR.

Chapitre VII: Chaussée aéronautique

L'avion le plus contraignant utilisé dans le cadre de notre dimensionnement est le B737-800, dont le ACN_{max} et ACN_{min} sont représentés dans le tableau ci-dessous :

		Classes (catégorie de résistance du sol support)							
		Chaussée rigide				Chaussée souple			
Aéronef	Masse de calcul (kg)	A	B	C	D	A	B	C	D
B737-800	79500	49	52	54	56	43	45	50	55
	41500	23	24	25	27	20	21	22	26

Figure 39: Les valeurs de l'ACN minimales et maximales du B-737-800.

- **Calcul de l'ACN :**

L'ACN est calculé à partir des deux formules suivantes :

$$Pta = m + (M + m) \times \frac{PCN - ACN_{min}}{ACN_{max} - ACN_{min}}$$

$$ACN = ACN_{min} + (ACN_{max} - ACN_{min}) \times \frac{Pta - m}{M - m}$$

Avec :

- Pta : Poids totale autorisé (t).
- M : masse maximale au roulage (t).
- Masse à vide(t).

Nous obtenons les résultats suivants :

M(t)	m(t)	PCN	ACN_{min}	ACN_{max}	Pta(t)	ACN
79,500	41,500	47	21	45	82.666	47

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.

- $q' = 1.47$ Mpa.
- $q = 1.41$ Mpa.
- $q' - q = 0.06$ MPa < 0.1 Mpa. Donc notre est vérifié, elle ne nécessite pas de correction.

➤ **Conclusion**

Le PCN de la piste étant **PCN 47 /F/B/W/T** indique que le Boeing 737-800 ainsi que tous les aéronefs ayant un ACN inférieur ou égale à 47 sont autorisés à utiliser la nouvelle piste sans restriction.

Chapitre VIII: Hydrologie

VIII.1.Introduction

L'assainissement d'un aéroport constitue une étape très importante, aussi bien au niveau de l'étude, de la réalisation ainsi que l'exploitation de l'aéroport et ceci pour diverses raisons :

- La nature topographique plane des sites des aéroports.
- Les dimensions importantes des surfaces revêtues et leurs faibles pentes.
- L'impact de la présence des eaux en surface sur la fluidité du trafic aérien.

De plus aux différentes contraintes auquel fait face un réseau d'assainissement aéroportuaire, ce dernier vise à atteindre les objectifs suivants :

- Protection des infrastructures des dégâts des eaux.
- Assurer la sécurité des avions lors des différentes manœuvres.
- Préserver l'environnement.

VIII.2.Nature des réseaux d'assainissement

Comme cité précédemment la préservation de l'environnement demeure l'un des objectifs majeurs d'un réseau d'assainissement en veillant à rétablir les cours d'eau qui traversent la piste via un réseau d'assainissement transversale jusqu'à un exutoire en dehors de l'emprise de l'aéroport, dans un second temps les eaux en surface doivent être assainies à travers un réseau d'assainissement longitudinal qui permettra d'évacuer ces eaux polluées , pour éviter que ces dernières ne nuisent à la sécurité de l'aéroport.

VIII.3.Historique des crues d'In Guezzam

En raison des conditions climatiques difficiles dans les régions sahariennes on ne dispose pas de mesures ou d'observation continues, néanmoins la ville d'In Guezzam fait l'exception du fait que cette dernière a vécu un épisode pluviométrique (crue) assez particulier en 2018, assez violent au point d'inonder la ville entière, en seulement quelques heures. Cette catastrophe, conséquence d'une série de crues a obligé les spécialistes de se pencher sur l'étude hydrologique assez pointue de la région, en se basant sur des données pluviométriques de 1998-2018 sans omettre les épisodes d'inondation des années 1997 et 2000.



Figure 40: Inondation à In Guezzam.

VIII.4. Données pluviométriques

Les données de précipitations ont été mesurées quotidiennement durant une période de 30 ans par le biais de la station météorologique régionale d’In Guezzam (19°34’N, 05°46’E), établi par l’office nationale météorologique ONM.

Paramètre	Min	Max	Moyenne	Coefficient de variation
Pjmax (mm)	0.4	60	17.9	0.96

Tableau 50: précipitations journalières maximales.

VIII.5. Etude hydrologique

VIII.5.1. Délimitation du bassin versant

Le bassin versant d’In Guezzam fait partie intégrante du Tassili Hoggar, dont les principales caractéristiques sont ses plateaux rocheux recouvert de dunes. Il est situé dans la zone de dépression de Sahb El-Rahala et Adakh Adakh.

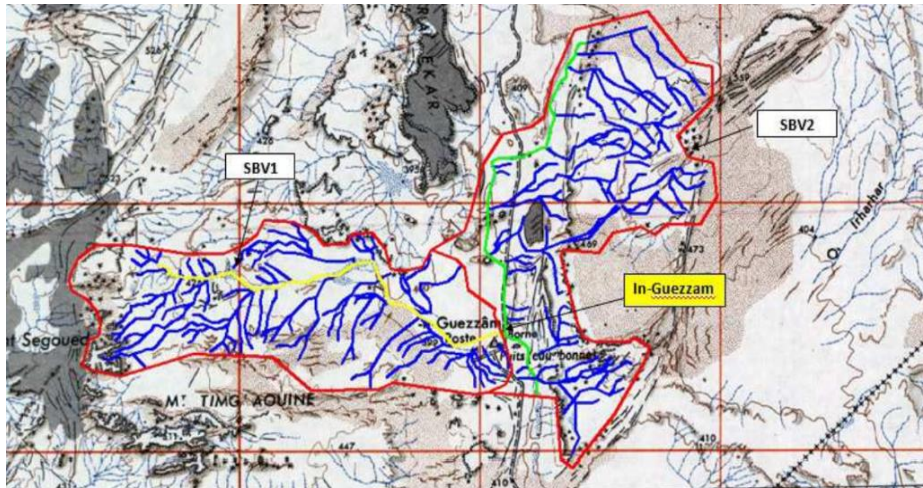


Figure 41: Délimitation des bassins versants.

Les différentes caractéristiques de ces deux sous bassins versant sont représentées dans le tableau ANNEXE 5.

Afin d'éviter les erreurs du passé liées au choix du site de l'actuelle piste d'In Guezzam qui s'est avérée exposée aux inondations du coté Est, il est indispensable et primordial de prendre ce facteur très au sérieux dans tout le reste de notre étude.

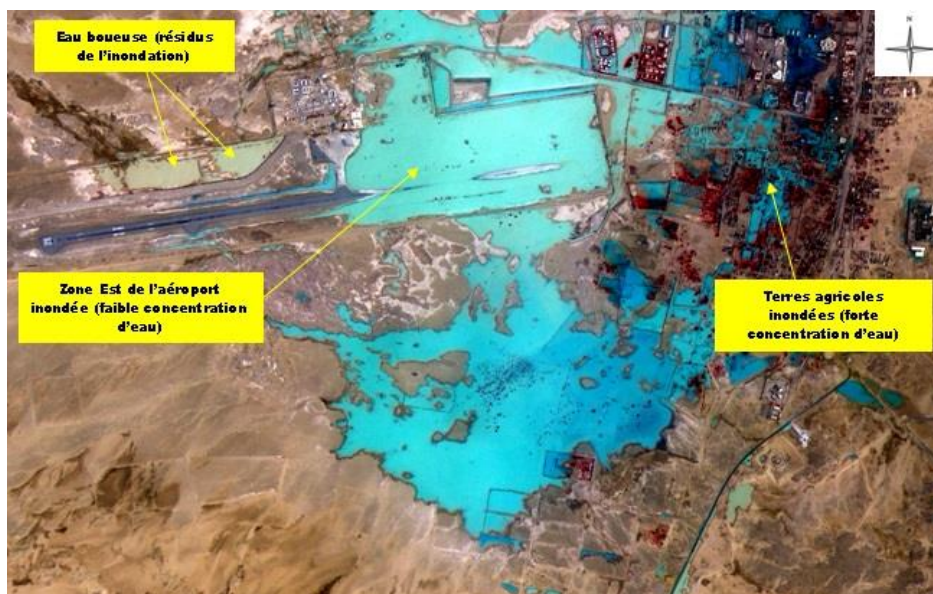


Figure 42: Inondation du seuil 26 de l'actuel aérodrome d'In Guezzam lors de la crue du 04/08/2018.

VIII.5.2. Analyse du système d'écoulement de la zone d'étude

L'élaboration d'un modèle numérique de terrain nous a permis de cerner avec plus de précision le système d'écoulement des eaux pluviales au droit immédiat de la nouvelle piste d'In Guezzam, cette étape d'étude a pour but de mettre en évidence l'hydrographie des bassins versants couvrants la zone du projet. Enfin cette démarche permettra de calculer les débits de ces derniers qui serviront à la définition et au dimensionnement du réseau d'assainissement des eaux de l'aéroport.

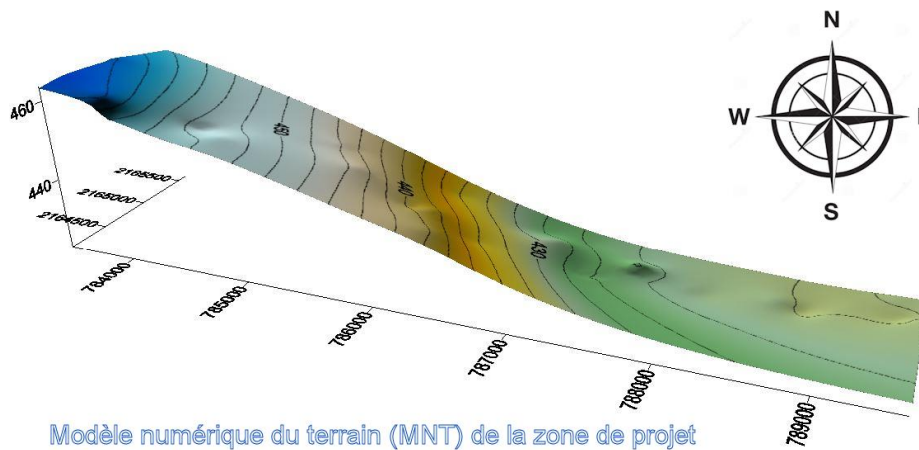


Figure 43: Modèle numérique du terrain (MNT).

Le modèle numérique de terrain a fait ressortir les points suivants :

- Un relief en pente descente de l'Ouest vers l'Est et du Sud vers le Nord ;
- Les eaux de la zone du projet concourent toutes vers un exutoire commun situé vers le Nord-est représentant un affluent de l'oued Sahb El Rahala ;
- Les variations d'altitudes sont progressives et douces avec des maxima et minima respectivement de l'ordre de 450 et 430 m soit une amplitude d'environ 20m.

D'après ce constat, il vient que :

- La configuration du terrain naturel de la zone peut être mise à profit pour assurer un écoulement efficace des eaux notamment la pente longitudinale du terrain dans le sens de la longueur des pistes qui reste favorable à un écoulement naturel vers l'exutoire situé au-delà du domaine aéroportuaire ;

Chapitre VIII: Hydrologie

- Tout point critique nécessite une attention particulière car, du fait de la rupture de pente, il pourrait constituer une zone de stagnation des eaux pendant les épisodes de fortes crues.

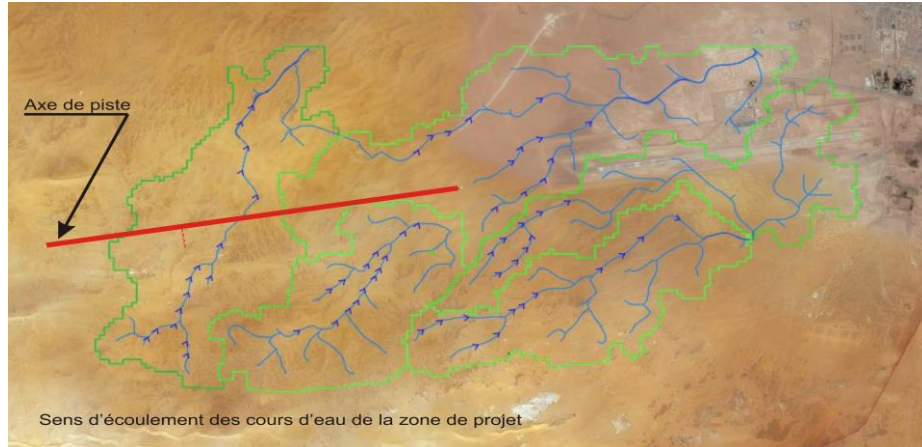


Figure 44: Sens d'écoulement des cours d'eau de la zone de projet.

Nous constatons que le nouvel aéroport d'In Guezzam est localisé à l'amont du sous-bassin versant de la zone du projet, ce choix de site contribuera à la protection de l'infrastructure contre les inondations en cas d'épisode de fortes crues.

Des dispositions seront adoptées au-delà de l'assiette du nouvel aéroport afin de remédier à tout écoulement endogène. En premier temps un fossé longeant l'extérieure de la clôture sud de l'aéroport sera réalisé et qui servira à la collecte des eaux de pluie pour les acheminer vers un exutoire comme montré dans la figure ci-dessous :

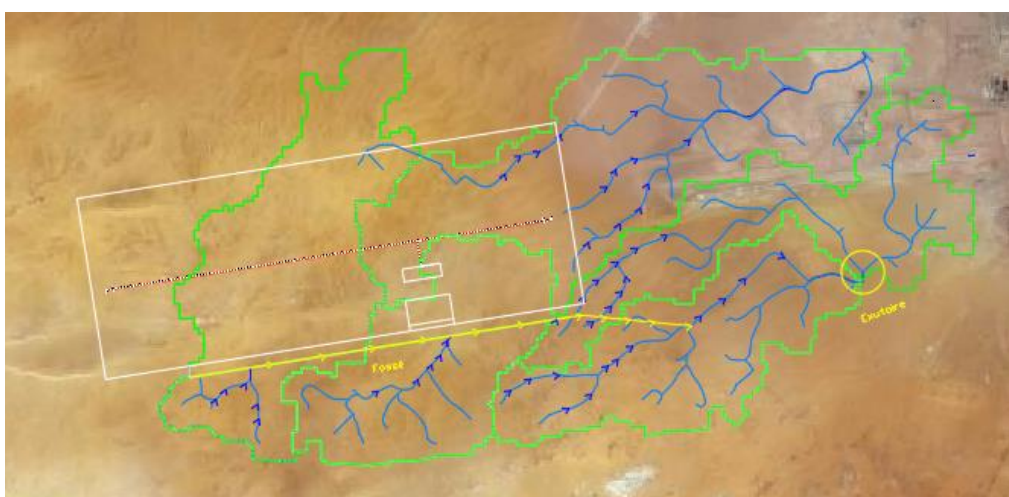


Figure 45: Projection du fossé sud de la zone d'étude.

VIII.5.3.Calcul des débits des bassins versants

Les différentes caractéristiques des deux sous-bassins versants concernés par la zone du projet sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Bassin-versant	A(Km ²)	Altitude Max (m)	Altitude Min (m)	Pente moyenne du cours d'eau principale (%)	Longueur du cours d'eau principal (m)
SSBV1	0.6	450	448	0.35	626
SSBV2	1.43	450	445	0.35	1468.5

Figure 46: les Caractéristiques des deux sous-bassins versants.

➤ **Estimation du temps de concentration**

Le temps de concentration est le temps écoulé entre le début d'une précipitation et l'atteinte du débit maximal à l'exutoire du bassin versant. Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire., il existe plusieurs formules empiriques pour déterminer le temps de concentration et les plus utilisées en Algérie sont celle de Giandotti, Californienne, kirpich et ventura.

Dans ce qui suivra nous avons utilisé la formule californienne vu que son développement a été conditionné par des paramètres proches de ceux de notre zone d'étude :

$$Tc=8.712*\left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77}$$

Avec :

- I : pente moyenne du cours d'eau principal en (m/m).
- L : longueur du cours d'eau principale en (km).
- Tc : temps de concentration en minutes.

Sous sous-bassin	SSBV1	SSBV2
Temps de concentration en (min)	53.58	103.31

Figure 47:Temps de concentration des sous sous-bassins versants.

➤ Détermination de l'intensité de pluie

Par définition c'est le rapport entre la hauteur de pluie totale observée durant la durée de l'averse, elle est déterminée par projection du temps de concentration sur la courbe (IDF) pour une période de retour T.

Les courbes **IDF** (intensité/durée/fréquence) qui représentent l'évolution de l'intensité de la pluie en fonction de la durée de pluie pour des périodes de retour de 100 ans, 50 ans, 20 ans, 10 ans et 5 ans illustré dans ANNEXE 5.

Après projection du temps de concentration des sous-bassins versant sur la courbe de T=100ans, on obtient les intensités suivantes :

Sous sous-bassin	SSBV1	SSBV2
Intensité mm/h	34.8	24.6

Figure 48: Intensité des sous sous-bassins versants

➤ Détermination du débit

L'estimation du débit pour l'assainissement aéroportuaire se fait en utilisant la formule rationnelle

$$Q = 0.00278 \times CIA.$$

- Q : débit maximum de crue en m³/s.
- C : coefficient de ruissellement.
- I : intensité de pluie dont la durée est égale au temps de concentration en mm/h.
- A : aire du bassin versant en ha.
- 0.00278 :Coefficient de conversion en m³/s.

Remarque : Cette formule est valable pour les petits bassins A<250ha.

VIII.5.4. Application au projet

➤ Coefficient de ruissellement

C'est le rapport entre la hauteur de pluie ruisselée sur une surface donnée et la hauteur d'eau précipitée, ce coefficient dépend de la nature de la surface de ruissellement.

Type de surface	Coefficient de ruissellement
Revêtement en enrobé	0.8-0.95
Revêtement au béton de ciment	0.7-0.9
Sol argileux	0.4-0.65
Sols légèrement perméables	0.15-0.4
Sols perméable	0.05-0.2

Tableau 51: Coefficients de ruissèlement.

Après calcul on obtient les valeurs suivantes :

Sous sous-bassin	SSBV1	SSBV2
Débit (m ³ /s)	0.41	0.68

Tableau 52: Valeur du débit des sous sous-bassins

On prend un débit de dimensionnement de 1.09 m³/s .

VIII.5.5. Dimensionnement de l'ouvrage hydraulique

Le calcul de la hauteur mouillée du fossé sera déterminé par l'application de la formule « Manning Strickler »

$$Q = K_s \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

- Q : débit d'écoulement à l'intérieur de la conduite (m³/s).
- K_s : coefficient d'écoulement.
- S : surface mouillé (m²).
- R : rayon hydraulique (m).
- I : pente de la conduite (m/m).

On suppose un fossé trapézoïdal en terre (K_s=50) de petite base b=0.5m de pente 1/n avec n=1 et par itérations on détermine la hauteur mouillé "h".

Chapitre VIII: Hydrologie

Les dimensions des fossés sont obtenues en reportant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivante :

$$K_s \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2} = 0.00278 \times CIA$$

$$S = h \times (b + n \times h)$$

$$P_m = b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$R = \frac{S}{P_m} = \frac{h \times (b + n \times h)}{b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}}$$

Après calcul on obtient $h=0.6m$.

$$Q=1.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Conclusion

Pour une hauteur $h=0.6m$ on estime un débit de réception $Q_{ps}=1.49 \text{ m}^3/\text{s}$ qui est supérieur au débit d'apport $Q=1.09 \text{ m}^3/\text{s}$ donc nous aurons un fossé de forme trapézoïdale et de dimensions $b=0.5m$ et $h=0.6m$

VIII.6.Assainissement longitudinal au droit de la piste

➤ Calcul des surfaces

La longueur utile d'un fil d'eau ou d'un fossé est déterminé par approximations successives. On fixe tout d'abord la longueur et on vérifie que le débit d'apport n'est pas supérieur à celui qui peut transiter afin d'éviter la submersion des bords de la chaussée.

On suppose une longueur de fossé $L=3400m$.

- Surface revêtue $S_1 = 30 \times 3400 = 102000m^2 = 10.2 \text{ ha}$
- Surface de la bande aménagée $S_2 = 45 \times 3400 = 153000m^2 = 15.3 \text{ ha}$
- Surface de la bande non aménagée $S' = 65 \times 3400 = 221000m^2 = 22.1 \text{ ha}$

➤ Calcul du coefficient de ruissèlement

Dans le calcul nous utiliserons un coefficient de ruissèlement équivalent dont la formule est la suivante :

$$C_{eq} = \frac{\sum CiAi}{\sum Ai}$$

Pour notre cas à partir du tableau N°51 :

- Pour la chaussée on a $C=0.8$.
- Pour la bande aménagée en TUF $C=0.15$.
- Pour la bande non nivelée $C=0.07$.

Après calcul on obtient un coefficient de ruissèlement équivalent $C_{eq}=0.25$

➤ Calcul du temps de concentration

Le temps de concentration est égal à la somme du temps d'écoulement laminaire (t) et du temps d'écoulement canalisé (t').

$$T_c = t + t'$$

• Temps d'écoulement laminaire

C'est le temps mis par l'eau depuis le point le plus éloigné de la surface drainée jusqu'au début du parcours canalisé.

$$t = \frac{3.28(1.1 - C)\sqrt{L}}{\sqrt[3]{P}}$$

- t : le temps d'écoulement laminaire en mn.
- C : le coefficient de ruissèlement de la surface drainée.
- L : la distance en m du point le plus éloigné au début du parcours canalisé.
- P : la pente de la surface en %.

L'écoulement laminaire s'effectue sur des surfaces de natures et de pente différentes, on effectue alors le calcul avec le coefficient de ruissèlement équivalent déjà calculé ainsi que la pente de surface équivalente calculée avec la formule suivante :

$$P_{eq} = \left\{ \frac{\sum L_j}{\sum \left(\frac{L_j}{\sqrt{P_j}} \right)} \right\}^2$$

Après calcul on obtient :

- Une pente équivalente $P_{eq} = 2.45\%$.
- Un temps d'écoulement laminaire : $t=120.59$ mn.
- **Temps d'écoulement canalisé**

Le temps d'écoulement canalisé est le temps mis par l'eau depuis le point le plus éloigné d'entrée dans la canalisation jusqu'au point considéré.

Le temps d'écoulement canalisé dépend de la vitesse d'écoulement et peut être déterminé par la formule suivante :

$$t' = \frac{3400}{V}$$

Avec :

- L : la longueur de canalisation parcourue en m.
- V : la vitesse d'écoulement $0.5 < v < 1$ en m/s.

Pour un premier calcul on suppose que $V=1$ m/s.

$$t' = \frac{3400}{1} = 3400 \text{ s} = 56.67 \text{ mn}$$

Temps d'écoulement laminaire t(mn)	Temps d'écoulement canalisé t'(mn)	Temps de concentration Tc(mn)	Temps de concentration Tc(heurs)
120.59	56.67	177.26	2.95

Tableau 53: Temps de concentration.

➤ Détermination de l'intensité

Après projection sur la courbe IDF pour une période de retour $T=10$ ans on obtient

$$i = 5.10 \text{ mm/h.}$$

➤ Calcul du débit de la piste et ses annexes

L'estimation du débit pour de l'écoulement au droit de la piste se fait aussi en utilisant la formule rationnelle :

$$Q = 0.00278 \times CIA.$$

Avec :

- Q : débit maximum de crue en m³/s.
- C : coefficient de ruissellement.
- I : intensité de pluie décennale dont la durée est égale au temps de concentration en mm/h.
- A : aire du bassin versant en ha.
- 0.00278 : Coefficient de conversion en m³/s.

Remarque : Cette formule est valable pour les petits bassins A<250ha

On obtient donc : $Q = 0.169 \text{ m}^3/\text{s}$

➤ Dimensions du fossé

On suppose un fossé trapézoïdal en terre de petite base b=0.5m de pente 1/n avec n=1 et par itérations on détermine la hauteur mouillé « h ». Les dimensions des fossés sont obtenues en reportant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivante :

$$K_s \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2} = 0.00278 * CIA$$

$$S = h \times (b + n \times h)$$

$$P_m = b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$R = \frac{S}{P_m} = \frac{h \times (b + n \times h)}{b + 2 \times h \times \sqrt{1 + n^2}}$$

Avec le calcul itératif on obtient :

K _s	b (m)	n	I	h(m)	Q(m ³ /s)
70	0.5	1	0.01	0.159	0.169

Tableau 54: Calcul de la hauteur mouiller du fossé.

Pour une hauteur h=0.5m on trouve un débit de réception $Q_{ps}=1.43 \text{ m}^3/\text{s}$ (de vitesse d'écoulement $V_{ps}=2.86 \text{ m/s}$) qui est supérieur au débit d'apport $Q=0.169 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ Vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement est la vitesse avec laquelle l'eau circule dans une conduite, cette dernière doit être suffisamment grande pour éviter le risque de dépôt ou d'engorgement, d'autre part cette vitesse ne doit pas dépasser un certain seuil pour éviter tout type de dégradation de la conduite.

➤ Vérification de la vitesse d'écoulement

La détermination de la vitesse d'écoulement revient à estimer la hauteur d'eau à l'intérieur du fossé, en déterminant la surface mouillée et le périmètre mouillé via des itérations jusqu'à ce qu'on retrouve le débit calculé.


h(m)	Sm	Pm	Rh	Q m ³ /s	Vm/s	Schéma représentatif du niveau d'eau
0.159	0.1048	0.9497	0.1103	0.169	1.61	

Tableau 55: la vitesse d'écoulement.

Pour la hauteur $h=0.16$ m la vitesse d'écoulement est de 1.61 m/s ne satisfaisant l'hypothèse initiale de $V=1$ m/s, nous allons donc effectuer un deuxième calcul avec $V=1.61$ m/s pour déterminer de nouveau, le débit et la hauteur mouillée.

Vm/s	Q m ³ /s	h(m)	Sm	Pm	Rh	Q m ³ /s	Vm/s
1.61	0.172	0.161	0.1064	0.9553	1.111	0.172	1.61

Tableau 56: Itération pour la vérification de la vitesse d'écoulement.

Pour la hauteur mouillée $h=0.161$ m la vitesse d'écoulement satisfait notre deuxième hypothèse de $V=1.61$ m/s.

Pour une hauteur $h=0.5$ m on trouve un débit de réception $Q_{ps}=1.43$ m³/s (de vitesse d'écoulement $V_{ps}=2.86$ m/s) qui est supérieur au débit d'apport $Q=0.172$ m³/s.

➤ Vérification des conditions d'auto-curage

On doit s'assurer que lorsque le tirant d'eau est au max à l'intérieur de notre fossé, l'eau puisse circuler en toute fluidité et ceci en vérifiant les conditions d'auto-curage spécifiées comme suit :

- $V > 0.6\text{m/s}$ pour $Q = 0.1Q_{ps}$.
- $V > 0.3\text{m/s}$ pour $Q = 0.01 Q_{ps}$.

A partir du tableau ANNEXE 5 et une interpolation on obtient :

$\frac{Q}{Q_{PS}}$	$\frac{V}{V_{PS}}$	V_{PS} m/s	V m/s
0.01	0.64	2.86	$1.83 > 0.6$
0.1	0.32	2.86	$0.9 > 0.3$

➤ **Conclusion** : la vitesse d'écoulement satisfait les conditions d'auto-curage.

Chapitre IX: Signalisation diurne

IX.1.Introduction

La plupart des aéroports à travers le monde utilisent le même langage de lignes et de motifs pour les marquages de pistes. Tous les marquages de pistes d'aéroport contribuent à la sécurité des équipages et des passagers et à l'efficacité et l'optimisation de la circulation.

Les marques de piste permettent d'obtenir une visibilité élevée en utilisant des peintures à haute teneur en particules solides. Les marquages des chaussées aéroportuaires doivent être revêtus d'une fine couche, de sorte que si ceux-ci se décollent, le risque pour les moteurs à réaction est limité. Les meilleurs revêtements minces sont typiquement des matériaux à base d'époxy ou d'acrylique. Les plus courants sont les peintures mono-composants

Pour le marquage des pistes d'aéroport, la technologie de pulvérisation airless est le système de pompe recommandé pour obtenir les meilleurs résultats et une application efficace.

Rappelons que la piste est l'élément phare de tout aéroport, et son dimensionnement comme on l'a vu plus haut ainsi que sa signalisation dépendent exclusivement des modèles d'aéronefs qui l'empruntent.

La nouvelle piste de l'aérodrome d'In Guezzam d'une longueur de 3200 m et une largeur de 45 m sera marquée comme suit, on retiendra aussi qu'on est dans le cas d'une piste avec approche de précision.

IX.2.Marques d'identification des pistes QFU

Les marques d'identification de piste, dénommées QFU, seront composées d'un numéro de deux chiffres qui sera le nombre entier le plus proche du dixième de l'azimut magnétique de l'axe de piste mesuré à partir du Nord magnétique dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant dans le sens de l'approche. Si l'application de la règle précédente donne un nombre inférieur à dix, ce nombre sera précédé d'un zéro. On désigne une piste par deux QFU, un sur chaque extrémité. Dans notre cas 08 à l'extrémité Ouest de la piste et 26 à l'extrémité Est de la piste.

Conformément aux prescriptions de l'OACI, les QFU doivent être peints sur les extrémités de piste et doivent être lisibles par le pilote au moment de l'approche. Les dimensions et les formes des chiffres et des lettres sont normalisées comme illustré dans l'ANNEXE 6.

IX.3. Marques d'axe de piste

Le marquage de l'axe de piste se fait par une continuité de bande dont la longueur plus un espace ne devrait pas être inférieure à 50 m ni supérieure à 75 m. La longueur de chaque bande devrait être au moins égale à la longueur de l'espace ou à 30 m. La largeur des bandes ne devrait pas être inférieure à 0,90 m sur les pistes de catégorie II et III à approche de précision

On aura donc un marquage de l'axe de piste dont la bande est de :

- Longueur : 30m.
- Largeur : 0,90m.
- Espacement : 30m.
- Couleur : blanche

IX.4. Marques de seuils de pistes

Les extrémités de chaque piste doivent être matérialisées par des marques dites de seuil à partir desquelles peut être limité l'étendu de la piste :

- Emplacement : ces bandes commencent à 6 m de l'extrémité de la piste.
- Caractéristiques : elles seront constituées par une série de bandes longitudinales de même dimension, disposés symétriquement par rapport à l'axe de la piste :
 - Longueur : 30 m.
 - Largeur : 1,8 m.
 - Espacement : 1,8m. (Les 2 bandes voisines de l'axe de piste seront espacées de 3,6m).
 - Couleur : blanche

IX.5. Marques de la zone de toucher des roues

Dans notre cas les deux QFU de la piste sont ouverts aux approches de précision, donc c'est la distance entre seuils qui détermine le nombre de paires de zone de toucher des roues :

- Pour une longueur (ou la distance) est supérieure à 2400 mètres six paires de marques sont préconisées Chaque bande de chaque marque aura 22,5 m de long et 1,8 m de large, et les bandes adjacentes seront espacées de 1,5 m. L'écartement entre les bords intérieurs des rectangles correspondra à l'espacement spécifié pour les bandes de la marque de point cible. Les paires de marques seront disposées à intervalles longitudinaux de 150 m à partir du seuil de la piste.

IX.6. Marques de point cible ou point de visée

Les marques de point cible sont constituées d'une paire de marques rectangulaires disposées longitudinalement et symétriquement par rapport à l'axe de piste ; l'écartement entre bords intérieurs est de 18 m. Elles mesurent 45 m de longueur ; et 9 mètres de largeur. La distance longitudinale entre le seuil de piste et la limite amont de la marque de point cible est égale à :

- 400 mètres vu que la longueur disponible à l'atterrissage est supérieure à 2400 m.

Marques latérales :

- Les marques latérales de piste seront disposées entre les deux seuils de la piste prévoyant l'insuffisance du contraste entre les bords de la piste et les accotements ou le terrain environnant.
- Les marques latérales de piste sont constituées par deux bandes disposées le long des deux bords de la piste, le bord extérieur de chaque bande coïncidant approximativement avec le bord de la piste. Ces marques latérales de piste ont une largeur totale de 0,9 m.

IX.7. Marques de point d'arrêt et d'intersection de voies de circulation

Pour sortir de la piste vers l'aire de stationnement via la bretelle, l'avion est guidée par une bande (ligne continue) de couleur jaune d'une largeur de 15 cm (pour un avion de référence de type C4).

Le raccordement de la ligne de guidage à l'axe de la voie de desserte conduit à distinguer la ligne de raccordement simple, dont le tracé est tout « simplement » raccordé à l'axe de la voie de desserte par un arc tangent. Pour des raisons de sécurité l'axe de la piste a été reliée à l'axe de la bretelle par cette ligne courbe de rayon 50 mètre. Cette ligne convergera avec l'axe de piste (des deux côtés) dans sa partie rectiligne sur une distance de 30 m avec une séparation entre-axe de 0,90 m. L'autre extrémité de la ligne de guidage vers les l'aire de stationnement sera ramifiée en quatre ligne identifiées et numérotées de même largeur 0.15 m qui aboutiront chacune au poste de stationnement indiquée.

➤ Point d'arrêt

Des marques de point d'attente seront apposées sur la voie de circulation de la bretelle de sortie à 100 mètres de l'axe de la piste, distance déterminée au-delà de laquelle un aéronef ou véhicule ne doit pas passer à moins d'avoir reçu une clairance du contrôle ou, en l'absence de contrôle, d'avoir assuré lui-même sa sécurité.

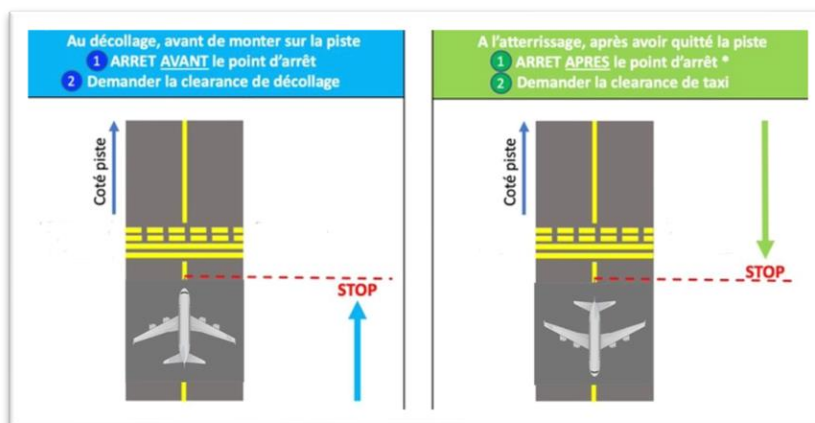


Figure 49: Marques de point d'arrêt et d'intersection de voies de circulation.

Généralement dans le cas d'une piste à approche de précision la voie de circulation sera dotée de deux positions d'attente compte tenu du caractère critique de cette zone.

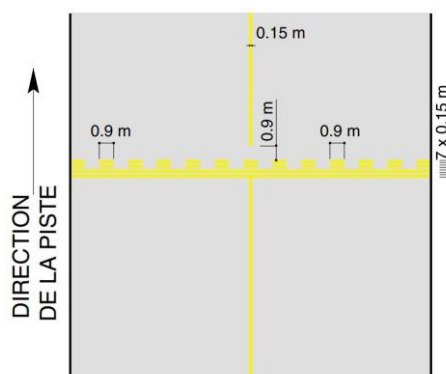


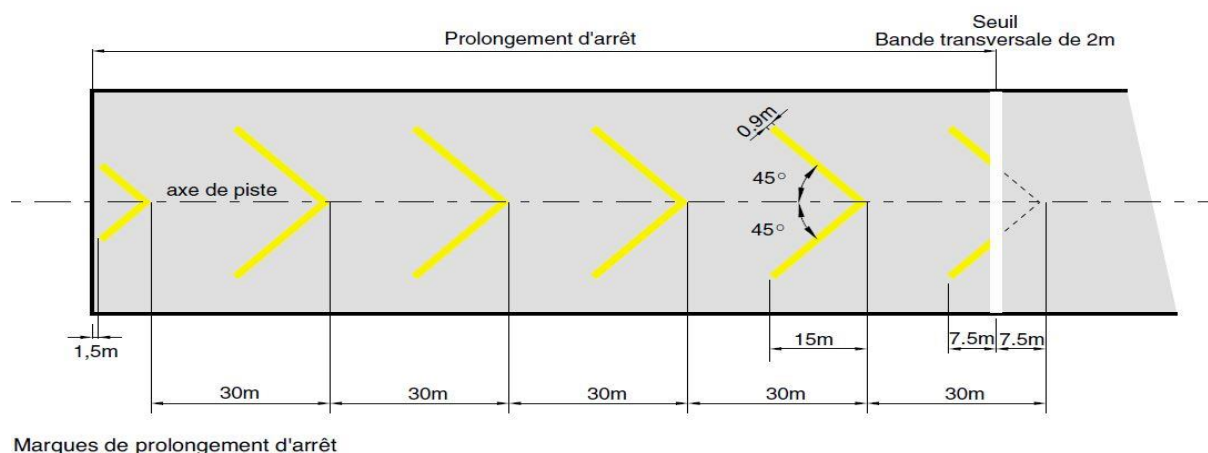
Figure 50: Marquage au sol taxiway.

IX.8. Marques de Prolongement d'arrêt

Des marques de prolongement d'arrêt sont apposées sur le prolongement d'arrêt de la nouvelle piste d'In Guezzam d'une longueur de 100 mètres.

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

Le premier chevron est disposé de manière telle que sa pointe dépasse de 7,5 m le seuil de piste, seule par contre la partie située en amont du seuil étant matérialisée. Les autres chevrons se succédant ensuite tous les 30 m, le marquage du prolongement d'arrêt s'arrête, dans tous les cas, 1,5m avant l'extrémité de ce dernier comme indique sur la figure ci-dessous.



Marques de prolongement d'arrêt

Figure 51:marquage du prolongement d'arrêt.

Chapitre X: Etude d'impact environnemental

Comme recommandé par l'OACI dans le document 9184 intitulé : "Manuel de planification d'aéroport partie II : Utilisation des terrains et réglementation de l'environnement, une étude d'impact sur l'environnement et social du projet de réalisation de la deuxième piste d'In Guezzam s'impose.

X.1. Etude d'impact environnemental et social

Théoriquement un projet de cette ampleur devrait participer à :

- Créer des emplois locaux.
- Améliorer les moyens de vie à travers une approche participative.
- Préserver et valoriser les savoirs faire traditionnels.
- Préserver la biodiversité et l'agro-biodiversité.
- Augmenter l'efficacité de la gestion des ressources locales.
- Développer le secteur culturel et touristique.

Mais souvent la vérité est autre.

L'étude d'impact environnemental et social est un outil de mesure de la faisabilité du projet. Elle consiste à déterminer et à analyser de façon détaillée les impacts des activités induites par la réalisation de la deuxième piste d'In Guezzam sur l'environnement. Cette analyse permet d'identifier les mesures de prévention, d'atténuation, de compensation ou de bonification pour accompagner la réalisation du projet.

1. Cadre juridique et institutionnel

L'étude d'impact environnemental consiste à faire une description, une identification et une évaluation des impacts potentiels ou probables du projet sur le milieu naturel et humain à partir d'une étude ou en se référant à certaines informations disponibles.

Dans la présente partie, nous nous référons Décret exécutif n° 18-255 du 29 Moharram 1440 correspondant au 9 octobre 2018 portant lois relatives à la gestion de l'environnement plus précisant les démarches à suivre pour une étude d'impact environnemental en Algérie :

- Description de l'état initial du site et de son environnement.
- Description du projet.
- Étude des modifications que le projet est susceptible d'engendrer.

Chapitre X: Etude d'impact environnemental

- Mesures envisagées pour supprimer, réduire et si possible compenser les conséquences négatives sur l'environnement.

Cependant, il faut noter que les deux premiers points ont été déjà abordés plus haut. Il reste donc à évaluer les modifications que le projet est susceptible d'engendrer ce qui permettra de proposer des mesures et des solutions pour minimiser les dégâts occasionnés.

2. Définition des impacts potentiels sur l'environnement

Pour ce type de projet on distingue généralement trois phases principales de réalisation des travaux :

- La phase d'installation et d'aménagement du site.
- La phase de construction.
- La phase d'exploitation.

a) Phase d'installation

Lors de cette phase les premiers vestiges de la pollution commencent déjà à être ressentis par tous les sens, on observera sur le site qui était vierge et naturel jusqu'ici la prolifération de déchets solides et liquides comme les bouteilles, les sacs en plastique des taches d'huile et de gasoil entraînant la pollution du sol qui perturbera la faune et la flore déjà si rares de la région d'In Guezzam.

Malgré la nature venteuse de cette dernière l'agriculture y' est possible ce qui a été démontré par les nombreuses exploitations agricoles, où les exploitants, profitant de la disponibilité de l'eau, ont développé des cultures adaptées (palmiers dattiers, maraichages, pépinières) ainsi que l'élevage (camelin, bovin et caprin), utilisant un système d'irrigation adapté (goutte à goutte, tourniquet, etc.). La disponibilité de l'eau a aussi permis la multiplication d'abreuvoirs indispensable aux éleveurs en période de transhumance. La population autochtone surtout les femmes participent au maintien de leurs ménages surtout par le savoir-faire dans le domaine de l'artisanat. L'utilisation d'engins et de groupes électrogènes créera une pollution sonore ajoutée à une pollution de l'air résultante de propagation des gaz d'échappement et de poussières.

b) Phase de construction

b.1) Impact sur le milieu physique

Durant cette phase les inconvénients seront plus ressentis car la cadence a été multipliée.

Pollution atmosphérique sera plus due à l'excavation de la terre et remblayage sera plus importante ressentie par :

- Risque d'atteinte aux ressources naturelles du sol.
- Risque d'imperméabilisation du sol du au décapage de la terre végétale (très rare mois de 4000 ha).
- Perte accidentelle de matériaux en cours de transport.
- Pollution sonore due à l'utilisation des engins.

b.2) Impact associé à l'ouverture des carrières

L'exploitation des carrières aura des incidences relativement limitées sur l'évolution Pédologique et surtout archéologique des zones d'emprunts. Vu que la région est assimilée à un musée à ciel ouvert par son appartenance géologique au plateau du Hoggar.

b.3) Impacts sociaux

b.3.1) Impacts sociaux négatifs

Les impacts négatifs relèvent essentiellement de la santé, de la sécurité, de l'altération du cadre de vie, de la dégradation des sols et de la perte de végétation.

Sur le plan santé, les risques de propagation dans la zone du projet sont les impacts négatifs causés par la pollution de l'air (provenant des gaz nocifs issus des engins et autres véhicules) et la poussière soulevée par les engins et véhicules en déplacement qui pourrait engendrer des maladies telles que l'asthme, la tuberculose, la conjonctivite ...

Sur le plan sécurité, les impacts négatifs sont liés à la circulation des engins, qui pourraient engendrer des accidents de circulation et de travail.

L'altération du cadre de vie par la prolifération des déchets solides et toxiques, la nuisance sonore due au bruit des engins, l'érosion des sols sur les sites de carrières et d'emprunts et à la création de nouvelles dessertes routières.

A signaler aussi dans pratiquement tous les cas similaires : la recherche de main d'œuvre de bon marché localisée chez la population subsaharienne présentes sur place, ce qui accentuera aussi le phénomène de l'émigration clandestine.

b.3.2) Impacts sociaux positifs

La réduction du chômage des jeunes dans la zone d'impact du projet.

c) Phase d'exploitation

c.1) Impacts négatifs

Elle consiste principalement en la pollution sonore produite par les déplacements des aéronefs, ainsi que la pollution atmosphérique résultant de la propagation des gaz d'échappement.

c.2) Impacts positifs

Le projet donnera naissance à de nombreux impacts positifs lors de sa phase d'exploitation :

- Renforcement des échanges commerciaux.
- La facilité d'acquisition des produits de première nécessité.
- Le développement du tourisme.
- L'aide au développement et à l'investissement local dans la région.
- L'accessibilité aux structures sanitaires.
- Le renforcement de la sécurité de la région.

1. Mesures d'atténuation des impacts négatifs

Ces mesures ont pour objectifs de minimiser les effets des impacts négatifs :

- Arrosage régulier des zones de terrassement, des routes, et des pistes d'accès aux zones d'emprunt.
- Entretien des engins et véhicules de chantier.
- Installation de panneaux de signalisation temporaire de danger.
- Limitation de la vitesse des engins et véhicules.
- Les dépôts anarchiques de déchets seront interdits.
- Les hydrocarbures et tous produits dangereux sur site seront isolés.
- Les heures de travail seront respectées pour limiter toute nuisance.
- Les surfaces vulnérables ne seront pas exploitées.
- Une remise à l'état des aires utilisées et des zones d'emprunt et des carrières sera exigée au terme des activités.
- Les aires de nettoyage du matériel de chantier seront bétonnées, des exutoires seront dimensionnés de façon à éviter la contamination des couches du sol et des cours d'eau.
- L'interdiction d'accès au site pour toute personne étrangère.

4. Plan de gestion environnementale et sociale (PGES)

4.1) Objet et domaines d'application

Le Plan de Gestion Environnemental et Social (P.G.E.S) est élaboré pour l'exécution des Travaux de réalisation de la deuxième piste d'atterrissage d'In Guezzam. Ce plan a pour objet de présenter l'organisation et les mesures que l'entreprise réalisatrice mettra en place pour assurer la protection et la préservation de l'environnement sur l'emprise du projet.

Les dispositions de ce plan s'appliquent à l'ensemble des travaux du chantier cité dans l'ANNEXE 7 et qui seront exécutés par l'entreprise et ses sous-traitants et fournisseurs.

Chapitre XI: Etude financière

Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif de l'estimation financière des différents postes de travaux de la nouvelle piste d'In Guezzam :

Section	Désignation des travaux	Prix	Pourcentage
1	Travaux sur la piste	2 774 483 836,00	82.68%
2	Travaux sur la bretelle	41 233 988,00	1.23%
3	Travaux sur les PA	319 432 914,00	9.52%
4	Réalisation des fossés de drainage	34 000 000,00	1.01%
5	Signalisation diurne	5 758 848,00	0.17%
6	Réalisation du parking	180 765 000,00	5.39%
Prix Totale HT (DA)		3 355 674 586,00	100%
Prix Totale TTC (DA)		3 993 252 757,34	

Tableau 57: Récapitulatif du devis estimatif.

➤ Conclusion

Le cout global de notre projet s'élève à un montant de trois milliards neuf cent quatre-vingt-treize millions deux cent cinquante-deux mille sept cent cinquante-sept Dinar en TTC.

Les éléments de cette estimation financière sont détaillés dans l'ANNEXE 8.

Recherche bibliographique : Amélioration de la rétroflexion des marquages des aérodromes

Actuellement en Algérie aucun aérodrome ne peut se vanter d'être correctement signalé du point de techniques d'application des marquages et surtout de leurs rétroflexions, très faibles du fait d'utilisation de microbilles de verre de catégorie I fabriquées et destinées pour le marquage routier.



Marquage avec des billes de verre catégorie I visible jusqu'à 25 m.



Marquage avec des billes de verre catégorie III visible jusqu'à 100 m.

Figure 52: Marquage avec des billes de verre.

Cette problématique bute sur le fait que les microbilles de verre utilisées actuellement dans le marquage de nos aérodromes ont un indice de réfraction très faible $IOR \sim 1.5$ donc non visible par un pilote dans son cockpit qui est à une hauteur de différence significative par rapport à celle d'un chauffeur dans son véhicule.

Les billes de verre haute performance exclusives Type III dont l'indice $IOR \geq 1.9$ sont conçues pour offrir une visibilité exceptionnelle dans les marquages d'aérodrome, garantissant une plus grande sécurité sur les pistes et les voies de circulation.

Recommandés par l'OACI pour améliorer le marquage des pistes et des voies de circulation, les billes de verre de type III offrent une rétro-réflexivité supérieure, utilisant la technologie des billes à indice élevé, ce qui entraîne le retour maximal de lumière.



Figure 53: Photos réelle des trois types d'utilisation de la microbille de verre.

Les billes de verre devant être utilisées sur les terrains d'aviation augmentent la visibilité des marquages et le temps de réaction du pilote, tout en améliorant la sécurité de nuit. Ils réduisent l'anxiété du pilote et la fatigue. Avec cinq à sept fois la rétroreflectivité des billes de type I, les billes de verre de l'aérodrome aident à réduire les sorties de piste en offrant la visibilité la plus optimale possible. Avec l'utilisation de bille de verre de haut indice de réfraction, le marquage garde ses performances de jour comme de nuit.

Les bille de verre à haute visibilité de type III sont conçues pour offrir le plus haut niveau de visibilité au pilote et associées à la technique de peinture airless qui assure une durabilité exceptionnelle des marquages, ce qui se traduit par :

- Rendement mesurable.
- Coût total inférieur.
- Amélioration de la visibilité.
- Réduction de la probabilité de sorties de piste.
- Meilleure longévité du marquage.
- Réduction minimale d'écaillage des peintures.
- Augmentation du temps de réaction du pilote, diminution de l'anxiété et de la fatigue

Bibliographie du chapitre

[1] Pavement Marking Handbook -Carlos A. Lopez, P.E – 2004.

[2] Effective Airfield Markings- Donna Speidel -2012.

[3] Airfield Marking Handbook -Sightline, LC- September 2008.

SYNTHESE

" C'est en forgeant qu'on devient forgeron "

C'est par l'exercice que l'on acquiert de la compétence. Pour acquérir véritablement un savoir-faire, il faut le pratiquer et non pas connaître seulement la théorie.

Cet adage digne de toute dissertation philosophique reflète bien notre état d'élève ingénieurs, nous avons entamé la rédaction de ce mémoire avec des connaissances purement théoriques, du jour au lendemain nous nous sommes confrontés aux difficultés de :

- L'obtention des données d'étude de base.
- L'accès à la documentation et sa filtration.
- La proximité du site d'étude (1900 kms)

Mais nous avons pu et grâce à l'aide des nombreuses personnes spécialistes en la matière relever le défi et surpasser tous ces obstacles et à expérimenter tout notre savoir théorique.

Tout en se basant sur les recommandations de l'OACI dans son Annexe 14 nous avons :

- ✓ Implanté et orienté l'axe de piste et ses annexes
- ✓ Déterminé les surfaces de dégagement
- ✓ Dimensionné les corps de chaussées
- ✓ Élaboration d'une étude de drainage et d'assainissement
- ✓ Déterminé les grands axes de l'impact sur l'environnement
- ✓ Réalisation d'un plan de signalisation diurne.

Toutes ces tâches n'ont fait qu'accroître en nous la certitude que ces métiers se concrétisent par des équipes pluridisciplinaires et par des groupes de travail, dont la modestie de ce mémoire réalisé par un binôme d'élèves ingénieurs.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

- [1] OACI, Annexe 14.
- [2] OACI, Manuel de conception des aérodromes DOC 9157 1ere Partie.
- [3] OACI, Manuel de conception des aérodromes DOC 9157 2ere Partie.
- [4] G. Meunier. Conception, construction et gestion des aérodromes Eyrolles 1969
- [5] STBA, Dimensionnement des chaussée Volume 1.
- [6] Service technique des base aériennes, eau et aéroport, guide technique de conception et dimensionnement des réseaux de drainage des aérodromes.
- [7] ROULI AHMED, Etude et conception des aérodromes civils Raihana 2002
- [8] Conception et fonctionnement de l'aviation civile . Encyclopédie des Sciences Industrielles Vol S Chap IX Quillet 1983.
- [9] Rachid Zegait .Flash flood risk and climate analysis in the extreme south of Algeria (The case of In Guezzam city) -Geomatics and environmental engineering Vol 16 N °04 2022
- [10] Marquages et signalisation d'aire de trafic Guide du GT Infra Alfa-ACI Version 1.0
11 décembre 2015
- [11] Aïchatou AMADOU ABDOU ETUDE D'EXCUTION DES TRAVAUX
D'ASSAINISSEMENT DE L'AEROPORT INTERNATIONAL DE NIAMEY
Institut International d'Ingénierie Ouagadougou 2020
- [12] CHAPITRE 3 - AIRE DE MANOEUVRE ITAC - Décembre 1998
- [13] Manuel des services d'aéroport Doc 9137-AN 898 6^{ème} partie Règlement des obstacles
1983
- [14] Etude géotechnique :Réalisation d'une nouvelle piste d'atterrissage de 3200 x 45 m à In Guezzam . Laboratoire des Travaux Publics du Sud. Juin 2021

ANNEXES

ANNEXE 1 : Résultats géotechniques

ANNEXE 2 : Caractéristiques physiques de l'aérodrome

ANNEXE 3 : Aires de dégagements

ANNEXE 4 : Dimensionnement de chaussée

ANNEXE 5 : Hydrologie

ANNEXE 6 : Signalisation

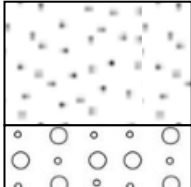
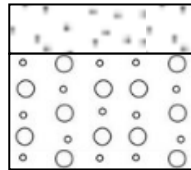
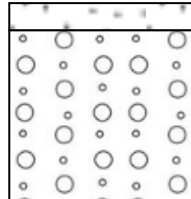
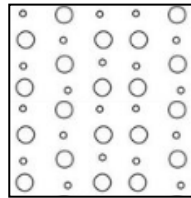
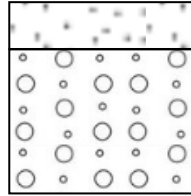
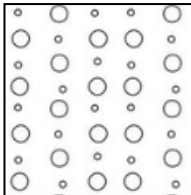
ANNEXE 7 : Etude d'impact environnementale

ANNEXE 8 : Etude financière

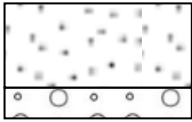
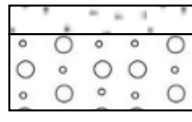
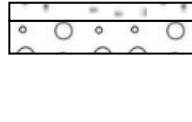
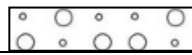
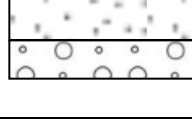
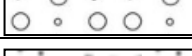



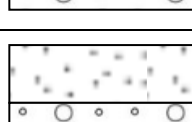
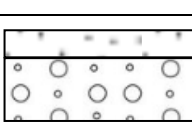
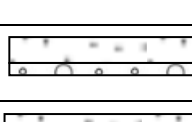
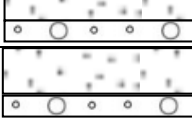


ANNEXE 9 : Listings Axe en plan et Profil en long

ANNEXE 1 : Résultats géotechniques

1. Les sections lithologiques des sondages carottés

Sondages	Lithologie	Profondeur (m)	Nature du terrain
S1		0.00-2.7	Sable graveleux limoneux avec des passages rocheux parfois
		2.7-5.00	Grés très fracture
S2		0-1.30	Sable graveleux limoneux avec des cailloux brunâtres
		1.30-5.00	Grés altéré et dur
S3		0.00-0.1	Sable de dune jaunâtre
		0.1-5.00	Grés altéré et dur
S4		0.00-5.00	Grés altéré et dur
S5		0.00-1.20	Sable graveleux limoneux brunâtres
		1.20-5.00	Grés altéré
S6		0.00-5.00	Grés dur tres fracture en surface

2. Les sections lithologiques des puits

Puits	Lithologie	Profondeur (m)	Nature du terrain
P1		0.00-2.00	Sable de dune
		2.00-3.00	Grés altérés en surface et dur en profondeur
P2		0-0.90	Sable de dune
		0.90-1.80	Grés altérés en surface et dur en profondeur
P3		0.00-0.20	Sable graveleux limoneux brunâtres
		0.20-0.60	Grés altérés en surface et dur en profondeur
P4		0.00-0.30	Grés dur
P5		0.00-0.50	Sable de dune
		0.50-0.90	Grés altérés en surface et dur en profondeur
P6		0.00-0.40	Grés dur
P7		0.00-1.60	Sable de dune
		1.60-3.00	Grés altérés en surface et dur en profondeur
P8		0.00-1.20	Sable de dune
		1.20-1.40	Grés dur
P9		0.00-0.60	Sable de dune
		0.60-0.70	Grés dur
P10		0.00-0.40	Sable de dune
		0.40-0.80	Grés dur
P11		0.00-0.40	Sable graveleux limoneux brunâtres
		0.40-0.60	Grés dur
P12		0.00-0.20	Sable graveleux limoneux brunâtres
		0.20-1.20	Grés altérés en surface et dur en profondeur
P13		0.00-0.40	Sable de dune
		0.40-0.60	Grés très dur
P14		0.00-1.00	Sable de dune
		1.00-1.20	Grés très dur
P15		0.00-0.50	Sable de dune
		0.50-0.60	Grés très dur

3. Résultats géotechniques

N° Puits/Sondage	ANALYSE GRANULOMETRIQUE							LIMITES D'ATTERBERG			E S %	R C	PROCTOR		ICB R	ANALYSE CHIMIQUE			CLASIF ICATIO N GTR
	<31.5m m %	<10m m %	<5m m %	<2m m %	<0.4m m %	<0.2m m %	<0.063m m %	LL	IP	LP			$\gamma_{d\ max}$	w_{opt}		INS %	SO_3^{-2}	$CaCO_3$	
P1(0.50-2.00)	100	100	100	100	158	33	13	20	NM	NM	44	-	179	8.60	26	97	00	00	B1
P2	100	100	100	100	85	51	5	21	NM	NM	56	-	1.92	7.30	36	97	00	00	B1
P8	100	100	99	99	52	38	18	20	NM	NM	50	-	1.93	5.70	16	96	00	00	B1
P11	100	97	92	90	60	37	27	25	19	06	26	-	2.19	6.20	133	91	00	04	B5
P12	95	86	76	67	43	25	18	23	18	05	23	-	2.19	6.00	125	91	00	03	B5
P15	100	94	91	89	62	38	25	26	20	06	20	-	2.13	8.50	24	90	00	05	B5
S1(0.00-2.00)	100	100	92	76	50	43	37	29	22	07	22	-	-	-	-	-	-	-	B5
S2(0.00-1.30)	100	100	98	95	84	53	50	32	23	09	18	-	-	-	-	-	-	-	B5
S3(1.30-1.50)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	R4
S4(2.30-2.45)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 5	-	-	-	-	-	-	R4
S5(0.00-1.20)	100	100	98	95	79	44	38	27	20	07	20	-	-	-	-	-	-	-	B5
S6(0.40-0.80)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17 0	-	-	-	-	-	-	R4
S6(4.00-4.50)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22 0	-	-	-	-	-	-	R4

NM : Non Mesurable

4. Equivalent de sable

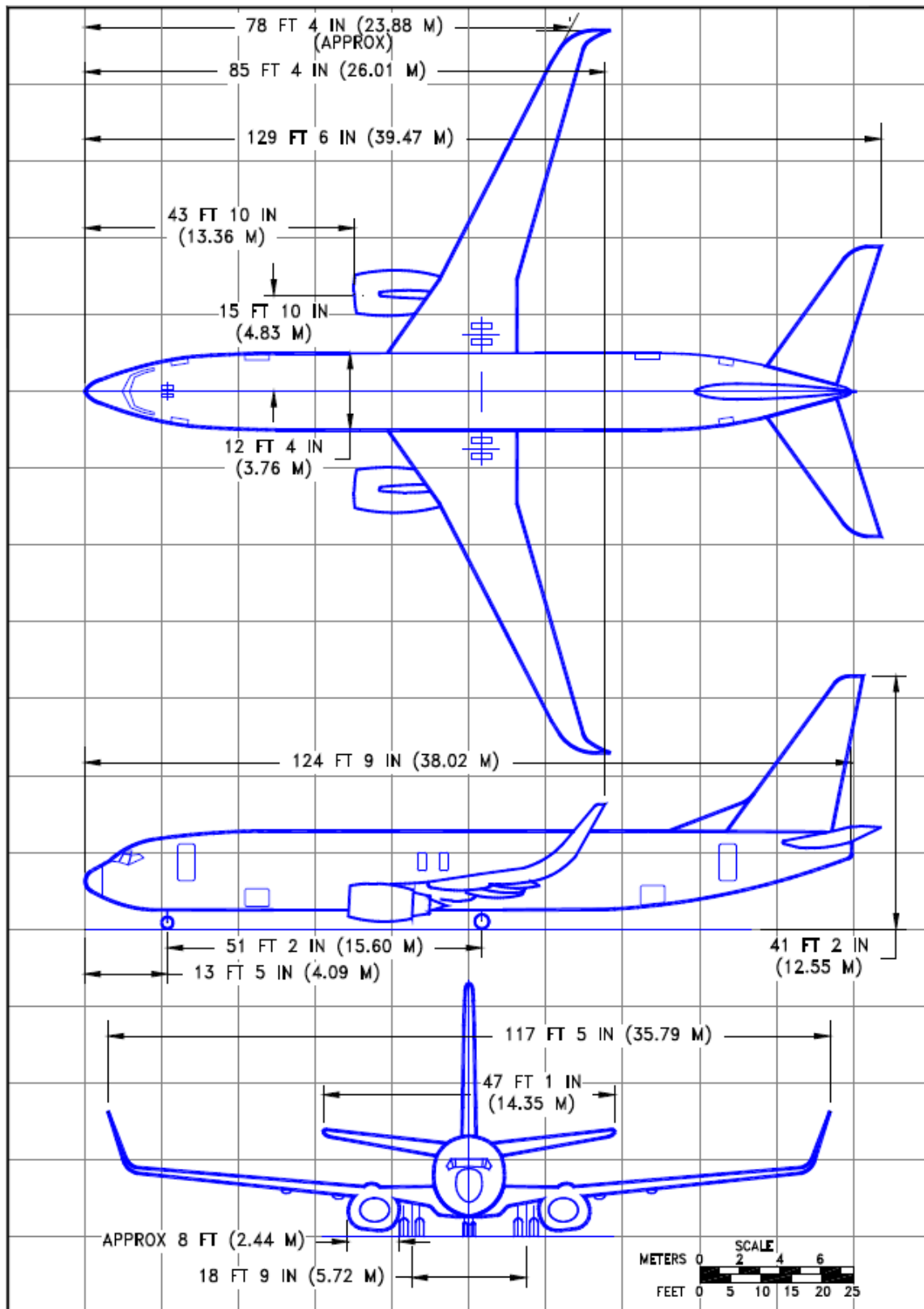
SE	Nature et qualité du sable
$SE < 60$	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
$60 \leq SE < 70$	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait
$70 \leq SE < 80$	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité
$SE > 80$	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau

5. Indice de plasticité

Indice de plasticité IP	Etat du sol
0-5	Non plastique
5-15	Peu plastique
15-40	Plastique

ANNEXE 2 : Caractéristiques physiques de l'aérodrome

1. Caractéristique de l'avion critique Boeing 737-800 :



2. Tableau des caractéristiques du Boeing 737-800

Type d'avion	Boeing 737-800
Date de mise en service	Mars 1998
Longueur	39.47 m
Hauteur	12.6 m
Envergure	34.32 m
Largeur hors-tout	7 m
Longueur de référence de la piste	2090 m
Pression pneumatique	1.41 Mpa
Masse maximale au décollage	70 530 Kg
Masse maximale à l'atterrissage	65 310 Kg
Masse à vide	20 210 Kg

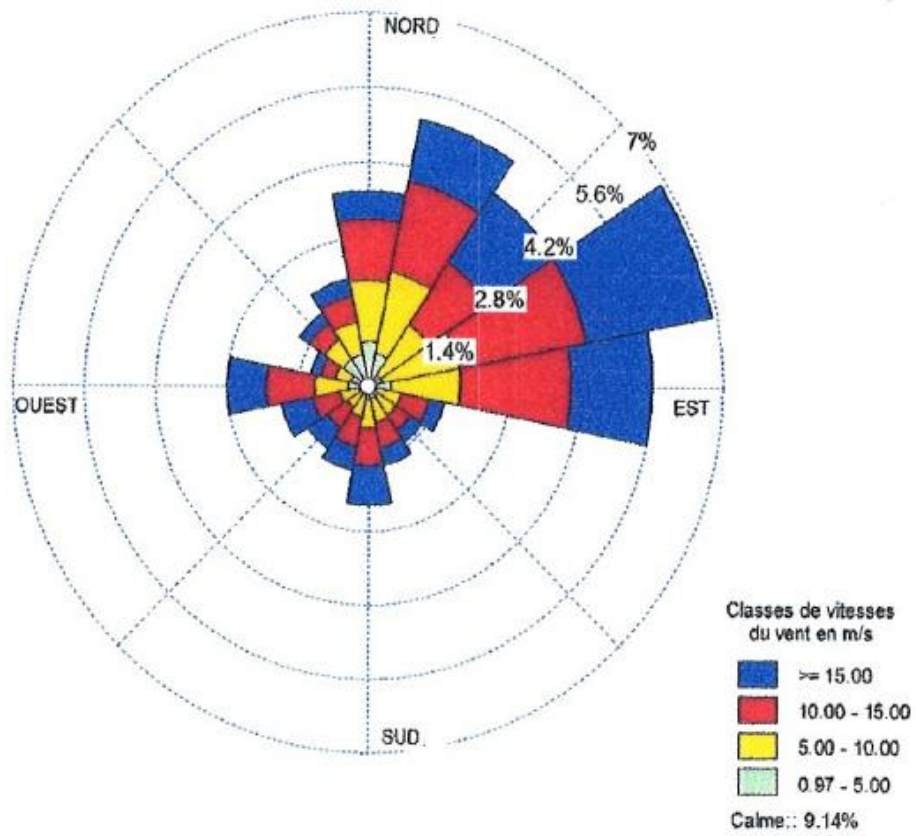
3. Températures moyennes Maximales d'In Guezzam en °C. -source ONM-

Mois	Températures moyennes °C
Janvier	30.45
Février	34.85
Mars	39.10
Avril	43.54
Mai	44.04
Juin	44.59
Juillet	45.00
Aout	44.77
Septembre	44.30
Octobre	41.38
Novembre	35.94
Décembre	31.50

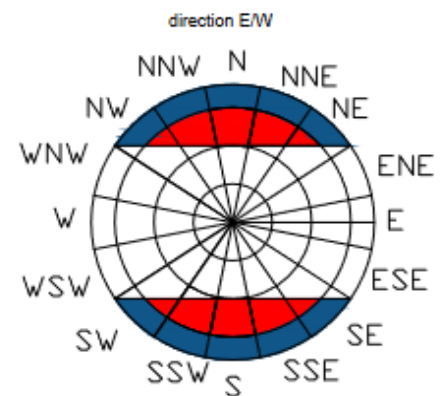
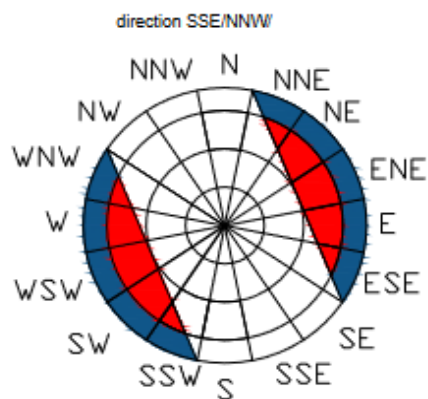
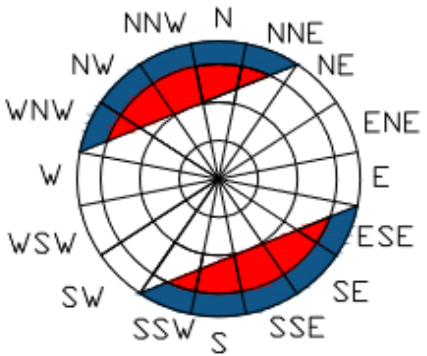
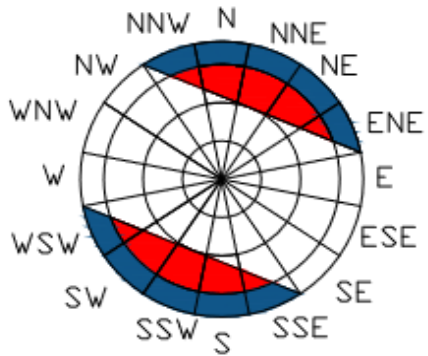
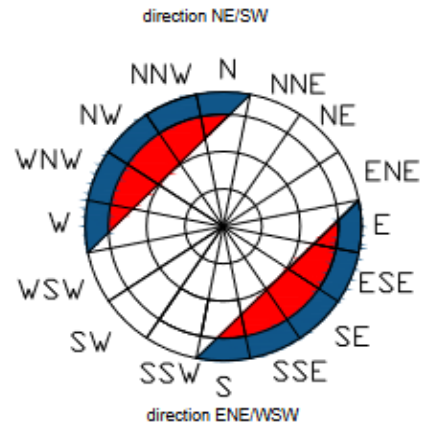
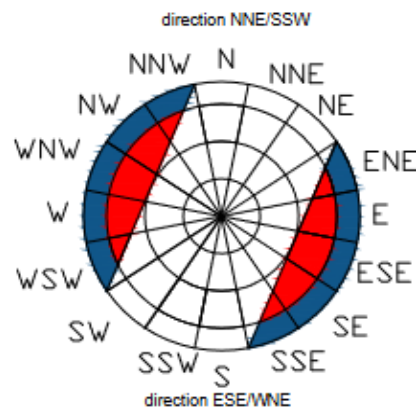
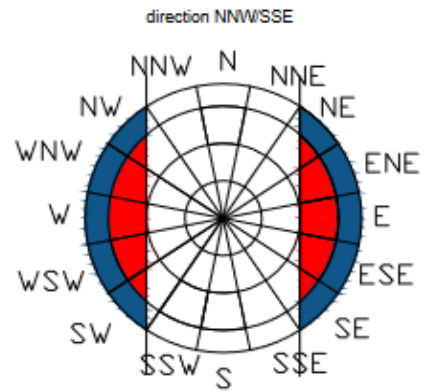
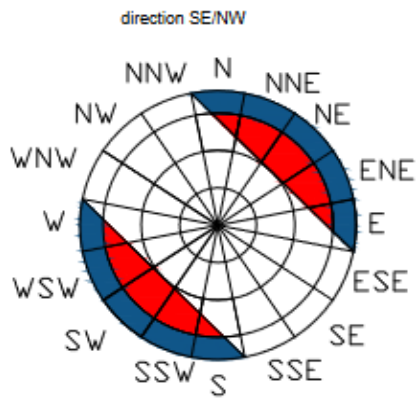
4. Données des vents d'In Guezzam

Mois	Annuel				
Directions	Classes de vitesses en (m/s)				Total (%)
	01-05	05-10	10-15	>15	
N	1%	1%	1%	0%	4%
NNE	1%	2%	2%	0%	5%
NE	0%	1%	1%	2%	4%
ENE	0%	2%	3%	3%	7%
E	0%	1%	2%	2%	6%
ESE	0%	0%	1%	0%	2%
SE	0%	0%	0%	0%	1%
SSE	0%	0%	0%	0%	2%
S	0%	1%	1%	0%	2%
SSW	0%	0%	1%	0%	2%
SW	0%	0%	0%	0%	1%
WSW	0%	0%	1%	1%	2%
W	0%	1%	1%	1%	3%
WNW	0%	0%	0%	0%	1%
NW	1%	0%	0%	0%	2%
NNW	1%	1%	0%	0%	2%
Calme					9%
Total	4%	10%	14%	9%	46%

5. Rose des vents In Guezzam



6. Les roses des vents pour chaque direction



7. Tableau des vitesses des touchés des roues

Groupe	Vitesse de toucher des roues	Type d'avion
1	Inférieure à 167 Km/h	Fokker 271
		Nord 262
		Beeche 99
2	Entre 169 Km/h et 222 Km/h	Fokker 28
		B727
		B737
		A300
3	Supérieure à 224 Km/h	B747
		Dc10
		Airbus A310

8. Tableau des rayons minimaux des congés de raccordements.

Code Lettre	Rayons intérieurs de congé minimaux
A	15m
B	20m
C	30m
D	50m
E	50m
F	≥50m

ANNEXE 3 : surfaces de dégagements

Recommandations de l'OACI :

- Si aucun objet n'atteint le profil de 2 % de la surface de montée au décollage, il est recommandé de limiter la présence de nouveaux objets afin de protéger la surface existante dégagée d'obstacles ou une surface d'une pente de 1,6 %.
- Il est recommandé de supprimer, dans la mesure du possible, les objets existants qui font saillie au-dessus d'une surface de dégagement, à moins que, de l'avis de l'autorité compétente, l'objet considéré ne se trouve défilé par un objet inamovible existant ou à moins qu'il ne soit établi, à la suite d'une étude aéronautique, que cet objet ne compromettrait pas la sécurité de l'exploitation des avions ou qu'il ne nuirait pas sensiblement à la régularité de cette exploitation.
- Il est recommandé de ne pas autoriser la présence d'un nouvel objet ou la surélévation d'un objet existant au-dessus de la surface d'approche, à plus de 3 000 m du bord intérieur, de la surface conique ou de la surface horizontale intérieure, à moins que, de l'avis de l'autorité compétente, l'objet ne se trouve défilé par un objet inamovible existant ou à moins qu'il ne soit établi, à la suite d'une étude aéronautique, que cet objet ne compromettrait pas la sécurité de l'exploitation des avions ou qu'il ne nuirait pas sensiblement à la régularité de cette exploitation.
- Il est recommandé de ne pas autoriser la présence d'un nouvel objet ou la surélévation d'un objet existant au-dessus de la surface conique ou de la surface horizontale intérieure, à moins que, de l'avis de l'autorité compétente, l'objet ne se trouve défilé par un objet inamovible existant ou à moins qu'il ne soit établi, à la suite d'une étude aéronautique, que cet objet ne compromettrait pas la sécurité de l'exploitation des avions ou qu'il ne nuirait pas sensiblement à la régularité de cette exploitation.

Note :

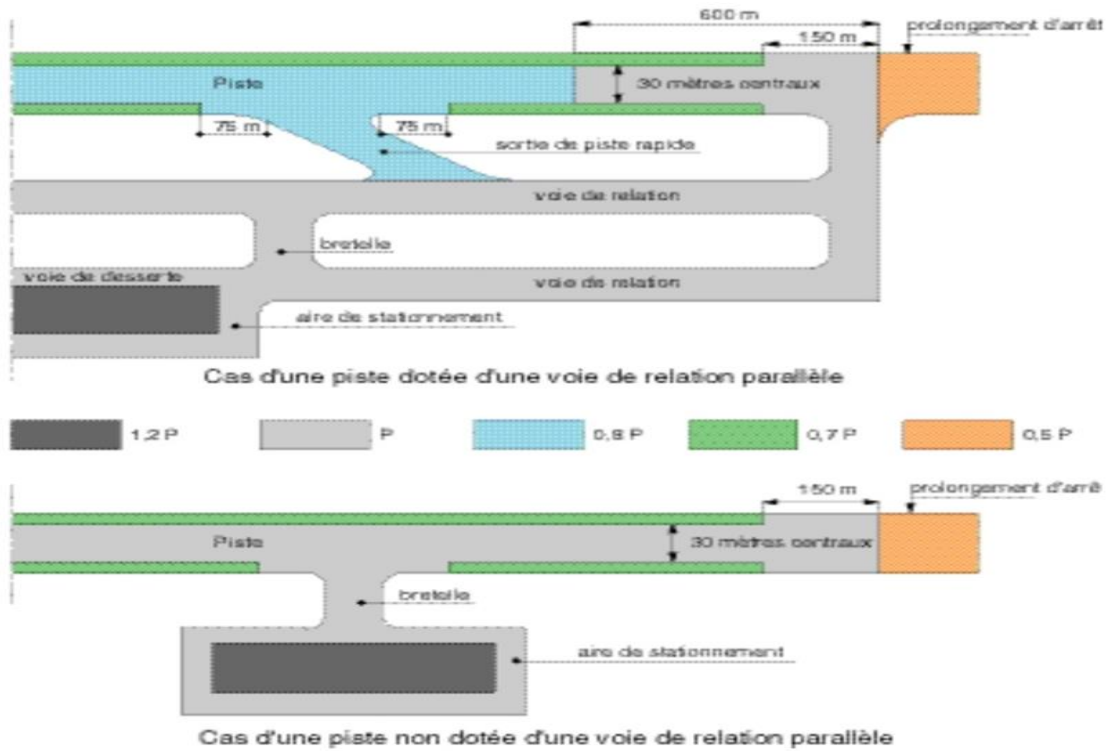
- ✓ Dans certains cas, lorsque la bande ou le prolongement dégagé présente une pente transversale certaines parties du bord intérieur de la surface de montée au décollage ou d'approche, peuvent se trouver au-dessous de la bande ou du prolongement dégagé. La recommandation n'implique pas que la bande ou le prolongement dégagé doivent être nivelés à la hauteur du bord intérieur ces surfaces, ni que les éminences naturelles ou

les objets situés au-dessus des surfaces, au-delà de l'extrémité de la bande ou du prolongement dégagé, mais d'un niveau inférieur à celui de la bande ou du prolongement, doivent être supprimés, à moins qu'ils ne soient jugés dangereux pour les avions. Des considérations analogues s'appliquent à la jonction de la bande et du prolongement dégagé lorsqu'il existe des différences dans les pentes transversales.

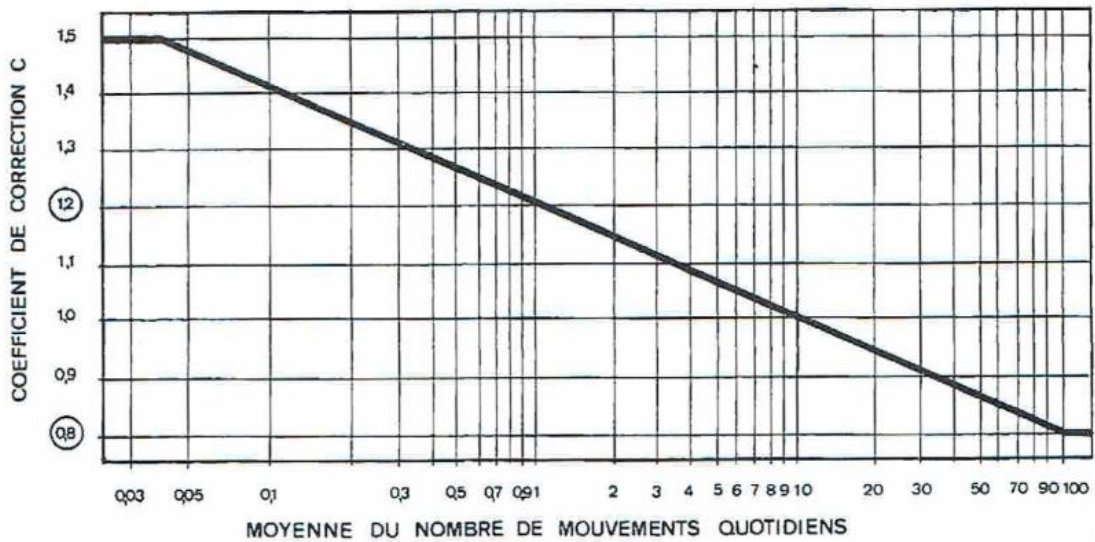
- ✓ Aucun objet fixe ne pourra faire saillie au-dessus de la surface intérieure d'approche, la surface intérieure de transition ou de la surface d'atterrissage interrompus exception faite des objets fragibles qui, en raison de leur fonction peuvent être situés sur la bande. Aucun objet mobile ne pourra faire saillie si la piste est destinée pour l'atterrissage.

ANNEXE 4 : Dimensionnement de chaussée

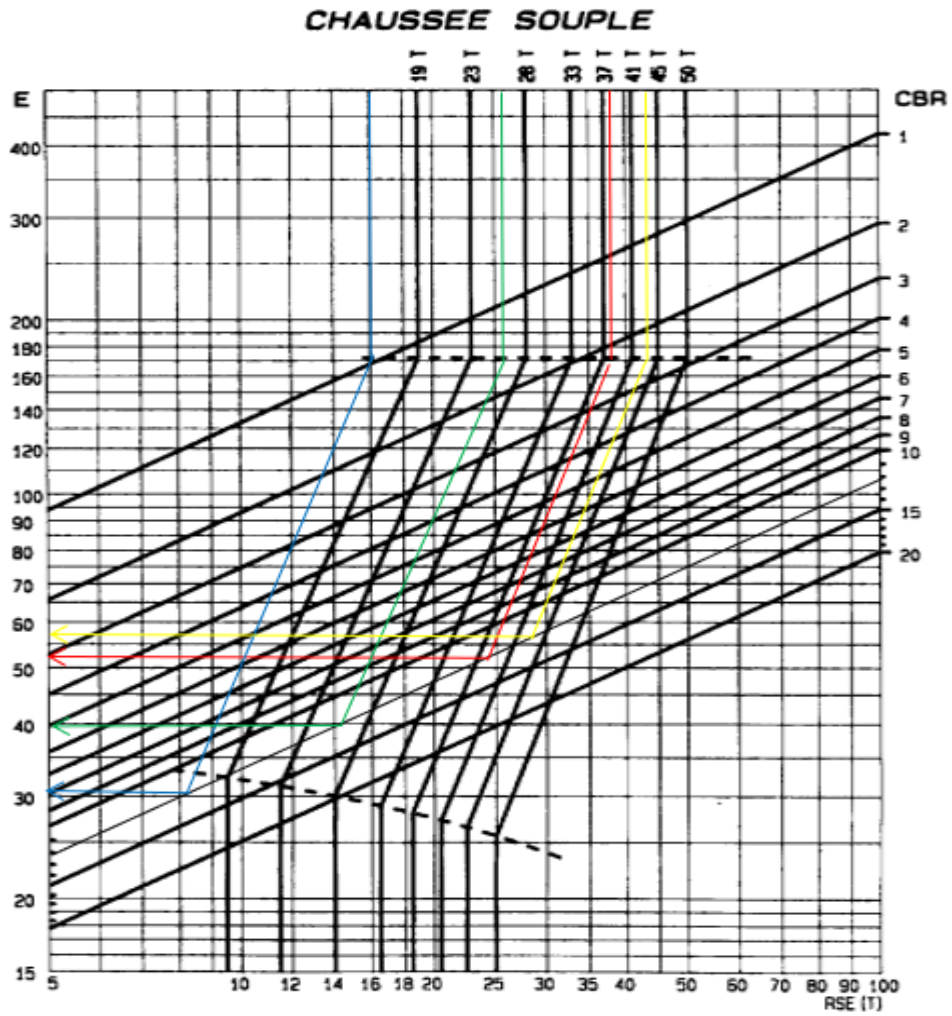
1. Distribution des coefficients de pondération sur les aires de l'aérodrome



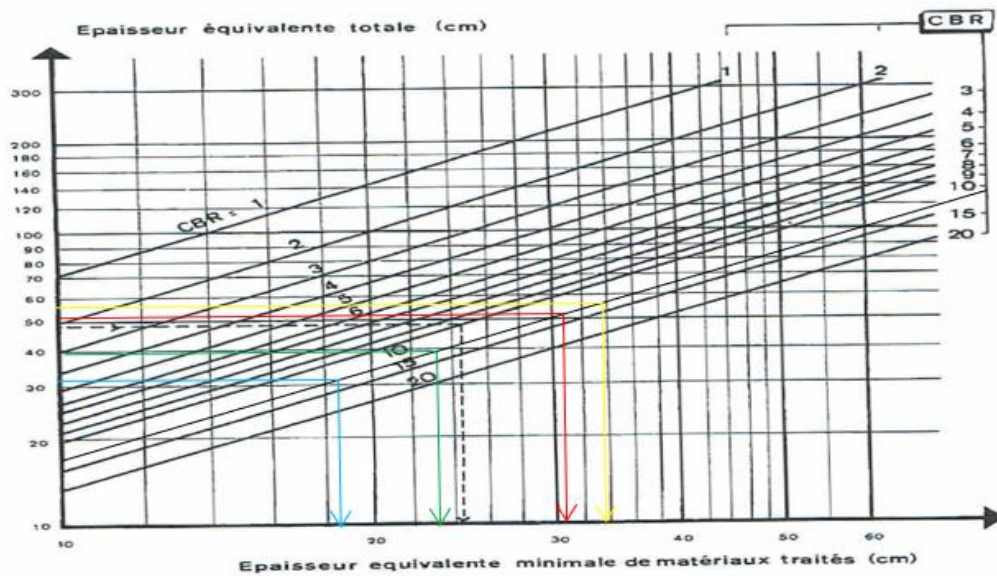
2. Coefficient de correction Ct



3. Epaisseur équivalente Totale



4. Epaisseur équivalente minimale de matériaux à traitée



5. Détermination du chiffre de code PCN

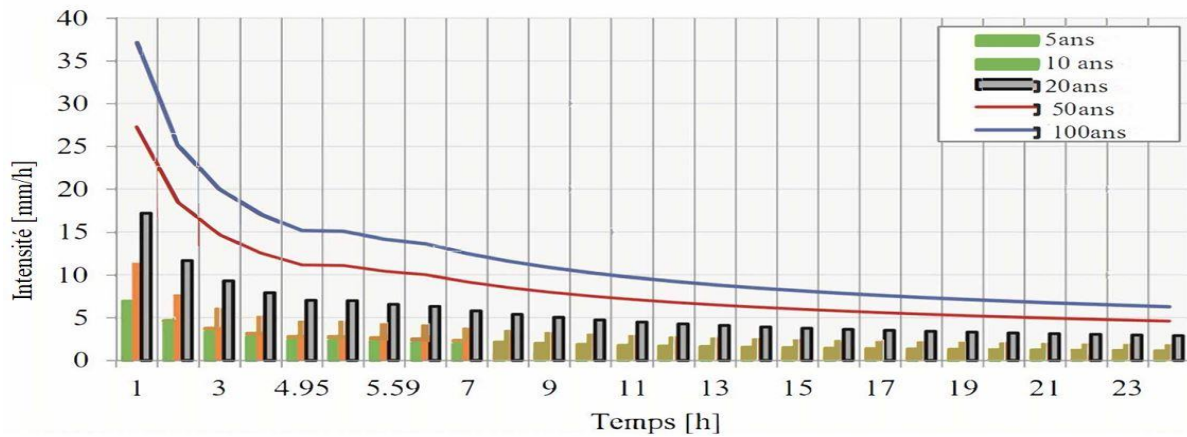
Catégorie d'indications	Lettre de code
<p>1-Type de chaussée</p> <p>Souple</p> <p>Rigide</p> <p>Si la construction est composite ou non normalisée, une note le précisant est ajoutée.</p>	<p>F</p> <p>R</p>
<p>2-Catégorie de résistance du terrain de fondation :</p> <p>Résistance élevée : caractérisée par $K = 150 \text{ MN/m}^3$ et représentant toutes les valeurs de K supérieures à 120 MN/m^3 pour les chaussées rigides, et par $\text{CBR} = 15$ et représentant toutes les valeurs CBR supérieures à 13 pour les chaussées souples.</p> <p>Résistance moyenne : caractérisée par $K = 80 \text{ MN/m}^3$ et représentant une gamme de valeurs de K de 60 à 120 MN/m^3 pour les chaussées rigides, et par $\text{CBR} = 10$ et représentant une gamme de valeurs CBR de 8 à 13 pour les chaussées souples.</p> <p>Résistance faible : caractérisée par $K = 40 \text{ MN/m}^3$ et représentant une gamme de valeurs de K de 25 à 60 MN/m^3 pour les chaussées rigides, et par $\text{CBR} = 6$ et représentant une gamme de valeurs CBR de 4 à 8 pour les chaussées souples.</p> <p>Résistance ultra faible : caractérisée par $K = 20 \text{ MN/m}^3$ et représentant toutes les valeurs de K inférieures à 25 MN/m^3 pour les chaussées rigides, et par $\text{CBR} = 3$ et représentant Toutes les valeurs de CBR inférieures à 4 pour les chaussées souples.</p>	<p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p>
<p>3-Catégorie de pression maximale admissible des pneus :</p> <p>Illimitée : pas de limite de pression</p> <p>Élevée : pression limitée à 1,75 MPa</p> <p>Moyenne : pression limitée à 1,25 MPa</p> <p>Faible : pression limitée à 0,50 MPa</p>	<p>W</p> <p>X</p> <p>Y</p> <p>Z</p>
<p>4-Méthode d'évaluation :</p> <p>Lettre de code</p> <p>Évaluation technique : étude spécifique des caractéristiques de la chaussée et utilisation de techniques d'étude du comportement des chaussées.</p> <p>Évaluation faisant appel à l'expérience acquise sur les avions : connaissance du type et de la masse spécifiques des avions utilisés régulièrement et que la chaussée supporte de façon satisfaisante.</p>	<p>T</p> <p>U</p>

ANNEXE 5 : Hydrologie

1. Tableau des caractéristiques des bassins versants de la région

Bassin versant	A(Km ²)	P(Km)	KG	Altitude Max (m)	Altitude Min (m)	Pente moy (%)	Longueur du cours d'eau (km)
Sahb El-Rahala (SBV1)	71.02	67.34	2.24	497	387	0.35	19.98
Adakh Adakh(SBV2)	98.2	85.99	2.45	529	387	0.35	24.14

2. Courbe IDF

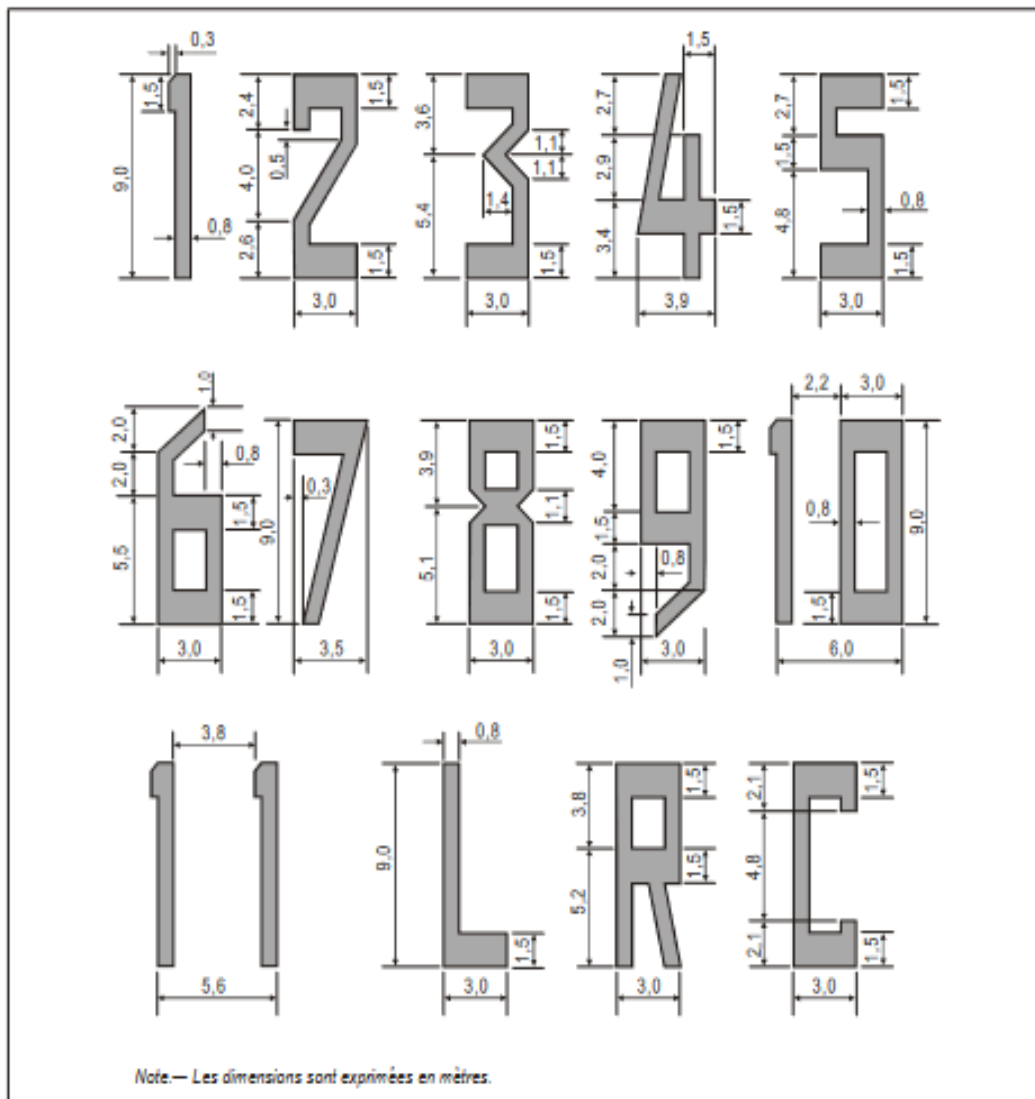


3. Condition d'auto-curage

Q/Qps	V/Vps	h/D	Q/Qps	V/Vps	h/D
0,001	0,14	0,02	0,534	1,02	0,52
0,003	0,22	0,04	0,568	1,03	0,54
0,007	0,29	0,06	0,603	1,05	0,56
0,013	0,35	0,08	0,637	1,06	0,58
0,021	0,40	0,10	0,672	1,07	0,60
0,031	0,45	0,12	0,706	1,08	0,62
0,042	0,50	0,14	0,740	1,09	0,64
0,056	0,54	0,16	0,773	1,10	0,66
0,071	0,58	0,18	0,806	1,11	0,68
0,088	0,62	0,20	0,837	1,12	0,70
0,106	0,65	0,22	0,868	1,13	0,72
0,126	0,68	0,24	0,898	1,13	0,74
0,148	0,72	0,26	0,926	1,14	0,76
0,171	0,75	0,28	0,953	1,14	0,78
0,196	0,78	0,30	0,977	1,14	0,80
0,222	0,80	0,32	1,000	1,14	0,82
0,249	0,83	0,34	1,021	1,14	0,84
0,277	0,86	0,36	1,039	1,14	0,86
0,307	0,88	0,38	1,054	1,13	0,88
0,337	0,90	0,40	1,066	1,12	0,90
0,368	0,92	0,42	1,073	1,12	0,92
0,400	0,94	0,44	1,076	1,10	0,94
0,433	0,96	0,46	1,071	1,09	0,96
0,466	0,98	0,48	1,057	1,06	0,98
0,500	1,00	0,50	1,000	1,00	1,00

ANNEXE 6 : Signalisation

1. Formes et proportions des lettres et chiffres des marques d'identification d'une piste aéronautique selon l'OACI



ANNEXE 7 : Etude d'impact environnementale

1. Plan de gestion environnementale et sociale PGES

Plan de gestion environnementale et sociale (PGES)		
Activités	Risque environnemental	Mesures
Ravitaillement des engins et matériels de chantier.	Déversement d'hydrocarbures lors des ravitaillements.	Sensibilisation et formation au moyen de ¼ d'heure environnement du personnel chargé du ravitaillement sur le déversement des hydrocarbures.
		Kits et astuce d'intervention d'urgence à disposition du personnel chargé du ravitaillement des engins pour circonscrire tout déversement accidentel lors des ravitaillements
		Formation et information de l'ensemble du personnel sur la conduite à tenir en cas d'urgence.
Identification des réseaux souterrains	Mauvaise identification des réseaux	Prise de contact avec les différents opérateur Sonelgaz-Al télécom.
		Repérage et balisage des réseaux
	Détérioration des réseaux existants avec risque d'arrêt du service de distribution.	Définitions et défusion de la conduite à tenir en cas d'incident
Voies d'accès au chantier	Nuisance concernant la circulation la voie d'accès.	Entretien en cas de besoin des voies d'accès.
		Signalisation et affichage adaptés.
	Risque d'accidents de la circulation.	Information du personnel concerné par les consignes de sécurité à respecter.
Accès aux habitations riveraines	Risque d'atteinte aux possibilités d'accès par les piétons et les véhicules Aux habitations et commerces riverains.	Mise en œuvre, après accord du Maitre des dispositions de sécurité nécessaires (signalisation...).
		Sensibilisation des riverains sur les conséquences que pourraient comporter les travaux, notamment la poussière, la fumée ou le bruit, ainsi que sur les mesures d'atténuation éventuelles.

Installation de chantier	Production de déchets	Production de déchets risque environnemental variable (déchets équivalents aux ordures ménagères, déchets dangereux...)	Développements de la procédure de gestion des déchets spécifique au projet. Information et formation de l'ensemble du personnel sur le sujet.
	Stockage des produits dangereux (huiles neuves)	Risque de pollution des milieux environnant par déversements et épanchements accidentels de ces produits.	Produits stockés sur plateforme ou dans un conteneur. Zone de stockage clôturer.
			Information et formation du personnel concerné à l'usage et au stockage de ces produits.
	Prélèvement d'eau	Atteinte à la ressource. La consommation d'eau pour les besoins humain présente un risque sanitaire.	Sensibilisation de l'ensemble du personnel au respect de la ressource d'eau (limitation des consommations au strict nécessaire), lors des ¼ sécurités environnement hebdomadaire.
			Site disant au moins de 300m d'un village, d'une zone humide, d'un site culturel et d'un cimetière et de 500m d'une source d'eau.
Rejet d'eau usées	Risque d'atteinte aux milieux environnant tel que les sols et les eaux souterraines.	Gestion des eau usées via des bassins de décantation pour le traitement des eaux usées avant leur évacuation dans les puisards.	
Déblais et purges	Stockage des déblais non utilisables	Zone de stockage inadaptée	Evacuation des déchets vers un lieu de dépôt indiqué, en dehors de toute zone présentant un intérêt faunistique/floristique particulier.
	Gestion des eaux	Rejet au milieu environnant d'eau chargée en matières en suspension.	Assainissements des plateformes en déblai.

Remblais	Emprunt	Risque d'apport supplémentaire en eaux	Choix des emprunts tant que possible dans les zones les moins sensibles aux écoulements. En cas de risque d'érosion, des dispositions antiérosives seront prises pour stabiliser les parties dégradées.
			Remise en état des emprunts
Transports des matériaux de déblais ou emprunt		Emissions de poussières : atteinte à la santé humaine. Surface endommagée (chemin de passage du matériel de chantier). Pente accidentelle de matériaux en cours de transports.	Entretiens des voies d'accès au chantier.
			Arrosage des pistes de voie d'accès.
			Sensibilisation sur les risques et distributions de masques anti-poussière pour le personnel exposé.
			Contrôle visuel du chargements des camions avant sortie de chantier.
Liant(ciments)	Stockage sur site	Déversement accidentel	Stockage sur aires agréées par la mission de contrôle (ciment ensaché stocké dans conteneur de stockage.
			Identification par panneaux des zones de stockages.
			Rappel des consignes de mise en œuvre pour des liants.

ANNEXE 8 : Éléments de l'estimation financière

Une TVA de 19% a été apposée aux montants hors taxes pour l'obtention des totaux en TTC

TRAVAUX DE LA PISTE 08/26				
Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix-U-HT(DA)	Montant HT (DA)
Décapage couche de sable	m3	249000	400,00	99 600 000,00
Travaux de Déblai	m3	462940,8	800,00	370 352 640,00
Travaux de Remblai	m3	489369,1	2 800,00	1 370 233 396,00
Couche Roulement BB	m3	11565	8 500,00	231 010 875,00
Couche de Base GB	m3	17347,5	8 000,00	341 398 800,00
Couche de Fondation GC	m3	41441,25	3 500,00	145 044 375,00
Couche de TUF	m3	86737,5	2 500,00	216 843 750,00
Montant HT (DA)				2 774 483 836,00
Montant TTC (DA)				3 301 635 765 ,00

TRAVAUX SUR LA BRETELLE				
Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix-U-HT(DA)	Montant HT (DA)
Travaux de Déblai	m3	481,87	800,00	385 496,00
Travaux de Remblai	m3	9995,89	2800,00	27 988 492,00
Couche Roulement BB	m3	280,00	8 500,00	2 380 000,00
Couche de Base GB	m3	360,00	8 000,00	2 880 000,00
Couche de Fondation GC	m3	1100,00	3 500,00	3 850 000,00
Couche de TUF	m3	1500,00	2 500,00	3 750 000,00
Montant HT (DA)				41 233 988,00
Montant TTC (DA)				49 068 445 ,72

TRAVAUX SUR LE PA 08				
Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix-U-HT(DA)	Montant HT (DA)
Travaux de Déblai	m3	61,31	800,00	49 048,00
Travaux de Remblai	m3	54801,53	2800,00	153 444 284 ,00
Couche Roulement BB	m3	405	8 500,00	3 442 500,00
Couche de Base GB	m3	0	8 000,00	0,00
Couche de Fondation GC	m3	1350	3 500,00	4 725 000,00
Couche de TUF	m3	3037,5	2 500,00	7 593 750,00
Montant HT (DA)				169 254 582,00
Montant TTC (DA)				184 457 494.40
TRAVAUX DU PA 26				
Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix-U-HT(DA)	Montant HT (DA)
Travaux de Déblai	m3	59,21	800,00	47 368,00
Travaux de Remblai	m3	48614,63	2800,00	136 120 964,00
Couche Roulement BB	m3	360	8 500,00	3 060 000,00
Couche de Base GB	m3	0	8 000,00	0,00
Couche de Fondation GC	m3	1200	3 500,00	4 200 000,00
Couche de TUF	m3	2700	2 500,00	6 750 000,00
Montant HT (DA)				150 178 332,00
Montant TTC (DA)				178 712 215.10

TRAVAUX DE REALISATION DU FOSSE DE DRAINAGE				
Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix-U-HT	Montant HT (DA)
Réalisation du fossé de drainage	ml	3400	10000,00	34 000 000 ,00
Montant HT (DA)				34 000 000,00
Montant TTC (DA)				40 460 000,00

TRAVAUX DE SIGNALISATION							
Désignation	Couleur	Dimension	Unité	Quant-U	Quantité Totale	Prix_U_HT	Montant_HT
Signalisation seuil de piste	blanche	30m x 1,8m	m2	24	1296	450,00	583 200,00
Signalisation Axe de piste	blanche	30m x 0,9	m2	51	1377	450,00	619 650,00
Signalisation bande latérales	blanche	3200 x 0,9 m	m2	2	5760	450,00	2 592 000,00
Signalisation Point cible	blanche	45m x 9m	m2	4	1620	450,00	729 000,00
Signalisation Point d'impact	blanche	22,5 m x 1,8m	m2	40	1620	450,00	729 000,00
Inscription QFU	blanche	U	m2	4	86,4	450,00	38 880,00
Signalisation PA	Jaune	m2	m2	1	300	600,00	180 000,00
Signalisation Point d'arrêt	Jaune	U	m2	1	6,93	600,00	4 158,00
Signalisation bande de guidage	Jaune	m2	m2	1	419,6	600,00	251 760,00
Signalisation postes parking	Rouge	m2	m2	4	48	650,00	31 200,00
Montant HT (DA)							5 758 848,00
Montant TTC (DA)							6 277 144 ,32

ANNEXE 9 : Listings Axe en plan et Profil en long

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Profil en long : **ligne rouge piste**

Description :

Plage d'abscisse : Début : 0000.00, Fin : 3400.00

LONGUEUR DE L'AXE : 3400.000m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abcisse	Z
			0000.00	441.763
D1	PENTE= 0.80%	1550.000		
			1550.00	454.163
PAR1	S= 1650.00 Z=454.963			
	R= 50000.000	200.000		
			1750.00	455.363
D2	PENTE= 0.40%	625.000		
			2375.00	457.863
PAR2	S= 2500.00 Z=458.363			
	R= 50000.000	250.000		
			2625.00	458.238
D3	PENTE= -0.10%	775.000		
			3400.00	457.463

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Axe en plan : **Axe piste In Guezzam**

Description :

Plage d'abscisse : Début : 0000.00, Fin: 3400.00

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abcisse	X	Y
			0000.00	786201.9980	2164814.2790
DR1	ANG=290.0000 (g)	3400.000			
			3400.00	782843.8576	2164282.4018

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Profil en long : **LR BRETELLE**

Description :

Plage d'abscisse : Début : 0000.00, Fin : 0200.00

LONGUEUR DE L'AXE : 200.000m

Élément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	449.760
D1	PENTE= 0.40%	200.000		
			0200.00	450.560

Listing de la géométrie de l'axe en plan

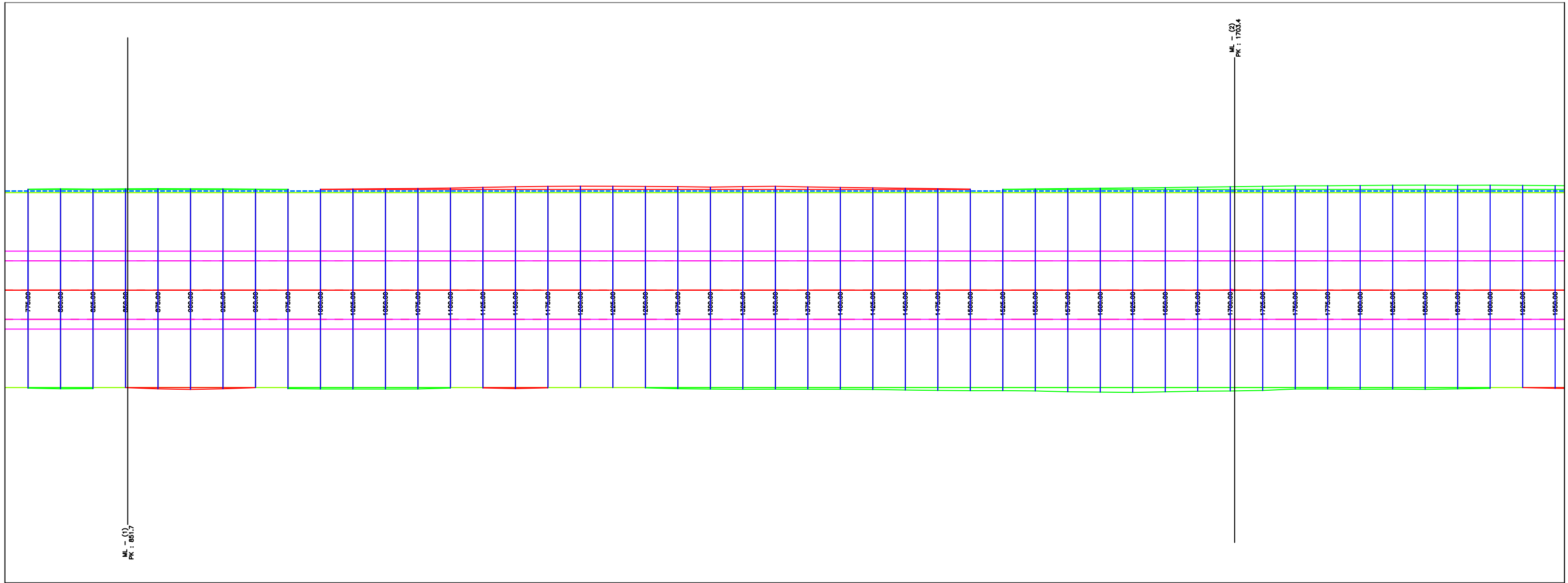
Axe en plan: Axe bretelle

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0200.00

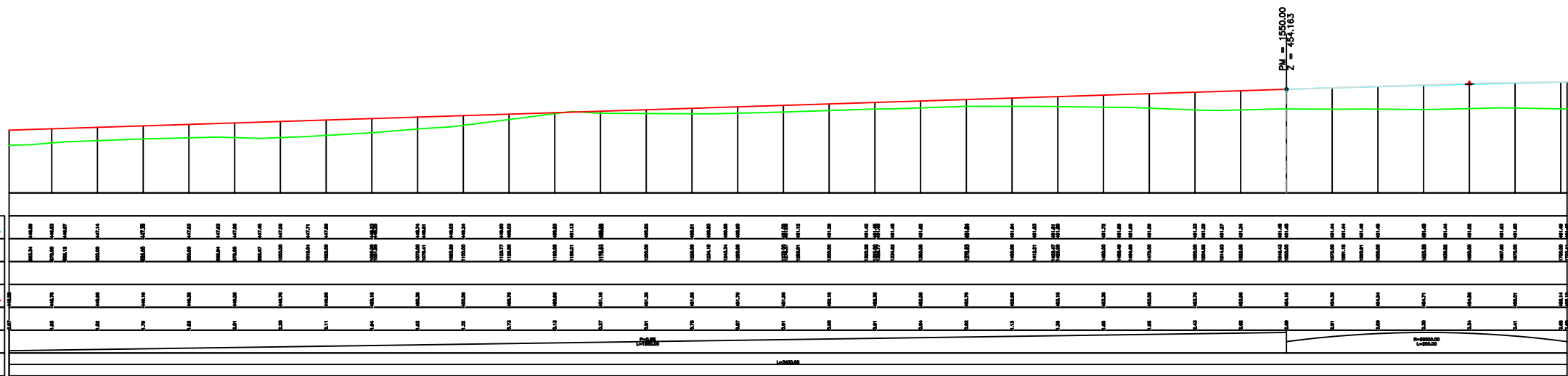
Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	785214.3097	2164657.8445
DR1	ANG=190.0000 (g)	200.000			
			0200.00	785245.5966	2164460.3069

PROFIL EN LONG ET TRACE EN PLAN DE LA PISTE



Axe : Axe plate in guezam
 Ech H : 1/1000
 Ech V : 1/250
 Plan de comparaison : 440.0 m
 Echelle du dessin : 1000/000
 Facteur d'échelle verticale : 4.000

Cotes Terrain	—
Distances Cumulées	—
Distances Partielles	—
Cotes Projet	—
TN – Projet	—
Déclivité Projet	—
Alignements et Courbes	—



Adresse: Rue Sidi Garidi b.p.32 Vieux Kouba-16051.Alger
 Fax: (023) 70 19 38 Site web: www.enstp.edu.dz
 Tel: (023) 70 19 04 E-mail: enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES
 Etude de création d'un nouvel aéroport au niveau d'In Guezam

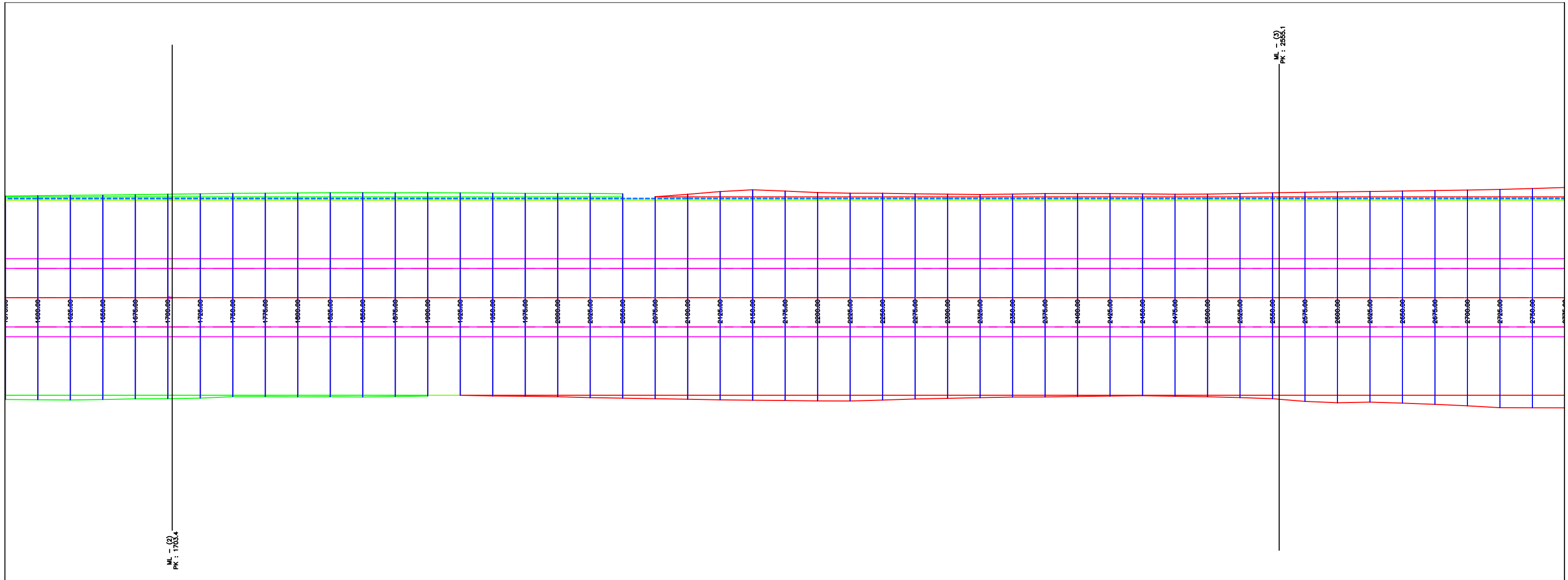
Réalisé par
TOUNSI Nacim CHOUHA Chaima

Encadré par
Mr. Hales

Echelle
1:1000

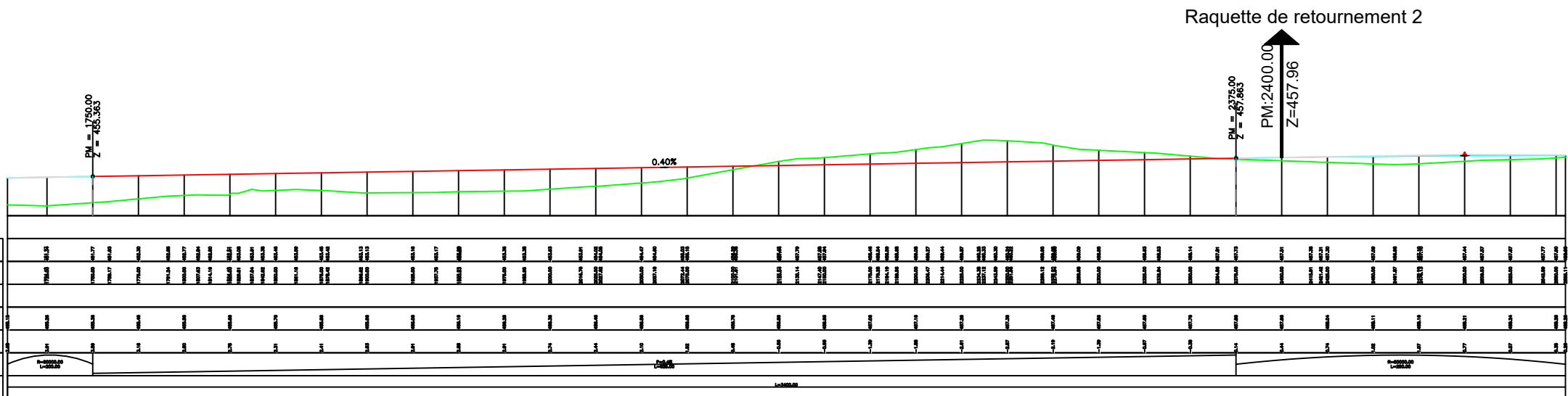
N° planche
02

Année universitaire
2022-2023



Axe : Ave plate in guezzam
 Ech H : 1/1000
 Ech V : 1/250
 Plan de comparaison : 450.0 m
 Echelle du dessin : 1000/000
 Facteur d'échelle verticale : 4.000

Cotes Terrain	—
Distances Cumulées	—
Distances Partielles	—
Cotes Projet	—
TN - Projet	—
Déclivité Projet	—
Alignements et Courbes	—



Adresse: Rue Sidi Garidi b.p.32 Vieux Kouba-16051.Alger
 Fax:(023) 70 19 38 Site web: www.enstp.edu.dz
 Tel:(023) 70 19 04 E-mail: enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES
 Etude de création d'un nouvel aéroport au niveau d'In Guezzam

Réalisé par
TOUNSI Nacim CHOUHA Chaima

Encadré par
Mr.Hales

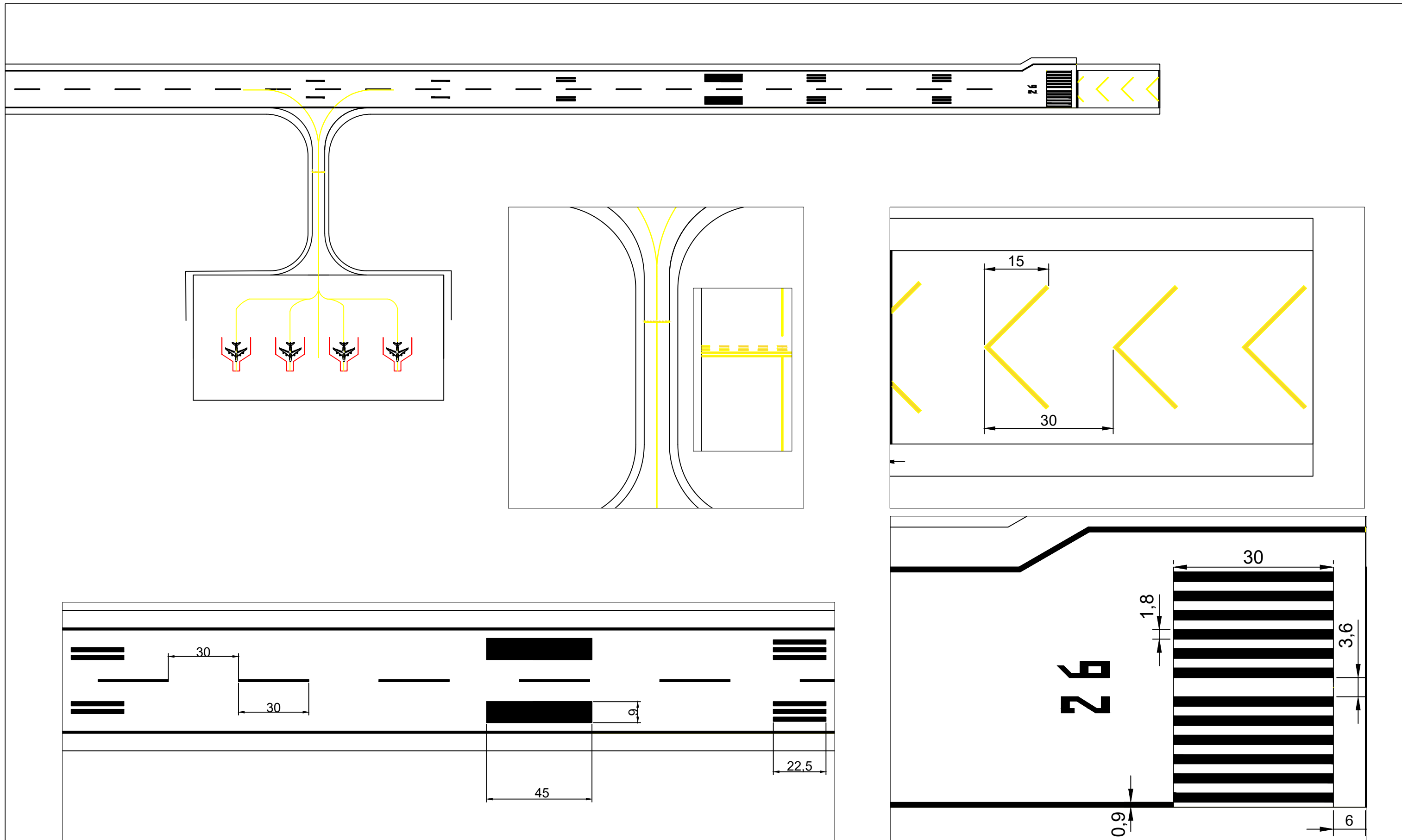
Echelle
1:1000

N° planche
03

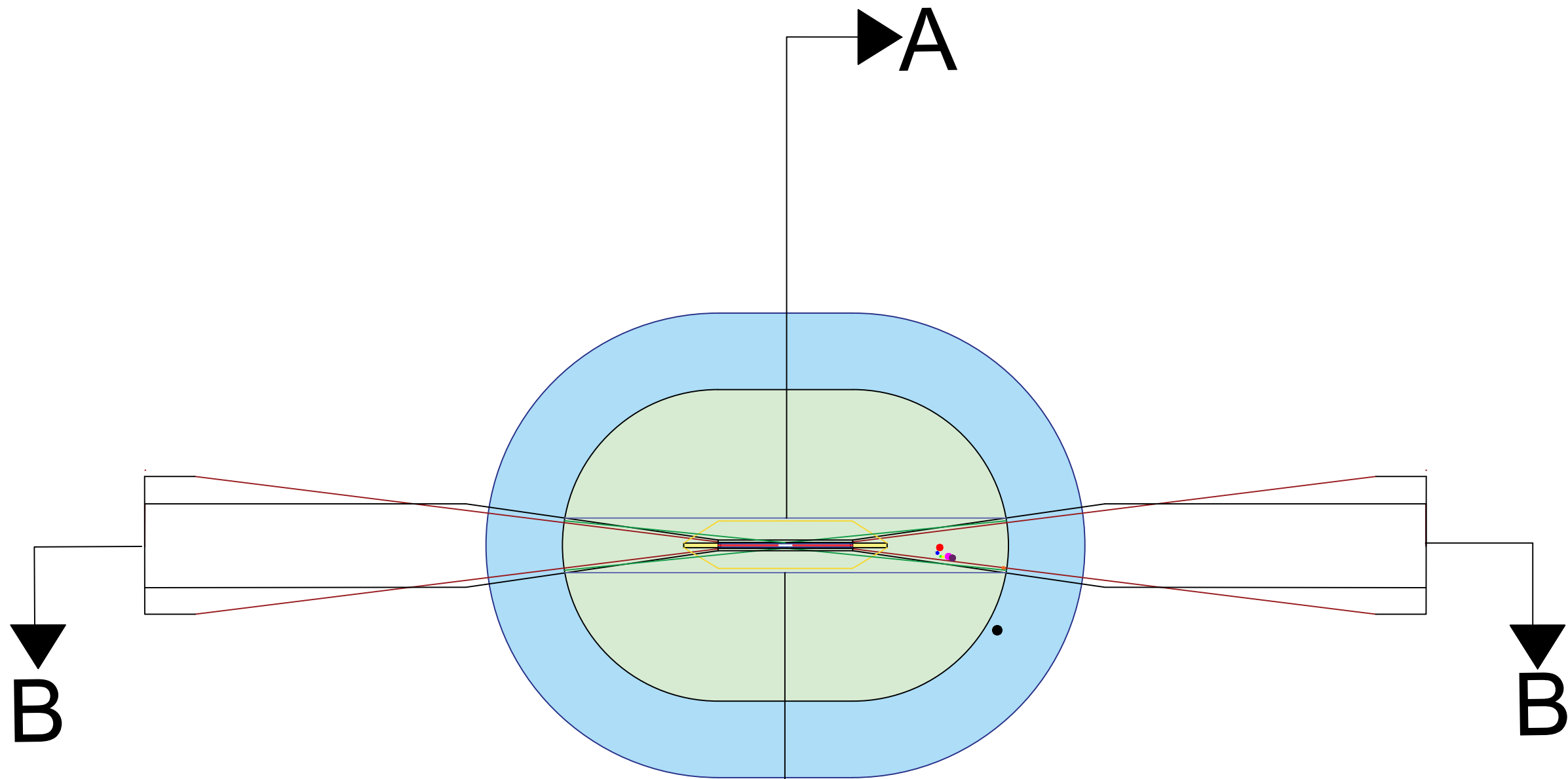
Année universitaire
2022-2023

**PROFIL EN LONG ET TRACE EN PLAN DE LA
BRETELLE**

PLAN DE SIGNALISATION



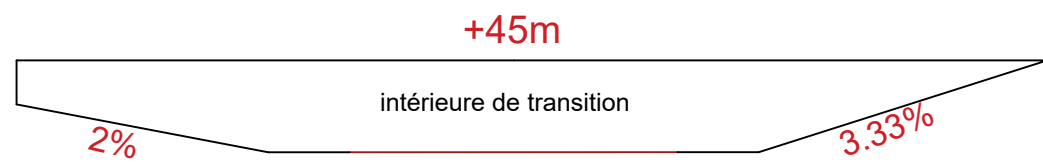
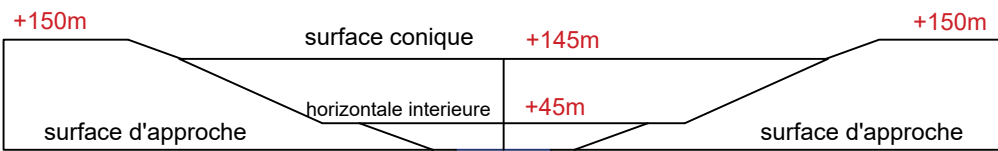
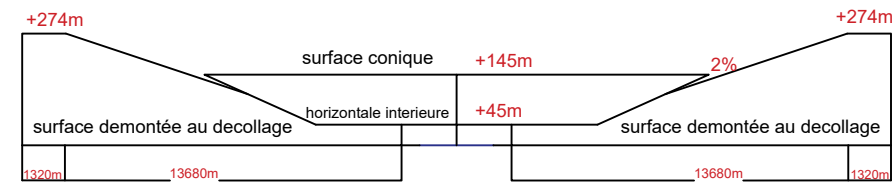
SURFACES DE DEGAGEMENT



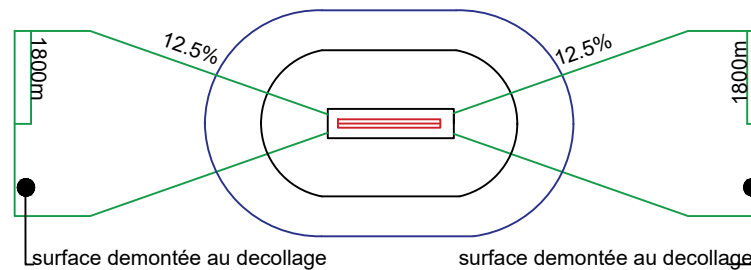
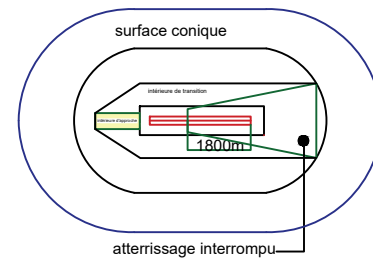
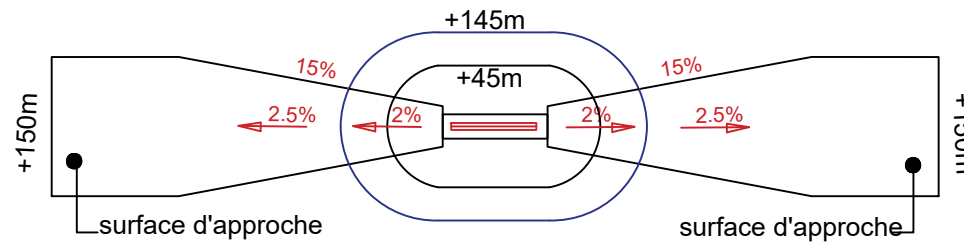
- château d'eau
- TWR
- Antenne TDA
- Antenne militaire

- P1
- P2
- P3
- Antenne MTO

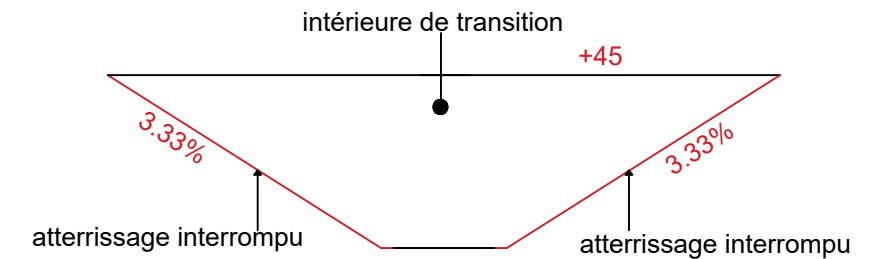
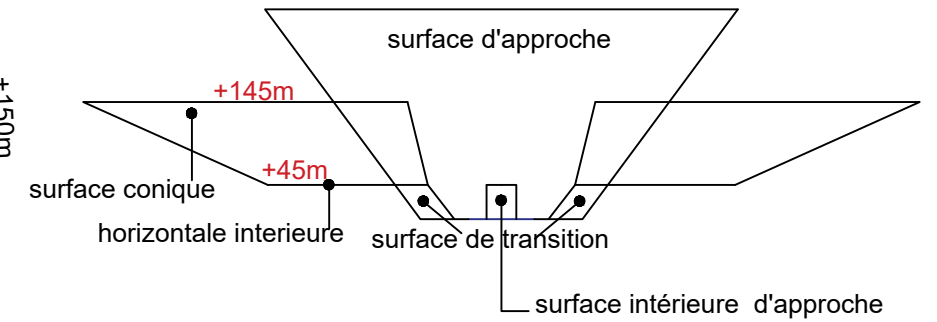
coupe A-A



vue en plan

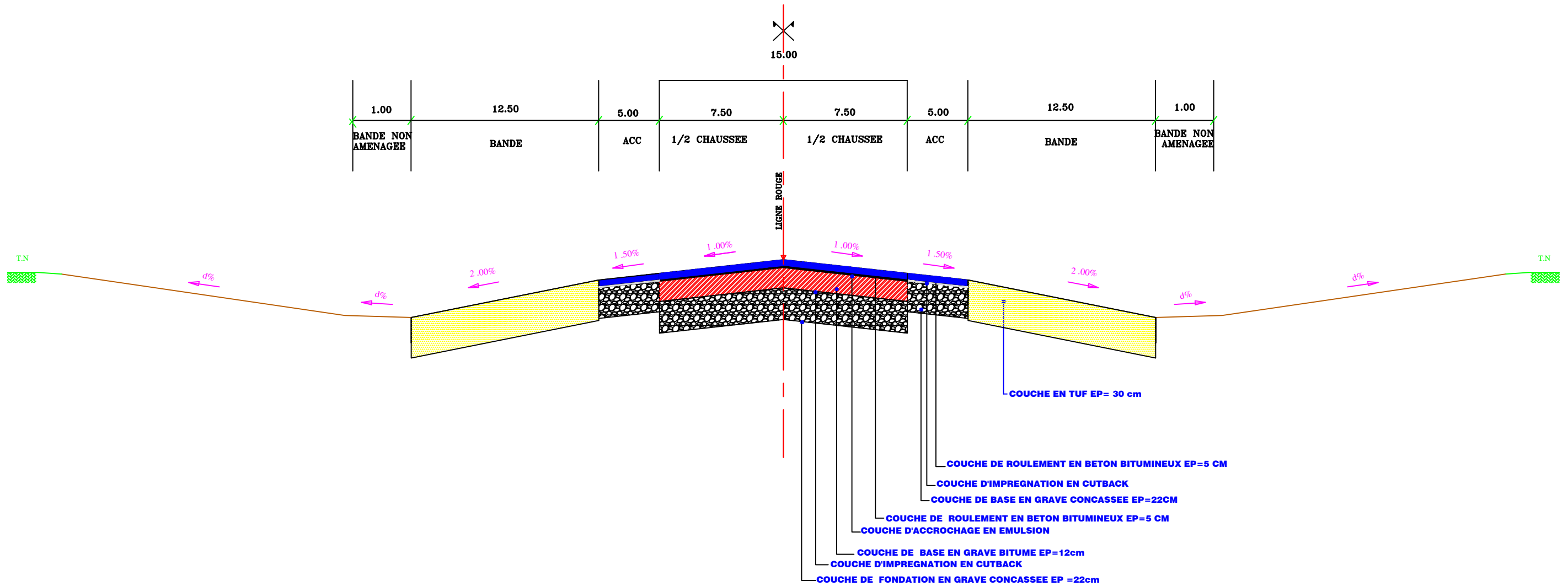


coupe B-B

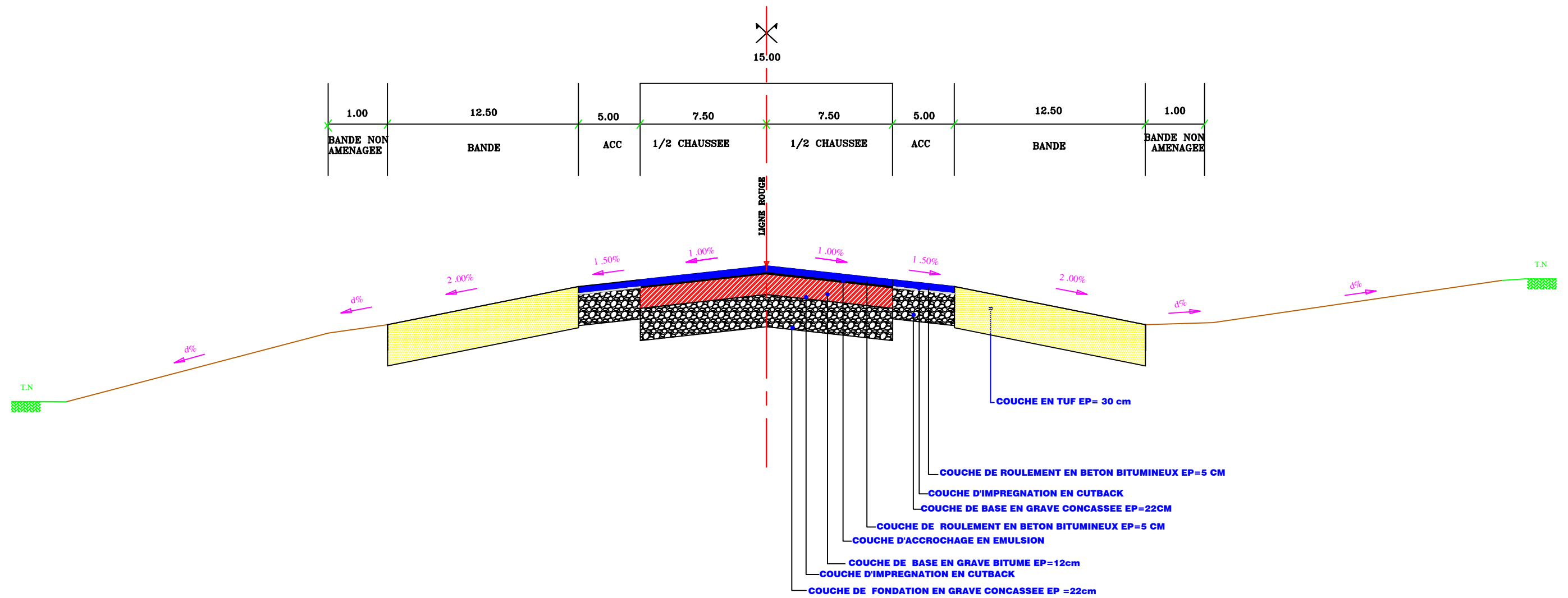


PROFILS EN TRAVERS

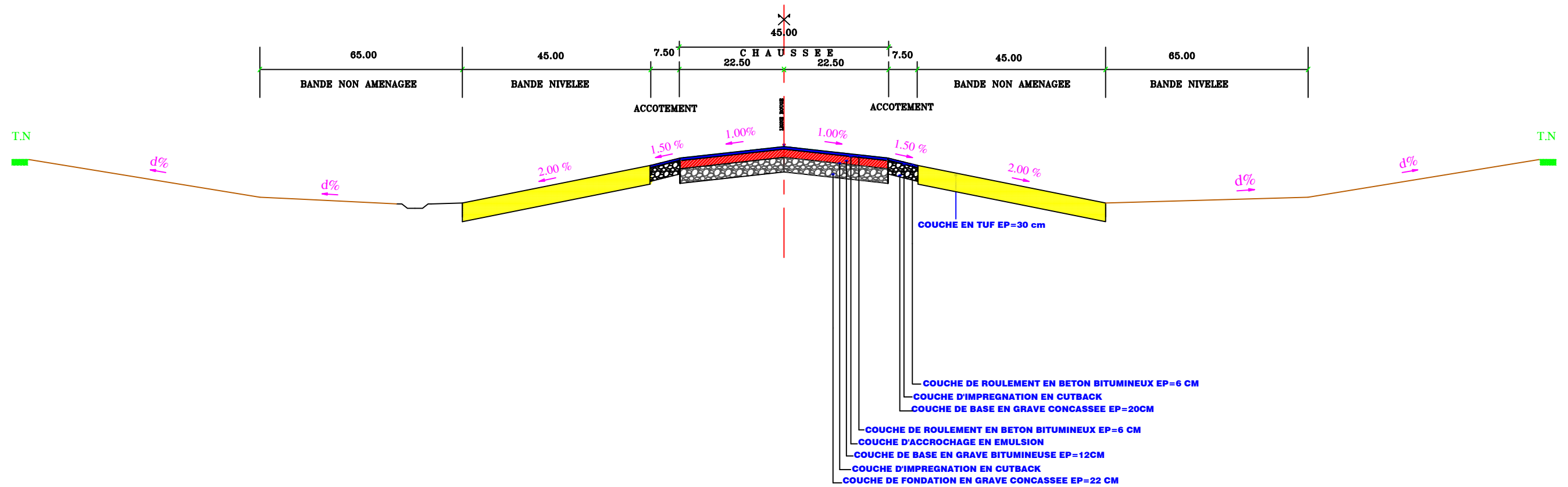
PROFIL EN TRAVERS TYPE EN DEBLAIS DE LA BRETELLE DE PISTE



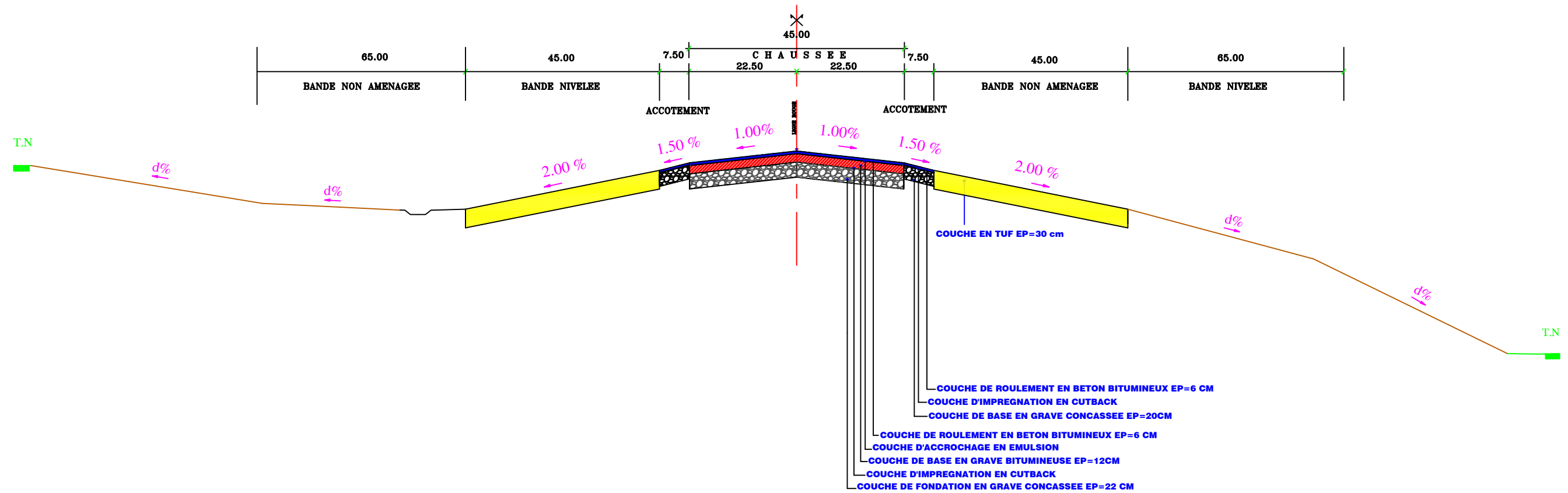
PROFIL EN TRAVERS TYPE MIXTE DE LA BRETELLE DE PISTE



PROFIL EN TRAVERS TYPE EN DEBLAIS DE LA PISTE 08/26



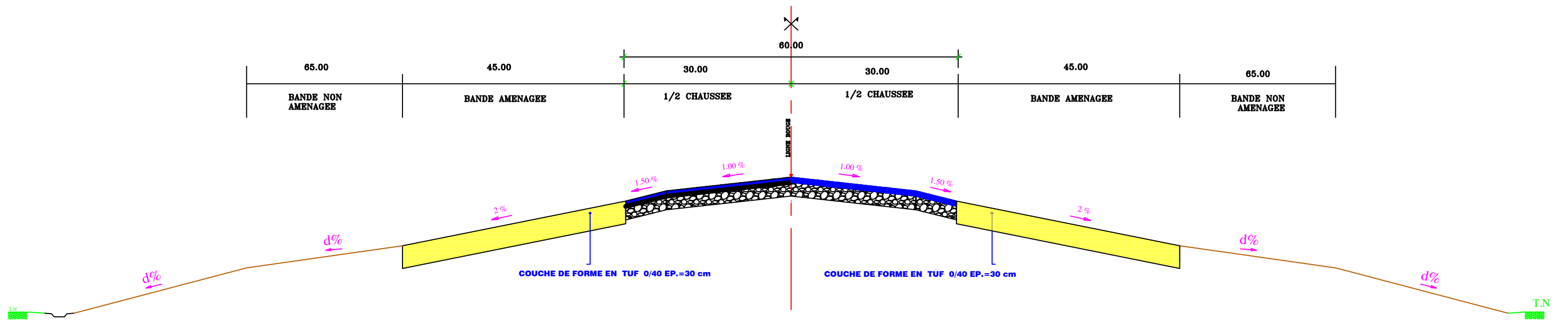
PROFIL EN TRAVERS TYPE MIXTE DE LA PISTE 08/26



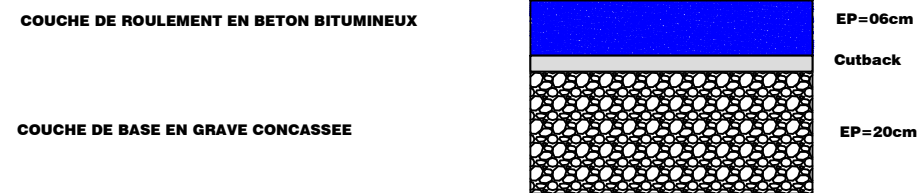
**PROFIL EN TRAVERS TYPE DU POR DU SEUIL 08
DU PK 3+300 AU PK 3+400**



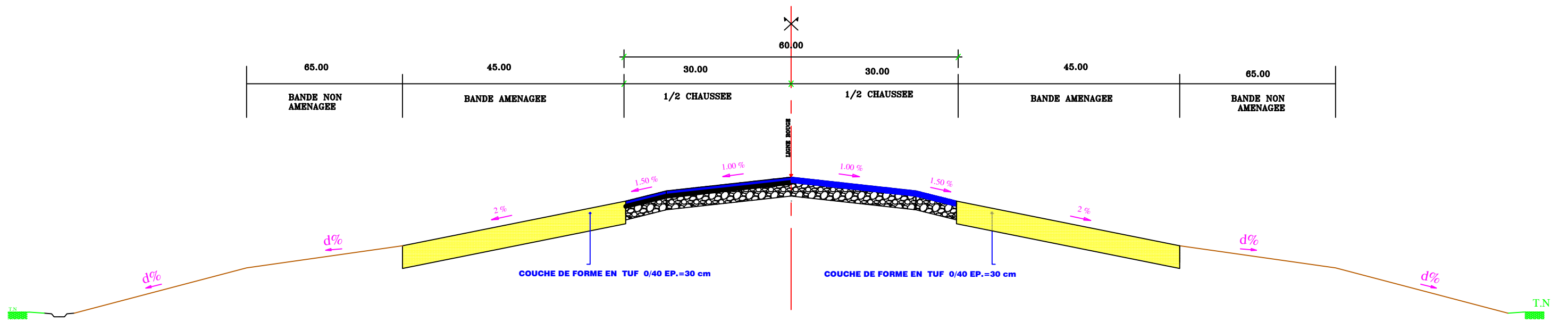
PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PA DU SEUIL 08 DU PK 3+300 AU PK 3+400



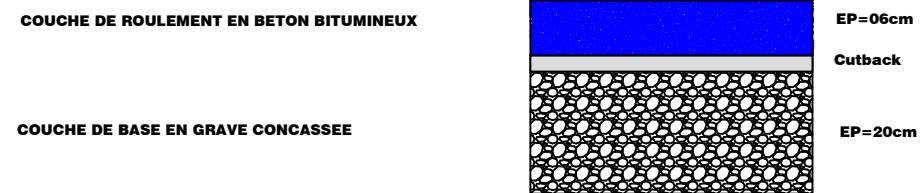
Détails de structure de chaussée du POR



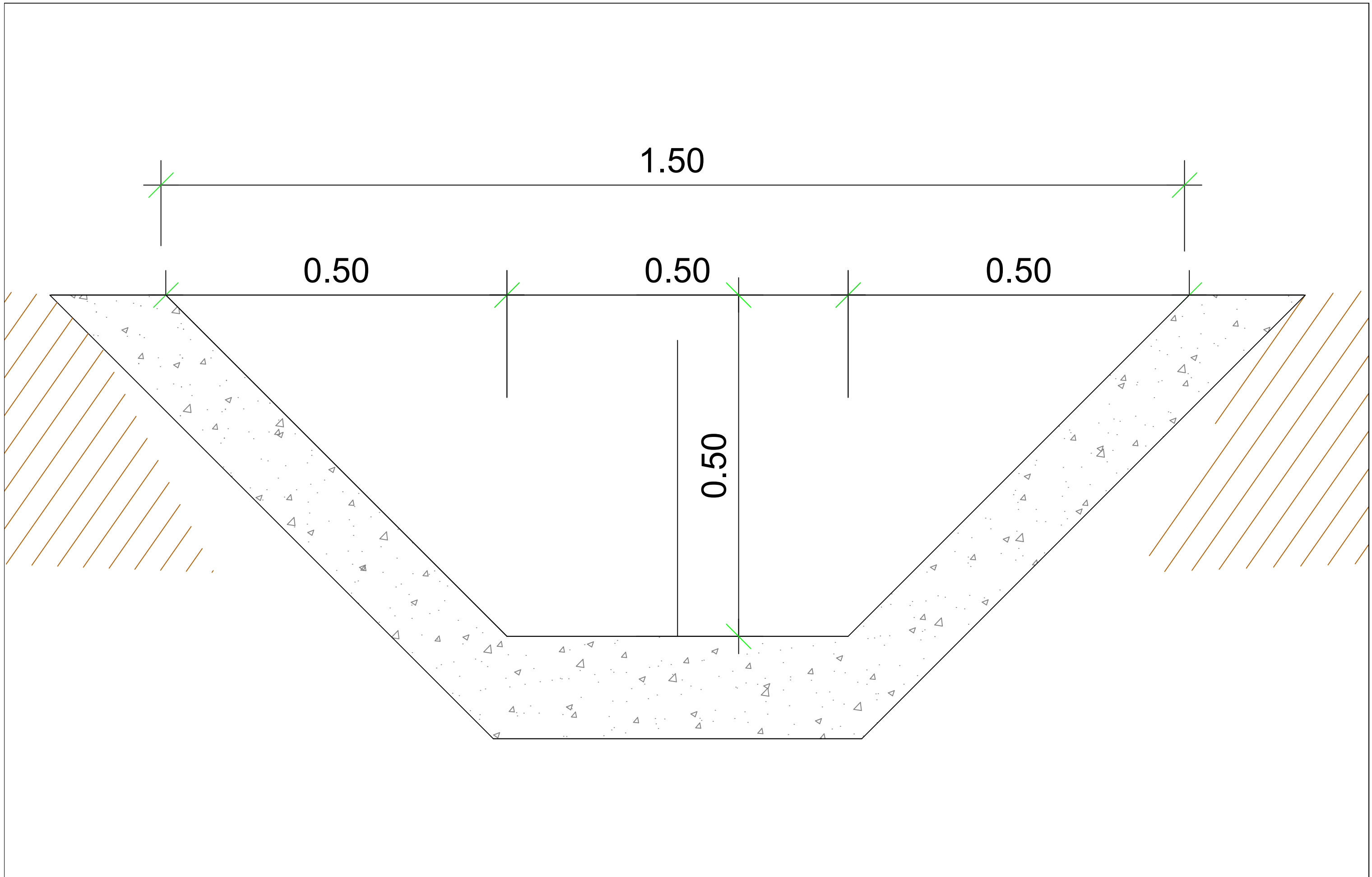
PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PA DU SEUIL 26 DU PK 0+00 AU PK 0+100



Détails de structure de chaussée du POR



FOSSE



Adresse: Rue Sidi Garidi b.p.32 Vieux Kouba-16051.Alger
 Fax:(023) 70 19 38 Site web: www.enstp.edu.dz
 Tel:(023) 70 19 04 E-mail: enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadreur	Echelle	N° planche	Année universitaire
Etude de création d'un nouvel aéroport au niveau d'In Guezzam	TOUNSI Nacim CHOUJHA Chaima	Mr.Hales	1:5	16	2022-2023