

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



دحلب البلدية
Université SAAD Dahlab de Blida



كلية علوم المهندسين
Faculté des Sciences de l'Ingénieur



قسم علم الطيران
Département d'Aéronautique



Projet de Fin d'Études En vue de l'Obtention
du Diplôme D'Ingénieur d'État en Aéronautique

Spécialité : Navigation Aérienne
Option : Operations Aériennes

Thème

**Elaboration de procédure d'approche aux
instruments VOR/DME/ILS pour l'aérodrome
de TINDOUF RWY 26R**

Réalisé par :
M^{elle}: NACER-BEY Saida

Encadré par :
M^{me}: DRARENI Fatima
M^{me}: BENKHLIL Ilhame

Promotion : 2010/2011

RESUME

Dans le domaine de la navigation aérienne. L'augmentation de la sécurité des aéronefs et des vols passe par l'établissement des procédures de départs et d'approches selon les normes de l'OACI; ce travail consiste à l'élaboration des procédures d'approches aux instruments dite de précision, les gabarits et les cartes obtenues offrent une meilleure fluidité du trafic aérien.

SUMMARY

In the field of air navigation. Increasing the safety of aircraft and flights through the establishment of procedures for departures and approaches according to ICAO standards, this work involves the development of instrument approach procedures known precision templates and resulting maps provide a better flow of air traffic.

ملخص

في ميدان الملاحة الجوية و بهدف تحسين الحركة الجوية و ضمان مستوى عالي من الحماية والأمن للطائرات ولرحلات الطيران عل وجه العموم وبالأخص الإقلاع و الهبوط. عملنا يتمثل في إنشاء طريقة هبوط بالاستعانة بأدوات أكثر دقة مع مراعاة قوانين المنظمة الدولية للطيران المدني.

REMERCIEMENT

En premier lieu, je remercie le bon Dieu, le tout puissant de m'avoir accordé courage, force et endurance pour pouvoir achever ce travail.

Je tiens à remercier M^{me}. DRARENI Fatima , d'avoir suivi avec intérêt les avancées de mon travail et de m'avoir conseillée , dirigée et accompagnée pendant cette longue période de travail.

Je remercie également M^{me} .BENKHLIL Ilhame , ingénieur au « Département de la Circulation Aérienne » Pour m'avoir fourni une aide précieuse , de m'avoir accueilli dans son service , qui a toujours pris le temps de répondre à mes nombreuses question et d'avoir mis à ma disposition tous les moyens qu'elle a pu pour essayer de parvenir aux objectifs fixés.

Merci à toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réussite de ce travail de fin d'étude.

Enfin, je remercie les membres du jury qui m'ont fait l'honneur de juger mon travail, espérant qu'ils trouveront l'expression de mes profonds respects et croire à mes sincères gratitude.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime

A mes très chers parents

A mes frères et sœurs

A « AMINE » que j'aime beaucoup

A tous mes amis

A tous ceux qui m'ont connu et aidé de près ou de loin

A TOUS, JE DIS MERCI.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	
DEDICACES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	1

Chapitre I. présentation de l'ENNA

I.1. ADMINISTRATION DE L'AVIATION CIVILE EN ALGERIE	2
I.2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ENNA	2
I.2.1. Historique	2
I.2.2. Présentation de l'ENNA	3
I.2.3. Les missions de l'ENNA	3
I.2.4. Organisation	4
I.2.4.1. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne	5
I.2.4.2. Département de la Circulation Aérienne	6
I.2.4.2.1. Service Etude et Développement.....	6
I.2.4.2.2. Le Service Contrôle et Coordination	7

Chapitre II. Généralités

II.1. INTRODUCTION.....	8
II.2. LA CIRCULATION AERIENNE.....	8
II.2.1. Les types de la circulation aérienne.....	8
II.2.2. Les régimes de vols.....	8
II.2.3. Les services de la circulation aérienne	9
II.2.3.1. Définition	9
II.2.3.2. Objet des services de la circulation aérienne.....	9
II.2.4. Division des services de la circulation aérienne.....	9
II.2.4.1. Le Service de Contrôle	9
II.2.4.1.1. Le contrôle d'aérodrome	10
II.2.4.1.2. Le contrôle d'approche	10
II.2.4.1.3. Le contrôle régional	10
II.2.4.2. Le service d'information de vol	10
II.2.4.3. Le service d'alerte	11
II.2.5. Les organismes	11
II.3. DIVISION DE L'ESPACE AERIEN	11
II.3.1. Espace aérien contrôlé.....	13
II.3.1.1. Les Région de contrôle.....	12
II.3.1.1.1. Les régions de contrôle terminale	12

II.3.1.1.2. Les voies aériennes.....	12
II.3.1.2. Les zones de contrôle.....	12
II.3.1.3. Les régions supérieures de contrôle	13
II.3.2. Espace aérien non contrôlé	13
II.3.2.1. Région d'information de vol	13
II.3.2.2. Région supérieure d'information de vol.....	13
II.3.2.3. Routes à service consultatif	14
II.3.2.4. Route supérieure à service Consultatif	14
II.3.3. Les zones à statut particulier	14
II.3.3.1. Les zones dangereuses.....	14
II.3.3.2. Les zones réglementées.....	14
II.3.3.3. Les zones interdites.....	14
II.4. CLASSIFICATION DES ESPACES AERIENS	14

Chapitre III. Les critères d'élaboration des procédures d'approche aux instruments

III.1. INTRODUCTION.....	16
III.2. GENERALITES	16
III.2.1. Documentation officielle.....	16
III.2.2. Tableau de vitesses.....	17
III.2.3. Tolérances / Incertitudes	17
III.2.3.1. Les tolérances techniques de vol.....	17
III.2.3.2. Précision du moyen de navigation	17
III.2.4. Les repère	18
III.2.4.1. Définition	18
III.2.4.2. Liste des repères	18
III.2.4.3. Types de repères.....	18
III.2.4.4. Critères d'acceptabilité des repères	18
III.2.4.5. Pseudo repère	19
III.2.5. Rayon de virage	19
III.2.6. Effet de vent sur les trajectoires.....	19
III.2.7. Segments	20
III.2.7.1. Segment nominal.....	20
III.2.7.2. Enchaînement de segments	21
III.2.7.3. Les aires de protection des segments	21
III.3. PROCEDURES D'ARRIVEE	24
III.3.1. Définition	24
III.3.2. Les types de procédure d'arrivée aux instruments.....	24
III.3.2.1. Arrivées spécifiées aux instruments.....	24
III.3.2.2. Arrivées Omnidirectionnelle	24

III.4. PROCEDURES D'ATTENTE	26
III.4.1. Définition	26
III.4.2. Circuit nominal.....	26
III.4.3. Manœuvres d'attente.....	26
III.4.4. Types d'attente.....	27
III.4.5. Les entrées d'attente	27
III.4.6. Les aires de protection d'une attente.....	28
III.4.6.1. Définition	28
III.4.6.2. Les paramètres de l'aire de protection.....	28
III.4.6.3. Marge de franchissement d'obstacles.....	29
III.4.6.4. Construction de l'aire de base et des aires d'entrées.....	29
III.5. LES PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS.....	30
III.5.1. Classification	31
III.5.2. Principes d'élaboration d'une procédure d'approche.....	31
III.6. APPROCHE INITIALE, INTERMÉDIAIRE ET FINALE	32
III.6.1. Procédure classique avec FAF	32
III.6.1.1. Approche initiale	32
III.6.1.1.1. Trajectoires rectilignes ou arc DME	32
III.6.1.1.2. Procédure en hippodrome	32
III.6.1.1.3. Procédure d'inversion	32
III.6.1.2. Approche intermédiaire.....	35
III.6.1.3. Approche finale.....	35
III.6.2. Procédure classique sans FAF	35
III.6.2.1. Approche initiale	35
III.6.2.2. Approche intermédiaire.....	36
III.6.2.3. Approche finale.....	36
III.6.3. Approche de précision.....	36
III.6.3.1. Approche initiale	36
III.6.3.2. Approche intermédiaire.....	36
III.6.3.3. Approche finale.....	36
III.7. APPROCHE INTERROMPUE	37
III.7.1. Approche interrompue en ligne droite.....	38
III.7.2. Approche interrompue à un point de virage spécifié	38
III.7.3. Approche interrompue avec virage à une altitude spécifiée	38
III.8. MANŒUVRE A VUE	38
III.8.1. Définition	38
III.8.2. Manœuvre à vue libre.....	38
III.8.3. Manœuvre à vue imposée	39

III.9. LES SEPARATION STRATEGIQUES.....	39
III.9.1. Attente-Attente	39
III.9.2. Attente-Route d'arrivée ou segment initial	40
III.9.3. Attente-départ.....	41
III.9.4. Attente - zones à statut particulier	41

Chapitre IV. Etude de l'existant de l'aérodrome de TINDOUF

IV.1. INTRODUCTION	42
IV.2. GENERALITES.....	42
IV.2.1. Les aide de radionavigation et de surveillance	44
IV.2.2. Secteur Sud – Sud.....	44
IV.2.2.1. Limites du secteur	44
IV.2.2.2. Aérodromes à l'intérieur du secteur SUD – SUD	44
IV.3. DESCRIPTION DE L'AERODROME DE TINDOUF	45
IV.3.1. Situation géographique de l'Aérodrome	45
IV.3.2. Caractéristiques physiques des pistes	45
IV.3.3. Aides de radionavigation et d'atterrissage.....	46
IV.3.4. Cartes relatives à l'aérodrome.....	46
IV.4. ETUDE DES STATISTIQUES.....	49
IV.4.1. Etude de la densité du trafic.....	49
IV.4.2. Flux du trafic	51
IV.4.3. Interprétation des résultats.....	52

Chapitre V. Conception

V.1. PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME/ILS RWY 26R	53
V.1.1. GENERALITES.....	53
V.1.1.1. Objet d'étude.....	53
V.1.1.2. Données.....	53
V.1.2. SECTORISATION.....	53
V.1.3. PROCEDURE D'ATTENTE.....	55
V.1.3.1. L'emplacement de l'attente.....	55
V.1.3.2. Paramètre d'attente.....	55
V.1.3.3. Tracé de l'aire de protection de l'attente	55
V.1.3.4. Détermination de l'orientation de l'attente.....	62
V.1.3.5. Altitude minimales d'attente.....	62
V.1.3.6. Nombre de niveaux d'attente.....	63
V.1.4. SEGMENT D'APPROCHE INITIALE.....	63
V.1.4.1. Aire de protection de virage conventionnel.....	64

V.1.4.2. Altitude minimales de l'initiale.....	71
V.1.5. SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE	71
V.1.6. SEGMENT DE PRECISION.....	72
V.1.6.1. Les surfaces ILS de base.....	73
V.1.6.2. Les surfaces OAS	76
V.1.6.3. Le critère CRM.....	78
V.1.6.4. Distinction entre les obstacles en approche finale et les obstacles en approche interrompue.....	78
V.1.6.5. Calcul de l'OCH _{PS}	81
V.1.7. ETUDE DE L'APPROCHE INTERROMPUE	81
V.1.7.1. Position du SOC.....	81
V.1.7.2. Approche interrompue en ligne droite ou avec virage.....	85
V.1.8. AIRES DE LA PROCEDURE D'APPROCHE VOR/DME/ILS	85
V.2. PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME-LLZ (GP INOP)	85
V.3. MANŒUVRE A VUE.....	86
V.4. LES MINIMUMS OPERATIONNELS.....	89
V.4.1. Procédure d'approche VOR/DME/ILS	89
V.4.2. Procédure d'approche VOR/DME-LLZ (GP INOP)	90
V.4.3. Manœuvre à vue	90
 CONCLUSION GENERALE	 91
ANNEXEA : Zones interdites	
ANNEXEB : Approche ILS	
ANNEXEC : Cartes relatives a l'aérodrome	
ANNEXED : schémas de conception	
BIBLIOGRAPHIE	

LISTE DES FIGURES

Chapitre I. présentation de l'ENNA

Figure I.1 : Organigramme général de la Direction Générale de l'Aviation Civile	2
Figure I.2 : Organisation de l'ENNA	4
Figure I.3 : Les structures de la direction d'exploitation de l'ENNA	5
Figure I.4 : Les structures du département de la Circulation Aérienne	6

Chapitre II. Généralités

Figure II.1 : Contrôle du trafic	10
Figure II.2 : Espace aérien contrôlé	13
Figure II.3 : Organisation de l'espace aérien	14

Chapitre III. Les critères d'élaboration des procédures d'approche aux instruments

Figure III.1 : Effet de vent sur les trajectoires	20
Figure III.2 : Segment nominal	20
Figure III.3 : Enchaînement de segments	21
Figure III.4 : Aire rectiligne radioguidée	21
Figure III.5 : Aire curviligne radioguidée	22
Figure III.6 : Limites d'une aire de protection	22
Figure III.7 : La MFO	23
Figure III.8 : Arrivées Omnidirectionnelle	24
Figure III.9 : Sectorisation VOR/DME	25
Figure III.10 : Circuit nominal d'une attente	26
Figure III.11 : Les secteurs d'entrées	29
Figure III.12 : Les entrées au repère d'attente le long d'un arc DME	30
Figure III.13 : Le gabarit d'attente	29
Figure III.14 : Aire de base et l'aire d'entrée en attente	30
Figure III.15 : Les différents segments d'une procédure	31
Figure III.16 : Entrée dans un virage conventionnel	33
Figure III.17 : Entrée dans un virage de base	33
Figure III.18 : Types des procédures d'inversion et procédure en hippodrome	34
Figure III.19 : Les différentes phases d'approche interrompue	37
Figure III.20 : MVI sous forme de circuit de piste	39
Figure III.21 : Séparation attente/attente	40

Figure III.22 : Séparation latérale attente /attente	40
Figure III.23 : protection Attente/Route d'arrivée	40
Figure III.24 : protection Attente/départ	41
Figure III.25 : Attente/Zone à statut particulier	41

Chapitre IV. Etude de l'existant de l'aérodrome de TINDOUF

Figure IV.1 : Sectorisation actuelle (carte de croisière).....	43
Figure IV.2 : Carte d'aérodrome de TINDOUF	47
Figure IV.3 : Carte d'approche a vue de l'aérodrome de TINDOUF	48
Figure IV.4 : Le taux du flux des arrivées	50
Figure IV.5 : Le taux du flux des départs	51

Chapitre V. Conception

Figure V.1 : La sectorisation.....	54
Figure V.2 : Gabarit de circuit d'attente	59
Figure V.3 : Aire de tolérance du repère de position VOR	60
Figure V.4 : Aires de protection de circuit d'attente	61
Figure V.5 : Aires de protection de circuit d'attente	62
Figure V.6 : Gabarit de virage conventionnel de 45°/180°	68
Figure V.7 : Aire de tolérance du début du virage d'éloignement.....	69
Figure V.8 : Aires de protection du virage conventionnel.....	70
Figure V.9 : Aire de protection du segment intermédiaire	72
Figure V.10 : Segment de précision	73
Figure V.11 : Illustration des surface ILS de base	74
Figure V.12 : Equations et constantes des surfaces ILS de base	74
Figure V.13 : Surfaces ILS de base.....	75
Figure V.14 : Surfaces d'évaluation d'obstacle _ vue en perspective	76
Figure V.15 : Système de coordonnées	77
Figure V.16 : Surfaces OAS	77
Figure V.17 : Obstacles à l'approche interrompue avant -900 mètres	79
Figure V.18 : Obstacles à l'approche interrompue au-delà de -900 m	79
Figure V.19 : Position du SOC	82
Figure V.20 : Aire finale d'approche interrompue.....	83
Figure V.21 : Aire finale d'approche interrompue.....	84
Figure V.22 : Aires de protection de la procédure d'approche VOR/DME/ILS	85
Figure V.23 : Aire de protection du segment finale (GP inop)	86
Figure V.24 : Aire de protection manœuvre a vue	88

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre III. Les critères d'élaboration des procédures d'approche aux instruments

Tableau III.1 : Vitesse pour le calcul des procédures	17
Tableau III.2 : Tolérances du moyen radio	17
Tableau III.3 : La MFO en fonction de relief	23
Tableau III.4 : Marge minimal de franchissement d'obstacles	29
Tableau III.5 : Descente maximale autorisée pour une procédure d'inversion ou en hippodrome	34
Tableau III.6 : Pente ou taux de descente en finale	36

Chapitre IV. Etude de l'existant de l'aérodrome de TINDOUF

Tableau IV.1 : moyens de surveillance	44
Tableau IV.2 : Flux du trafic d'arrivée pour l'aérodrome de TINDOUF	49
Tableau IV.3 : Flux du trafic de départ pour l'aérodrome de TINDOUF	50

Chapitre V. Conception

Tableau V.1 : Calculs associés à la construction de gabarit d'attente	57
Tableau V.2 : Calculs associés à la construction de l'aire de tolérance du repère de position VOR	60
Tableau V.3 : Calculs associés à la construction de gabarit de virage conventionnel 45°/180° pour catégorie C/D	65
Tableau V.4 : Calculs associés à la construction de gabarit de virage conventionnel 45°/180° pour catégorie A/B	66
Tableau V.5 : Obstacle situé à l'intérieur des projections des surfaces ILS de base	75
Tableau V.6 : Les coordonnées des points C, D, E, C'', D'' E''	76
Tableau V.7 : Obstacle situé à l'intérieur des projections des surfaces OAS	78
Tableau V.8 : Les obstacles qui ont une abscisse supérieur à -900	80
Tableau V.9 : Les obstacles qui ont une abscisse inférieure à -900	80
Tableau V.10 : marge de perte de hauteur / erreur altimétrique	81
Tableau V.11 : valeurs des OCH	81
Tableau V.12 : Obstacle situé à l'intérieur de l'aire finale d'approche interrompue	84
Tableau V.13 : Marge de franchissement d'obstacles OCA/H pour l'aire de manœuvre avue	89

Tableau V.14 : Minimums opérationnels les plus bas admissibles	
VOR/DME/ILS RWY 26R	89
Tableau V.15 : Minimums opérationnels les plus bas admissibles	
VOR/DME-LLZ (GP INOP) RWY 26R	90
Tableau V.16 : Minimums opérationnels les plus bas admissibles	
Approche a vue	90

Abréviations

၈၀၃

A

ADR	Routes à service consultatif
ADRS	Route supérieure à service Consultatif
ADS	Surveillance dépendante automatique
AFIS	Service d'information de vol d'aérodrome
AIP	Publication d'information aéronautique
API	Approche interrompue
APP	Approche
ATC	Contrôle de la circulation aérienne
ATS	Service de la circulation aérienne
AWY	Les voies aériennes

C

CCR	Centre de Contrôle régional
CRM	Manuel d'utilisation du modèle de risque de collision
CTA	Région de Contrôle d'Approche
CTR	Zone de Contrôle d'Aérodrome

D

DA/H	Altitude/hauteur de décision
DACM	La Direction de l'Aviation Civile et de la Météorologie
DME	Dispositif de mesure de distance

E

ENEMA	Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique
ENESA	Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique
ENNA	Etablissement National de la Navigation Aérienn

F

FAF	Repère d'approche finale
FAP	Point d'approche finale
FIR	Région d'Information de vol

G

GND	Sol
GP	Alignement de descente

H

HF	Repères d'attente
HL	Perte d'altitude

I

IAC	Carte d'approche aux instruments
IAF	Repère d'approche initiale
IF	Repère d'approche intermédiaire
IFR	Règles de vol aux instruments
ILS	Système d'atterrissage aux instruments
ISA	Atmosphère type Internationale

L

LLZ	Radiophare d'alignement de piste
LOC	Localizer

M

MAPT	Point d'approche interrompue
MAX	Maximale
MDA/H	Altitude / Hauteur de descente
MFO	Marge de Franchissement d'Obstacle
MSA	Altitude minimale de secteur

MSL	Niveau moyen de la mer
MVI	Manœuvre à vue imposé
MVL	Manœuvre à vue libre
<u>N</u>	
NDB	Radio borne non directionnel
<u>O</u>	
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OAS	Surface d'évaluation d'obstacles
OBST	Obstacle
OCA/H	Altitude/Hauteur de franchissement d'obstacles
OCA/H _{ps}	OCA/H sur le segment de précision
OGSA	Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique
ONAM	Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie
<u>Q</u>	
QDM	Cap magnétique (par vent nul)
QFU	Orientation de la piste
QNH	Pression atmosphérique au niveau de la mer
<u>R</u>	
RDH	Hauteur du point de repère
RNAV	Navigation de surface
RVSM	Minimum de séparation verticale réduit
RWY	Piste
<u>S</u>	
SID	Départ normalisé aux instruments
SOC	Début de montée
STAR	Arrivée normalisée aux instruments
<u>T</u>	
TA	Altitude de transition
THR	Seuil de piste
TMA	Région de contrôle terminale
TP	Point de virage
TWR	Tour de Contrôle
<u>U</u>	
UIR	Région d'information de vol supérieure.
UNL	Illimité
<u>V</u>	
VDF	Station radio goniométrique VHF
VFR	Règles de vol à vue
VHF	Très hautes fréquences
VOR	Radiophare omnidirectionnel VHF
<u>Z</u>	
Zp	Altitude pression

INTRODUCTION

_____ ୧୦୦୩ _____

La phase d'approche est considérée comme la phase la plus critique durant une opération aérienne, car c'est durant laquelle le pilote prépare son appareil à la configuration d'atterrissage,

Avant d'atteindre la surface d'atterrissage, un aéronef est guidé par des instruments de bord et au sol est contraint à naviguer dans un volume d'espace aérien sécurisant et suffisant.

Cet espace consiste en un circuit d'attente, des segments d'arrivée, approche initiale, intermédiaire, finale et interrompue (Procédures d'approche aux instruments).

L'élaboration de cette procédure doit répondre aux principaux besoins de l'exploitation qui consistent à :

- Etablir une procédure d'approche aux instruments économique en temps de vol et en espace aérien.
- Simplifier la procédure d'approche aux instruments de manière à ce que la charge du pilote ne soit pas de plus en plus importante.
- Assurer la sécurité de l'aéronef lors de son exécution de cette procédure, vis-à-vis de l'environnement.

Cette étude consiste à l'élaboration d'une procédure d'approche aux instruments VOR/DME/ILS pour la piste 26R suite à l'installation d'un nouveau moyen d'aide à l'atterrissage (ILS Instrument Landing System) ; ce travail sera réalisé sur l'aérodrome de TINDOUF .

Pour bien illustrer ce thème, j'ai suivi le plan de travail

- Une introduction générale, suivie de deux parties :
- Une partie théorique composée de 3 chapitres
 - ✓ Chapitre I présentation de l'établissement d'accueil
 - ✓ Chapitre II généralité sur la circulation aérienne
 - ✓ Chapitre III la description des règles générales d'élaboration des procédures d'approches
- Une partie pratique composée de 2 chapitres
 - ✓ Chapitre IV étude de l'existant
 - ✓ Chapitre V présente la conception de la procédure et les résultats obtenus
- Et à la fin en terminant par une conclusion générale et les annexes.

Chapitre I. Présentation de l'ENNA

I.1. ADMINISTRATION DE L'AVIATION CIVILE EN ALGERIE

L'administration chargée de l'aviation civile en Algérie est la Direction de l'Aviation Civile et de la Météorologie DACM. On présente sa structuration dans la figure I.1 ci-dessous.

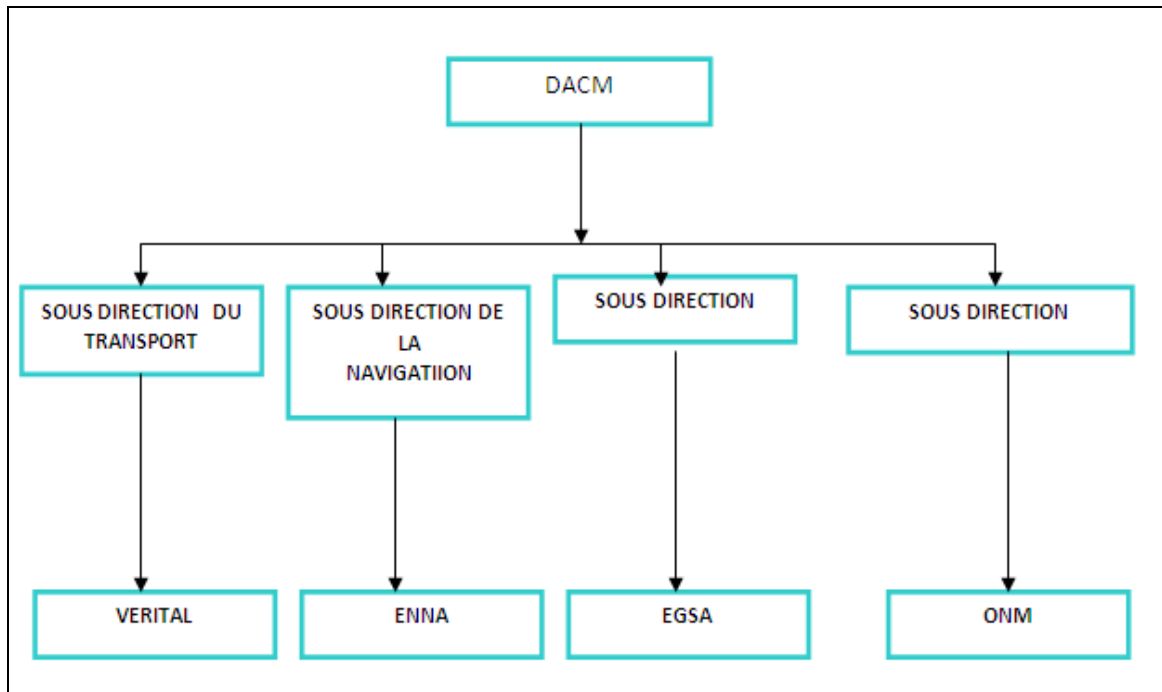


Figure I.1 : Organigramme général de la Direction Générale de l'Aviation Civile

I.2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ENNA [3]

I.2.1. Historique

Depuis l'indépendance, cinq organismes ont été chargés de la gestion, de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie : OGSA, ONAM, ENEMA, ENESA, ENNA.

De 1962 à 1968 c'est l'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français, qui a géré l'ensemble des services d'Exploitation de l'Aviation Civile en Algérie.

Le 1 Janvier 1968, l'OGSA a été remplacé par l'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM). Ce dernier a été remplacé, en 1969, par l'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (ENEMA) qui a géré la navigation aérienne jusqu'à 1983.

En 1975, les activités de météorologie ont été transférées à l'Office National de Météorologie créé le 29 Avril 1975, sous forme d'Etablissement Public à caractère administratif.

Le 07/05/1983 un réaménagement des structures de L'ENEMA et une modification sa dénomination pour devenir ENESA « Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique » avec statut d'entreprise nationale à caractère économique.

Afin de clarifier les attributions de l'ENESA, il a été procédé aux réaménagements de ses statuts ainsi qu'au changement de dénomination en « ENNA » le 18 mai 1991.

L'ENNA, Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous tutelle du Ministère des Transports, est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration.

I.2.2. Présentation de l'ENNA

L'Établissement National de la Navigation Aérienne, (**E.N.N.A.**) est un établissement qui assure le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'état, placé sous la tutelle du Ministre des Transports et a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. Il est chargé en outre du contrôle et du suivi des appareils en vol ainsi que de la sécurité aérienne.

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne, l'E.N.N.A collabore avec des institutions nationales et internationales :

- Ministère du transport ;
- Institut 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 à Madagascar ;
- EUROCONTROL: Organisation européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne ;
- Ecole Nationale de l'Aviation Civile à Toulouse (ENAC).

I.2.3. Les missions de l'ENNA

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'État;
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées;
- Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique;
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission;
- Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique;
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

- Contrôler la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien qu'ils soient en survol, à l'arrivée sur les aérodromes ou au départ de ces derniers.
- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre les incendies sur les plates-formes aéroportuaires
- Contribuer à l'effort du développement en matière de recherche appliquées dans les techniques de la navigation aérienne.
- Diffuser l'information aéronautique (en vol et au sol) et météorologique nécessaire à la navigation aérienne.
- Dans le cadre de sa mission, participer à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aérodromes ; établir les plans de servitudes aéronautiques et radioélectriques en coordination avec les autorités concernées. Veiller à leur application.

I.2.4. Organisation

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

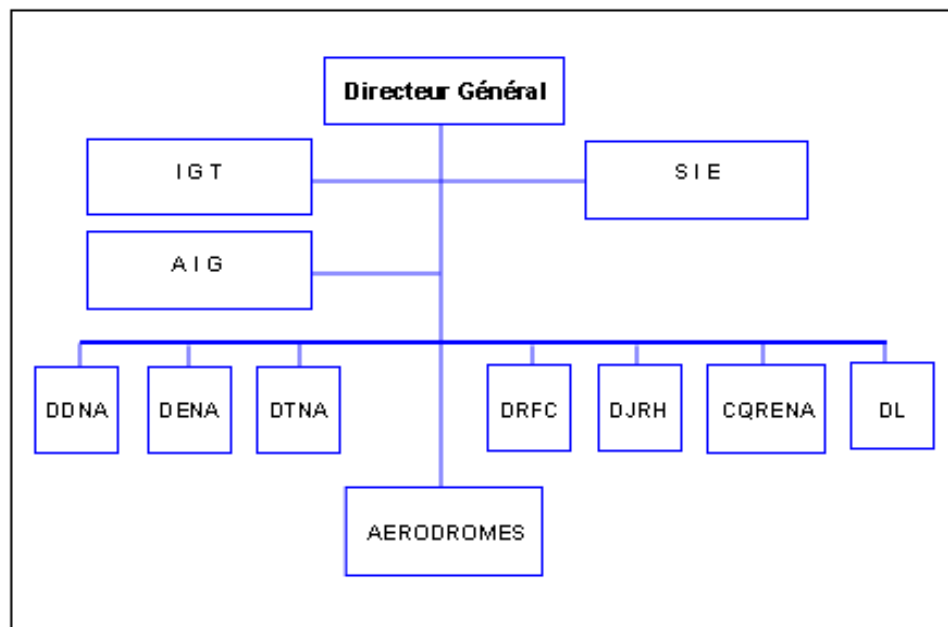


Figure I.2 : Organisation de l'ENNA [3]

- 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
IGT : Inspection Générale Technique
AIG : Audit Interne de Gestion
SIE : Sûreté Interne de l'Etablissement

AERODROMES :

- 25 Aérodrômes nationaux.
- 11 Aérodrômes internationaux.

I.2.4.1. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA

La Direction de l'Exploitation de la navigation Aérienne (Figure 1.3) est chargée d'assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne et veiller à la bonne gestion technique au niveau des aérodrômes. Ses principales missions se résument comme suit :

- Gérer et contrôler l'espace aérien confié en route et au sol, par le centre de contrôle régional (CCR) et les différents départements de la circulation aérienne ;
- Mettre à disposition de tous les exploitants le service de l'information aéronautique en vol et au sol, ainsi que les informations météorologique ;
- Gérer les services de la télécommunication aéronautique ;
- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre incendies aux aérodrômes.

La direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne se compose de six (06) départements et un centre de contrôle régional :

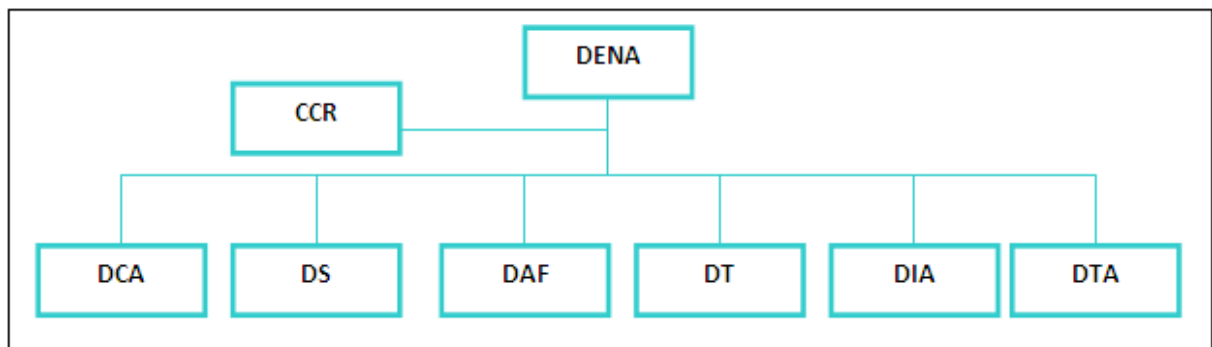


Figure I.3 : Les structures de la direction d'exploitation de l'ENNA [3]

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

I.2.4.2. Département de la Circulation Aérienne (DCA)

Département de la Circulation Aérienne, est chargé du contrôle et de la coordination des différents aérodromes et le centre de contrôle régional d'Alger, ainsi que des études liées au développement de la navigation aérienne, basé sur les normes OACI (organisation de l'aviation civile internationale). Au sein ce département on trouve deux services .

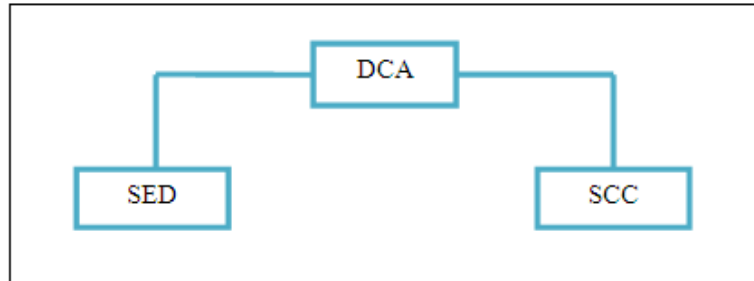


Figure I.4: Les structures du département de la Circulation Aérienne [3]

SED : service étude et développement

SCC : service contrôle et coordination

I.2.4.2.1. Service Etude et Développement SED

Parmi les taches du service, on peut citer les fonctions suivantes :

- Elaboration des plans des servitudes aéronautiques de dégagement des aérodromes.
- Etude des obstacles à la navigation aérienne.
- Elaboration des cartes d'obstacles d'aérodrome OACI.
- Etude des schémas de la circulation aérienne
- La conception des procédures de départ et d'arrivée aux instruments (SID, STAR).
- La conception des procédures d'approche aux instruments (classique, précision, à vue).
- Exploitation des données relatives aux statistiques de trafic aérien et les informations aéronautiques.
- Analyse des anomalies d'exploitation concernant la gestion de l'espace aérien et l'exploitation des aérodromes.
- Etude conception relative à la création des routes ATS et de navigation de surface.
- Participation aux projets de développement de la navigation aérienne (RVSM, ADS, contrôle radar, etc....).

I.2.4.2.2. Le Service Contrôle et Coordination (SSC)

Le service est chargé des fonctions suivantes :

- Il est chargé de 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 aérienne relatives aux avis d'incidents, accidents, comptes rendus d'irrégularité d'exploitation (réclamation, déroulement, alerte, procédure et infractions) concernant les aéronefs et leurs équipages.
- La mise à jour et la tenue de la réglementation en vigueur sur le plan national.
- Il veille à l'application de la réglementation internationale de l'OACI concernant l'exploitation des aérodromes.
- Il représente la Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne (DNA) 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 l'instruction de la Direction de l'Aviation civile et de la météorologie (DACM) .

Chapitre II. Généralités

II.1. INTRODUCTION

Le monde de l'aviation s'est fortement développé ces dernières années, par conséquent, le Trafic aérien est devenu de plus en plus évolutif. Ces évolutions entraînent une diminution de la capacité des espaces, ce qui représente une menace pour la sécurité. Pour cela chaque état responsable de l'espace aérien au dessus de son territoire doit veiller pour fournir les services de la navigation aérienne et assurer la continuité et l'intégrité des systèmes de navigation dans les limites de la sécurité requise.

II.2. LA CIRCULATION AERIENNE [1]

La circulation aérienne représente l'ensemble des mouvements aériens de tous les aéronefs civils commerciaux et privés, militaires opérationnels ou non ainsi que les aéronefs en essai ou en cours de certification. Les besoins nés de la nature différente de ces vols ont nécessité, la création de 2 types de circulation aérienne afin de régler les problèmes de compatibilité de ces circulations.

II.2.1. Les types de la circulation aérienne

CAG: Circulation Aérienne Générale:

Les A/C civils auxquels s'ajoutent les A/C d'états lorsque ceux ci effectuent des vols assimilables au précédent.

CAM: Circulation Aérienne Militaire: comprend

→ **COM** (Circulation Opérationnelle Militaire): entraînement, combat...

→ **CER** (Circulation d'Essais et de Réception): essais et livraisons d'appareils civils et militaires

II.2.2. Les régimes de vols

→ Vols VFR (Visuel Flight Rules) ou régime de vol à vue : C'est un régime de vol qui est soumis à des conditions de météorologie assez bonnes. En général le vol VFR demande une bonne visibilité et des plafonds nuageux assez élevés.

→ Vols IFR (Instrument Flight Rules) ou régime de vol aux instruments : Le pilote navigue alors grâce au matériel de radionavigation et n'a donc pas besoin de références visuelles.

II.2.3. Les services de la circulation aérienne

II.2.3.1. Définition

Le terme « service » correspond à la notion de fonction ou service assuré et le terme « organisme » désigne une entité administrative chargée d'assurer le service. Les bénéficiaires des services sont les aéronefs en CAG.

La nécessité des services de la circulation aérienne est déterminée par les considérations ci-après :

- Types de trafic en cause ;
- Densité de la circulation aérienne ;
- Conditions atmosphériques ;
- Toutes autres conditions particulières.

II.2.3.2. Objet des services de la circulation aérienne

Le contrôle du trafic aérien (ATC) et ses différents services ont pour objet :

- Prévenir les abordages entre les aéronefs en vol.
- Prévenir les collisions entre les aéronefs et les obstacles au sol.
- Accélérer et régulariser la circulation aérienne.
- Fournir les avis et les renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols.
- Alerter les organismes de recherche et de sauvetage lorsque les aéronefs ont en besoin et prêter à ces organismes le concours nécessaire.

II.2.4. Division des services de la circulation aérienne

Les services de la circulation aérienne se composent ainsi :

- Le Service du Contrôle de la Circulation Aérienne.
- Le Service d'Information de Vol.
- Le Service d'Alerte.

II.2.4.1. Le Service de Contrôle

- prévient les abordages entre les aéronefs
- Règle et accélère la circulation aérienne.
- Prévient les collisions entre les aéronefs évoluant au sol et les obstacles.

Il assure également le service d'information de vol ainsi que le service d'alerte.

Le Service de Contrôle se subdivise en trois parties selon la phase de vol à laquelle il s'applique :

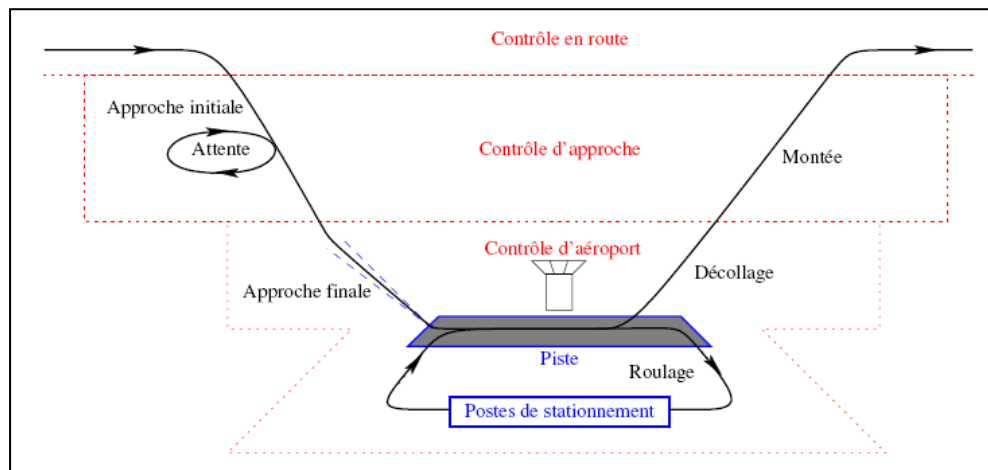


Figure II.1 : Contrôle du trafic [1]

II.2.4.1.1. Le contrôle d'aérodrome

Il est assuré par la Tour de Contrôle (TWR) ; cela consiste à garantir la sécurité et le respect des procédures dans les phases de décollage, d'atterrissage et de roulage pour empêcher les collisions sur l'aire de manœuvres.

II.2.4.1.2. Le contrôle d'approche

Le service du contrôle d'approche assure le contrôle des trajectoires des aéronefs en vol IFR pendant les phases d'arrivée, d'approche et de départ. La fonction principale de ce service est de prévenir les abordages entre aéronefs et de gérer le flux du trafic aérien pendant les phases d'arrivée et de départ.

II.2.4.1.3. Le contrôle régional

Il est assuré par le centre de contrôle régional (CCR) dont le rôle est de prévenir les abordages entre aéronefs, d'accélérer et de régulariser la circulation aérienne en phase de croisière.

II.2.4.2. Le service d'information de vol

Le service d'information de vol a pour fonction la délivrance de toute information utile à l'exécution sûre et efficace des vols. Il permet de disposer durant le vol de renseignements concernant les conditions météorologiques sur le parcours, l'état des aérodromes et des installations radioélectriques, sans oublier l'information de l'évolution du trafic des autres aéronefs. L'information de vol peut aller jusqu'à la transmission de suggestions de manœuvres pour éviter les abordages. Les organismes chargés du service d'information de vol assurent également le service d'alerte.

II.2.4.3. Le service d'alerte

Ce service a pour rôle de déclencher l'alerte auprès des organismes de recherche et de sauvetage. L'alerte est fournie par tous les organismes de la circulation aérienne (organismes de contrôle ou d'information) à tous les aéronefs qui se déclarent ou qui se trouvent en situation d'urgence.

II.2.5. Les organismes

On distingue les organismes assurant les services d'information de vol et d'alerte uniquement et les organismes assurant en plus le service de contrôle de la circulation aérienne.

- Le centre d'information de vol CIV assure les services d'information de vol et d'alerte dans une FIR quand ceux-ci ne sont pas assurés par un organisme du contrôle de la circulation aérienne.
- Le centre de contrôle régional CCR assure les trois services dans ses espaces.
- Le centre de contrôle d'approche APP assure les trois services, dans les CTR et TMA relevant de son autorité ainsi que sur les portions de FIR pour l'information et l'alerte.
- La tour de contrôle assure au bénéfice de la circulation d'aérodrome les trois services .Elle peut aussi assurer la régulation des mouvements sur l'aire de trafic.
- L'organisme AFIS assure au bénéfice de la circulation d'aérodrome les services d'information et l'alerte.

II.3. DIVISION DE L'ESPACE AERIEN [1]

L'espace aérien n'est pas entièrement contrôlé, seules des portions d'espace le sont. En 1992, l'OACI a uniformisé l'appellation des différents espaces aériens (contrôlés ou non) et les a divisés en différentes classes de A à G qui correspondent à différents niveaux rendu. L'espace aérien est divisé en deux grandes parties :

- FIR (Flight Information Région) : Région d'information de vol inférieur.
- L'espace aérien supérieur appelé UIR (Upper Information Région) : Région d'information de vol supérieure.

L'espace aérien est divisé en régions et zones, dont les quelles les services de la circulation aérienne sont spécifiques et différent. On peut diviser l'espace aérien sur la base des services rendus en deux types :

- Espace aérien contrôlé
- Espace aérien non contrôlé

II.3.1. Espace aérien contrôlé

C'est un espace aérien dans lequel un vol IFR bénéficie des services rendus par l'organisme chargé du contrôle de la circulation aérienne. Un espace aérien est contrôlé lorsqu'il existe un organisme de contrôle de la circulation aérienne. Un espace aérien n'est contrôlé que pendant les horaires de fonctionnement de l'organisme chargé d'y assurer le service de contrôle de la circulation aérienne, en dehors de ces horaires l'espace aérien est non contrôlé, ce type d'espace comprend(voir Fig. II.2):

- Les régions de contrôle CTA
 - Les régions de contrôle terminal TMA
 - Les voies aériennes AWY
- Les zones de contrôle CTR
- Les régions supérieures de contrôle UTA

II.3.1.1. Les Région de contrôle (CTA : Control Traffic Area)

Elles sont déterminées de manière à englober un espace aérien suffisant pour contenir les trajectoires des aéronefs (en régime de vol IFR) afin de les protéger pendant la phase d'approche en leur fournissant les services de contrôle de la circulation aérienne et au profit desquelles on juge nécessaire d'exercer la fonction contrôle. Leurs limites latérales et verticales sont fixées et sont présentées dans les cartes SID et STAR. Dans la CTA en distingue :

II.3.1.1.1. Les régions de contrôle terminale (TMA : Terminal Mangement Area).

Elles sont situées au carrefour des voies aériennes et au dessus d'un ou de plusieurs aérodromes ; les TMA peuvent être un espace contenant des trajectoires d'attente et d'approche aux instruments.

II.3.1.1.2. Les voies aériennes (AWY : Air Way)

Les voies aériennes (AWY) ou les routes ATS résultent de la nécessité d'exécuter la fonction de contrôle dans la phase de vol de croisière ; elles sont présentées sous la forme de couloirs radioguidés par des aides à la navigation (NDB , VOR , VOR/DME).

La protection des routes aériennes ATS est fixée dans l'annexe 11 (services de la circulation aérienne) de l'O.A.C.I. La limite inférieure de la route ATS est en fonction des reliefs, y compris une marge de franchissement d'obstacles (entre 450 m et 600 m).

II.3.1.2. Les Zones de Contrôle (CTR)

C'est un espace aérien contrôlé et déterminé de manière à englober les trajectoires des aéronefs à l'arrivée et au départ de l'aérodrome en régime de vol IFR et VFR et au profit desquelles on juge nécessaire d'exercer la fonction de contrôle ; leurs limites latérales et verticales sont fixées pour chaque aérodrome. Elles sont présentées dans la carte d'approche à vue.

Les zones de contrôle (CTR) partant du sol sont définies :

- 1) Lorsqu'une zone de contrôle est située à l'intérieur des limites latérales d'une région de contrôle (CTA), elle s'élève au moins jusqu'à la limite inférieure de la CTA.
- 2) Lorsqu'une zone de contrôle est située dans une région d'information de vol (FIR) une limite supérieure lui est fixée.

II.3.1.3. Les régions supérieur de contrôle (UTA)

Afin de limiter le nombre de régions de contrôle pour les avions volant à haute altitude, il a été créé une région de contrôle supérieure englobant tout l'espace aérien supérieur.

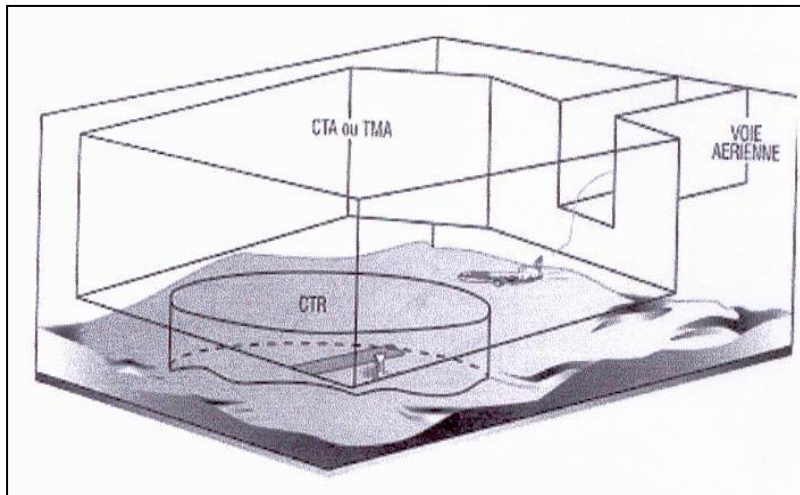


Figure II.2 : Espace aérien contrôlé [1]

II.3.2. Espace aérien non contrôlé

L'espace aérien non contrôlé est un espace de trafic moindre où l'intervention des services de la circulation aérienne est limitée à l'information et l'alerte, il se divise en :

- Région d'information de vol **F.I.R.**
- Région supérieure d'information de vol **U.I.R.**
- Routes à service consultatif **A.D.R.**
- Route supérieure à service Consultatif **A.D.R.S.**

II.3.2.1. Région d'information de vol

La région d'information de vol (FIR) est une région dans laquelle les services d'information de vol sont assurés ; ses limites géographiques sont déterminées en fonction des caractéristiques de portée du moyen de liaison au sol.

II.3.2.2. Région supérieure d'information de vol

La région supérieure d'information de vol (UIR) a été créée afin de limiter le nombre de régions d'information de vol que les avions traversent à très haute altitude. Une région supérieure d'information de vol englobe l'espace aérien situé à l'intérieur des limites latérales d'un certain nombre de F.I.R.

II.3.2.3. Routes à service consultatif

Les routes à service consultatif (ADR) sont des itinéraires aériens à l'intérieur des espaces non contrôlés au long desquelles la densité du trafic est suffisante pour justifier une fonction d'information de vol approfondie ; cette fonction particulière d'information de vol est remplie par un service consultatif de la circulation aérienne afin d'assurer l'espacement des aéronefs volants conformément aux règles de vol IFR.

II.3.2.4. Route supérieure à service Consultatif

Ce sont des routes situées en espace aérien supérieur (des voies aériennes à l'intérieur des UIR).

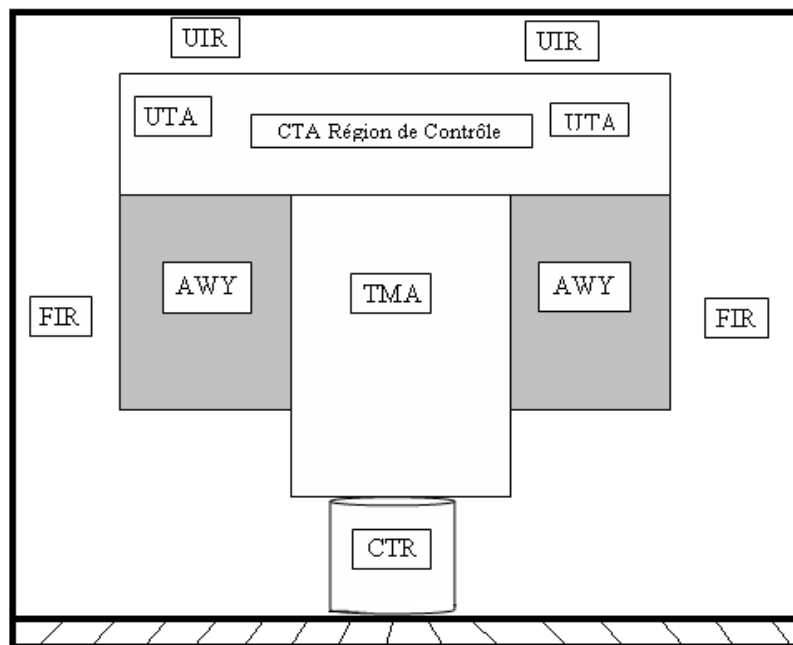


Figure II.3 : Organisation de l'espace aérien [1]

II.3.3. Les zones à statut particulier [6]

Ce sont des zones établies pour des raisons de sécurité ou pour les besoins de la circulation aérienne dont la pénétration est soumise à un accord préalable .

On distingue trois types de zones :

II.3.3.1. Les zones dangereuses (D : Dangerous)

Espace aérien de dimensions définies, à l'intérieur duquel peuvent se dérouler des activités dangereuses pour le vol des aéronefs, pendant des périodes spécifiées.

II.3.3.2. Les zones réglementées (R : Restricted)

Espace aérien de dimensions définies, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un Etat où le vol des aéronefs est subordonné à certaines conditions spécifiées.

II.3.3.3. Les zones interdites (P : Prohibited)

Espace aérien de dimensions définies, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un Etat où le vol des aéronefs est interdit.

L'existence de ces zones est portée à la connaissance des usagers de l'espace aérien par voie de l'information aéronautique, publiée dans l'AIP et qui sont mentionnées sur les cartes de radio navigation.

II.4. CLASSIFICATION DES ESPACES AERIENS [6]

Les espaces aériens sont classés et désignés comme suit :

Classe A: seuls les vols IFR sont autorisés; tous les vols sont assujettis au service du contrôle de la circulation aérienne et les séparations des aéronefs sont assurées.

Classe B: les vols IFR et VFR sont autorisés; tous les vols sont assujettis au service du contrôle de la circulation aérienne et les séparations des aéronefs sont assurées.

Classe C: les vols IFR et VFR sont autorisés; tous les vols sont assujettis au service du contrôle de la circulation aérienne et les aéronefs en vol IFR sont séparés des autres aéronefs en vol IFR et des aéronefs en vol VFR.
Les aéronefs en vol VFR sont séparés des aéronefs en vols IFR et reçoivent des informations de trafic au sujet de tous les autres vols.

Classe D: les vols IFR et VFR sont autorisés et tous les vols sont assujettis au service du contrôle de la circulation aérienne; les aéronefs en vol IFR sont séparés des autres aéronefs en vol IFR et reçoivent des informations du trafic au sujet des autres en vol VFR ; les aéronefs en vol VFR reçoivent des informations de trafic au sujet de tous les autres vols.

Classe E: les vols IFR et VFR sont autorisés; les aéronefs en vols IFR sont assujettis au service du contrôle de la circulation aérienne et ils sont séparés des autres aéronefs en vols IFR. Tous les aéronefs reçoivent dans la mesure du possible des informations du trafic.

Classe F: les vols IFR et VFR sont autorisés; tous les aéronefs en vols IFR bénéficient d'un service de la circulation aérienne et tous les aéronefs d'un service d'information de vol sur demande.

Classe G: les vols IFR et VFR sont autorisés et bénéficient sur demande d'un service d'information de vol

Chapitre III. Les critères d'élaboration des procédures d'approche aux instruments

III.1. INTRODUCTION

Une procédure est un ensemble de trajectoires basées sur un ou plusieurs moyens radioélectriques (procédures conventionnelles) ou repères (procédure RNAV) ; elle est destinée aux aéronefs selon les règles de vol aux instruments (IFR). Elle est composée de plusieurs **segments** correspondant à des **phases** successives du vol. Ces segments sont délimités par des **repères** (fixe) constitués par la verticale d'un moyen radioélectrique (VOR, NDB, VDF ou radio borne d'ILS), ou à la verticale d'une intersection (intersection de deux radiales, d'une radiale et d'une distance DME ou d'une radiale et une distance de vol. Chaque phase est délimitée par 2 **bornes**.

On distingue les procédures d'approche, les procédures d'attente greffant sur les précédentes, et celle de départ aux instruments. A chaque portion de trajectoire est associée une aire de protection qui sert à déterminer quels sont les obstacles pénalisants. Une marge de franchissement d'obstacles (MFO) est appliquée à ceux-ci permet de déterminer une altitude (hauteur) minimale dont le respect garantit au pilote (en absence de références visuelles) une utilisation sûre de la trajectoire.

L'OACI donne des informations détaillées sur la conception des procédures applicables à l'espace aérien de région terminale dans le document 8168 (exploitation technique des aéronefs, volume II construction des procédures de vol a vue et de vol aux instruments). Lors de l'élaboration d'une procédure, les principaux usagers sont consultés pour une nouvelle procédure ou sa modification de manière à prendre en compte, dans la mesure du possible, leurs contraintes opérationnelles. Néanmoins, si lors de l'expérimentation une procédure ne donne pas satisfaction à certains usagers, ceux-ci ont la possibilité de le signaler et éventuellement demander certaines modifications.

III.2. GENERALITES

III.2.1. Documentation officielle

- DOC 8168 (exploitation technique des aéronefs, volume II construction des procédures de vol a vue et de vol aux instruments)
- DOC 9274 (Manuel d'utilisation du modèle de risque de collision (CRM) pour les approches ILS)
- DOC 9368 (Manuel de construction de procédures de vol aux instruments)
- DOC 9371 (Manuel des gabarits pour les procédures d'attente d'inversion et en hippodrome)

III.2.2. Tableau des vitesses

Catégorie d'aéronefs	V _a	Vitesse d'approche initiale	Vitesse d'approche finale	Vitesse maximale pour manoeuvres à vue (approche indirecte)	Vitesse maximale pour approche interrompue	
					Intermédiaire	Finale
A	<91	90/150(110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180(140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275

Tableau III.1 : Vitesse pour le calcul des procédures (kt) [2]

V_{att} : vitesse au seuil égale à 1.3 fois la vitesse de configuration d'atterrissage à la masse maximale à l'atterrissage certifiée.

* vitesse maximale pour les procédures d'inversion et en hippodrome.

III.2.3. Tolérances / Incertitudes [1]

III.2.3.1. Les tolérances techniques de vol

- Tolérance de minutage
+/- 10s à VP
- Tolérance de tenue du cap
+/- 5°
- Délais de Perception de repère
Tous segments : [0s, 6s] à VP
Segment d'approche interrompue : [0s, 3s] à VP
- Délai de mise en virage
Tous segments : 5s
Segment d'approche interrompue : 3s
- Erreur de convergence vers un moyen
+/- 5° VOR
+/- 15° NDB, L

III.2.3.2. Précision des moyens de navigation [2]

Tolérance	Alignement	Intersection	Evasement de l'aire de protection
VOR	5.2°	4.5°	7.8°
NDB	6.9°	6.2°	10.3°
ILS	2.4°	1.4°	-

Tableau III.2 : Tolérances du moyen radio [2]

- Cas d'un DME :

En guidage $\pm 5\text{NM}$

En intersection $\pm [0.25\text{NM} + 1.25\% D]$ (D étant la distance oblique par rapport à l'installation).

III.2.4. Les repères [2]

III.2.4.1. Définition

Emplacement géographique déterminé soit d'après une référence visuelle au sol, soit au moyen d'aides de radionavigation.

III.2.4.2. Liste des repères

Les repères comprennent :

- le ou les repères d'approche initiale (**IAF**),
- le ou les repères d'attente **HF** (en général, l'IAF sert aussi de repère d'attente),
- le repère d'approche intermédiaire (**IF**),
- le repère d'approche finale (**FAF**),
- le ou les repères de descente,
- le point d'approche interrompue (**MAPT**), dans le cas des approches classiques seulement,
- le point de virage en approche interrompue (**TP**)

III.2.4.3. Types de repères

- Repères définis par la verticale d'une installation radioélectrique:
Il s'agit des repères matérialisés par les installations suivantes :
VOR, NDB.....
- Repères définis par une intersection:
Un repère peut être défini par l'intersection de deux radiales ou d'une radiale et d'une distance, ou d'une radiale et une distance de vol, fournis par des installations distinctes de navigation.

III.2.4.4. Critères d'acceptabilité des repères

- **Incertitude de position du repère**

On utilise l'incertitude de position mesurée le long de l'axe nominal pour déterminer si un repère est acceptable du point de vue opérationnel.

- **Repères d'approche initiale ou intermédiaire**

Un repère d'approche initiale ou intermédiaire n'est acceptable que si l'incertitude de position associée ne dépasse pas **2 NM** de part et d'autre de la position nominale du repère.

Lorsque le FAF est défini par la verticale d'une installation, l'incertitude de position associée acceptable pour l'IAF ou l'IF peut être portée jusqu'à **$\pm 25\%$** de la longueur du segment approprié (initial ou intermédiaire) qui suit ce repère.

La longueur à considérer est celle qui sépare les positions nominales des repères.

- **Repère d'approche finale pour les approches classiques**

La distance séparant le FAF de la piste ne doit pas dépasser **10 NM**, sauf si des contraintes particulières s'appliquent, et l'erreur de position de ce repère ne doit pas dépasser **1 NM** de part et d'autre de la position nominale du repère.

- **Repère de virage**

Lorsqu'un repère de début de virage est prescrit, celui-ci doit être placé en amont du point d'intersection des deux segments à une distance d de celui-ci, telle que :

R étant le rayon de virage à la vitesse propre (V_p) considérée,

α l'angle de virage on ait : **$d \geq R \operatorname{tg}(\alpha/2)$**

III.2.4.5. Pseudo repère

Est défini par l'intersection d'une route magnétique avec un faisceau radioélectrique, ou d'une route magnétique et d'une distance radioélectrique.

III.2.5. Rayon de virage [5]

- Rayon de virage à cadence constante : R_c
Cadence $3^\circ/\text{s}$

$$R_c = \frac{V_p}{c}$$

R_c : rayon de virage en m.

V_p : vitesse propre en m/s.

c : cadence en rd/s

- Rayon de virage à inclinaison constante : R_i
Inclinaison 25°

$$R_i = \frac{V_p^2}{g \cdot \operatorname{Tg}(i)}$$

R_i : rayon de virage en m

V_p : vitesse propre en m/s.

g : accélération de la pesanteur en m/s

i : inclinaison du virage en $^\circ$.

- Rayon de l'étude : R
 $R = \max \{R_c, R_i\}$

Remarque : le concepteur de procédure qui doit toujours étudier la solution la plus pénalisante choisira le rayon de virage maximum induit par un virage à inclinaison latérale constante ou à une cadence constant.

III.2.6. Effet de vent sur les trajectoires [5]

Les aires de protection sont établies en prenant en compte l'effet d'un vent omnidirectionnel.

Lorsque aucune statistique n'est disponible ou lorsque l'échantillon des relevés météorologiques n'est pas jugé suffisant, un vent maximal de :

$w = 2h + 47$ sera pris en compte.

W : force du vent en Kt ;

H : altitude considérée en milliers de ft

- Effet du vent en un point donné est un cercle centré sur la trajectoire nominale et de rayon égal à : $E_w = T_v \cdot V_w$

E_w : effet du vent en m ;

T_v : temps de vol en s ;

V_w : vitesse du vent en m/s ;

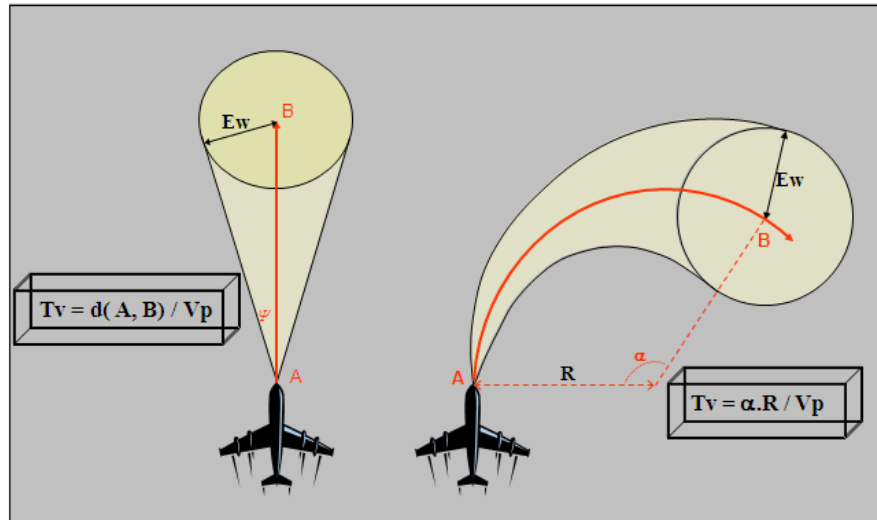


Figure III.1 : Effet de vent sur les trajectoires [5]

III.2.7. Segments [5]

III.2.7.1. Segment nominal

C'est la trajectoire nominale d'un aéronef qui sera représentée sur les cartes IAC (carte d'approche aux instruments)

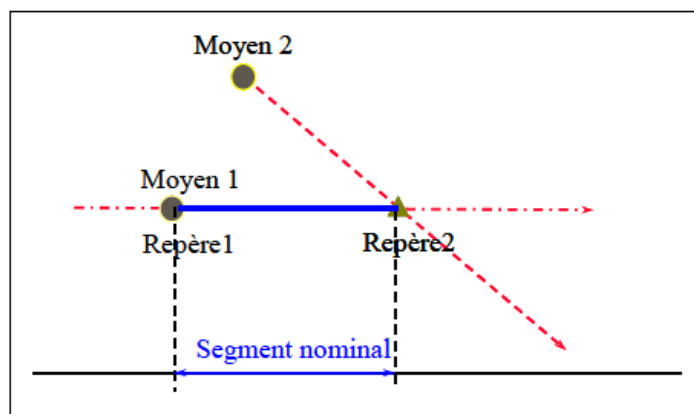


Figure III.2: Segment nominal [5]

III.2.7.2. Enchaînement de segments

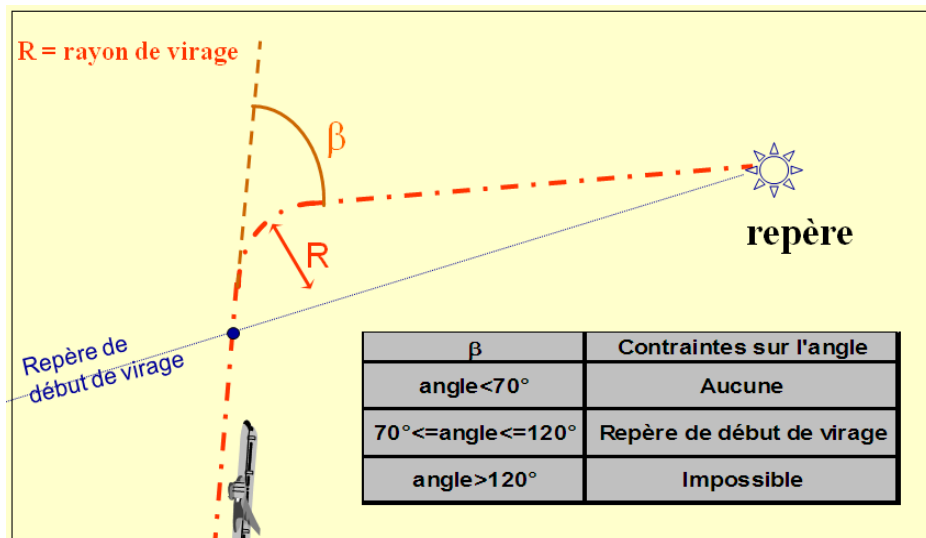


Figure III.3: Enchaînement de segments [5]

III.2.7.3. Les aires de protection des segments [1]

Une aire de protection est associée à chaque segment, elle est conçue en tenant compte :

- Précision du suivi de la trajectoire (des imprécisions des moyens radio)
- Influence humaine
 - Temps de réaction aux actions nécessaires
 - Qualité du suivi de la trajectoire
- **Les éléments d'une aire de protection sont :**
 - Trajectoire nominale.
 - Incertitude de repère.
 - Tolérances techniques de vol.
 - Effet de vent
- **Une aire de protection est associée à tout segment afin:**
 - D'assurer une séparation entre les trajectoires et les obstacles.
 - Déterminer une altitude minimale du segment

- **Aire rectiligne radioguidée**

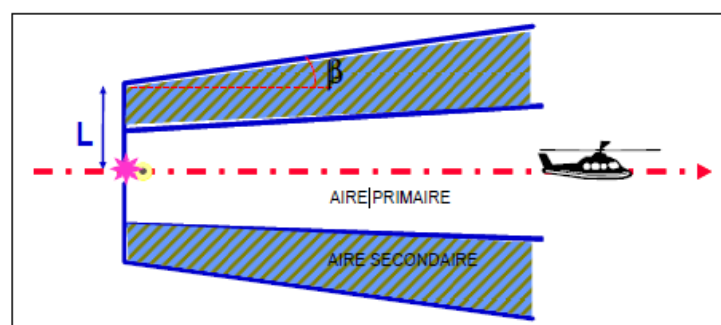


Figure III.4: Aire rectiligne radioguidée [1]

β : Angle d'évasement

$\beta = 7.3^\circ$ pour un VOR et 10.3° pour un NDB.

L : demi largeur (sa valeur dépend du type de moyen et de segment).

- **Aire curviligne radioguidée**

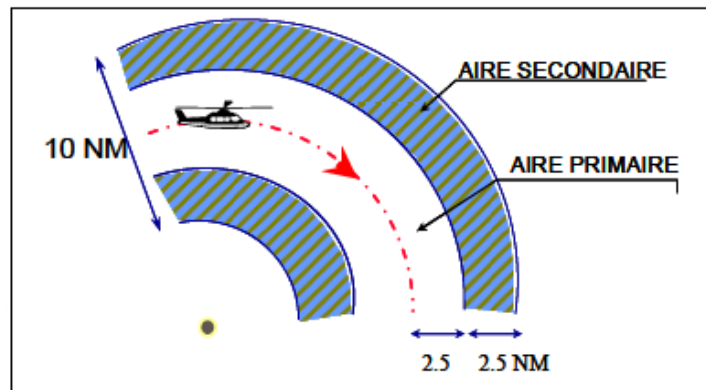


Figure III.5: Aire curviligne radioguidée [1]

- **Limites d'une aire**

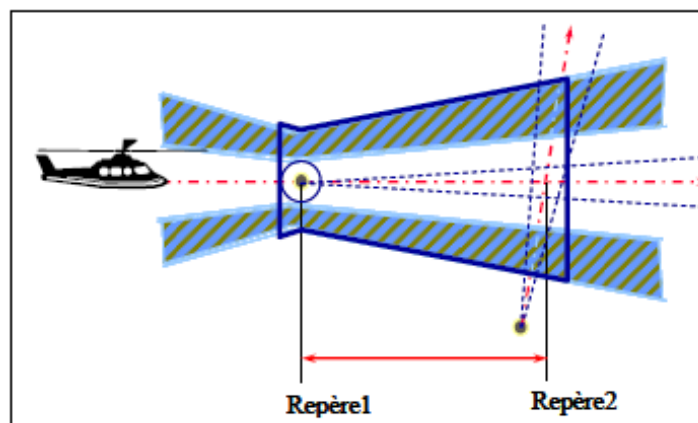


Figure III.6: Limites d'une aire de protection [1]

- **Marge de franchissement d'obstacle**

Des marges de franchissement d'obstacles (MFO) minimales sont définies pour les différentes phases de la procédure ;

La totalité de la marge de franchissement d'obstacles est appliquée dans l'aire considérée à moins qu'il existe des aires secondaires ; dans ce cas la marge de franchissement d'obstacle décroît linéairement de sa valeur totale au bord de l'aire primaire jusqu'à zéro au bord extrême de l'aire secondaire.

$$MFO_s = MFO_p (1 - D/W_s)$$

W_s : largeur de l'aire secondaire

D : distance entre l'obstacle et le bord de l'aire primaire

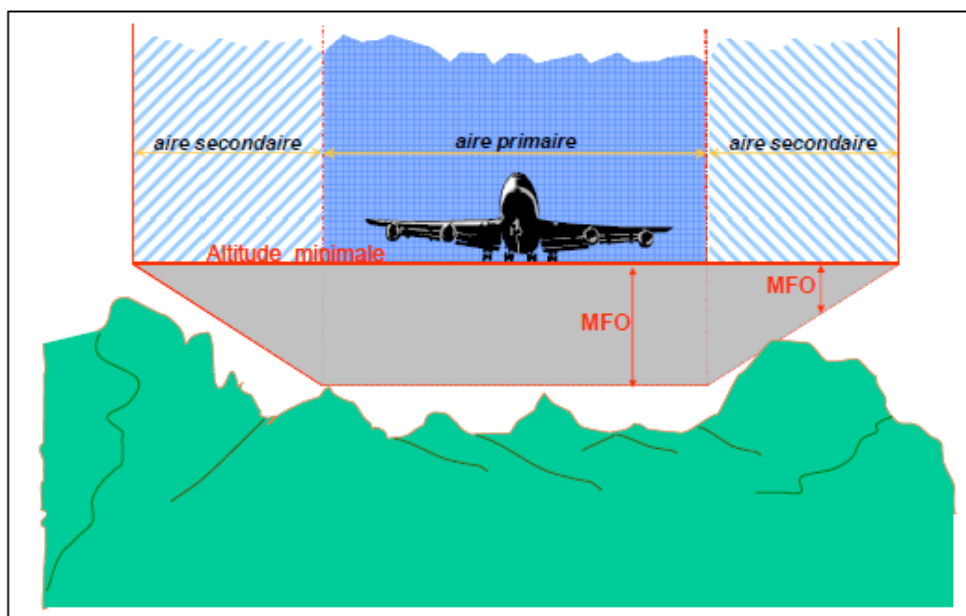


Figure III.7: La MFO [1]

Altitude du relief	MFO
Inférieure ou égale à 5000 ft	300- 450 m
Supérieure à 5000 ft	600 m

Tableau III.3 : La MFO en fonction de relief

- **Altitude minimale de sécurité**

L'altitude/hauteur minimale de sécurité est calculée en appliquant la MFO aux obstacles situés dans l'aire de protection et en arrondissant le résultat pour chaque type de segment.

L'altitude/hauteur minimale de sécurité d'un segment est majorée, si nécessaire, de manière à être égale ou supérieure à celle du segment suivant, dans le sens de l'approche.

A chaque segment est associée une altitude minimale de sécurité et déduite de :

- L'aire de protection
- La marge de franchissement d'obstacle (MFO).
- L'obstacle le plus pénalisant dans l'aire de protection

$$\text{Altitude minimale} = \text{Altitude Obs} + \text{MFO}$$

III.3. PROCEDURES D'ARRIVEE [2]

III.3.1. Définition

C'est la transition entre la croisière et l'approche, l'arrivée permet à l'aéronef de rallier l'IAF. Selon les cas, elle peut s'effectuer suivant une trajectoire normalisée appelée STAR ou en utilisant les altitudes minimales de secteur publiées (MSA).

III.3.2. Les types de procédure d'arrivée aux instruments

On distingue deux types de procédure d'arrivée aux instruments :

- Arrivées Omnidirectionnelle (par secteur) : Respecter les MSA
- Arrivées spécifiées aux instruments (STAR) : Respecter l'altitude mini de sécurité

III.3.2.1. Arrivées spécifiées aux instruments (STAR)

Ce sont des routes ou segments de routes, permettant de relier l'itinéraire de croisière au repère d'approche initiale (IAF), lorsque cela présente un avantage sur le plan opérationnel, ou lorsqu'il n'est pas possible de définir une arrivée omnidirectionnelle.

Une STAR conventionnelle est un ensemble de trajectoires IFR qui permet de passer de la phase de croisière à la phase d'approche ; elle est publiée sous forme de graphique et de texte.

Une STAR doit être conçue simple et facile à comprendre. Les installations de navigation, les repères ou les points de cheminement pour la définition de la trajectoire de vol de l'aéronef et pour les besoins ATC, les restrictions de vitesse et d'altitude sont indiqués dans la carte STAR.

III.3.2.2. Arrivées Omnidirectionnelle

MSA : Altitude assurant une marge minimale de franchissement d'obstacles de 300 -600 m (1000-2000 ft) au-dessus de tous les obstacles situés dans un secteur circulaire de 25 NM de rayon centré sur une installation de radionavigation ou une portion de celui-ci.

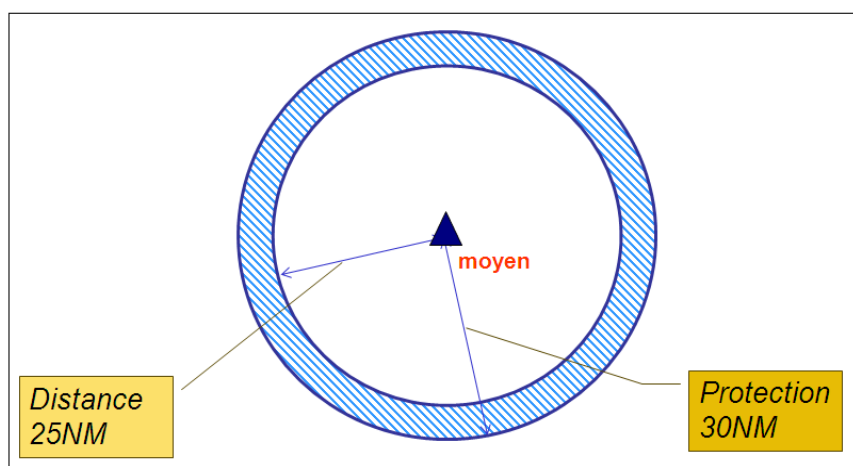


Figure III.8: Arrivées Omnidirectionnelle [1]

Des altitudes minimales de secteur sont fixées pour chaque procédure aux instruments. L'altitude minimale de secteur représente l'altitude la plus basse utilisée dans un secteur circulaire de 25 NM de rayon, centré sur une installation radioélectrique utilisée pour la procédure ou située sur l'aérodrome.

Elle est calculée en appliquant une marge de franchissement d'au moins 300 m (1000 ft) aux obstacles situés dans le secteur considéré, y compris une zone tampon de 5 NM.

Pour les vols au-dessus d'une région montagneuse, la marge doit être de 600 m (2000 ft).

- **Orientation des secteurs**

On peut orienter les secteurs par deux méthodes

- Selon la topographie
- Selon les quadrants de compas

Il est souhaitable que les limites des secteurs coïncident avec les quadrants de compas ;(lorsque cela est possible, 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 .Si la différence entre les altitudes de secteur est insignifiante(c'est-à-dire différence de l'ordre de 30m(100ft) une altitude minimale applicable à tous les secteurs pourra être fixée)

- **Sous secteurs DME**

Arc de division compris entre 10 et 15 Nm

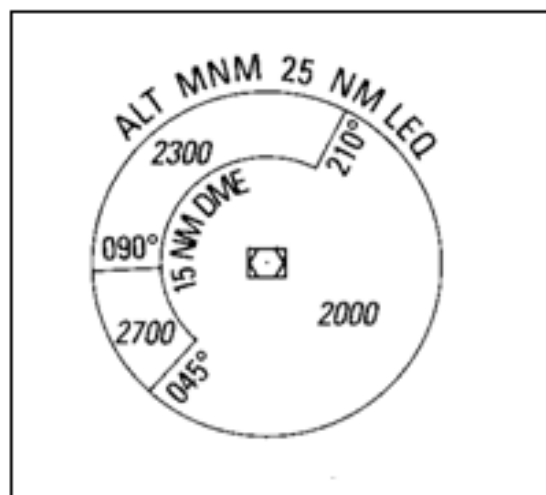


Figure III.9: Sectorisation VOR/DME

III.4. PROCEDURES D'ATTENTE [2]

III.4.1. Définition

L'attente est par définition une manœuvre destinée à attendre; elle est effectuée lorsqu'elle est nécessaire selon un circuit en hippodrome défini de la façon suivante :

- Après la verticale du repère sur lequel est basé le circuit, un virage de demi-tour (dans le sens spécifié) est effectué.
- Eloignement pendant le temps prescrit ou éventuellement jusqu'au point de repère secondaire.
- Virage de retour pour intercepter et suivre la trajectoire de rapprochement.

L'attente est protégée pour :

- une vitesse indiquée maximale (V_i) ;
- une altitude pression maximale (Z_p) ;
- une longueur spécifiée des segments rectilignes (temps ou distance).

III.4.2. Circuit nominal

Une procédure d'attente utilise un circuit en hippodrome basé sur un repère appelé point d'attente.

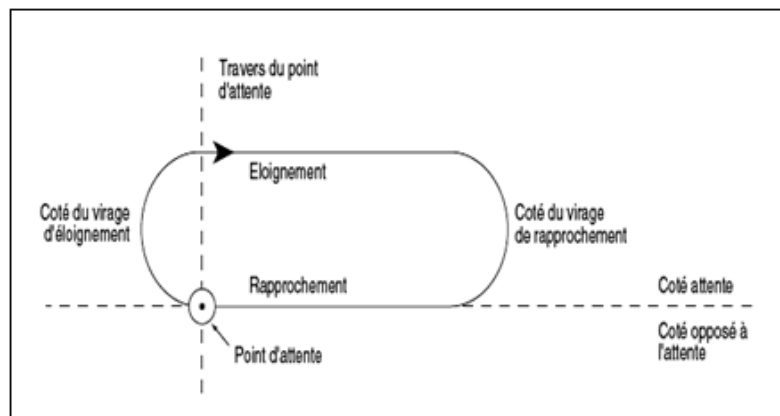


Figure III.10: Circuit nominal d'une attente [5]

III.4.3. Manœuvres d'attente

La manœuvre d'attente se décompose dans l'ordre suivant (cas d'une attente à droite) :

1. Après être arrivé à la verticale du point de repère sur une trajectoire voisine de la trajectoire de rapprochement, on effectue un virage par la droite.
2. Effectuer une trajectoire d'éloignement, parallèle au rapprochement, limitée par une durée spécifiée ou un point de repère secondaire.
3. Exécuter un virage par la droite.
4. Intercepter et suivre la trajectoire de rapprochement jusqu'au point de repère.

III.4.4. Types d'attente

Les différents types d'attente sont caractérisés par la nature du repère d'attente :

- Attentes VOR ou NDB effectuées à la verticale d'une installation.
- Attente sur intersection de deux arcs DME dont le repère est une intersection de deux radiales VOR.
- Attente VOR-DME dont le repère est l'intersection d'une radiale VOR avec un arc DME.
- Attente LLZ-DME dont le repère est l'intersection d'un localizer avec un arc DME.

III.4.5. Les entrées d'attente

Les entrées en attente omnidirectionnelles ne sont possibles que lorsque le point d'attente est un VOR ou un NDB.

- ① Entrée parallèle.
- ② Entrée décalée.
- ③ Entrée Directe

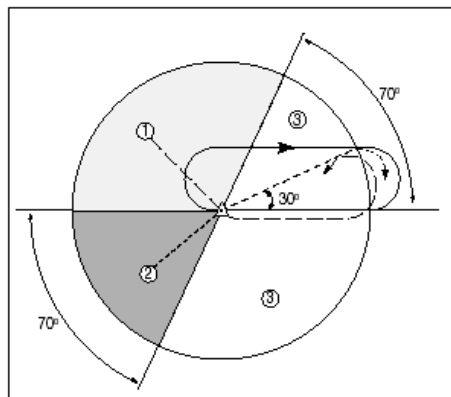


Figure III.11 : Les secteurs d'entrées [2]

Les entrées dans les attentes intersection VOR ou VOR-DME s'inspirent des procédures générales omnidirectionnelles mais sont basées sur des radiales VOR et arcs DME. Les entrées au repère d'attente le long de l'arc DME.

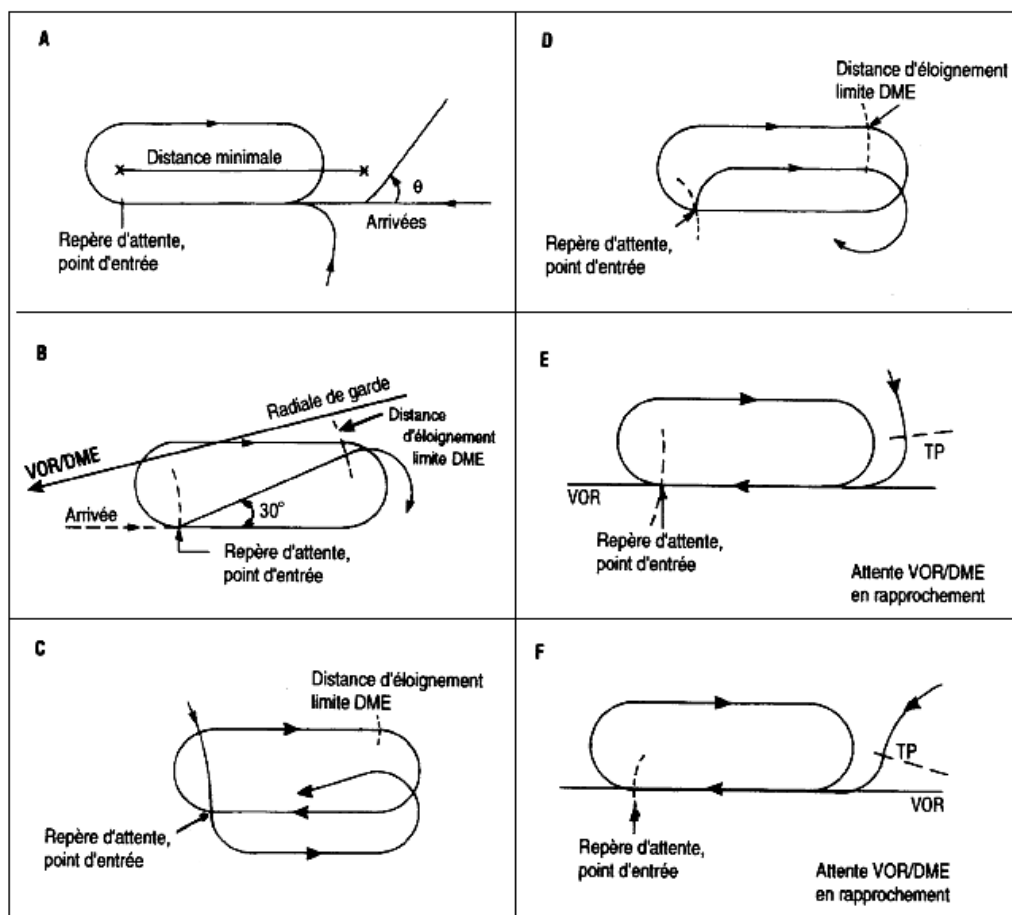


Figure III. 12 : Les entrés au repère d'attente le long d'un arc DME [2]

III.4.6. Les aires de protection d'une attente

III.4.6.1. Définition

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

III.4.6.2. Les paramètres de l'aire de protection

1. **Altitude** : L'altitude considérée pour la protection est au moins égale à la plus grande des altitudes minimales des secteurs basées sur le point d'attente.
2. **Température** : La température considérée peut être supérieure ou inférieure de la température standard au niveau considéré sauf si l'existence de statistiques de températures permet d'adopter un écart différent.
3. **Vitesse** : L'aire de protection doit être tracée pour la vitesse propre maximale correspondant à la vitesse indiquée.
4. **Minutage de l'éloignement de l'attente** :

T = 1 min. si l'altitude de protection est \leq 14 000 Ft

T = 1,5 min. si l'altitude de protection est $>$ 14 000 Ft.

III.4.6.3. Marge de franchissement d'obstacles

Le niveau minimal d'attente autorisé devra assurer une marge de franchissement :

- d'au moins 300 m. (1000 Ft) au dessus des obstacles situés dans l'aire d'attente.
- d'au moins la valeur indiquée dans le tableau au-dessus des obstacles situés dans la zone tampon.

AIRE DE BASE + ENTREES	100 % MFO
ZONE TAMPON N°1	100 % MFO
ZONE TAMPON N°2	50 % MFO
ZONE TAMPON N°3	40 % MFO
ZONE TAMPON N°4	30 % MFO
ZONE TAMPON N°5	20 % MFO

Tableau III.4 : Marge minimal de franchissement d'obstacles [2]

III.4.6.4. Construction de l'aire de base et des aires d'entrées

L'aire de base et l'aire de protection des entrées sont construites selon une méthode additive comprenant deux étapes :

- La première étape consiste à construire un gabarit d'aire d'attente.

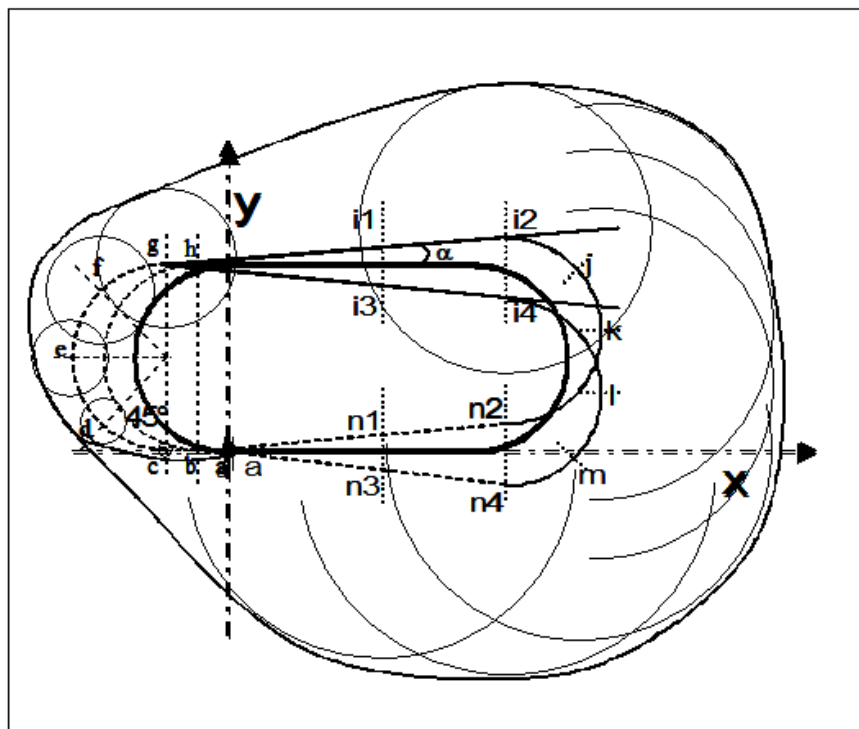


Figure III.13: Le gabarit d'attente [2]

- La seconde étape consiste à dessiner l'aire de protection du circuit d'attente.

À l'aide du gabarit conçu en première étape nous schématisons les aires de protection de l'attente afin d'obtenir le schéma final suivant :

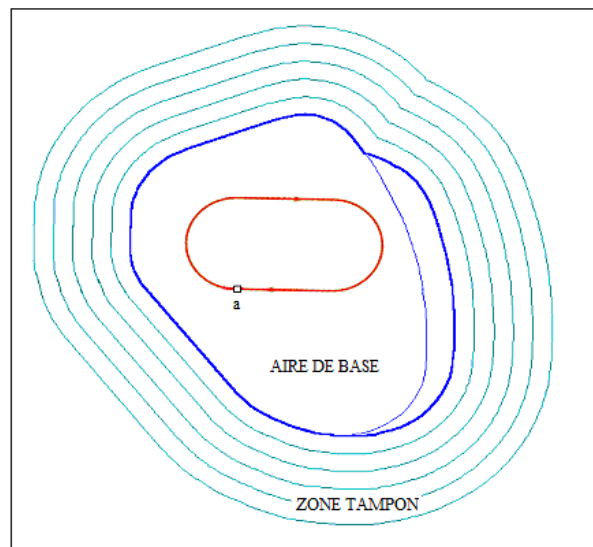


Figure III.14: Aire de base et l'aire d'entrée en attente [5]

III.5. LES PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS

Il importe de préciser les éléments suivants :

- La trajectoire représentée sur la carte d'approche aux instruments est la trajectoire **nominale** ; la trajectoire idéale de l'aéronef consiste à suivre l'altitude/hauteur de procédure de l'approche, puis le profil optimal de descente en approche finale.
- Les procédures sont définies soit en temps, soit en distances. Lorsqu'un DME est disponible et dans le cas des procédures RNAV, les procédures définies en distances sont préférées, car elles limitent l'influence des vitesses des aéronefs et du vent ; mais lorsque l'infrastructure radioélectrique ne permet pas de fournir des informations suffisantes, le temps reste le paramètre utilisé pour définir les éloignements. Une approche finale comportant un plan de descente matérialisé (ex : ILS), ou dont l'origine est définie par un repère est caractérisée par une pente d'approche ; (pente indiquée en degrés et pourcentage dans le cas d'un ILS, en pourcentage dans les autres cas).
- Une approche finale définie par un temps est caractérisée par une vitesse verticale (ou taux de descente) ; (le concepteur de la procédure vérifie que ce taux est compris entre certaines limites, mais celui-ci n'est pas porté sur la carte)

L'approche initiale peut prendre différentes formes :

- Dans les approches comportant une procédure d'inversion (virage de base ou virage conventionnel), l'approche initiale est la portion d'éloignement vers le point de début de percée.
- Dans d'autres types de procédures, l'approche initiale s'effectue suivant un circuit en hippodrome ; (sur les cartes d'approche, on peut trouver, suivant les cas, un circuit commun attente hippodrome ou des circuits séparés).

Un segment d'approche intermédiaire est normalement prévu dans l'établissement d'une procédure (ex : palier d'interception du glide dans une procédure ILS) ; en général, sa longueur minimale est déterminée de façon à ménager trente secondes de vol à la vitesse d'approche initiale ;

Lorsqu'un segment d'approche intermédiaire n'est pas prévu (cas des procédures classiques sans FAF), il est admis que le pilote utilisera le segment d'approche initiale pour adopter la configuration nécessaire à l'exécution de la finale.

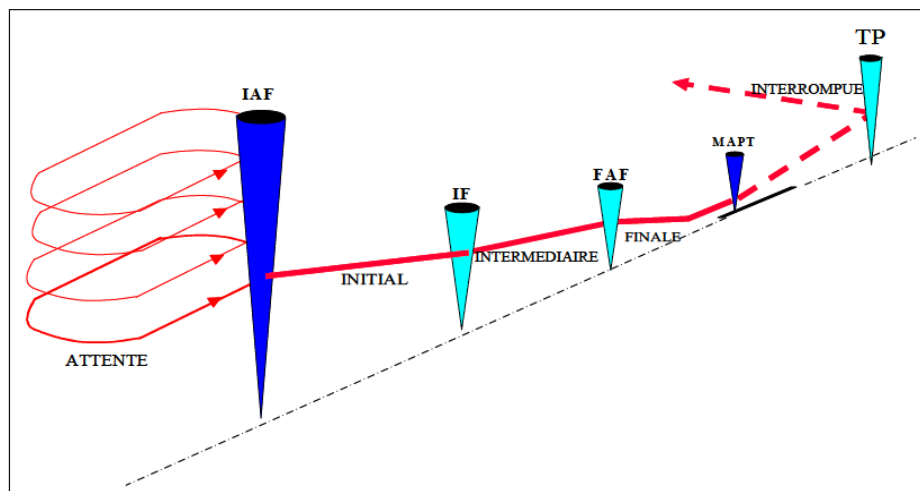


Figure III.15: Les différents segments d'une procédure [1]

III.5.1. Classification

- En fonction des conditions d'alignement on distingue les approches directes et des approches indirectes.
 - **Une approche indirecte** est une approche à l'issue de laquelle une manœuvre à vue est nécessaire, contrairement à une approche directe.
 - **Une approche non dans l'axe est une approche directe** avec une trajectoire d'approche finale non confondue avec l'axe de piste.
- Ensuite, on distingue les approches de précision et des approches classiques.
 - **Une approche de précision** est une approche aux instruments utilisant des informations en **azimut**, en **site** et en **distance** fournies par des installations au sol (ex : *ILS...*) caractérisées par la **DH** (Décision Height).
 - **Les approches classiques** sont les autres approches aux instruments, n'utilisant que deux voire une information sur les trois (ex : *ILS sans GP, VOR/DME, VOR, Locator...*) caractérisées par la **MDH** (Minimum Descend Height).

III.5.2. Principes d'élaboration d'une procédure d'approche

Trois grands principes gouvernent l'élaboration d'une procédure :

- **Sécurité**
Elle exige bon sens, minutie et jugement opérationnel.
- **Simplicité**
Elle est nécessaire pour ne pas accroître la charge de travail du pilote. Elle contribue à la sécurité.
- **Économie**
C'est un aspect de plus en plus capital, car le temps de vol coûte cher, quant à l'espace aérien, il est restreint.

III.6. APPROCHE INITIALE, INTERMÉDIAIRE ET FINALE [2]

Sur un IAF on peut trouver une attente et un circuit en hippodrome d'approche initiale qui précède l'approche intermédiaire ou finale. Le circuit d'attente et le circuit d'approche initiale peuvent être communs ou séparés. L'approche initiale commence lorsque le pilote, à la verticale du repère, quitte l'attente et débute le circuit en hippodrome. Si les circuits sont communs, le dernier tour est un hippodrome d'approche initiale.

Dans certains cas, un seul circuit est utilisé pour représenter, sur la vue en plan des cartes IAC, l'attente et l'hippodrome ; dans ce cas, les entrées dans l'hippodrome sont protégées. Lorsque l'attente et l'hippodrome sont représentés séparément, les entrées doivent s'effectuer dans l'attente, l'exécution de l'hippodrome ne pouvant être effectuée qu'une fois l'avion stabilisé en attente, à l'altitude minimale de celle-ci ; si, dans ce cas, les entrées en hippodrome sont néanmoins possibles pour certains avions, ceci est mentionné (Cat max ou vitesse max).

III.6.1. Procédure classique avec FAF

III.6.1.1. Approche initiale

L'approche initiale est l'ensemble des trajectoires suivies depuis le passage de l'IAF jusqu'à l'alignement en intermédiaire. (Ou parfois finale en absence d'intermédiaire).

Il est effectué en suivant un ou plusieurs de ces éléments :

- Un radial VOR ;
- Un relèvement NDB ;
- Un cap radar ;
- Un arc DME dont le rayon est $>$ ou $=$ à 7 Nm ;
- Un segment d'estime dont la longueur est $<$ ou $=$ à 10 Nm ;
- Une procédure d'inversion ;
- Un hippodrome.

III.6.1.1.1. Trajectoires rectilignes ou arc DME

Angle entre deux segments successifs $<$ ou $=$ 120° , s'il est supérieur à 70° on prévoit un repère de début de virage. L'aire de protection perpendiculaire au repère est de 10 Nm pour un repère radioélectrique, 4 Nm pour un VOR et 5 Nm pour un L / NDB. La largeur de l'aire de protection à l'IAF à pour évasement une largeur maximale 10 Nm, un angle de $7,8^\circ$ pour un VOR et de $10,3^\circ$ pour L/NDB. Il existe une aire primaire (50% de la largeur) et une aire secondaire (25% de la largeur).

III.6.1.1.2. Procédure en hippodrome

Elle est utilisée quand l'approche initiale est trop courte. L'éloignement est limité en temps d'une à trois minutes et par incrément par 0,5 minute ou par un repère en distance. L'aire de protection primaire est identique à celle de l'attente, l'aire secondaire est de un Nm pour VOR et de 1,25 Nm pour un NDB. (Voir figure III. 18)

III.6.1.1.3. Procédure d'inversion

Elle consiste à un éloignement suivi d'un virage afin de revenir en rapprochement pour faire perdre de l'altitude à un aéronef. Il existe deux types de virages (voir figure III. 18):

- Les virages conventionnels
- Les virages de base

Entrée dans la procédure d'inversion

- Secteur A : l'entrée directe est possible.
- Secteur B : l'entrée doit s'effectuer à l'issue du circuit en hippodrome publié.

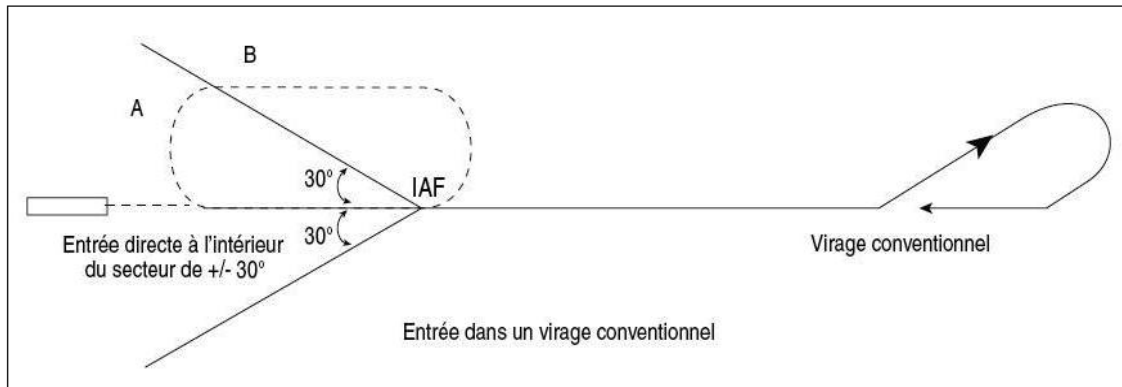


Figure III.16: Entrée dans un virage conventionnel [2]

Dans le cas de virages de base, ce secteur d'entrée peut être élargi pour comprendre le prolongement de la branche de rapprochement.

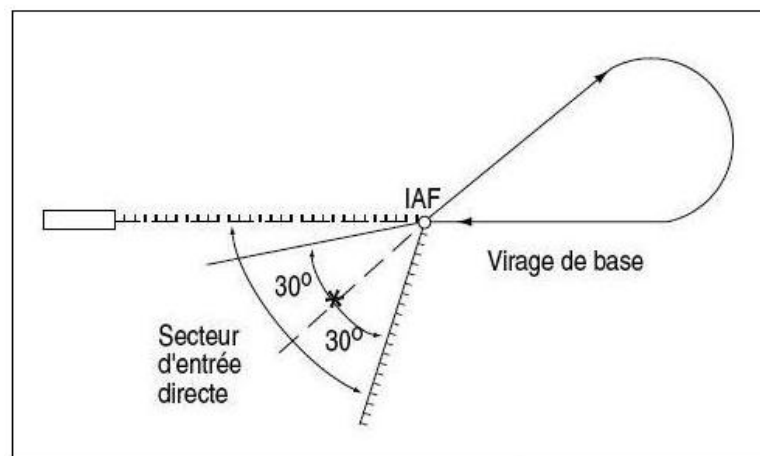


Figure III.17: entrée dans un virage de base [2]

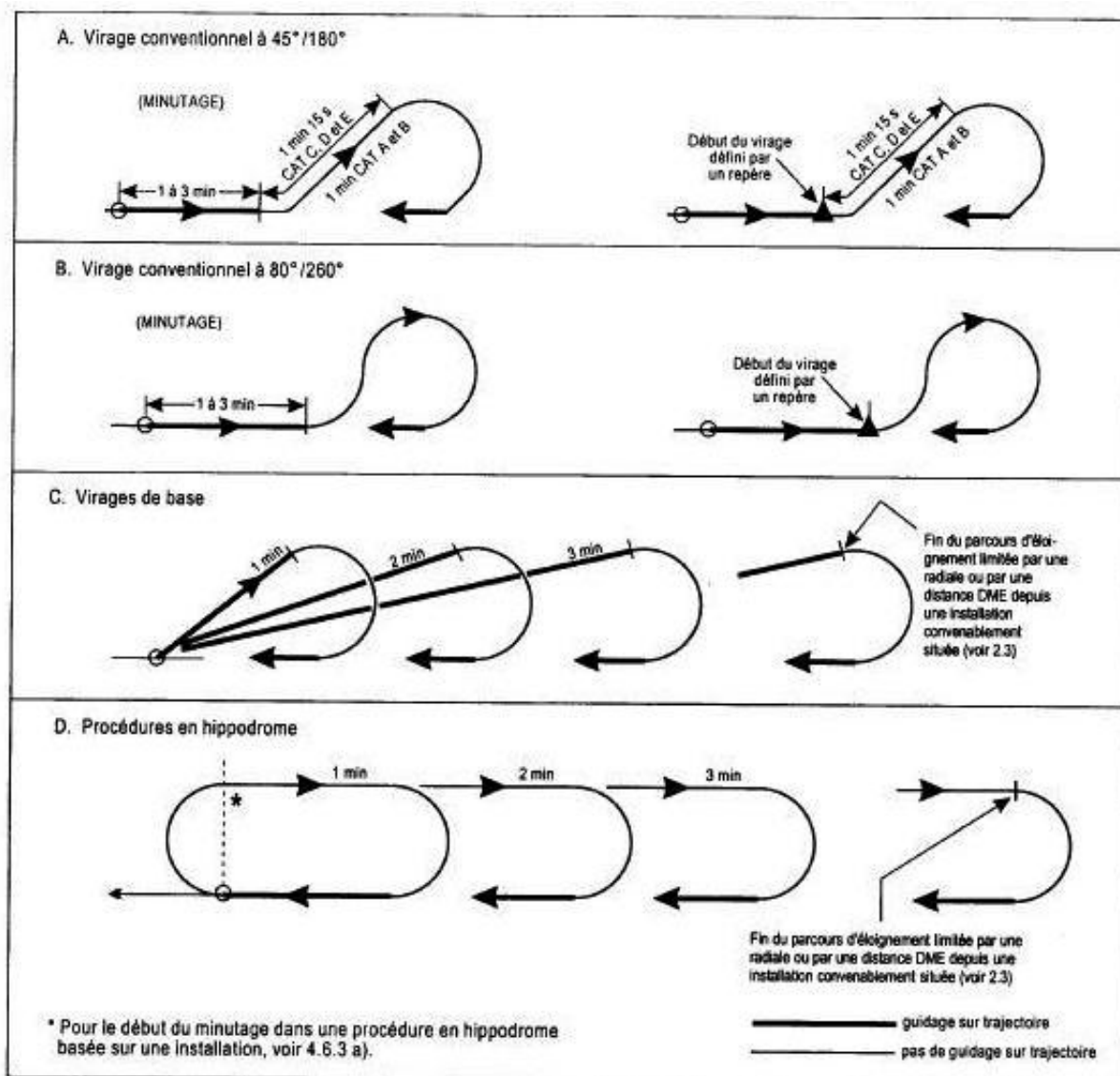


Figure III.18 : Types des procédures d'inversion et procédure en hippodrome [2]

❖ **Les pentes en approche initiale**

- La pente à considérer en approche initiale est de 4 %. La pente maximale admissible est de 8%.
- Pour une procédure en hippodrome ou une procédure en inversion, la descente minimale autorisée est indiquée dans le tableau suivant :

Trajectoire	En éloignement		En rapprochement ¹	
	CAT A/B	CAT C/D/E	CAT A/B	CAT C/D/E
Descente maximale pour la durée nominale du parcours d'éloignement de 1 min [m (ft)]	245 m (804 ft)	365 m (1 197 ft)	150 m (492 ft)	230 m (755 ft)

Tableau III.5: Descente minimale autorisée pour une procédure d'inversion/hippodrome [2]

Note 1 : Dans le cas d'une procédure comportant un virage conventionnel à 45°, la perte d'altitude en éloignement peut aussi s'effectuer sur la branche d'éloignement à 45°.

Note 2 : Dans le calcul des descentes maximales, les virages sont supposés être exécutés en palier.

Note 3 : Ces valeurs sont à utiliser si une descente est envisagée, mais il est également possible d'effectuer le rapprochement en palier.

III.6.1.2. Approche intermédiaire

L'approche intermédiaire est située soit entre le repère d'approche intermédiaire et le repère ou point d'approche finale, soit entre la fin d'une procédure d'inversion, d'une procédure en hippodrome ou d'une procédure de navigation à l'estime et le repère ou point d'approche finale, selon le cas.

Sa durée est de 30 secondes de vol à la vitesse d'approche initiale. La pente optimale doit être nulle, 50% maximum sont tolérés avec un palier de décélération avant l'approche finale. La protection reste fonction de la procédure. La MFO de l'aire primaire est 150 m. Dans l'aire secondaire elle est décroissante jusqu'à zéro.

III.6.1.3. Approche finale

Le segment d'approche finale débute au FAF et se termine au MAPT. La hauteur de procédure au FAF détermine la pente en finale (profil optimal, en considérant une hauteur au seuil de 15m).

La pente en approche finale doit respecter les critères suivants :

- pente optimale : 5.2 %
- pente minimale : 5 %
- pente maximale : 6.5 % (aéronefs de Cat A et B), 6.1 % (aéronefs de Cat C, D et E)

Lorsque des contraintes particulières de franchissement d'obstacles imposent la publication d'une procédure "non standard" avec pente de descente supérieure à la pente maximale définie ci-dessus, ceci sera indiqué sur les cartes d'approche de manière à permettre aux exploitants d'établir d'éventuelles restrictions d'utilisation.

❖ Neutralisation d'obstacles - repères de descente

Dans ce type de procédure (approche classique), l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H) est déterminée en ajoutant la MFO à l'obstacle critique situé dans l'aire d'approche finale (en faisant abstraction de l'approche interrompue). En présence d'obstacles importants, qui conduiraient à une OCA/H trop élevée, il peut être intéressant, lorsqu'on dispose d'installations radioélectriques adéquates (ex : DME), de spécifier, sur le segment d'approche finale, un repère de descente et de lui associer une altitude/hauteur minimale de franchissement d'obstacles pour neutraliser certains obstacles.

III.6.2. Procédure classique sans FAF

III.6.2.1. Approche initiale

L'approche initiale est l'ensemble des trajectoires suivies depuis le passage de l'IAF jusqu'à l'éloignement en finale.

Pour le descriptif de ces trajectoires, se référer à la description § III.6.1.1

III.6.2.2. Approche intermédiaire

Ce type de procédure ne comporte pas de segment d'approche intermédiaire.

III.6.2.3. Approche finale

L'approche finale commence à la fin du virage de rapprochement de la procédure d'inversion ou en hippodrome et se termine au MAPT.

Les procédures sans FAF correspondent en général aux procédures basées sur un moyen implanté sur l'aérodrome.

Pour cette raison, l'approche finale est généralement "non dans l'axe".

Compte tenu des vitesses variables utilisées par les aéronefs, le début d'approche finale n'est pas un point sol.

❖ **Pente ou taux de descente en finale**

Lorsque l'installation est située sur l'aérodrome, le taux de descente est calculé en fonction de la hauteur à perdre en finale et du temps de rapprochement :

<i>Catégorie d'aéronefs</i>	<i>Taux de descente</i>	
	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
A, B	120 m/min (394 ft/min)	200 m/min (655 ft/min)
C, D, E	180 m/min (590 ft/min)	305 m/min (1 000 ft/min)

Tableau III.6 : Pente ou taux de descente en finale [2]

Lorsque l'installation est située en dehors de l'aérodrome, ou en cas d'utilisation d'un repère de descente, la pente en aval de l'installation ou du repère de descente doit respecter les critères suivants :

- pente optimale 5,2%,
- pente minimale 5%,
- pente maximale 6,5% (aéronefs de Cat A, B), 6,1% (aéronefs de Cat C, D, E).

III.6.3. Approche de précision

III.6.3.1. Approche initiale

Idem autres types d'approche (classique avec FAF et sans FAF).

III.6.3.2. Approche intermédiaire

L'approche intermédiaire est la portion de trajectoire en palier comprise entre la fin du virage de rapprochement de l'hippodrome et l'interception du plan de descente. Une durée minimale de 30 s de vol est prévue pour permettre la stabilisation de l'avion à la vitesse et dans la configuration correspondant à l'approche finale.

III.6.3.3. Approche finale

L'interception de l'alignement de descente à l'altitude du palier d'approche intermédiaire constitue le FAF.

Le FAP est le début du segment de précision sur lequel est fourni un guidage radioélectrique d'azimut (LOC), de site (GP) et de distance (markers ou DME).
L'approche finale s'étend du FAP jusqu'au point où la hauteur de décision (DH) est atteinte.

III.7. APPROCHE INTERROMPUE [2]

L'approche interrompue débute selon le cas :

- 1) En approche de précision (ILS, PAR....) au point où l'aéronef atteint sa hauteur de décision (DH) sur le plan de descente (GP).
- 2) En approche classique, au plus tard au MAPT que la MDH ait déjà été atteinte ou pas. Le MAPT est défini par un repère ou une distance prescrite depuis un repère survolé pendant la phase d'approche finale.

La procédure d'approche interrompue prend fin à une 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.

On distingue trois phases :

- Initiale, 30s de vol, pour passer de la descente en finale à la montée en API. Aucun virage n'est permis, la MFO est celle du MAPT puis 30 m ;
- Intermédiaire, débute au SOC (Star Of Climb) avec une MFO égale à 30m et une altération de trajectoire n'excédant pas 15° ;
- Finale, débute avec une MFO = 50 m acquise et maintenue. Il n'y a plus de limitation en virage ; On détermine une hauteur pour le palier d'accélération ≥ 800 ft avec une MFO de 90 m.

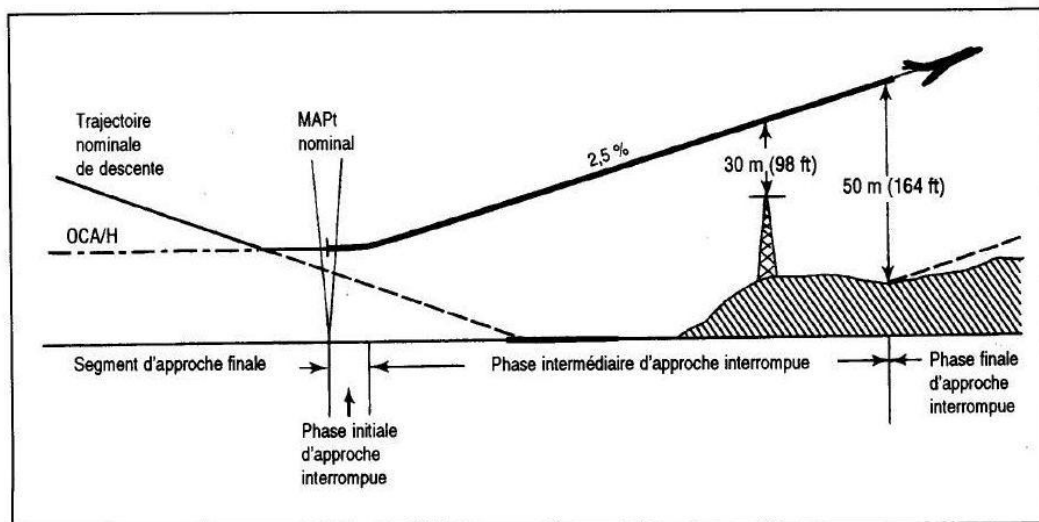


Figure III.19 : Les différentes phases d'approche interrompue [2]

L'étude de la procédure d'approche interrompue retient l'hypothèse d'une pente minimale de montée fixée à 2,5 %. Dans certains cas, des minimums supplémentaires calculés à partir d'une pente supérieure, peuvent être publiés, mais dans tous les cas les minimums calculés avec une pente API = 2,5 % sont publiés.

L'approche interrompue peut être définie, soit en ligne droite, soit avec un virage prescrit en un point de repère, ou à une altitude. Dans ces deux derniers cas il convient d'identifier l'aire de mise en virage (ensemble des points où les aéronefs sont susceptibles d'entamer le virage) et aussi l'aire de virage (aire qui protège l'ensemble des trajectoires de virage).

III.7.1. 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 lorsqu'aucun virage n'est prescrit avant que l'aéronef n'ait atteint une altitude de sécurité.

III.7.2. Approche interrompue à un point de virage spécifié

Un virage doit être exécuté, quelque soit l'altitude atteinte au point de virage (TP) spécifié sur la carte d'approche.

Le virage ne doit être débuté ni avant ni après ce point.

III.7.3. Approche interrompue avec virage à une altitude 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.

Note : Dans le cas d'une approche interrompue avec virage à une altitude/hauteur, la hauteur minimale d'accélération publiée est au moins égale à la hauteur du virage.

En cas de rejointe d'une attente, l'aire de protection pour la partie du palier située dans l'attente considère notamment les éléments suivants :

- inclinaison 25° (ou taux de virage de 3°/s si l'inclinaison qui en résulte est inférieure à 25°) ;
- largeur d'aire secondaire de 1 NM (VOR) ou 1,25 NM (NDB).

III.8. MANŒUVRE A VUE [1]

III.8.1. Définition

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. (l'axe de la finale ne respecte pas les critères d'une approche directe ⇒ il faut prévoir une manœuvre à vue).
- Lorsque l'atterrissage est prévu sur l'autre seuil de piste : lorsque les conditions météorologiques (ou d'autres raisons) imposent l'atterrissage à un QFU différent du QFU AMV.

III.8.2. Manœuvre à vue libre

Lorsque la trajectoire est laissée à l'initiative du pilote la manœuvre à vue est dite libre (MVL). Les évolutions restent à l'intérieur de l'aire de protection dessinée en fonction des catégories d'aéronefs protégées et permettent de desservir les deux QFU.

➤ Aire de protection :

- 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 (Rc) correspondant à la catégorie d'aéronefs la plus rapide pouvant atterrir sur cette piste, puis en menant les tangentes à ces arcs.

Rc = 2r + S ; **ou** r est le rayon de virage, **S** est le segment rectiligne d'alignement

III.8.3. Manœuvre à vue imposée

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 manœuvre à vue libre (MVL) une procédure de manœuvre à vue imposée (MVI). Cette trajectoire doit être entièrement comprise à l'intérieur du périmètre de l'aire de manœuvre à vue libre (MVL) définie pour les catégories d'aéronefs considérées et étendue si nécessaire.

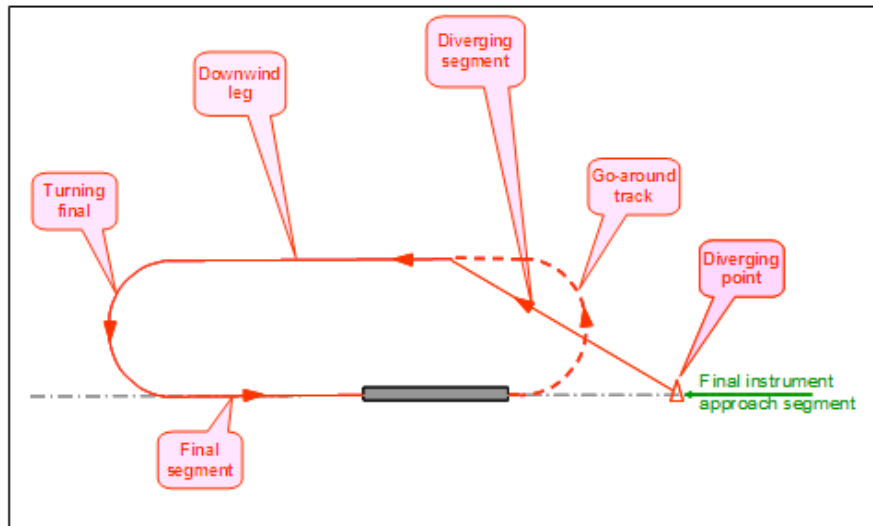


Figure III.20 : MVI sous forme de circuit de piste.

➤ **Aire de protection :**

L'aire de protection pour la MVI est basée sur un couloir de largeur constante centré sur la trajectoire nominale. Cette valeur est donnée, en fonction de la catégorie d'aéronef,

III.9. LES SEPARATION STRATEGIQUES [5]

Les trajectoires nominales ne peuvent se rapprocher à la même altitude à moins de 5 NM, l'une de l'autre (sauf dans certains cas de séparation départ/départ, étant donné que les origines des trajectoires sont alors très précises, puisque partant de pistes ou si l'une des trajectoires est basée sur un radioalignement ILS).

III.9.1. Attente-Attente :

Les aires de base et les aires de protection des entrées de deux attentes calculées à la plus basse des deux altitudes de protection majorée de 1500 pieds doivent être séparées.

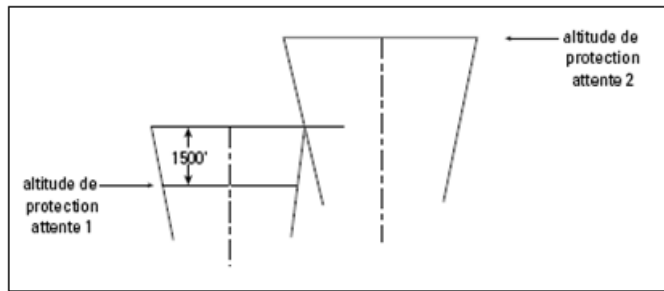


Figure III.21: séparation attente/attente [5]

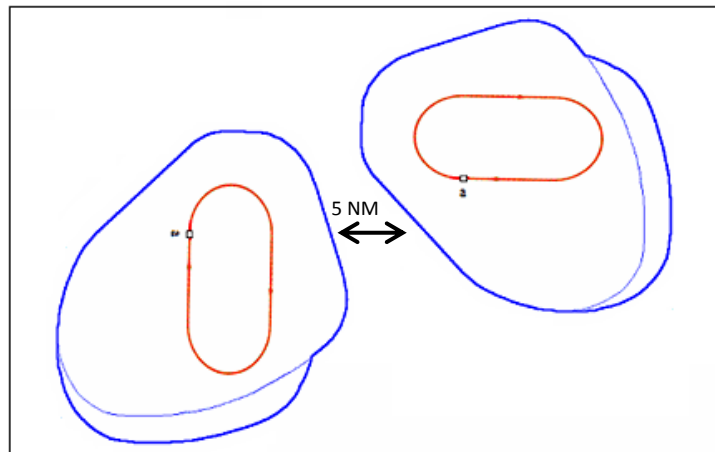


Figure III.22 : séparation latérale attente/attente [5]

III.9.2. Attente-Route d'arrivée ou segment initial

L'aire de base de l'attente et les aires de protection des entrées, calculées à l'altitude de protection majorée de 1500 pieds ne doivent pas interférer avec l'aire de guidage de l'installation définissant la route d'arrivée ou le segment d'approche initiale.

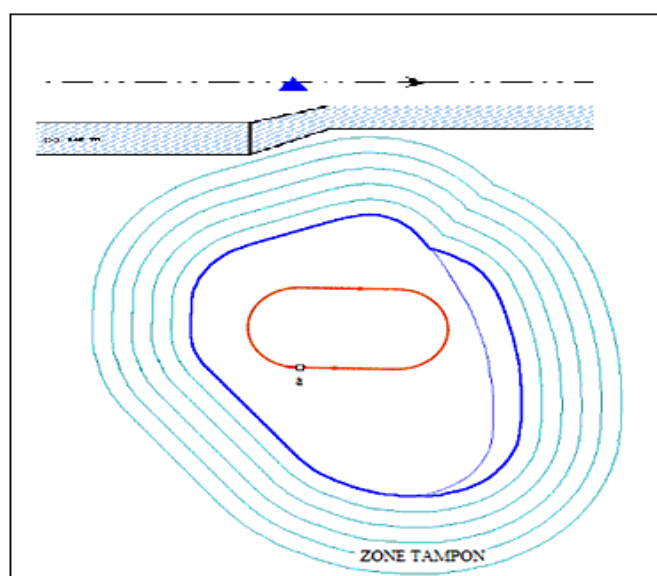


Figure III.23 : protection Attente/Route d'arrivée [5]

III.9.3. Attente-départ

L'aire de base de l'attente et les aires de protection des entrées, calculées à l'altitude de protection majorée de 1500 pieds ne doivent pas interférer avec l'aire de guidage de l'installation définissant la route de départ.

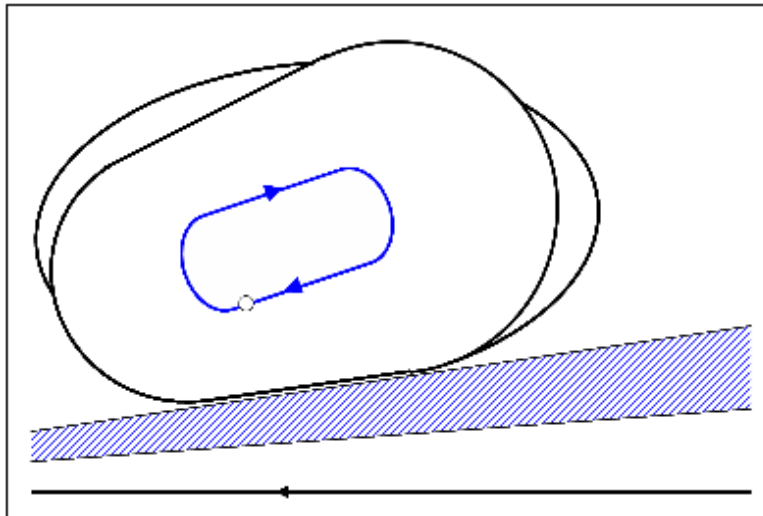


Figure III.24 : protection Attente/départ [5]

III.9.4. Attente - zones à statut particulier

La limite supérieure de la zone à statut particulier majorée de 1500 pieds ne doit pas interférer avec l'aire de base et les aires de protection des entrées de l'attente

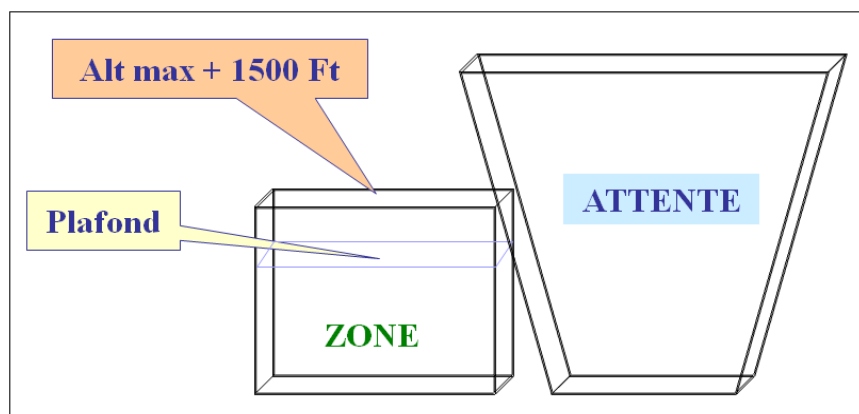


Figure III.25 : Attente/Zone à statut particulier [5]

Chapitre IV. Etude de l'existant

IV.1. INTRODUCTION

L'objectif fondamental de l'organisation de l'espace aérien est son utilisation d'une manière rationnelle et souple. Chaque Etat est responsable de l'espace aérien au-dessus de son territoire et ceci sur la base de souveraineté. L'Etat doit fournir le service de la navigation aérienne ; il est également responsable de la sécurité, de la continuité et de l'intégrité des systèmes de navigation aérienne.

Dans l'espace aérien algérien La région d'information de vol (FIR) d'Algérie comprend l'espace aérien situé au dessus de la REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE et l'espace aérien international situé au-dessus d'une partie de la mer méditerranéenne.

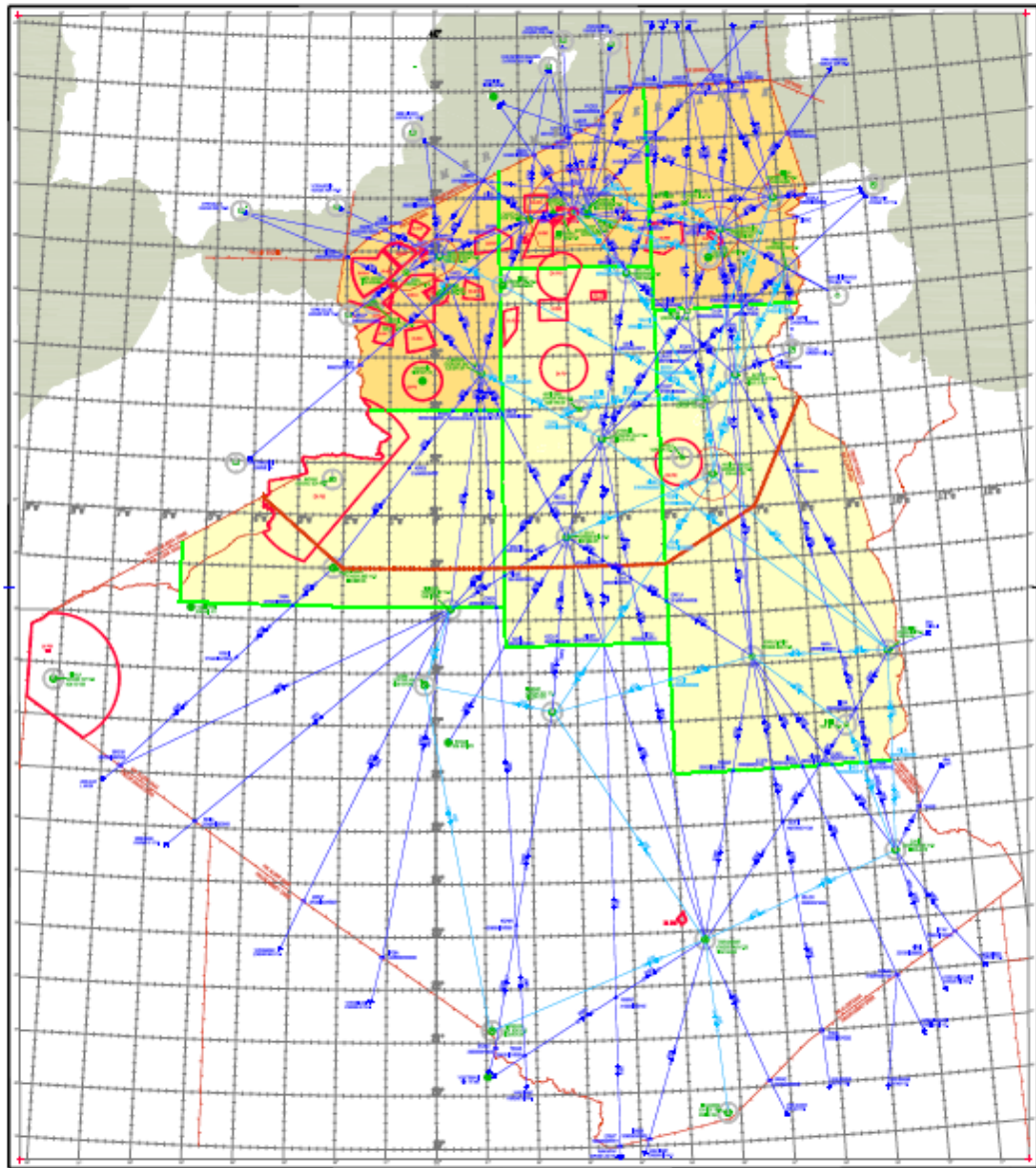
Sa position géographique s'étend de 19°N jusqu'au 39°N de latitude et de 9°W jusqu'au 12°E de longitude.

IV.2. GENERALITES [6]

La FIR Alger englobe la totalité de l'espace aérien algérien, dans laquelle les services d'information de vol et d'alerte sont assurés pour tous les aéronefs. Elle est limitée par :

- La FIR BARCELONE, MARSEILLE et ROME au Nord.
- La FIR CASABLANCA à l'Ouest.
- La FIR TUNIS et TRIPOLI à l'Est.
- La FIR DAKAR et NIAMEY au Sud.

ALGERIE CARTE DE CROISIERE



- ESPACE AERIEN CLASSE D
(TMA CENTRE ALGER – Espace Supérieure Classe A)
- ESPACE AERIEN CLASSE E
- ESPACE AERIEN CLASSE F

Figure IV.1 : sectorisation actuelle de l'espace aérien Algérien (carte de croisière) [6]

IV.2.1. Les aides de radionavigation et de surveillance

En général, la navigation en route en Algérie s'appuie sur des stations VOR/DME ou NDB. La plupart de ces stations sont installées dans les aéroports à l'exception de quelques-unes qui sont implantées dans des sites éloignés. Ils sont gérés par les services techniques de la navigation aérienne (DTNA) ; cette dernière assure l'installation et la maintenance de tous les moyens radios.

L'ENNA a opté pour la mise en œuvre d'un radar primaire (PSR) co-implanté avec un radar secondaire à Alger et de quatre radars secondaires (SSR) répartis dans les régions principales du pays : Annaba, Oran, El Oued, et El Bayadh.

Type	Station Radar	Site	Date d'installation
PSR/SSR	Oued Smar	Alger	Février 2001
SSR	Seraidi	Annaba	Décembre 2001
SSR	Murdjadjo	Oran	Janvier 2001
SSR	Guemmar	El Oued	Avril 2002
SSR	Bouderga	El Bayadh	Mai 2003

Tableau IV.1 : moyens de surveillance

IV.2.2. Secteur Sud - Sud

IV.2.2.1. Limites du secteur

Les limites en plan et en altitude de ce secteur sont définies ci-après :

1. Limites latérales :

Lignes joignant les points suivants :

2600N 00500E, 2830N 00500E, 2830N 00130E, 2912N 00130E, 2913N 00143E, 2915N 00306W, 2916N 0053W, 2953N 00530W, puis suivez de la frontière Algéro Marocaine jusqu'à 2840N 00840W, 2720N 00840W, puis suivez la frontière avec la Mauritanie, le Mali, le Niger et la Libye jusqu'à 2600N 00932E 2600N 00500 E

2. Limites verticales :

GND/MSL, jusqu'à la limite verticale supérieure UNL.

IV.2.2.2. Aérodomes à l'intérieur du secteur SUD – SUD

A l'intérieur de ce secteur il y a 8 aérodomes: ADRAR, BORDJ MOKHTAR, IN-SALAH, IN-GUEZZAM, TINDOUF, TAMANRASSET et TIMIMOUN.

IV .3. DESCRIPTION DE L'AERODROME DE TINDOUF [6]

IV .3.1. Situation géographique de l'Aérodrome

L'aérodrome national de TINDOUF se trouve dans l'espace aérien appartenant à la classification F

- Indicateur d'emplacement : DAOF
- Nom de l'aérodrome : TINDOUF
- Emplacement de l'aérodrome : 7 Km SUD EST de la ville
- Coordonnées géographiques du point de référence d'aérodrome : 2742N 00810W
- Altitude de l'aérodrome : 443 m
- Température de référence d'aérodrome : 35°
- La déclinaison magnétique : 4° W.
- L'altitude de transition est de : 1350 mètres.
- Types de trafic autorisés : IFR/VFR.
- Observations :
 - Aérodrome situé dans une zone interdite DA – P64 TINDOUF
 - Aérodrome mixte

IV .3.2. Caractéristiques physiques des pistes

L'aérodrome de TINDOUF contient 2 pistes parallèles

→ La Piste 26L/O8R :

- Orientation magnétique : 263°/083° ;
- Coordonnées géographiques :
 - * THR26 : 27 42 18 N 008 09 11 W
 - * THR08 : 27 41 54 N 008 10 59 W
- Dimensions : 3000 x 45 m .
- Résistance : PCN 47 R/ A / W / T.
- Nature de revêtement : béton bitumineux.

→ La piste 26R/O8L :

- Orientation magnétique : 263°/083° ;
- Coordonnées géographiques :
 - * THR26 : 27 42 18 N 008 09 11 W
 - * THR08 : 27 41 54 N 008 10 59 W
- Dimensions : 3000 x 45 mètres.
- Résistance : PCN 47 R/ A / W / T.
- Nature de revêtement : béton bitumineux.

IV .3.3. Aides de radionavigation et d'atterrissage

- **VOR/DME** TDF 114.2 MHZ (CH 89 X) de coordonnées 27 42 36.26N 008 07 51.20 W
- **NDB** TDF 339 MHZ 27 42 22.68 N 008 08 04.12W.
- **ILS** LLZ : 27 41 50.4 N 008 12 1.2 E
GP : 27 42 23.4 N 008 9 18.6 E

IV .3.4. Cartes relatives à l'aérodrome

Actuellement l'aérodrome de TINDOUF dispose de quatre cartes des procédures d'approche aux instruments pour les catégories A/B et C/D : (voir Annexe C)

- Une procédure d'approche VOR RWY 26R CAT C/D-OACI;
- Une procédure d'approche VOR RWY 26R CAT A/B-OACI;
- Une procédure d'approche NDB RWY 26L CAT C/D-OACI.
- Une procédure d'approche NDB RWY 26L CAT A/B-OACI.

Et dispose aussi de :

- Carte d'aérodrome
- Carte d'approche a vue

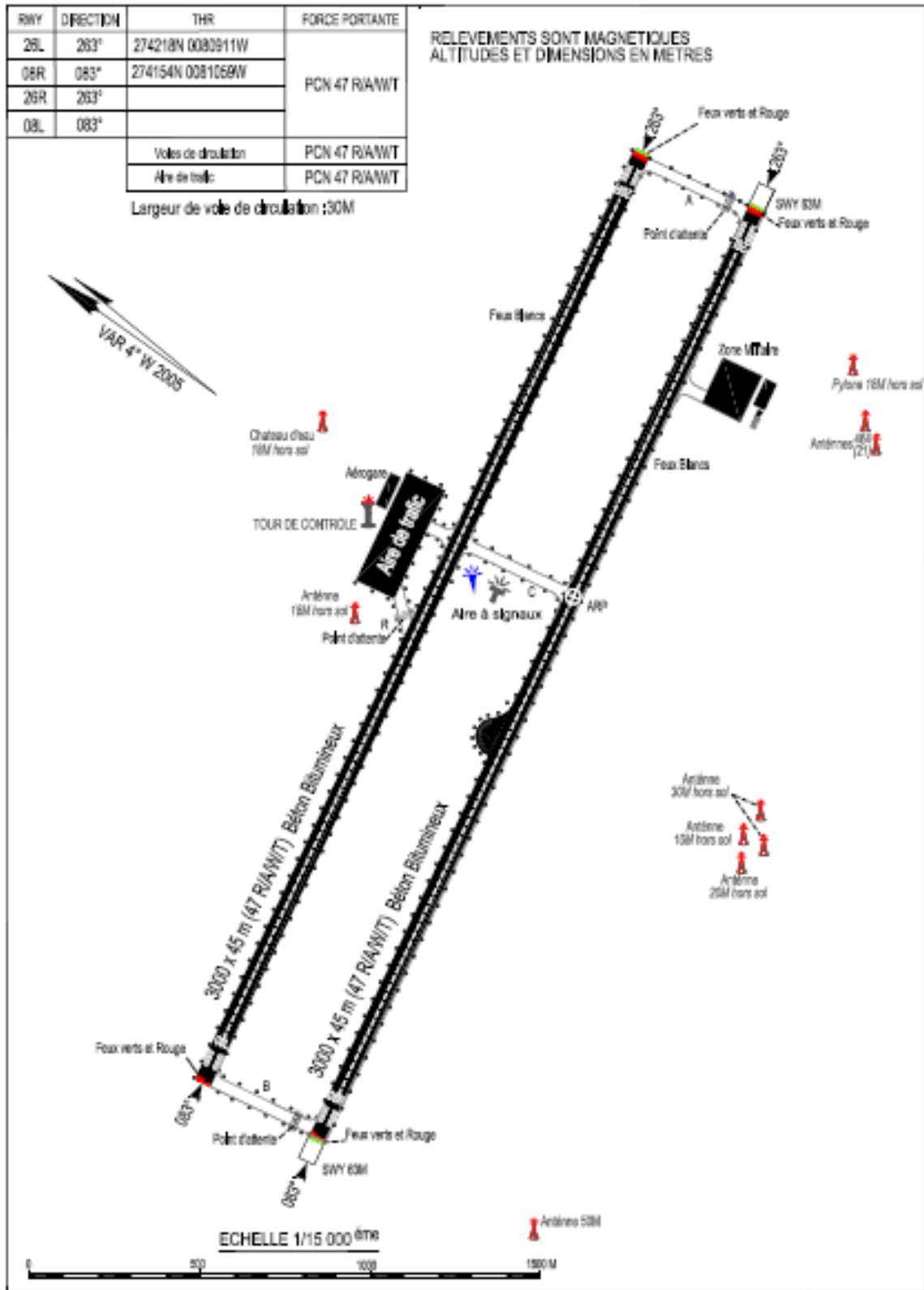


Figure IV.2 : Carte d'aérodrome de TINDOUF [6]

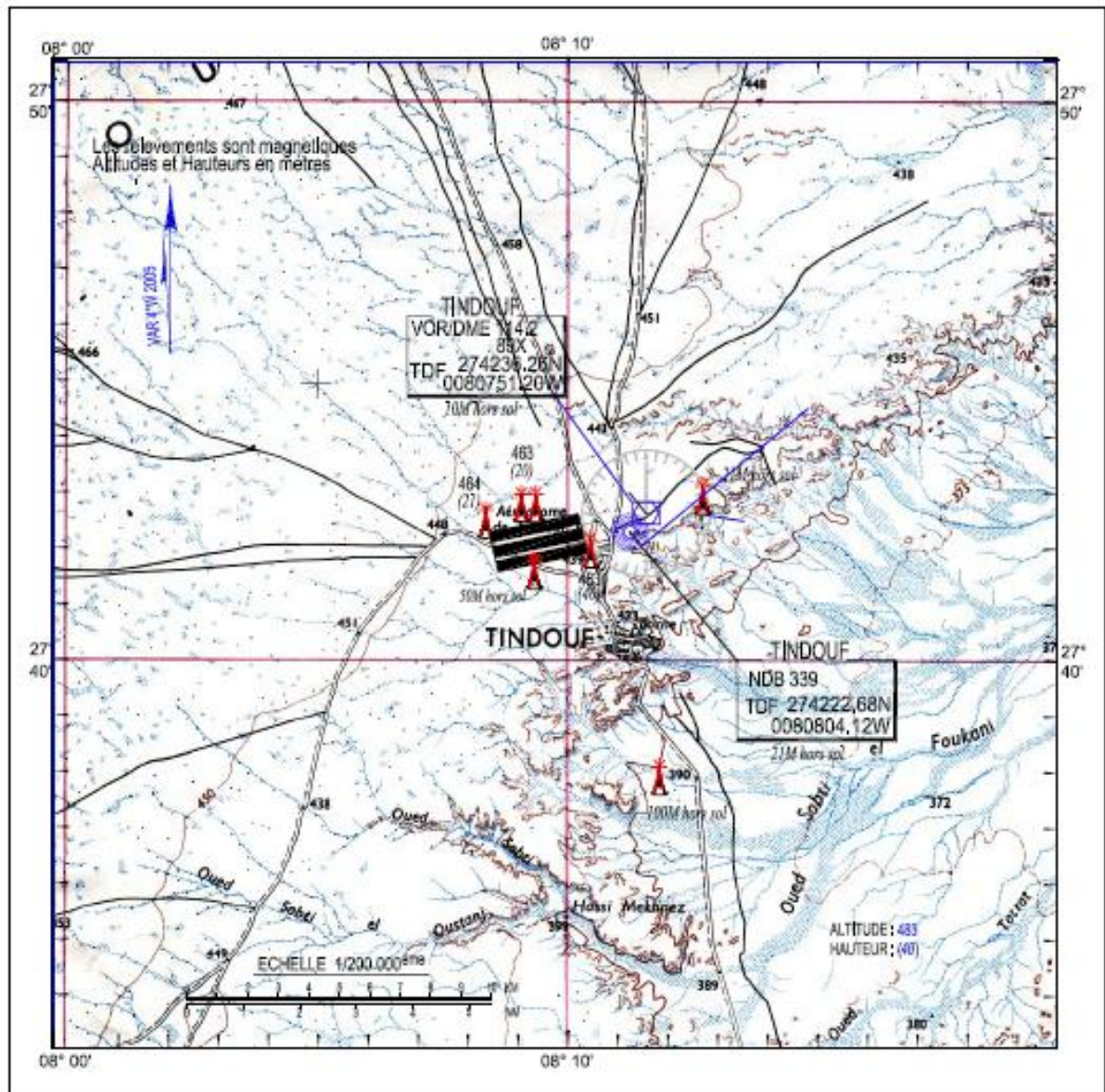


Figure IV.3 : Carte d'approche a vue de l'aérodrome de TINDOUF[6]

IV.4. ETUDE DES STATISTIQUES

Une évaluation des courants du trafic actuel ou prévu constitue une étape importante dans les premières phases de la conception des procédures de départ et d'arrivée. Les caractéristiques du flux de trafic influenceront sur le positionnement de l'attente et pour cela nous avons fait une étude statistique sur le nombre de départs et d'arrivées de l'aérodrome de TINDOUF pour le mois de janvier et le mois de juillet.

IV.4.1. Etude de la densité du trafic

L'analyse de flux de trafic facilite la détermination de la densité de chaque axe de route et le positionnement de l'attente.

L'étude a été effectuée sur la base d'un fichier de trafic aérien fourni par le service des statistiques pour les deux mois janvier et juillet de l'année 2010.

Les résultats obtenus expriment la charge du trafic dans chaque itinéraire ou tronçon d'itinéraire reliant l'aérodrome aux destinations prévues.

A/D de départ	Nombre de vols	Pourcentage %
DAAG	37	26,4%
DAOR	33	23,6%
DAAK	24	17,1%
DABC	12	8,6%
GMMA	11	7,9%
DAOE	9	6,4%
GMMML	5	3,6%
DAOO	3	2,1%
HLMM	3	2,1%
DAUU	1	0,7%
GMMH	1	0,7%
FNLU	1	0,7%
TOTAL	140	100,0%

Tableau IV.2: Flux du trafic d'arrivée pour l'aérodrome de TINDOUF

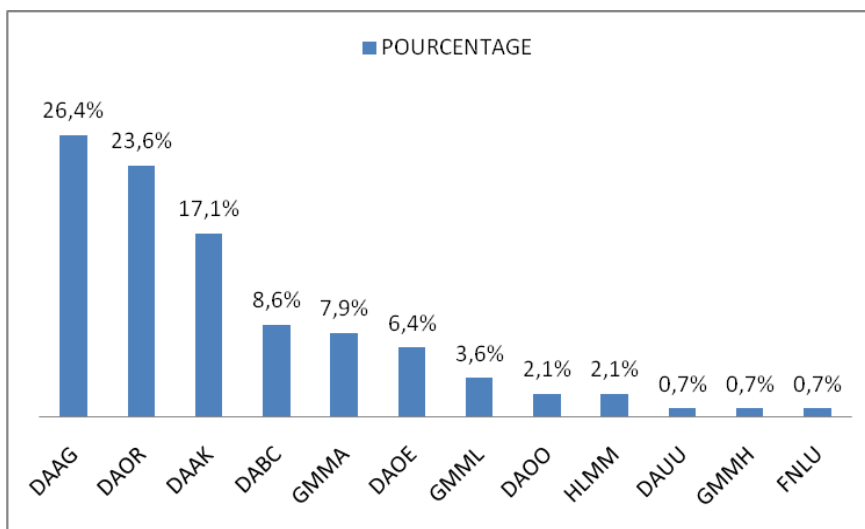


Figure IV.4: Le taux du flux des arrivées

A/D de destination	Nombre de vols	Pourcentage %
DAAG	37	25,0%
DAAK	28	18,9%
DAOR	22	14,9%
GMMA	15	10,1%
DAOE	14	9,5%
DABC	12	8,1%
DAOO	6	4,1%
GMML	5	3,4%
HLMM	3	2,0%
DAUL	1	0,7%
DAAV	1	0,7%
DAUU	1	0,7%
DAOI	1	0,7%
FNLU	1	0,7%
GMAM	1	0,7%
TOTAL	148	100,0%

Tableau IV.3: Flux du trafic de départ pour l'aérodrome de TINDOUF

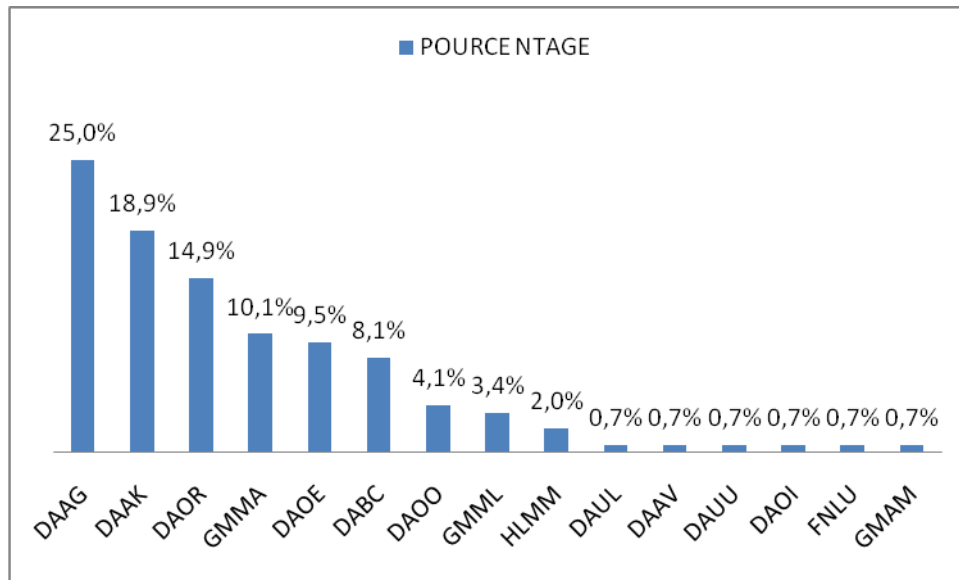


Figure IV.5 : Le taux du flux des départs

IV. 4.2. Flux du trafic

- Les axes d'arrivée

- DAAG – CELBA – CHE- TRB - BAY - BESBA – AGREB - BBS - HKI - DAOF
- DAOR – HKI - DAOF
- DAAK - TRB – BAY - BESBA – AGREB - BBS - HKI - DAOF
- DABC – BIS – DAYAT - GHA - MAZAR – AGREB – BBS – HKI - DAOF
- DAOE – BAY – BESBA – AGREB – BBS - HKI - DAOF
- DAUU – KEBRI – MNA - RIAME - MOUNA - BBS – HKI - DAOF
- DAOO - GOMRI - BESBA - AGREB - BBS - HKI - DAOF

- Les axes de départ

- DAOF - HKI - BBS – AGREB - BESBA - BAY - TRB – CHE – DAAG
- DAOF - HKI - BBS - AGREB - BESBA - BAY - TRB - DAAK
- DAOF - HKI - BBS - DAOR
- DAOF – HKI - BBS - AGREB - BESBA - BAY - MOS - DAOE
- DAOF - HKI - BBS - MEZAB – CHA – DAYA - BIS - DABC
- DAOF - HKI - BBS - AGREB - BESBA - BAY - DAOO
- DAOF - HKI - BBS - ANIEB - DAUL
- DAOF - HKI - BBS - AGREB - KAHIL – BSA – BJA - DAAV
- DAOF - REMLI - TIO - RIAME - MNA - SEORA - DAUU
- DAOF - HKI - BBS - AGREB - BESBA - BAY - TRB - DAOI

IV. 4.3. Interprétation des résultats

D'après les statistiques qui ont été faites; nous avons constaté que le trafic est dense du côté Nord-Est de l'aérodrome de TINDOUF avec 84 .9 % des aéronefs arrivant de HKI et 12.2% arrivent de MAROC. Pour les départs, le trafic est toujours dense du même coté avec 82 .5% pour HKI, 1% pour REMLI et 14.2% vers MAROC ; alors que le trafic très faible du côté des autres secteurs.

Chapitre V. Conception

V.1. PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME/ILS RWY 26R :

V.1.1. GENERALITES

V.1.1.1. Objet d'étude

Suite à l'installation d'un nouveau ILS pour la piste 26R afin d'avoir une bonne précision lors de l'atterrissage ; l'étude consiste en l'élaboration d'une procédure d'approche de précision basé sur le VOR/DME/ILS.

V.1.1.2. Données

- La longueur de la piste 26/08 est de : 3000 M ;
 - La procédure basée sur le QFU26R ;
 - Orientation de la piste : 263°/083° ;
 - Déclinaison magnétique : 4°W ;
 - L'altitude de l'aérodrome est de : 443M ;
 - L'altitude de THR 26R est de : 446.8M
 - Température de référence d'aérodrome : 35°
 - Catégorie d'aéronefs : A, B, C et D ;
 - Coordonnées du :
 - VOR/DME : 27 42 36.26N 008 07 51.20 W
 - ILS : LLZ : 27 41 50.4 N 008 12 1.2 E
- GP : 27 42 23.4 N 008 9 18.6 E

V.1.2. SECTORISATION

La sectorisation est choisie de manière à obtenir les altitudes minimales des secteurs les plus favorables ; cela ne doit pas conduire à une multiplication des secteurs, on doit :

- 1) Tracer sur le point de ralliement (VOR) un cercle de 25 Nm avec une zone tampon de 5 Nm ;
- 2) Tracer sur le point de ralliement un cercle de 5Nm ;
- 3) Evaluer le nombre de secteurs nécessaire ;
- 4) Repérer les obstacles les plus pénalisants ;
- 5) Vérifier qu'aucun obstacle plus élevé ne se trouve dans le cercle de 5Nm autour de chaque secteur

- 6) Déduire le QDM associés à chaque secteur
- 7) Calculer l'altitude minimale de survol de chaque secteur.

L'altitude minimale (ALT MIN) du secteur est égale à :
 « **Altitude de l'obstacle le plus pénalisant + MFO** »
 MFO = 300 m, et l'ATL MIN est arrondie à 50 m

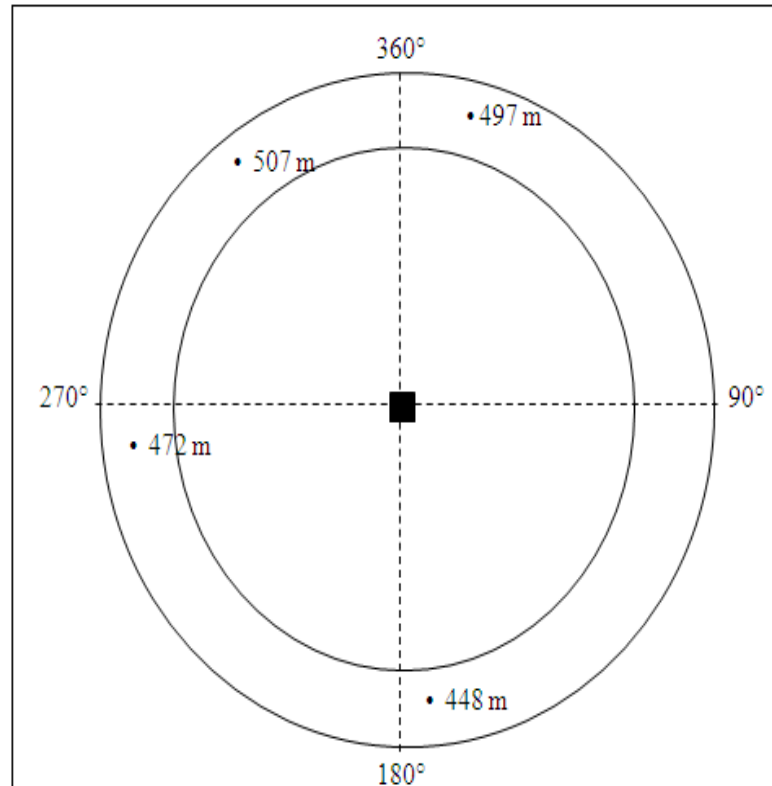


Figure V.1 : La sectorisation

- **Calcule des altitudes minimales**

- Secteur 1 (90°/180°) : Alt min = 448 + 300 = 748M. arrondis à 750 M ;
- Secteur 2 (180°/270°) : Alt min = 472 + 300 = 772M. arrondis à 800 M ;
- Secteur 3 (270°/360°) : Alt min = 507 + 300 = 807M. arrondis à 850M.
- Secteur 4 (360°/90°) : Alt min = 497+ 300 = 797M. arrondis à 800M.

On a un seul secteur avec l'altitude minimale égale à 1100M.

Note :

A cause des minima opérationnels on a augmenté l'altitude de secteur à 1100 m.

V.1.3. PROCEDURE D'ATTENTE

V.1.3.1. L'emplacement de l'attente

Pour justifier notre choix sur l'emplacement de l'attente on s'est basé sur des critères essentielles pour la réalisation d'une attente ; à savoir le flux du trafic aérien, aspect facilité, seuil d'atterrissage. Ce qui nous impose une attente basée sur une verticale installation VOR /DME (TDF). Ceci facilite les arrivées et permet une bonne fluidité du trafic aérien.

V.1.3.2. Paramètre d'attente

- Vitesse indiquée $V_i = 230$ kt
- Altitude pression : $ZP_{max} = 8000$ ft
- Température : ISA + 20°
- Temps de l'attente : 1 min
- Echelle : 1/200000

V.1.3.3. Tracé de l'aire de protection de l'attente

La construction manuelle d'une aire d'attente ou d'une procédure en hippodrome se fait en deux étapes :

Etape 01 : consiste à construire un gabarit d'aire d'attente ou à en choisir un pré-calculé pour la vitesse et l'altitude appropriées.

Etape 02 : consiste à dessiner 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.

❖ CONSTRUCTION DU GABARIT

- Les paramètres utilisés dans la construction du gabarit figurant dans le tableau suivant :

<u>Données</u>	
V_i	230 kt
Altitude	8 000 ft
T	1min
Température	ISA + 20 °C

Paramètre	Formule	Valeur
K	Facteur de conversion K	1.1686
V	Vitesse propre $V = K * V_i$ (Kt)	268.786

v	$v = V/3600$ (NM/s)	0.075
R	$R = 509.26/V_p$ (°/s)	1.895
R	Rayon de virage: $r = V_p / 62.83 * R$ (NM)	2.258
H	Altitude (en milliers de pieds) : h	8
W	Vitesse du Vent: $W = 2 * h + 47$ (NM/h)	63
W'	$W' = W/3600$ (NM/s)	0.018
E45	$E45 = 45W'/R$ (NM)	0.416
T	$t = 60T$ (s)	60
L	Longueur du parcours d'éloignement : $L = v * t$ (NM)	5.000
Ab	$ab = 5 * v$ (NM)	0.373
Ac	$ac = 11 * v$ (NM)	0.821
gi1=gi3	$gi1 = gi3 = (t - 5) * v$ (NM)	4.106
gi2=gi4	$gi2 = gi4 = (t + 21) * v$ (NM)	6.048
Wb	$Wb = 5 * W'$ (NM)	0.088
Wc	$Wc = 11W'$ (NM)	0.193
Wd	$Wd = Wc + E45$ (NM)	0.608
We	$We = Wc + 2 * E45$ (NM)	1.024
Wf	$Wf = Wc + 3E45$ (NM)	1.439
Wg	$Wg = Wc + 4 * E45$ (NM)	1.855
Wh	$Wh = Wb + 4 * E45$ (NM)	1.750
Wo	$Wo = Wb + 5 * E45$ (NM)	2.166
Wp	$Wp = Wb + 6E45$ (NM)	2.581
Wi1=Wi3	$Wi1 = Wi3 = (t + 6) * W' + 4 * E45$ (NM)	2.818
Wi2=Wi4	$Wi2 = Wi4 = Wi1 + 14W$ (NM)	3.063

Wj	$W_j = W_i^2 + 3 \cdot E_{45}$ (NM)	3.478
Wk	$W_k = W_l = W_i^2 + 2 \cdot E_{45}$ (NM)	3.894
Wm	$W_m = W_i^2 + 3 \cdot E_{45}$ (NM)	4.309
Wn3	$W_{n3} = W_{i1} + 4 \cdot E_{45}$ (NM)	4.480
Wn4	$W_{n4} = W_i^2 + 4 \cdot E_{45}$ (NM)	4.725
Xe	$X_e = 2 \cdot r + (t+15) \cdot v + (t+26+195/R) \cdot W'$ (NM)	13.422
Ye	$Y_e = 11 \cdot v \cdot \cos(20^\circ) + r \cdot (1 + \sin(20^\circ)) + (t+15) \cdot v \cdot \tan(5^\circ) + (t+26+125/R) \cdot W'$ (NM)	6.951

Tableau V.1 : Calculs associés à la construction de gabarit d'attente [2]

- Une fois que les calculs indiqués au tableau sont terminés, le gabarit est établi comme suit :

✓ **Tracé du circuit nominal d'attente**

A partir des éléments de protection de l'attente :

- vitesse indiquée maximale,
- altitude pression maximale,
- temps d'éloignement (T).

Le circuit nominal d'attente est tracé. (r est le rayon de virage).

Le point de référence du gabarit correspondant au repère d'attente est désigné par le symbole « a ».

✓ **Influence des tolérances de navigation**

→ **Virage d'éloignement**

A partir de « a », porter « b » à 5 s de vol de « a » (délai de mise en virage) et « c » à 11 s de vol de « a » (délai de perception du repère : 6 s + délai de mise en virage : 5 s). Tracer un arc de 180°, de rayon « r », tangent à l'axe de la procédure en « c », qui représente le virage d'éloignement aval sans vent. Marquer les points « d », « e », « f » et « g » sur cet arc après 45°, 90°, 135° et 180° de virage.

→ **Virage de plus de 180°**

Tracer un arc de 270°, de rayon « r », tangent à l'axe de la procédure en « b », qui représente le virage d'éloignement amont sans vent. Marquer les points « h », « o » et « p » sur cet arc après 180°, 225° et 270° de virage.

→ **Branche d'éloignement**

Tracer, à partir de « g », deux demi-droites à 5° de part et d'autre de la branche d'éloignement (erreur de tenue de cap). L'éloignement se termine et le virage de rapprochement commence dans la zone délimitée par les points « i1 », « i2 », « i3 » et « i4 » portés sur ces demi-droites.

Les points « i1 » et « i3 » sont placés à T-10s (erreur de minutage sur l'éloignement) + 5 s (délai de mise en virage) de « g ». Les points « i2 » et « i4 » sont placés à T + 10 s + 5 s de « h » (ou T + 10 + 5 + 6) de « g ».

→ Virage de rapprochement

En prenant pour centre un point situé à la distance « r » au-dessous de « i2 », sur la perpendiculaire au parcours d'éloignement nominal, tracer un arc de 180°, de rayon « r », commençant en « i2 » et finissant en « n 2 ». Marquer

Les points « j » et « k » sur cet arc après 45° et 90° de virage. Tracer l'arc correspondant commençant en « i4 » et finissant en « n4 ». Marquer les points « l » et « m » sur cet arc après 90° et 135° de virage. La fin du virage de rapprochement sans vent se trouve dans l'aire « n 1 », « n2 », « n3 », « n4 », déduite de « i1 », « i2 », « i3 », « i4 » par une translation égale au diamètre du virage nominal.

→ Influence du vent

L'effet du vent est calculé pour chaque point en multipliant la vitesse du vent par le temps de vol de « a » au point en question. Influence du vent au cours de l'éloignement : tracer les arcs de centres : « b », « c », « d », « e » et « f » et de rayons « wb », « wc », « wd », « we » et « wf ». L'aire contenant la fin du virage d'éloignement est déterminée par deux arcs de centres « g » et « h » et de rayons « wg » et « wh » et par leurs tangentes communes. L'aire contenant le début du virage de rapprochement est déterminée par les arcs de centres « i1 », « i2 », « i3 » et « i4 » et de rayons « wi1 », « wi2 », « wi3 », « wi4 » et par leurs tangentes communes. Influence du vent au cours du virage de rapprochement : tracer les arcs de centres : « j », « k », « l », « m », « n4 », « n3 » et de rayons « w"j », « wk », « wl », « wm », « wn4 », « wn3 ». Tracer les arcs de centres « o » et « p » et de rayons « wo » et « wp ».

✓ Tracé final du gabarit

Le contour du gabarit se compose de :

- (1) L'enveloppe des spirales des arcs centrés en « c », « d », « e », « f » et « g ».
- (2) L'arc centré en « i1 » et la tangente commune à cet arc et l'enveloppe (1).
- (3) La tangentes communes aux arcs centrés en « i1 » et « i2 ».
- (4) L'enveloppe spirale des arcs centrés en « i2 », « j » et « k ». L'enveloppe spirale des arcs centrés en « l », « m », « n4 » et leurs tangentes communes
- (5) La tangente à l'arc centré en « n3 » et « n4 » et leur tangente communes

→ Protection d'un virage de plus de 180°

La spirale (1) complétée par la spirale enveloppe des cercles centrés en « h », « o », « p » de rayons « wh », « wo », « wp », représente la protection d'un virage de plus de 180°.

→ Ligne "3"

La limite du parcours d'éloignement, en supposant une dérive maximale du côté opposé à l'attente est représentée par la tangente aux zones de fin de virage d'éloignement (arc de cercle centré en « g » de rayon « wg ») et d'éloignement (arc de cercle centré en « i3 »). Cette ligne est dénommée ligne « 3 » sur la figure représentant le gabarit.

→ Point E

Le point « E » sert de référence pour le tracé des protections des procédures d'entrée pour les attentes VOR, NDB, intersection de rayons VOR. La position de ce point est déterminée par la distance « DXE » par rapport à la position extrême de la limite du gabarit dans la direction C et par la distance « DYE » par rapport à la position extrême de la limite du gabarit dans la direction D.

→ **Point R**

Le point « R » est utilisé comme point de référence pour le tracé du radial de garde, lorsque celui-ci est nécessaire pour les attentes VOR /DME en éloignement. Dans la construction du gabarit, une ligne issue de l'intersection de l'axe C avec la limite du gabarit tangente l'aire de fin de virage d'éloignement (cercle centré en « h » de rayon « wh ») en « R ».

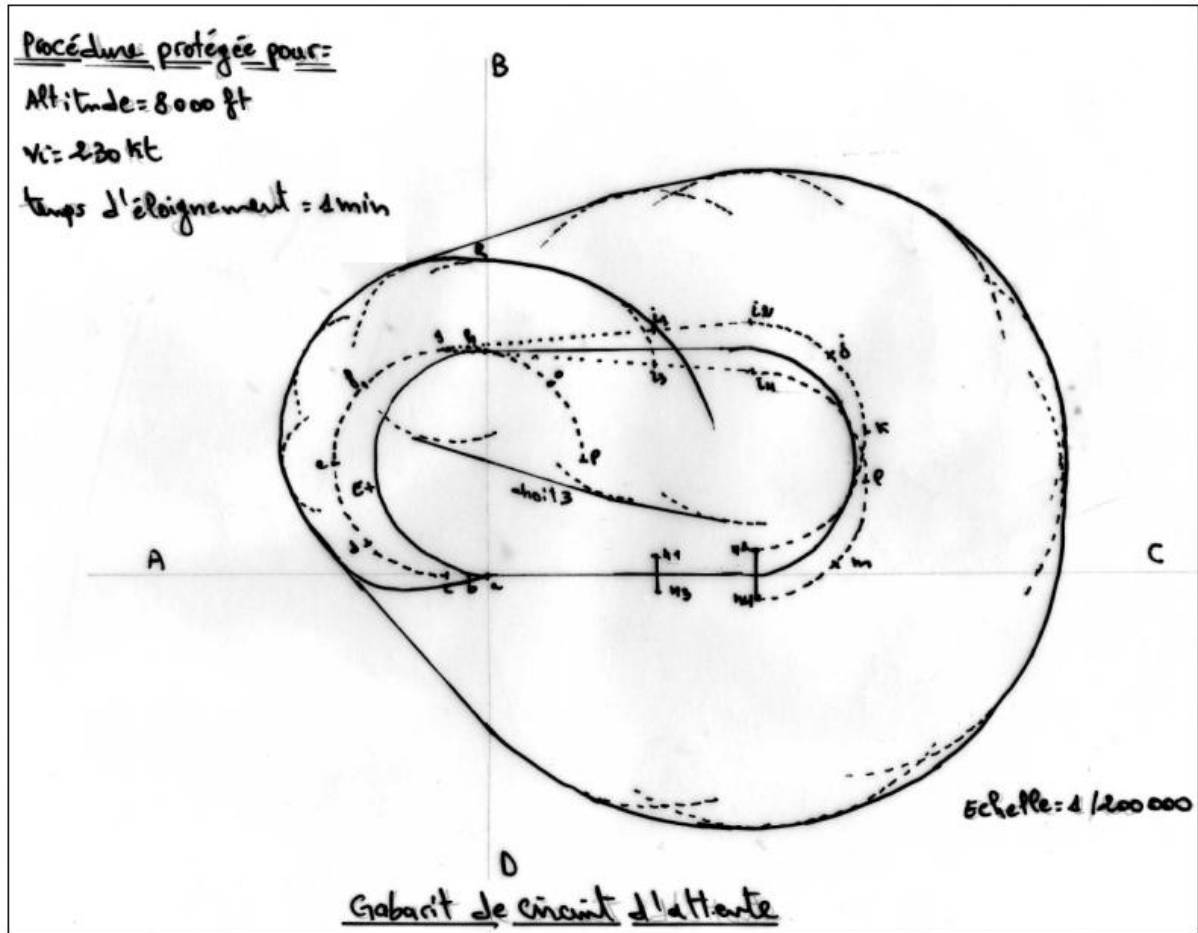


Figure V.2 : Gabarit de circuit d'attente

❖ AIRE DE TOLERANCE DE REPERE DE POSITION VOR

Tolérance du repère VOR	
$Z_v = 0.164h * T_g \alpha$ (Nm)	1.56
$Q_v = 0.33 * h$ (Nm)	0.26

Tableau V.2 : Calculs associés à la construction de l'aire de tolérance du repère de position VOR [2]

- (1) Tracer un cercle en prenant pour centre le VOR et pour rayon « Z_v »
- (2) Tracer deux lignes faisant un angle de 5° avec la normale à la trajectoire de rapprochement
- (3) Tracer deux droites formant un angle de 5° avec les précédents aux points « N2 » et « N4 »
- (4) Marquer les points « N1 » et « N3 » aux intersections des droites définies en (3) et de cercle défini en (1)

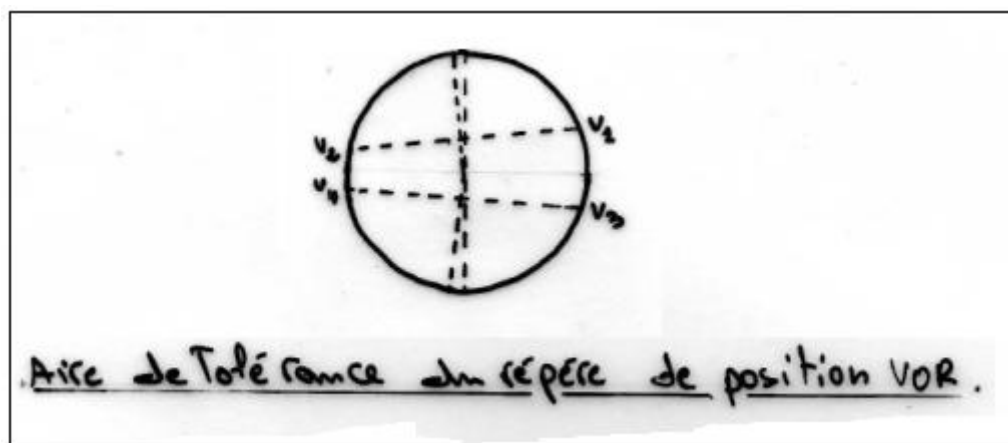


Figure V.3 : Aire de tolérance du repère de position VOR

❖ CONSTRUCTION DE L'AIRE DE PROTECTION DE CIRCUIT D'ATTENTE

✓ Aire de base

Tracer l'axe de rapprochement de l'attente, placer le point nominal d'attente « A ».
Tracer autour de « A », la zone d'incertitude de verticale associée au moyen « A1 », « A2 », « A3 », « A4 ». L'axe du gabarit étant parallèle à l'axe de rapprochement de l'attente, placer le point a du gabarit successivement en « A1 », « A2 », « A3 » et « A4 » et reporter à chaque fois la partie la plus pénalisante de la limite extérieure du gabarit. Relier ensuite les courbes extérieures (1, 2, 3, 4) par leurs tangentes communes.

✓ Aires de protection associées aux entrées

→ Protection des entrées de secteur 3 du côté de l'attente

Tracer une droite passant par « A » et faisant un angle de 70° avec l'axe de rapprochement de l'attente (cette droite représente la limite des secteurs 1 et 3).

Tracer l'aire d'incertitude de verticale associée au moyen et orientée sur l'entrée à 70°

(E1, E2, E3, E4). L'axe du gabarit étant maintenu parallèle à cette droite, placer successivement le point « a » du gabarit en « E1 » et « E3 » et reporter à chaque fois la partie la plus pénalisante de la protection du virage de plus de 180° (courbes 6 et 7). Tracer ensuite un arc de cercle de centre « A », tangent à la courbe précédente jusqu'à la rencontre de l'aire de base. Retourner le gabarit et de la même manière que précédemment, tracer les courbes symétriques des courbes « 6 » et « 7 » par rapport à la droite à 70° .

→ **Protection des entrées de secteur 1, 2 et secteur 3 du côté opposé à l'attente**

Tracer le cercle de centre « A » passant par « A1 ».

L'axe du gabarit étant parallèle à l'axe de rapprochement de l'attente, déplacer le point « E » le long de ce cercle et tracer la courbe « 5 », enveloppe de la limite extérieure du gabarit, au cours de ce déplacement.

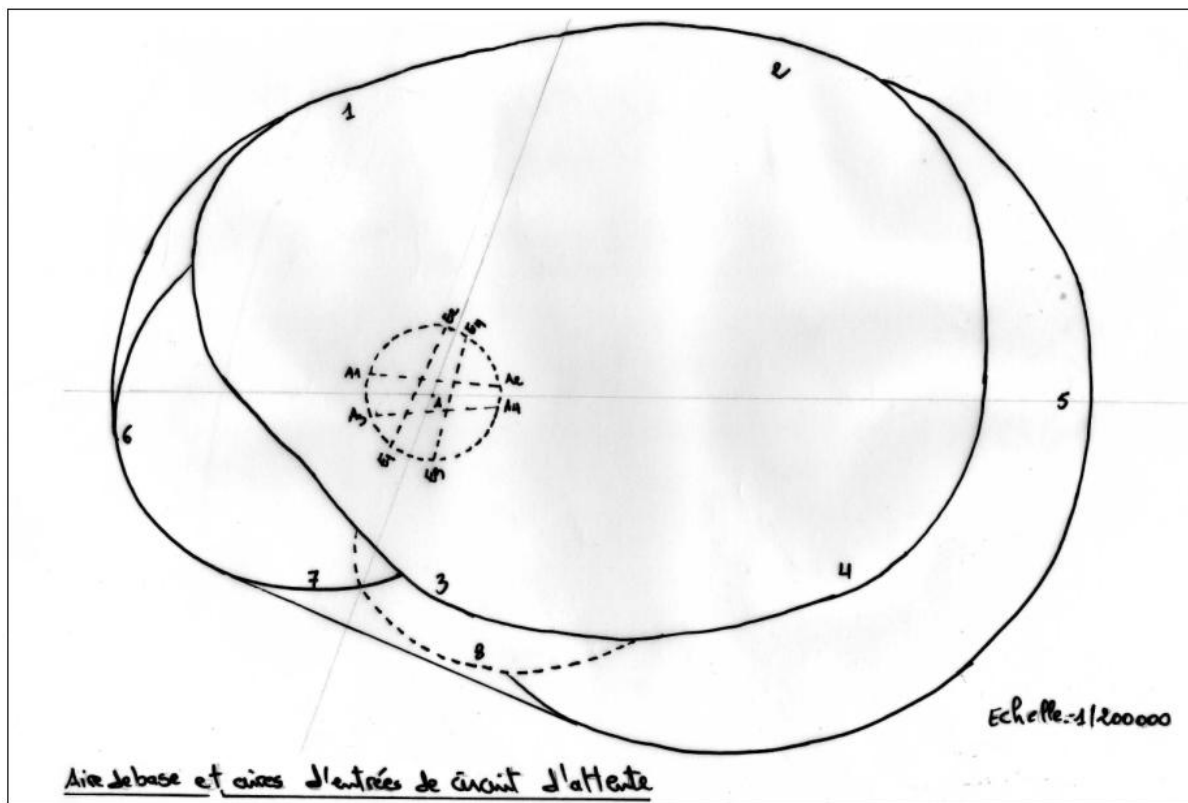


Figure V.4 : Aire de base et aire d'entrée de circuit d'attente

→ Les Zones tampons

Une zone tampon de 5NM est ajoutée autour de l'aire de base.

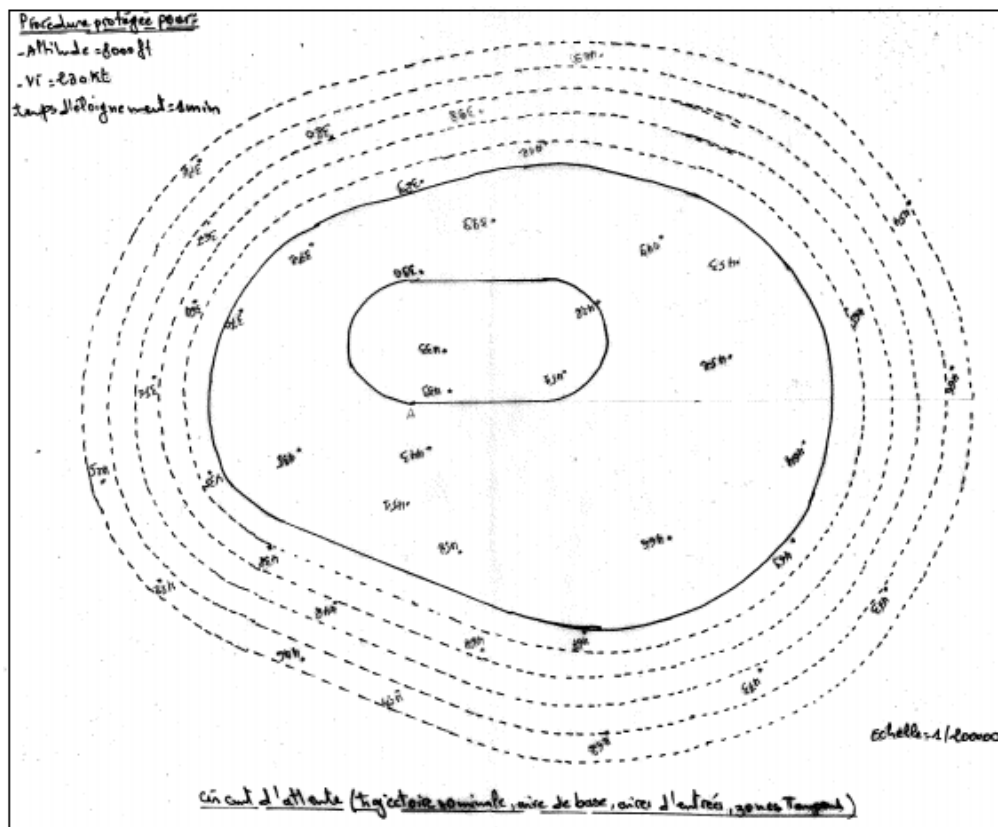


Figure V.5 : Aires de protection de circuit d'attente

V.1.3.4. Détermination de l'orientation de l'attente

L'attente est orienté selon l'orientation de la piste car on n'a pas des obstacles qui perce et pour faciliter les manœuvres d'effectué le virage conventionnel par la suite de la procédure.

V.1.3.5. Altitude minimales d'attente

L'altitude minimale d'attente dépend des obstacles qui se trouvent dans l'aire de base et les cinq zones tampon.

Donc on a calculé l'altitude minimale de la manière suivante:

→ Air de base : ALT 1 = ALT obst . pénalisant +100% MFO

$$= 466 + 300 = 766 \text{ m}$$

→ Zone tampon 1 : ALT 2 = ALT obst. pénalisant +100% MFO

$$= 467 + 300 = 767 \text{ m}$$

→ Zone tampon 2 : ALT 3 = ALT obst. pénalisant +50% MFO

$$= 464 + 150 = 614 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Zone tampon 3 : ALT4} &= \text{ALT obst. pénalisant +40\% MFO} \\ &= 448 + 120 = 568 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Zone tampon 4 : ALT 5} &= \text{ALT obst. pénalisant +30\% MFO} \\ &= 473 + 90 = 563 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Zone tampon 5 : ALT 6} &= \text{ALT obst. pénalisant +20\% MFO} \\ &= 468 + 60 = 528 \text{ m} \end{aligned}$$

D'où :

$$\begin{aligned} \text{ALT min. attente} &= \max (\text{ALT1}, \text{ALT2}, \text{ALT3}, \text{ALT4}, \text{ALT5}, \text{ALT6}) \\ &= \max (766, 767, 614, 568, 563, 528) \\ &= 767 \text{ m arrondis à } 800 \text{ m} \end{aligned}$$

NB : A cause des minima opérationnels on a augmenté l'altitude minimale de secteur et l'altitude minimale d'attente à 1100m.

V.1.3.6. Nombre de niveaux d'attente

L'attente est définie par les paramètres suivants :

- Altitude maximale de protection $ZP_{\max} = 8000 \text{ ft QNH}$
- Altitude minimale d'attente = 3600 ft QNH
- Altitude de transition TA = 4378.8 ft QNH .arrondis à 4500 ft
- QNH MIN = 960 Hpa

Liste des niveaux d'attente utilisables depuis le plus bas vers le plus haut :

- **Premier niveau d'attente N1** : (altitude minimale d'attente) est égale à 4000 ft QNH
- **Deuxième niveau d'attente N2** :

Le 2^{ème} niveau d'attente N2 devrait être égale à 5000ft QNH, mais cela est impossible car il est supérieur à TA et doit être exprimé en FL (1013 Hps).

Calcul de l'écart vertical entre 1013 Hps et QNH MIN

$$(1013 - 960) \times 28 = 1484 \text{ ft}$$

$$N3 = 4000 + 1484 = 5484 \text{ ft (1013 Hps)}$$

Le 2^{ème} niveau d'attente doit être un FL multiple de 10, donc FL 60.

- **Le troisième niveau d'attente N3** : est égale à FL 70.
- **Le quatrième niveau d'attente N4** : est égale à FL 80.

Les quatre niveaux minimum utilisables sont bien compatibles avec l'altitude maximale de protection de 8000 ft.

V.1.4. SEGMENT D'APPROCHE INITIALE

Le segment d'approche initiale commence à l'IAF défini par la verticale de l'installation VOR/DME, tel que l'aéronef quitte l'attente et amorce sa descente en suivant la radiale du virage conventionnel.

V.1.4.1. Aire de protection de virage conventionnel

Il se fait en deux étapes :

Etape01 : Construction du gabarit de virage conventionnel 45°/180°, qui tient compte de tous les facteurs qui peuvent amener un aéronef à s'écarter de sa trajectoire nominal, sauf ceux qui définissent l'aire de tolérance du début du virage d'éloignement.

Etape 02 : tracé de l'aire de protection du virage conventionnel; Dessiner l'aire de protection du virage conventionnel en déplaçant l'origine du gabarit le long du périmètre de l'aire de tolérance du début du virage d'éloignement.

❖ CONSTRUCTION DU GABARIT POUR LE VIRAGE CONVENTIONNEL DE 45°/180°

• Les paramètres utilisés dans la construction du gabarit figurant dans le tableau suivant :

- **Calculs associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 45°/180° pour catégorie C/D :**

<u>Données</u>	
Vi	185 kt
Altitude	3600 ft
T	1.25min
Température	ISA + 20 °C

Paramètre	Formule	Valeur
K	Facteur de conversion K	1.0917
V	Vitesse propre $V = K * Vi$ (Kt)	201.97
v	$v = V/3600$ (NM/s)	0.056
R	$R = 509.26 / Vp$ (°/s)	2.52
R	Rayon de virage: $r = Vp / 62.83 * R$ (NM)	1.27
H	Altitude (en milliers de pieds) : h	3.6
W	Vitesse du Vent: $W = 2 * h + 47$ (NM/h)	54.2
W'	$W' = W/3600$ (NM/s)	0.015
E	$E = W' / R$ (NM)	0.0059

T	$t = 60 \cdot T$	75
L	$L = v \cdot t$	4.2
ab	$ab = 5 \cdot v$ (NM)	0.28
Cd	$ac = (t - 5 - 45/R) \cdot v$ (NM)	2.92
cd1=cd3	$cd1 = cd3 = cd - 5 \cdot v$ (NM)	2.64
cd2=cd4	$cd2 = cd4 = cd + 15 \cdot v$ (NM)	3.76
Wc	$Wb = 5 \cdot W' + 45 \cdot E$ (NM)	0.34
Wd2=Wd4	$Wd2 = Wd4 = (t + 15) \cdot W'$ (NM)	1.35
Wf	$Wf = Wd2 + 50 \cdot E$ (NM)	1.64
Wg=Wh	$Wg = Wh = Wd2 + 100 \cdot E$ (NM)	1.94
Wi	$Wi = Wd2 + 150 \cdot E$ (NM)	2.23
Wj	$Wj = Wd2 + 200 \cdot E$ (NM)	2.53
Wk	$Wk = (t - 5) \cdot W' + 200 \cdot E$ (NM)	2.23
Wl	$Wl = Wk + 50 \cdot E$ (NM)	2.52

Tableau V.3: Calculs associés à la construction de gabarit de virage conventionnel 45°/180° pour catégorie C/D [2]

- **Calculs associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 45°/180° pour catégorie A/B :**

<u>Données</u>	
Vi	140 kt
Altitude	3600 ft
T	1min
Température	ISA + 20 °C

Paramètre	Formule	Valeur
K	Facteur de conversion K	1.0917

V	Vitesse propre $V = K * V_i$ (Kt)	152.83
v	$v = V/3600$ (NM/s)	0.042
R	$R = 509.26 / V_p$ (°/s)	3
r	Rayon de virage: $r = V_p / 62.83 * R$ (NM)	0.81
H	Altitude (en milliers de pieds) : h	3.6
W	Vitesse du Vent: $W = 2 * h + 47$ (NM/h)	54.2
W'	$W' = W/3600$ (NM/s)	0.015
E	$E = W' / R$ (NM)	0.005
t	$t = 60 * T$	60
L	$L = v * t$	2.52
ab	$ab = 5 * v$ (NM)	0.21
cd	$ac = (t - 5 - 45/R) * v$ (NM)	1.68
cd1=cd3	$cd1 = cd3 = cd - 5 * v$ (NM)	1.47
cd2=cd4	$cd2 = cd4 = cd + 15 * v$ (NM)	2.31
Wc	$Wb = 5 * W' + 45 * E$ (NM)	0.3
Wd2=Wd4	$Wd2 = Wd4 = (t + 15) * W'$ (NM)	1.12
Wf	$Wf = Wd2 + 50 * E$ (NM)	1.37
Wg=Wh	$Wg = Wh = Wd2 + 100 * E$ (NM)	1.62
Wi	$Wi = Wd2 + 150 * E$ (NM)	1.87
Wj	$Wj = Wd2 + 200 * E$ (NM)	2.12
Wk	$Wk = (t - 5) * W' + 200 * E$ (NM)	1.82
Wl	$Wl = Wk + 50 * E$ (NM)	2.07

Tableau V.4 : Calculs associés à la construction de gabarit de virage conventionnel 45°/180° pour catégorie A/B [2]

- Une fois que les calculs indiqués au tableau sont terminés, le gabarit est établi comme suit :

✓ Trajectoire nominale

Tracer une ligne représentant l'axe de la procédure (trajectoire de rapprochement) et placer dessus les points « a » et « b ». Sur la perpendiculaire à « ab » passant par « b », tracer le virage d'éloignement nominale de 45° jusqu'en « c ». Tracer entre « c » et « d » le parcours d'éloignement nominal, et à partir de « d » le virage de rapprochement nominal de 180°

✓ Influence de tolérance technique de vol

De « c », tracer l'axe nominal d'éloignement formant un angle de 45° avec l'axe de rapprochement et deux lignes à 5° de part et d'autre. Placer les points « d1 », « d2 », « d3 » et « d4 » sur ces lignes. Placer le point « e2 » à une distance « r » de « d2 » et le point « e4 » à une distance « r » de « d4 », sur la perpendiculaire à l'axe d'éloignement (ligne passant par d2 et d4). Placer le point « e3 » à une distance « r » de « d3 » sur la perpendiculaire à l'axe nominal d'éloignement (ligne passant par d1 et d3). En prenant pour centre le point « e2 » à la distance « r » de « d2 » sur la perpendiculaire au parcours d'éloignement nominal tracer le virage de rapprochement de rayon « r » commençant en « d2 » marquer les points « f » et « g » sur cet arc à 50° et 100° de « d2 ». En prenant pour centre les points « e3 » et « e4 » tracer les arcs correspondants commençant en « d3 » et « d4 ». Marquer les points « h », « i » et « j » à 100° ; 150° et 200° de « d4 » et les points « k » et « l » à 200° et 250° de « d3 »

✓ Trace de contour du gabarit

Le contour du gabarit se compose de :

- (1) la tangente passant par a à l'arc centré en « c »
- (2) la tangente commune aux arcs centrés en « c » et « d2 »
- (3) l'enveloppe spirale des arcs centrés en « d2 », « f » et « g »
- (4) l'enveloppe spirale des arcs centrés en « h », « i » et « j »
- (5) l'enveloppe spirale des arcs centrés en « k » et « l »
- (6) la tangente commune aux spirales (3) et (4)
- (7) la tangente commune aux spirales (4) et (5)
- (8) la tangente passant par a à La spirale (5)

✓ Influence du vent

L'effet du vent est calculé pour chaque point en multipliant la vitesse du vent « w » par le temps de vol depuis le point « a », au début du virage ; Tracer les arcs de centres « d2 », « f », « g », « h », « i », « j », « k », « l » et « m », et de rayon « $Wd2$ », « Wg », « Wh », « Wi », « Wj », « Wk », « Wl » et « Wm »

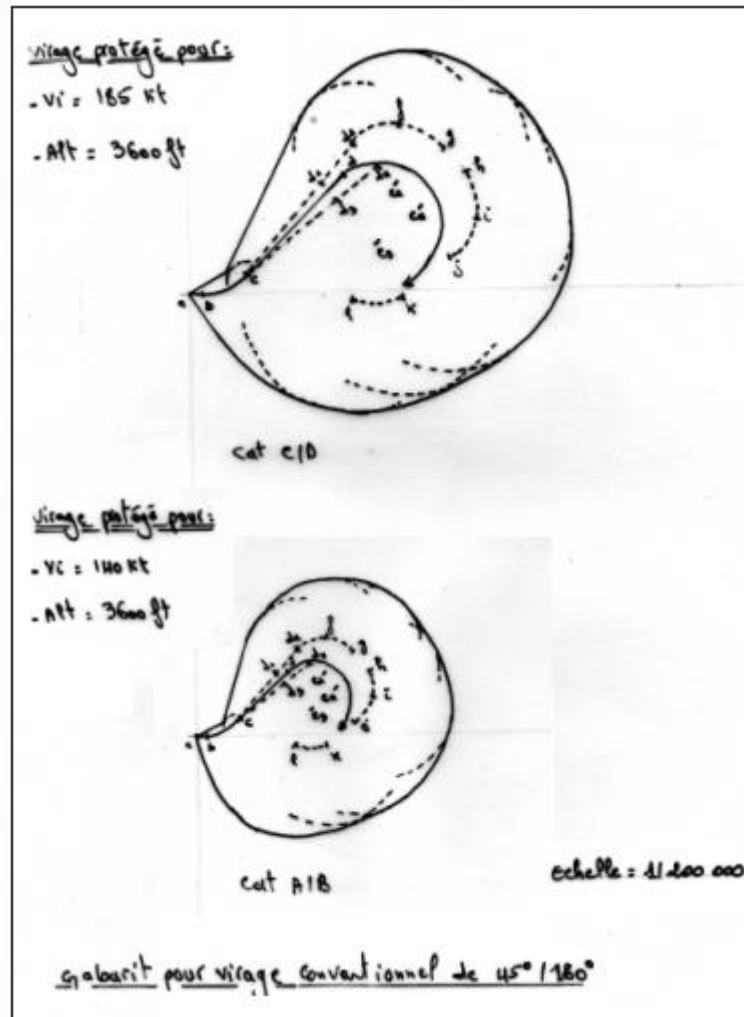


Figure V.6 : Gabarit de virage conventionnel de 45°/180°

❖ TRACE DE L'AIRE DE PROTECTION DU VIRAGE CONVENTIONNEL

✓ Aire de tolérance de début de virage d'éloignement

A partir de point « O » représenter l'installation, tracer la radiale de la procédure et ces deux droites de protection ces droites font un angle de 5.2°

Marquer le point « A » qui est le point nominal ou commence le virage d'éloignement

Selon le type d'installation qui se trouve en « O » et éventuellement en « A » tracer l'aire de tolérance du point « A » délimité par les points « A1 », « A2 », « A3 », « A4 » .

• Calculs utilisés pour le dessin de l'aire de tolérance de début de virage d'éloignement pour CAT C/D :

- $OA = D = 3.8 \text{ Nm}$
- $d1 = 0.25 \text{ Nm} + 0.0125 \text{ D}$
 $= 0.25 + 0.0125 \times 3.8$
 $= 0.29 \text{ Nm}$
- $OA1 = OA3 = D - d1$
 $= 3.8 - 0.29$
 $= 3.51 \text{ Nm}$

- $O\hat{A}_2 = O\hat{A}_4 = D + d1$
 $= 3.8 + 0.29$
 $= 4.09 \text{ Nm}$
- $A_2 \hat{A}_2 = A_4 \hat{A}_4 = 6 (v + \dot{w})$
 $= 6 (0.056 + 0.015)$
 $= 0.42 \text{ Nm}$

• **Calculs utilisés pour le dessin de l'aire de tolérance de début de virage d'éloignement pour CAT A/B :**

- $OA = D = 5.48 \text{ Nm}$
- $d1 = 0.25 \text{ Nm} + 0.0125 D$
 $= 0.25 + 0.0125 \times 5.48$
 $= 0.31 \text{ Nm}$
- $OA1 = OA3 = D - d1$
 $= 5.48 - 0.31$
 $= 5.17 \text{ Nm}$
- $O\hat{A}_2 = O\hat{A}_4 = D + d1$
 $= 5.48 + 0.31$
 $= 5.79 \text{ Nm}$
- $A_2 \hat{A}_2 = A_4 \hat{A}_4 = 6 (v + \dot{w})$
 $= 6 (0.042 + 0.015)$
 $= 0.34 \text{ Nm}$

Avec : v et \dot{w} donnée tirées du tableau précédant

D : distance DME spécifié

d1 : représente la tolérance qui s'applique à cette distance DME

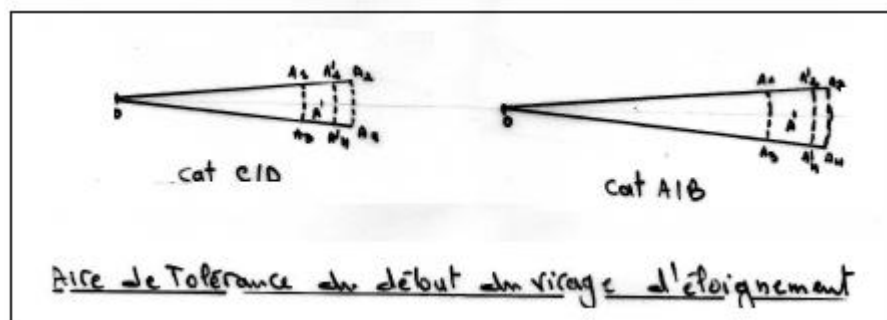


Figure V.7: Aire de tolérance du début du virage d'éloignement

✓ **Aire primaire**

1. Placer le point « a » du gabarit sur « A1 » avec l'axe de la procédure parallèle à la trajectoire de rapprochement et tracer la courbe « 1 » qui est une partie du périmètre de gabarit.
2. De la même, placer le point « a » du gabarit successivement sur « A2 », « A3 » et « A4 ».

- Tracer les tangentes communes aux courbes « 1 », « 2 », « 3 » et « 4 », la tangente passant « O » à la courbe « 1 » et la tangente passant par « O » à la courbe « 3 ». voir figure V.8

✓ **Aire secondaire**

Tracer la limite de l'aire secondaire à une distance de 4.6 km (2.5 Nm) du périmètre de l'aire primaire. Concernant l'interface entre l'aire du segment d'approche initial et les aire de virage conventionnel, l'aire primaire du segment d'approche initial se situe à 4.6 Km (2.5 Nm) de la trajectoire nominale, sera confondue avec l'aire primaire de la procédure de virage conventionnel. Les aires secondaires des deux phases de la procédure seront confondues de manière qu'une largeur constante de 4.6 km (2.5 Nm) soit respectée.

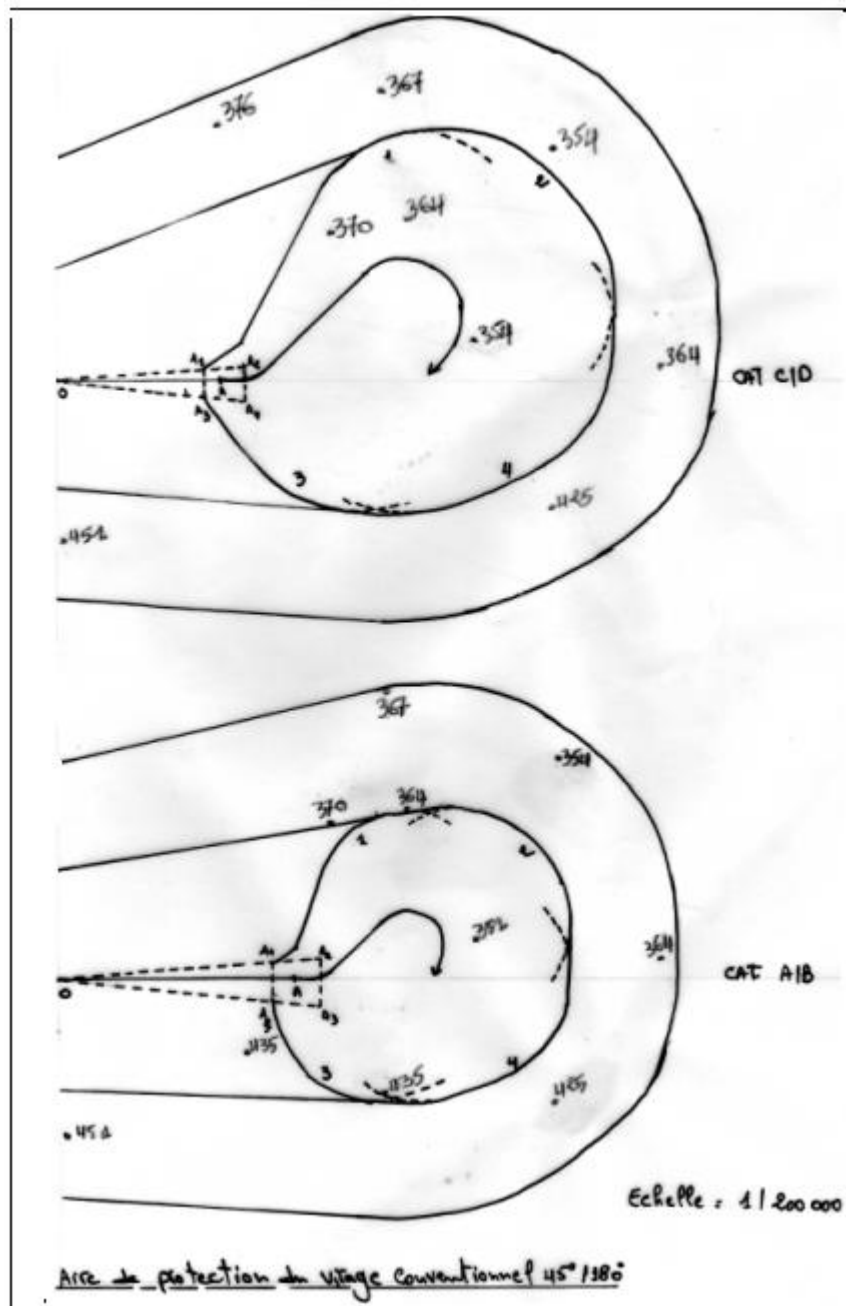


Figure V.8 : Aires de protection du virage conventionnel

V.1.4.2. Altitude minimales de la phase initiale

L'altitude minimale de segment d'approche initial dépend des obstacles qui se trouvent dans l'aire primaire et l'aire secondaire. Donc on a calculé l'altitude minimale de la manière suivante:

✓ **Aire Primaire**

ALT min = ALT obst. Pénalisant +MFO

ALTmin= 435+300 = 735 m

✓ **Aire secondaire**

ALT min = ALT obst. Pénalisant +MFO

Pour chaque obstacle on doit calculer la MFO correspondante en appliquant la formule

$$MFO_s = MFO_p (1 - D/W_s)$$

Ws : largeur de l'aire secondaire

D : distance entre l'obstacle et le bord de l'aire primaire

MFO= 300(1-2/4.6) = 169 .56

ALT min = ALT obst. Pénalisant +MFO

ALTmin= 451+169.56 = 620.56 m

D'où: ALT min. initiale = 735 m arrondis a 750 m

V.1.5. SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE

Le segment d'approche intermédiaire commence à la fin du virage d'éloignement qui est en palier (3 Nm) et prend fin au FAP a une altitude de 750 m. Le segment d'approche intermédiaire pour ILS diffère des critères généraux du fait que l'alignement coïncide avec l'axe l'alignement de piste. La distance entre les points d'interception de l'alignement de piste et d'interception de l'alignement de descente devrait être suffisante pour permettre à l'aéronef de se stabiliser et de s'établir sur l'alignement de piste avant d'intercepter l'alignement de descente. La largeur totale au début du segment d'approche intermédiaire est défini par la largeur totale finale du segment d'approche initiale et se rétrécit graduellement pour coïncider avec les distances horizontales entre les surfaces X d' OAS. Pour les besoins du franchissement d'obstacles, le segment d'approche intermédiaire est divisé en une aire primaire délimitée de part et d'autre par une aire secondaire

❖ AIRE DE PROTECTION

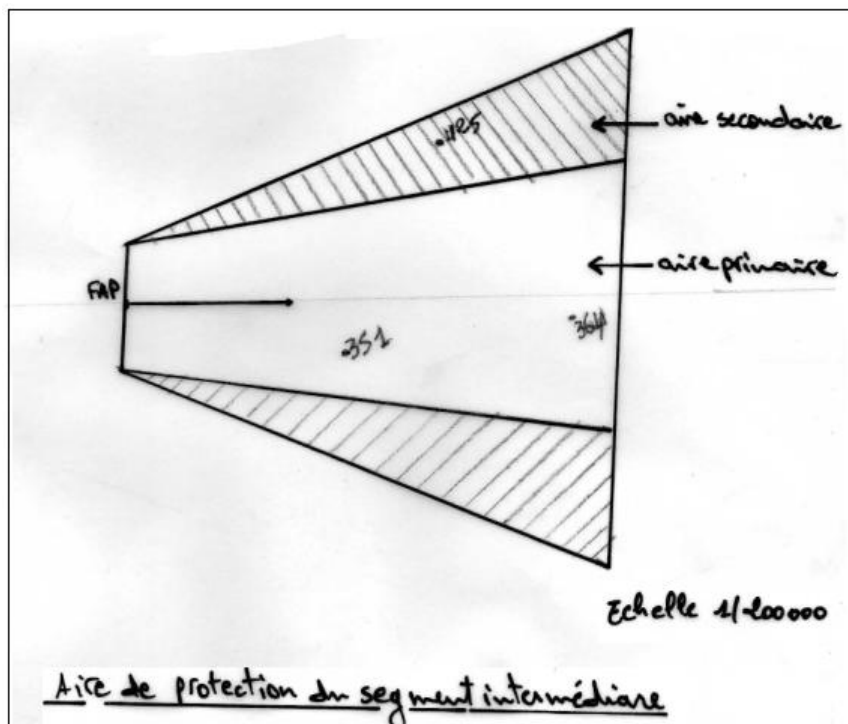


Figure V.9 : Aire de protection du segment intermédiaire

❖ DETERMINATION DE L'ALTITUDE MINIMALE

Altitude minimal = Max (OCH des aires)

✓ **Aire primaire**

L'obstacle pénalisant = 364 m; Alt min = 364 + 150 = 514 m

✓ **Aire secondaire**

Obstacle pénalisant = 425 m; MFO = 70 m; Alt min = 425 + 70 = 495

Donc : Alt min = 514 m.

V.1.6. SEGMENT DE PRECISION

Avant d'entamer l'étude de ce segment, il faut d'abord situer le point approximatif d'approche finale (FAP) et l'extrémité du segment de précision. Le FAP sera approximativement à 5,6 Nm par rapport au moyen (VOR/DME). Le segment de précision pour ILS est aligné sur l'axe du radioalignement de piste et contient la descente finale avant l'atterrissage ainsi que les phases initiale et intermédiaire de segment d'approche interrompue situé dans l'axe de piste avant que l'avion atteigne une hauteur de 300 mètres (1000ft) pour l'exploitation de catégorie I.

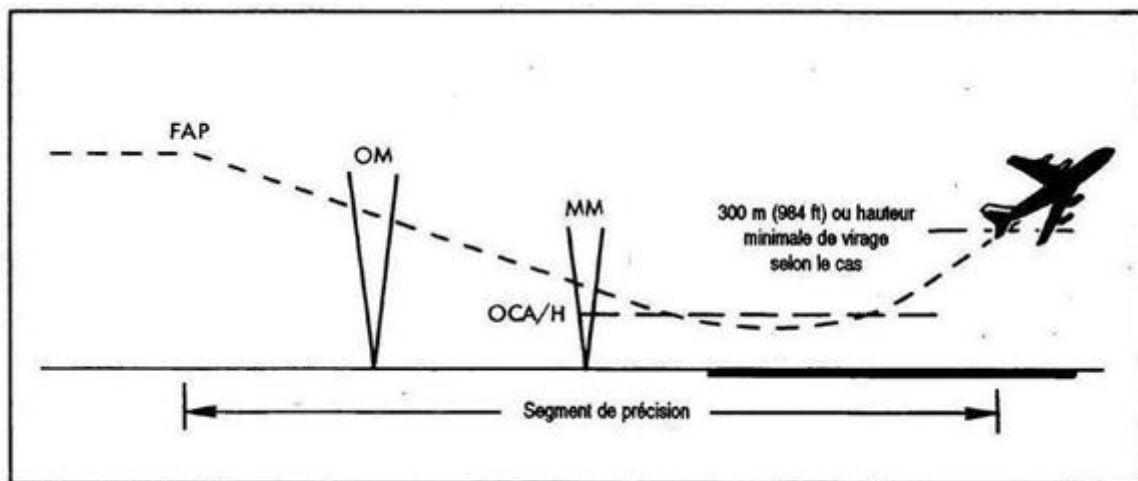


Figure V.10: Segment de précision [2]

Pour calculer l'OCA /H, le document 8168(PANS-OPS) nous propose trois méthodes :

- Analyse de l'influence des obstacles sur les surfaces ILS de base ;
- Analyse de l'influence des obstacles sur les surfaces OAS ;
- Demande de calcul CRM.

V.1.6.1. Les surfaces ILS de base

Les surfaces à considérer correspondent à certain surfaces de limitation d'obstacle de l'annexe 14 qui sont spécifiées pour les approches de précision en ce qui concerne les pistes dont le numéro de code 3 ou 4, comme suit :

- 1) La surface d'approche, dont la seconde section s'étend avec une pente de 2.5% jusqu'au point d'approche final (FAP) ;
- 2) La bande de piste, admise comme étant horizontale à l'altitude du seuil ;
- 3) Une surface inclinée commençant en un point situé à 900 m en aval du seuil et à l'altitude de celui-ci, montant selon une pente de 2.5% et s'évasant ensuite de manière à s'étendre entre les surface de transition. Cette surface inclinée est la surface d'approche interrompue. Elle s'étend avec un évasement constant jusqu'au niveau de la surface horizontale intérieure puis continue avec la même pente, mais avec un évasement de 25% jusqu'à la fin du segment de précision ;
- 4) Les surfaces de transition, qui s'étendent longitudinalement le long des cotés des surfaces d'approche et d'approche interrompue, jusqu'à une hauteur de 300m au-dessus de l'altitude du seuil.

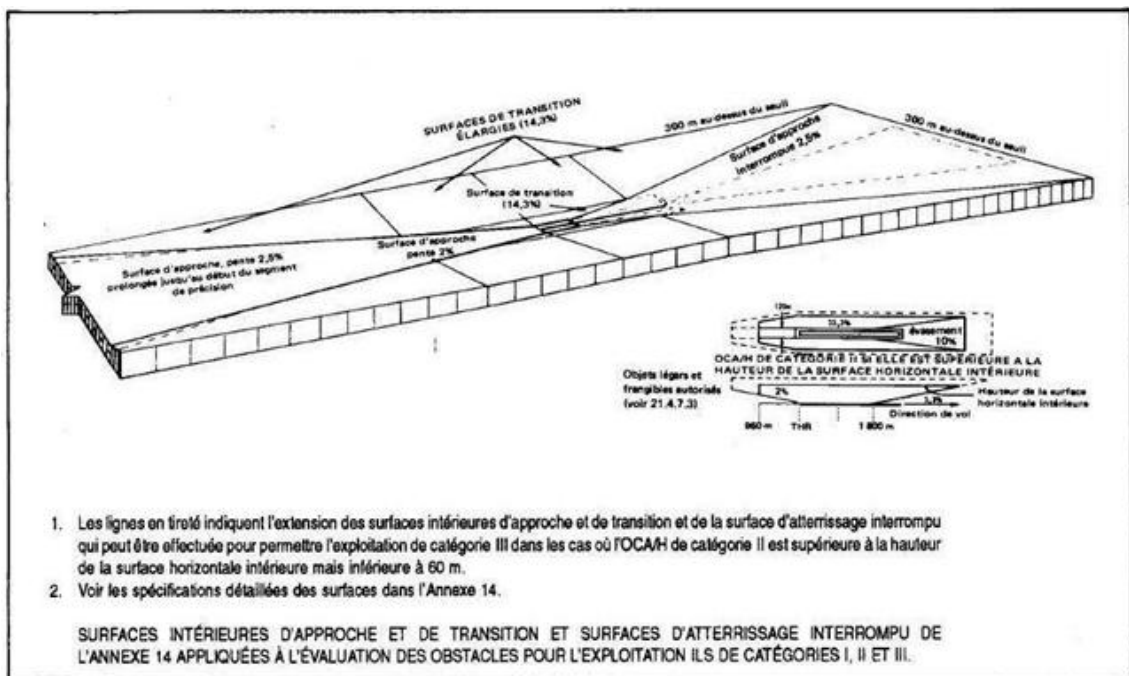


Figure V.11: illustration des surface ILS de base [2]

• Equations et constantes des surfaces ILS de base

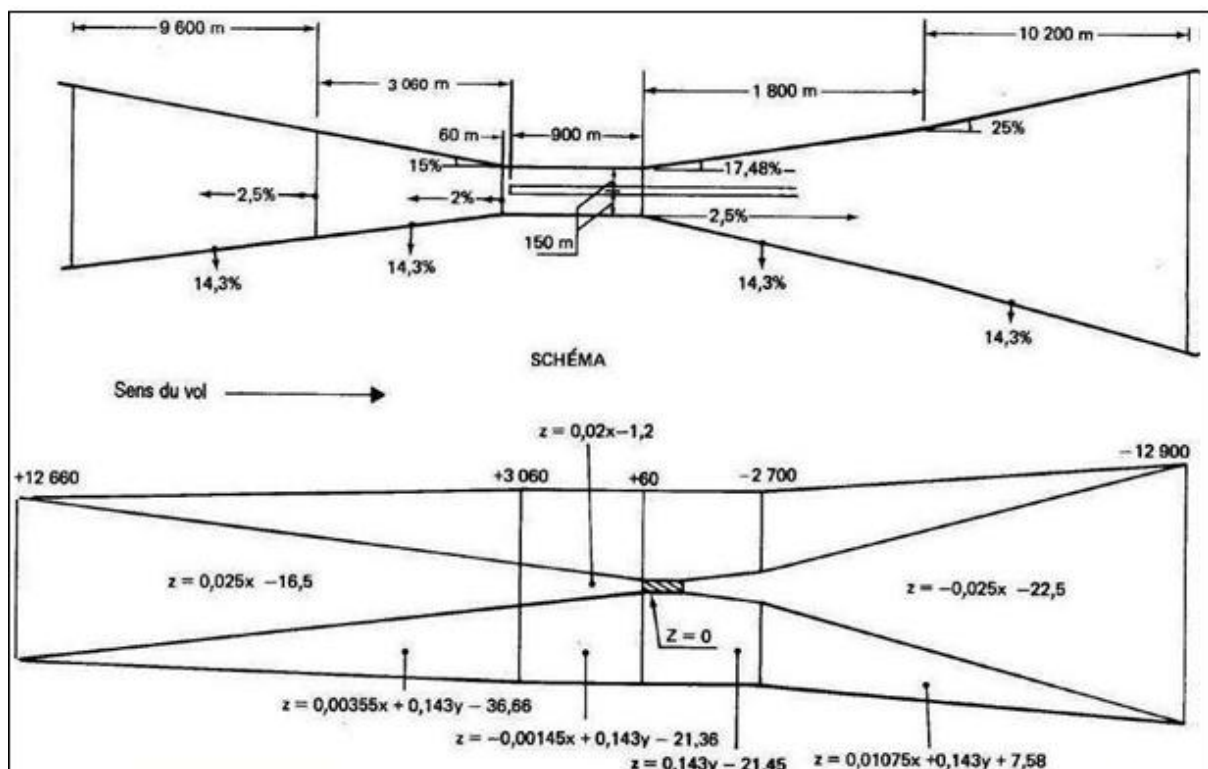


Figure V.12: Equations et constantes des surfaces ILS de base [2]

• Tracé des surface ILS de base

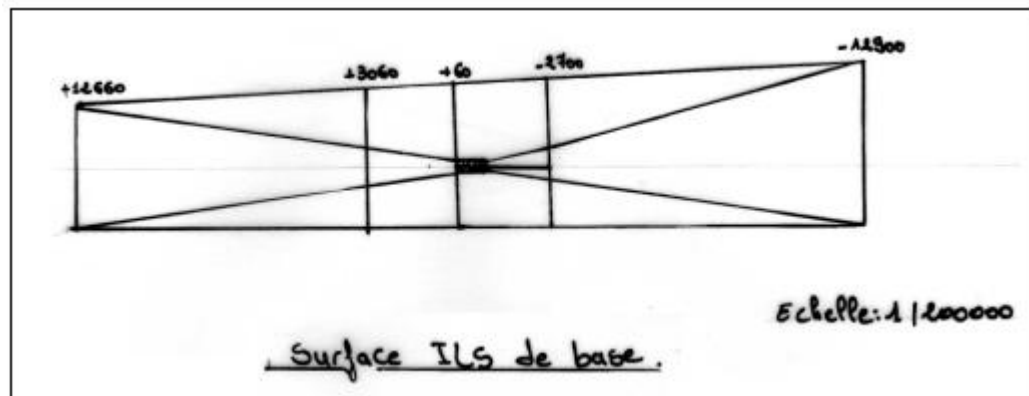


Figure V.13 : Surfaces ILS de base

• **Obstacle situé à l'intérieur des projections des surfaces ILS de base**

Lors de la détermination des obstacles qui figurent à l'intérieur des projections des surfaces ILS de base , on repère ceux qui saillent (percent) les plans des surfaces ILS de base , pour cela, on procède comme suit :

1. Repérer sous quel plan des ILS de base se trouve chacun des obstacles ;
2. Calculer à l'aide de son équation, la hauteur de ce plan à la verticale de l'obstacle ;
3. Comparer cette hauteur à la hauteur d'obstacle par rapport au seuil ;

Notons que l'origine de l'axe des hauteurs se trouve à l'altitude du seuil de piste.

Obst N°	Description	x	y	H (m)	Z plan(m)	Position
1	LLZ	-3300	0	3	60	Ne perce pas
2	VOR/DME	2000	0	10	38.8	Ne perce pas
3	Antenne21	3925	-175	21	81.62	Ne perce pas
4	Antenne21	-3000	175	21	52.5	Ne perce pas
5	NDB	1500	-250	21	28.8	Ne perce pas
6	GP	-300	-120	15	0	Perce
7	Antenne20	-1400	400	20	35.75	Ne perce pas
8	Antenne20	-2000	500	20	50.05	Ne perce pas
9	Obstacle448	-4800	+1200	1.2	127.51	Ne perce pas
10	Obstacle451	-8425	-1150	4.2	188.12	Ne perce pas

Tableau V.5 : Obstacle situé à l'intérieur des projections des surfaces ILS de base

V.1.6.2. Les surfaces OAS

Les surfaces d'évaluation d'obstacles «OAS» sont des surfaces fixes par rapport au seuil, utilisées pour recenser les obstacles qui interviennent dans le calcul de l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacle (OCA/H). Les obstacles situés sous les surfaces OAS peuvent être négligés sous réserve que leur densité ne soit pas trop importante. Si la densité des obstacles situés sous la surface OAS est trop importante, le modèle de calcul automatique du risque de collision (CRM) doit être utilisé. La géométrie des OAS a été définie en utilisant un modèle mathématique permettant de prévoir les positions d'un aéronef en approche avec ILS. Les dimensions des OAS dépendent de la distance entre le seuil et le radiophare d'alignement de piste, de l'angle de l'alignement de descente et de la catégorie d'exploitation. Elles dépendent également de l'utilisation de l'aéronef.

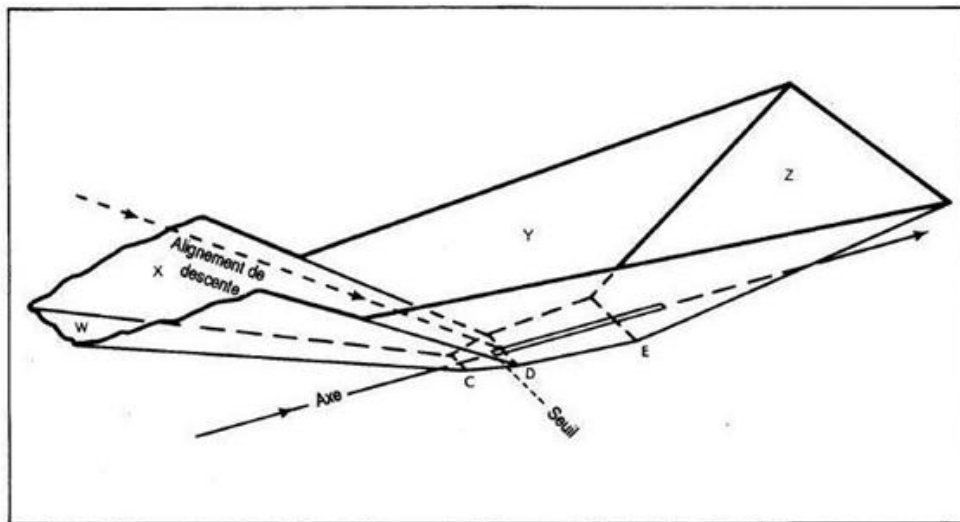


Figure V.14: surfaces d'évaluation d'obstacle _ vue en perspective [2]

• Tracé du gabarit OAS de catégorie I

❖ Les données :

- Angle d'alignement : 3°
- Distance LLZ-THR : 3 300 m
- Largeur du faisceau ILS : 210 m
- Hauteur de point de référence ILS (RDH) : 15 m

❖ Les coordonnées des points C, D, E, C'', D'' E''

	C	D	E	C''	D''	E''
x	281	-286	-900	10807	5438	-12900
y	49	135	205	96	910	3001
z	0	0	0	300	300	300

Tableau V.6 : Les coordonnées des points C, D, E, C'', D'' E''

❖ Equations des surfaces d'évaluation d'obstacle [2]

Les constantes d'équations ci-dessous sont tirées du tableau du supplément I de la III^e partie – constantes pour le calcul des surfaces d'évaluation d'obstacle.

Les surfaces OAS se compose de plans dont les équations dans un repère orthonormé lié au seuil 26R sont du type : $Z = AX + BY + C$

$$\rightarrow W/Z = 0.0285 X - 8.01$$

$$\rightarrow X/Z = 0.028500 X + 0.186246 Y - 17.06$$

$$\rightarrow Y/Z = 0.024515 X + 0.215032 Y - 22.02$$

$$\rightarrow Z/Z = -0.025 X - 22.50$$

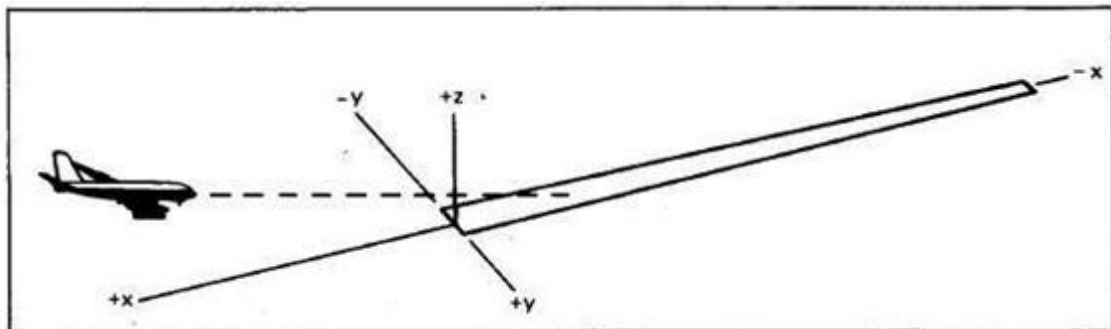


Figure V.15: système de coordonnées [2]

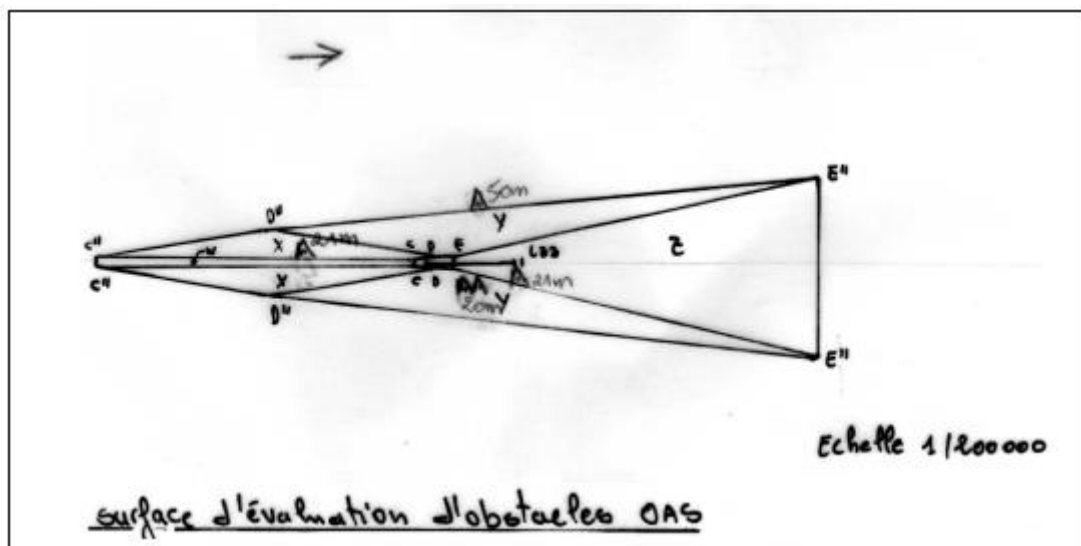


Figure V.16 : Surfaces OAS

• Obstacle situé à l'intérieur des projections des surfaces OAS

Lors de la détermination des obstacles qui figurent à l'intérieur des projections des surfaces OAS, on repère ceux qui saillent (percent) les plans des OAS, pour cela, on procède comme suit :

1. Repérer sous quel plan des OAS se trouve chacun des obstacles ;
 2. Calculer à l'aide de son équation, la hauteur de ce plan à la verticale de l'obstacle ;
 3. Comparer cette hauteur à la hauteur d'obstacle par rapport au seuil ;
- Notons que l'origine de l'axe des hauteurs se trouve à l'altitude du seuil de piste.

Obst N°	Description	x	y	H (m)	Plan concerné	Z plan(m)	Position
1	LLZ	-3300	0	3	Z	60	Ne perce pas
2	VOR/DME	2000	0	10	W	48.9	Ne perce pas
3	Antenne21	3925	-175	21	X	62.20	Ne perce pas
4	Antenne21	-3000	175	21	Z	52.5	Ne perce pas
5	NDB	1500	-250	21	X	20.81	Ne perce pas
6	GP	-300	-120	15	Plan horizontal	0	Perce
7	Antenne20	-1400	400	20	Y	29.6	Ne perce pas
8	Antenne20	-2000	500	20	Z	27.5	Ne perce pas
9	Obstacle448	-4800	-1200	1.2	Z	97.5	Ne perce pas
10	Obstacle451	-8425	-1150	4.2	Z	188.12	Ne perce pas

Tableau V.7 : Obstacle situé à l'intérieur des projections des surfaces OAS

V.1.6.3. Le critère CRM

Le modèle de risque de collision «CRM» est un programme d'ordinateur qui calcule la probabilité de collision avec un obstacle ou un ensemble d'obstacles pour un aéronef en approche avec ILS. La détermination de l'OCA/H relative au segment de précision résulte d'un calcul itératif dans lequel la valeur de l'OCA/H varie successivement jusqu'à ce que le risque obtenu devienne inférieur à 10^{-7} . Le Manuel d'utilisation du modèle de risque de collision (CRM) pour les opérations ILS de l'OACI contient la description du programme et les instructions au sujet de son emploi. L'étude faite à l'aide des OAS ou du CRM, ou bien à l'aide des 2 moyens, le CRM étant alors utilisé pour affiner les résultats, aboutit à la détermination d'OCH pour chaque catégorie d'aéronef en approche de précision de catégorie I, II, le minimum possible correspondant aux marges de perte de hauteur et d'erreurs altimétriques. Mais cette application n'est pas disponible aux niveaux d'établissement d'accueil.

V.1.6.4. Distinction entre les obstacles en approche finale et les obstacles en approche interrompue

Il est important de distinguer parmi tous les obstacles qui percent les surfaces OAS quels sont ceux qui sont survolés dans l'approche finale et ceux qui sont survolé dans

interrompue. Le critère le plus simple de classement est la distance : les obstacles à l'approche finale sont ceux situés entre le FAP et 900m après le seuil, et les obstacles à l'approche interrompue sont ceux situés dans le reste du segment de précision voir figure VI.13

Les obstacles en approche interrompue peuvent être définies comme étant ceux qui dépassent une surface plane parallèle au plan d'alignement de descente et ayant son origine à -900m ,c'est-à-dire les obstacles ayant une hauteur supérieur à $[(900+X) * \text{tg}\theta]$

Note :

1. Les obstacles qui ont une abscisse inférieure à -900 mètres et se trouvent au-dessous de GP' se sont des obstacles d'approche si non se sont des obstacles d'approche interrompue.
2. Les obstacles qui ont une abscisse supérieure à -900 mètres sont des obstacles d'approche interrompue.
3. Le plan GP' est un plan parallèle au plan du Glide qui coupe le plan horizontal contenant le seuil de piste selon la droite $x = -900$, et il représente le lieu ultime des points à partir desquels les avions ayant amorcé une approche interrompue sur le plan du Glide sont capables de tenir une pente de montée à 2.5 % ; Ces points sont appelés SOC (Start Of Climb);
4. L'espace situé au-dessus de GP' est réservé à l'approche interrompue et tout obstacle dont le sommet se trouve au-dessus de GP' sera survolé en approche interrompue uniquement.

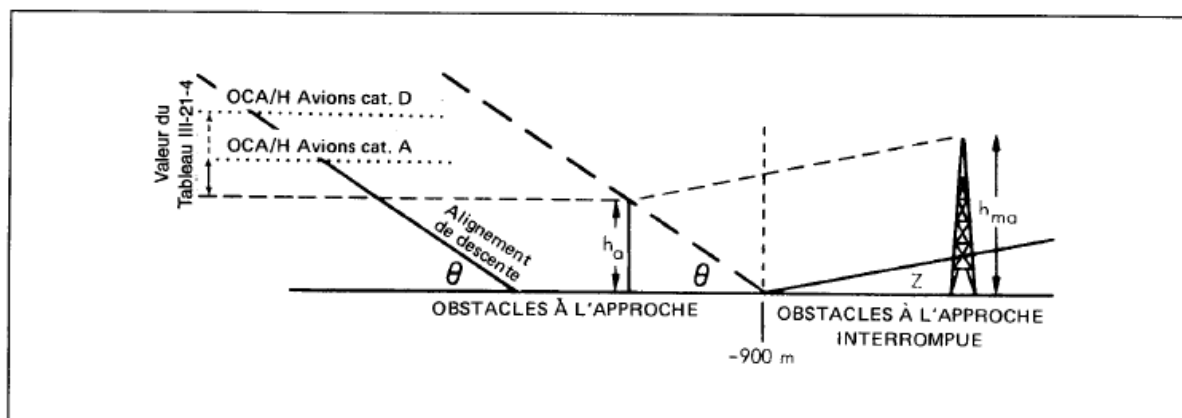


Figure V.17: Obstacles à l'approche interrompue avant -900 mètres [2]

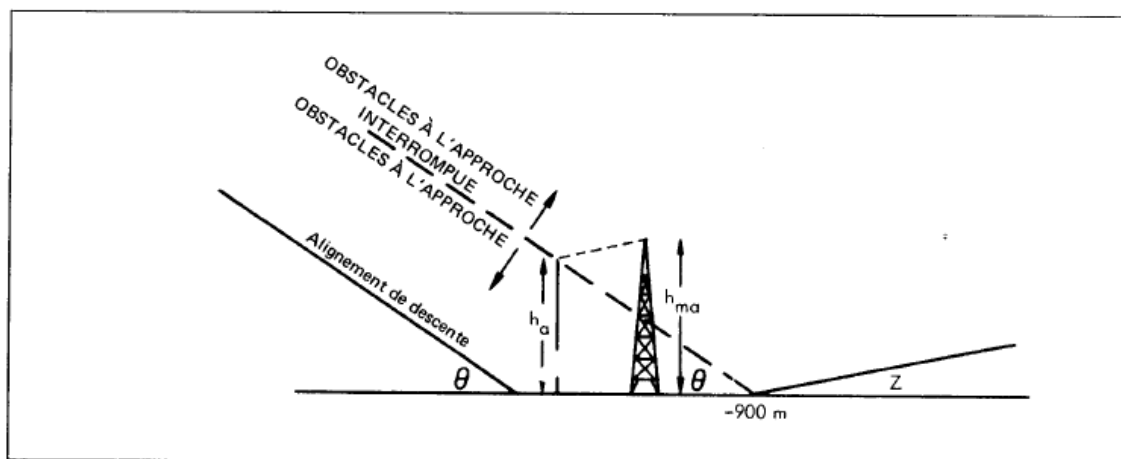


Figure V.18: obstacles à l'approche interrompue au-delà de -900 m [2]

Les obstacles à l'approche interrompue sont ramenés aux hauteurs des obstacles à l'approche équivalant au moyen de la formule suivante :

$$h_a = h_{ma} \cot Z + (900 + X) / (\cot Z + \cot \theta)$$

Avec : h_a : hauteur de l'obstacle à l'approche équivalant ;

h_{ma} : hauteur de l'obstacle à l'approche interrompue ;

θ : angle d'alignement de descente ;

Z : angle de la surface d'approche interrompue ;

X : distance de l'obstacle par rapport au seuil (comptée négativement si l'obstacle est en aval du seuil)

Obst N°	Description	x	y	H (m)	Z plan(m)	Ha(m)	Position
1	LLZ	-3300	0	3	60	38.49	Ne perce pas
2	Antenne21	-3000	175	21	52.5	21.27	Ne perce pas
3	Antenne20	-1400	400	20	29.67	5.06	Ne perce pas
4	Antenne20	-2000	500	20	27.5	5.06	Ne perce pas
5	Obstacle448	-4800	-1200	1.2	97.5	65.03	Ne perce pas
6	Obstacle451	-8425	-1150	4.2	188.12	63.07	Ne perce pas

Tableau V.8 : Les obstacles qui ont une abscisse supérieur a -900

Obst N°	Description	x	y	H (m)	Z plan(m)	Z GP'(m)	Ha(m)	Position
1	VOR/DME	2000	0	10	150.8	87	55.71	Ne perce pas
2	NDB	1500	-250	21	124.8	72	54.70	Ne perce pas
3	GP	-300	-120	15	15	31.2	20.23	Ne Perce Pas
4	Antenne21	3925	-175	21	62.20	250.9	95.64	Ne perce pas

Tableau V.9: Les obstacles qui ont une abscisse inférieure a -900

- Dans notre cas on a un seul obstacle qui perce (**GP**) est se trouve à l'approche finale.

V.1.6.5. Calcul de l'OCH_{PS}

Pour notre cas, on a opté la deuxième méthode pour le calcul de l'OCH qui représente les avantages suivants :

- Surface réduits, donc moins d'obstacles ;
- Tien compte des variations de GP, de RDH, de la géométrie des aéronefs et de la pente de l'approche interrompue, donc elle est plus précise.

Le calcul de l'OCH se fait en déterminant l'obstacle en approche finale ou l'obstacle équivalent en approche interrompue le plus haut, plus la perte de hauteur.

$$\text{OCH}_{PS} = H + HL ; \text{ (HL : perte de hauteur) ;}$$

L'obstacle N°6 qui est le GP est l'obstacle déterminant pour le calcul de l'OCH_{PS} ; L'approche finale étudiée est une approche finale ILS catégorie I, donc on considère la perte de hauteur HL correspondant à l'utilisation d'un altimètre barométrique.

Catégorie d'aéronefs (V _a)	Marge avec radioaltimètre		Marge avec altimètre barométrique	
	mètres	ft	mètres	ft
A — 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B — 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C — 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D — 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161

Tableau V.10: marge de perte de hauteur / erreur altimétrique [2]

Catégorie d'A/C	HL		OCH	
A	40 m	130 ft	60 m	200 ft
B	43 m	142 ft	63 m	210 ft
C	46 m	150 ft	66 m	220 ft
D	49 m	161ft	69 m	230 ft

Tableau V.11:valeurs des OCH

V.1.7. ETUDE DE L'APPROCHE INTERROMPUE

V.1.7.1. Position du SOC

Le début de montée (SOC) est l'élément de référence utilisé dans le calcul des distance et des pentes pour déterminer les marges de franchissement d'obstacles ; cet élément est défini par la hauteur et la distance auxquelles le plan GP' atteint l'altitude OCA/H-HL et qui représente le cas le plus défavorable. Avec GP' est une surface plane parallèle au plan d'alignement de descente GP et ayant une origine a -900 m.

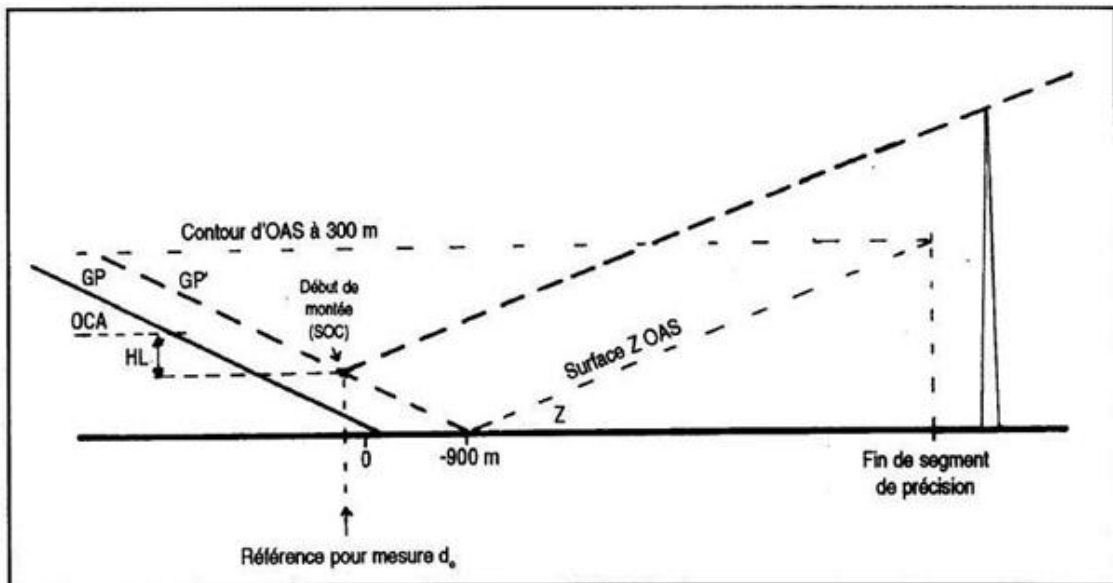


Figure V.19: position du SOC [2]

Notons que l'OCA/H et la HL se rapportent à la même catégorie d'aéronefs.
La distance du SOC est :

$$X(\text{SOC}) = (\text{OCH}_s - \text{HL}) * \cotg \theta - 900;$$

$$X(\text{SOC}) = (15 * \cotg 3^\circ) - 900 = -611.55 \text{ m} ;$$

Le SOC est à **611.55** mètres en aval du seuil.

- **Le segment initial :**
30s de vol pour le passer de la descente en final à la montée en API (SOC)
- **Le segment intermédiaire :**
Débute au SOC et se termine à la fin du segment de précision.
- **Le segment final :**

Le segment de précision se termine à la distance à laquelle la surface Z atteint une hauteur de 300m au-dessous du seuil ; la largeur de la surface Z à cette distance détermine la largeur initiale de l'aire finale d'approche interrompue, qui est établie de la manière indiquée dans la figure V.20

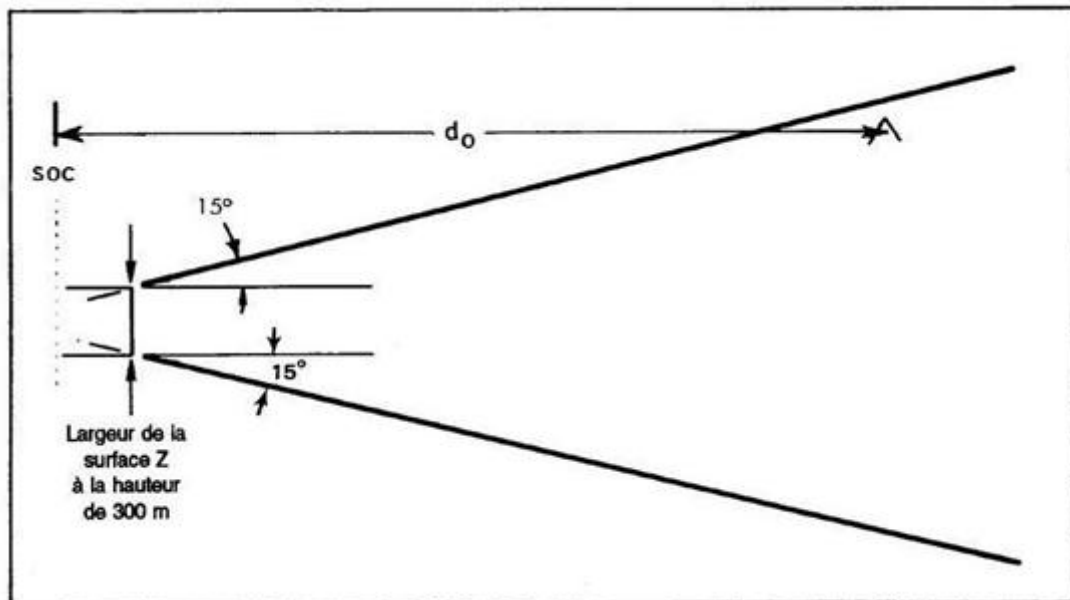


Figure V.20: Aire finale d'approche interrompue [2]

V.1.7.2. Approche interrompue en ligne droite ou avec virage

Pour que l'approche interrompue soit en ligne droite ; l'altitude /hauteur d'obstacle dans l'aire finale d'approche interrompue ne dépassera pas :

$$(OCA/H-HL)+d_0 \operatorname{tg}Z$$

Avec :

- OCA/H et HL se rapportent à la même catégorie d'aéronefs ;
- d_0 est calculée à partir du SOC parallèlement à la trajectoire d'approche interrompue en ligne droite ;
- Z est l'angle formé par la surface d'approche interrompue et le plan horizontal.

Note :

Si ce critère ne peut pas être respecté, un virage sera prescrit pour éviter l'obstacle gênant, ou cela s'avère pratiquement impossible, l'OCA/H sera relevée

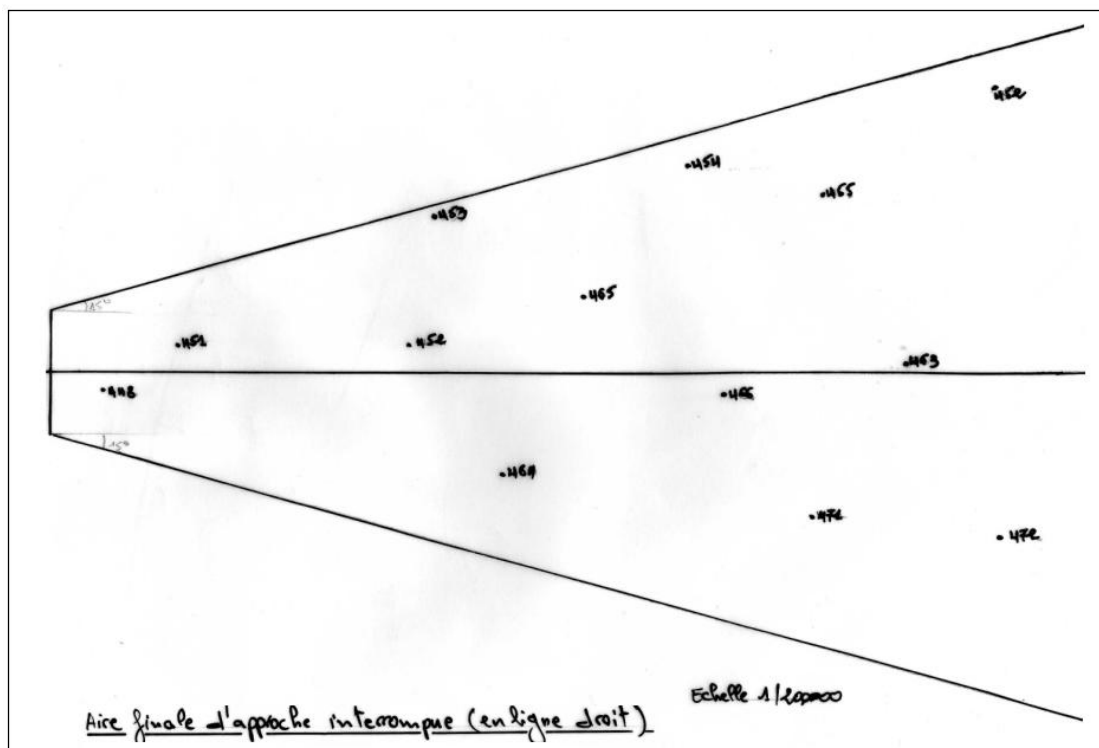


Figure V.21 : Aire finale d'approche interrompue

Obstacle ^{N°}	Alt obs (m)	OCA/H- HL(m)	d ₀ (m)	tg Z	H (m)	position
1	448	15	2600	0.025	80	Ne perce pas
2	451	15	6000	0.025	165	Ne perce pas
3	452	15	17400	0.025	450	Ne perce pas
4	453	15	18400	0.025	475	Ne perce pas
5	464	15	22000	0.025	565	Ne perce pas
6	456	15	25800	0.025	660	Ne perce pas
7	454	15	30800	0.025	785	Ne perce pas
8	466	15	32600	0.025	830	Ne perce pas
9	471	15	36800	0.025	935	Ne perce pas
10	463	15	41200	0.025	1045	Ne perce pas
11	472	15	45800	0.025	1160	Ne perce pas

Tableau V.12 : Obstacle situé à l'intérieur de l'aire finale d'approche interrompue

D'où notre approche interrompue est en ligne droite

V.1.7. Aires de la procédure d'approche VOR/DME/ILS (Voir annexe D)

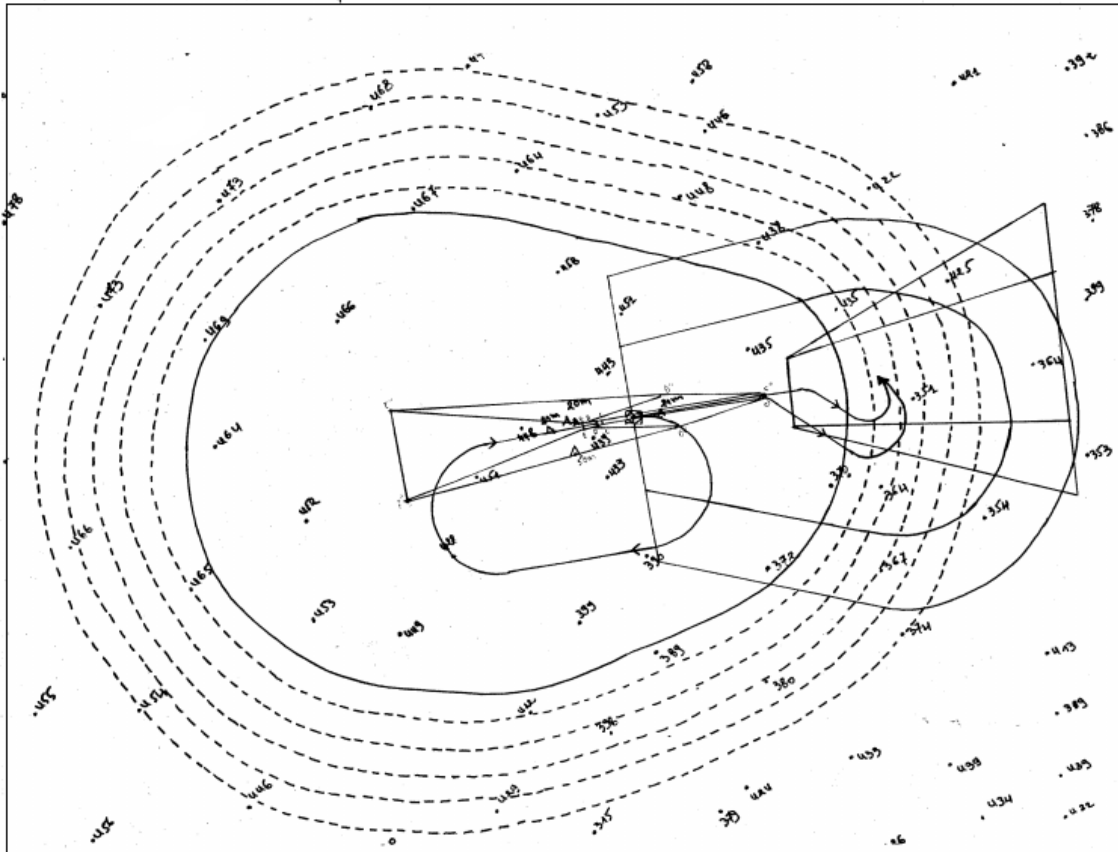


Figure V.22 : Aires de protection de la procédure d'approche VOR/DME/ILS

V.2. PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME-LLZ (GP INOP)

Une procédure d'approche interrompue relative à l'alignement de piste seulement doit être élaborée dans le cadre de la procédure ILS pour la même piste. Cette procédure est une procédure d'approche classique. L'entrée dans la procédure d'attente est une omnidirectionnelle qui s'effectuera de la même manière qu'à la procédure ILS complète.

→ Segment d'approche initial

Le segment d'approche initial sera identique à celui de la procédure ILS complète.

→ Segment d'approche intermédiaire

Identique à celui de la procédure ILS complète ; seulement que le FAP dans la procédure ILS complète devient un FAF (repère d'approche final) dans cette procédure et qui correspond à la fin du segment intermédiaire et au début du segment d'approche final.

→ Segment d'approche final

La descente en approche finale s'amorce au FAF, et suit normalement une pente identique à celle de la procédure ILS (3°). Les limites extérieures des aires d'approche

finale et l'approche interrompue dans l'axe sont définies par les contours OAS à 150 mètres et par le prolongement de la droite DD''.

→ Aires

l'aire d'approche finale /approche interrompue initiale est définie par les bords extérieurs des surfaces X d'OAS, à partir de FAF jusqu'à la distance à laquelle ces bords atteignent une hauteur de 300m au dessus de niveau de seuil. Au-delà de cette distance, l'aire aura la même largeur que le contour de surfaces Y à 300m. L'aire d'approche interrompue en ligne droit est définie par la largeur du contour de la surface Y à 300m jusqu'au point E'', au-delà duquel l'évasement augmente pour atteindre 15°.

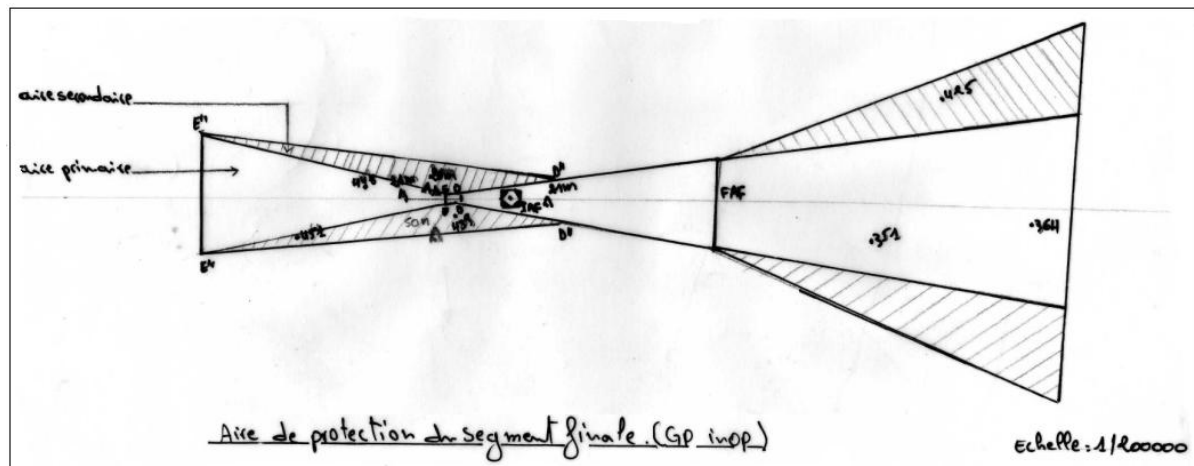


Figure V.23 : aire de protection du segment finale (GP inop)

→ Marge de franchissement d'obstacles

La marge minimale de franchissement d'obstacles est de 75m dans l'aire primaire, et elle diminue jusqu'à devenir nulle aux bords extérieurs des aires secondaires. Les critères généraux s'appliquent, excepté que les obstacles dans les aires secondaires sous jacentes aux surfaces Y d'OAS ne sont pris en considération que s'ils font saillie au dessus de ces surfaces

V.3. MANŒUVRE A VUE

Une manœuvre à vue est publiée lorsque :

- l'approche finale ne peut pas être exécutée en approche directe ;
- ou lorsque des contraintes opérationnelles peuvent imposer de ne pas se poser directement sur le terrain.

→ Paramètre [2]

Les paramètres pris en compte pour la détermination des rayons de l'aire de protection de manœuvre à vue sont :

- Vitesse indiquées pour chaque catégorie d'aéronefs ;
- Vitesse du vent de $\pm 46\text{km/h}$ (25kt)

- Angle d'inclinaison latérale : angle effectif moyen de 20° ou angle d'inclinaison latérale nécessaire pour effectuer un virage à une vitesse angulaire $3^\circ/s$, si ce dernier est inférieur à 20° .

Le rayon est déterminé d'après les formules ci-après, en appliquant une vitesse de vent de $\pm 46\text{km/h}$ à la vitesse vraie pour chacune de catégories d'aéronefs, en utilisant les vitesses indiquées de manœuvre à vue.

Notons que la vitesse vraie est fondée sur l'altitude de l'aérodrome qui est de l'ordre de 443m, et sur la température ISA+20.

- **Calculs des vitesses vrais**

$$VV=VI \times K \text{ avec } K=1.072$$

CAT A : $VI=100 \text{ kt}$

$$VV=VI \times K \rightarrow VV= 132.2 \text{ kt}$$

CAT B: $VI=135 \text{ kt}$

$$VV=VI \times K \rightarrow VV= 169.72 \text{ kt}$$

CAT C: $VI=180 \text{ kt}$

$$VV=VI \times K \rightarrow VV=217.96 \text{ kt}$$

CAT D: $VI=205\text{kt}$

$$VV=VI \times K \rightarrow VV=244.76 \text{ kt}$$

- **Calcul de rayon de virage**

- a) **Vitesse angulaire de virage R**

$$R = \min (3431 \text{ tg } \alpha \div \pi V, 3^\circ/s)$$

$$\text{CAT A: } R = \min (3431 \text{ tg } 20 \div \pi 132.2, 3^\circ/s) \\ R= 3^\circ$$

$$\text{CATB: } R = \min (3431 \text{ tg } 20 \div \pi 169.72, 3^\circ/s) \\ R= 2.3^\circ$$

$$\text{CATC: } R = \min (3431 \text{ tg } 20 \div \pi 217.96, 3^\circ/s) \\ R= 1.82^\circ$$

$$\text{CATD: } R = \min (3431 \text{ tg } 20 \div \pi 244.76, 3^\circ/s) \\ R= 1.62^\circ$$

- b) **Calcul de rayon de virage r**

$$r=V \div 20 \pi R$$

$$\text{CAT A: } r=132.2 \div 20 \pi 3 \rightarrow r = 0.7 \text{ Nm}$$

$$\text{CATB: } r = 169.72 \div 20 \pi \cdot 2.3 \rightarrow r = 1.17 \text{ Nm}$$

$$\text{CATC: } r = 217.96 \div 20 \pi \cdot 1.82 \rightarrow r = 1.90 \text{ Nm}$$

$$\text{CATD: } r = 244.74 \div 20 \pi \cdot 1.62 \rightarrow r = 2.40 \text{ Nm}$$

c) Calculs des rayons à partir du seuil \hat{R}

$$\hat{R} = 2r + \text{segment rectiligne}$$

$$\text{CAT A: } \hat{R} = 2 \times 0.7 + 0.3 = 1.7 \text{ Nm}$$

$$\text{CAT B: } \hat{R} = 2 \times 1.17 + 0.4 = 2.74 \text{ Nm}$$

$$\text{CAT C: } \hat{R} = 2 \times 1.90 + 0.5 = 4.3 \text{ Nm}$$

$$\text{CAT D: } \hat{R} = 2 \times 2.40 + 0.6 = 5.4 \text{ Nm}$$

On trace à partir du centre du seuil de chaque piste utilisable, un arc de cercle de rayon approprié, à partir des extrémités des arcs adjacents, on tire des tangentes à ces arcs. L'aire ainsi définie est l'aire de manœuvre a vue.

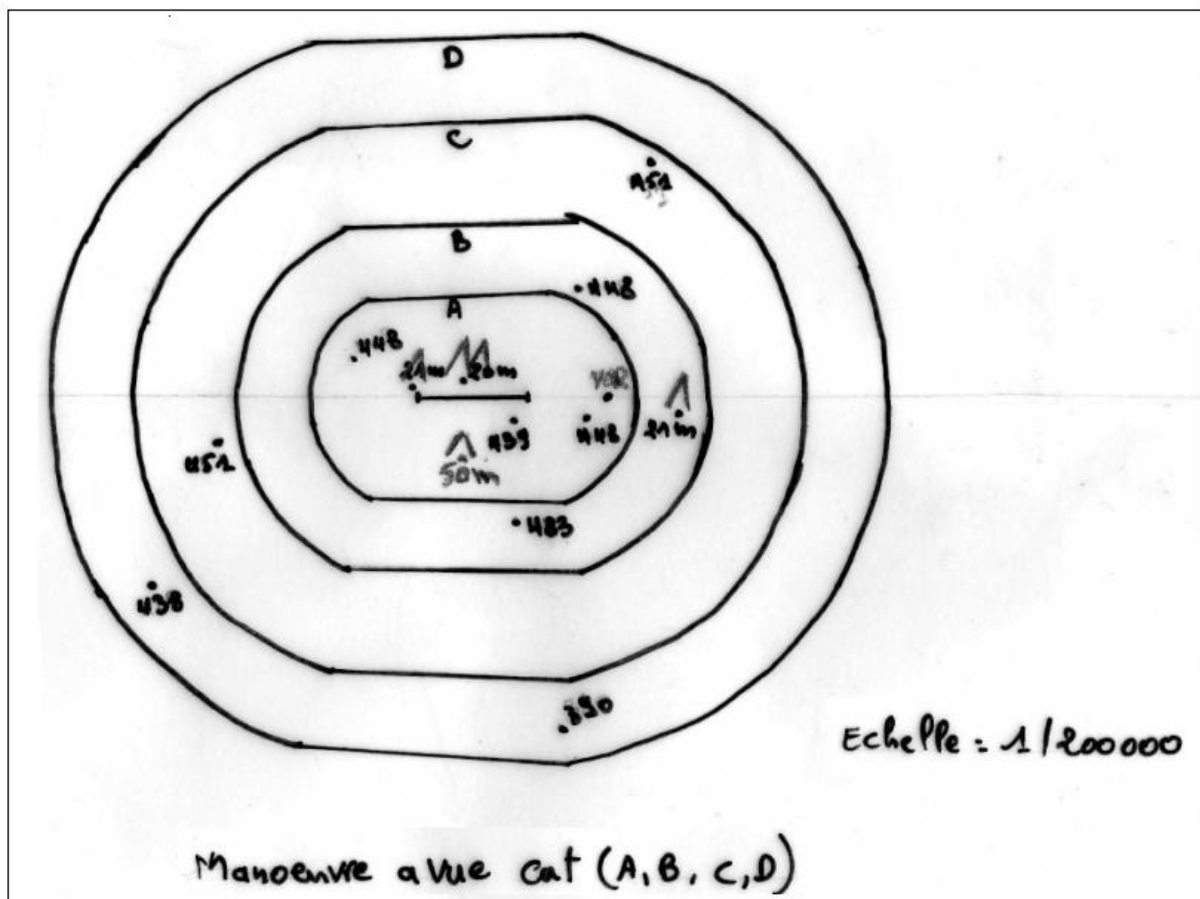


Figure V.24 : Aire de protection manœuvre a vue

<i>Catégorie d'aéronefs</i>	<i>Marge de franchissement d'obstacles m (ft)</i>	<i>OCA/H la plus basse au-dessus de l'altitude de l'aérodrome m (ft)</i>	<i>Visibilité minimale km (NM)</i>
A	90 (295)	120 (394)	1,9 (1,0)
B	90 (295)	150 (492)	2,8 (1,5)
C	120 (394)	180 (591)	3,7 (2,0)
D	120 (394)	210 (689)	4,6 (2,5)
E	150 (492)	240 (787)	6,5 (3,5)

Tableau V.13 : Marge de franchissement d'obstacles OCA/H pour l'aire de manœuvre avec [2]

V.4. LES MINIMUMS OPERATIONNELS

C'est l'ensemble des limites de certains paramètres significatifs au-dessous desquelles l'exécution ou la poursuite de certaines procédures d'approche, d'atterrissage ou de décollage est interdite à un équipage.

Les minimums opérationnels sont fixés pour chaque procédure, en fonction de l'équipement de l'aérodrome et l'environnement.

V.4.1. Procédure d'approche VOR/DME/ILS

CAT-A /C	Minimums opérationnels les plus bas admissibles VOR/DME/ILS RWY 26R			
	OCH	DH	RVR	VIS
A	60 M	200FT	550M	800M
B	63M	210FT	550M	800M
C	66M	220FT	550M	800M
D	69M	230FT	550M	800M

Tableau V.14 : Minimums opérationnels les plus bas admissibles VOR/DME/ILS RWY 26R

V.4.2. Procédure d'approche VOR/DME-LLZ (GP INOP)

CAT-A/C	Minimums opérationnels les plus bas admissibles VOR/DME/ILS RWY 26R		
	OCH	MDH	VH
A	96M	320FT	1600M
B	96M	320FT	1600M
C	96M	320FT	1600M
D	96M	320FT	2000M

Tableau V.15 : Minimums opérationnels les plus bas admissible
VOR/DME-LLZ (GP INOP) RWY 26R

V.4.3. Manœuvre à vue

CAT-A/C	Minimums opérationnels les plus bas admissibles Approche a vue		
	OCH	MDH	VH
A	140M	460FT	1600M
B	150M	500FT	1600M
C	180M	600FT	2400M
D	210M	700FT	3600M

Tableau V.16 : Minimums opérationnels les plus bas admissibles
Approche a vue

CONCLUSION



La réalisation du présent mémoire nous a permis de nous familiariser avec l'aspect pratique dans l'utilisation des informations acquise dans notre cursus universitaire et dans le stage pratique au sein de l'ENNA; nous a permis également de nous rendre compte des difficultés rencontrés dans l'établissement des procédures.

Vue l'implantation d'un nouveau ILS, nous avons conçu une nouvelle procédure d'approche aux instruments de précision VOR/DME/ILS, qui répond aux principaux besoins de l'exploitation qui consiste à :

- Simplifier la procédure d'atterrissage aux instruments de manière à ce que la charge du pilote soit de moins en moins lourde ;
- Assurer la sécurité de l'aéronef lors de son exécution de cette procédure vis-à-vis de l'entourage de l'aérodrome ;
- Etablir une procédure d'atterrissage simple, sécurisante et facile à réaliser.

Nous espérons que les services compétents prendront connaissance de ce « travail », l'approuveront et procéderont à sa validation dans un proche avenir.

Bibliographie



SUPPORTS DE COURS :

➤ Cours de M^{me}. DRARENI. F, «Circulation aérienne», 2009
«Procédures pour les services de la navigation aérienne -Exploitation technique des aéronefs (PANS-OPS)», 2010

DOCUMENTS :

- Document 8168 de l'OACI , « Exploitation technique des aéronefs » volume II édition 1993.
- AIP Algérie , « Publication d'information aéronautique » , 2010.
- Instruction n° 20754 DNA , 2009.
- Document de stage de perfectionnements procédures IFR.
- Instruction fixant les minima opérationnels applicables au niveau des aérodromes ouverts a la circulation aérienne, série A N° 02 du 20 septembre 2001.

SITES INTERNET CONSULTES :

- [www .enna.dz](http://www.enna.dz)
- [www .enna-sia.dz](http://www.enna-sia.dz)

CARTES TOPOGRAPHIQUES UTILISEES :

- *TINDOUF*
- *SABKHA de TINDOUF*
- *MERKALA*
- *OUED KHEHBINE*
De 1/200000^{ème} d'échelle

Touts les informations, tableaux et figures peuvent être consultées :

[1] Cours de M^{me}. DRARENI. F

[2] DOC 8168

[3] [www .ENNA-SIA.dz](http://www.ENNA-SIA.dz)

[4] Instruction n° 20754

[5] Document de stage de perfectionnements procédures IFR

[6] AIP