

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Saad Dahleb Blida -01-

Institut D'Aéronautique Et Etudes Spatiales



MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Exploitation Aéronautique

Thème :

**ETUDE DE LA REALISATION DE LA NOUVELLE TOUR
DE CONTRÔLE D'IN GUEZZAM ET LA CONCEPTION
DE LA PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS
«VOR RWY 08 CAT A/B».**

Présenté par :

M^r. BELAYACHI Abdennour.

M^{lle}. HADJ SAID Meroua.

Encadré par :

M^{me}. DRARNI Fatima.

M^r. REZAGUI Walid.

Septembre 2024

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تنفيذ برج مراقبة جديد يخدم المدرج الجديد في مطار عين قزام المعد لاستقبال الطائرات الكبيرة، بالإضافة إلى تصميم إجراء اقتراب مؤقت بأجهزة RWY 08 Cat A/B للمدرج القديم، بعد إزاحة جهاز تحديد المدى البعيد (VOR) الناجم عن أعمال البناء في المدرج الجديد .

تم تطوير إجراء RWY 08 VOR يدوياً (باستخدام الحسابات والرسومات). ثم تم تمثيله باستخدام برنامج Autocad 2018 .

ABSTRACT

The aim of this work is to study the implementation of a new control tower serving the new runway at In Guezzam aerodrome for the reception of wide-body aircraft, as well as the design of an instrument approach procedure RWY 08 for the old runway, after the relocation of the VOR caused by the construction work.

The VOR procedure was developed manually (using calculations and drawings). It was subsequently represented using Autocad 2018 software.

Keywords: Control tower layout standards, instrument approach procedure, VOR, holding, basic turn, DATG, Autocad 2018.

RÉSUMÉ

Ce travail a pour but, l'étude d'implantation d'une nouvelle tour de contrôle desservant la nouvelle piste de l'aérodrome d'In Guezzam pour La réception des avions gros porteurs, ainsi que la conception d'une procédure provisoire d'approche aux instruments RWY 08 Cat A/B pour l'ancienne piste, et ce après le déplacement du VOR causé par les travaux de construction de la nouvelle piste.

La procédure VOR RWY 08 a été élaborée de manière manuelle (des calculs et des dessins). Par la suite, elle a été représentée en utilisant le logiciel Autocad 2018.

Mots clés : Normes d'implantation des tours de contrôle, Procédure d'approche aux instruments, VOR, Attente, virage de base, DATG, Autocad 2018.

REMERCIEMENT

Louange à ALLAH le tout puissant qui nous a guidés pour l'accomplissement de ce travail, en nous donnant la santé, la force, le courage et le soutien moral.

*Nous adressons toute notre gratitude à notre promotrice **Mme Drarni Fatima** qui n'a hésité à aucun moment de nous prendre sous sa coupe, pour diriger notre travail de recherche avec son expérience, ses conseils et surtout sa méthodologie.*

*Nous voudrions aussi remercier plus particulièrement notre Encadreur Monsieur « **REZAGUI WALID** » chef service de 'contrôle et coordination' au niveau de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne pour sa patience, son expérience, son professionnalisme, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion, durant notre stage pratique au sein de **L'ENNA** ce qui nous a permis d'aborder aisément le sujet qu'il nous a proposé.*

*Un grand merci pour : **M^r Lefkir Fatah** chef service des études et contrôles au niveau de la direction logistique E.N.N.A, **M^{me} Moulay Fatima zahra** architecte de profession, et **M^r Belayachi Mohammed**, pour ses disponibilités et ses précieux conseils.*

Enfin ; nos remerciements vont à tous nos professeurs, assistants et personnels de notre institut pour leur aide, leurs contributions et leurs compétences sans oublier tous nos amis et ceux qui ont participé à ce modeste travail de près ou de loin.

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A ma femme et mes chères filles adorées, mon soutien moral et source de joie et de bonheur.

A mon frère Mohamed Larbi, et mes sœurs.

A ma belle-famille.

A ma binôme Mlle Hadj Said Maroua

A Benrabah Bilal et sa petite famille.

A Bamoune Touati Lamine et sa petite famille

A Kdaimia Abdelghani, Dormane Mohamed Salih, et Guechoud Youcef,.

Enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

M^r BELAYACHI ABDENNOUR

DÉDICACE :

Je dédie ce travail à ma mère BELKHEIR fatima qui m'a toujours encouragé et soutenu dans les moments difficiles. Que ce mémoire soit un témoignage de ma reconnaissance.

À mon père HADJ SAID Benameur

Pour ton amour inconditionnel, ta sagesse et ton soutien indéfectible tout au long de mon parcours. Tu as toujours cru en moi et m'as encouragé à poursuivre mes rêves, même dans les moments les plus difficiles. Cette réussite est aussi la tienne. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi.

À mes frères Abdelmalek, Mohamed et Abdellah et à ma sœur Hidayet et à mon beau frère Boudiaf Salim

Pour Votre amour et votre confiance en moi ont été des sources d'inspiration. Merci d'être toujours là.

À ma grand-mère, BERAHMI kheira

Bien que tu ne sois plus parmi nous, ta sagesse, ton amour et tes encouragements continuent de m'inspirer chaque jour. Cette réussite est dédiée à ta mémoire, car tu as toujours cru en moi. Je t'aime et tu me manques énormément.

À mes grands-pères, HADJ SAID Kacem et BELKHEIR Abdelkader et à ma grand-mère , REZZOUG Yamina.

À toute ma grande famille, HADJ SAID et BELKHEIR .

À mon binôme, BELYACHI Abdenour

Merci pour ta collaboration, ton soutien et toutes les moments partagés durant ce projet. C'était un plaisir de travailler ensemble et d'atteindre cet objectif.

À ma deuxième sœur ,KARKACHE Narimene

Merci d'être toujours à mes côtés. Ta présence a rendu ces années difficiles plus faciles. J'ai de la chance d'avoir une amie comme toi.

À ma chérie, AISOUG Asma

Pour ton amour, ton soutien inconditionnel et ta capacité à illuminer chaque jour de ma vie. Merci d'avoir partagé cette aventure avec moi. Je t'aime

À mes copines , FARES Fida ,HAILI Sara, ZEKRI Fereil , MORDI Zeyneb , BENDAOUD Asma , KHELLILI Lydia, BENACHOUR Hiba , Yousra et à mon ami d'enfance et mon frère KHELIFA Yacine.

Merci pour votre soutien, vos rires et les moments inoubliables partagés tout au long de ce parcours. Vous avez rendu cette aventure encore plus spéciale. Je suis chanceuse de vous avoir dans ma vie.

M^{lle} HADJ SAID MEROUA

TABLE DES MATIERES

Résumé	
Remercîment	
Dédicace	
Table des matières	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Abréviations	
Introduction générale	18
Chapitre 1 : Les normes d'implantation des tours de contrôle	20
1. Introduction :	21
2. Le contrôle aérien :	21
2.1. Les types du contrôle aérien :	21
3. Les tours de control :	22
3.1. Définition :	22
3.2. Les composantes d'une tour de contrôle :	22
3.3. Conception architecturale :	25
3.4. Fonctions des tours de contrôle d'aérodrome.....	25
3.5. Les normes d'implantation des tours de contrôle :	26
4. Conclusion :	37
Chapitre 2 : Généralités sur la conception des procédures d'approche aux instruments	38
1. Introduction :	39
2. La procédure d'approche aux instruments :	39
2.1. Définition :	39
2.2. Les formes d'un segment :	40
2.3. Différentes phases d'une procédure d'approche classique :	41
2.4. L'attente :	44

2.5. Types d'entrées pour l'attente vertical installation VOR/NDB/LOC :...46	46
2.6. Construction des aires de protections pour une attente VOR :..... 47	47
2.7. Le segment d'approche initial : 51	51
2.8. Le segment d'approche intermédiaire :..... 58	58
2.9. Segment d'approche finale : 59	59
2.10. Le segment d'approche interrompue :..... 62	62
3. L'approche indirecte : Manoeuvre à vue : 67	67
3.1. Manoeuvre à vue libre (MVL) : 68	68
3.2. Manoeuvre à vue imposée (MVI) :..... 69	69
Chapitre 3 : Etude de l'existant et présentation du projet. 71	71
1. Introduction : 72	72
2. Présentation de l'aérodrome : 72	72
3. Caractéristiques physiques des infrastructures existantes :..... 73	73
3.1. La piste : 73	73
3.2. Voies (s) de circulation : 73	73
3.3. Aire de trafic : 73	73
3.4. Les obstacles autour de l'aérodrome :..... 74	74
3.5. La tour de contrôle :..... 76	76
3.6. Aides visuelles :..... 76	76
3.7. Moyens de radionavigation :..... 77	77
4. Statistique de Trafic aérien de l'aérodrome d'In Guezzam :..... 80	80
5. L'extension de la piste :..... 80	80
5.1. Les Contraintes : 81	81
6. La Réalisation de la nouvelle piste :..... 85	85
6.1. Le site choisi :..... 85	85
6.2. Orientation :..... 85	85
6.3. Avantages par rapport à l'extension : 86	86

6.4. Informations sur la nouvelle piste et ses dégagements :	87
6.5. Vérification de la visibilité de la nouvelle piste depuis l'ancienne tour de contrôle :	90
7. Déplacement du VOR IGZ :	91
8. Problématique :	92
9. Présentation du projet :	92
Chapitre 4 : Etude d'implantation de la nouvelle tour de contrôle d'In Guezzam	94
1. Introduction :	95
2. Méthode de calcul :	95
3. La détermination de la hauteur de la tour projetée :	95
4. Le choix du site de la nouvelle tour de contrôle :	96
5. Calcul de la hauteur H :	97
5.1. Etude de la visibilité par rapport au seuil 26 :	97
5.2. Etude de visibilité par rapport au seuil 08 :	98
5.3. Vérification de la visibilité par rapport aux profils des dénivelés du terrain :	98
5.4. Vérification de la hauteur par rapport aux servitudes aéronautiques :	102
5.5. Résultat final :	103
6. Raisons du choix du site :	103
7. Conclusion :	104
Chapitre 5 Conception de la procédure provisoire d'approche aux instruments VOR RWY 08 Cat A /B.....	105
1. Introduction :	106
2. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR RWY 08 :	106
2.1. L'arrivé :	106
2.2. Conclusion :	108

2.3. L'attente :.....	109
2.4. Le segment d'approche initial :	114
2.5. Segment d'approche final suite à une inversion :	120
2.6. Segment d'approche interrompue :.....	121
2.7. Manœuvre à vue :.....	126
2.8. Les minima opérationnels d'aérodrome (MOA):	128
2.9. La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR RWY 08 :.....	130
3. La conception de la procédure d'approche VOR RWY 08 Cat A/B par Autocad :.....	132
3.1. Introduction :.....	132
3.2. La préparation du dessin :	132
3.3. La carte d'approche aux instruments élaborée par Autocad.....	141
4. Conclusion :	142
Conclusion et perspectives.....	143
Annexes	
Bibliographie	

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Ancienne vigie, couronnement d'un immeuble.....	23
Figure 1.2 : Couronnement d'une tour.	23
Figure 1.3 : Les vigies reposant sur un ou plusieurs fûts non habités.	23
Figure 1.4 : Les composantes d'une tour de contrôle.	24
Figure 1.5 : Reflet de l'architecture locale - SANAA (YÉMEN).....	25
Figure 1.6 : Les zones à voir.	28
Figure 1.7 : Règle Du 1 %.	30
Figure 1.8 : Front des installations.	31
Figure 1.9 : Vue en perspective du plan de servitudes aéronautiques de dégagement.	34
Figure 1.10 : Coupe transversale du plan de servitudes aéronautiques de dégagement.	34
Figure 2.1 : Segments d'approche classique	41
Figure 2.2:Altitude minimal de secteur	42
Figure 2.3 : Orientation des secteurs	44
Figure 2.4 : circuit d'attente	44
Figure 2.5 : Attente verticale installation selon type d'éloignement	45
Figure 2.6:Attentes verticale installation selon types d'éloignement par rapport à un autre moyen	45
Figure 2.7: Attente verticale intersection	46
Figure 2.8: Types d'entrées	47
Figure 2.9: Aire de protection d'attente	47
Figure 2.10: L'influence de l'altitude max sur l'aire de protection d'attente.....	48
Figure 2.11: Gabarit d'attente	49
Figure 2.12: Aire de base avec aires d'entrées omnidirectionnelles	50
Figure 2.13: Réduction de l'aire d'attente	51
Figure 2.14: Segment d'approche initial	52
Figure 2.15: Virage de base	53
Figure 2.16: Entrée en virage de base	54

Figure 2.17:Virage conventionnel	55
Figure 2.18: Procédure en hippodrome	56
Figure 2.19: Aire de protection segment initiale	57
Figure 2.20: Aire de protection segment curviligne	57
Figure 2.21: Segment d'approche intermédiaire	58
Figure 2.22: segment final.....	59
Figure 2.23: Aire de protection d'approche finale avec FAF	60
Figure 2.24: Aire de protection d'approche finale suite de l'inversion sans FAF	61
Figure 2.25: Aire de protection d'approche finale en hippodrome sana FAF ...	61
Figure 2.26: Segment d'approche interrompue	62
Figure 2.27: Approche interrompue avec virage	63
Figure 2.28: MFO approche interrompue	65
Figure 2.29: Emplacement du point SOC	65
Figure 2.30: position du MAPT	67
Figure 2.31: Protection de la MVL pour les deux pistes	68
Figure 2.33: Protection pour toutes les pistes	69
Figure 2.34:Aire de protection de MVI	70
Figure 3.1: Situation géographique de l'aéroport d'In Guezzam.	72
Figure 3.2: Infrastructures existantes	75
Figure 3.3: Position de la tour par rapport au parking avions.....	76
Figure 3.4: Emplacement VOR et NDB.....	77
Figure 3.5: Ancienne carte d'approche aux instruments VOR RWY 08 Cat A/B	78
Figure 3.6: Nouvelle carte d'approche aux instruments NDB RWY 08 Cat A/B.	79
Figure 3.7: Vue de t'étendu des inondations.....	82
Figure 3.8: Trouée du seuil 26 - Coté ville (vue de l'Ouest vers l'Est.....	82
Figure 3.9: La dénivelée importante du terrain naturel coté seuil 08.....	83
Figure 3.10: Distance de la digue de protection contre les inondations à la piste actuelle.....	83
Figure 3.11: Point de stagnation d'eau derrière la digue de protection contre les inondations.....	84
Figure 3.12: Le site proposé par rapport à l'actuel.....	85

Figure 3.13: Image satellitaire de la nouvelle piste.	86
Figure 3.14: Plan de réalisation de la nouvelle piste et ses annexes réalisé par Autocad.	88
Figure 3.15: Visibilité et dénivelée de terrain de l'ancienne tour par rapport à la nouvelle piste.	90
Figure 3.16: Image satellitaire montrant le déplacement du VOR IGZ	92
Figure 4.1: Coordonnées et altitudes des seuils de piste.	96
Figure 4.2: Données du site choisi.	96
Figure 4.3 : Le site choisi.	97
Figure 4.4: Profil de dénivelé entre la tour et le seuil 26.	98
Figure 4.5: Vérification de la visibilité TWR/THR 26.....	99
Figure 4.6: La bosse au niveau du THR 26.....	100
Figure 4.7: Profil de dénivelé entre la tour et le seuil 08.	100
Figure 4.8: Vérification du H TWR/THR 08	101
Figure 4.9: La hauteur de la tour par rapport à la surface horizontale intérieure.	103
Figure 5.1: Les secteurs et leurs MSA correspondantes.....	108
Figure 5.2: Gabarit de circuit d'attente	111
Figure 5.3 : Aire de base et aire d'entrée.	112
Figure 5.4: Aire de protection d'attente	113
Figure 5.5: Altitude minimale d'attente.	113
Figure 5.6: Aire de protection du virage de base.....	115
Figure 5.7: Vue de profil du virage de base	116
Figure 5.8: Scénario 1	117
Figure 5.9: Scénario 2.....	118
Figure 5.10: Scénario 3.....	119
Figure 5.11: Segment final	120
Figure 5.12: segment d'approche interrompue	124
Figure 5.13: Manoeuvre à vue libre (MVL).....	127
Figure 5.14: Carte de procédure d'approche aux instruments VOR RWY 08 Cat A/B.	131
Figure 5.15: Définition de l'unité de dessin.....	132
Figure 5.16: CHARGEMENT de la carte topographique sur Autocad	133
Figure 5.17: Le VOR et la piste.	133

Figure 5.18: Les secteurs et leurs MSA correspondantes.....	134
Figure 5.19: Le gabarit d'attente.	134
Figure 5.20: L'aire de base et l'aire d'entrée.	135
Figure 5.21:Aire de protection d'attente.	136
Figure 5.22: Aire de protection du virage de base.Le segment d'approche finale :	136
Figure 5.23: Le segment d'approche finale	137
Figure 5.24. Segment d'approche interrompue	137
Figure 5.25: Scénario 1.....	138
Figure 5.26: Scénario 2.....	139
Figure 5.27: Scénario 3.....	139
Figure 5.28: Manoeuvre à vue libre.....	140

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Illustration des distances du front d'installations.....	32
Tableau 2.1 : La MFO en fonction de l'altitude.....	43
Tableau 3.1:Caractéristiques physiques de la piste.	73
Tableau 3.2: Distances déclarées. [.....	73
Tableau 3.3: Les obstacles artificiels à proximité de la l'aérodrome d'In Guezzam.	74
Tableau 3.4 : Evolution annuelle du trafic de l'aérodrome d'In Guezzam par type et nature de trafic	80
Tableau 3.5 : Evolution annuelle du trafic de l'aérodrome d'In Guezzam (répartition par IFR et VFR)	80
Tableau 3.6: Information sur la nouvelle piste.....	87
Tableau 3.7: Distances déclarées.	88
Tableau 3.8: Surfaces aéronautiques de dégagement.....	88
Tableau 5.1: Définition des MFOs.....	107
Tableau 5.2: Les paramètres d'attente.....	109
Tableau 5.3 : Les paramètres d'attente.....	110
Tableau 5.4 : Les calculs liés à la construction du gabarit.	110
Tableau 5.5 : Les données du virage de base	114
Tableau 5.6 : Calculs associé à l'élaboration du virage de base.....	114
Tableau 5.7. Calculs des MVL pour les catégories des aéronefs de cat B	127
Tableau 5.8: détermination de l'altitude/hauteur minimale de sécurité pour la MVL.....	127
Tableau 5.9 : les valeurs de la MDH	128
Tableau 5.10: Tableau C.....	129
Tableau 5.11: Tableau D.....	129
Tableau 5.12: Tableau E.....	130
Tableau 5.13: Les minimums opérationnels d'aérodrome RWY 08 cat A/B ...	130

ABRÉVIATION

A

AD : Aérodrome.

AIP : Aeronautical Information Publication (Publication d'information aéronautique).

ALT: Altitude.

API : Approche Interrompue.

APV : Approaches with Vertical Guidance.

C

CCR : Centre de Contrôle Régional

CAT: Catégorie.

D

DOC : Document.

DME : Distance Measuring Equipment (Dispositif de mesure de distance).

E

EDF : Réseau De Distribution électrique

F

FAF: Final Approach Fix (Repère d'approche finale).

FT : Feet (pied).

H

H : Hauteur.

I

IAC : Instrument Approach Chart (Carte d'approche et d'atterrissage aux instruments).

IAF : Initial Approach Fix (Repère d'approche initiale).

IF : Intermédiaire Approach Fix (Repère d'approche intermédiaire).

IFR : Instrument Flight Rules (Règles de vol aux instruments).

IGZ : In Guezzam.

ILS : Instrument Landing System (Système d'atterrissage aux instruments).

LOC : localizer.

M

MAPt: Missed Approach Point (Point d'approche interrompue).

MDA/H : Minimum descent altitude/ Height (Altitude / Hauteur minimale de descente).

MFO : Marge minimale de franchissement d'obstacle.

MOA : Minimum Opérationnel d'Aérodrome.

MOCA/H:Minimum obstacle clearance altitude/ Height (Altitude / Hauteur minimale de franchissement d'obstacles).

MSA : Minimum sector altitude (Altitude Minimale de secteur).

MSL : Mean sea level (Niveau moyen de la mer).

MVI : Manœuvre à Vue Imposée.

MVL : Manœuvre à Vue Libre.

MLS: Microwave landing system (Système d'atterrissage hyperfréquence).

N

NDB : Non-Directionnel radio Beacon (Radiophare non directionnel).

O

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

OBS : Obstacle.

OCA/H : Obstacle Clearance Altitude / Height (Altitude / Hauteur de franchissement d'obstacle).

P

PBN : Performance-based navigation.

PA : Precision Approach (Approche de Précision).

PANS-OPS : Procedures For Air Navigation Services – Aircraft Operations

(Procédures pour les services de la navigation aérienne – Opérations aériennes).

Q

QNH : Calage altimétrique requis pour lire une fois au sol l'altitude de l'aérodrome.

QFU : Magnetic orientation of runway (orientation magnétique de la piste).

R

RWY: Runway (piste).

RDL: Radial.

RNAV : Area navigation.

S

SOC : Start Of Climb (Début de la montée).

STAR : Standard Instrument Arrival (Arrivée normalisée aux instruments).

SSLIA : SERVICE DE SAUVETAGE ET DE LUTTE CONTRE LES INCENDIES.

T

THR : Threshold (Seuil).

TNA/H : Altitude/Hauteur de virage.

TP: Turning Point (Point tournant).

TWR : Aérodrome Control Tower (Tour de contrôle d'aérodrome).

TWY : Taxiway (voie de circulation).

V

VFR : Visual flight rules.

VIS : Visibilité.

VOR : VHF Omnidirectionnel radio Range (Radiophare omnidirectionnel VHF).

VRD : Voiries Et Réseaux Divers .

Z

Zp max: ALT Pression maximal.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La ville d'In Guezzam se situe dans l'extrême Sud de l'Algérie. Traversé par la route de l'unité africaine, couplée d'un câble de fibre optique, ainsi que par le gazoduc transsaharien TSGP (Trans-Saharan Gas-Pipeline) reliant le Nigeria à l'Algérie, via le Niger, fait d'elle une région stratégique du sud servant de carrefour africain, social, commercial, touristique...etc.

L'extension de la piste existante d'In Guezzam demeure impossible, vu les contraintes existantes telle que le risque d'inondations, l'extension impossible du côté du seuil 26, La dénivelée coté seuil 08, La digue de protection contre les inondations, et d'autre part la difficulté de contrôler le trafic aérien par les services concernés depuis la tour existante, ce qui mène forcément à la réalisation d'une nouvelle piste et une nouvelle tour de contrôle desservant cette dernière, basée sur des normes bien spécifiques et censée être loin des contraintes qui peuvent altérer la sécurité des vols.

Le site choisi pour réaliser la nouvelle piste, se situe à proximité de l'ancienne piste dans une assiette optimale et à l'abris des inondations selon les études du génie civil. Cette nouvelle piste partage le même axe avec l'ancienne.

Les travaux de nivellement et de construction ont mis le VOR IGZ qui se trouve exactement dans l'axe de piste et plus précisément dans le site choisi pour réaliser la nouvelle piste en danger de destruction, ce qui force le déplacement de ce dernier et donc rend l'ancienne piste inexploitable pour des approches aux instruments.

A cet effet, la conception d'une nouvelle procédure VOR pour assurer l'exploitation provisoire - en attendant l'achèvement des travaux sur le nouvel aéroport - de l'ancienne piste est obligatoire. Notre deuxième tâche dans ce travail est d'élaborer une nouvelle procédure d'approche aux instruments basé sur le VOR IGZ dans son nouvel emplacement, mais le problème des frontières algéro-nigériens a présenté une grande contrainte pour aligner l'aire de

protection d'attente, afin d'éviter toute éventuelle violation intentionnée par les avions Algériens des airs nigérien en voulant atterrir sur l'aérodrome d'In Guezzam.

La partie dominante de ce travail a été réalisée sous par un stage pratique de trois mois, effectué au sein de l'ENNA, au département de circulation aérienne, service de contrôle et coordination, ainsi qu'un passage par le service d'étude et développement, chargé de la conception des procédures de vols et de l'espace aérien.

Pour faire cela, le mémoire est organisé en cinq chapitres, commençant par une introduction générale, suivie par le premier chapitre présentant des généralités sur les aérodromes et les normes d'implantation des tours de contrôle. Le deuxième chapitre présente des généralités sur la conception des procédures d' approches aux instruments. Le troisième chapitre expose l'état actuel de l'aérodrome existant, énonce la problématique, et enfin l'explique à quoi s'agit le projet. Le quatrième chapitre s'intitule étude de l'implantation de la nouvelle tour contrôle. Et en fin le dernier chapitre est consacré à l'élaboration de la procédure d'approche aux instruments VOR RWY 08 Cat A/B. Nous terminons enfin par une conclusion et des perspectives de l'étude.

Chapitre 1

Les normes d'implantation des tours de contrôle

1. Introduction :

Ce chapitre est consacré aux tours de control en tenant compte de leur constitution, fonction, conception architecturale, et le plus important, c'est l'étude détaillée des normes d'implantation en concentrant sur les critères et les contraintes

2. Le contrôle aérien :

En vol, le pilote applique soit les règles de vol à vue VFR soit les règles de vol aux instruments IFR. Le vol est dit à vue s'il s'accomplit dans des conditions telles que le pilote peut se garantir lui-même contre les risques de collision avec d'autres aéronefs ou des obstacles éventuels. Sinon, il est dit aux instruments, et dans ce cas le pilote est secondé par les équipements radioélectriques de l'aéronef et des installations au sol.

2.1. Les types du contrôle aérien :

2.1.1. Le contrôle régional :

Il assure la gestion du trafic des avions en croisière à l'intérieure du « couloir » de l'espace aérien. Il est effectué :

- Soit par un centre de contrôle régional **CCR**.
- Soit par l'organisme assurant le service du contrôle d'approche, mais alors dans un espace aérien contrôlé d'étendue limitée ; Le contrôle régional ne concerne pas directement la tour de contrôle.

2.1.2. Le contrôle d'approche :

Il prend en charge, dans les phases d'arrivées et de départs des aéronefs et pour tous les aérodromes qui lui sont rattachés, la gestion du trafic en continuité avec le contrôle régional. Il est réalisé :

- Soit par un centre de contrôle d'approche.
- Soit par un centre de contrôle régional, lorsque celui-ci assure le contrôle d'approche dans tout ou une partie d'une région de contrôle.
- Soit par une tour de contrôle lorsqu'elle assure l'approche dans une zone de contrôle ou dans tout ou partie d'une région terminale.

2.1.3. Le contrôle d'aérodrome :

Il assure la transition, au décollage et à l'atterrissage, avec le contrôle d'approche et gère l'utilisation de la piste (contrôle local) et des déplacements sur la plateforme (contrôle au sol) par la tour de contrôle proprement dite. Le rôle essentiel du contrôleur est de prévenir les abordages entre aéronefs ainsi que les collisions au sol. Parmi les 3 principaux types de contrôles (régional, d'approche et d'aérodrome) **seul le contrôle d'aérodrome** ne peut être exercé qu'en vigie. Néanmoins, les contrôleurs de vigie peuvent également exercer le contrôle d'approche.[1]

3. Les tours de control :

3.1. Définition :

Les tours de contrôle sont des bâtiments très particuliers où les contrôleurs effectuent la surveillance à vue et sur écran des aéronefs évoluant sur la plateforme aéroportuaire ou à proximité. Pour être fonctionnelles, les tours de contrôle (ensemble : fût+ vigie) doivent répondre à des exigences techniques spécifiques ; celles-ci doivent être portées à la connaissance des intervenants durant l'élaboration du programme pour être prises en compte par les maîtres d'œuvre dès l'esquisse.[1][2]

La présence de la tour de contrôle a aussi une fonction symbolique : elle rassure l'utilisateur qui a devant ses yeux le lien entre l'avion et le sol. Elle est à la fois un « centre névralgique » et l'« œil » de l'aéroport. Son image est également représentative du progrès technique qui a permis la conquête du ciel.

3.2. Les composantes d'une tour de contrôle :

3.2.1. La vigie :

Le local dans lequel se trouve l'agent chargé du contrôle d'aérodrome. L'agent pourra n'effectuer que l'information de vol ou même simplement diffuser les paramètres météorologiques. Par commodité, on le désignera sous le nom de contrôleur.

Il existe trois grandes familles de vigies :

- les vigies intégrées à un immeuble (bureaux, aérogare), comme si elles le couronnaient.

- les vigies servant de couronnement à une tour.
- les vigies reposant sur un ou plusieurs fûts non habités. [1]



Figure 1.1: Ancienne vigie, couronnement d'un immeuble.[1]



Figure 1.2 : Couronnement d'une tour. [1]



Figure 1.3 : Les vigies reposant sur un ou plusieurs fûts non habités. [1]

3.2.2. Le support

Est une construction, habitable ou non, au sommet de laquelle est placée la vigie. Lorsqu'il est indépendant on l'appelle le **Fût**. On a pris l'habitude d'appeler **Tour de contrôle** indifféremment l'ensemble constitué par le fût et la vigie, ou la vigie seule lorsque celle-ci est plus ou moins rattachée à son immeuble support.

3.2.3. Le Bloc technique :

Abrite les organismes qui assurent la circulation aérienne et l'assistance météorologique sur l'aérodrome, le contrôle de la circulation aérienne, la sécurité en vol et au sol, la maintenance des équipements de navigation aérienne...

Il peut également contenir les bureaux de divers organismes, entre autres le Service Local des Bases Aériennes, la Gendarmerie des Transports Aériens, le gestionnaire de l'aérodrome, d'autres services de l'Aviation Civile et de la Météorologie.[1]

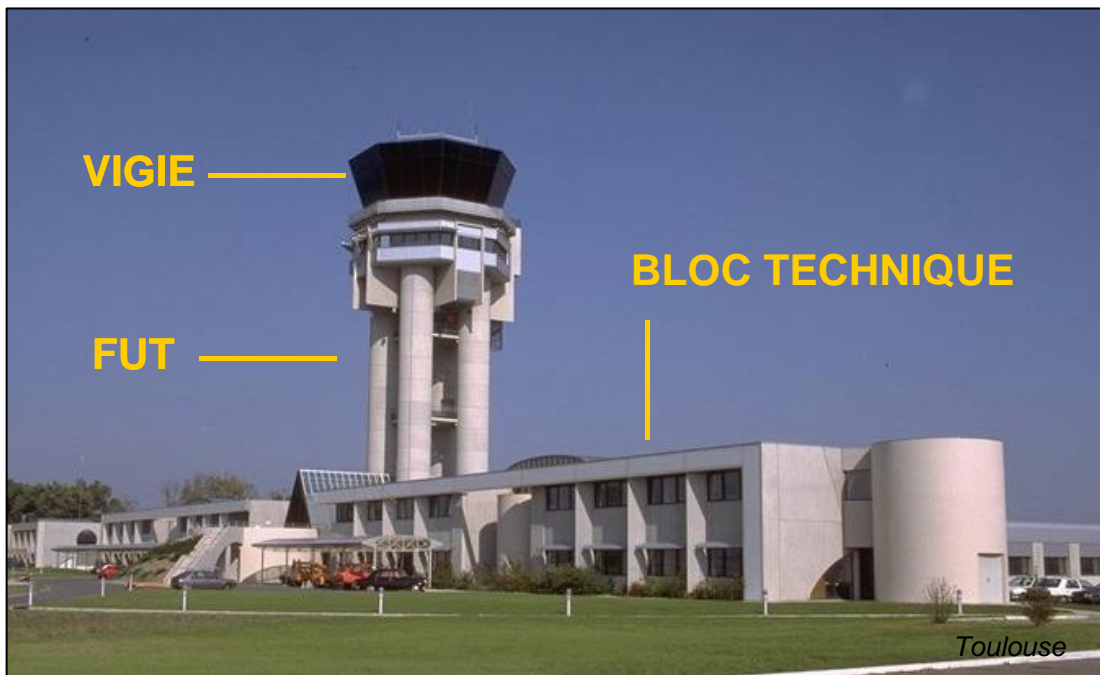


Figure 1.4 : Les composantes d'une tour de contrôle.[1]

3.3. Conception architecturale :

Une tour de contrôle doit être particulièrement bien traitée architecturalement, non seulement pour des exigences fonctionnelles, mais aussi pour son image. Ce traitement doit être en liaison avec celui des autres bâtiments existants et futurs de l'aéroport et en fonction de l'environnement et des particularités locales.



Figure 1.5 : Reflet de l'architecture locale - SANAA (YÉMEN).[1]

3.4. Fonctions des tours de contrôle d'aérodrome

Les tours de contrôle d'aérodrome transmettront des renseignements et des autorisations aux aéronefs placés sous leur contrôle dans le but d'assurer l'acheminement sûr, ordonné et rapide de la circulation aérienne sur l'aérodrome ou aux abords de celui-ci, afin de prévenir les collisions entre :

- a) Les aéronefs en vol dans la zone de responsabilité désignée de la tour de contrôle y compris les circuits d'aérodrome,
- b) Les aéronefs évoluant sur l'aire de manœuvre,
- c) Les aéronefs en train d'atterrir ou de décoller,
- d) Les aéronefs et les véhicules évoluant sur l'aire de manœuvre,
- e) Les aéronefs sur l'aire de manœuvre et les obstacles se trouvant sur cette aire.[3]

3.5. Les normes d'implantation des tours de contrôle :

La localisation d'une tour de contrôle s'inscrit dans des enjeux multiples :

- L'inscription dans l'aménagement aéroportuaire (plan de composition général, plan directeur d'aménagement, ...),
- Le respect des exigences de visibilité,
- Le respect des servitudes (autant que possible, car des modifications ou dérogations sont parfois nécessaires, à condition d'avoir vérifié leur compatibilité avec les exigences de sécurité et de fonctionnement radio-électrique),
- Un fonctionnement satisfaisant et un bon rapport qualité coût (voirie, réseau, fondations, ...).

Une analyse multi-critères est donc nécessaire pour choisir entre plusieurs solutions envisageables, mais celles-ci doivent impérativement offrir des implantations et hauteurs de tours de contrôle permettant de respecter les exigences de visibilité présentées ci-dessus.

3.5.1. Priorité à la vigie

Comme la vigie, le bloc technique abrite le personnel et le matériel nécessaires à son bon fonctionnement, ce qui induit entre ces deux entités des trajets fréquents que l'on doit rendre les plus directs et courts possibles. De plus, les liaisons filaires ne doivent pas être trop longues pour éviter des pertes de charge et des coûts trop importants. Aussi, le bloc technique et la vigie doivent-ils être proches l'un de l'autre. Leur implantation, commune sera bien sûr le résultat d'un compromis entre exigences et contraintes. Or, mis à part peut-être des problèmes de proximité (centrale électrique, VRD) et d'accès qui peuvent être compensés par des investissements, parfois coûteux, la localisation d'un bloc technique ne répond à aucune exigence précise et incontournable. C'est l'inverse pour la vigie qui doit donc déterminer l'emplacement de l'ensemble.[4]

3.5.2. Etude d'implantation et de hauteur :

Le choix du site d'implantation de la tour de contrôle sur une plate-forme aéroportuaire fait l'objet d'études spécifiques. Celles-ci ont pour but de dégager le meilleur compromis permettant à la fois le respect des règles de visibilité et une limitation de la hauteur de la tour qui influence directement son coût de réalisation. Deux règles de visibilité sont primordiales.[2]

- **Règle 1** : zones à voir :

Certains secteurs au sol et dans l'espace doivent être vus de manière impérative :

a) les approches finales.

b) les seuils de piste les seuils décalés éventuels et les extrémités de piste sur une longueur de 150 m de part et d'autre de ces points

c) les « fins de vent arrière » et les virages des circuits ordinairement suivis par les avions en vol évoluant à proximité de l'aérodrome (étape de base du tour de piste) l'altitude du tour de piste varie généralement entre 150 et 450 m au-dessus de celle de l'aérodrome la valeur de 350 m étant de manière générale un bon compromis.

d) les points d'attente * sur les voies de circulation et de là jusqu'au raccordement à la piste ainsi qu'une longueur de piste de 75 m de part et d'autre du point de raccordement des axes.

e) les croisements de voies de circulation ainsi qu'une longueur de 50 m de part et d'autre du point de contact de leurs axes.

f) l'aire à signaux.

g) l'aire au sol de parachutisme quand elle existe.

D'autres zones doivent être vues de manière optimale, sur lesquelles il peut y avoir quelques masques inévitables, mais aussi réduits que possible :

h) les aires à carburant.

i) les trouées d'atterrissage et de décollage.

- j) les circuits en vol (sauf cas c) du sol jusqu'à une altitude minimum comprise entre 150 et 450 m suivant l'aérodrome.
- k) la piste (sauf cas b et d).
- l) le plan vertical de l'axe de piste compris entre le sol et une altitude minimum de 200 m.
- m) les voies de circulation (sauf cas d et e),
- n) les aires de trafic avion.
- o) la zone SSLIA.

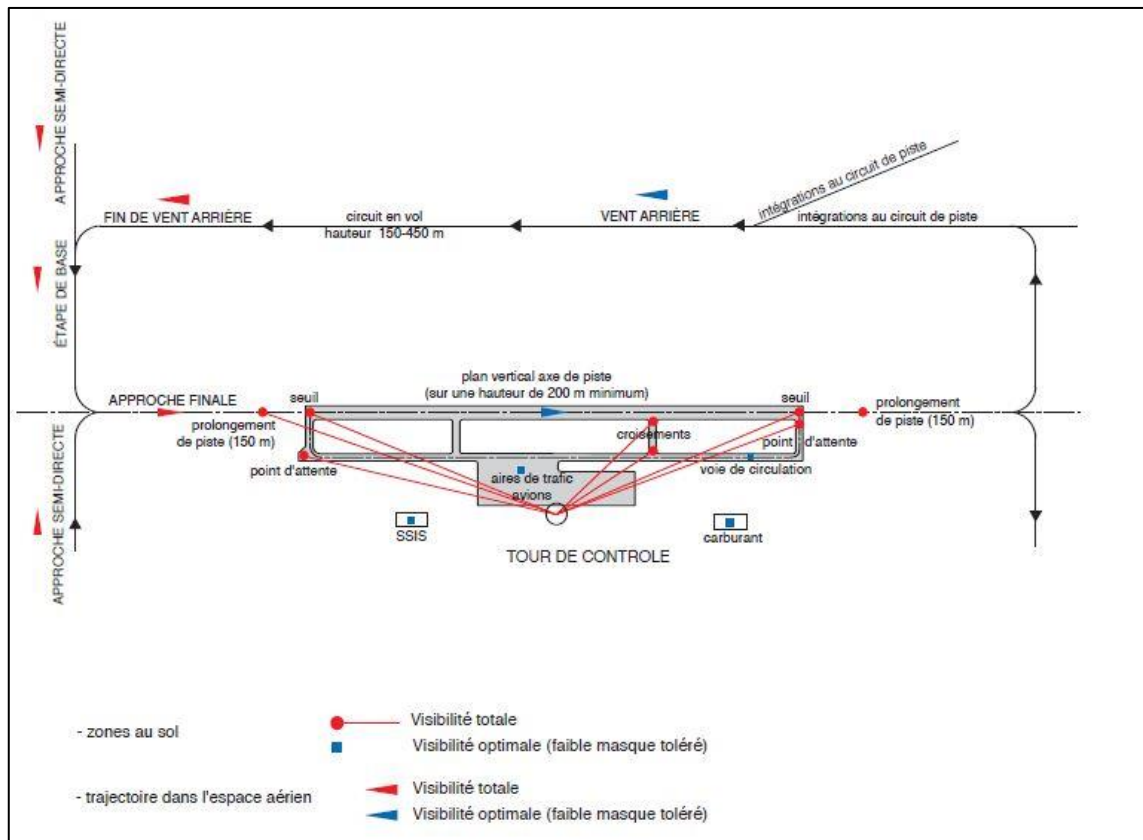


Figure 1.6 : Les zones à voir.[4]

Règle 2 : La visibilité :

Les exigences de visibilité font que l'étude de l'emplacement de la vigie va déterminer la hauteur des yeux du contrôleur. En effet, pour qu'une personne puisse discerner les positions relatives de deux objets au sol, il faut qu'elle soit située suffisamment haut.

Dans le cas contraire, la vue risque d'être trop tangente et être gênée soit par la topographie du terrain (qui, bien que plat, n'est jamais strictement horizontal) soit par des mirages ou des images troublées, conséquences de la piste chauffée par le soleil (souvent à plus de 60°C). Pour éviter de tels désagréments, il a été démontré expérimentalement qu'il convient de voir le sol sous un angle supérieur à 1%, la valeur minimale à ne jamais dépasser étant de 0,7%. Ces valeurs ne sont pas à prendre par rapport à l'horizontale mais bien par rapport à la tangente au sol.

Les points visés étant surtout situés sur la piste et les voies de circulation, il convient de faire intervenir les profils en long et en travers de ces chaussées. Si le profil en travers est en forme de toit ou monopente avec le point bas côté vigie, on ne tiendra compte que du profil en long et l'on calculera par rapport à l'axe de la chaussée. Si la piste monte, en s'éloignant de la vigie, on prendra l'angle de tangente 1% (ou 0,7%). Dans le cas où la piste descend on rajoutera la valeur de la pente à cet angle (ceci est une approximation ; la théorie voudrait que l'on passe par les arcs tangents). Le cas le plus défavorable est celui d'un profil en travers monopente avec un point haut côté vigie et une piste qui descend en s'éloignant de l'œil du contrôleur. Une méthode vectorielle permet alors de calculer l'angle qu'il faut ajouter aux exigences habituelles. Ces angles sont toujours petits, rarement plus de 2%, mais ils ont des conséquences très sensibles sur la hauteur de la vigie, la raison des distances d'observation très grandes (2-3 km). En règle générale, les points les plus contraignants sont les extrémités de piste ou les 150 m au-delà de ces points. Mais certaines parties, en creux, de la piste peuvent être encore plus défavorables, et doivent toujours être vérifiées.

Dans tous ces calculs on doit tenir compte également des différences d'altitude. Le respect de ces règles implique qu'à chaque emplacement envisagé pour la tour corresponde une hauteur minimum de l'œil du contrôleur. Cela n'est pas toujours suffisant, la vue à partir de la vigie doit également être dégagée des obstacles bâtis (hangars, bâtiments...) ou naturels (buttes, arbres...). Il faut également tenir compte, en particulier pour des tours de faible hauteur, de la végétation qui peut être gênante en certaines saisons, certaines céréales par exemple. Sur des aérodromes importants les obstacles bâtis existants ou futurs

sont souvent les plus pénalisants. On pourrait croire que pour tout emplacement, il suffit d'avoir une tour suffisamment haute pour que la visibilité soit bonne. Cela est faux. En effet, plus la vigie est haute, plus le contrôleur a du mal à voir vers le bas. Certaines zones importantes, parkings, voies de circulation, peuvent être cachées par les meubles de contrôle, les allèges ou les garde-corps de la vigie. Sauf cas spécifique, on peut considérer que tout secteur primordial au sol doit être vu sous un angle inférieur à 15° par rapport à l'horizontale. Il correspond à l'inclinaison principale de l'axe du regard.

Mais dès lors l'altitude de la vigie aura également ses limites et cela impliquera que n'importe quel emplacement ne peut être choisi. D'autre part, il existe des contraintes qui viennent limiter le choix.

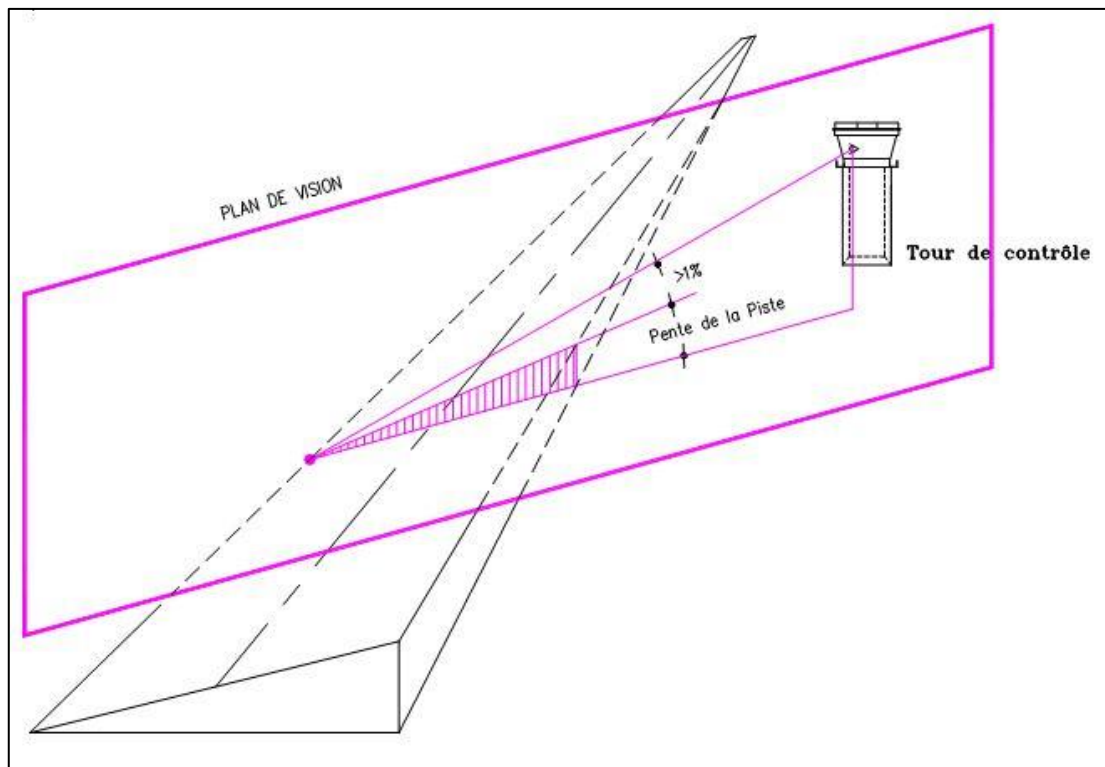


Figure 1.7 : Règle Du 1 %.[4]

3.5.3. Front des installations :

Une plate-forme aéroportuaire est en constante évolution. Il paraît alors judicieux d'établir une limite ultime entre l'aire de mouvements et une zone où seraient établies les principales installations en volume liées au trafic (aérogares, hangars...) de façon à permettre l'accès de l'aire de stationnement aux avions les plus contraignants envisagés à terme sur l'aérodrome. Cette frontière doit tenir

compte des dimensions des aéronefs et des espaces que requiert leur manœuvre au sol et en assurant des marges de sécurité entre l'extrémité d'aile des appareils et un obstacle fixe ou mobile éventuel, d'où la création de bandes de piste ou de voie de circulation. Cette ligne doit être inscrite dans les documents de planification à long terme (APPM*, PCG*). Elle y prend, en général, le nom de front des installations. Les contraintes à respecter et les dimensions des aéronefs critiques définissent une distance minimale entre le front des installations et l'axe de piste donnée et explicitée dans le tableau et le schéma ci-dessous. Pour les aérodromes importants, l'organisation générale des installations et des aires de stationnement dépend du concept retenu pour l'aérogare et conduit rarement à prévoir un front rectiligne. D'ailleurs, une étude spécifique s'impose presque toujours pour les classes A et B. [4]

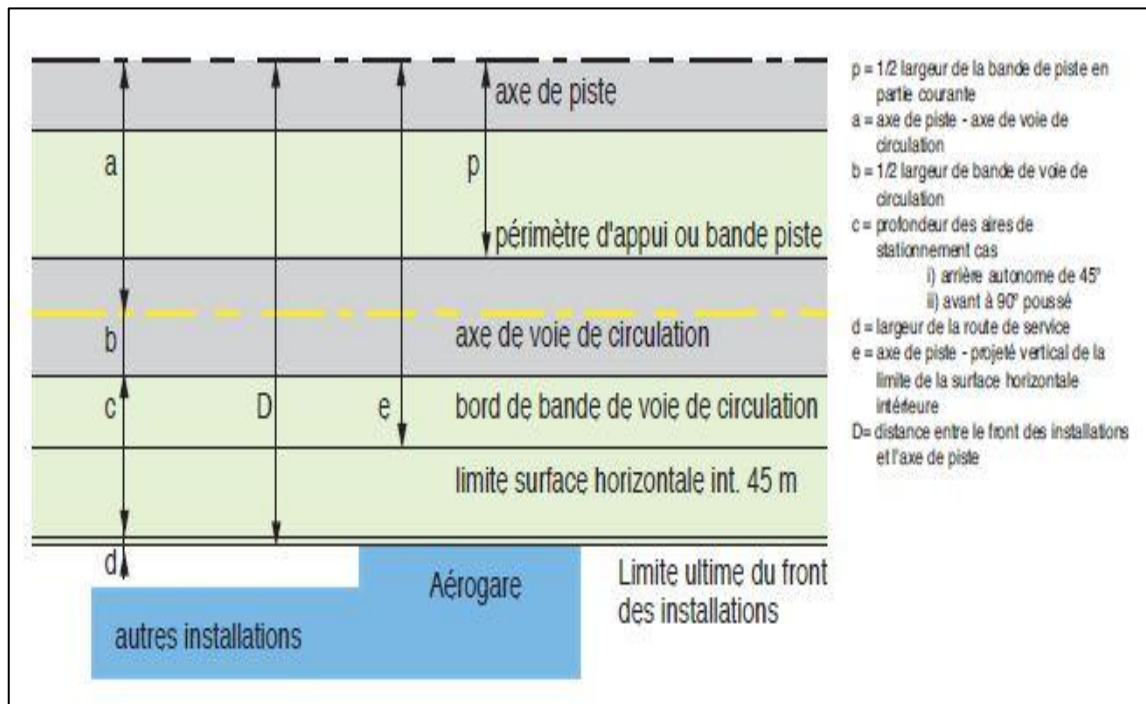


Figure 1.8 : Front des installations.[4]

Tableau 1.1 : Illustration des distances du front d'installations.[4]

Catégorie		A	B	C2	C1	D3	D2	D1
Distance(m)								
P		150	150	150	150	150	75	50
A (1)		180	180	170	160	90	90	60
B	i	55	42.5	30	20	20	30	15
	ii	50	40	25	17.5	17.5	25	12.5
c	i	73	64	47	30	25	35	-
	ii	81(2)	67	-	-	-	-	-
d		10	10	6	6	6	6	-
e		465	465	465	465	390	390	300
D mini recommandé		325(2)	300	270	215	140	160	125(3)

(1) Cette distance (a) est à majorer si l'on prévoit des voies de sortie rapide étude spécifique à faire dans chaque cas.

(2) Il est recommandé de réserver une profondeur c de 100 m et une distance d de 345 m pour tenir compte de l'éventualité d'avions plus encombrants que le B 747.

(3) Le minimum absolu est de 100 mètres.

i) cas général

ii) peut être réduit pour voies de desserte rectiligne à :

3.5.4. Les contraintes du choix d'emplacement de la tour de control :

Les contraintes interdisent parfois les localisations les plus satisfaisantes vis-à-vis des exigences de visibilité pour :

3.5.5. Respecter les servitudes aéronautiques de dégagement :

Elles sont définies par un plan de servitudes aéronautiques de dégagement. Elles résultent d'une estimation de ce qu'il faut écarter ou supprimer comme obstacles pour que les aéronefs puissent évoluer dans des conditions acceptables. Les dégagements aéronautiques sont différents selon le type de l'aérodrome et la nature de l'obstacle (massif, mince ou filiforme).

Lorsqu'un aérodrome présente naturellement des dégagements meilleurs que ceux résultant des normes, le plan de servitudes aéronautiques de dégagement peut comporter des dispositions particulières destinées à les sauvegarder. Inversement, des adaptations peuvent être apportées aux surfaces de dégagement de base, lorsque les obstacles existants aux abords d'un aérodrome en exploitation ne puissent être supprimés, ou que la disparité des lieux empêche d'implanter un aérodrome satisfaisant intégralement aux règles générales.

Le concepteur de la tour aura donc intérêt à se rapporter au plan de servitudes aéronautiques de l'aérodrome en question avant de déterminer de manière définitive la hauteur et l'emplacement de la tour de contrôle.

Dans le contexte des tours de contrôle, c'est surtout la largeur du périmètre d'appui qui comptera en fonction des catégories de pistes, comme suit :

Les surfaces de dégagement comprennent :

- la surface incluse à l'intérieur du périmètre d'appui.
- les trouées d'atterrissage ou de décollage.
- deux surfaces latérales.
- une surface conique (sauf pour les aérodromes de cat. E et certains de cat. D)

Les surfaces les plus pénalisantes pour la tour sont les surfaces latérales et la surface horizontale intérieure. [4]

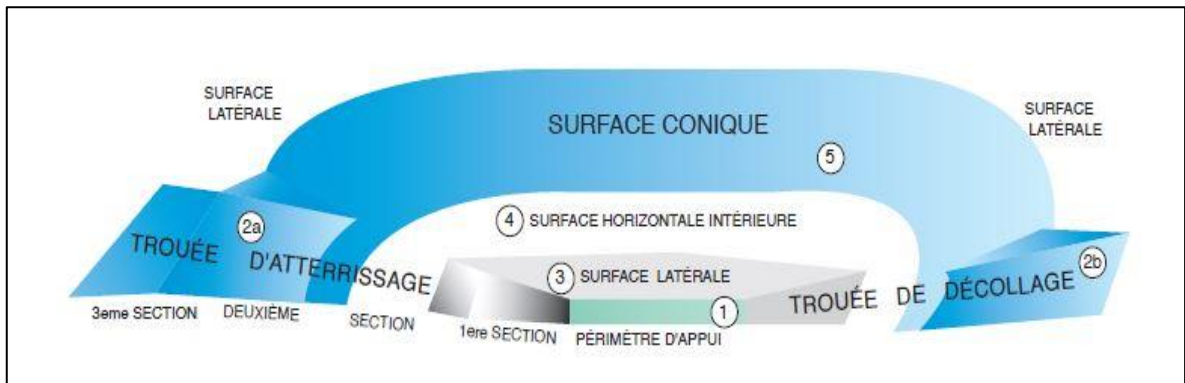


Figure 1.9 : Vue en perspective du plan de servitudes aéronautiques de dégagement.[4]

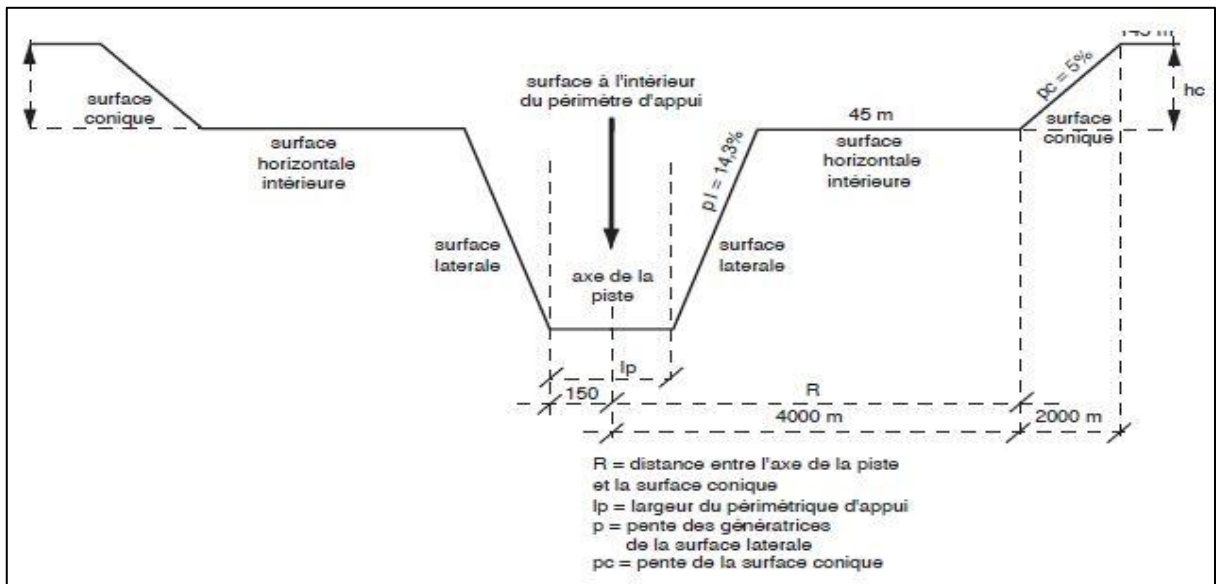


Figure 1.10 : Coupe transversale du plan de servitudes aéronautiques de dégagement.[4]

3.5.6. Respecter les servitudes radioélectriques :

Ces servitudes sont de deux sortes :

- Celles qui protègent les réceptions radioélectriques contre les perturbations électromagnétiques
- Celles qui protègent les télécommunications radioélectriques contre les obstacles.

Ces dernières imposent certaines contraintes pouvant influencer sur la position et la hauteur d'une tour. Elles interdisent l'édification des ouvrages ou réglementent leur hauteur dans des zones définies autour des centres radioélectriques.

Les obstacles susceptibles de perturber la propagation des ondes peuvent être des maisons, des immeubles, des ponts, des clôtures et a fortiori des tours.

Pour éviter que de tels obstacles puissent être construits, les plans de servitudes précisent des zones dans lesquelles il est interdit de créer des obstacles fixes ou mobiles dont la partie la plus haute excéderait la côte définie par ce plan.

3.5.7. Servitudes météorologiques :

D'autres appareils de météorologie (héliographe, télémétrie des nuages, radar panoramique...) peuvent aussi générer des servitudes.

Dans tous les cas, le concepteur prendra soin de consulter, bien en amont, les plans de servitudes et de contacter les services compétents s'il y a risque de se trouver dans des cas litigieux.

3.5.8. Éviter l'orientation face au soleil.

Le contrôleur surveille l'ensemble de la plate-forme aéroportuaire. Dans la vigie, il est soumis aux rayons du soleil, d'autant plus que pour des raisons de visibilité, la partie vitrée de la vigie doit être importante. Ainsi l'agent, dans certains cas, peut être ébloui par le soleil, notamment lorsque celui-ci est relativement bas, à l'aube ou au crépuscule, ou en hiver. Dans les deux premiers cas, les périodes sont assez courtes et le soleil pas trop fort ; en revanche, dans le dernier cas, si le contrôleur regarde face au sud, il sera gêné pendant toute la journée et rapidement fatigué. Il existe, bien sûr, des moyens pour se prémunir du soleil comme des vitrages teintés ou des pare-soleil mais ils ne seront jamais efficaces à 100 %. En revanche, si la vigie est bien située et orientée, la gêne sera quasi nulle. Dans bien des cas, ce problème d'éblouissement exige aussi un nettoyage fréquent des vitrages pour ôter tout effet d'irisation ou de brume.

Il est préférable que les contrôleurs de la navigation aérienne aient leur pupitre orienté face au Nord pour ne pas être éblouis par le soleil.

3.5.9. Contraintes techniques de proximité ou d'éloignement.

Pour fonctionner, la tour de contrôle doit être reliée à d'autres équipements et à plusieurs réseaux de fluides :

- réseau d'alimentation en eau,
- évacuation des eaux usées,
- évacuation des eaux de pluie,
- réseau de distribution électrique (EDF en général),
- liaisons électriques déportées avec les équipements de radionavigation,
- réseau électrique secouru (provenant en général d'une centrale électrique située sur l'aérodrome), pour secourir les équipements d'aide à la navigation aérienne
- réseau Télécom,
- voirie routière.

Il va de soi que plus la tour sera éloignée de ces équipements et de ces réseaux, plus le coût des VRD ou des réseaux filaires sera important.

La création de nouvelles infrastructures est coûteuse, donc il est préférable de tenir compte à ce point lors de choix de site pour implanter la tour de contrôle. [4]

3.5.10. Éviter un sol de qualité médiocre.

La tour de contrôle étant un bâtiment de grande hauteur, les fondations nécessaires pour l'implanter peuvent augmenter considérablement le coût de construction si le sol est de qualité médiocre.[2]

3.5.11. Les contraintes de sûreté

Le bloc technique est fréquemment une interface entre la zone publique et la zone réservée. Son emplacement doit donc tenir compte des exigences liées à la sûreté aéroportuaire et à la protection de la zone réservée. On veillera à ce que les cheminements pour accéder à la tour restent cantonnés dans une zone et que, si un franchissement de frontière est inévitable, il soit unique. [4]

4. Conclusion :

Cette étude théorique nous a montré que les responsables de l'implantation des tours de contrôle doivent :

- D'abord connaître les normes mises en place par l'OACI pour la réalisation des différentes composantes de l'aérodrome (pistes, voies de circulation, aides à la navigation ...etc.)
- Respecter tous les critères nécessaires pour choisir un site idéal pour l'implantation de la tour de contrôle, et ça en tenant compte des contraintes.

Chapitre 2

Généralités sur la conception des procédures d'approche aux instruments

1. Introduction :

Les procédures d'approche aux instruments jouent un rôle crucial dans la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes modernes. Elles permettent aux aéronefs opérant sous conditions de vol aux instruments (IFR) de descendre de manière contrôlée et sécurisée vers un aéroport, en évitant les obstacles et en respectant des altitudes minimales.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie des différents aspects des procédures, en couvrant leurs classifications, leurs segments, leurs exigences de navigation et les réglementations qui les régissent

2. La procédure d'approche aux instruments :

2.1. Définition :

Série de manœuvres prédéterminées effectuées en utilisant uniquement les instruments de vol, avec une marge de protection spécifiée au-dessus des obstacles, depuis le repère d'approche initiale ou, s'il y a lieu, depuis le début d'une route d'arrivée définie, jusqu'en un point à partir duquel l'atterrissage pourra être effectué, puis, si l'atterrissage n'est pas effectué, jusqu'en un point où les critères de franchissement d'obstacles en attente ou en route deviennent applicables. Les procédures d'approche aux instruments sont classées comme suit :[5]

- Procédure d'approche classique (NPA) :

Procédure d'approche aux instruments conçue pour les opérations d'approche aux instruments 2D de type A. [9]

- Procédure d'approche avec guidage vertical (APV) :

Procédure d'approche aux instruments en navigation fondée sur les performances (PBN) conçue pour les opérations d'approche aux instruments 3D de type A. [9]

- Procédure d'approche de précision (PA) :

Chapitre 2 : Généralités sur la conception des procédures d'approche aux instruments

Procédure d'approche aux instruments fondée sur des systèmes de navigation (ILS, MLS..) conçue pour les opérations d'approche aux instruments 3D de type A ou B. [9]

- Approche Type A/type B :

On distingue :

- ✓ Approche type A : $DH \geq 250ft$
- ✓ Approche type B : $DH < 250ft$

Les approches type B sont séparées en 3 catégories :

- CAT I : $250ft > DH \geq 200ft$ et $RVR \geq 550m$ ou $VIS \geq 800m$
- CAT II : $100ft < DH < 200ft$ et $RVR \geq 300m$
- CAT IIIA : $DH < 100ft$ et $RVR \geq 175m$
- CAT IIIB : $DH < 50ft$ et $50 < RVR \leq 175m$
- CAT IIIC : Pas de DH, pas de RVR [9]

2.2. Les formes d'un segment :

- En ligne droite :
 - Guidé (VOR, NDB, RNAV).
 - A l'estime : pas de guidage
- Le long d'un arc DME (guidé)
- Combinaison de segments guidés et non guidés : notion de 'Trajectoires' complexes
 - Hippodrome.
 - Virage de base.
 - Virage conventionnel. [17]

2.3. Différentes phases d'une procédure d'approche classique :

Une procédure est composée de plusieurs segments correspondant à des phases successives du vol, Les segments sont délimités par des repères (fix), chaque phase étant délimitée par deux bornes.

Une procédure d'approche peut contenir cinq segments distincts : [6]

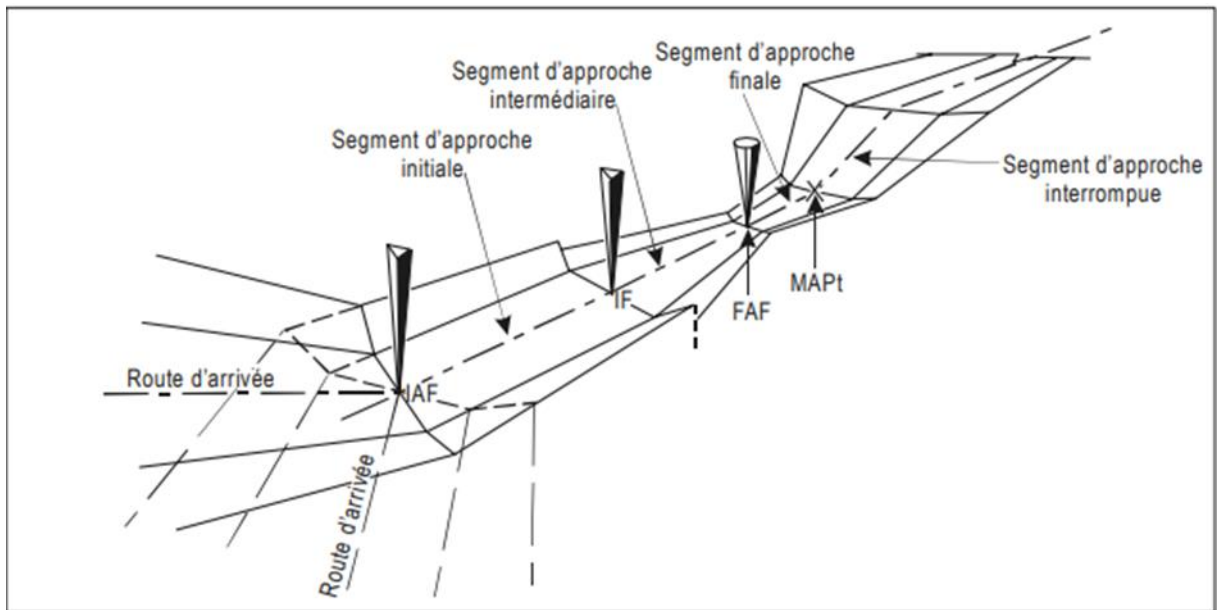


Figure 2.1 : Segments d'approche classique [5]

2.3.1. Le segment d'arrivée :

C'est la transition entre la croisière et l'approche. Permet de rallier l'IAF

Fin : IAF.

2.3.2. Types d'arrivées :

1) Routes d'arrivées spécifiées (ou normalisées) :

Les STAR sont établies en espace aérien contrôlé. L'altitude minimale publiée sur ces trajectoires assure une marge de franchissement d'obstacle (MFO) de 1000ft (2000ft en région montagneuse).[4]

2) Arrivées omnidirectionnelles :

Lorsqu'aucune route n'est spécifiée, il est alors possible d'utiliser n'importe quelle route, Une altitude minimale doit être respectée afin de garantir le franchissement des obstacles.[8]

2.3.3. Altitude minimale de secteur :

La MSA (Minimum Sector Altitude) est une altitude minimale publiée sur les cartes d'approche aux instruments. Elle garantit le franchissement des obstacles uniquement (MFO : 1000ft ou 2000ft en région montagneuse) dans un rayon de 25NM autour du point de référence sur laquelle elle est basée.[8]

A chaque segment est associé une altitude minimale de sécurité

- L'altitude minimale est déduite de :
 - ✓ L'aire de protection.
 - ✓ La marge de franchissement d'obstacles (MFO).
 - ✓ L'obstacle le plus pénalisant de l'aire (altitude OBST).[7]

$$MSA_i = \text{MAX} (\text{obsi} + \text{MFO})$$

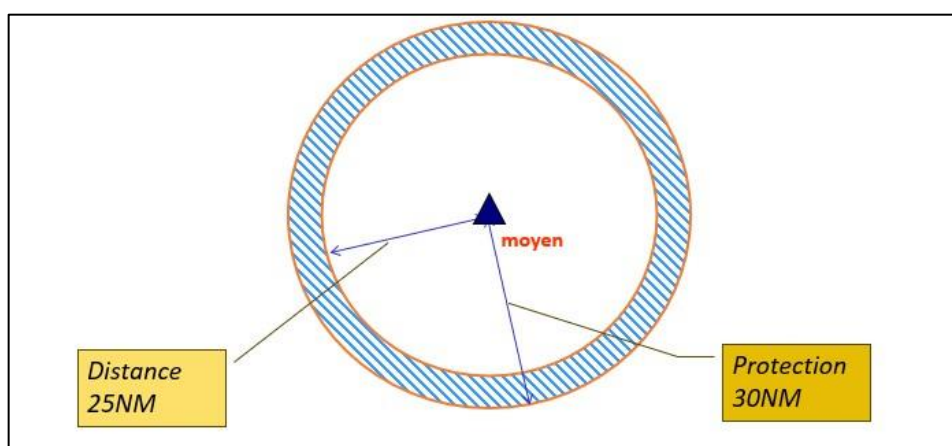


Figure 2.2:Altitude minimal de secteur [10]

2.3.4. La marge de franchissement d'obstacle :

Une MFO est associée à chaque segment, permet de compenser, les variations d'altitude liées aux instruments, les incertitudes liées au pilotage selon

Chapitre 2 : Généralités sur la conception des procédures d'approche aux instruments

la phase de vol, et aussi garantit une marge entre les obstacles et l'altitude minimale de vol du segment [10]

1) Aire primaire :

Au moins 300m (984 ft)

2) Aire secondaire :

Linéairement décroissante [6]

3) MFO en fonction du relief :

Tableau 2.1. La MFO en fonction de l'altitude

Relief	MFO
Moins de 900m	300m
Entre 900m et 1500m	450m
Au-dessus de 1500m	600m

2.3.5. Nombre des secteurs :

Lorsque la différence entre les altitudes des secteurs est négligeable, c'est-à-dire inférieure ou égale à 100 m (300 ft), il est possible d'établir une altitude minimale qui s'applique à l'ensemble des secteurs.

2.3.6. Orientation des secteurs :

Il est souhaitable que les limites des secteurs coïncident avec les quadrants du compas ; toutefois, lorsque cela est souhaitable, pour des considérations topographiques ou autres, ces limites peuvent être choisies de manière à obtenir les altitudes minimales de secteur les plus favorables sans que cela conduise à une multiplication des secteurs. [5]

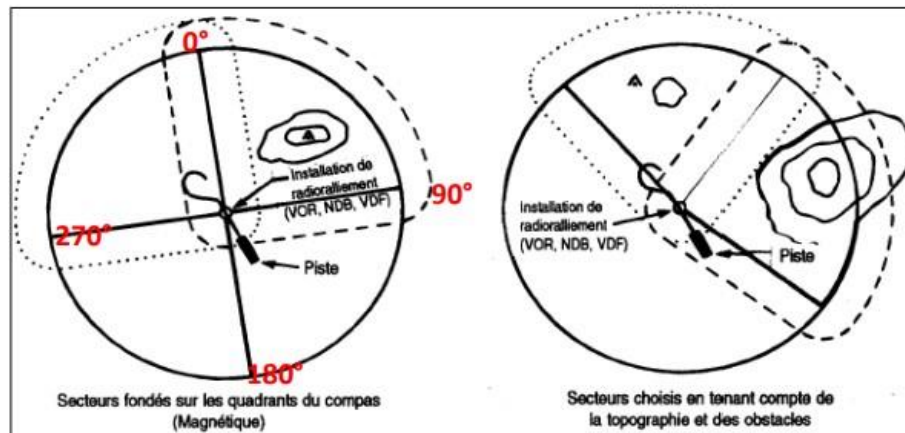


Figure 2.3 : Orientation des secteurs [5]

2.4. L'attente :

2.4.1. Définition :

Manœuvre prédéterminée exécutée par un aéronef pour rester dans un volume d'espace aérien spécifié ; formée de différents niveaux de vol séparés de 1000 ft en attendant une autorisation d'atterrissage. [5]

2.4.2. Forme et terminologie :

Les circuits d'attente sont généralement conçus en forme d'hippodrome, basé sur un repère appelé point d'attente.

Une procédure d'attente peut se faire à droite (avec des virages à droite) ou à gauche (avec des virages à gauche). On désigne par "trajectoire de rapprochement" ou "rapprochement" le segment rectiligne menant au point d'attente, tandis que le segment rectiligne opposé est appelé "trajectoire d'éloignement" ou "éloignement".

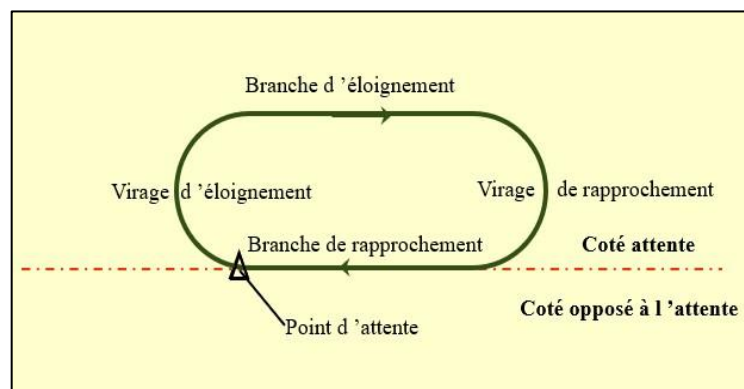


Figure 2.4 : circuit d'attente [18]

2.4.3. Type d'attente :

Le type d'attente est défini selon plusieurs critères. Tout d'abord, il dépend du type d'éloignement, qui peut être soit en distance, soit en temps. Ensuite, la nature du point d'attente, également appelé point de base, joue un rôle crucial dans cette détermination. Ce point peut être situé à une installation verticale ou à une intersection, ce qui inclut différentes configurations telles que deux radials (RDL), un radial associé à une distance DME, ou un radial combiné avec une distance de vol.

On distingue :

1) Attente verticale VOR, NDB ou VOR/DME :

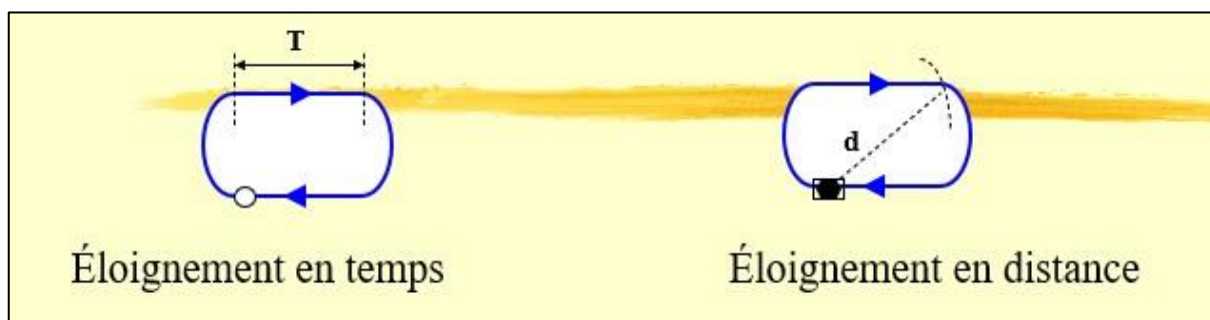


Figure 2.5 : Attente verticale installation selon type d'éloignement [7]

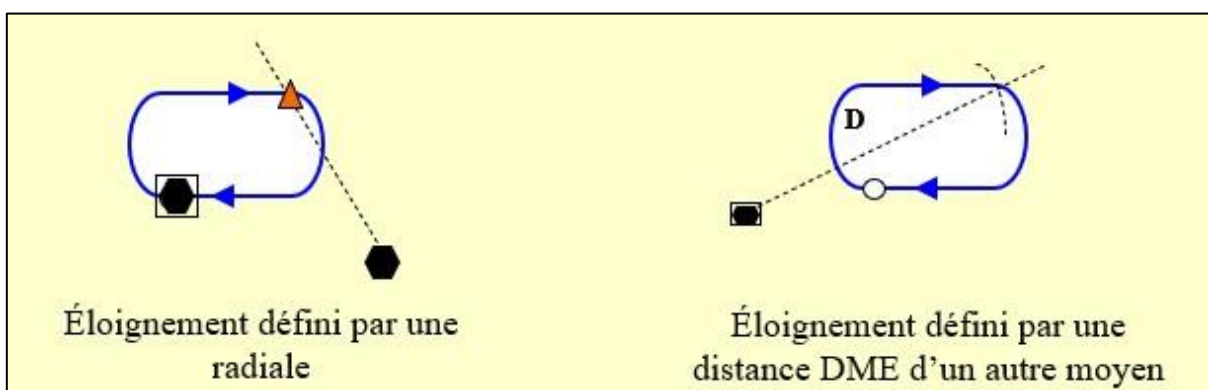


Figure 2.6: Attentes verticale installation selon types d'éloignement par rapport à un autre moyen [7]

2) **Attente verticale intersection :**

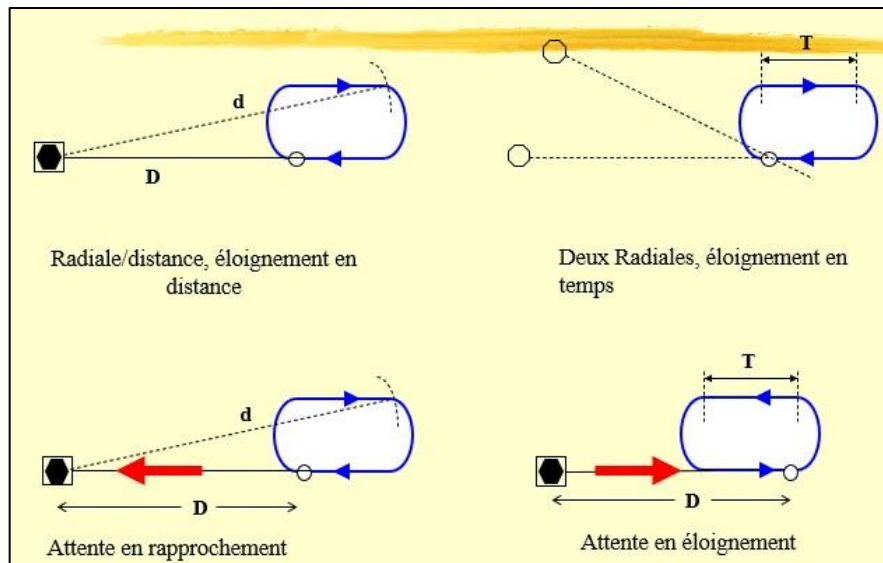


Figure 2.7: Attente verticale intersection [7]

2.5. **Types d'entrées pour l'attente vertical installation VOR/NDB/LOC :**

Il existe trois types d'entrée (par secteur) dans un circuit d'attente vertical installation :

1) **Entrée directe :**

L'aéronef s'aligne directement sur la balise de référence sans manœuvre préalable. Une fois au-dessus de la balise, il effectue un virage standard pour commencer le circuit.

1) **Entrée parallèle :**

L'aéronef passe d'abord au-dessus de la balise, puis s'écarte de la trajectoire de retour tout en maintenant un cap parallèle. Après un temps défini, il effectue un virage vers l'intérieur pour revenir sur la balise.

2) **Entrée décalée :**

Dans ce cas, l'aéronef se dirige vers la balise, puis ouvre un angle de 30° à gauche ou à droite. Après un temps d'éloignement, il effectue un virage pour s'aligner sur la balise et entrer dans le circuit d'attente.

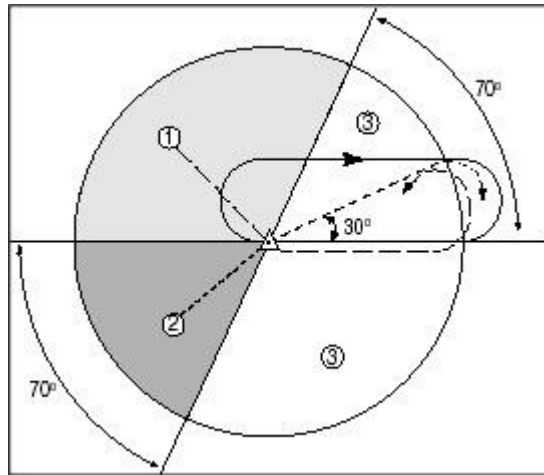


Figure 2.8: Types d'entrées [7]

2.6. Construction des aires de protections pour une attente VOR :

L'aire de protection de l'attente comprend l'aire de base, les aires de protection des entrées et les zones tampon :

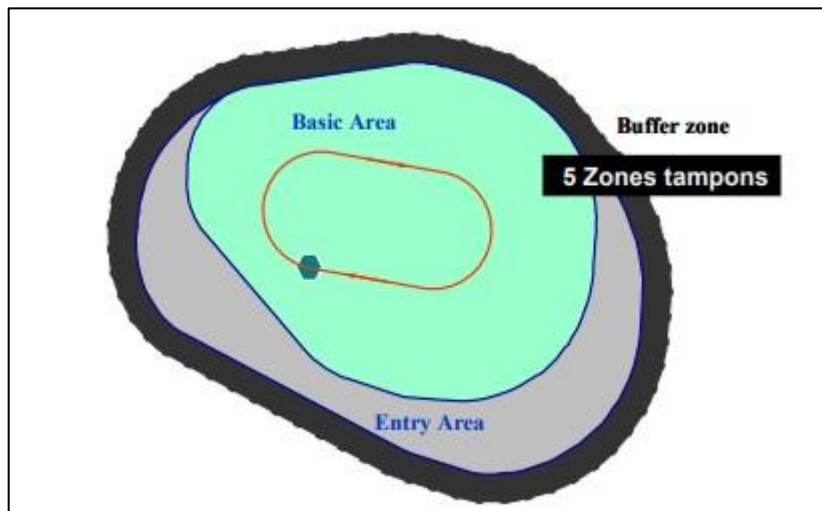


Figure 2.9: Aire de protection d'attente [7]

2.6.1. Paramètres de l'aire de protection :

- 1) Définition du repère d'attente
- 2) Vitesse indiquée (Tableau II-4-1-2. doc 8168 vol 2)
- 3) Altitude pression maximale
- 4) Température : ISA + VAR
- 5) Inclinaison : 25 °

- 6) Sens du virage
- 7) Eloignement : Temps, distance
- 8) Effet du Vent
- 9) Procédures d'entrées [7]

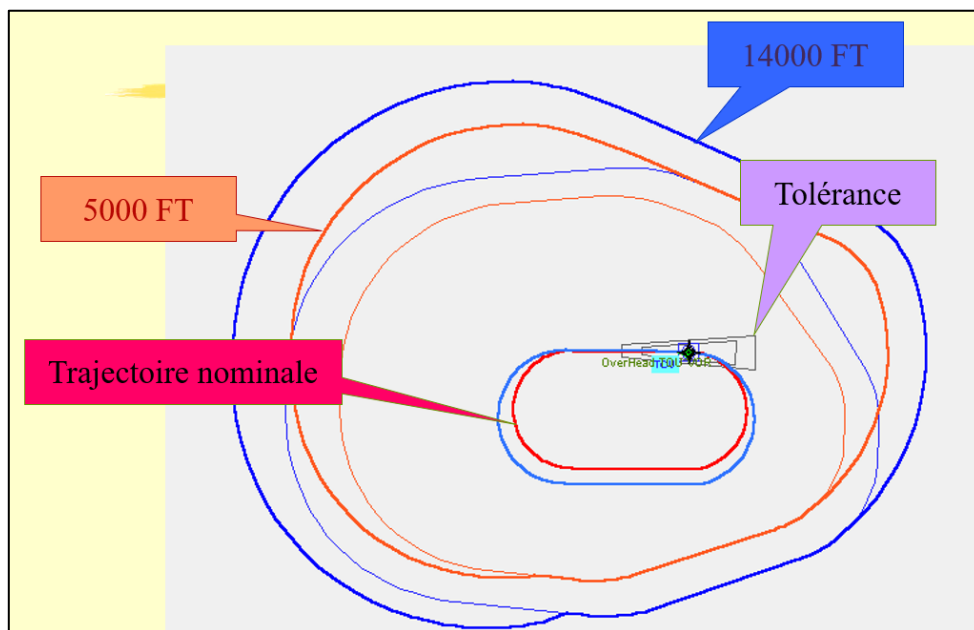


Figure 2.10: L'influence de l'altitude max sur l'aire de protection d'attente.[7]

2.6.2. Les étapes pour La construction de l'aire de base et les aires entrées de la procédure :

1) La première étape :

Consiste à construire un gabarit d'aire d'attente pour le temps, la vitesse et l'altitude appropriés pour une attente VOR.

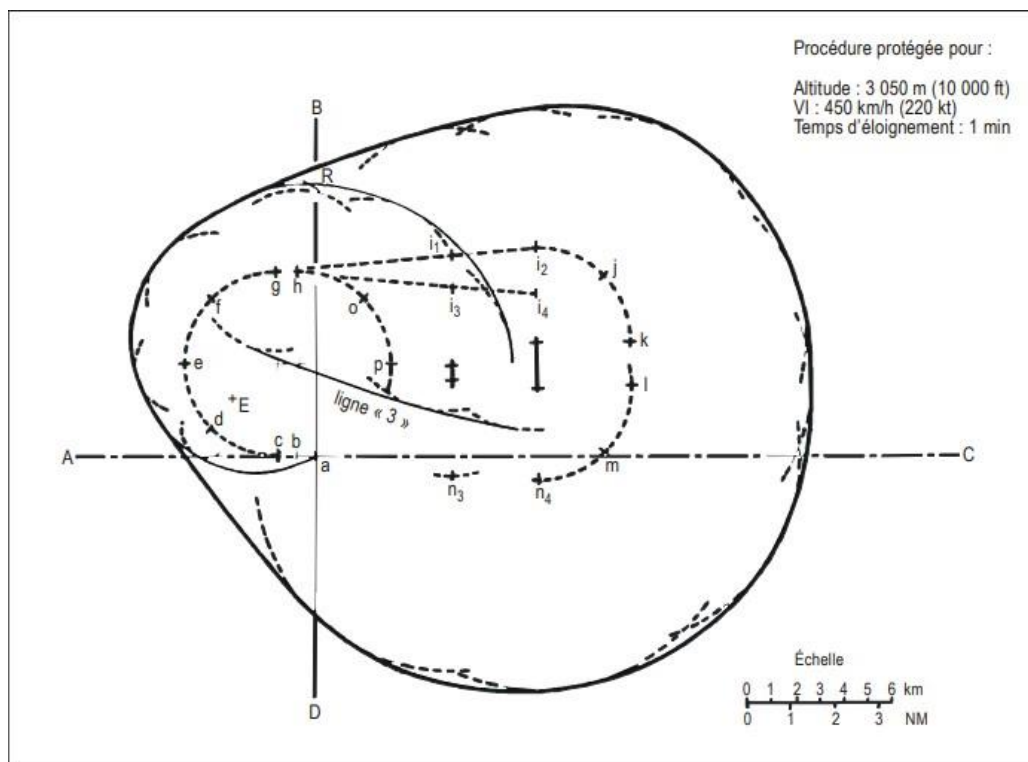


Figure 2.11: Gabarit d'attente [5].

La construction d'un gabarit d'attente VOR se fait en suivant ces étapes :

- Tracer le circuit nominal d'attente.
- Prendre en compte les tolérances de navigation.
- Dessiner le virage d'éloignement.
- Tracer la branche d'éloignement.
- Représenter le virage de rapprochement.
- Intégrer l'influence du vent.
- Finaliser le tracé du gabarit, qui inclut toutes ces considérations pour définir l'aire de protection de l'attente VOR.

2) La deuxième étape :

Consiste à tracer l'aire de protection du circuit d'attente en déplaçant le point d'attente du gabarit le long du périmètre de l'aire de tolérance du repère d'attente.

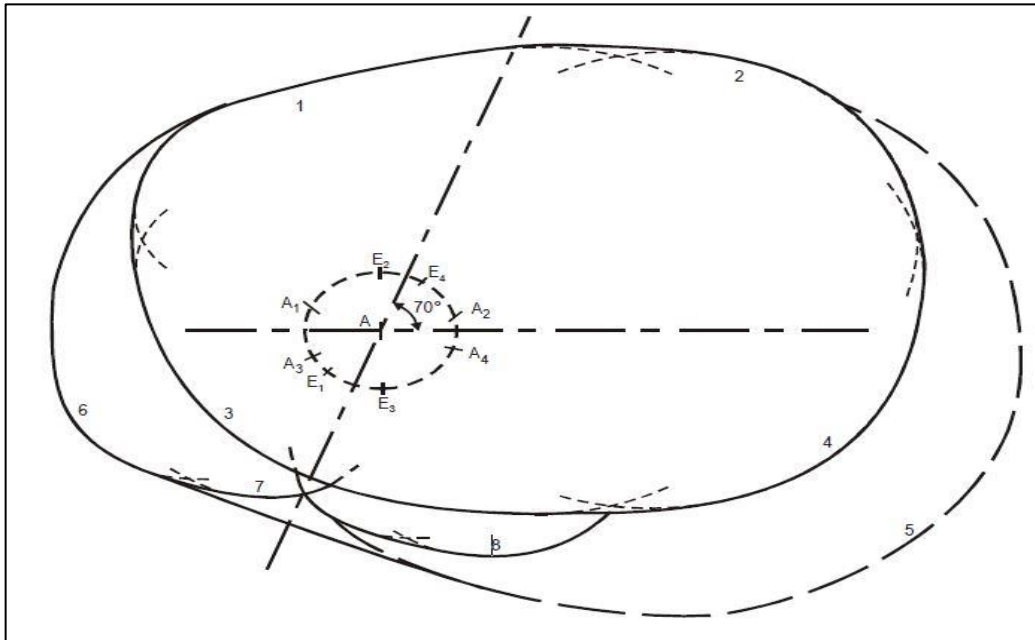


Figure 2.12: Aire de base avec aires d'entrées omnidirectionnelles [5]

3) Zones tampon :

- Les zones tampon entourant l'aire d'attente et les aires d'entrée associées s'étendent sur une distance de 5 NM au total, soit 1 NM au-delà de chaque limite.

4) La marge de franchissement d'obstacle :

- 4) Aire de base : 100% MFO (300 m).
- 5) L'aire d'entrée : 100% MFO (300 m).
- 6) Zone tampon 1 : 100% MFO (300 m).
- 7) Zone tampon 2 : 50% MFO (150 m).
- 8) Zone tampon 3 : 40% MFO (120 m).
- 9) Zone tampon 4 : 30% MFO (90 m).
- 10) Zone tampon 5 : 20% MFO (60 m).

- La MFO peut atteindre 600m (2000 ft) en région montagneuse [7]

2.6.3. Réduction de l'aire :

Il s'agit de la réduction de l'aire pour une procédure à la verticale d'une installation lorsque les entrées depuis le secteur 1 ne sont pas permises.[5]

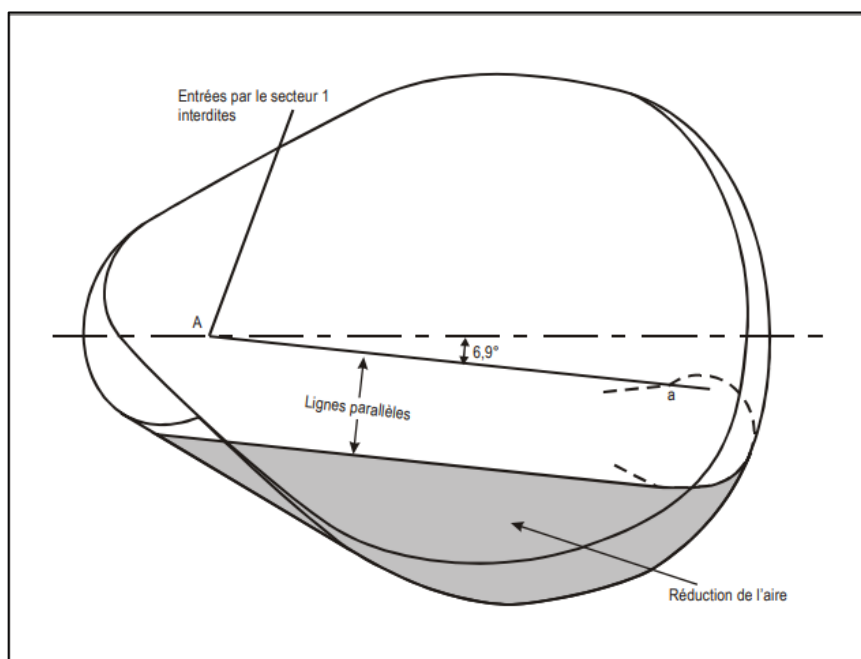


Figure 2.13: Réduction de l'aire d'attente [5]

2.7. Le segment d'approche initial :

Ce segment permet de perdre l'altitude tout en alignant l'avion sur l'axe de percée.

Le segment d'approche initiale débute à l'IAF (Initial Approach Fix), qui est généralement utilisé comme point de référence pour l'attente.

Sur ce segment, la marge de franchissement d'obstacles (MFO) est de 1000ft. [8]

L'approche initiale peut inclure une procédure d'inversion, qu'il s'agisse d'un virage de base ou d'un virage conventionnel, ou bien un circuit en hippodrome.

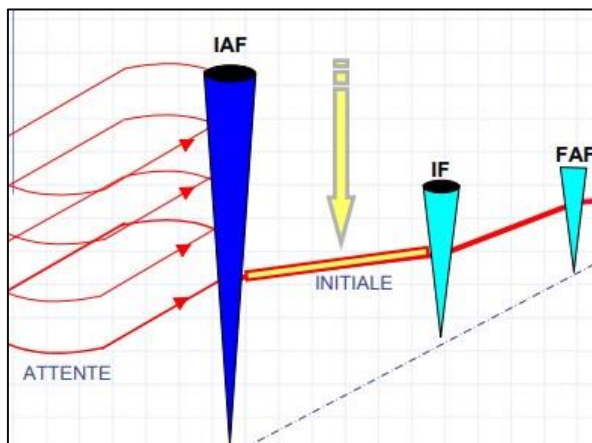


Figure 2.14: Segment d'approche initial [6]

2.7.1. Procédure d'inversion :

Une procédure d'inversion permet à l'avion de faire demi-tour sur le segment d'approche initiale de façon à se positionner sur l'axe de percée.

On distingue deux types de procédure d'inversion :

- Le virage de base
- Le Virage conventionnel ($45^\circ/180^\circ$ ou $80^\circ/260^\circ$)

2.7.1.1. Les principales raisons pour créer une procédure d'inversion :

- Aligement : La procédure d'inversion permet d'aligner l'aéronef sur l'axe de la trajectoire d'approche.
- Perte d'altitude : Elle facilite la perte d'altitude sur la branche rectiligne d'éloignement, préparant ainsi l'aéronef pour l'approche suivante.

Virage exécuté par un aéronef au cours de l'approche initiale, entre la fin de la trajectoire d'éloignement et le début de la trajectoire d'approche intermédiaire ou finale. Ces deux trajectoires ne sont pas exactement opposées.

2.7.1.2. Virage de base :

Un virage de base est effectué à partir de la verticale d'une aide radioélectrique.

Il consiste en :

- Une phase d'éloignement sur un axe spécifié pendant un temps spécifié, jusqu'à un repère spécifié, ou une distance DME
- Un virage pour revenir sur l'axe
- Une phase de rapprochement suivant un axe

Le point de départ d'un virage de base est la verticale d'une installation radioélectrique. L'éloignement est défini en temps T et est mesuré au passage du repère ou à l'aide d'un repère de fin d'éloignement. En fonction de l'altitude à perdre, le temps d'éloignement sera plus ou moins long, normalement compris entre 1 et 3 minutes.[8]

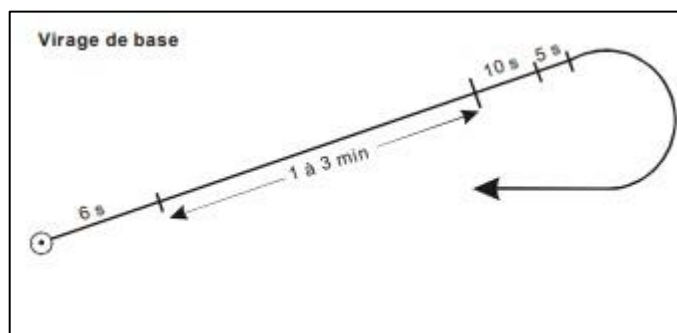


Figure 2.15: Virage de base [5]

2.7.1.3. Point de départ :

Le point de départ pour un virage de base sera une installation. Le point de départ pour un virage conventionnel sera une installation ou un repère. La procédure d'inversion peut être précédée de manœuvres dans un circuit d'attente convenablement situé. [5]

2.7.1.4. L'entrée :

L'entrée dans une procédure d'inversion devrait s'effectuer à partir d'une trajectoire formant avec la trajectoire d'éloignement un angle maximal de $\pm 30^\circ$. Si l'entrée est souhaitée à partir de trajectoires sortant de ces limites, un espace aérien adéquatement protégé doit être prévu pour permettre au pilote de manœuvrer vers le parcours d'éloignement. Cette manœuvre sera conforme aux procédures d'entrée associées à un circuit d'attente convenablement situé, qui doit être représenté sur la carte d'approche.[5]

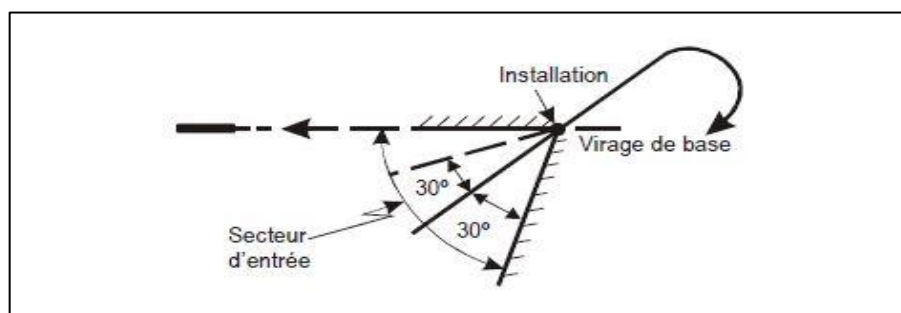


Figure 2.16: Entrée en virage de base [5]

2.7.1.5. Virage conventionnel (45°/180° ou 80°/260°) :

Manœuvre consistant en un virage effectué à partir d'une trajectoire désignée, suivi d'un autre virage en sens inverse, de telle sorte que l'aéronef puisse rejoindre la trajectoire désignée pour la suivre en sens inverse.[5]

1) Le virage conventionnel 45°/180° consiste en :

- ❖ Une altération de route à 45° pour une temps T de 1 minute (sans vent) pour les avions de catégorie A et B et 1 minute et 15 secondes (sans vent) pour les avions de catégories C,D,E ou jusqu'à un repère spécifié .
- ❖ Un virage à 180° pour revenir intercepter l'axe de percée . [8]

2) Le virage conventionnel 80°/260° consiste en :

- Un virage à 80° suivi d'un virage à 260° dans l'autre sens pour revenir intercepter l'axe de percée [8]

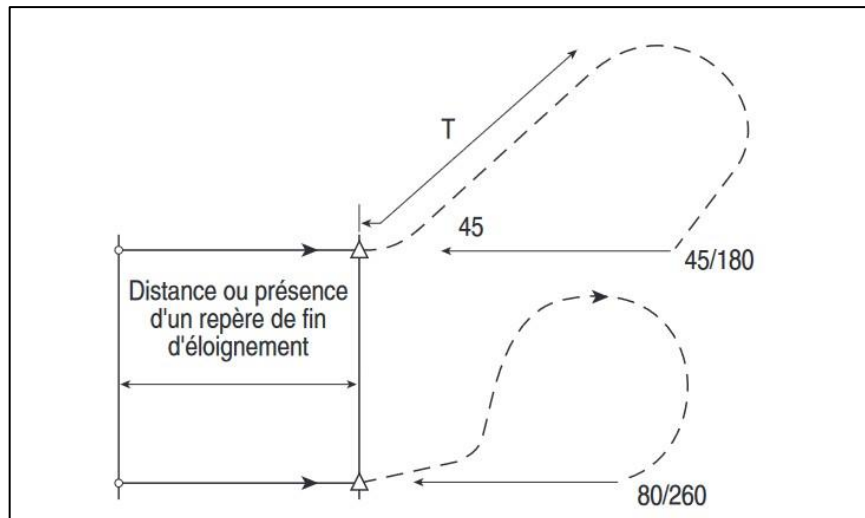


Figure 2.17:Virage conventionnel [5]

2.7.2. Procédure en hippodrome :

- L'hippodrome et le circuit d'attente peuvent être confondus (même trajectoire, même altitude...) ou séparés.
- Comme un circuit d'attente, un hippodrome est constitué de 2 branches rectilignes raccordées par deux virages de 180°
- L'hippodrome peut être défini par un temps d'éloignement ou une distance DME imposée.[8]

Le circuit d'hippodrome permet à un avion de rejoindre :

- ✓ Le début de l'approche finale d'une approche classique.
- ✓ Le début de l'approche intermédiaire d'une approche de précision.
- ✓ Le début d'une procédure d'inversion.

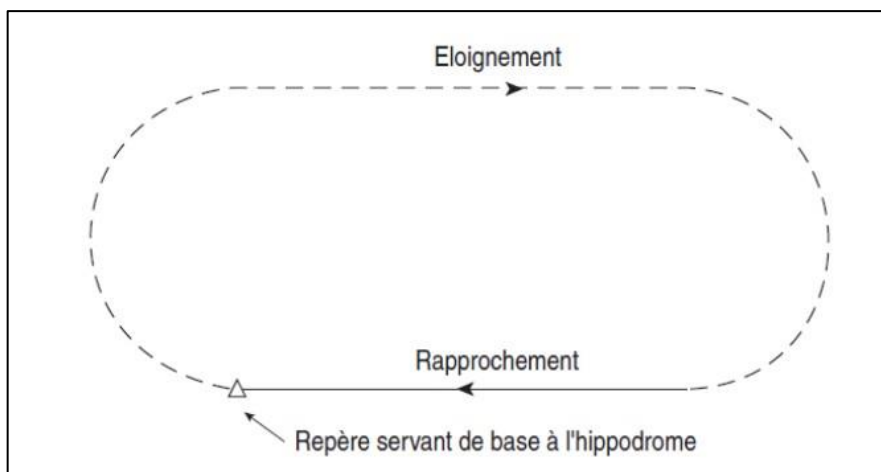


Figure 2.18: Procédure en hippodrome [8]

2.7.2.1. Les principales raisons pour créer un circuit en hippodrome :

- Alignement : Le circuit en hippodrome permet d'aligner l'aéronef sur l'axe de la procédure d'approche finale.
- Perte d'altitude : Il offre la possibilité de perdre de l'altitude de manière contrôlée pour se mettre en configuration d'atterrissage.
- Éloignement suffisant : Le circuit assure un éloignement adéquat par rapport au point d'approche finale, facilitant ainsi la transition vers le segment d'approche intermédiaire.

2.7.2.2. Les paramètres principaux de la procédure en hippodrome :

1) Nature du point de base :

- Verticale moyen
- Intersection

2) Branche d'éloignement :

- Temps : 1 à 3 min par incrément de 30s.
- Distance.
- La branche d'éloignement peut varier en fonction des catégories d'avion et en fonction de la vitesse. [6]

2.7.3. Les aires de protection :

- 1) Aire de protection segment initiale : si IF verticale moyen radio

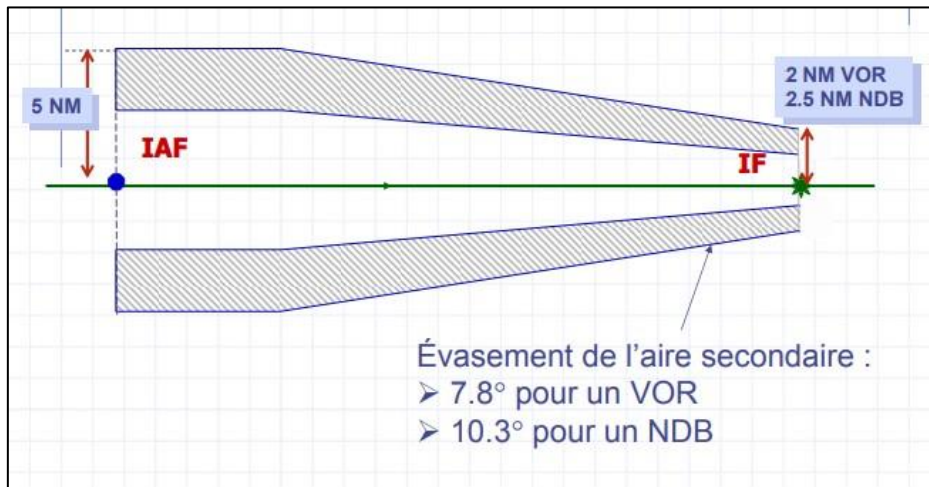


Figure 2.19: Aire de protection segment initiale [6]

- 2) Aire de protection segment initiale : segment curviligne radioguidée

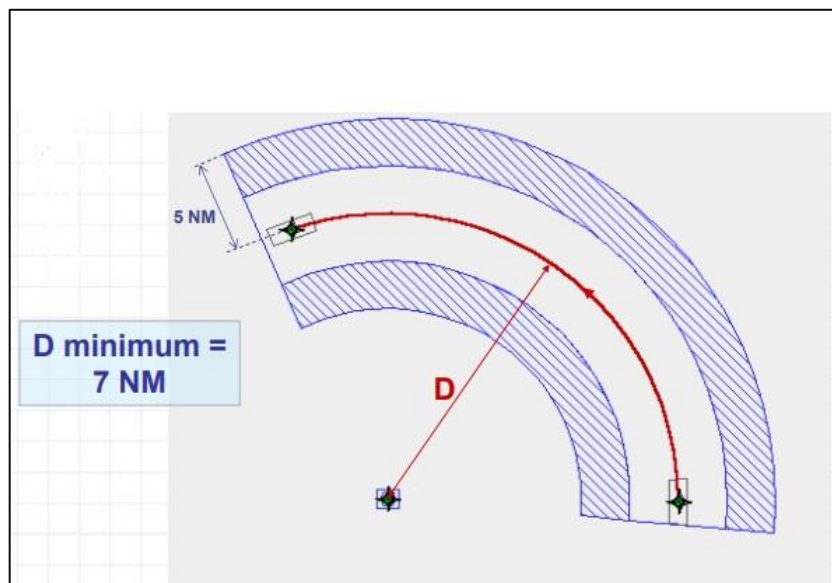


Figure 2.20: Aire de protection segment curviligne [6]

2.8. Le segment d'approche intermédiaire :

Ce segment permet d'assurer la liaison entre la phase d'approche initiale et la phase finale, tout en préparant l'aéronef à l'approche finale.

La longueur du segment est prévue pour assurer 30 secondes de vol à la vitesse d'approche initiale. La marge de franchissement d'obstacle (MFO) est de 500ft.

On distingue 3 cas :

- Cas d'une approche classique avec FAF :

L'approche intermédiaire débute à l'IF (Intermediate Fix) ou à la fin du virage d'inversion ou à la fin du virage de procédure et se termine au FAF (Final Approach Fix)

- Cas d'une approche classique sans FAF : ce segment n'existe pas (notre cas) [8]

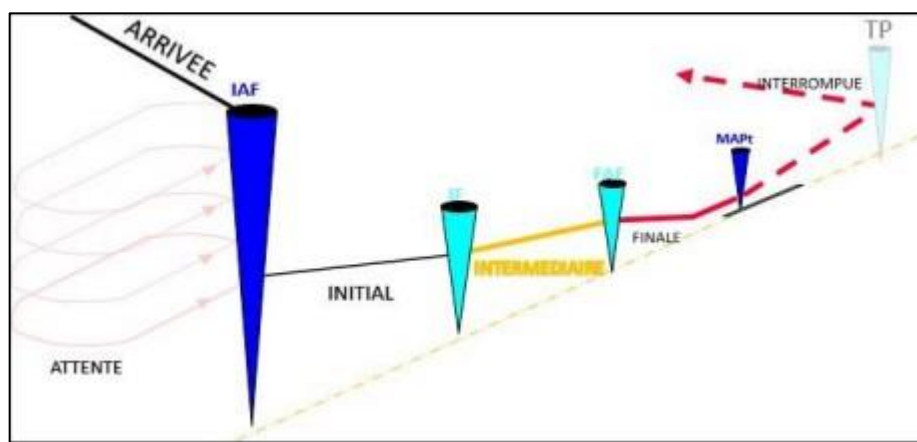


Figure 2.21: Segment d'approche intermédiaire [6]

- Longueur du segment intermédiaire :

- ✓ Entre 5 NM et 15 NM
- ✓ Optimum : 10 NM [6]

2.8.1. Marge de franchissement d'obstacle et altitude minimale de vol:

- ✓ Marge de franchissement d'obstacle :

- Aire primaire : 150 m (500 FT).
 - Aire secondaire : MFO linéairement décroissante.[6]
- ✓ L'altitude minimale de sécurité du segment d'approche intermédiaire est arrondie par excès au multiple de 100 pieds (50 m) le plus proche. [5]

2.9. Segment d'approche finale :

L'approche finale permet la descente de l'avion vers l'aérodrome en vue de l'atterrissage.

On distingue plusieurs cas :

- Approche classique avec FAF : l'approche finale débute au FAF et se termine au MAPt (Missed Approach Point).[8]
- Approche classique sans FAF : l'approche finale débute à la fin du virage d'inversion et se termine au MAPt. [8]
- Approche de précision : l'approche finale débute au FAF et se termine lorsque nous atteignons la hauteur/altitude de décision (DH ou DA) sur le plan de descente [8]

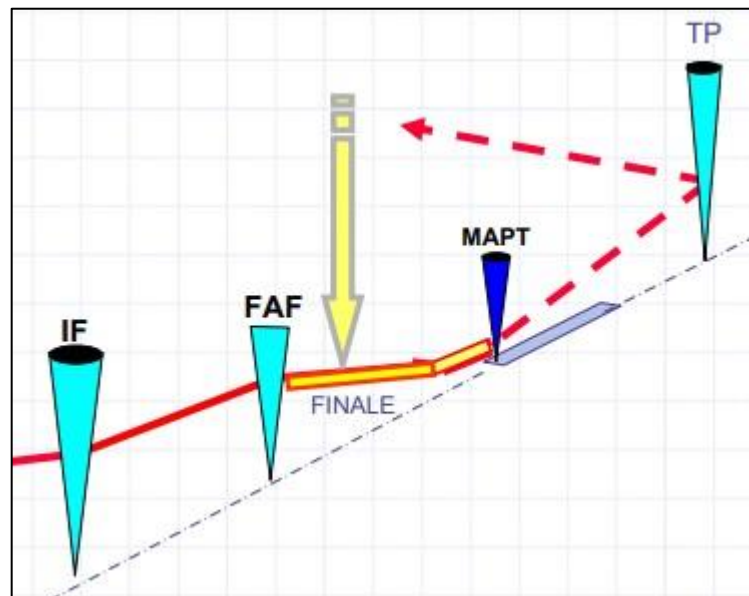


Figure 2.22: segment final.[6]

2.9.1. Pente du segment final :

- ❖ Pente optimale et minimale : 5.2%
- ❖ Pente maximale :
- ✓ Cat A et B : 6.5%
- ✓ Cat C et D : 6.1% [6]

2.9.2. MFO pour une approche finale :

Procédure sans FAF : 90m

Procédure avec FAF : 75 m [6]

2.9.3. Aire de protection :

- ✓ La figure suivante illustre l'aire de protection d'approche finale avec FAF :

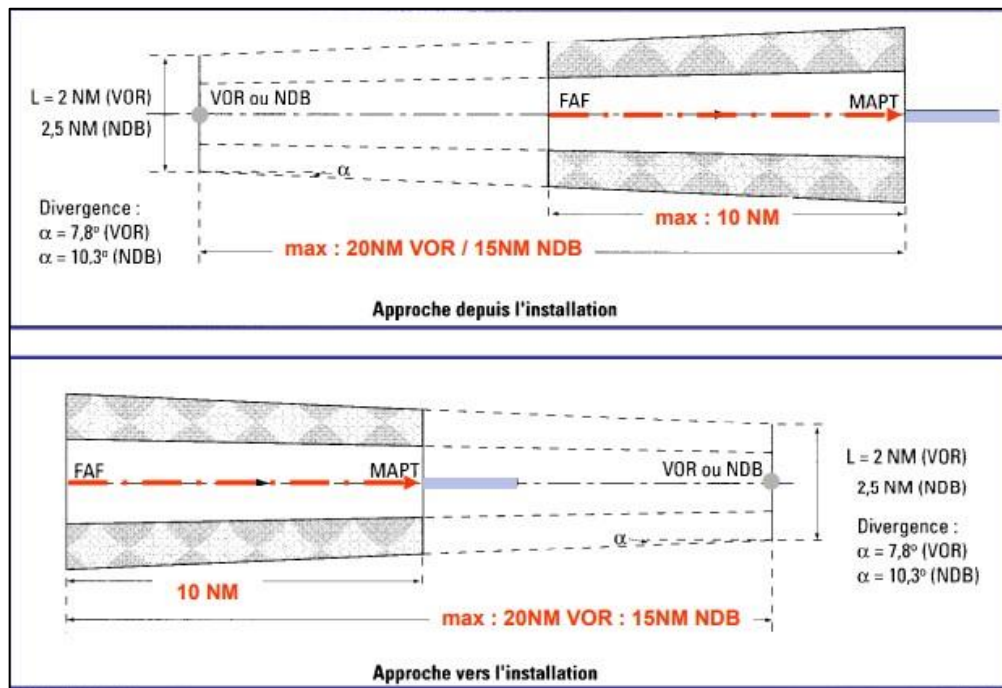


Figure 2.23: Aire de protection d'approche finale avec FAF [6]

- ✓ La figure suivante illustre l'aire de protection d'approche finale sans FAF :

1) Approche finale suite à une inversion :

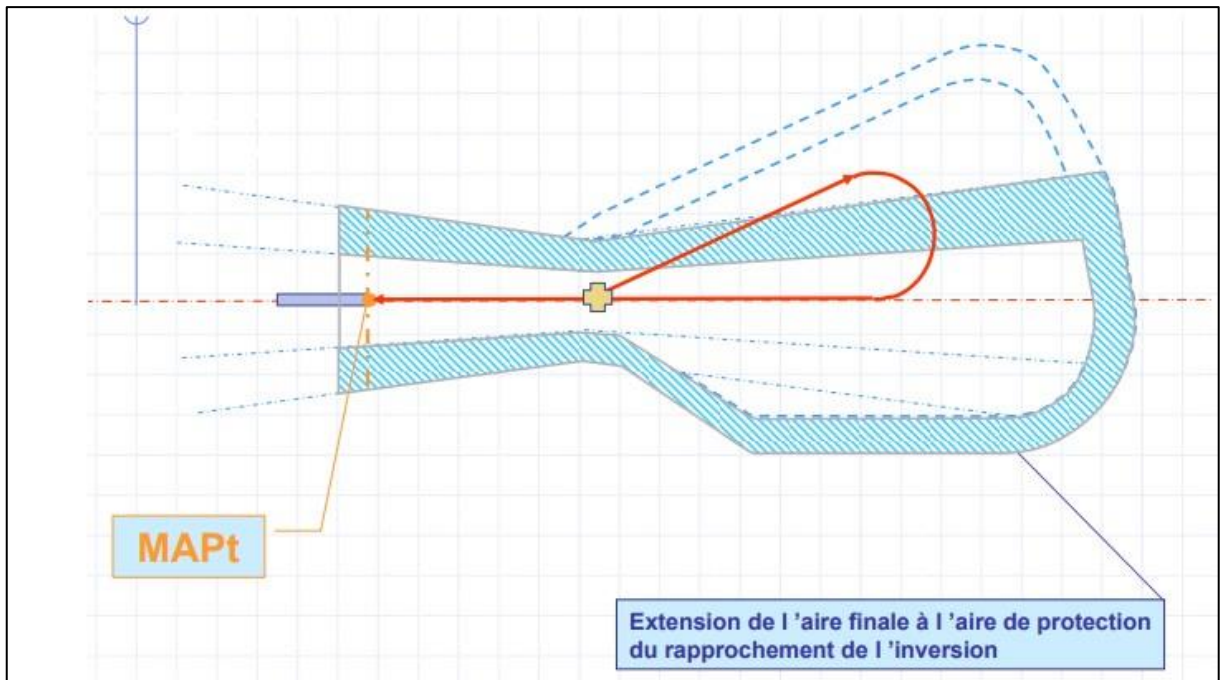


Figure 2.24: Aire de protection d'approche finale suite de l'inversion sans FAF [6]

2) Segment final suite à un hippodrome :

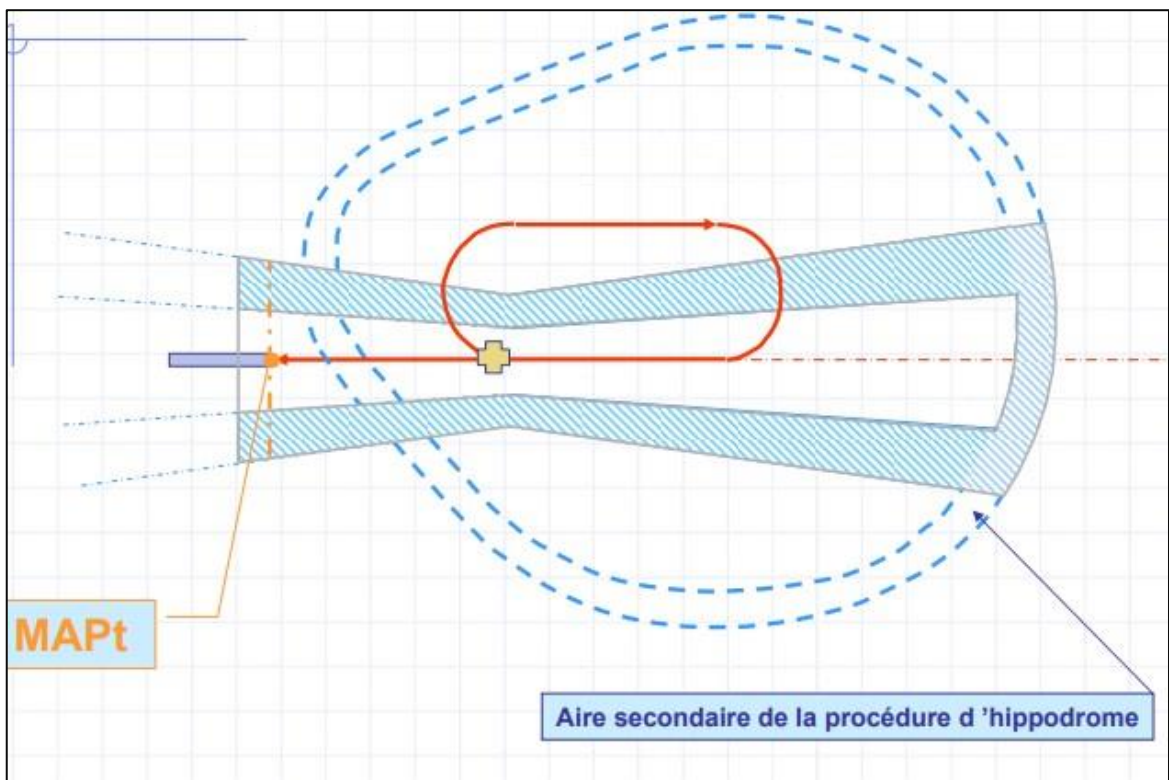


Figure 2.25: Aire de protection d'approche finale en hippodrome sans FAF [6]

2.10. Le segment d'approche interrompue :

Toute procédure comporte une trajectoire d'approche interrompue (API) utilisée lorsqu'il s'avère impossible de poursuivre l'approche jusqu'à l'atterrissage. Cette trajectoire prend fin à l'altitude/hauteur suffisante pour permettre :

- ✓ L'exécution d'une nouvelle approche.
- ✓ Le retour à un circuit d'attente désigné.
- ✓ Le raccordement à la phase en-route.[8]

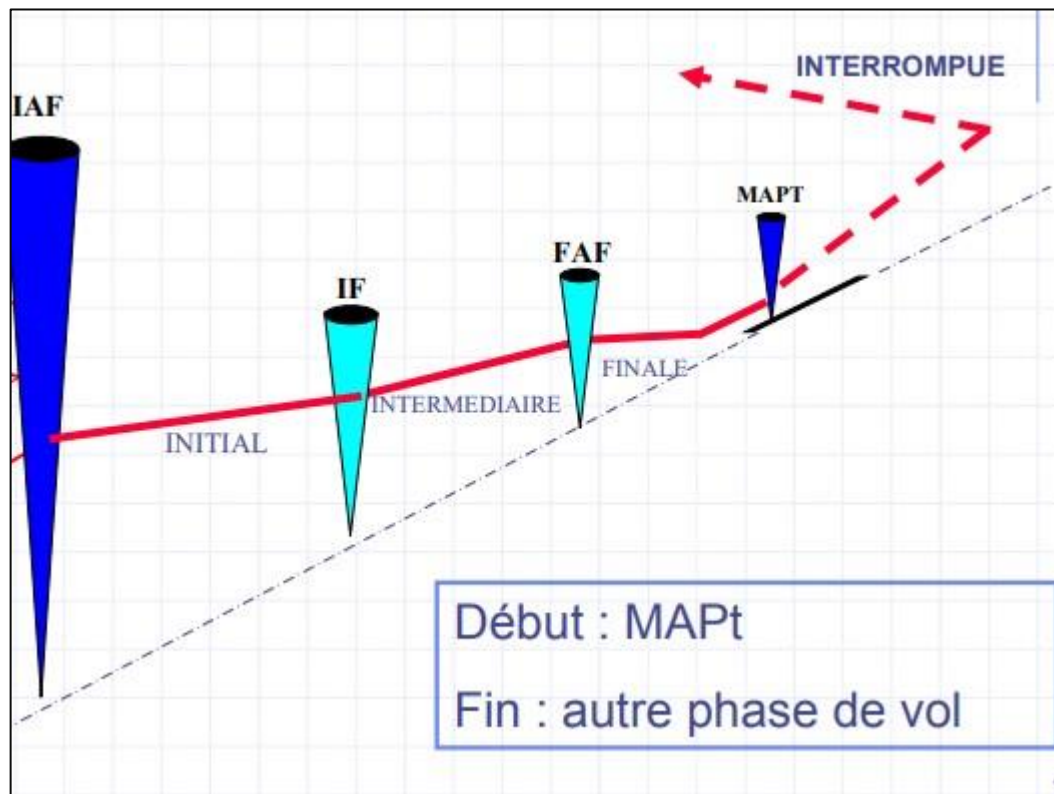


Figure 2.26: Segment d'approche interrompue [6]

2.10.1. Types d'approche interrompue :

- L'approche interrompue peut être définie, soit en ligne droite, soit avec un virage prescrit en un point de repère, ou à une altitude. [8]

1) Approche interrompue en ligne droite :

L'approche interrompue est considérée en ligne droite lorsqu'elle se fait selon la même route magnétique que celle de l'approche finale et lorsque aucun virage n'est prescrit avant que l'aéronef n'ait atteint une altitude de sécurité.[8]

2) Approche interrompue avec point de virage spécifié :

Un virage doit être exécuté, quel que soit l'altitude atteinte au point de virage (Turning Point - TP) spécifié sur la carte d'approche. Le virage ne doit être débuté ni avant ni après ce point.[8]

3) Approche interrompue avec virage à une altitude /hauteur spécifiée :

Une altitude est spécifiée pour le virage de retour vers le repère d'attente. Le virage ne doit être débuté ni en dessous, ni au-dessus de cette altitude. Toutefois, dans certains cas, il est précisé de ne pas tourner avant un repère.[8]

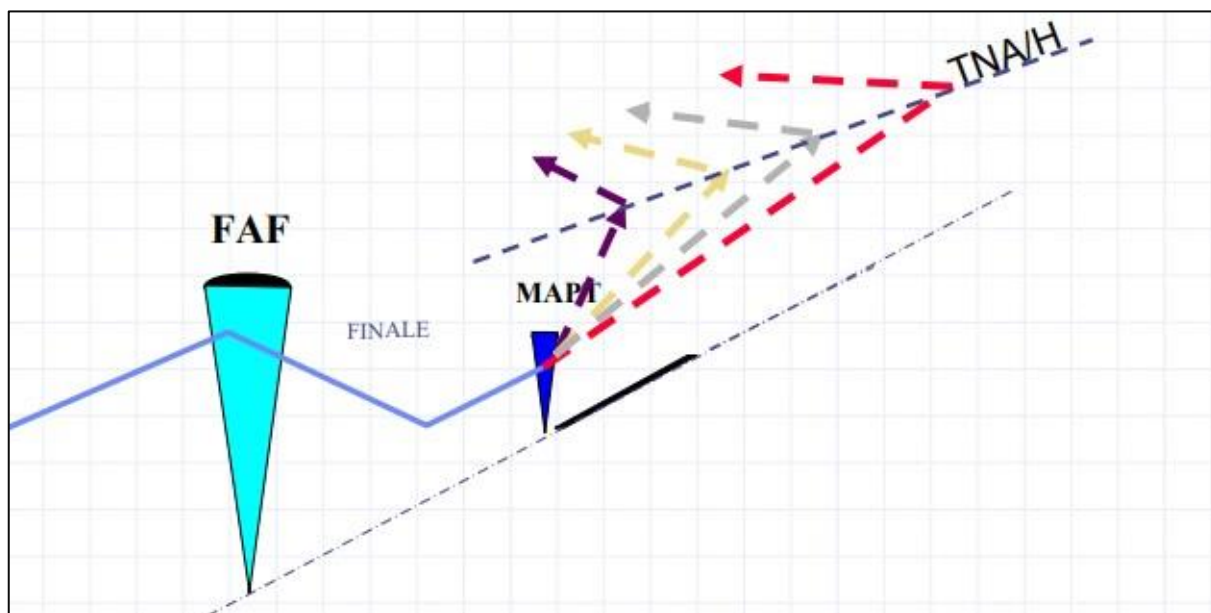


Figure 2.27: Approche interrompue avec virage.[6]

2.10.2. Phases du segment d'approche interrompue :

Le segment d'approche interrompue débute au MAPT et se compose de trois phases :

1. Phase initiale :

La phase initiale commence au premier point d'approche interrompue (MAPT) et se termine au point du début de la montée (SOC). [8] La MFO est identique à celle de la partie finale de l'aire d'approche finale, sauf au-delà de la tolérance aval du point d'approche interrompue, où le prolongement vers le MAPT de la surface d'approche intermédiaire requiert une marge réduite.

2. Phase intermédiaire :

La phase intermédiaire commence au SOC. La montée continue à des vitesses stabilisées jusqu'au premier point où une marge de franchissement d'obstacles de 50 m (164 ft) est obtenue et peut être maintenue. [8]

3. Phase finale :

La phase finale commence au point où une marge de franchissement d'obstacles de 50 m (164 ft) est initialement obtenue et peut être maintenue. Elle se termine au point où une nouvelle approche, une attente ou un retour au vol de croisière sont amorcés. Des virages peuvent être effectués au cours de cette phase. [8]

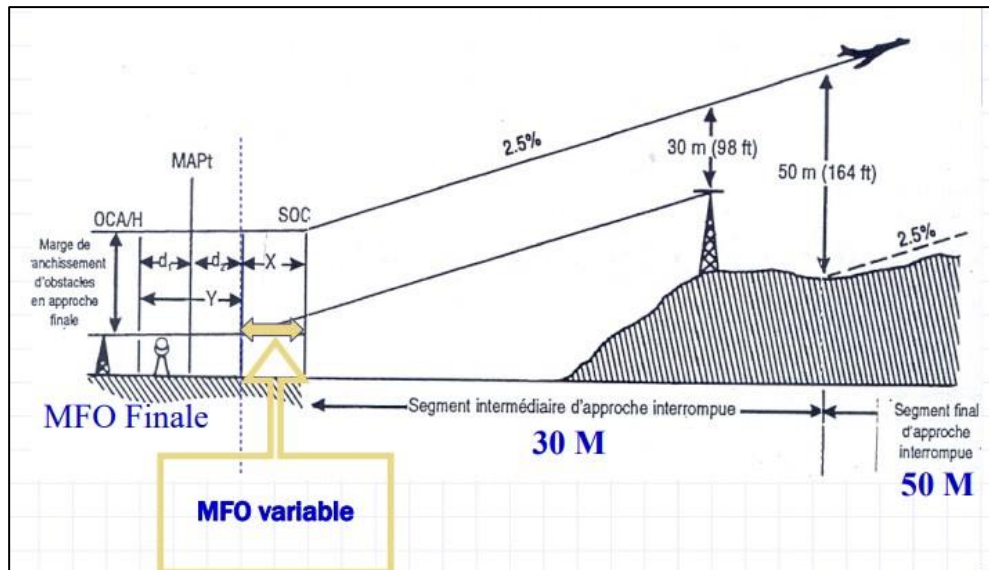


Figure 2.28: MFO approche interrompue [6]

Début de montée SOC : Start Of Climb :

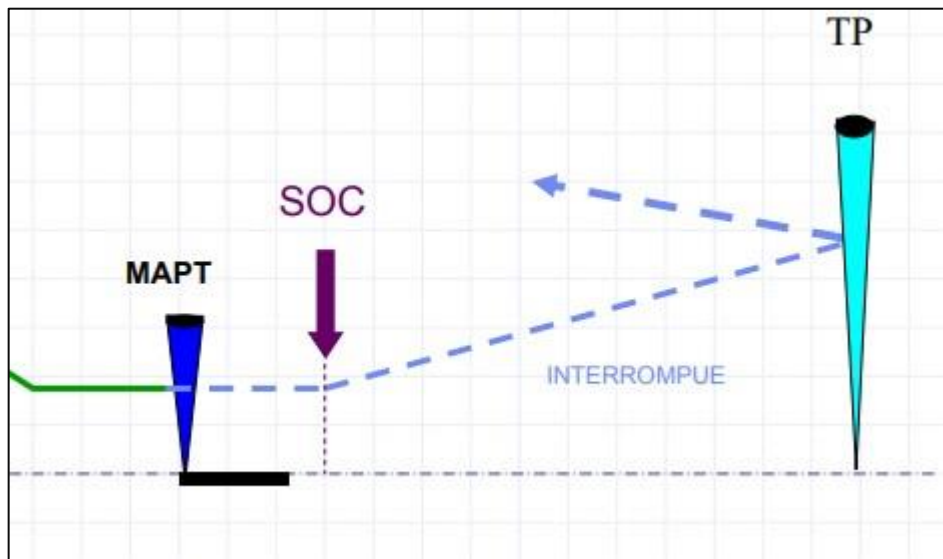


Figure 2.29: Emplacement du point SOC [6]

- Il existe deux méthodes pour calculer le SOC, qui sont choisies en fonction de :
 - ❖ La définition du MAPt par une installation de navigation ou un repère.
 - ❖ La définition du MAPt par une distance précise à partir du FAF.

2.10.3. Détermination du SOC avec un MAPt défini par une installation de navigation ou un repère :

SOC= La tolérance MAPT+ La distance de transition (X).

❖ La tolérance MAPT :

- Verticale VOR, NDB : Tolérance constante = 0 NM.
- Intersection : Tolérance calculée.

La tolérance MAPT= La tolérance de moyen + une distance

- Distance de vol : Calcul tolérance particulier.[6]

2.10.4. Point d'approche interrompue (MAPt) :

- C'est le point auquel ou avant lequel la procédure prescrite d'approche interrompue doit être amorcée pour garantir que la marge minimale de franchissement d'obstacles sera respectée.
- La figure suivante illustre la position du Point d'Approche Interrompue (MAPt) :

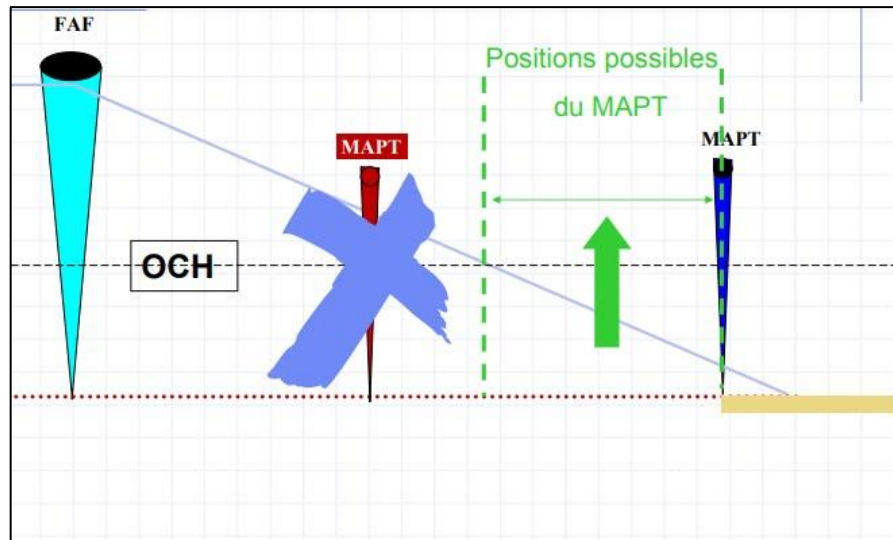


Figure 2.30: position du MAPT [6]

- Différents types de MAPT :

- ❖ Le MAPt peut être défini de différentes façons dans une procédure:

- a) Par un repère de navigation (NDB, VOR, DME, etc.)
- b) Par une distance spécifiée à partir du FAF.
- c) Par l'intersection du plan de descente et de l'altitude de décision (DA) en approche de précision.

3. L'approche indirecte : Manoeuvre à vue :

Phase visuelle de vol faisant suite à une approche aux instruments permettant à l'aéronef d'aller se poser sur une piste :

- Lorsque la procédure ne peut pas être considérée comme directe.
- Lorsque les conditions météorologiques (ou d'autres raisons) imposent l'atterrissage à un QFU différent du QFU utilisable. [7]

3.1. Manoeuvre à vue libre (MVL) :

3.1.1. Définition :

- ✓ La trajectoire est laissée à l'initiative du pilote.
- ✓ Les évolutions restent à l'intérieur de l'aire de protection dessinée en fonction des catégories d'aéronefs et permettent de desservir les deux QFU [7]

3.1.2. Aire de protection (MVL) :

Les dimensions de l'aire MVL varient selon la catégorie d'aéronefs.

L'aire est obtenue en traçant à partir du seuil de chaque piste utilisable, un arc de cercle de rayon approprié (R_c) correspondant à la catégorie d'aéronefs la plus rapide pouvant atterrir sur cette piste, puis en menant les tangentes à ces arcs.[7]

- Les deux figures suivantes montrent la protection de la MVL :
 - 1) Protection toutes catégories pour les deux pistes principales seulement :[7]

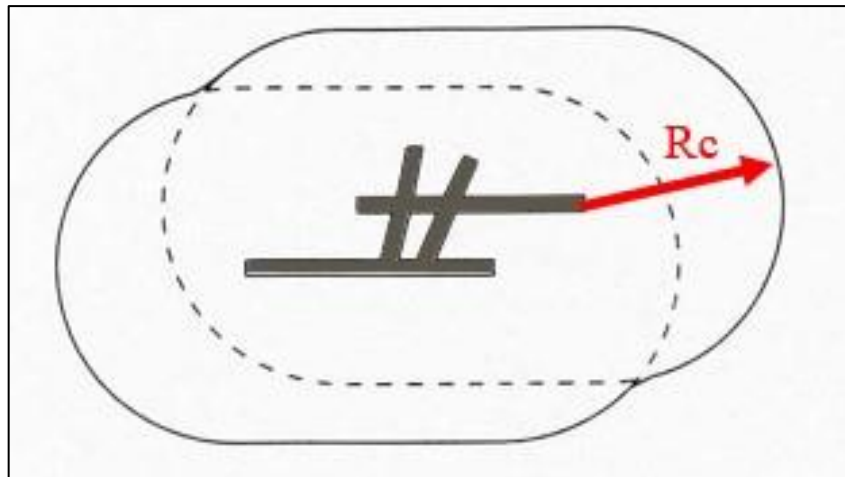


Figure 2.31: Protection de la MVL pour les deux pistes [7]

2) Protection pour les toutes les pistes :

- ✓ Piste 1 : Catégorie A.
- ✓ Piste 2 : Catégorie A, B et C.
- ✓ Piste 3 : Toutes les catégories.[7]

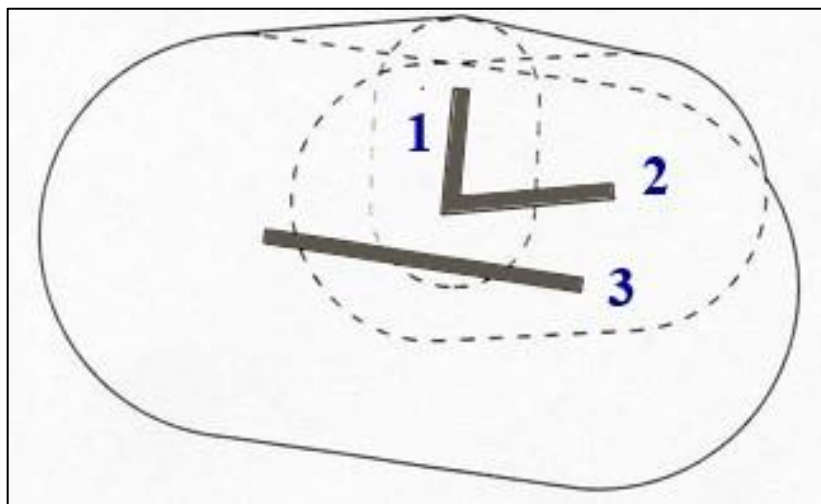


Figure 2.32: Protection pour toutes les pistes [7]

3.2. Manoeuvre à vue imposée (MVI) :

3.2.1. Définition :

- Sur les aérodromes aux environs desquels existent des repères visuels parfaitement identifiables, et lorsqu'un avantage opérationnel peut en résulter, on peut définir, en plus de la manoeuvre à vue libre (MVL) une procédure de manoeuvre à vue imposée (MVI).
- La trajectoire de MVI comprend obligatoirement une partie pour la remise de gaz conduisant à une seconde MVI.[7]

3.2.2. Aire de protection (MVI) :

Si une MVI existe, son aire doit être incluse dans l'aire MVL qui sera agrandie si nécessaire.

L'aire de protection pour la MVI est basée sur un couloir de largeur constante [L] centré sur la trajectoire nominale.[7]

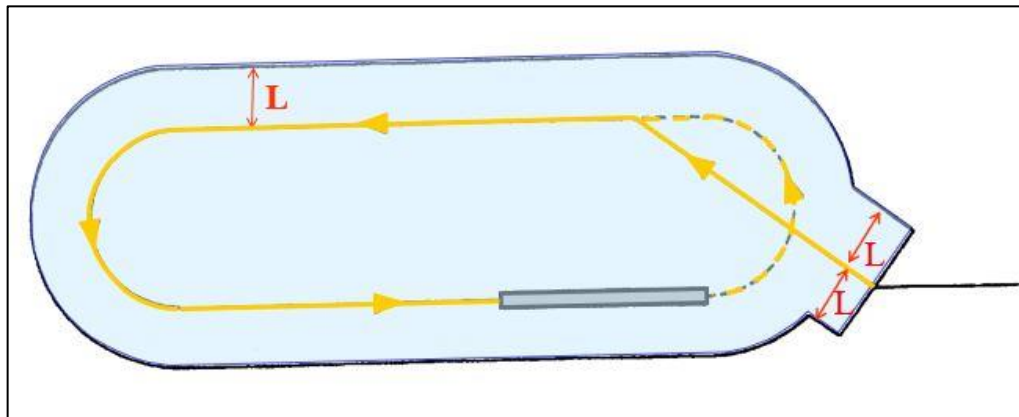


Figure 2.33:Aire de protection de MVI [7]

Chapitre 3

**Etude de l'existant et
présentation du projet.**

1. Introduction :

Afin d'exploiter l'aérodrome d'In Guezzam avec des avions gros porteurs de type ILYUSHIN 76 et Boeing 737-800, une extension de la piste de l'aérodrome de 2200 m à 3200 m est devenue désormais inévitable.

Dans ce chapitre, nous examinerons l'état actuel de l'aéroport ainsi que les projets en cours de réalisation, avec l'exposition de problématique et la présentation du notre projet.

2. Présentation de l'aérodrome :

L'aéroport d'In Guezzam est un aéroport mixte géré par l'EGSA d'Alger, desservant la ville d'In Guezzam, situé à 600 m de la ville d'In Guezzam au sud du Sahara algérien, à la frontière algéro-nigérienne, et sa région.

IL a été ouvert à la circulation en 1983 et classé national, dans le cadre du PSAS (Plan Spécial Aérodrômes Sud). Pour l'heure il est rattaché à l'aéroport de Tamanrasset. La plate-forme aéroportuaire d'une superficie de 148 hectares.

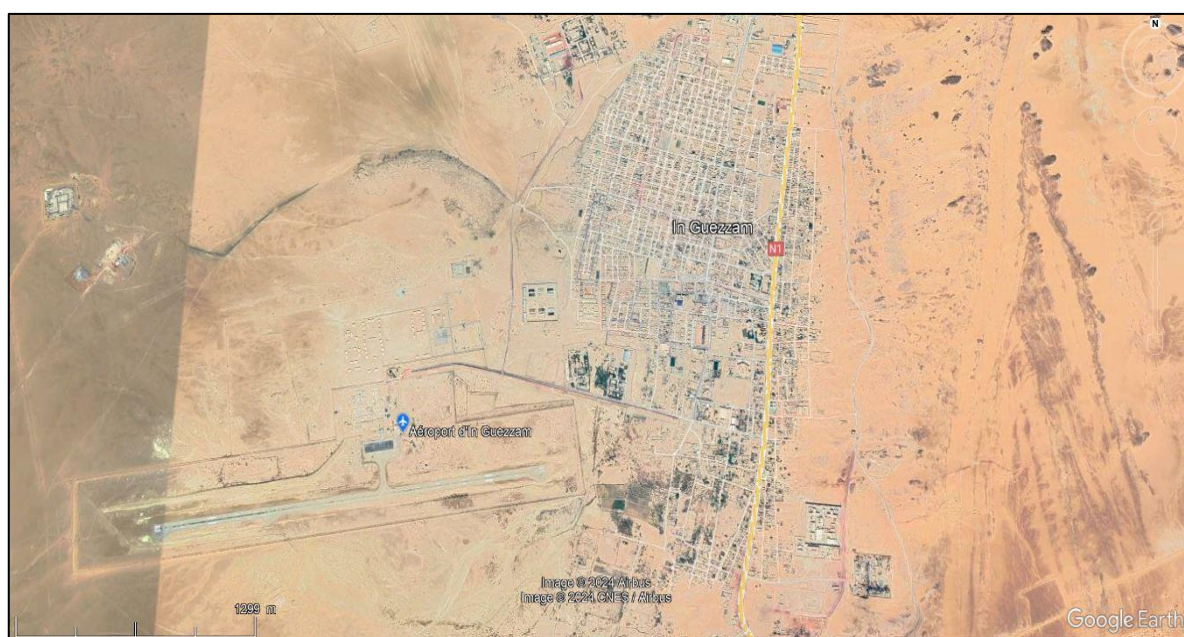


Figure 3.1: Situation géographique de l'aéroport d'In Guezzam. [11]

3. Caractéristiques physiques des infrastructures existantes :

3.1. La piste :

La piste est bordée d'accotements de 7,50 m de part et d'autre avec deux (02) aires de demi-tour au niveau des seuils « 08 et 26 » (Figure 3.2). La chaussée de cette piste est composée de 14 cm en béton bitumineux et 87 cm en matériaux sélectionnés.

Les accotements sont composés de 5 cm en micro béton bitumineux et 25 cm en matériau sélectionné.

Tableau 3.1:Caractéristiques physiques de la piste. [13]

Numéro De piste	Relève-ments		Dimen-sions (m)	Resistance (PCN)	Coordonnées géographiques des seuils	Altitude du seuil
	VR AI	MAG				
08	080°	080°	2200 x 30	PCN 27F/B/W/T Béton Bitumineux	19°33'33.00''N 005°44'21.13''E	401 m
26	260°	260°			19°33'42.56''N 005°45'35.68''E	399 m

Tableau 3.2: Distances déclarées. [13]

Désignation de la piste	TORA	TODA	ASDA	LDA
08	2200 m	2200 m	2200 m	2200 m
26	2200 m	2200 m	2200 m	2200 m

3.2. Voies (s) de circulation :

Il s'agit d'une bretelle de 175m x 25m en béton bitumineux.

3.3. Aire de trafic :

Représenté par le parking des avions de l'aérodrome est située au nord de la piste de dimensions 200 m x 90m.

Elle est aménagée en trois (03) postes de stationnement d'aéronef destinés à recevoir l'aéronef critique de type ATR-72

3.4. Les obstacles autour de l'aérodrome :

Dans l'étude deux types d'obstacles sont pris en considération :

3.4.1. Obstacles naturels:

Les altitudes des obstacles massifs (relief naturel) sont retirées directement de la carte topographique :

Cartes topographiques 1/200000

3.4.2. Obstacles artificiels :

Les différents obstacles minces et filiformes sur les aires à proximité de l'aérodrome d'In Guezzam sont résumés au tableau ci-après :

Tableau 3.3: Les obstacles artificiels à proximité de la l'aérodrome d'In Guezzam.[13]

<i>Circling area and at aerodrome</i>					
<i>OBST ID / Designation</i>	<i>Obstacle type</i>	<i>OBST position</i>	<i>Elevation/Height</i>	<i>Markings / Type, Color</i>	<i>Remarks</i>
a	b	c	d	e	f
DATGOB003	TWR	193348.70N 0054505.10E	HGT 17 M	NIL	
DATGOB004	NDB antenna	193353.84N 0054508.96E	411/HGT 14 M	NIL	
DATGOB005	PRKG Pylons	193347.10N0054459.00E	HGT 24 M	NIL	
DATGOB006	PRKG Pylons	193347.70N0054503.50E	HGT 24 M	NIL	
DATGOB007	PRKG Pylons	193348.30N0054508.20E	HGT 24 M	NIL	
DATGOB008	TDA antenna	193259.70N 0054605.80E	HGT 100 M	NIL	
DATGOB009	Military antenna	193354.10N 0054455.50E	HGT 15 M	NIL	
DATGOB010	METEO antenna	193349.10N 0054455.00E	HGT 16 M	NIL	

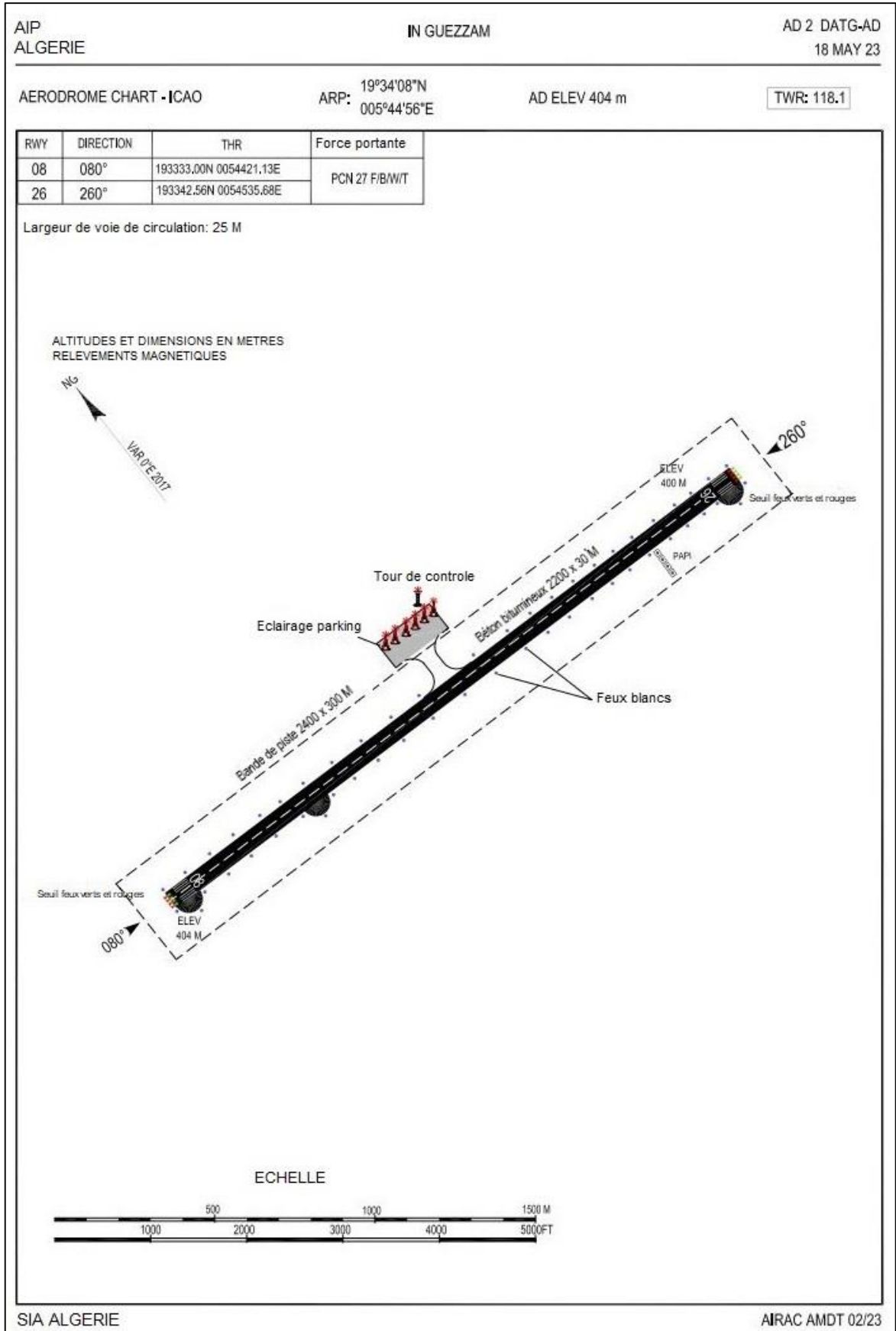


Figure 3.2: Infrastructures existantes [13].

3.5. La tour de contrôle :

L'aérodrome d'In Guezzam est doté d'une tour de contrôle située du côté de l'aire de trafic, et d'une hauteur de 17 m.

Cette dernière est exploitée par les contrôleurs tour « civils et militaires » afin de gérer le trafic aérien sur cet aérodrome.

La tour de contrôle d'une hauteur de 17 m permet de visualiser l'évolution des aéronefs sur l'aire de mouvement (infrastructures existantes) ainsi que les atterrissages, les décollages et des manœuvres à vue aux abords de l'aérodrome.



Figure 3.3: Position de la tour par rapport au parking avions. [11]

3.6. Aides visuelles :

- Deux (02) indicateurs de pente d'approche : PAPI 08 et PAPI 26.
- Manche à air (indicateur de direction du vent).
- Balisage lumineux de la piste (feux latéraux) d'une couleur blanche sur 2200 m.
- Feux d'extrémité de piste, au niveau des seuils 08 et 26 d'une couleur rouge.

- Feux de seuil, au niveau des seuils 08 et 26 d'une couleur verte.
- Feux latéraux des aires de demi-tour, au niveau des seuils 08 et 26 d'une couleur blanche.

3.7. Moyens de radionavigation :

- **VOR « IGZ »**. 19°33'49.00"N,005°44'02.00"E
- **NDB « IGZ »**. 19°33'53.84"N,005°45'08.96"E

La procédure d'approche aux instruments basées sur le NDB est conçue et publiées dans l'AIP Algérie depuis le 11/07/2024.

Pour le VOR, il a été déplacé à cause des travaux qu'on va voir plus tard, donc une révision de la procédure existante est nécessaire.



Figure 3.4: Emplacement VOR et NDB [11]

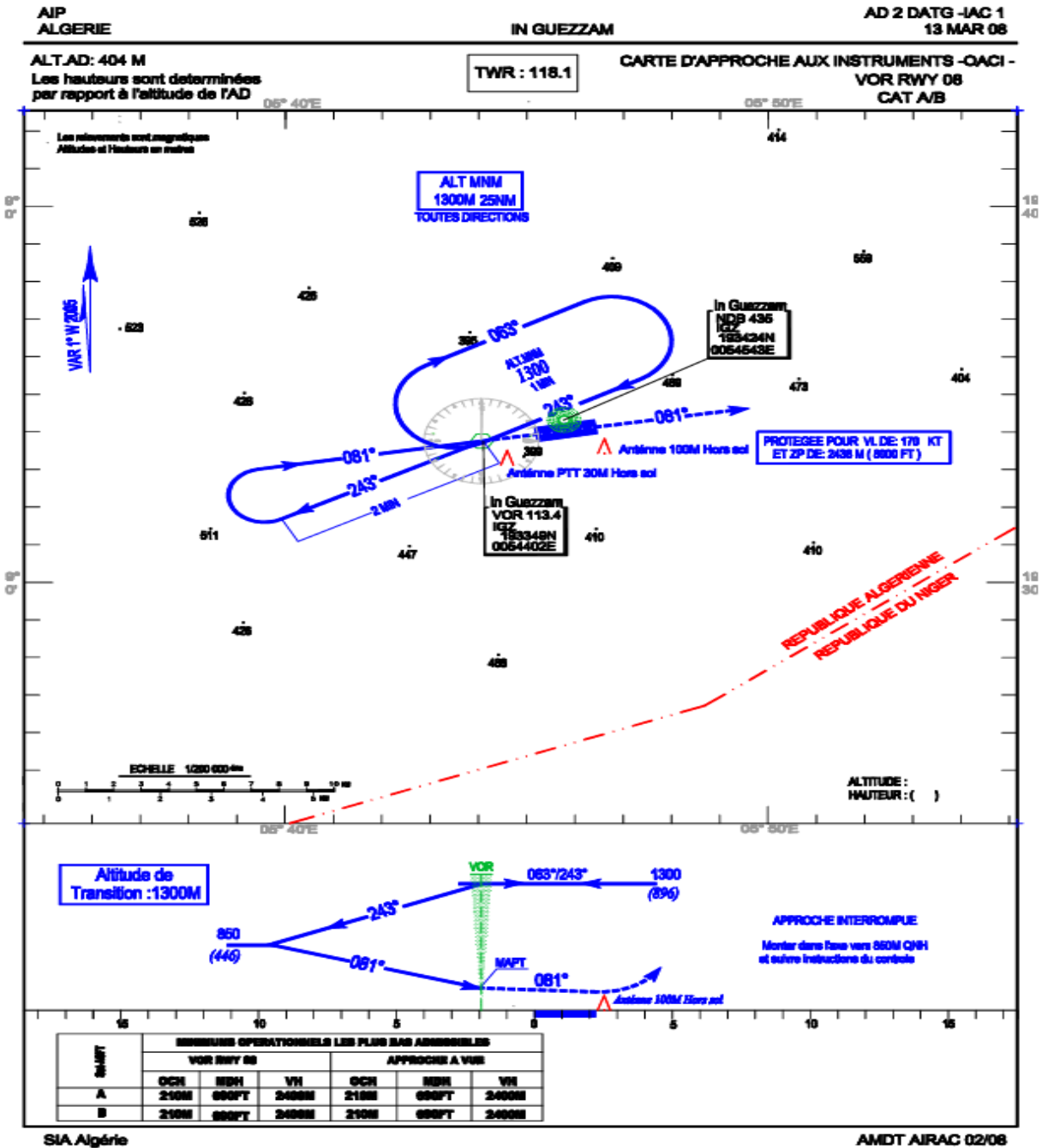


Figure 3.5: Ancienne carte d'approche aux instruments VOR RWY 08 Cat A/B. [13]

**INSTRUMENT APPROACH
CHART CAT: A/B
AD ELEV: 404 M**

**IN GUEZZAM-DATG
NDB RWY 08**

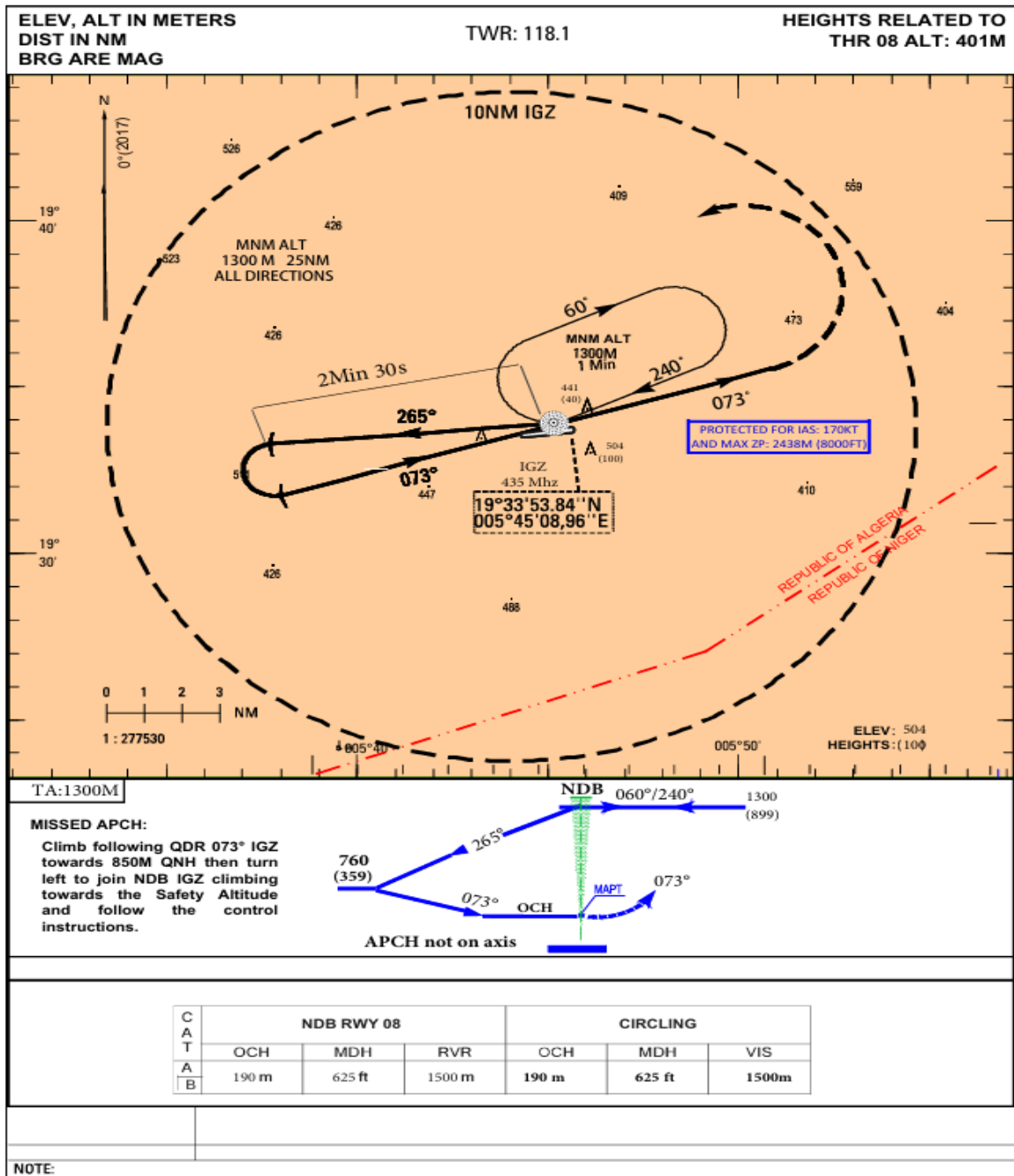


Figure 3.6: Nouvelle carte d'approche aux instruments NDB RWY 08 Cat A/B. [13]

Remarque :

La procédure représentée dans la carte de la figure 3.7 est toujours en vigueur, mais à cause de la courte portée du moyen, et sa technologie obsolète, l'élaboration d'une procédure VOR est nécessaire.

4. Statistique de Trafic aérien de l'aérodrome d'In Guezzam :

Tableau 3.4 : Evolution annuelle du trafic de l'aérodrome d'In Guezzam par type et nature de trafic

Mois	MOUVEMENTS COMMERCIAUX			MOUVEMENTS NON COMMERCIAUX			Total Général
	Nationaux	Internationaux	Total	Vols locaux	Militaire - Officiel	Total	
2019	11	0	11	43	66	109	120
2020	0	0	0	17	32	49	49
2021	0	0	0	68	48	116	116
2022	0	0	0	89	45	134	134
2023	0	0	0	132	34	166	166

Tableau 3.5 : Evolution annuelle du trafic de l'aérodrome d'In Guezzam (répartition par IFR et VFR)

Années	Mouvements commerciaux			Mouvements non commerciaux			Total Général
	IFR	VFR	Total	IFR	VFR	Total	
2019	11	0	11	109	0	109	120
2020	0	0	0	49	0	49	49
2021	0	0	0	116	0	116	116
2022	0	0	0	134	0	134	134
2023	0	0	0	166	0	166	166

Ces deux tableaux, montrent que l'aérodrome d'In Guezzam est un aérodrome mixte national, qui assure des vols locaux, et militaires.

Les vols IFR représente la totalité des vol assuré par cet aérodrome.

5. L'extension de la piste :

Le besoin d'extension de la piste d'In Guezzam est dicté par la nécessité de réception des avions gros porteurs de type ILYUSHIN 76 et/ou BOEING 737/800. Ces derniers nécessitent pour leurs manœuvres des superficies plus importantes que celles qui existent actuellement.

Pour ces raisons et selon les recommandations de l'OACI, l'aérodrome devra passer à un code de référence supérieur qui est **4D**, donc :

- Une longueur de piste plus importante est d'une largeur de 45 m seront donc nécessaires.
 - Cette piste sera bordée d'accotements de 7.5m de part et d'autre sur toute sa longueur tel que préconisé par l'OACI.
 - Deux prolongements d'arrêt (100m x 45m chacun), doivent être construits au-delà des deux seuils de la piste 08 et 26.
 - La bande de piste devra aussi passer à une largeur de 140m de part et d'autre de l'axe de piste et s'étendre à 60m au-delà des deux seuils de piste ou du prolongement d'arrêt.
 - Concernant le volet structurel et géotechnique, la partie existante de la piste devra supporter des avions gros porteurs alors qu'elle est dimensionnée pour des avions moins contraignants, d'où la nécessité de son renforcement. Idem pour la bretelle et le parking avions. Ce dernier fera aussi l'objet d'un élargissement, un autre paramètre qui s'avère donc important et non négligeable vu son emplacement actuel contraignant.
- [14]

5.1. Les Contraintes :

Les études visant l'extension de la piste de l'aérodrome d'In Guezzam ont conduit aux contraintes suivantes :

5.1.1. Problème d'inondations :

L'aérodrome est situé au Sud-Ouest de la ville au milieu d'une zone inondable. La partie Est de l'aérodrome est régulièrement inondable en raison de sa faible altimétrie par rapport aux reliefs environnants.[14]

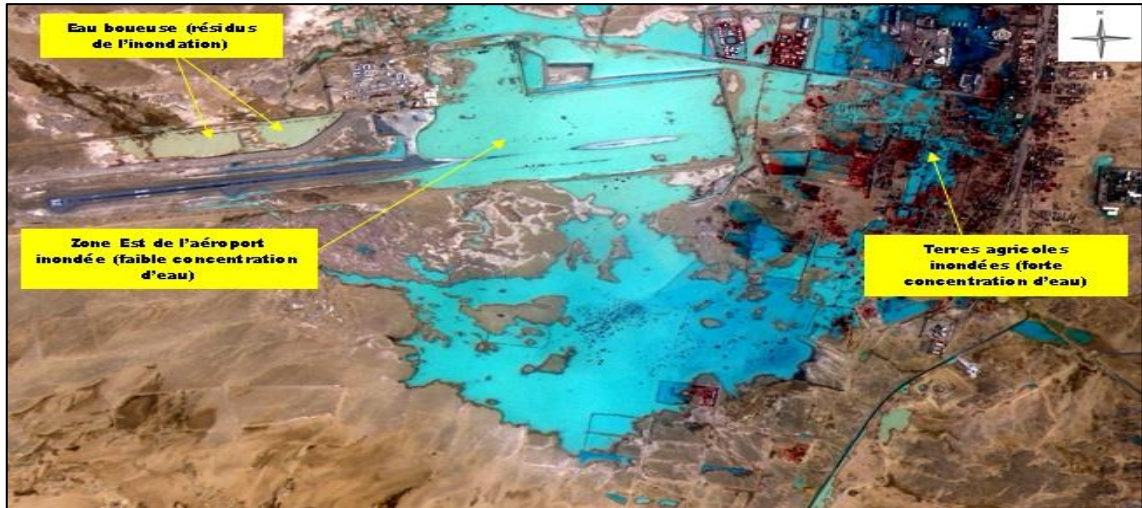


Figure 3.7: Vue de l'étendu des inondations. [14]

5.1.2. Extension impossible du côté du seuil 26 :

La trouée du côté du seuil 26 est dégagée. L'extension de la piste de ce côté n'est pas possible vu la proximité de la ville. [14]



Figure 3.8: Trouée du seuil 26 - Coté ville (vue de l'Ouest vers l'Est. [14]

5.1.3. La dénivelée coté seuil 08 :

A vue d'œil, la trouée du côté du seuil 08 est assez dégagée. Une dénivelée importante du terrain naturel est présente sur les premiers 800 mètres au-delà de la clôture de l'aérodrome. Cette dénivelée est de l'ordre de 10m.

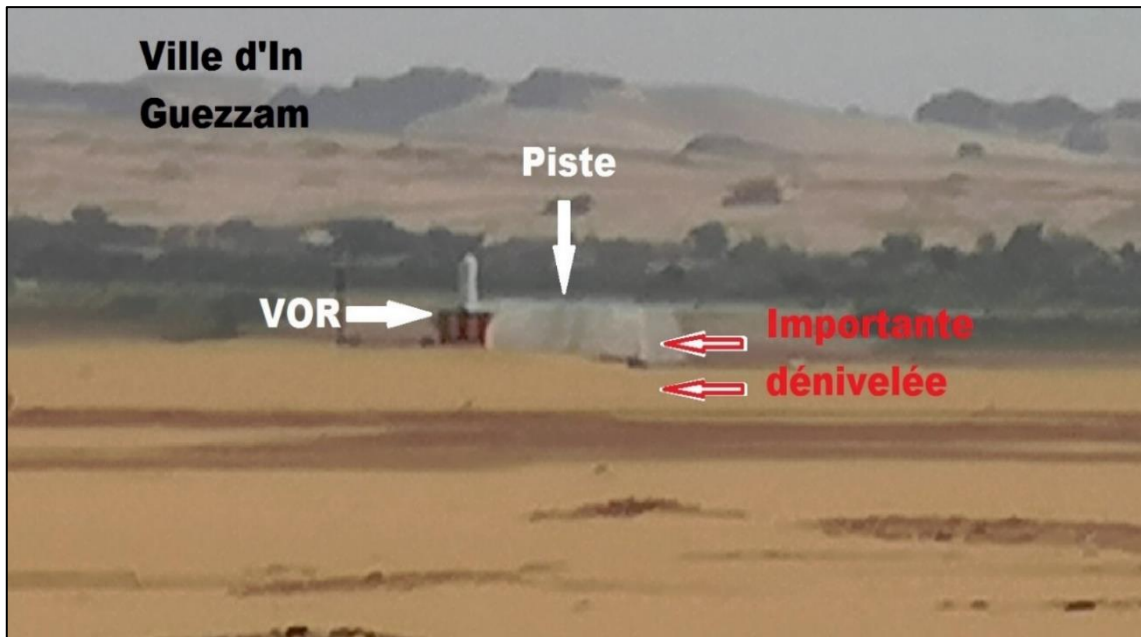


Figure 3.9: La dénivelée importante du terrain naturel coté seuil 08. [14]

5.1.4. La digue de protection contre les inondations :

Une digue de protection contre les inondations est présente au Nord de la piste à l'intérieur du périmètre de l'aérodrome. Cette digue d'une hauteur de 3m à 3.5m par endroit, s'étend en parallèle à la piste à une distance moyenne de 100m par rapport à l'axe de cette dernière. [14]

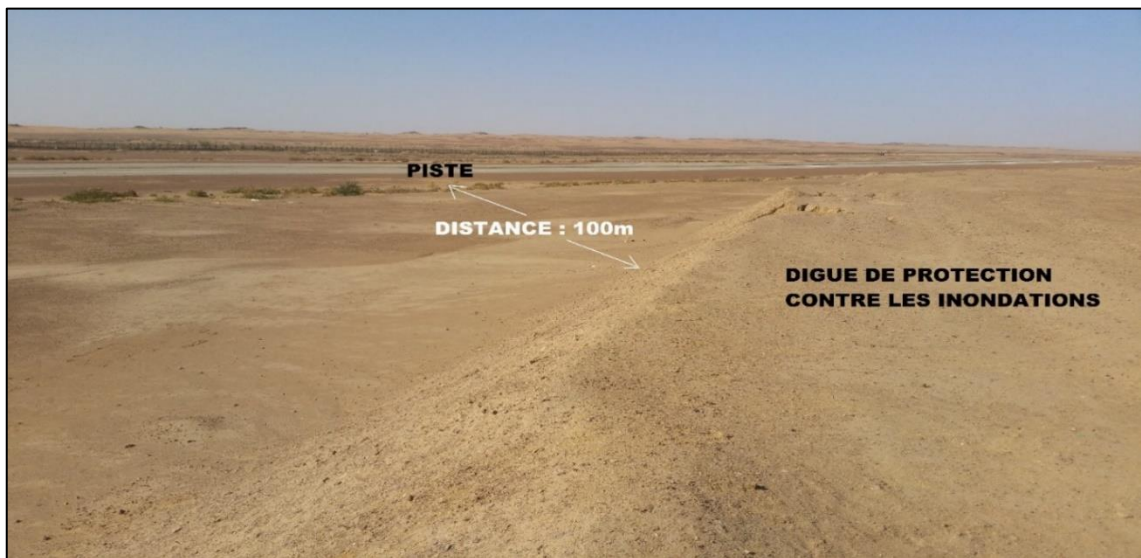


Figure 3.10: Distance de la digue de protection contre les inondations à la piste actuelle. [14]

5.1.5. Risque aviaire :

Le risque aviaire lié à la présence des oiseaux autour des points de stagnation d'eau derrière la digue de protection contre les inondations. [14]



Figure 3.11: Point de stagnation d'eau derrière la digue de protection contre les inondations.[14]

➤ Conclusion :

Suite aux études, plusieurs contraintes qui ont rendu l'extension de la piste impossible.

On les récapitule comme suit :

- Les inondations régulières touchant une grande partie de l'aérodrome rendent inefficace toute éventuelle extension de la piste vue que l'aérodrome demeure inexploitable.
- La grande dénivelée que présente le relief immédiat (environ 10 m de hauteur sur les premiers 800 m), impose la délocalisation d'un volume important des déblais pour la construction de la piste et assurer le dégagement des surfaces de limitation d'obstacles.
- Une fois la bande de piste élargie, la proximité de la digue de protection contre les inondations fera d'elle un obstacle vis-à-vis du dégagement de

la bande et de la surface de transition, ce qui est un sérieux problème à surmonter. La délocalisation de cette digue s'avère obligatoire.

A cet effet, la réalisation d'une nouvelle piste est une solution par excellence.

6. La Réalisation de la nouvelle piste :

6.1. Le site choisi :

La piste et ses annexes seront construites sur le nouveau site proposé situé à l'ouest de l'aérodrome existant. Ce site bien dégagé, surélevé et à l'abri des inondations est une solution efficace à proposer. Les vérifications effectuées à travers une visite des lieux et une collecte des données, un levé topographique, des calculs géométriques ainsi que la projection d'une conception sommaire de l'infrastructure sur la zone proposée, ont permis de valider la faisabilité d'une piste de 3200m x 45m et ses différentes annexes.[14]

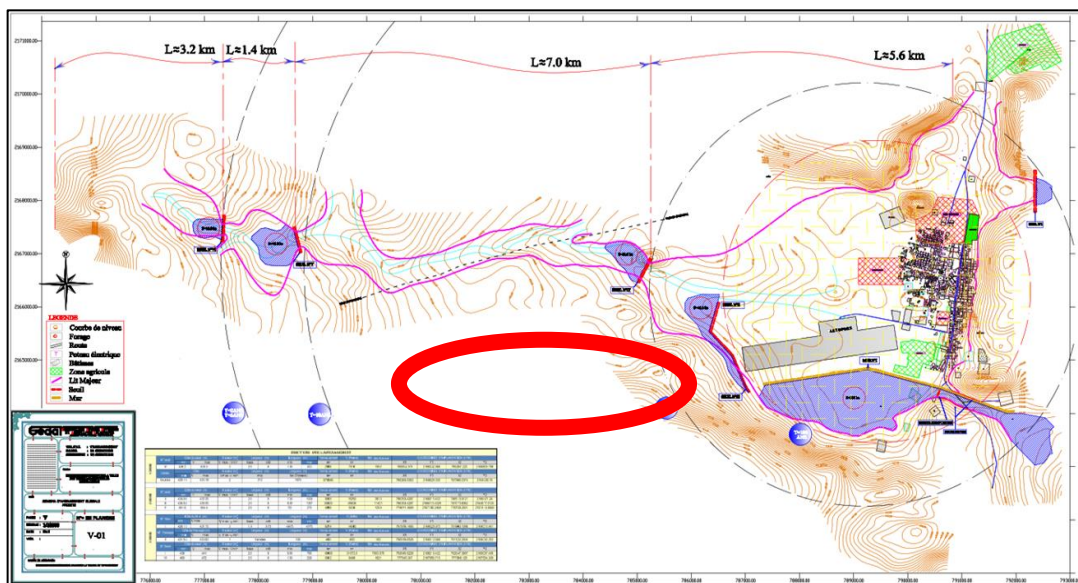


Figure 3.12: Le site proposé par rapport à l'actuel.[14]

6.2. Orientation :

L'orientation de la piste existante est supposée être validée précédemment à travers l'exploitation d'un ensemble de données des vents sur une période décennale. Cette orientation demeurera inchangée pendant toute la durée de vie de l'ouvrage (sauf effet de la déclinaison magnétique).

Le site du nouvel aéroport proposé étant limitrophe à l'actuellement existant, rend évident qu'une orientation quasi similaire de la nouvelle piste par rapport à l'existante est un choix acceptable et justifié.[14]

6.3. Avantages par rapport à l'extension :

- Le problème de l'inondation du site ne se pose pas. La prise en compte des quelques petits écoulements relevés sur le nouveau site se fera dans le cadre de l'étude du dispositif d'assainissement de l'aéroport.
- Suite à ça, le risque d'aviaire diminue d'une manière remarquable.
- La pente moyenne du terrain permet la conception d'une piste avec une pente globale de moins de 1%.
- Le nouveau site offre une multitude de variantes de conception possibles et aménageables (parkings avions, taxiway et bretelles, alvéoles, ...).



Figure 3.13: Image satellitaire de la nouvelle piste.[11]

6.4. Informations sur la nouvelle piste et ses dégagements :**Tableau 3.6: Information sur la nouvelle piste.[15]**

Paramètres généraux	Avions de référence	Boeing 737-800 & Ilyushin 76TD
	Altitude	420 m
	Température de référence	45° Celsius
	Classification de l'aérodrome	4D
	Type d'approche	Approche de précision
Piste	Orientation de la piste	08/26
	Longueur de la piste	3200 m
	Largeur de la piste	45 m
	Coordonnées des seuils	Seuil 08 : x = 19°33'12.26" N / y = 5°41'41.28" E / z = 427 m Seuil 26 : x = 19°33'28.59" N / y = 5°41'41.28" E / z = 413 m
	Pentes de la piste	Pente globale : 0.625 % / Pente transversale : 1%

Tableau 3.7: Distances déclarées.

Désignation de la piste	TORA	TODA	ASDA	LDA
08	3200 m	3200 m	3460 m	3200 m
26	3200 m	3200 m	3460 m	3200 m

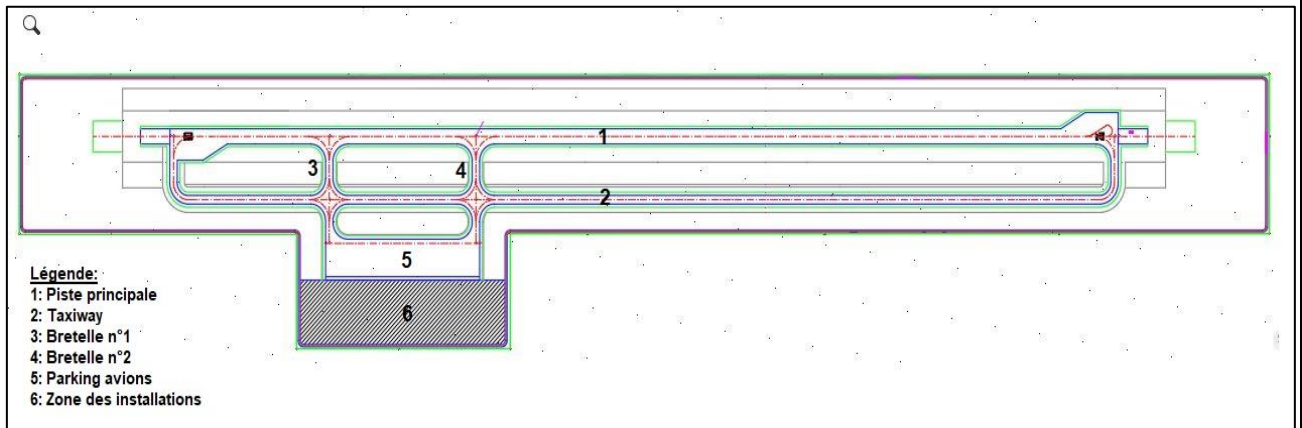


Figure 3.14: Plan de réalisation de la nouvelle piste et ses annexes réalisé par Autocad.[15]

Tableau 3.8: Surfaces aéronautiques de dégagement.[15]

Surface	Caractéristiques
Surface horizontale intérieure	Rayon : 4000 m / Hauteur : 45 m
Surface conique	Pente : 5 % / Hauteur : 100 m
Surface intérieur d'approche	<ul style="list-style-type: none"> • Largeur : 120 m. • Distance au seuil : 60 m. • Longueur : 900 m. • Pente : 2 %.

Surface d'approche	<ul style="list-style-type: none"> • Longueur du bord intérieur : 300 m. • Distance au seuil : 60 m. • Divergence (de part et d'autre) : 15 %. • Première section : longueur : 3000 m / pente : 2 %. • Deuxième section : longueur : 3600 m / pente : 2.5 %. • Section horizontale : longueur : 8400 m / longueur totale : 15000 m.
Surface de décollage	<ul style="list-style-type: none"> • Longueur du bord intérieur : 180 m. • Distance par rapport à l'extrémité de piste : 60 m. • Divergence de part et d'autre : 12.5 %. • Largeur finale : 1200 m. • Longueur : 15000 m. • Pente : 2 %.
Surface de transition	Pente : 14.3 %.
Surface intérieure de transition	Pente : 33.3 %.
Surface d'atterrissage Interrompu	<ul style="list-style-type: none"> • Longueur du bord intérieur : 120 m. • Distance au seuil : 1800 m. • Divergence (de part et d'autre) : 10 %. • Pente : 3.33 %

6.5. Vérification de la visibilité de la nouvelle piste depuis l'ancienne tour de contrôle :

Comme déjà vu dans le premier chapitre, pour vérifier la visibilité on doit vérifier les points suivants :

- Les zones dont on doit avoir une visibilité totale.
- La règle de 1%.
- Le respect des servitudes aéronautique de dégagement.
- La vérification de la visibilité par rapport à la dénivelée du terrain.

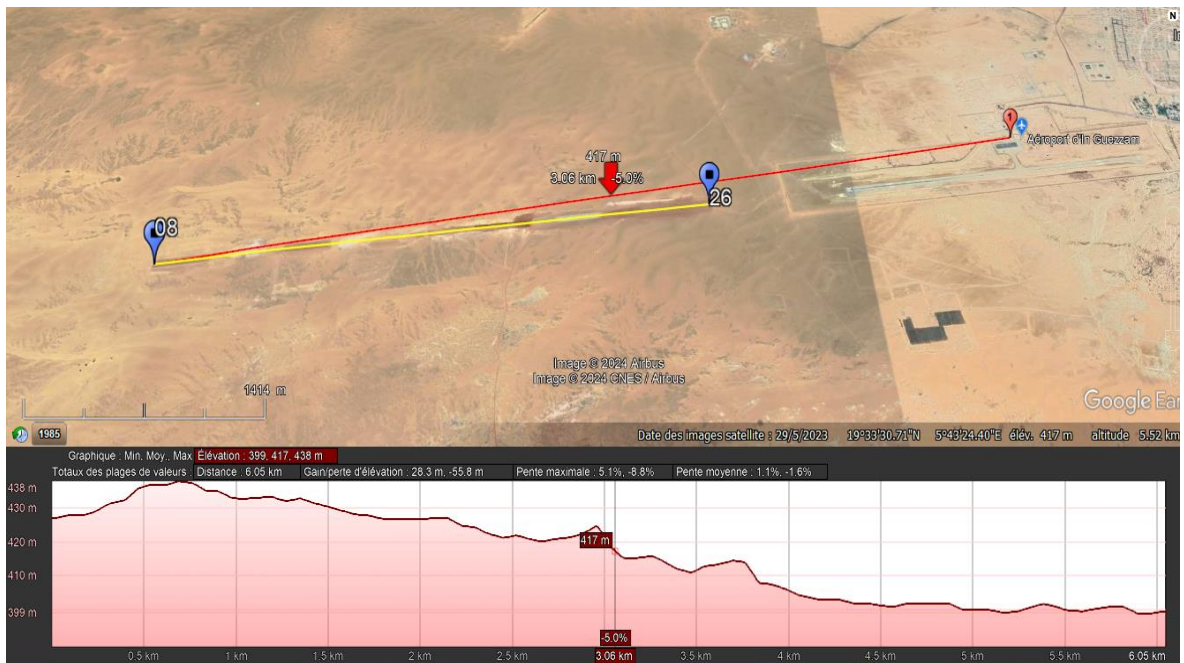


Figure 3.15: Visibilité et dénivelée de terrain de l'ancienne tour par rapport à la nouvelle piste.[11]

- La zone à vérifier, est le seuil de piste 08, puisque c'est le plus loin.
- La règle de 1% : ça veut dire qu'on doit vérifier la visibilité du seuil 08 de la nouvelle piste depuis la la vigie de l'ancienne tour de contrôle.

La pente (p) = la hauteur (h) / la distance TWR/THR 08 (d)

$h = 17 \text{ m}$ (toit de la tour) , $d = 6005 \text{ m}$

Donc : $p = 17 / 6005 = 0.002 = 0,2\%$

p = 0.2%

Cette pente alors, ne vérifie pas la règle de 1%.

- Le profil de dénivelé montre l'impossibilité de voir le THR 08 de la nouvelle piste, comme le toit de la tour est à la même altitude que le sommet qui se trouve à une distance de 3006 m de ce dernier.
- Il n'est donc pas nécessaire de vérifier les servitudes aéronautiques, après les deux points précédents.

➤ **Conclusion :**

Il est donc impossible de contrôler la nouvelle piste depuis l'ancienne tour.

Ainsi, on doit obligatoirement construire une nouvelle tour de contrôle qui remplit les conditions de visibilité.

La réalisation d'une nouvelle piste ainsi qu'une nouvelle tour conduit automatiquement à la construction d'un nouvel aérodrome avec toute l'infrastructure associé.

7. Déplacement du VOR IGZ :

Les travaux de construction de la nouvelle piste ont mis le VOR en danger de destruction à cause des grands engins de terrassement et des travaux continue, vu qu'il se trouve dans l'axe de la nouvelle piste.

Pour sa préservation contre la destruction, il a été déplacé dans l'axe de piste de 1242 m vers l'est.

Mais ce déplacement a engendré un autre problème qui est l'inondation de nouveau site du VOR, et pour le résoudre, le moyen radioélectrique a été levé sur le niveau du sol sur un support de 1,5 m.

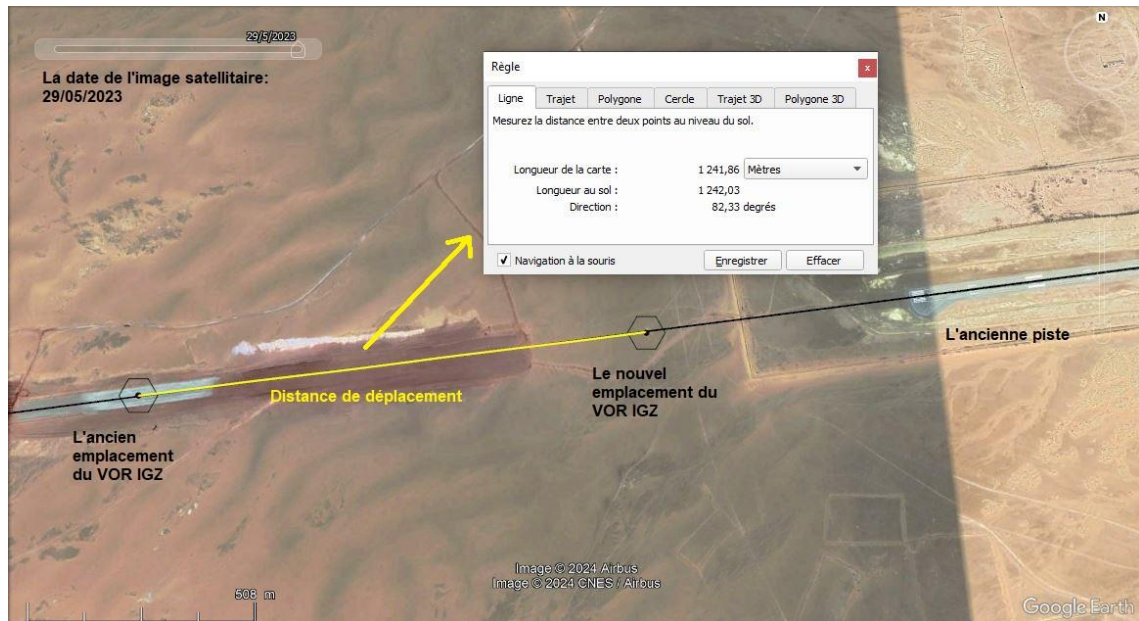


Figure 3.16: Image satellitaire montrant le déplacement du VOR IGZ. [11]

8. Problématique :

- Le besoin de réaliser une nouvelle tour de contrôle implique la recherche d'un site idéal pour la construction de cette dernière.

Un site qui remplit toutes les conditions de visibilité et évite toutes les contraintes qui peuvent influencer négativement sur le contrôle aérien et la sécurité des vols.

- Le déplacement du VOR IGZ annule d'une façon automatique l'ancienne procédure d'approche aux instruments qui a été basé sur ce dernier. Cela conduit à une révision de la procédure existante, ou à l'élaboration d'une nouvelle procédure afin d'assurer l'exploitation de l'aérodrome d'In Guezzam pour des approches aux instruments.

9. Présentation du projet :

Compte tenu de ce qui précède, notre projet vise à compléter les tâches suivantes :

- L'étude d'implantation d'une nouvelle tour pour le nouvel aérodrome d'In Guezzam.

- La conception d'une procédure provisoire aux instrument correspondante au nouvel emplacement du moyen VOR desservant la piste 08 pour l'exploitation des aéronefs catégories A/B.

Chapitre 4

**Etude d'implantation de la
nouvelle tour de contrôle
d'In Guezzam.**

1. Introduction :

La réalisation de la nouvelle tour de contrôle à aéroport d'In Guezzam, demande :

- Le choix d'un site optimal qui répond aux critères de visibilité et évite les contraintes suscitées, au niveau de la zone projetées pour la construction des installations aéroportuaires.
- Le calcul de la hauteur minimale au niveau du plancher de la vigie, respectant les normes de visibilité.
- La vérification de la hauteur calculée par rapport aux profils des dénivelés du terrain vis-à-vis du champ de vision du contrôleur aérien à partir de la tour de contrôle ;
- La vérification de la hauteur calculée par rapport aux servitudes aéronautiques de dégagement de l'aéroport.

2. Méthode de calcul :

Le calcul de la Hauteur du plancher de la vigie **H** sera effectué comme suit :

- Calcul de la hauteur **H'** relative à l'œil du contrôleur dans la vigie par rapport à l'horizontal, et ce en vérifiant le critère de visibilité, en appliquant la règle **1%**.
- La différence entre l'altitude du site choisi et les altitudes des seuil **ΔH** , sera pris en considération, donc elle sera soustraite de la valeur du **H** déjà calculée.
- La valeur forfaitaire de **$h = 1.2 \text{ m}$** relative à la hauteur du contrôleur aérien assis sera aussi soustrait de la valeur de la hauteur **H'**.

3. La détermination de la hauteur de la tour projetée :

La hauteur finale de la tour de contrôle dépend de plusieurs facteurs à savoir :

- La hauteur du plancher de la Vigie calculée.

- La hauteur de la Vigie, c.à.d. la hauteur totale de la tour (entre 03 et 05 m).
- Les hauteurs des bureaux, du bloc technique, salle technique, salle de repos, et des équipements qui seront installés au-dessous de la vigie.
- Les profils des dénivelés entre le site choisi et les seuils de piste.

Figure 4.1: Coordonnées et altitudes des seuils de piste.[11]

	THR 08	THR 26
Latitude	19°33'12.26" N	19°33'28.59" N
Longitude	5°41'41.28" E	5°43'47.74" E
Altitude Terrain	427 m	413 m

4. Le choix du site de la nouvelle tour de contrôle :

Figure 4.2: Données du site choisi.[11]

Latitude TWR 01	19°33'2.86" N
Longitude TWR 01	5°42'29.23" E
Altitude Terrain TWR	431 m
Distance TWR 01 / THR 08	1427 m
Distance TWR 01 / THR 26	2420 m

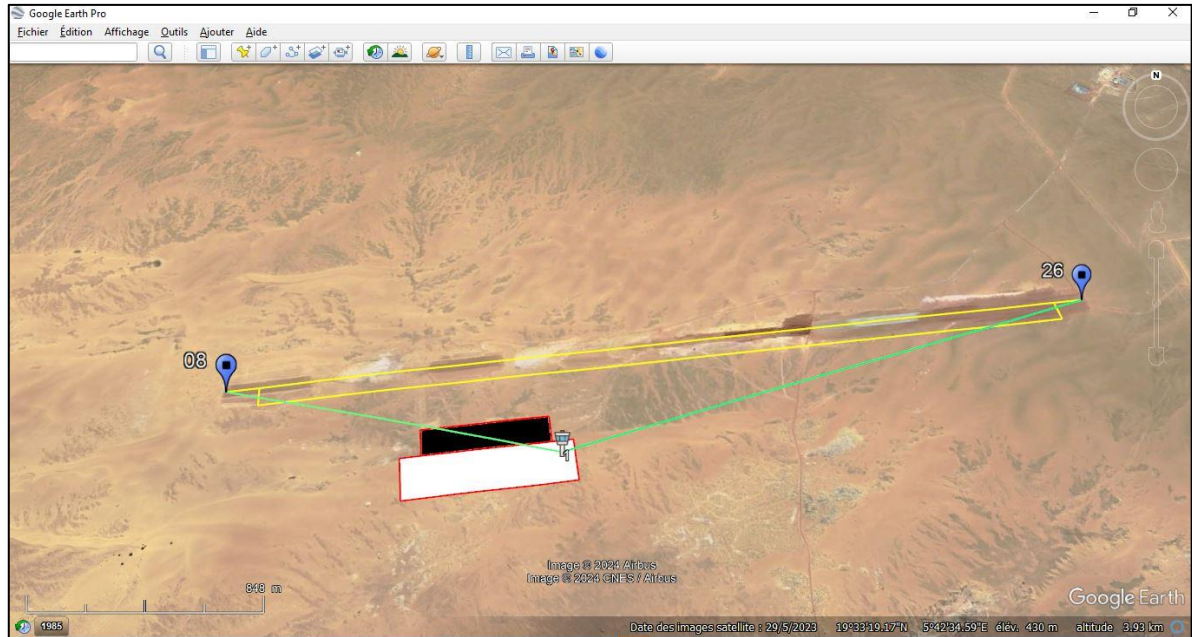


Figure 4.3 : Le site choisi. [11]

5. Calcul de la hauteur H :

5.1. Etude de la visibilité par rapport au seuil 26 :

$D=2347$ m ; Distance d'éloignement entre le site de TWR et le THR 26.

$$P = H'/D$$

$$H' = P \times D$$

$$H' = 0.01 \times 2420 \text{ m} = 24.2 \text{ m.}$$

$$\Delta H = \text{Altitude Terrain TWR} - \text{Altitude Terrain THR26 Final} = 431 - 413 = 18 \text{ m.}$$

$$\text{Donc : } H = H' - \Delta H - h = 24.4 - 18 - 1.2 = 4.8$$

$$H_{\text{TWR/26}} = 4.8 \text{ m}$$

5.2. Etude de visibilité par rapport au seuil 08 :

$D=1427$ m ; Distance d'éloignement entre le site de TWR et le THR 26.

$$P = H'/D$$

$$H' = P \times D$$

$$H' = 0.01 \times 1427 \text{ m} = 14.27 \text{ m.}$$

$$\Delta H = \text{Altitude Terrain TWR} - \text{Altitude Terrain THR08 Final} = 431 - 427 = 4 \text{ m.}$$

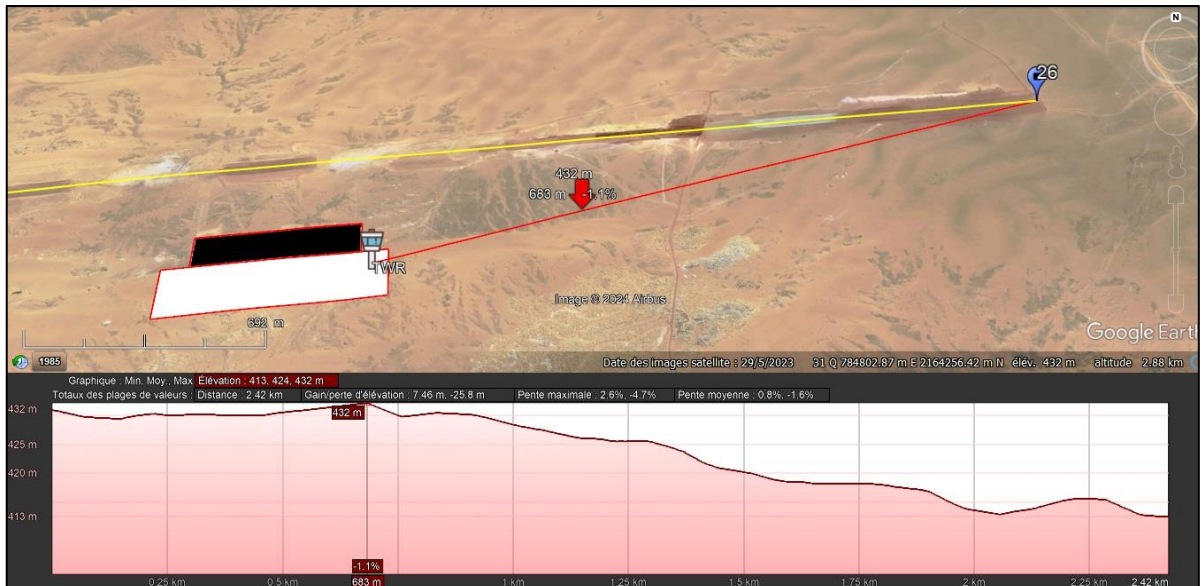
$$\text{Donc : } H = H' - \Delta H - h = 14.27 - 4 - 1.2 = 9.07 \approx 9 \text{ m}$$

$H_{\text{TWR/08}} = 9 \text{ m}$

- Des deux résultats, on choisit $H = 9 \text{ m}$ comme hauteur du plancher de la vigie, puisque c'est la plus haute.

5.3. Vérification de la visibilité par rapport aux profils des dénivelés du terrain :

5.3.1. Le seuil 26 :



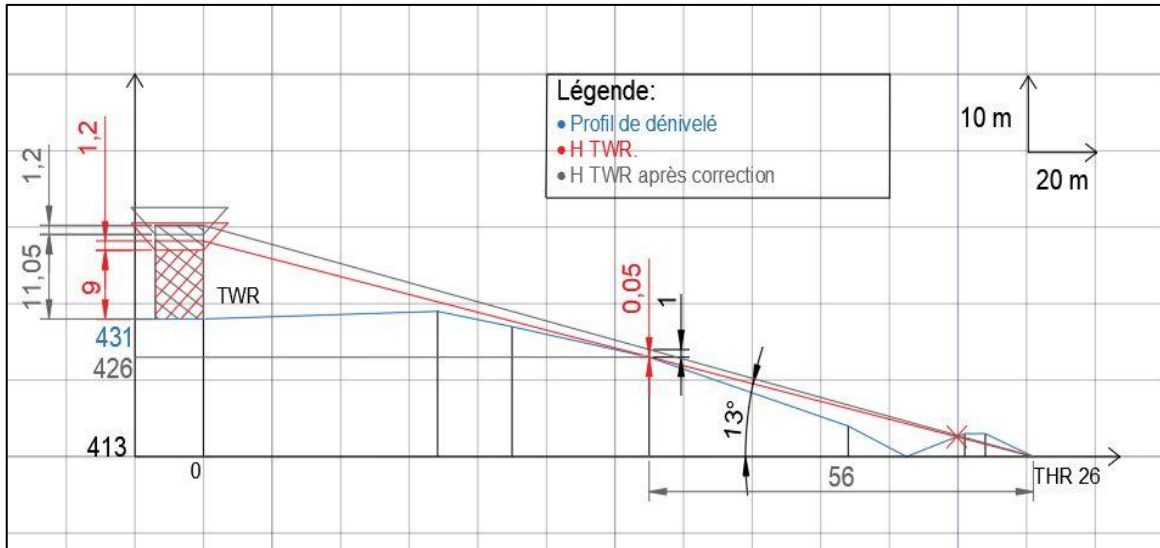


Figure 4.5: Vérification de la visibilité TWR/THR 26. [12]

- La figure 4.5, montre que la ligne de visibilité depuis la vigie vers le seuil 26 **frôle** le relief (une distance de 5 cm) d'une altitude de 426 m situé à une distance de 1120 m du SEUIL 26, causant une médiocrité de visibilité, donc une majoration est nécessaire pour améliorer cette dernière.
- Pour corriger ça, on va calculer la pente pour la hauteur du point gênant, puis calculer la hauteur de la tour relative à cette pente.

1) On a : $p = h / d$.

h : est la différence d'altitude entre point gênant et le THR 26 majoré d'un mètre pour améliorer la visibilité , $h = 426 - 413 + 1 = 14$

d :est la distance entre le THR 26 et la projection du point gênant sur l'axe horizontal

$d = 1120$.

Donc : $p = 14 / 1120 = 0.0125$.

2) $h_{TWR} = (0.0125 \times 2420) - \Delta H - 1.2 = 30.25 - 18 - 1.2 = 11.05 \approx 11 \text{ m}$

- En ce qui concerne la bosse au voisinage du seuil 26, on peut la négliger car elle se trouve au niveau de la piste et taxiway qui vont être nivelés à l'avenir avant l'achèvement des travaux comme montre la figure 4.6.



Figure 4.6: La bosse au niveau du THR 26. [11]

- On obtient alors :

$$H_{TAWR/THR\ 26} = 11\ m$$

5.3.2. Le seuil 08 :

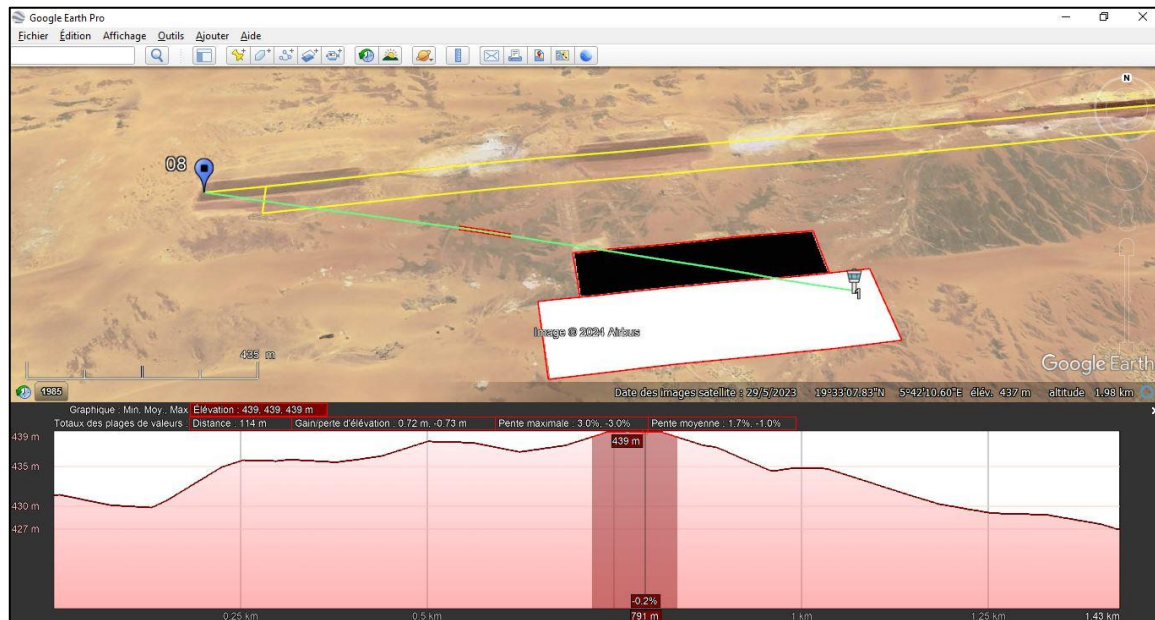


Figure 4.7: Profil de dénivelé entre la tour et le seuil 08. [11]

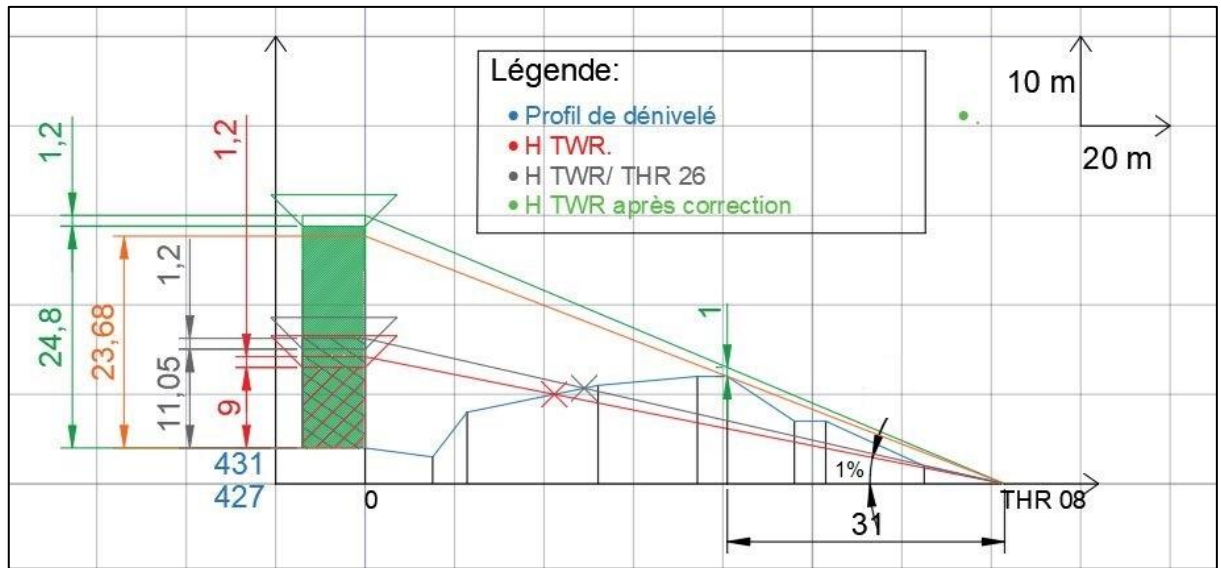


Figure 4.8: Vérification du H TWR/THR 08. [12]

Nous constatons que la visibilité depuis la vigie est impossible, que ça soit d'une hauteur de 9 ou même de 11.05 m comme trouvé précédemment, et ce, à cause de la dénivelée du terrain.

Donc on calcule la pente exacte pour le sommet le plus pénalisant de la dénivelée.

- La figure ci-dessus, montre bien qu'il s'agit du sommet de 439 m d'altitude situé à une distance de 620 m du THR 08.
- Cela veut dire une autre majoration de la hauteur.

1) On a : $p = h / d$.

h : est la différence d'altitude entre point gênant et le THR 08 majoré d'un mètre pour améliorer la visibilité , $h = 439 - 427 + 1 = 13$

d : est la distance entre le THR 08 et la projection du point gênant sur l'axe horizontal

$d = 620$.

Donc : $p = 13 / 620 = 0.021$.

$$2) h_{TWR} = (0.021 \times 1430) - \Delta H - 1.2 = 30.03 - 4 - 1.2 = 24.83 \approx 25$$

- On obtient alors :

$$H_{TAWR/THR 08} = 25 \text{ m}$$

Résultat initiale :

- La hauteur qui vérifie les critères de visibilité et le profil de dénivelé, est celle trouvé pour le seuil 08 est : **H= 25 m.**
- La hauteur de la vigie jusqu'au toit varie entre 3m et 5m.
- En ajoutant une hauteur de 3 m à la hauteur du plancher trouvée on aura :

$$25 + 3 = 28.$$

La hauteur totale final de la tour est donc

$$H = 28 \text{ m}$$

5.4. Vérification de la hauteur par rapport aux servitudes aéronautiques :

Le plan de servitudes aéronautiques de dégagement de l'aérodrome ne doit pas être percé en aucun point de ses parties par des obstacles, y compris la nouvelle tour de control.

La hauteur calculée doit donc être vérifiée par rapport au plan de servitudes aéronautique de l'aérodrome d'In Guezzam.

- Le site choisi se trouve dans la surface de limitation d'obstacle appelée « surface horizontale intérieure », à une distance de 476 m de l'axe de piste.
- Le site d'implantation de la TWR projetée à une altitude de terrain égale à 431 m.
- La hauteur maximale à ne pas dépasser pour la réalisation de la nouvelle tour est :

$$471 - 431 = 41 \text{ m.}$$

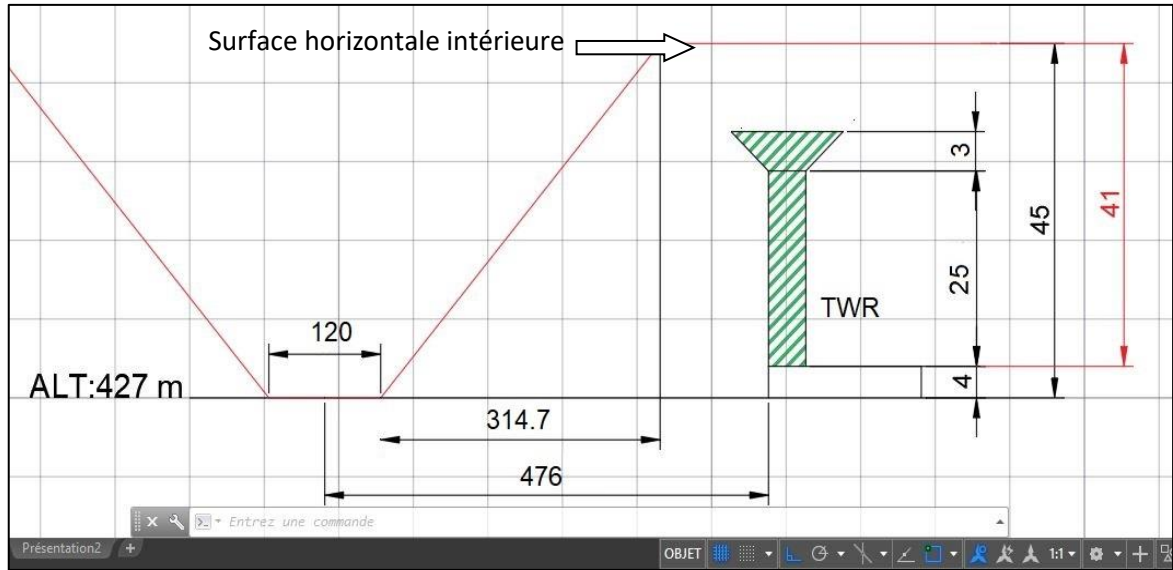


Figure 4.9: La hauteur de la tour par rapport à la surface horizontale intérieure. [12]

5.5. Résultat final :

La hauteur totale de la nouvelle tour de contrôle :

- Doit être supérieure à 28 m et cela en respectant les règles de visibilité des positions critiques.
- Ne doit pas dépasser 41 m afin de ne pas présenter des contraintes vis-à-vis les servitudes aéronautiques de dégagements de l'aérodrome d'In Guezzam.

$$28 \text{ m} < \text{Hauteur finale TWR} \leq 41 \text{ m}$$

6. Raisons du choix du site :

- La position est optimale par rapport aux deux extrémités de la piste, et vérifie les conditions de visibilité.
- La hauteur ne représente aucune contrainte pour des servitudes aéronautiques de dégagement.
- Le site est situé dans la ligne de front des installations, donc évite tout éventuel obstacle qui gêne la visibilité dans le futur.

- Le plus proche site de la zone de l'ancien aérodrome et la ville, ce qui implique le chemin le plus court pour installer les servitudes de l'énergie, la téléphonie, l'alimentation en eau, et les conduites d'assainissement.
- La position de la zone d'installation a facilité la tâche pour l'implantation de la tour orientée face au nord en contrôlant la zone opérationnelle de l'aérodrome, sans risque de contrainte météorologique, notamment celui de l'éblouissement.

7. Conclusion :

Cette étude, nous a permis de déterminer un intervalle de 28 m de plancher de la vigie pour remplir les conditions de la visibilité, jusqu' à 41 m comme hauteur maximale de la tour de contrôle, pour éviter de percer les servitudes aéronautiques de dégagement.

Cela ne représente que la partie aéronautique de la réalisation de la nouvelle tour de contrôle.

Il s'agit enfin d'un travail d'équipe, à savoir : la conception architecturale, les travaux publics, le génie civil, énergétique, hydraulique, réseaux et téléphonie.

Chapitre 5

**Conception de la procédure
provisoire d'approche aux
instruments VOR RWY 08 Cat
A /B.**

1. Introduction :

Ce chapitre pratique se concentre sur la conception manuelle d'une procédure d'approche aux instruments VOR pour le seuil 08 cat A/B, en suivant scrupuleusement les critères prédéfinis par l'OACI pour la conception des procédures d'approche aux instruments (doc 8168 vol II).

2. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR RWY 08 :

2.1. L'arrivé :

L'étude des arrivées est essentielle pour gérer le trafic aérien, en garantissant une séparation suffisante entre les avions et en évitant les collisions. En réduisant les délais et les attentes, elle favorise également l'efficacité opérationnelle en optimisant les trajectoires de vol et en réduisant la consommation de carburant.

2.1.1. Etude des arrivées omnidirectionnelles : calcul des MSA

Altitude minimale de secteur :

Des altitudes minimales de secteur seront déterminées pour chaque aérodrome où des procédures d'approche aux instruments sont en place. Le calcul de chaque altitude minimale de secteur nécessite de :

1. Prendre l'altitude topographique la plus haute dans le secteur ;
2. Ajouter une marge d'au moins 300m (1000 ft) ;
3. Arrondir la valeur obtenue aux 50m ou 100ft supérieurs, selon le cas.

$$\text{MSA} = \text{MAX} (\text{obs} + \text{MFO}).$$

2.1.2. Les étapes de Sectorisation :

1. Tracer sur le point de ralliement (VOR) un cercle nominal de 25 Nm puis un cercle de 30 NM pour la protection.
2. Evaluer le nombre de secteurs nécessaire (orienter les selon les quadrants du compas).
3. Repérer les obstacles les plus pénalisants.

4. Calculer l'altitude minimale de survol de chaque secteur.

Sachant que :

L'altitude minimale (ALT MIN) du secteur est égale à :« Altitude de l'obstacle le plus pénalisant + MFO »

Tableau 5.1: Définition des MFOs

ALT	MFO (m)
Inférieur à 1500 M	300
Égale ou supérieure à 1500m (région montagneuse)	On double la valeur

2.1.3. Les Calculs de la sectorisation :

Dans notre cas :

MFO =300 m.

- ✓ L'Altitude Minimum de chaque Secteur doit être arrondie à 50 m la plus élevée [5].

1. **Secteur 1** : (QDM 090 – QDM 360) :

612+300= 912 m arrondie 950 m

2. **Secteur 2** : (QDM 360 – QDM 270) :

630+300=930 m arrondie 950 m

3. **Secteur 3** : (QDM 270 – QDM 180) :

511+300=811 m arrondie 850 m

4. **Secteur 4** : (QDM 180 – QDM 090) :

488+300=788 m arrondie 800m

2.1.4. Nombre de secteurs :

Pour connaître le nombre de secteurs on doit vérifier pour chaque deux secteurs adjacents la condition suivante :

(MSA1 - MSA2) < 100m

Si elle est signifiante on regroupe les secteurs.

Vérification :

- Secteur 1/Secteur 2 : 950 – 950 < 100m [un seul secteur].
- Secteur 2/Secteur 3 : 950 – 850 >100m [deux secteurs indépendants].
- Secteur 3/Secteur 4 : 850 - 800 < 100m [un seul secteurs].
- Secteur 4/Secteur 1 : 800 – 950 >100m [deux secteurs indépendants]

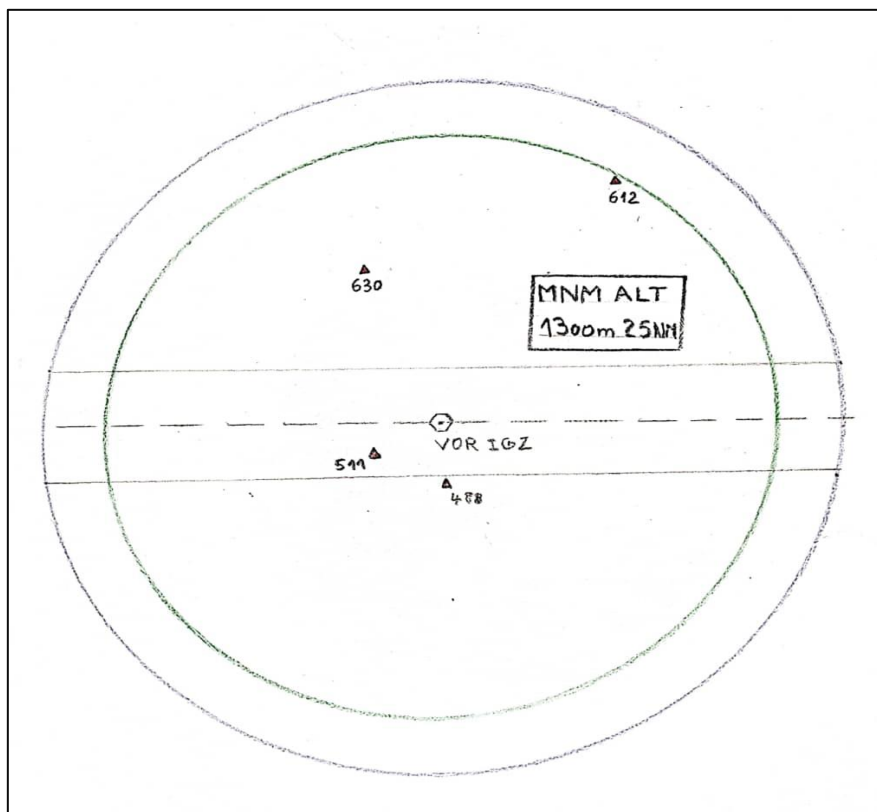


Figure 5.1: Les secteurs et leurs MSA correspondantes

2.2. Conclusion :

- Selon les résultats précédents, deux secteurs sont identifiés :
 1. Secteur 1 (QDM090° - QDM270°) => MSA1 = 950 m.
 2. Secteur 2 (QDM270° - QDM090°) => MSA2 = 850 m.

2.3. L'attente :**2.3.1. Les paramètres d'attente :****Tableau 5.2: Les paramètres d'attente**

Vitesse indiquée cat B	170 kt [7]
Altitude maximale Zp max	8000 ft
Temps d'éloignement	1min
Catégories d'aéronefs	A et B
Température	ISA + 35
Sens du virage	Ça dépend

Explication :

1. **Vitesse indiquée** : 170 kt, relative à la catégorie la plus rapide, celle de **B** des aéronefs
2. **Altitude maximale Z p max** : C'est l'altitude utilisée dans les zones désertiques en Algérie.
3. **Temps d'éloignement** : 1 min, car : l'altitude < 14000 ft [5]
4. **Température** :

La température diminue de 2° chaque 1000 ft d'altitude.

- On calcule la température au niveau de l'aérodrome, vu qu'on a la température indiquée à ce niveau [13], et on garde cette valeur pour le reste des calculs liés à cette température :
 - Alt aérodrome= 404 m (1325 ft)
- 1000 —————> 2°
- 1325 —————> X?
- $X = (1325 * 2) / 1000 = 2,65 \text{ °C}$
 - MSL = 15 °C
 - $VAR = 45 - (15 - 2,65) = 32,65 \approx 35.$

Donc :

$$\text{VAR} = \text{ISA} + 35.$$

2.3.2. Construction de l'aire d'attente :

Tableau 5.3 : Les paramètres d'attente

Vi (Kt)	170
Altitude (Ft)	8000
Temp (min)	1
VAR de Temperature (°C)	35
Catégorie aéronefs	B

❖ **Etape1 : Construction du gabarit d'attente :**

Tableau 5.4 : Les calculs liés à la construction du gabarit.[5]

Paramètre	Valeur réelle (NM)	Valeur sur carte (cm)
K	1,1983	
$V=K * Vi (Kt)$	203,704	
$v=V/3600$	0,057	
$R=509,26/V$	2,500	
$r=V/(62,83 * R)$	1,297	1,201
$h=Altitude/1000$	8	
$w=2*h+47$	63	
$w'=w/3600$	0,018	
$E_{45} = 45w'/R$	0,315	0,292
$t=60 * T$	60	
$L= v * t$	3,395	3,144
$ab=5 v$	0,283	0,262
$ac=11 v$	0,622	0,576
$Gi1=Gi3 =(t-5) * v$	3,112	2,882
$Gi2=Gi4 =(t+21) * v$	4,583	4,244
$Wb=5 w'$	0,088	0,081
$Wc=11 w'$	0,193	0,178
$Wd=Wc+E_{45}$	0,508	0,470
$We=Wc+2 E_{45}$	0,823	0,762
$Wf=Wc+3 E_{45}$	1,138	1,053
$Wg=Wc+4E_{45}$	1,453	1,345
$Wh=Wb+4E_{45}$	1,348	1,248
$Wo=Wb+5E_{45}$	1,663	1,539
$Wp=Wb+6E_{45}$	1,978	1,831
$Wi1=Wi3=(t+6)*w'+4E_{45}$	2,415	2,236
$Wi2=Wi4=Wi1+14w'$	2,660	2,463
$Wj=Wi2+E_{45}$	2,975	2,755
$Wk=Wi2+2E_{45}$	3,290	3,047
$Wm=Wi2+3E_{45}$	3,605	3,338
$Wn3=Wi1+4E_{45}$	3,675	3,403
$Wn4=Wi2+4E_{45}$	3,920	3,630

$X_e = 2r + (t+15) \cdot v + (t+26+195/R) \cdot w'$	9,708	8,989
$Y_e = 11 v \cdot \cos 20 + r \cdot (1 + \sin 20) + (t+15) v \cdot \text{Tg} 5 + (t+26+125/R) \cdot w'$	5,077	4,701

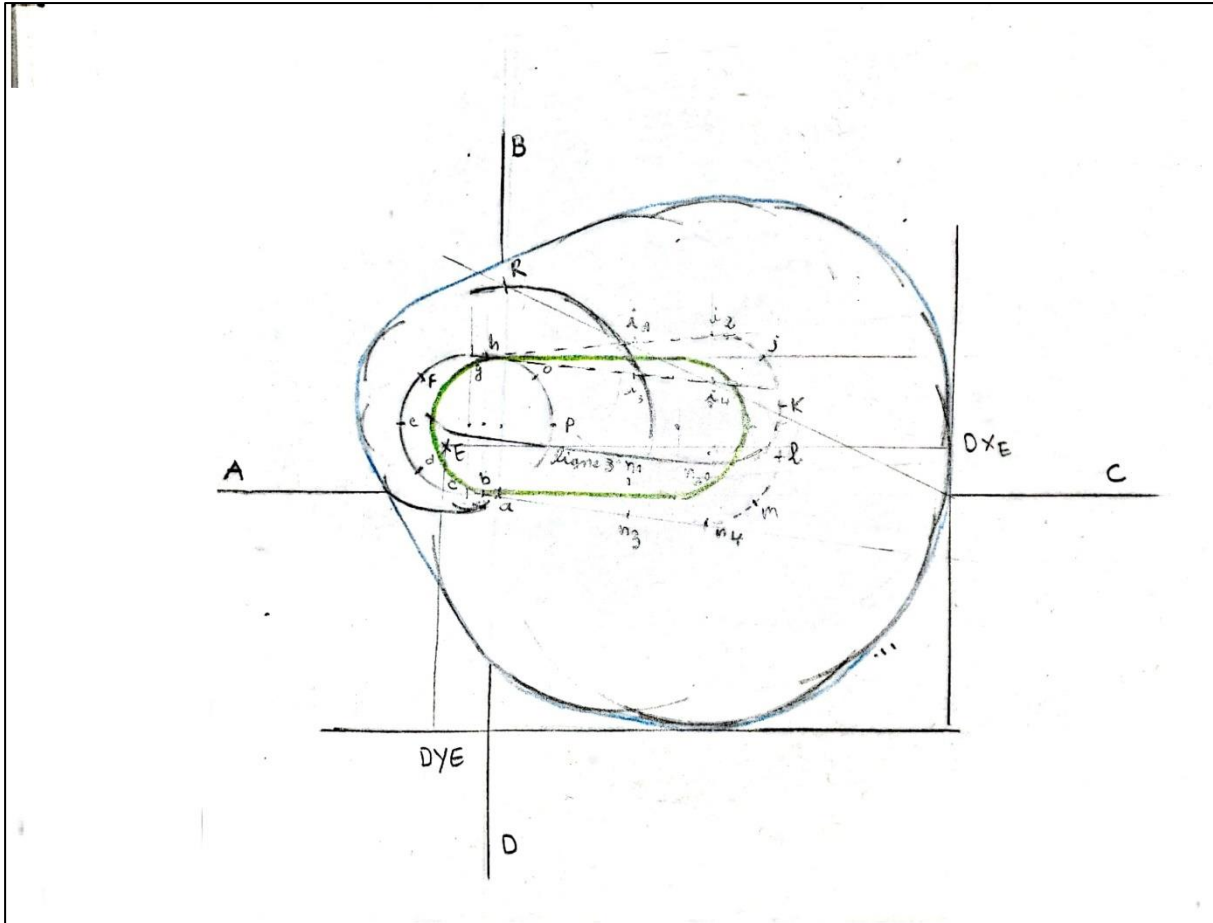


Figure 5.2: Gabarit de circuit d'attente

❖ **Étape 2 : Construction de l'aire de base et des aires d'entrées correspondantes :**

La délimitation de l'aire de base de la procédure d'attente se fait en déplaçant l'origine du gabarit autour de la zone de tolérance du repère VOR, tout en ajoutant les aires nécessaires pour protéger les entrées.

- Calculs effectués pour la construction d'une Tolérance du repère VOR :

Tolérance du repère VOR :	En [NM]	En [cm]
$zV = 0.164 h \cdot \text{Tg}(50)$ (Nm)	1,56	1,448

$qV = Z_v * \sin(5)$ (Nm)	0,14	0,126
---------------------------	------	-------

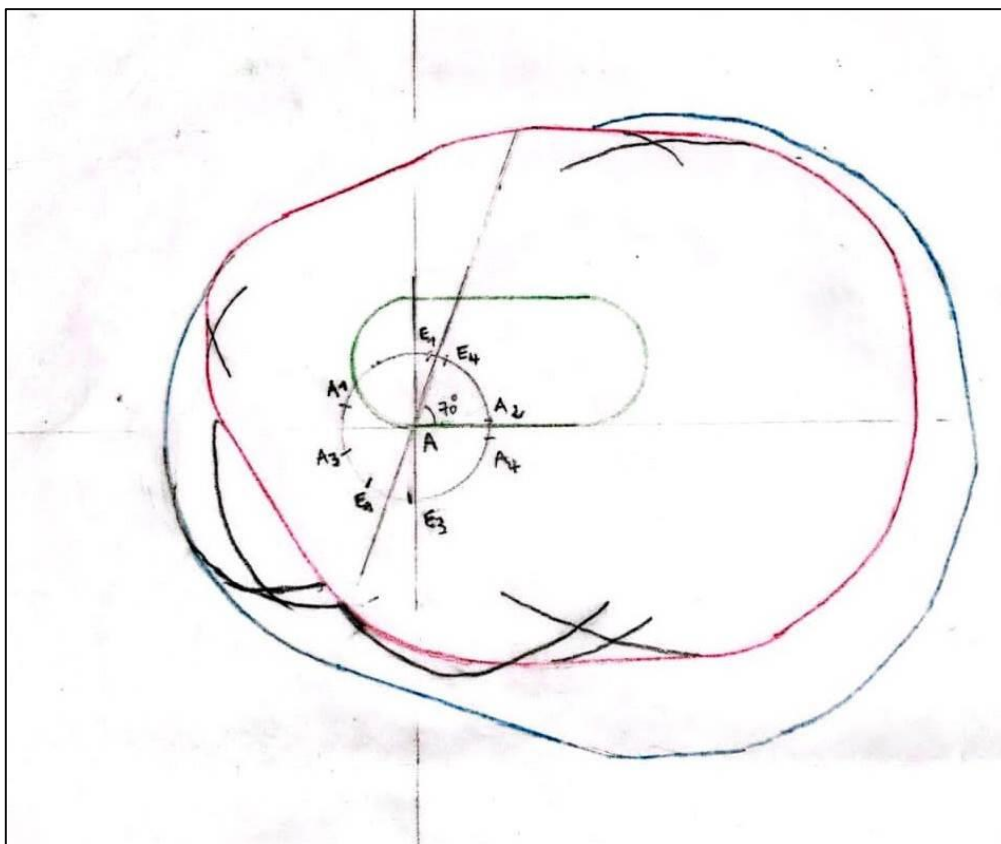


Figure 5.3 : Aire de base et aire d'entrée.

Étape 3 : Les zones tampons

- Une séparation de 1 mille nautique est nécessaire entre chaque zone tampon.

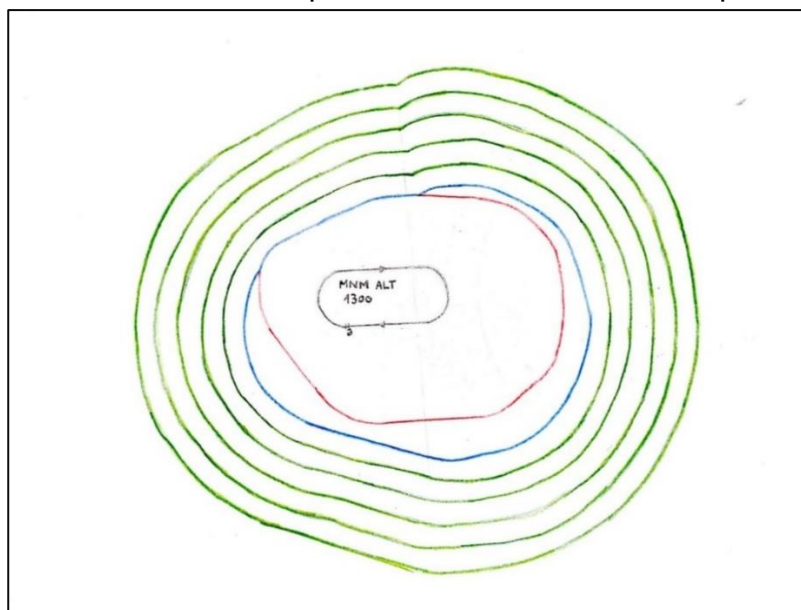


Figure 5.4: Aire de protection d'attente

2.3.3. Altitude minimale d'attente :

L'altitude minimale d'attente est fixée à une valeur de 1300m correspondant à l'altitude de transition à IN Guezzam. En plus l'obstacle le plus pénalisant dans un rayon de 30 NM est de 630 m (trouvé récemment au sectorisation)

En ajoutant la MFO=300 m relative à cette altitude pour l'attente on obtient 950m (valeur arrondie), et c'est valeur inférieure à 1300 m

1	<i>Designation and lateral limits</i>	CTR In Guezzam Circle of 10 NM radius centered on the VOR IGZ.
2	<i>Vertical limits</i>	900M/GND
3	<i>Airspace classification</i>	D
4	<i>ATS unit call sign and language(s)</i>	IN GUEZZAM TWR/ Fr, En
5	<i>Transition altitude</i>	1300M
6	<i>Remarks</i>	NIL

Figure 5.5: Altitude minimale d'attente.[13]

2.3.4. Nombre des niveaux d'attente :

À partir des paramètres suivants :

- Altitude maximale d'attente :2438 m [8000 ft].
- Altitude minimale d'attente : 1300 m [5000 ft]
- Altitude de transition : 1300 m [cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)]

Le nombre de niveaux d'attente est déduit de la manière suivante :

- Nombre.niv = (Zp max - Zp min) /1000
- Nombre.niv = (8000 – 4265) / 1000
- Nombre.niv = 3.735

Il y a 3 niveaux de vol.

2.4. Le segment d'approche initial :

Pour notre cas on dispose que du VOR (un seul moyen desservant l'aérodrome) donc on va procéder à une approche sans FAF sous forme d'inversion qui est un virage de base.

2.4.1. Construction du virage de base :

- Le tableau suivant montre les données liées à la construction du virage de base.

Tableau 5.5 : Les données du virage de base

Vi (Kt)	170
Altitude (Ft)	4265
Temp (min)	2,5
VAR de Temperature (°C)	35
Catégorie aéronefs	B

- Les calculs liés à la construction du virage de base :

Tableau 5.6 : Calculs associé à l'élaboration du virage de base

Paramètre	Valeurs réelles (NM)	Valeurs sur carte (cm)
K	1,1301	
V=K * Vi (Kt)	192,118	
v=V/3600	0,053	
R=509,26/V	2,651	

$r=V/(62.83 * R)$	1,154	1,068
$h=Altitude/1000$	4	
$w=(2*h)+47$	55,530	
$w'=w/3600$	0,015	
$E= w'/R$	0,006	0,005
φ°	16,522	
$t=60 * T$	150	
$L= v * t$	8,005	7,413
$ab1=ab3=(t-5)(v-w')-Zv$	4,668	4,322
$ab2=ab4=(t+21)(v+w')+Zv$	12,597	11,665
$wd=wg=50E$	0,291	0,269
$we=wf=wh=100E$	0,582	0,539
$wi=190E$	1,106	1,024
$wj=235E$	1,367	1,266
Dérive $d(^\circ) =\arcsin(w/V)$	16,801	
$N3l=11v$	0,587	0,544
$wl=11w'$	0,170	0,157
$wm=wl+50E$	0,461	0,427
$wn=wl+100E$	0,752	0,696

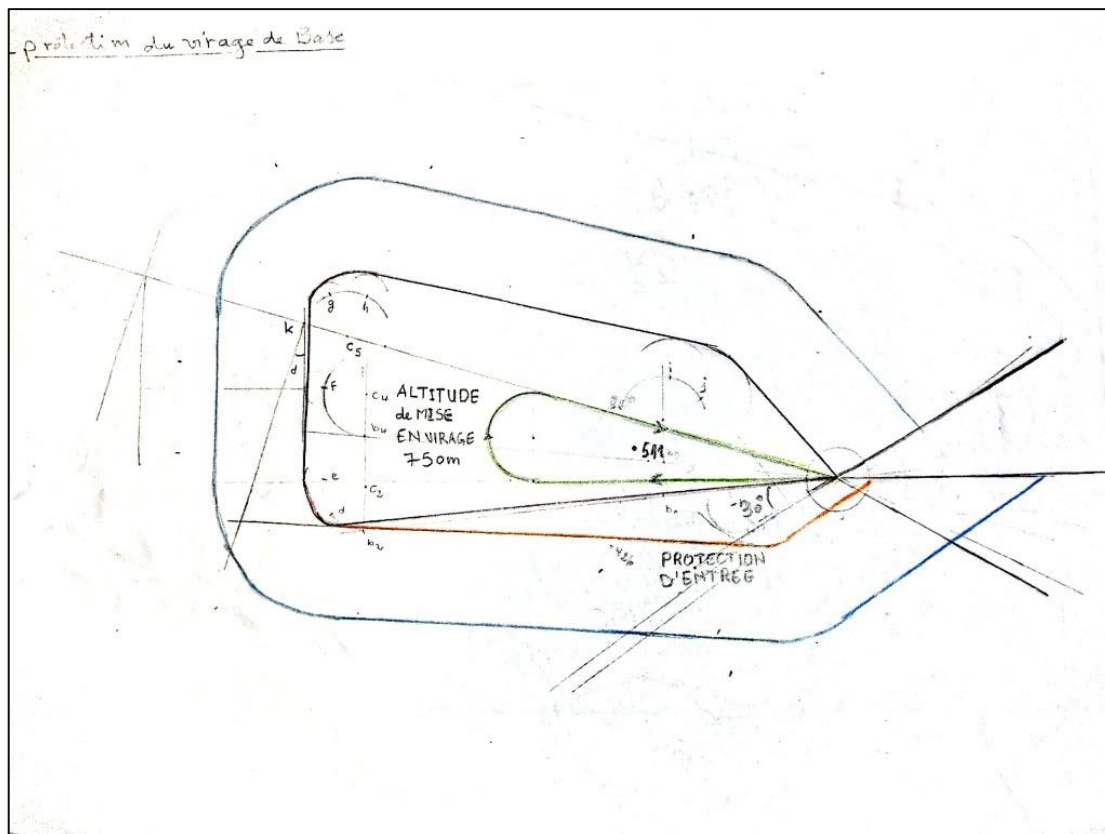


Figure 5.6: Aire de protection du virage de base

2.4.2. Vérification de la hauteur du virage de base et de minutage :

L'altitude l'exécution du virage de base est 750 m.

- ❖ Le taux de descente maximale en parcours d'éloignement est bien 245 m/min

- ❖ Le taux de descente maximale en parcours de rapprochement est 200 m/min
- ❖ Le taux de descente minimal en parcours de rapprochement est 120 m/min

[5]

1. Eloignement : $1300 - 750 = 550$ m
 $550 / 2.5 = 220$
 $220 < 245$: **Vérifié**
2. Rapprochement : $(750 - 401) / 2.5 = 139.5$
 $120 < 139.5 < 200$: **Vérifié**

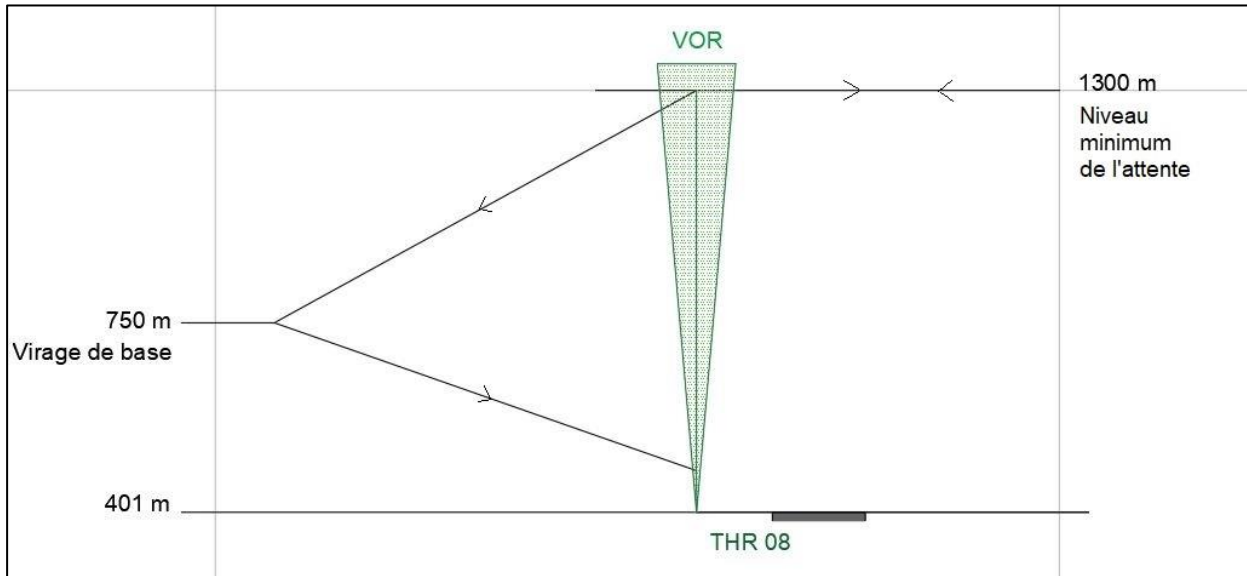


Figure 5.7: Vue de profil du virage de base

2.4.3. Proposition des scénarios pour la procédure d'approche aux instruments :

L'aérodrome d'In Guezzam se situe dans une zone frontalière, ce qui implique la possibilité de franchir les frontières algéro-nigérien lors de l'exécution des procédures d'approche aux instruments surtout en ce qui concerne l'aire de protection d'attente, donc on doit procéder à plusieurs cas pour atteindre la procédure optimale.

2.4.3.1. Scénario 1 :

- Une attente avec un virage d'éloignement à droite.
- Un virage de base à gauche.
- La branche de rapprochement de l'attente alignée avec la branche d'éloignement du virage de base.

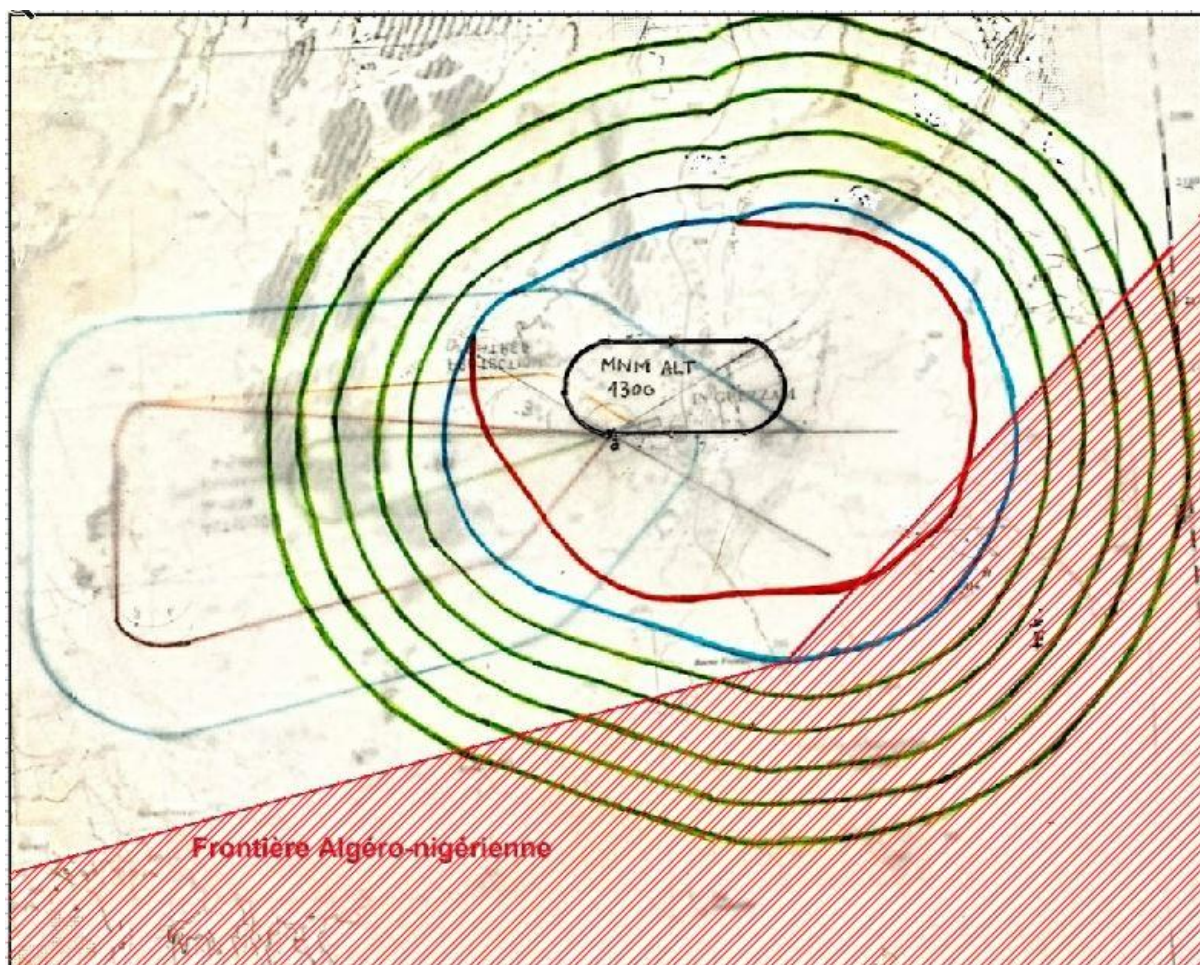


Figure 5.8: Scénario 1

❖ **Analyse du scénario :**

On remarque qu'une partie importante de l'aire d'entrée ainsi que l'aire de base et les zones tampons sont à l'intérieur du territoire Nigérien.

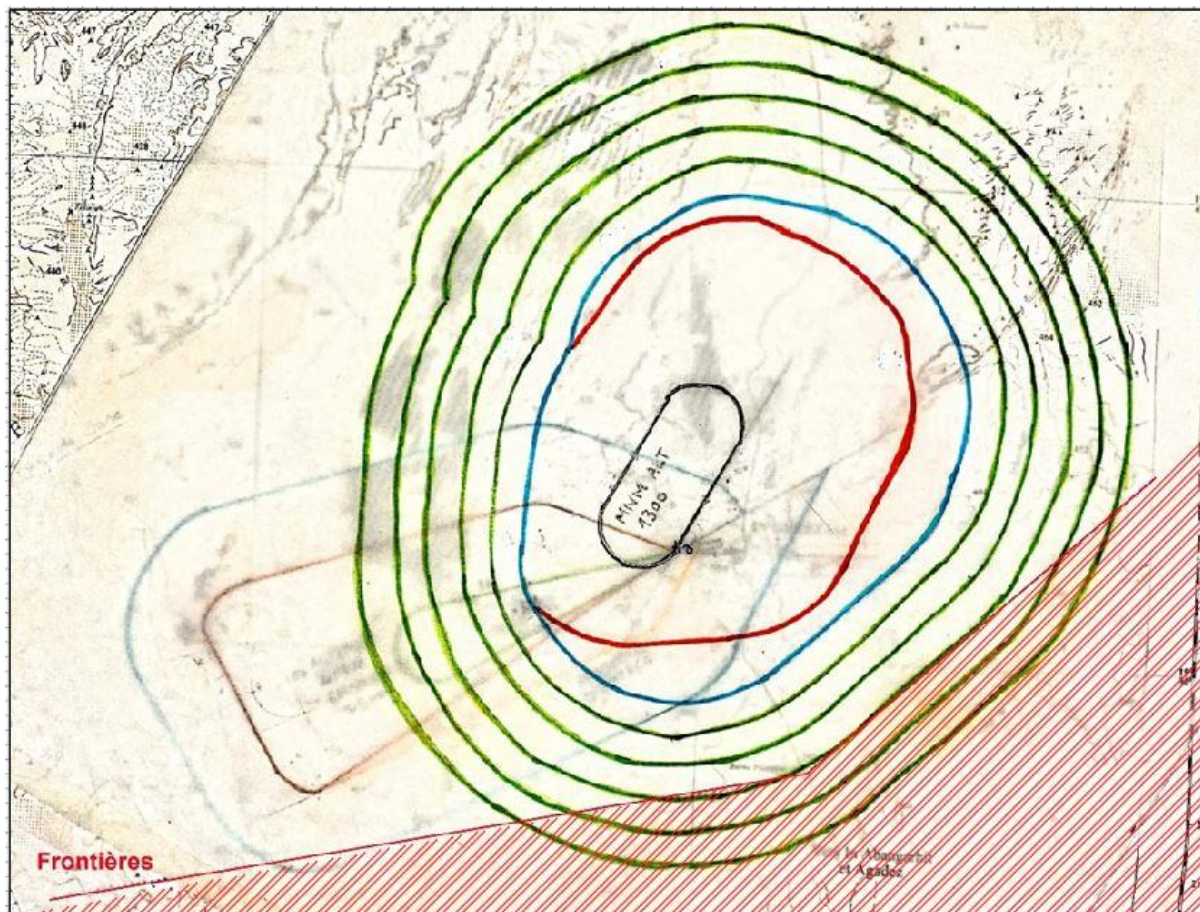
❖ **Résultat :**

Ce scénario est rejeté à cause de violation du territoire nigérien, sauf si :

- L'autorité supérieure du pays procède à une lettre d'entente avec celle du Niger pour une autorisation en cas de franchissement involontaire des avions algériens du territoire nigérien.
- Acquérir un DME qui sera associé au VOR pour permettre de définir une attente point fixe éloignée de l'aérodrome et de la zone frontalière.

2.4.3.2. Scénario 2 :

- Une attente avec un virage à droite.
- Un virage de base à droite.
- La branche de rapprochement de l'attente est décalée de 30° de la branche d'éloignement du virage de base.

**Figure 5.9: Scénario 2****❖ Analyse du scénario :**

Ici, on a pu faire entrer trois (03) zone tampons dans le territoire national, mais une partie de l'aire de protection secondaire du virage de base est dans les airs du pays voisin.

Même que c'est une petite partie mais les évolutions dans cette branche sont à une basse altitude, ce qui est intolérable.

❖ Résultat :

L'analyse ci-dessus nous mène vers le rejet de ce scénario aussi.

2.4.3.3. Scénario 3 :

- Une attente avec un virage d'éloignement à droite.
- Un virage base à gauche.
- La branche de rapprochement de l'attente alignée avec la branche d'éloignement du virage de base.

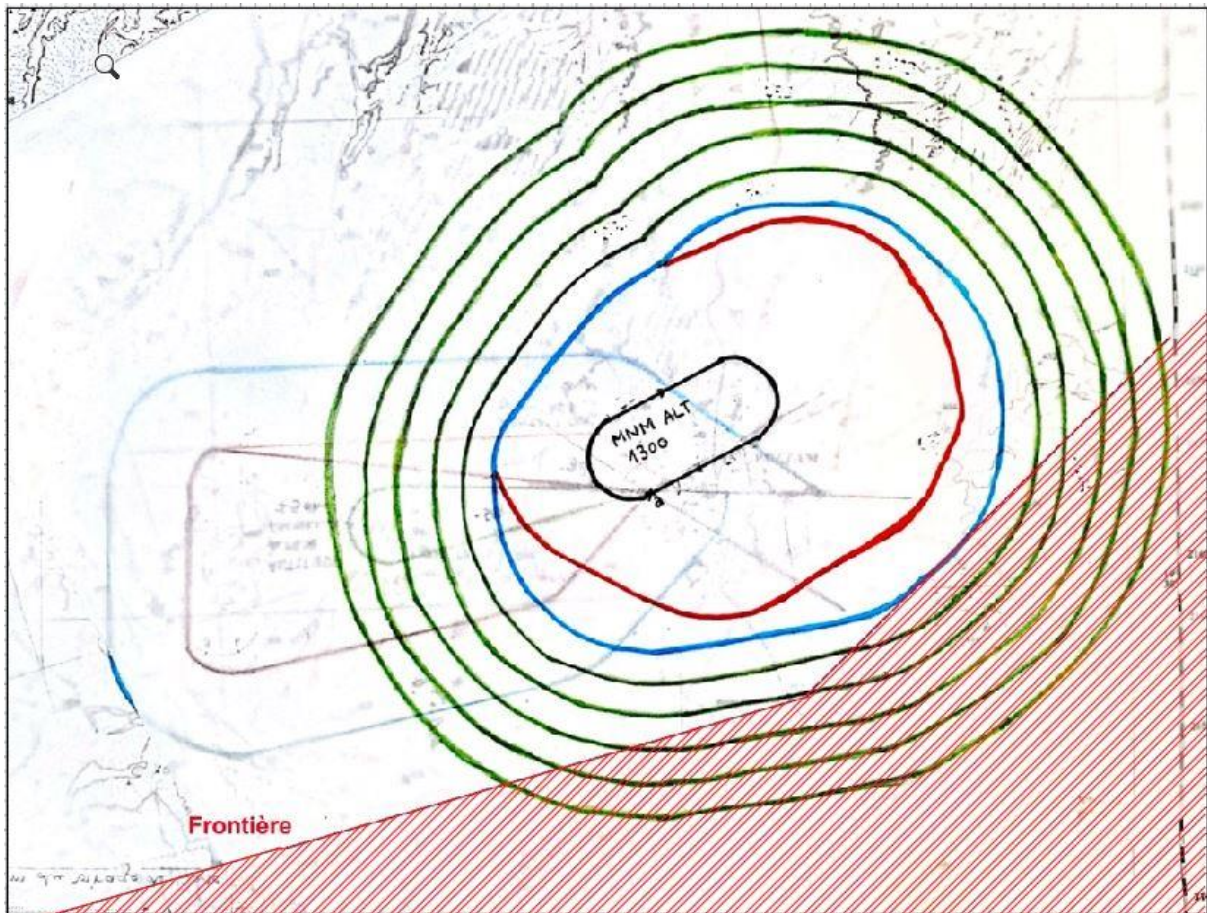


Figure 5.10: Scénario 3

❖ **Analyse du scénario :**

Pour le virage de base, tout comme le premier scénario rien à signaler.

En ce qui concerne l'attente il y a cinq zones tampon qui ont franchi la frontière.

❖ **Résultat :**

Le troisième est plus acceptable, comparant aux deux premiers.

2.4.4. Conclusion :

Le scénario qui sera optimal pour la construction de la procédure d'approche aux instruments RWY 08 DATG, est le 3^{ème} scénario .

2.5. Segment d'approche final suite à une inversion :

Etant desservi que par un seul moyen (VOR seul), une procédure d'approche sans FAF est préconisée :

- Point de début du segment : La fin (sortie) du virage de base.
- Point de la fin du segment : Verticale moyen ou le MAPt.

2.5.1. Traçage de l'aire de protection :

1NM de part et d'autre de la trajectoire nominale à l'emplacement du VOR puis s'évaser de 7.8°, et se divise en deux aires : primaire et secondaire.

Les aires de protections de ce segment sont illustrées ci-dessous :

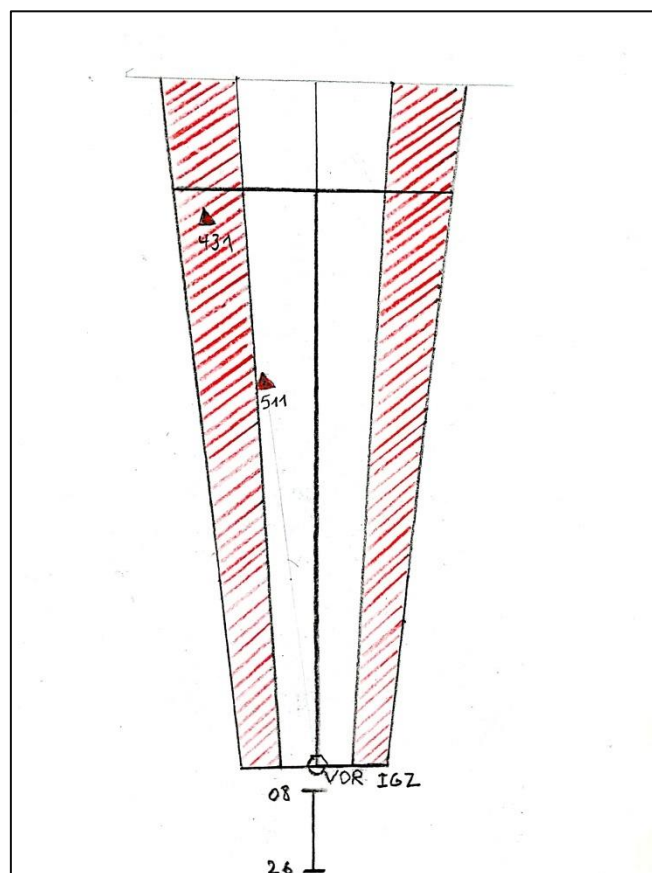


Figure 5.11: Segment final

2.5.2. Détermination de l'altitude minimale de segment d'approche finale :❖ **Aire primaire :**

MFO Obs = MFO entière = 90 m (sans FAF)

OCHp = H obs. pénalisant + MFO

H obs = Alt A/D – Alt obs

H obs = 511 - 404 = 107 m

OCHp = 107 + 90 = 197 ≈ 200 m

❖ **Aire secondaire :**

MFO Obs = (D2/D1) x MFO entière

MFO Obs = 0.5 x 90 = 45 m

OCHs = H obs. + MFO

H obs = 431 - 404 = 27 m

OCHs = 27 + 45 = 72 m

OCH du segment c'est le MAX (OCHp, OCHs)

OCH du segment final = **200 m**

2.6. Segment d'approche interrompue :

Commence au MAPt et inclut les trois phases suivantes :

- a) Phase initiale — commence au premier MAPt (mapt amont) et va jusqu'au début de la montée (SOC) ;
- b) Phase intermédiaire — va du SOC jusqu'au point où une marge de franchissement d'obstacles de 50 m (164 ft) est initialement obtenue et peut être maintenue ;
- c) Phase finale — commence au point où se termine la phase intermédiaire et prend fin ou sont amorcés une approche, une attente, ou un retour au vol de croisière ; des virages peuvent être effectués au cours de cette phase.

2.6.1. Segment initial d'approche interrompue :

$d \text{ MAPt amont/SOC} = \text{La tolérance MAPT} + \text{La distance de transition (X)}.$

❖ La tolérance MAPT= La tolérance du moyen + une distance (d).

1. La tolérance de moyen : 0 m (car le MAPT est verticale installation).
2. La distance (d) :

$$d = 3S \times (VV + V \text{ vent arrière}) \times \text{facteur de conversion}$$

➤ Détermination Vv :

La vitesse vraie = VI max au final \times k.

- VI max (CAT A/B) au final = 130 kt.
- Détermination de facteur K :

Le facteur K dépend :

1. La température : dans notre cas $T = \text{ISA} + 35$.
2. L'altitude : 554 ft,

Sachant que : $K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$

$$K = 171233 \times [(288 + 35) - 0,00198 \times 554]^{0,5} \div (288 - 0,00198 \times 554)^{2,628}$$

$$K = 1,0883.$$

Donc :

La vitesse vrai = $130 \times 1,0883$

$$Vv = 141,5 \text{ kt.}$$

Alors :

La distance (d) :

$$d = 3 \times (141,5 + 10) \times (1852 / 3600).$$

$$d = 234 \text{ m}$$

- ❖ La tolérance MAPT= une distance (d)= 234 m.
- ❖ Calculs de La distance de transition (X) :

$$D(X) = 15 S \times (V_v + V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion.}$$

$$D(X) = 15 \times (141,5 + 10) \times (1852 / 3600).$$

$$D(X) = 1169 \text{ m.}$$

Donc :

$$\text{SOC} = 1169 + 234$$

$$\text{SOC} = 1403 \text{ m.}$$

2.6.2. Phase intermédiaire de l'approche interrompue :

Cette phase commence au point de cheminement SOC (Sortie de Circuit). Elle se termine au point d'approche finale TNA/H (Trajectoire Nominale d'Approche/Hauteur) situé à 850 mètres (environ 2789 pieds) de l'aéroport.

Le TNA/H est défini par :

- ❖ Une pente de descente de 2,5%.
- ❖ Une hauteur minimale de franchissement d'obstacles (MFO) de 30 m.
- ❖ La distance de cette phase se calcule comme suite :

$$P = h/d \quad \longrightarrow \quad d = h/p$$

$$h = 850 - 404 - 200 = 246 \text{ m}$$

$$d = 246 / 0.025 = 9840$$

$$d = 9840 \text{ m}$$

2.6.3. Phase finale de l'approche interrompue :

- ❖ **Les calculs effectués pour la conception du virage :**

1. Vitesse angulaire de virage (R) en degrés/secondes :

$$R = (3\,431 \text{ tg } \alpha) / \pi V_v$$

$$V_v = V_i * k$$

- ❖ Facteur K :

➤ $T = \text{ISA} + 35.$

➤ $K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}.$

$$K = 1,1047.$$

Donc : $V_v = 150 * 1,1047$

$$V_v = 165,7 \text{ kt.}$$

Alors: $R = (3\ 431\ \text{tg}\ \alpha) / \pi V_v = (3431 * \text{tg}15^\circ) / 3,14 * 165,7 = 1,767\ \text{°/s}$

$$R = 1,767\ \text{°/s}$$

2. Rayon de virage (r) à un angle désigné d'inclinaison latérale :

$$r = V_v / (20 * \pi * R) = 165,7 / (20 * 3,14 * 1,767) = 1,49\ \text{nm} = 2760\ \text{m}$$

3. C (temps de réaction du pilote 3s et délai mise en virage 3s)

$$C = (3s + 3s) * (TAS + 30\ \text{kt})$$

$$= 6s * (165,7 + 30) * (1852 / 3600)$$

$$= 603,5\ \text{m}$$

4. Effet de vent :

E	1528,22 m
$\sqrt{(r^2 + E)}$	3158,34 m
r + E	4292 m
r + 2 E	5820 m

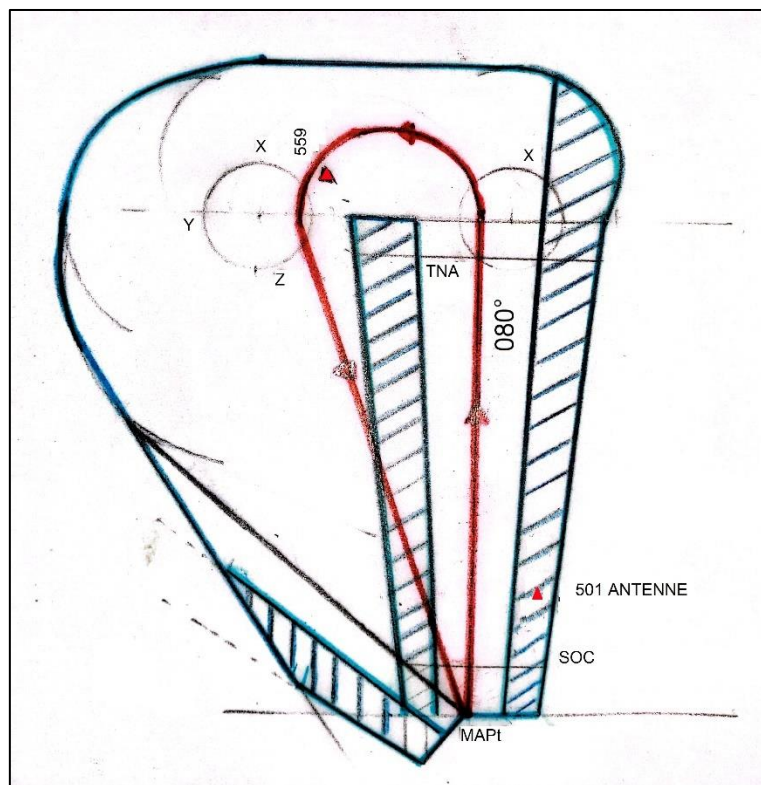


Figure 5.12: segment d'approche interrompue

2.6.4. Traitement des obstacles :

❖ **Phase initiale :**

Dans cette phase il n'existe pas d'obstacles signifiants.

OCH FINAL ≥ H obstacle + MFO

OCH Final = 200 m

H obs + MFO = 0+90 =90 m

200m ≥ 90m ; alors **OCH = 200 m ; OCA = 601 m**

❖ **Phase intermédiaire :**

Dans l'air de mise en virage :

- La marge de franchissement d'obstacle MFOP pour l'aire primaire de la phase intermédiaire est de 30 m.
 - L'obstacle le plus pénalisant de cette aire est un pylône d'Algérie télécomme de **100 m** d'altitude **H obs** qui se trouve à l'aire secondaire.[13]
 - La distance **dx** entre le SOC et l'obstacle est de **1156 m**.
 - La largeur de l'aire secondaire **D1** est de **1146 m**.
 - La distance entre l'extrémité extérieure de l'aire primaire et l'obstacle **D2** est de **310 m**.
 - **MFOs** est la marge de franchissement d'obstacle pour l'aire secondaire.
- **OCHf + (dz x 0.025) ≥ H obs + MFOs**

MFOs = MFOP x (1 - D2/D1)

[5]

MFOs = 30 x (1 - 310/1146)

MFOs = 21.88 ≈ 22 M

OCHf + (dx x 0.025) = 200 + (1156 x 0.025) = 228 m

H obs + MFOs = 100 + 22 = 122 m

L'OCH reste toujours celle trouvé dans le segment final : **OCH=200, OCA = 601**

❖ **Dans l'air de virage :**

L'obstacle se trouve à une distance de 1200 m de l'extrémité de l'aire de mise en virage

- **$TNH+(\text{dist obs} \times 0.025) \geq H \text{ obs} + MFO$**

$$TNH+(\text{dist obs} \times 0.025) = 850 - 401 + (1200 \times 0.025) = 479$$

$$H \text{ obs} + MFO = 559 - 401 + 50 = 208$$

$$479 \geq 208$$

- L'OCH final de la procédure d'approche VOR : OCH = 200 m, OCA = 601 m.

2.7. Manœuvre à vue :

Une approche indirecte libre (MVL) a été établie où le pilote n'est pas tenu de suivre une trajectoire prédéfinie, mais doit rester à l'intérieur de l'aire de protection associée à sa catégorie d'aéronef (CAT A/B).

2.7.1. Calcul du rayon Rc:

Les aires de protections sont en fonction du rayon Rc, et varient selon la catégorie d'aéronef, cette dernière est calculée comme suit :

$$\text{Le rayon RC} = 2 \times \text{Le rayon du virage (r)} + \text{Le segment rectiligne d'alignement(S)}$$

- Le rayon du virage $(r) = Vv / (20 \pi R)$.
- Le segment rectiligne d'alignement dépend catégorie d'aéronef.
- La Vitesse angulaire $(R) = (3431 \text{ tg } \alpha) / \pi Vv$.
- La vitesse déduite de la vitesse indiquée, en considérant une altitude de vol égale à l'altitude de l'aérodrome + 1000 ft et une température égale à $ATI + 15^\circ$
- Vent : 25 kt pendant tout le virage.
- Inclinaison : 20° .

❖ **Les calculs :**

- **La température utilisée : ISA+35.**
- **Altitude aérodrome : 404 m = 1325 ft**
- **K= 1,097**

Calcul du rayon Rc pour CAT B :

$$R = (3431 \text{ tg } \alpha) / \pi Vv = (3431 \text{tg } 20^\circ) / (\pi \times 173,065) = 2,297^\circ/\text{s}$$

$$r = Vv / (20 \times \pi \times R) = (135 \times 1.0960) / (20 \times \pi \times 3) = 1,199 \text{ NM}$$

$$Rc = 2 \times r + S = (2 \times 1,199) + 0.4 = 1,7525 \text{ NM}$$

Tableau 5.7. Calculs des MVL pour les catégories des aéronefs de cat B

Cat	T°	Alpha (°)	Alt AD+1000(ft)	Seg Rect	Vi (Kt)	K	Vp+25 (Kt)	R(°/s)	r (NM)	Rc (Nm)	1/200 000	
B	MVL	35	20	2316	0,400	135,000	1,097	173,065	2,297	1,199	2,7985	2,59

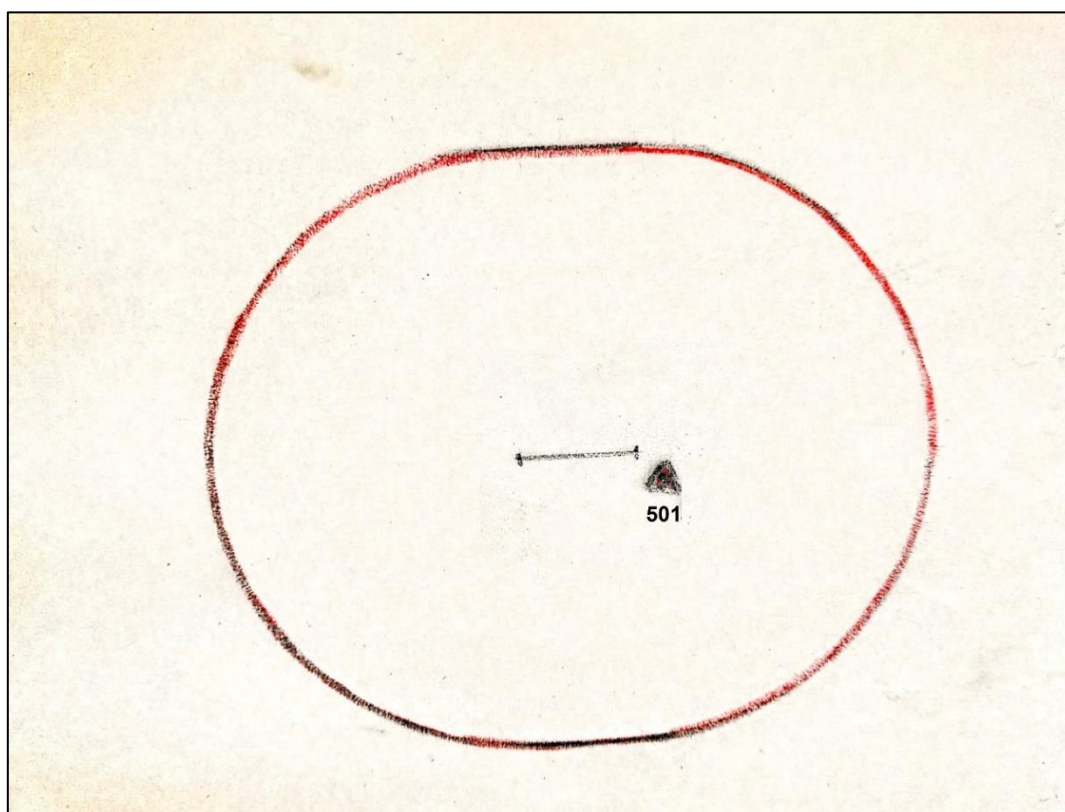


Figure 5.13: Manoeuvre à vue libre (MVL)

2.7.2. Détermination de l'altitude minimal de sécurité :

Tableau 5.8: détermination de l'altitude/hauteur minimale de sécurité pour la MVL

	Alt Obstacle (m)	MFO (m)	OCA (m)	OCH(m)
CAT A/B	501	90	601	200

Tableau 5.9 : les valeurs de la MDH

Cat d'A/C	OCH(m)	MDH (ft)
CAT A/B	200	656

2.8. Les minimas opérationnels d'aérodrome (MOA):

Les limites d'utilisation de l'aérodrome d'In Guezzam pour chaque décollage et atterrissage sont exprimées en termes de VIS, RVR et MDA(H), ces derniers sont déterminés en fonction des paramètres suivant :

- Catégorie d'aéronef.
- Balisage (longueur de rampe d'approche),
- OCA/H (d'approche directe et d'approche indirecte),
- Et les moyens météo (RVR, VIS et QNH).

Le type de balisage a l'aérodrome d'In Guezzam: **PAS DE RAMPE D'APPROCHE**

2.8.1. Détermination de la RVR :

La détermination des valeurs de RVR repose sur l'utilisation conjointe des deux tableaux C et D (DOC 8168)

Dans un premier temps, le tableau C est utilisé pour obtenir une première valeur de RVR.

Tableau 5.10: Tableau C

DH ou MDH (pieds - ft)	RVR (mètres-m)			
	Équipement en aides lumineuses			
	Installations complètes	Installations intermédiaires	Installations De base	Pas de ligne d'approche
	Voir 2.3 pour RVR inférieures à 750 m			
401 à 420	1200	1500	1700	1900
421 à 440	1300	1600	1800	2000
441 à 460	1400	1700	1900	2100
461 à 480	1500	1800	2000	2200
481 à 500	1500	1800	2100	2300
501 à 520	1600	1900	2100	2400
521 à 540	1700	2000	2200	2400
541 à 560	1800	2100	2300	2500
561 à 580	1900	2200	2400	2600
581 à 600	2000	2300	2500	2700
601 à 620	2100	2400	2600	2800
621 à 640	2200	2500	2700	2900
641 à 660	2300	2600	2800	3000

Trois cas se présentent alors :

- Si cette valeur de RVR est comprise entre les valeurs MNM et MAX obtenues à partir du tableau D, c'est la valeur à publier ;
- Si cette valeur de RVR est inférieure à la valeur MNM obtenue à partir du tableau D, c'est la valeur MNM du tableau D qui doit être publiée ;
- Si cette valeur de RVR est supérieure à la valeur MAX obtenue à partir du tableau D, c'est la valeur MAX du tableau D qui doit être publiée.

Tableau 5.11: Tableau D

Aides utilisées/ conditions	RVR (mètres - m)	Catégories d'aéronefs			
		A	B	C	D
NDB, NDB/DME, VOR, VOR/DME, LOC, LOC/DME, VDF,SRE, RNAV/LNAV (approches respectant les conditions 2)	MNM	750	750	750	750
	MAX	1500	1500	2400	2400

- L'MDH = 656, donc la valeur de la RVR = 3000 m selon le tableau C
- En consultant le tableau D pour la catégorie d'aéronef B : 750m >RVR>1500m,
- 3000 >1500 (la valeur maximale) dans ce cas, on doit opter pour une valeur RVR=1500 m.

2.8.2. Détermination de la visibilité minimale :

Ceci en utilisant les valeurs de tableau E (doc 8168) :

La valeur minimale de la VIS pour la catégorie d'aéronef concernée :

- MDH doit être au moins égale à l'OCH de la procédure de manœuvre à vue ainsi qu'à la valeur figurant dans le tableau E ;
- La VIS doit être au moins égale à la plus élevée des valeurs dudit tableau.
- Donc : la VIS = 2400 m

Tableau 5.12: Tableau E

	Catégories d'avion			
	A	B	C	D
MDH (ft)	400	500	600	700
VIS (m)	1500	1600	2400	3600

Tableau 5.13: Les minimums opérationnels d'aérodrome RWY 08 cat A/B

CAT A/C	VOR RWY 08			APPROCHE INDIRECTE		
	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VIS
A	200	656	1500	200	656	2400
B						

2.9. La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR RWY 08 :

La nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR pour la piste 08 de l'aérodrome d'In Guezzam est présentée dans la carte IAC dans la figure 5.16.

ALGERIA

IN-GUEZZAM

CARTE D'APPROCH AUX INSTRUMENTS

CAT : A/B

TWR : 118.1

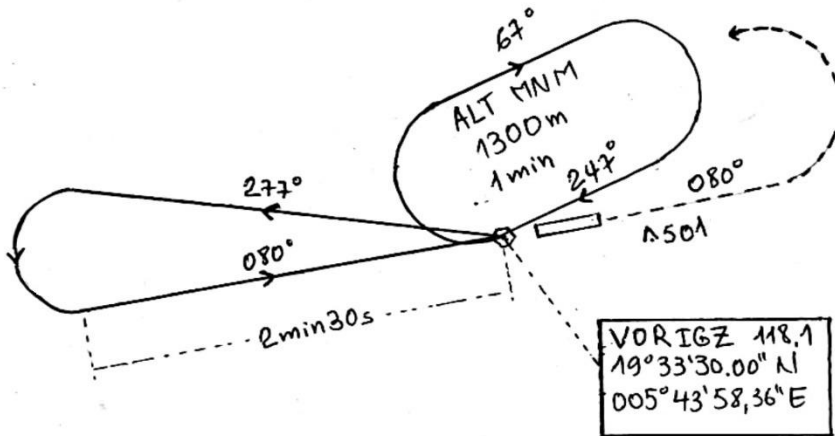
ALT AID : 404 m

VOR RWY 08

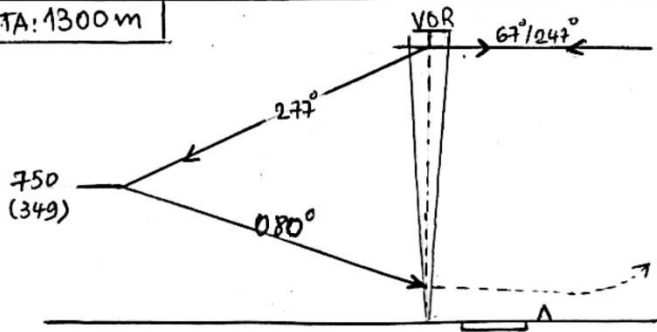
Les relevements sont magnétique

Les hauteur sont déterminées par rapport au THR RWY 08 : 401m

PROTECTION
 Vi : 170 kt
 ZP : 2438 m
 8000 FT



TA: 1300 m



APPROCHE INTERROMPUE
 Monter dans l'axe en suivant 080° vers 850m QNH, puis virer à gauche pour rejoindre le VOR IGZ, en montée vers l'altitude de sécurité et suivre les instructions du contrôle.

CAT	VOR RWY 08			APPROCHE INDIRECTE		
	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VIS.
A	200	656	1500	200	656	2400
B						

Figure 5.14: Carte de procédure d'approche aux instruments VOR RWY 08 Cat A/B.

3. La conception de la procédure d'approche VOR RWY 08 Cat A/B par Autocad :

3.1. Introduction :

Afin de raffiner le dessin des procédures d'approche réalisé manuellement et assurer une vérification informatisée, nous avons utilisé Autocad 2018 comme un outil de dessin.

Les données de la procédure sont les même pour la conception manuelle, donc nous n'allons présenter dans cette partie que les dessins élaborés pas le logiciel Auto-cad

3.2. La préparation du dessin :

- 1) Définition de l'unité de dessin :

L'unité de mesure est le centimètre.

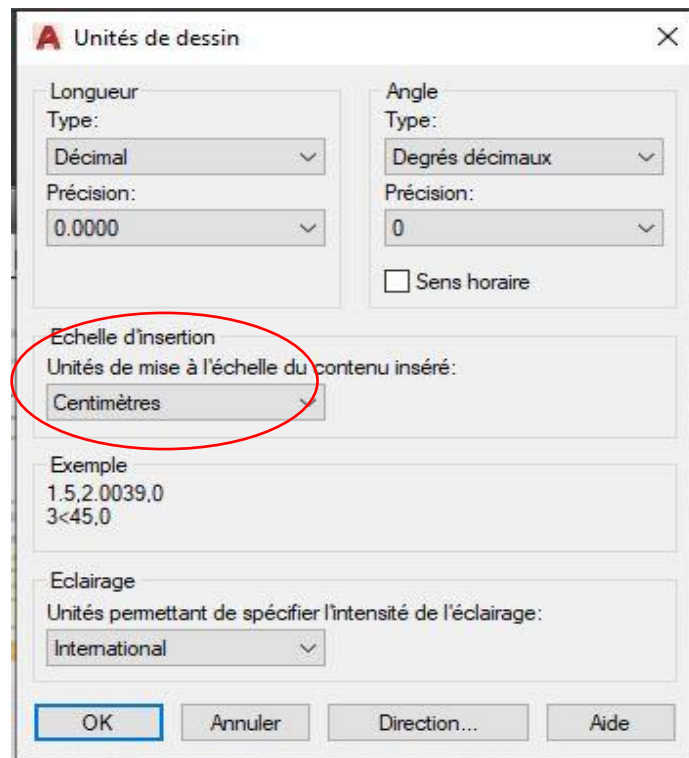


Figure 5.15: Définition de l'unité de dessin

- 2) Chargement de la carte scannée avec une échelle de 1/200000 et vérification de la compatibilité avec la carte imprimée en utilisant la commande : cotation comme illustré dans la figure 5.18.

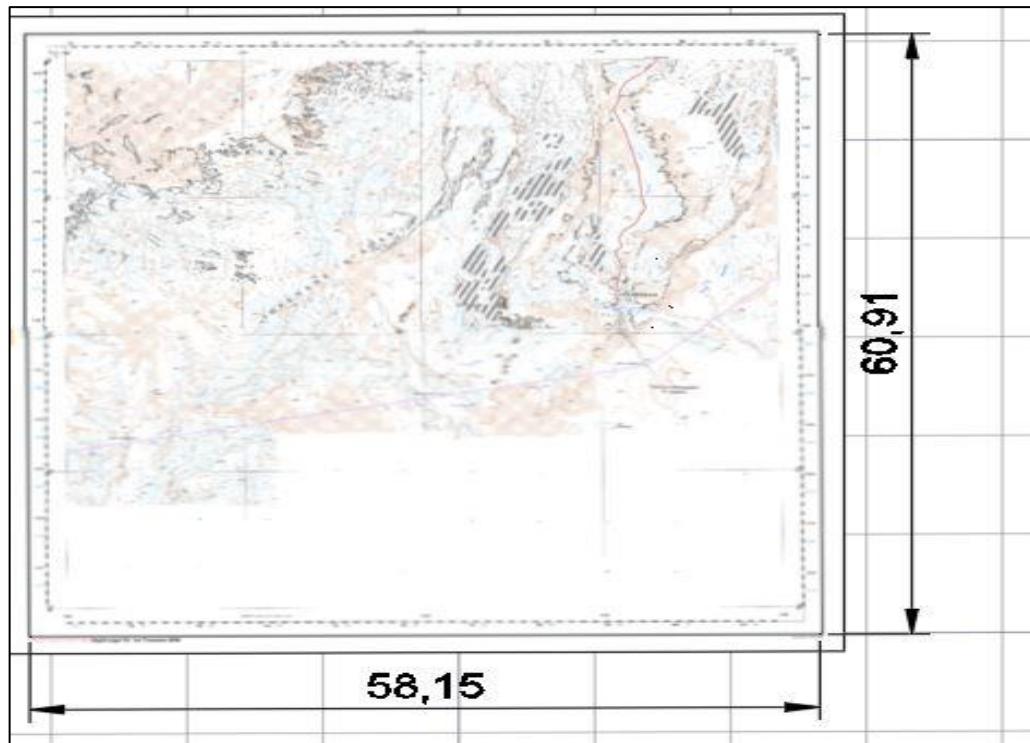


Figure 5.16: CHARGEMENT de la carte topographique sur Autocad .

3.2.1. Réalisation de la piste et du VOR sur Autocad :

En utilisant les coordonnées et la déclinaison magnétique de L'AIP (DATG) :
0°E depuis 2017.

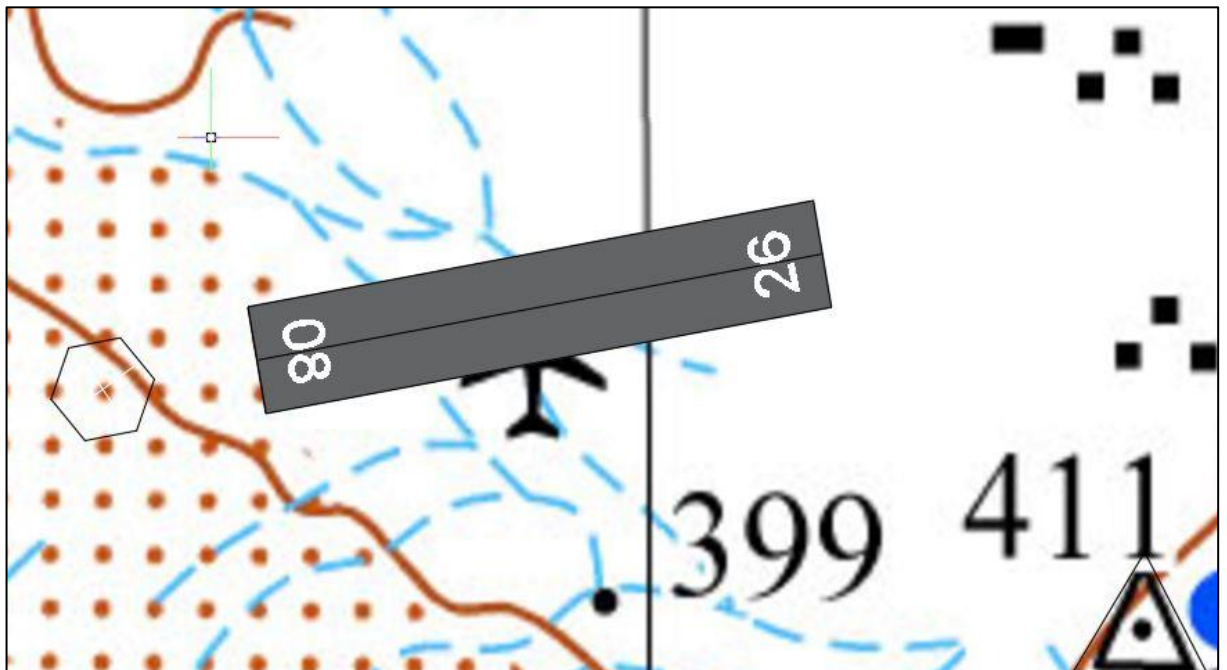


Figure 5.17: Le VOR et la piste.

3.2.2. Les arrivées omnidirectionnelles :

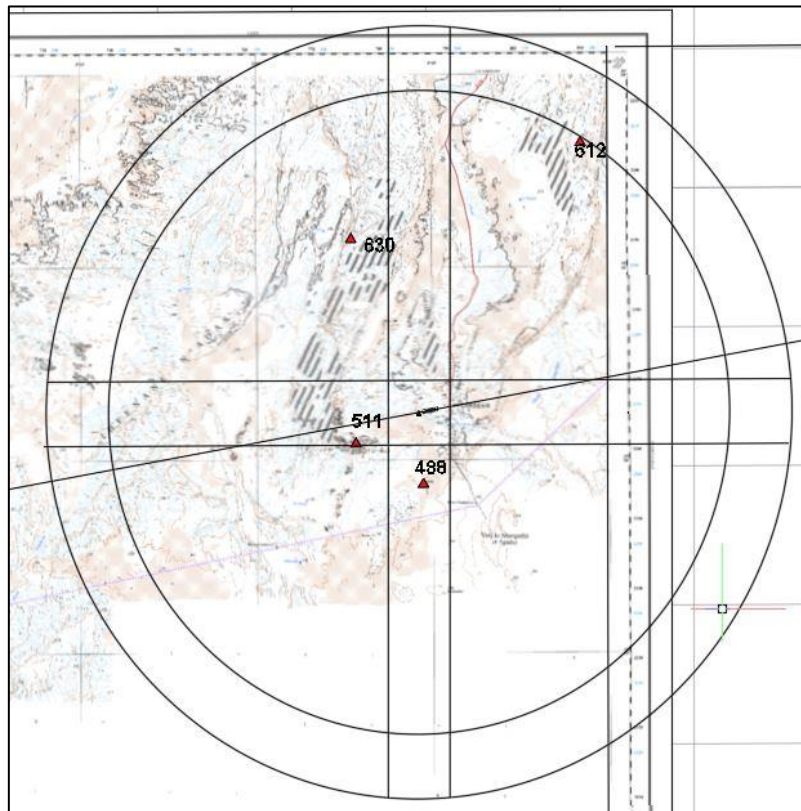


Figure 5.18: Les secteurs et leurs MSA correspondantes.

3.2.3. Construction de l'aire d'attente :

Etape 1 : Construction du gabarit d'attente :

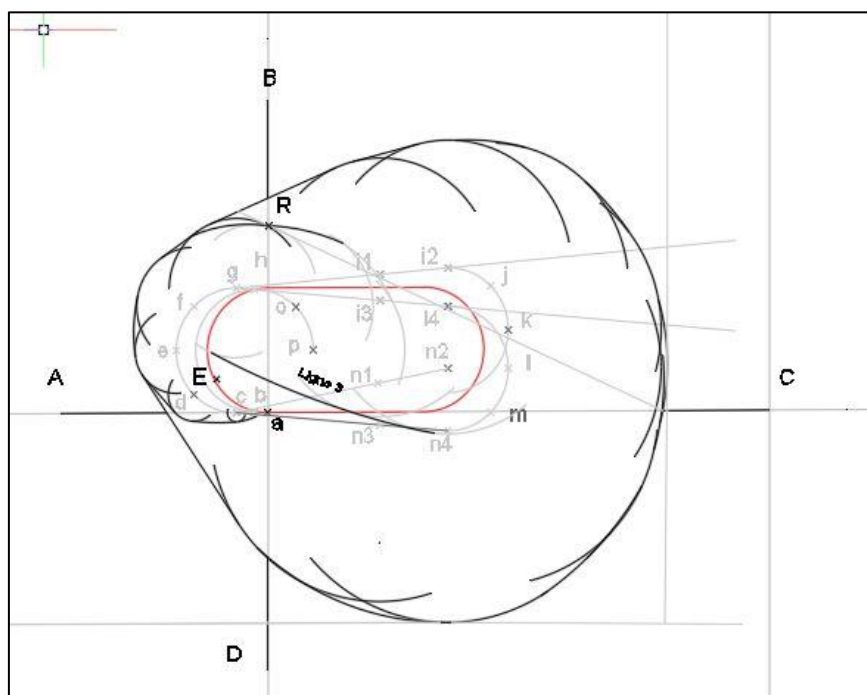


Figure 5.19: Le gabarit d'attente.

Étape 2 : Construction de l'aire de base et des aires d'entrées correspondantes :

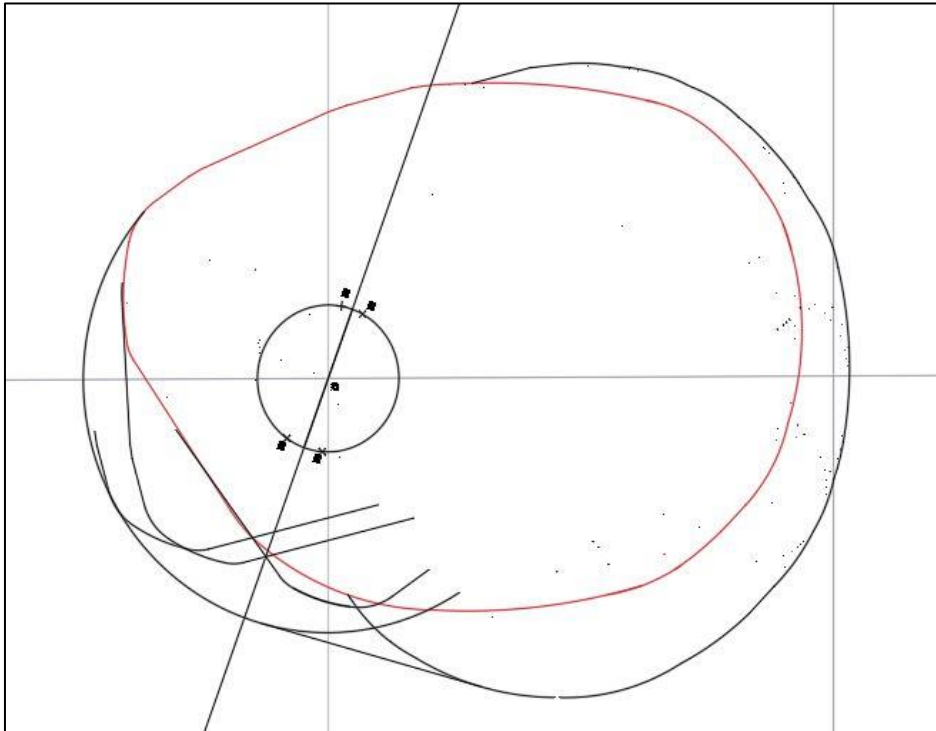


Figure 5.20: L'aire de base et l'aire d'entrée.

Étape 3 : Les zones tampons :

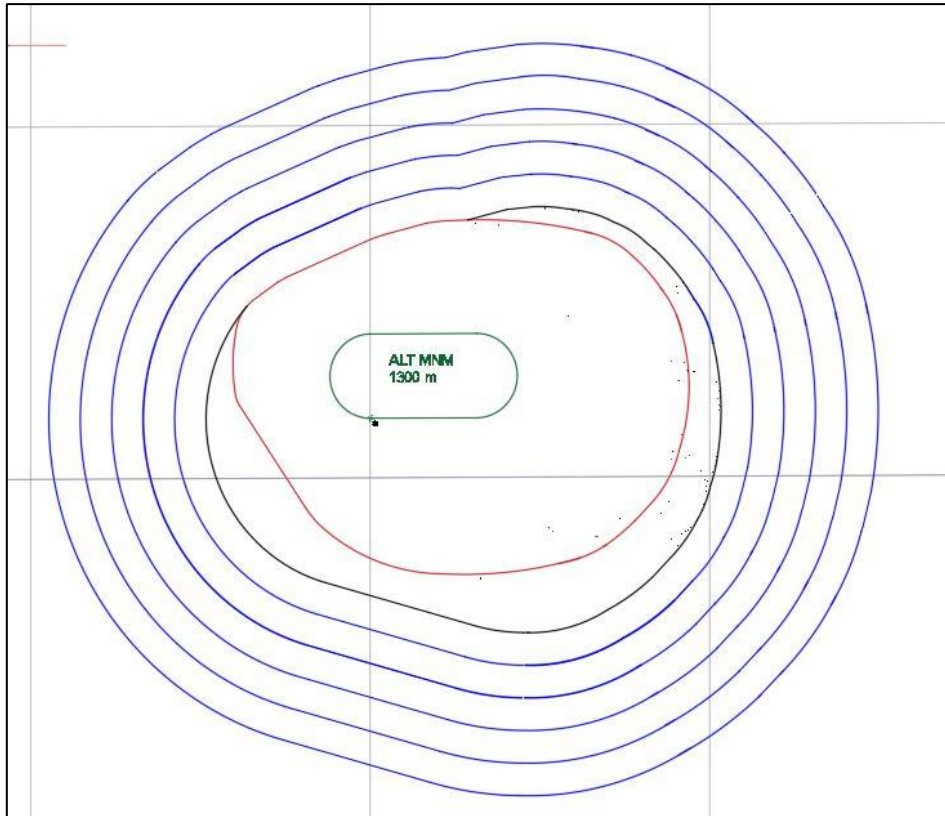


Figure 5.21: Aire de protection d'attente.

3.2.4. Construction du virage de base :

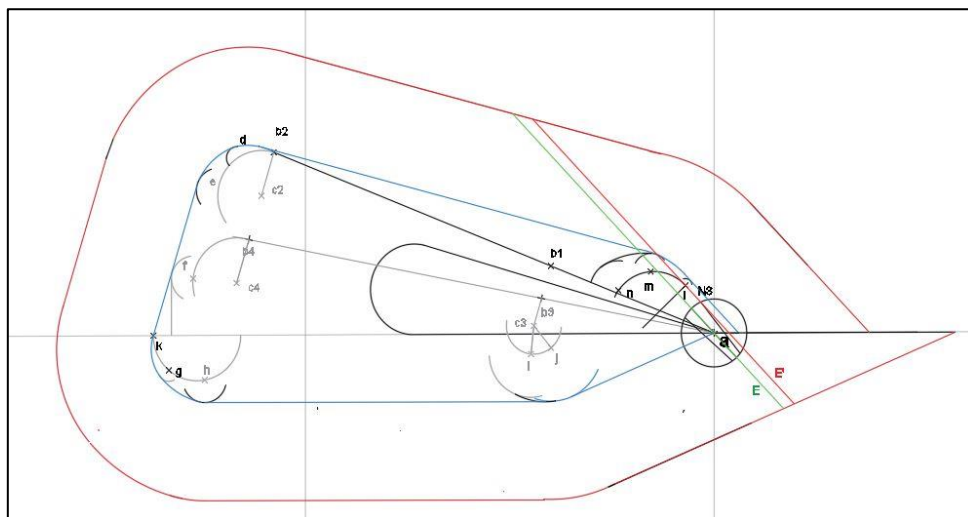


Figure 5.22: Aire de protection du virage de base.

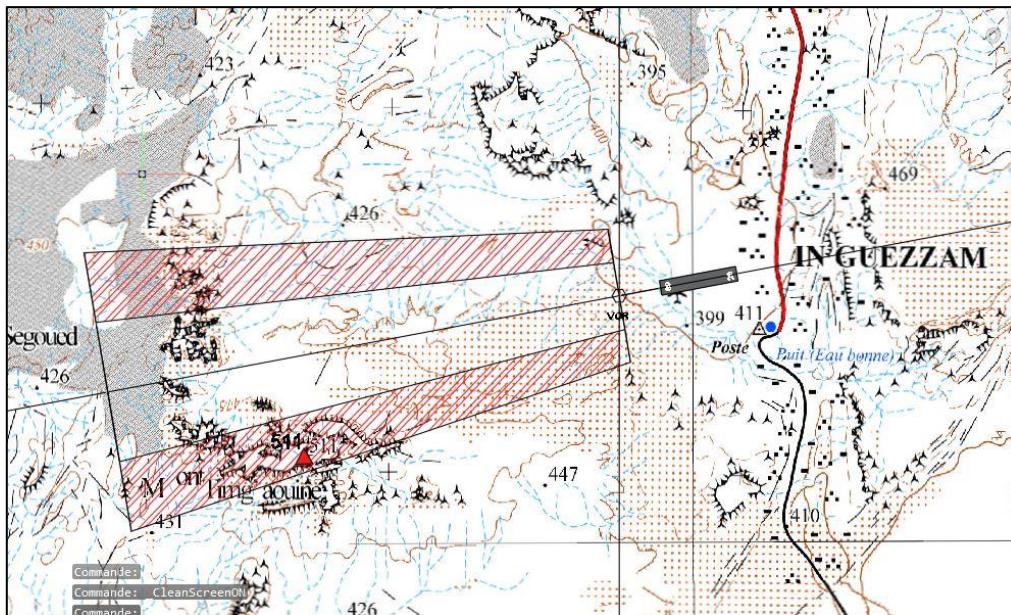


Figure 5.23: Le segment d'approche finale

3.2.5. Segment d'approche interrompue :

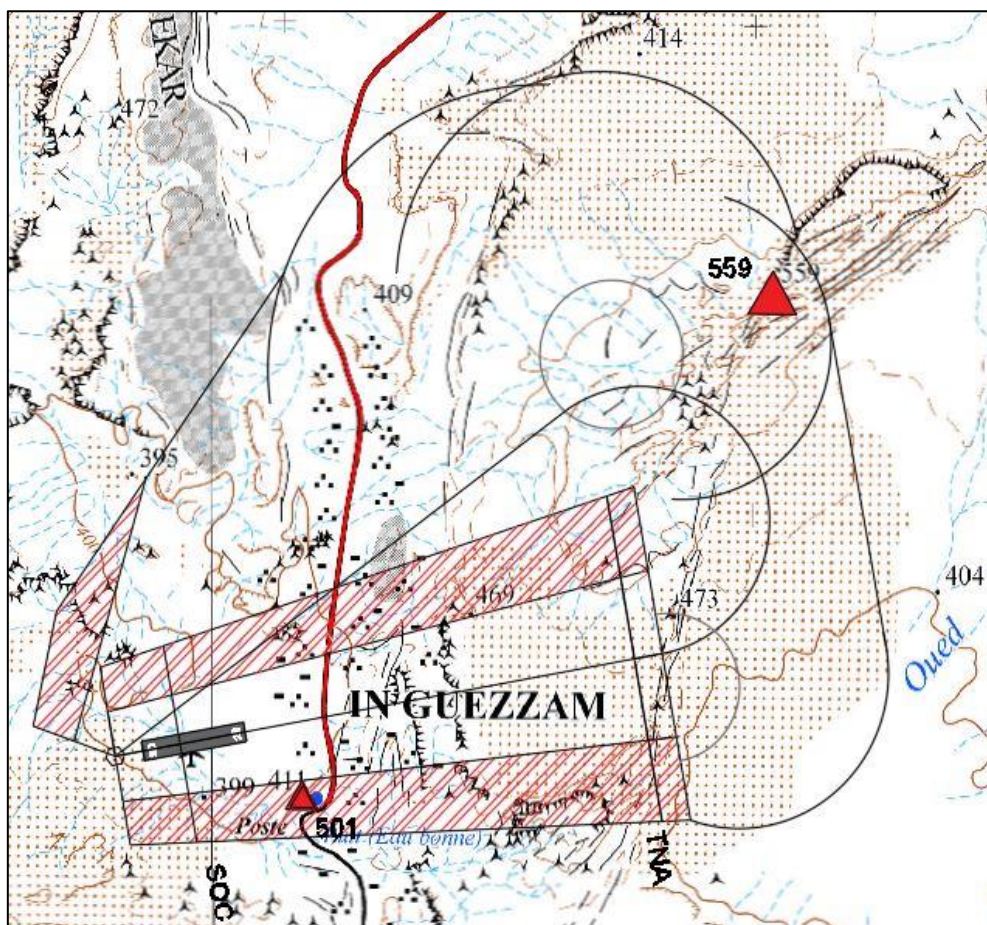


Figure 5.24. Segment d'approche interrompue

3.2.6. Les Scénarios possible pour la procédure d'approche aux instruments :

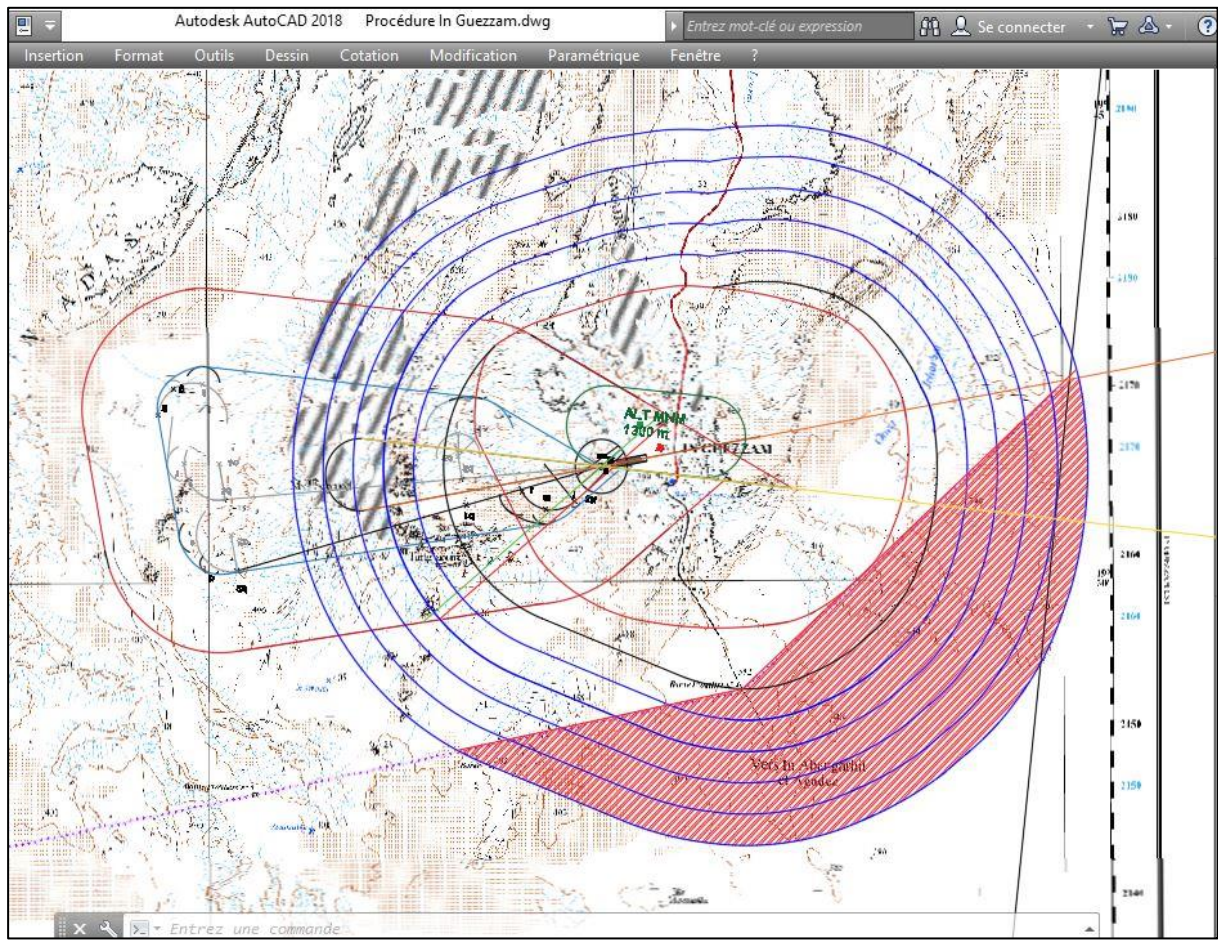


Figure 5.25: Scénario 1.

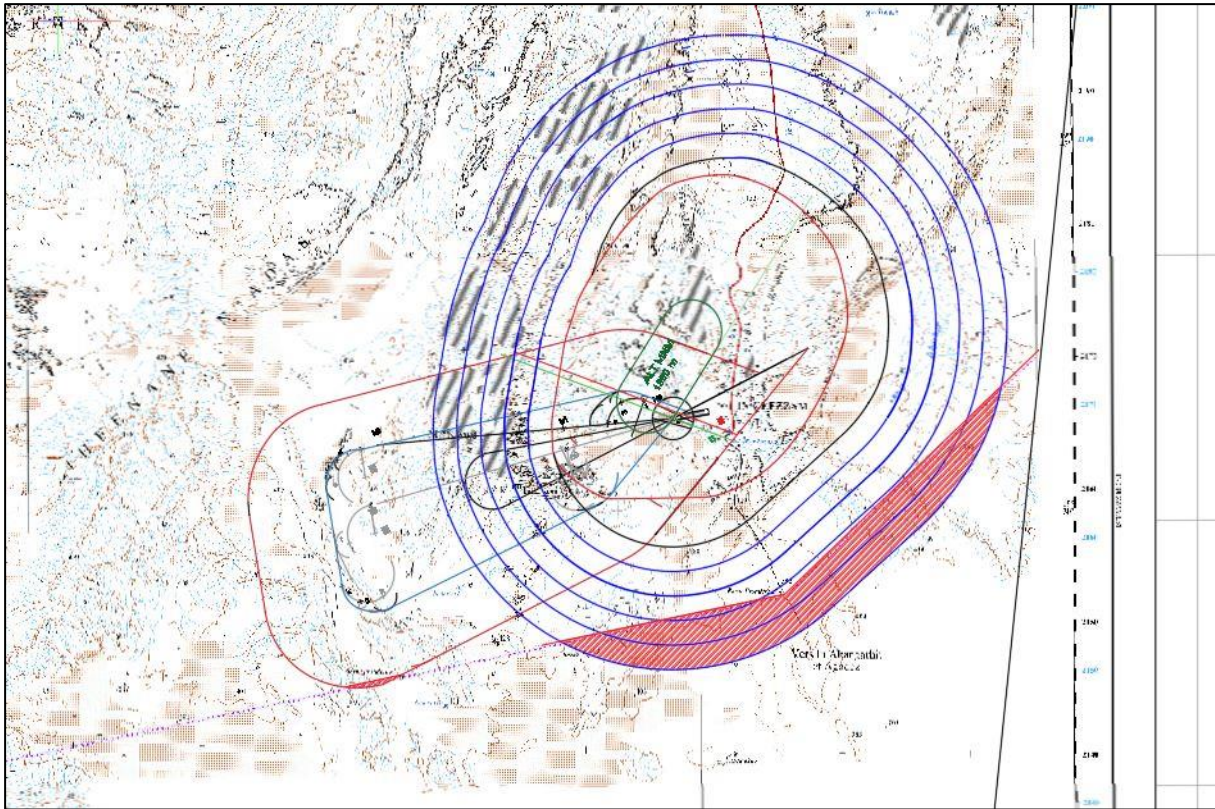


Figure 5.26: Scénario 2

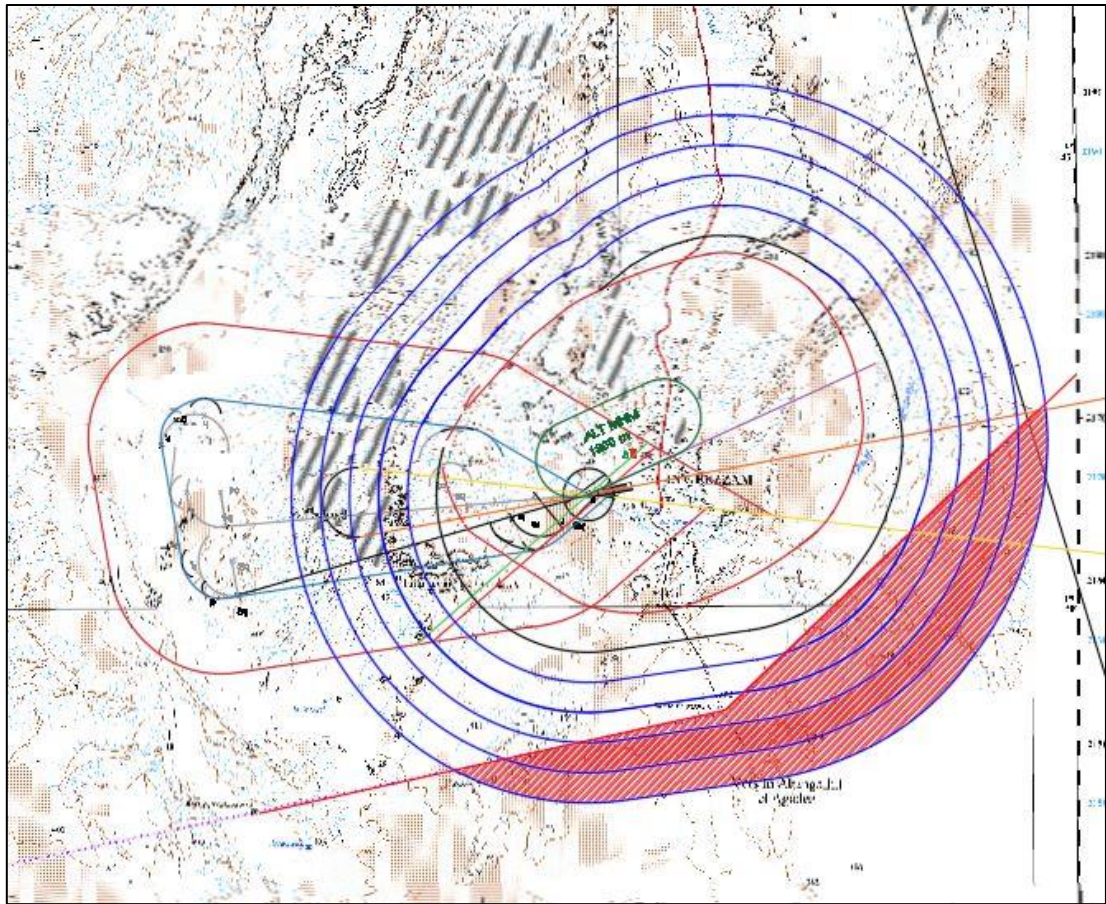


Figure 5.27: Scénario 3

3.2.7. Manœuvre à vue :

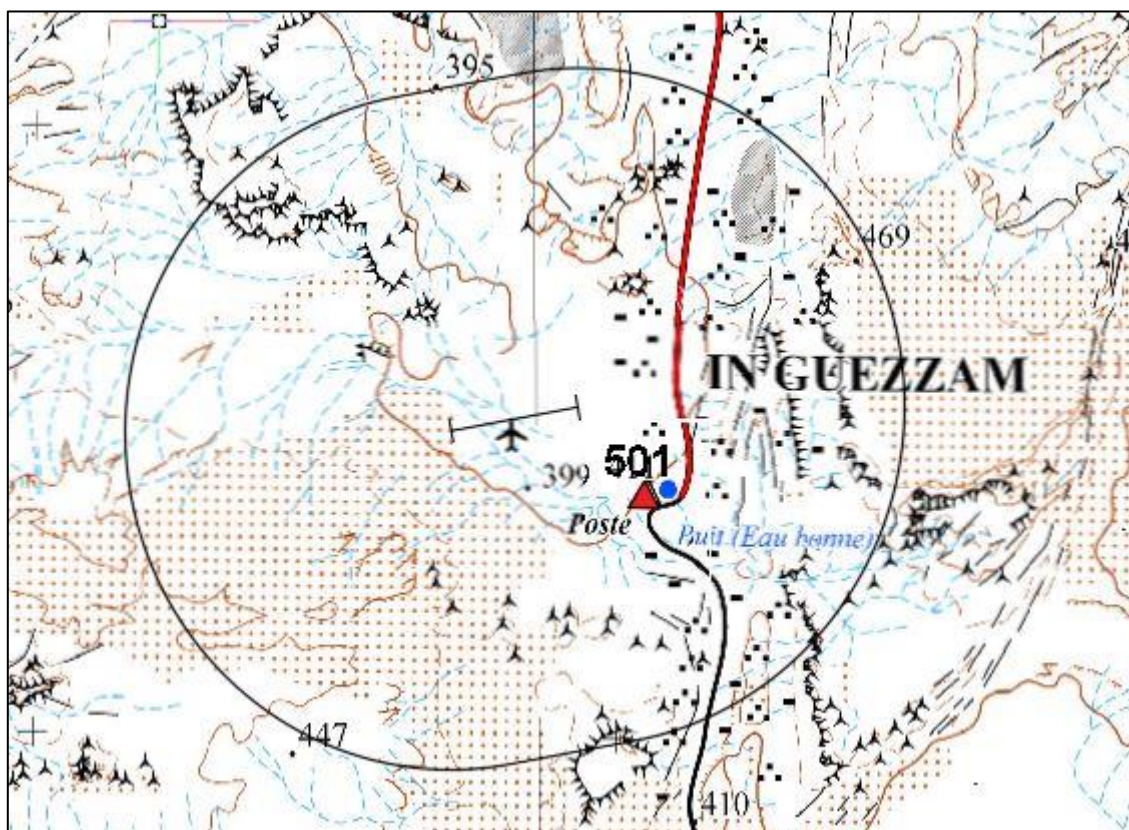


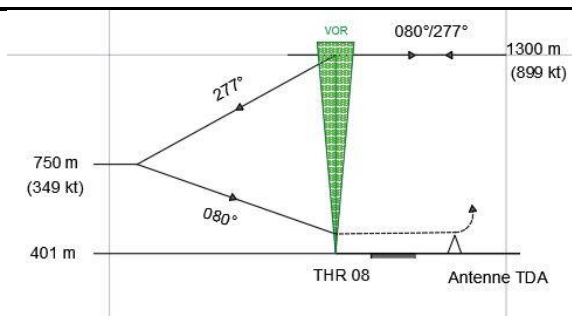
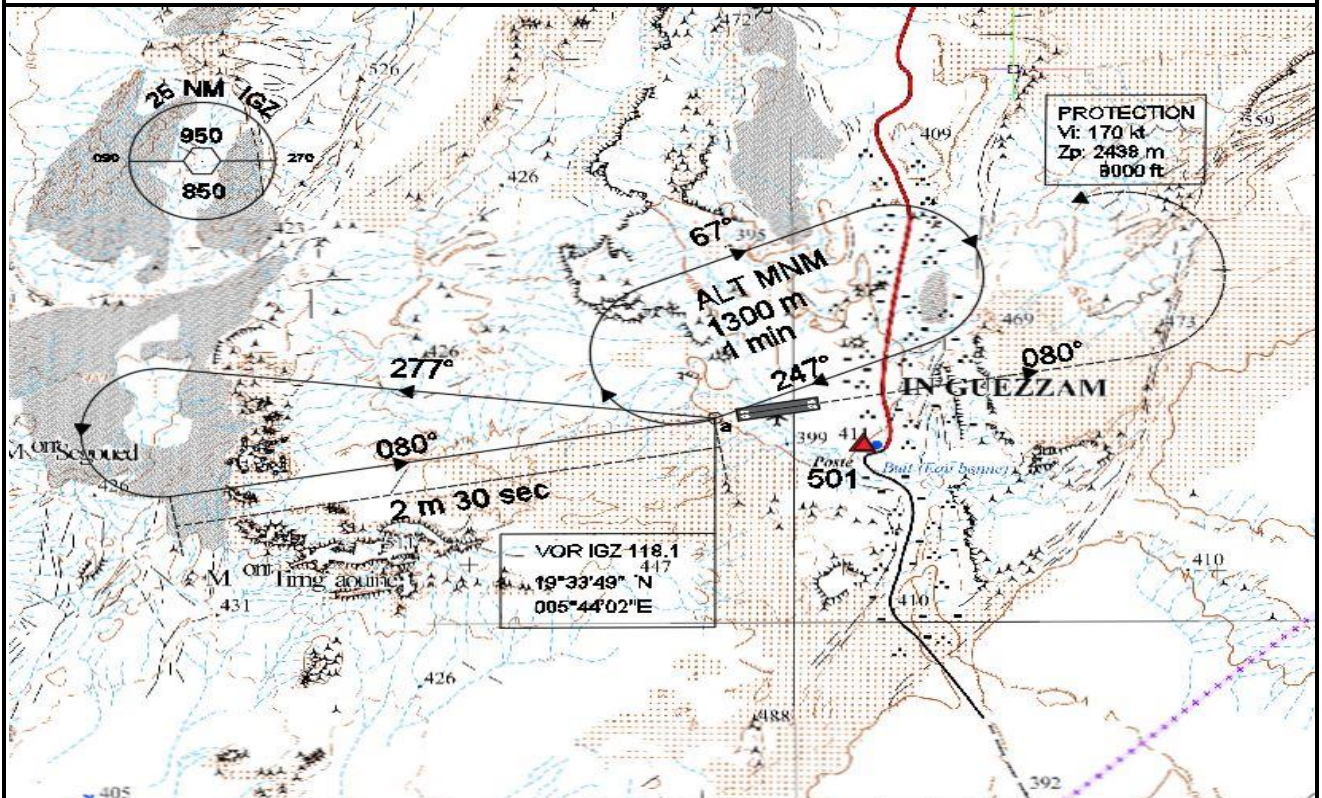
Figure 5.28: Manoeuvre à vue libre.

3.3. La carte d'approche aux instruments élaborée par Autocad.

ALGERIA	IN GUEZZAM
CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS	
CAT : A/B	TWR : 181.1
ALT A/D: 404 m	VOR: RWY 08

Les relèvements sont magnétiques

les hauteurs sont déterminées par rapport au THR08 : 401 m



APPROCHE INTERROMPUE

Monter dans l'axe en suivant la radial 080°, puis virer à gauche pour rejoindre le VOR IGZ, en montée vers l'altitude de sécurité et suivre les instructions du contrôle.

CA T	VOR RWY 08			APPROCHE INDIRECTE		
	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VIS
A	200	656	1500	200	656	2400
B						

4. Conclusion :

La concordance des résultats obtenus par les deux méthodes présentées dans le chapitre 5 indique que, en plus de la méthode manuelle, l'utilisation du logiciel de dessin assisté par ordinateur Autocad pour concevoir la procédure d'approche aux instruments VOR 08 RWY 08 est un moyen efficace.

Cette méthode réduit le temps de développement tout en fournissant des résultats clairs et précis.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce mémoire nous a permis de s'accoutumer avec l'aspect pratique de l'utilisation des informations requises dans notre cursus universitaire, tout en se confrontant aux difficultés rencontrées dans l'entreprise ou on a effectué notre stage pratique. Ces difficultés sont liées, premièrement au problème de la visibilité exigée pour réalisation de la nouvelle tour de contrôle, et deuxièmement à la situation géographique de l'aérodrome d'In Guezzam, qui se trouve à une zone frontalière.

Dans le cadre de la réalisation de la nouvelle tour de contrôle nous avons décidé d'implanter cette dernière, tout en respectant les normes de localisation d'une tour, et de détermination de sa hauteur, en évitant les contraintes qui peuvent toucher la sécurité des vol.

D'autre part, et afin de permettre une exploitation convenable de l'aérodrome nous avons élaboré une procédure provisoire d'approche aux instruments de type classique basée sur le VOR dans son nouvel emplacement, la procédure doit permettre d'assurer une descente sécurisée tout en éliminant le risque de violation des aires du pays voisin, et ce, en essayant plusieurs scénarios possibles. Nous avons aussi procédé à la représentation de cette procédure à l'aide du logiciel Autocad pour une meilleure illustration.

En perspective, la région d'In Guezzam et vu son emplacement géostratégique, est en droit chemin vers l'amélioration de 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

En plus de ça, après l'achèvement des travaux de réalisation du nouvel aérodrome, une conception d'approche aux instrument provisoire VOR RWY 26 basé sur le même moyen avec son emplacement actuel, est envisageable pour assurer la phase de transition entre l'exploitation de l'ancienne et la nouvelle piste.

Aussi l'acquisition projetée de nouveaux moyens radioélectriques, au moins un DME qui va être associé au VOR existant, permettra d'anticiper la conception des procédures d'approche desservants les deux seuils de piste et éliminera de façon

définitive le problème des frontières existant actuellement, et étend l'exploitation de l'aérodrome.

ANNEXES

ANNEXE 01 :

1. LES AERODROMES :

1.1. Différence entre aérodrome et aéroport :

A. Aérodrome :

Surface spécialement aménagée (sur terre ou sur l'eau) pour permettre aux avions de décoller ou d'atterrir, et doté de l'infrastructure nécessaire pour leurs évolutions au sol. Un aérodrome comprend éventuellement des bâtiments, des installations, tour de contrôle, aires de stationnement, ateliers de réparations et de vérifications, etc.). Le mot aérodrome est dérivé des mots grecs **aeros** qui signifie "air" et **dromos** qui signifie "route" ou "parcours", donc aérodrome signifie littéralement **parcours aérien**.

[16]

B. Aéroport :

Est un type particulier d'aérodrome. Le terme "aéroport" implique une certaine stature, c'est-à-dire qu'il a satisfait à certains critères de certification ou à certaines exigences réglementaires de l'OACI, ce qui n'est pas le cas d'un aérodrome ordinaire.

[16]

1.2. Code de référence d'un aérodrome :

Est constitué de deux éléments liés aux aéronefs utilisant l'aéroport. L'élément 1 est un chiffre fondé sur la distance de référence de l'avion, **et** l'élément 2 est une lettre fondée sur l'envergure de l'avion et la largeur hors tout de son train principal.[17]

Tableau 1: Code de référence d'un aérodrome

Chiffre de code (1)	Élément de code 1		Élément de code 2	
	Distance de référence de l'avion (2)	Lettre de code (3)	Envergure (4)	Largeur hors tout du train principal ^a (5)
1	moins de 800 m	A	moins de 15 m	moins de 4,5 m
2	de 800 m à 1 200 m exclus	B	de 15 m à 24 m exclus	de 4,5 m à 6 m exclus
3	de 1 200 m à 1 800 m exclus	C	de 24 m à 36 m exclus	de 6 m à 9 m exclus
4	1 800 m et plus	D	de 36 m à 52 m exclus	de 9 m à 14 m exclus
		E	de 52 m à 65 m exclus	de 9 m à 14 m exclus
		F	de 65 m à 80 m exclus	de 14 m à 16 m exclus

a. Distance entre les bords extérieurs des roues du train principal.

1.3. Les composantes d'un aéroport :



Figure 1 : Les Composantes d'un aérodrome [18].

La figure ci-dessus montre qu'un aérodrome est composé des bâtiments techniques (tour de contrôle, aéroport, blocs technique, abris SSLI, etc.) et de l'aire de mouvement qui est la zone opérationnelle principale d'un aérodrome.

L'aire de mouvement est constituée de :

A. L'aire de manœuvre : secteurs des avions en déplacement.

- les pistes (aire de décollage et d'atterrissage).
- les voies de circulation :
 - ✓ Entrées et sorties de piste
 - ✓ Point d'attente, aire d'attente
 - ✓ Voie de relation : non accolée à une aire de stationnement (taxiways et speedways permettant dégagement rapide).

B. L'aire de trafic : opérations d'escale et d'assistance.

- les aires de stationnement
(Embarquement et débarquement des pax et du Fret)
- les aires d'entretien
(Avitaillement et maintenance)
- les aires de garage
(Stationnement d'attente en dehors des opérations d'escale),
- les voies de circulation d'aires de trafic (taxilanes).
- les aires spéciales : aire de compensation des compas, de calage des altimètres,
de calage des INS [19]

Comme il est susmentionné, en plus de l'aire de mouvement, l'aérodrome contient :

- La tour de contrôle.
- Les zones des à la navigation (visuelles et radioélectriques).
- Service de sauvetage et lutte contre les incendies.
- Avitaillement.
- L'aérogare passagers.

1.4. La piste et ses aires de protection :

1.4.1. La piste d'atterrissage :

Une zone rectangulaire défini sur un aérodrome terrestre, préparée pour l'atterrissage et le décollage d'aéronefs.

1.4.2. Aires de protection :

Une piste, ainsi que les prolongements d'arrêt, qu'elle comporte éventuellement, sera placée à l'intérieur d'une bande. [20]

1.4.3. Aire de demi-tour (Raquette de retournement) :

Une aire de demi-tour sera aménagée aux extrémités des pistes qui ne sont pas desservies par une voie de circulation afin de faciliter l'exécution de virages à 180°. Il est recommandé qu'elle soit sur la partie gauche de la piste du côté pilote commandant de bord.



Figure 2 : Aire de demi-tour. [21]

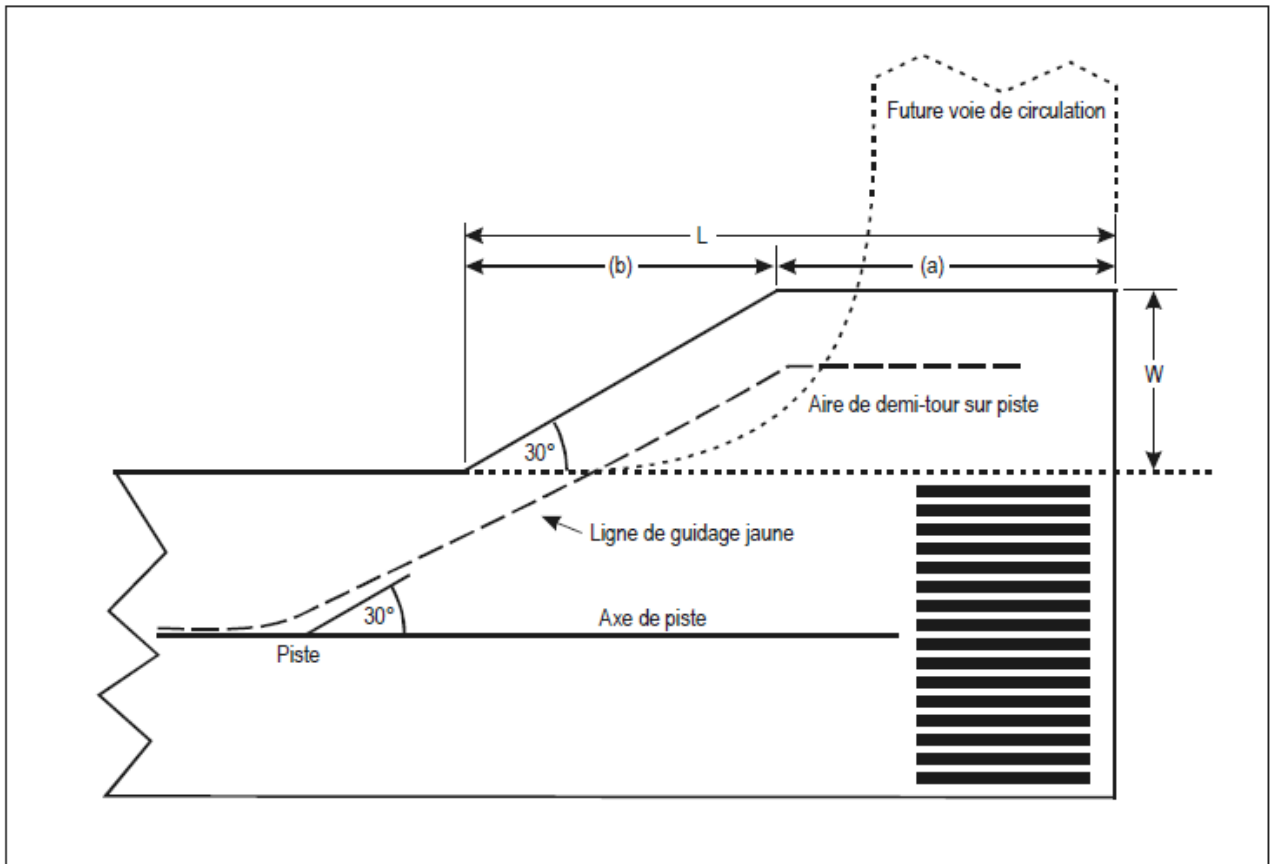


Figure 3 : Plan type OACI d'une aire de demi-tour sur piste. [20]

1.5. Chaussées aéronautiques :

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

On distingue principalement deux types de chaussées : les chaussées souples et les chaussées rigides.

A. Chaussées souples :

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

B. Chaussées rigides :

Chaussées rigides On appelle chaussées rigides, des chaussées comportant en couche supérieure des matériaux traités au liant hydraulique (béton de ciment essentiellement). La nature du béton hydraulique fait que la rigidité des dalles qui constituent la partie supérieure de la chaussée protège le sol support des sollicitations mécaniques. La rupture de la chaussée s'amorce en premier lieu dans la dalle par excès de contraintes.



Figure 4.1 : Chaussée souple.



4.2 : Chaussée rigide.

1.6. Distances déclarées.

Les distances suivantes seront calculées au mètre ou au pied le plus proche pour une piste destinée à être utilisée par des aéronefs de transport commercial international :

- a) distance de roulement utilisable au décollage (TORA) ;
- b) distance utilisable au décollage (TODA) ;
- c) distance utilisable pour l'accélération-arrêt (ASDA) ;

d) distance utilisable à l'atterrissage (LDA).

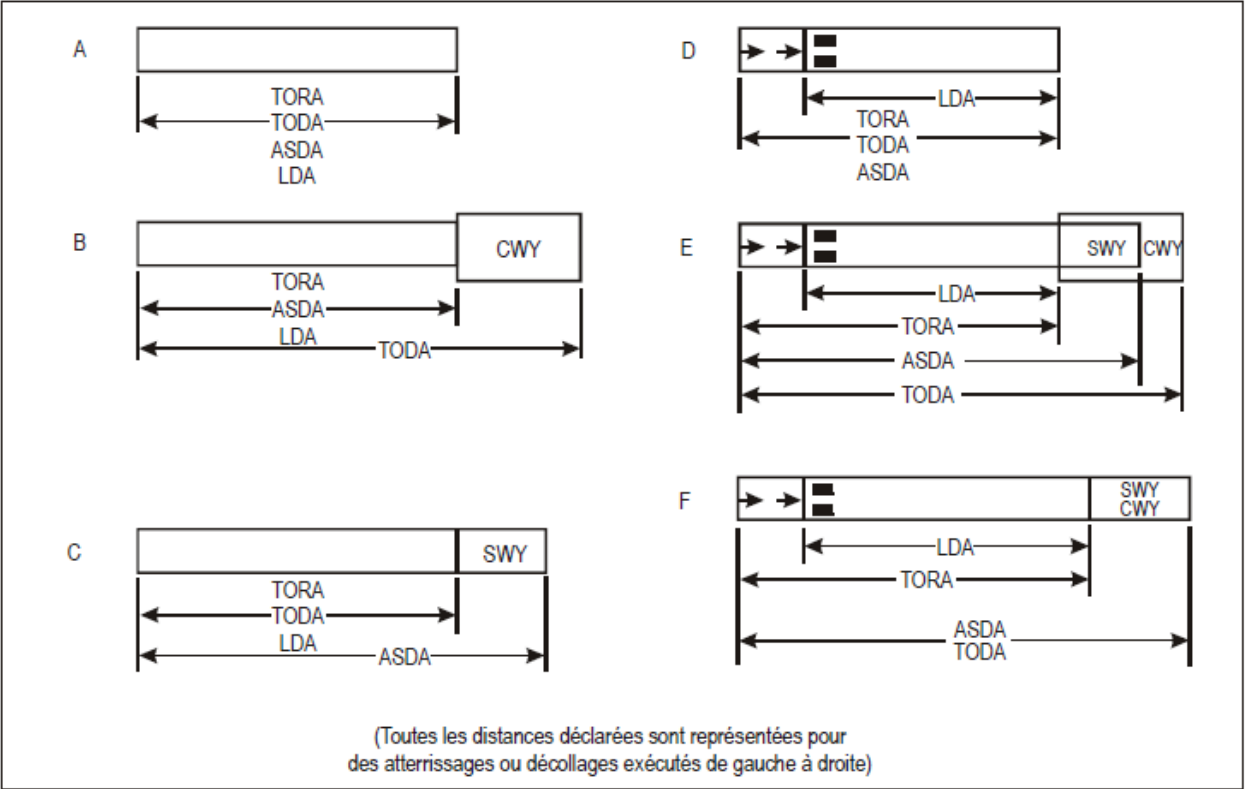


Figure 1.5 : Représentation des distances déclarées. [17]

ANNEXE 02 :

Présentation de l'ENNA :

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne (E.N.N.A) est un établissement public mandaté par l'État pour garantir la sécurité de la navigation aérienne. Relevant du Ministère des Transports, sa principale mission est d'appliquer la politique nationale en matière de sécurité aérienne en collaboration avec les autorités et les organismes pertinents. Il a également pour responsabilité d'assurer la surveillance et le contrôle des aéronefs en vol, ainsi que de veiller à la sécurité aérienne dans son ensemble.

Pour favoriser l'avancement des projets liés à la navigation aérienne, l'E.N.N.A travaille en étroite collaboration avec des organismes nationaux et internationaux :

- Ministère des Transports.
- Université Saad Dahlab / Institut de l'Aéronautique de Blida (IAB).
- Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).
- AEFMP : organisation régionale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc et le Portugal.
- ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar.
- EUROCONTROL : Organisation européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne.
- Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse (ENAC).

Organisation de l'ENNA : (2)

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne est structuré comme suit :

- DDNA : Direction du Développement de la Navigation Aérienne.
- DENA : Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne.
- DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne.
- DRFC : Direction des Ressources des Finances et de la Comptabilité.
- DJRH : Direction Juridique et des Ressources Humaines.
- CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.
- DL : Direction de la Logistique.

- FIU : Flight Inspection Unit.
- AERODROMES : Directions de la Sécurité Aéronautique.

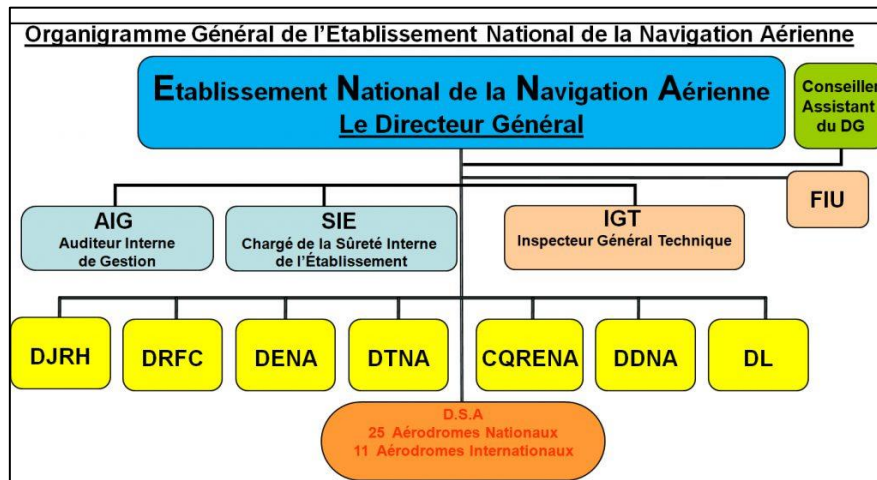


Figure 1 : Organisation de l'ENNA.

Organisation de la DENA :

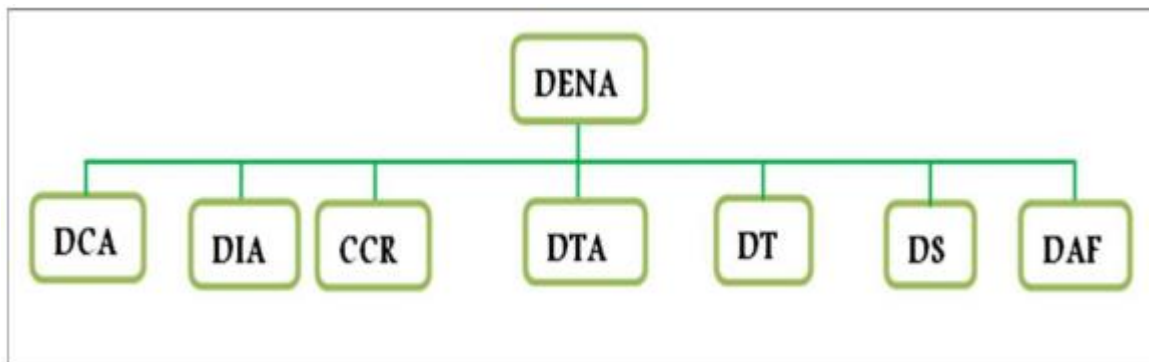


Figure 2 : Organisation de la DENA

- DCA : Département Circulation Aérienne.
- DIA : Département Informations Aéronautiques.
- CCR : Centre de Contrôle Régional.
- DTA : Département Télécommunications Aéronautiques.
- DT : Département Technique.
- DS : Département Système.
- DAF : Département Administration et Finances.

Le département de la circulation aérienne (DCA) :

Le département de la circulation aérienne est chargé du contrôle et du suivi de l'espace aérien géré par les aéroports et le CCR ainsi que les études liées au développement de la navigation aérienne. Il supervise deux services :

- ✓ Le Service Etudes et Développement (SED) .
- ✓ Le Service Contrôle et Coordination (SCC).

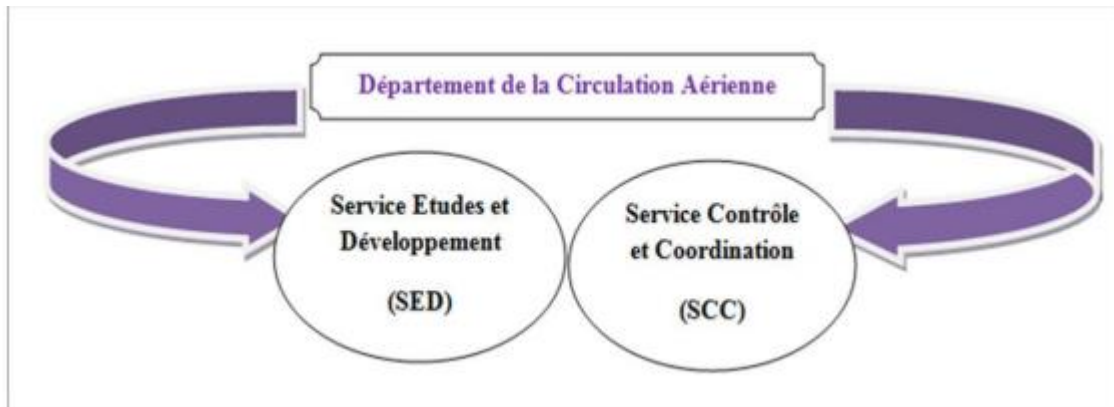


Figure 3: Organisation de DCA .

➤ Le Service Études et Développement (SED) :

Il est chargé des tâches suivantes :

- Élaboration des plans des servitudes aéronautique de dégagement des aéroports.
- Étude des obstacles à la navigation aérienne.
- Élaboration des cartes d'obstacles d'aéroports.
- Étude des schémas de la circulation aérienne.
- La conception de procédures de départs et d'arrivées aux instruments (SID, STAR) pour les services de contrôle d'approche.
- La conception des procédures d'approches aux instruments (classiques, précision et à vue) pour l'ensemble des aéroports.
- Mise à jour de l'AIP Algérie selon les informations aéronautique émanant de DSA aéroports.
- Analyses des anomalies d'exploitation émanant des compagnies aériennes et les centre de contrôles et aéroports.
- Examens des dossiers de l'homologation des pistes des aéroports.
- Missions de choix de site pour l'installation et déplacements des moyens de radionavigation.
- Élaboration des manuels d'exploitation des services de la circulation aérienne.

- Participation à la mise en œuvre du SGS au niveau des aérodromes et du CCR

➤ Service Contrôle et Coordination SCC :

Le service est chargé des fonctions suivantes :

- La tenue à jour de fichier informatisé « l'État des Aérodromes » relatif à l'exploitation de l'ensemble des aérodromes sur le territoire national ;
- Il est chargé d'analyser des anomalies d'exploitation dans l'espace aérien relatives aux avis d'incidents, accidents, comptes rendus d'irrégularité d'exploitation (AIR PROX, réclamation, déroutement, alertes, procédures et infractions) concernant les aéronefs et leurs équipages ;
- La mise à jour et la tenue de la réglementation en vigueur sur le plan international (OACI).
- Il veille à l'application de la réglementation internationale concernant le service de sauvetage et de la lutte contre l'incendie au niveau des aérodromes et notamment le maintien en vigueur de la catégorie requise (OACI) appliqué au service SSLI ;
- Il représente la DENA auprès des services de recherche et de sauvetage des aéronefs en détresse (SAR).
- L'inspection technique de tous les aérodromes sur le territoire national conformément à la réglementation internationale de l'aviation civile et l'instruction de la DACM.
- Il est chargé d'autres missions relatives à l'exploitation des aérodromes confiés par la DENA.

Annexe 03 :

Autocad 2018:

1. Presentation d'AutoCAD :

AutoCad a été créé en 1982 par la société AutoDesk.Inc. Le siège de cette entreprise est basé à San Rafael en Californie. Très souvent, le logiciel bénéficie de nombreuses mises à jour afin d'offrir une expérience toujours plus conviviale au cours de son utilisation. Depuis 2004, l'entreprise lance, chaque année, une version améliorée de son logiciel.

En tant qu'application universelle DAO et CAO ; DAO étant « Dessin Assistée par Ordinateur » et CAO « Conception Assistée par Ordinateur ». Que ce soit le DAO ou le CAO, sachez qu'il s'agit des outils permettant de réaliser des modélisations de haute envergure. Apprécié pour sa polyvalence, AutoCad est un logiciel qui contribue à la création des objets de toutes sortes que ce soit en 3D ou en 2D.

Avec un tel logiciel, vous allez pouvoir concevoir vos propres plans de fabrication ou vous servir des images réelles de vos modèles en appliquant les couleurs de votre choix. Il est aussi possible de s'en servir pour activer le fonctionnement d'une machine ou assurer la visite virtuelle et guidée d'un bien immobilier à vendre ou à construire.[1]

2.Domains d'Application :

AutoCAD est utilisé dans plusieurs domaines, notamment :

- Architecture et Urbanisme :

Les professionnels de l'architecture utilisent AutoCAD pour concevoir des bâtiments et planifier des espaces urbains. La possibilité de travailler en 2D et 3D aide à visualiser les projets dès leurs débuts.

- Ingénierie Mécanique :

Les dessinateurs mécaniques créent des plans pour des machines et des dispositifs, utilisant des bibliothèques d'objets normalisés pour gagner en efficacité.

- Industrie :

Dans le secteur industriel, AutoCAD est utilisé pour représenter des pièces et des assemblages, facilitant la fabrication et l'assemblage.

- Électronique et Mécanique Électrique :

AutoCAD propose des outils spécialisés pour la conception de circuits et d'installations électriques, permettant une planification précise.

3. Avantages :

L'utilisation d'AutoCAD présente plusieurs avantages :

- ✓ Gain de Temps et Productivité : Grâce à ses outils automatisés et à sa bibliothèque d'objets, AutoCAD permet de réaliser des dessins plus rapidement et avec moins d'erreurs.
- ✓ Précision et Flexibilité : Les utilisateurs peuvent créer des dessins très détaillés et ajuster facilement les éléments, ce qui est crucial pour les projets complexes.
- ✓ Interopérabilité : AutoCAD prend en charge divers formats de fichiers, facilitant l'échange de données entre différents logiciels et équipes.

Bibliographie :

[1] : Les tours de contrôle, Fascicule 1, Généralités et fonctions, Service technique de la direction générale de l'Aviation civile française, Janvier 2007, (Document français).

[2] : Vigie et bloc technique, Service technique des bases aérienne, Direction générale de l'aviation civile, Octobre 1998, (Document français).

[3] : Document 4444 de l'OACI , « Gestion du trafic aérien », Seizième édition 2016.

[4] : Les tours de contrôle, Fascicule 2, Localisation et hauteur, Service technique de la direction générale de l'Aviation civile française, Janvier 2007, (Document français).

[5] : DOC 8168 de OACI, « Exploitation technique des aéronefs », Volume II, Construction des procédures de vol à vue et de vol aux instruments, Septième édition 2020.

[6] : Document ENAC, Cours de l'école national de l'aviation civile, Conception des procédures aux instruments, Module1, Concepts généraux et approche classique, Février 2013, Sandrine fournie; Hervé pradines.

[7] : USDB; université SAAD DAHLEB BLIDA, IAES; institue d'aéronautique et des études spatiales, Cours master 01 PAN-OPS, Mme Drareni 2021.

[8] : site Documentation IVAO France consulter Août 2024.

[9] : site lavionnaire (consulté août 2024).

[10] : USDB, UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA, IAES ; INSTITUE D'AERONAUTIQUE ET DES ETUDES SPATIALES, COURS I3 PAN-OPS, MME DRARENI ,2021.

[11]: Google Earth Pro.

[12] : AutoCad 2018.

[13] : AIP, Algérie (DATG).

[14] : Etude de faisabilité d'extension de la piste 08/26 de l'aérodrome d'In Guezzam et ses annexes, SAETI, Avril 2020.

[15] : Etude et réalisation d'une nouvelle piste et ses annexes a l'aérodrome d'in guezzam, avant projet, SAETI.Mai 2023

[16] : <https://www.lavionnaire.fr/PistesIntro.php>. (Consulté en Avril 2024)

[17] : Annexe 14 OACI, Volume I, Conception et exploitation technique des aérodromes.

Neuvième édition juillet 2022.

[18] : <https://www.reamenagement-nantes atlantique.fr/sites/default/files/fonctionnement-aeroport.jpg>. (Consulté en Avril 2024).

[19] : <http://a320.nexgate.ch/Aeronautique/Aeroport/MarquageSol.html>. (Consulté en Avril 2024).

[20] : Document 9157 de l'OACI , « Manuel de conception des aérodromes », Partie 1 (Pistes), Quatrième édition 2020.

[21] : [Pistes et balisages \(lavionnaire.fr\)](#) (Consulté en juin 2024).

[22] : site megastructures (consulté en Aout 2024).