

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté de Technologie**

**Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales**



**MEMOIRE DE MASTER**

**En Aéronautique**

**Spécialité : Opérations Aériennes**

Thème

**CONCEPTION ET CODAGE « ARINC » D'UNE PROCÉDURE  
D'APPROCHE CLASSIQUE POUR L'AÉRODROME DE GHRISS**

**PISTE 08**

**Présenté par :**

HAMMADI Hicham Sid Ahmed

**Encadré par :**

Mr. BENAÏSSA Abdellah

Mme. DRARENI Fatima

Blida, Octobre 2017

## RESUME

Ce mémoire porte sur l'élaboration d'une procédure d'approche classique basée sur le VOR pour l'aérodrome de Mascara piste 08, en ajoutant les avions CAT C comme une majeure modification, suivi par le codage ARINC 424 de cette procédure, toute en mettant le doigt sur le concept de la transition de l' AIS à l' AIM et ses aspects.

Mots clés: procédure d'approche classique, CAT C, ARINC 424, AIS, AIM.

## ملخص

تركز هذه الأطروحة على تحضير إجراءات اقتراب كلاسيكي يستند إلى مساعد الملاحة VOR لمطار معسكر المدرج رقم 08، مع إضافة الطائرات فئة C كتعديل أساسي، يليها التشفير ARINC 424 لهذا الاقتراب، كل هذا مع إبراز مفهوم الانتقال من خدمة معلومات الطيران إلى إدارة معلومات الطيران وجوانبه. كلمات مفتاحية: إجراءات اقتراب كلاسيكي، التشفير ARINC 424، الطائرات فئة C، خدمة معلومات الطيران، إدارة معلومات الطيران.

## ABSTRACT

This thesis focuses on the elaboration of a classical approach procedure based on the VOR for the airport of Mascara runway 08, adding the CAT C aircraft as a major modification, followed by the ARINC 424 encoding of this procedure, while focusing on the concept of the transition from AIS to AIM and its aspects.

Keywords: classical approach procedure, CAT C, ARINC 424, AIS, AIM.

## DEDICACES

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

❖ Mes très chers parents:

Mon père Naïr, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi;

Ma mère Soumia, qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude;

❖ Mes chères grands-mères: Sebbih khāira, et Bentaher khāira;

❖ Mes oncles et tantes qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité;

❖ Mes frère Abdou et Mokhtar;

❖ Mes chères sœurs et toute la famille;

❖ Mes amis;

❖ Et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin;

A tous, je dis **MERCI**

## REMERCIEMENTS

- ❖ Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail;
- ❖ Toute ma gratitude à mes chers parents pour leurs inquiétudes et sacrifices consentis;
- ❖ Nous remercions les membres du jury de nous avoir fait honorés et évalué notre travail;
- ❖ Nous tenant à remercier sincèrement Monsieur Benaïssa Abdellah et Madame Drareni Fatima, qui, en tant que Directeurs de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.
- ❖ Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.
- ❖ Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
TABLE DES MATIÈRES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
ABREVIATIONS	
DEFINITION	
RESUME	
INTRODUCTION	31
CHAPITRE I: GESTION DE L'INFORMATION AERONAUTIQUE	34
Introduction	34
SECTION 1: DE L' AIS À L' AIM	36
I.1.1 Introduction	36
I.1.2. Importance de l'information aéronautique	36
I.1.3. Mode actuel de diffusion de l'information aéronautique	37
I.1.4. Migration de l' AIS vers l' AIM	39
I.1.5. Objectifs de la transition à l' AIM	41
I.1.6. Aspects de la transition à l' AIM	41
I.1.7. Le sac de vol électronique	42
I.1.8. Vers un cockpit sans papier	44
I.1.9. Avantages apportés par l' EFB	44
I.1.10. Conclusion	45
SECTION 2: ARINC 424	47
I.2.1. Introduction	47
I.2.2. Standardisation de la base de données de navigation aérienne.	47
I.2.3. ARINC 424	48
I.2.4. Code parcours-extrémité	49
I.2.5. Types de code parcours-extrémité	49
I.2.6. Règles de création des codes parcours-extrémité	53

I.2.7. Conclusion	56
CHAPITRE II: PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS	58
Introduction	58
SECTION 1: PROCEDURES D'APPROCHE CLASSIQUE	60
II.1.1. Définition	60
II.1.2. Segments d'une procédure d'approche aux instruments de type classique	60
II.1.2.1. Arrivée	61
II.1.2.2. Attente	63
II.1.2.3. Initial	69
II.1.2.4. Intermédiaire	74
II.1.2.5. Finale	76
II.1.2.6. Interrompue	82
SECTION 2: ETUDE DE L'EXISTANT	90
II.2.1. Présentation de l'aérodrome	90
II.2.2. Description de l'aérodrome	90
II.2.3. Renseignements supplémentaires	92
II.2.4. Procédures existantes	92
II.2.5. Conclusion	93
CHAPITRE III: ELABORATION DE LA PROCEDURE D'APPROCHE	95
Introduction	95
SECTION 1: CONCEPTION DE LA PROCEDURE	97
III.1.1. Introduction	97
III.1.2. Arrivée	97
III.1.3. Attente	98
III.1.4. Initial	107
III.1.5. Intermédiaire	113
III.1.6. Finale	114
III.1.7. Interrompue	116
III.1.8. Minima opérationnels	119
SECTION 2: CODAGE DE LA PROCEDURE	122
III.2.1. Introduction	122
III.2.2. Codage de la procédure	124

III.2.3. Conclusion

129

CONCLUSION

131

ANNEXES

ANNEXE 1

ANNEXE 2

ANNEXE 3

ANNEXE 4

ANNEXE 5

REFERENCES

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1:</b> Diagramme de service d'information aéronautique	38
<b>Figure 1.2:</b> de l'AIS à l'AIM	39
<b>Figure 1.3:</b> Base de données AIM	40
<b>Figure 1.4:</b> Sac de vol électronique portable	43
<b>Figure 1.5:</b> Sac de vol électronique installé	43
<b>Figure 1.6:</b> Logo de la société ARINC	48
<b>Figure 2.1:</b> Altitude minimale de secteur	61
<b>Figure 2.2:</b> Orientation de secteurs	62
<b>Figure 2.3:</b> Circuit nominal	63
<b>Figure 2.4:</b> éloignement en temps	64
<b>Figure 2.5:</b> éloignement en distance	64
<b>Figure 2.6:</b> Les secteurs d'entrée d'attente	65
<b>Figure 2.7:</b> Aire de protection d'attente	66
<b>Figure 2.8:</b> Zones tampon	67
<b>Figure 2.9:</b> Influence de la vitesse indiquée	68
<b>Figure 2.10:</b> Influence de l'altitude maximale	68
<b>Figure 2.11:</b> Aire de protection de segment rectiligne	70
<b>Figure 2.12:</b> Aire de protection de segment curviligne	71
<b>Figure 2.13:</b> Types de procédures d'inversion	73
<b>Figure 2.14:</b> Aire de protection d'une procédure d'inversion	74
<b>Figure 2.15:</b> Pente de descente	75
<b>Figure 2.16:</b> Aire de protection de segment intermédiaire	76
<b>Figure 2.17:</b> Approche de non précision	78
<b>Figure 2.18:</b> Approche de précision	78
<b>Figure 2.19:</b> Position de l'axe d'approche	79
<b>Figure 2.20:</b> Position de l'installation radioélectrique	80
<b>Figure 2.21:</b> Position de MAPT	83
<b>Figure 2.22:</b> Phases d'une approche interrompue	84
<b>Figure 2.23:</b> Approche interrompue avec virage à un point désigné	84
<b>Figure 2.24:</b> Approche interrompue avec virage à altitude/hauteur désigné	84



<b>Figure 2.25:</b> Aire de protection d'une approche interrompue en ligne droite	86
<b>Figure 3.1:</b> Gabarit du circuit d'attente	101
<b>Figure 3.2:</b> Aire de tolérance du repère d'attente	102
<b>Figure 3.3:</b> Aire de base	102
<b>Figure 3.4:</b> Entrée par le secteur 3 du côté de l'attente	103
<b>Figure 3.5:</b> Entrée par les secteurs 1,2 et 3 du côté opposé à l'attente	104
<b>Figure 3.6:</b> Entrées omnidirectionnelles	104
<b>Figure 3.7:</b> Circuit d'attente (trajectoire nominale, aire de base, aires d'entrées, et zones tampons)	105
<b>Figure 3.8:</b> Gabarit pour virage de base (cat A/B)	110
<b>Figure 3.9:</b> Gabarit pour virage de base (cat C)	111
<b>Figure 3.10:</b> Aire de tolérance du repère initiale	111
<b>Figure 3.11:</b> Aire de protection du virage de base (cat A/B)	112
<b>Figure 3.12:</b> Aire de protection du virage de base (cat C)	112
<b>Figure 3.13:</b> Aire de protection du segment final (cat A/B)	114
<b>Figure 3.14:</b> Aire de protection du segment final (cat C)	114
<b>Figure 3.15:</b> Aire de tolérance du MAPT	114
<b>Figure 3.16:</b> Aire de protection du segment interrompu	119
<b>Figure 3.17:</b> Procédure d'approche aux instruments piste 08 Cat A, B, et C pour l'aérodrome de Ghriss DAOV	123
<b>Figure 3.18:</b> Code IF	124
<b>Figure 3.19:</b> Codes HA, HF, HM	124
<b>Figure 3.20:</b> Code FC	126
<b>Figure 3.21:</b> Code CI	126
<b>Figure 3.22:</b> Point fantôme	127
<b>Figure 3.23:</b> Code RF	127
<b>Figure 3.24:</b> Code TF	128
<b>Figure 3.25:</b> Code FC	129
<b>Figure 3.26:</b> Code CA	129
<b>Figure 3.27:</b> Procédure d'approche aux instruments codée avec l'ARINC 424 piste 08 aérodrome de Ghriss	130
<b>Figure 1:</b> Organisation de l'ENNA	137
<b>Figure 2:</b> Organisation de la DENA	138
<b>Figure 3:</b> Organisation de la DCA	139

**Figure 4:** Organisation de la DIA

139

**Figure 5:** Organisation du CCR

140

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.1:</b> Types de code parcours-extrémité	49
<b>Tableau 1.2:</b> Parcours initiaux et finaux	53
<b>Tableau 1.3:</b> Séquences de codes parcours-extrémité	54
<b>Tableau 1.4:</b> Données nécessaires aux codes parcours-extrémité	55
<b>Tableau 2.1:</b> Vitesse indiquée	67
<b>Tableau 2.2:</b> Descente minimale/maximale	73
<b>Tableau 2.3:</b> Taux de descente de segment final	77
<b>Tableau 2.4:</b> Valeurs de l'OCH minimale	81
<b>Tableau 2.5:</b> Distances déclarées (mètres)	91
<b>Tableau 2.6:</b> Obstacles d'aires d'approche et de décollage	91
<b>Tableau 2.7:</b> Installation de télécommunication	92
<b>Tableau 2.8:</b> Aides de radionavigation et d'atterrissage	92
<b>Tableau 3.1:</b> Calculs utilisés dans la construction du gabarit du circuit d'attente pour la CAT A/B et C	99
<b>Tableau 3.2:</b> Calculs utilisés dans la construction du gabarit du virage de base pour la CAT A/B	108
<b>Tableau 3.3:</b> Calculs utilisés dans la construction du gabarit du virage de base pour la CAT C	109
<b>Tableau 3.4:</b> Observation d'obstacles situés à la trajectoire du segment interrompu	118
<b>Tableau 3.5:</b> Minima opérationnels	120
<b>Tableau 3.6:</b> Tableau des données pour le code HA	125
<b>Tableau 3.7:</b> Tableau des données pour les codes RF et TF	128
<b>Tableau 3.8:</b> Tableau des données pour les codes FC et CA	129

## ABREVIATIONS

**AD:** Aérodrome

**AF:** Arc to a Fix

**AICM:** Aeronautical Information Conceptual Model

**AIM:** Aeronautical Information Management

**AIP:** Aeronautical Information Publication

**AIS:** Aeronautical Information Service

**AI-Sky Data:** Aeronautical Information – Sky Data

**AIXM:** Aeronautical Information Exchange Model

**API:** Approche Interrompue

**APP:** Approche

**APV:** Approach Procedure with Vertical guidance

**ARINC:** Aeronautical Radio INCorporated

**ASECNA:** Agence pour la SECurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

**ATC:** Air Traffic Control

**ATM:** Air Traffic Management

**ATS:** Air Traffic Services

**AWY:** Air Way

**CA:** Course to an Altitude

**CANSO:** Civil Air Navigation Services Organisation

**CAO:** Conception Assistée par Ordinateur

**CAT:** Catégorie

**CCR:** Centre de Contrôle Régional

**CD:** Course to a DME Distance

**CF:** Course to a Fix

**CI:** Course to an Intercept

**CQRENA:** Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne

**CR:** Course to a Radial termination

**DA/H:** Decision Altitude/Height

**DACM:** Direction de l'Aviation Civile et de la Météorologie

**DAF:** Département Administration et Finances

**DAO:** Dessin Assisté par Ordinateur

**DCA:** Département Circulation Aérienne

**DDNA:** Direction de Développement de la Navigation Aérienne

**DENA:** Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne

**DER:** Departure End of the Runway

**DF:** Direct to a Fix

**DIA:** Département Informations Aéronautiques

**DJRH:** Direction Juridique et Ressources Humaines

**DME:** Distance Measuring Equipment

**DRFC:** Direction des Ressources, des Finances et de la Comptabilité

**DS:** Département Système

**DT:** Département Technique

**DTA:** Département Télécommunications Aéronautiques

**DTNA:** Direction Technique de la Navigation Aérienne

**DWG:** DraWinG

**EFB:** Electronic Flight Bag

**ENAC:** Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse

**ENEMA:** Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique

**ENESA:** Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique

**ENNA:** Etablissement National de la Navigation Aérienne

**EUROCONTROL:** Organisation Européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne

**FA:** Fix to an Altitude

**FAF:** Final Approach Fix

**FAP:** Final Approach Precision

**FAS:** Final Approach Segment

**FC:** Track from a Fix from a Distance

**FD:** Track from a Fix to a DME Distance

**FIR:** Flight Information Region

**FM:** From a Fix to a Manual termination

**FMS:** Flight Management System

**FMS:** Flight Management Système  
**FTE:** Flight Technical Error  
**FTT:** Flight Technical Tolerance  
**HA:** Holding Altitude Termination  
**HF:** Holding Single circuit terminating at the fix  
**HM:** Holding Manual Termination  
**IAC:** Instruments approach chart  
**IAES:** Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales  
**IAF:** Initial Approach Fix  
**IF:** Initial Fix  
**IF:** Intermediate Fix  
**IFR:** Instrument Flight Rules  
**IMC:** Instrument Meteorological Conditions  
**LLZ:** Localizer  
**MAPt:** Missed Approach Point  
**MATF:** Missed Approach Turning Fix  
**MDA/H:** Minimum Descent Altitude/Height  
**MFO:** Marge de Franchissement d'Obstacles  
**MOCA/H:** Minimum Obstacle Clearance Altitude/Height  
**MSA:** Minimum Sector Altitude  
**MVI:** Manœuvre à Vue Imposée  
**MVL:** Manœuvre à vue Libre  
**NDB:** Non Directional Beacon  
**NOTAM:** Notice to Airmen  
**NPA:** Non-Precision Approche  
**OACI:** Organisation de l'Aviation Civile Internationale  
**OCA/H:** Obstacle Clearance Altitude/Height  
**OGSA:** Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique  
**ONAM:** Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie  
**OPS:** Operations  
**PA:** Precision Approche  
**PANS/OPS:** Procedures for Air Navigation Services – aircraft Operations  
**PBN:** Performance Based Navigation  
**PI:** 045/180 Procedure Turn

**PIB:** Produit Intérieur Brut mondial  
**RF:** Constant Radius Arc  
**RNAV:** Area Navigation  
**RNP:** Required Navigation Performance  
**RSFTA:** Réseau du Service Fixe des Télécommunication Aéronautique  
**RVR:** Runway Visual Range  
**RVSM:** Reduced Vertical Separation Minima  
**RWY:** Runway  
**SCC:** Service Contrôle et Coordination  
**SED:** Service Etudes et Développement  
**SIA:** Service d'Information Aéronautique  
**SID:** Service Intégration et Développement  
**SMS:** Service Maintenance Système  
**STAR:** Standard Terminal Arrival Route  
**TF:** Track to a Fix  
**TF:** Track to Fix  
**THR:** Threshold  
**TMA:** Région de contrôle terminale  
**TP:** Turning Point  
**TRD:** Distance de trajectoire  
**TWR:** Tour de contrôle  
**VA:** Heading to an Altitude termination  
**VD:** Heading to a DME Distance termination  
**VDF:** VHF direction finding  
**VFR:** Visual Flight Rules  
**VHF:** Very High Frequency  
**VI:** Heading to an Intercept  
**Vi:** Vitesse indiquée  
**VM:** Heading to a Manual termination  
**VMC:** Visual Meteorological Conditions  
**VOR:** VHF Omnidirectional Range  
**VOR:** VHF Omnidirectional Range  
**Vp:** Vitesse propre  
**VR:** Heading to a Radial termination

**WP:** Waypoint

## UNITES DE MESURE

**Ft:** Foot

**Km/h:** Kilomètre par heure

**Kt:** Nœuds

**M:** Mètres

**NM:** Nautical Mile

## SYMBOLES

**tg:** Tangente

**$\alpha$ :** Alpha

**$\theta$ :** Thêta

**$\pi$ :** Pi



## DEFINITIONS

**Aire primaire:** Aire définie située symétriquement de part et d'autre de la trajectoire de vol nominale, à l'intérieur de laquelle une marge constante de franchissement d'obstacles est assurée.

**Aire secondaire:** Aire définie située de part et d'autre de l'aire primaire, le long de la trajectoire de vol nominale, à l'intérieur de laquelle une marge décroissante de franchissement d'obstacles est assurée.

**Ai-Sky Data:** est un logiciel de gestion de base de données aéronautique.

Ai-Sky Data permet:

De créer une base de données aéronautiques;

De visualiser ces données dans une fenêtre géographique;

De vérifier l'intégrité de ces données;

De mettre à jour cette base de données;

D'éditer ces données.

**Altitude:** Distance verticale entre un niveau, un point ou un objet assimilé à un point, et le niveau moyen de la mer (MSL).

**Altitude de décision (DA) ou hauteur de décision (DH):** Altitude ou hauteur spécifiée à laquelle, au cours de l'approche de précision ou d'une approche avec guidage vertical, une approche interrompue doit être amorcée si la référence visuelle nécessaire à la poursuite de l'approche n'a pas été établie.

**Altitude de franchissement d'obstacles (OCA) ou hauteur de franchissement d'obstacles (OCH):** Altitude la plus basse ou hauteur la plus basse au-dessus de l'altitude du seuil de piste en cause ou au-dessus de l'altitude de l'aérodrome, selon le cas, utilisée pour respecter les critères appropriés de franchissement d'obstacles.

**Altitude d'un aérodrome:** Altitude du point le plus élevé de l'aire d'atterrissage.

**Altitude/hauteur de procédure:** Altitude/hauteur spécifiée pour l'exploitation, égale ou supérieure à l'altitude/hauteur de sécurité minimale du segment, et

établie pour permettre une descente stabilisée selon une pente/un angle de descente prescrit sur le segment d'approche intermédiaire/finale.

**Altitude minimale de descente (MDA) ou hauteur minimale de descente**

**(MDH):** Altitude ou hauteur spécifiée, dans une approche classique ou indirecte, au-dessous de laquelle une descente ne doit pas être exécutée sans la référence visuelle nécessaire.

**Altitude minimale de franchissement d'obstacles (MOCA):** Altitude minimale d'un segment de vol défini, qui assure la marge de franchissement d'obstacles nécessaire.

**Altitude minimale de secteur (MSA):** Altitude la plus basse qui puisse être utilisée et qui assurera une marge minimale de franchissement de 300 m (1 000 ft) au-dessus de tous les objets situés dans un secteur circulaire de 46 km (25 NM) de rayon centré sur une aide de radionavigation.

**Altitude topographique:** Distance verticale entre un point ou un niveau, situé à la surface de la terre ou rattaché à celle-ci, et le niveau moyen de la mer.

**Cap:** Orientation de l'axe longitudinal d'un aéronef, généralement exprimée en degrés par rapport au nord (vrai, magnétique, compas ou grille).

**Code parcours-extrémité:** Code à deux lettres qui définit un type donné de trajectoire de vol à suivre le long d'un segment de procédure et une fin précise pour cette trajectoire. Des codes parcours-extrémité sont attribués à tous les segments des procédures RNAV, SID et STAR et des procédures d'approche stockées dans les bases de données de navigation embarquées.

**Concepteur de procédures de vol:** Personne chargée de concevoir des procédures de vol, qui remplit les conditions de compétence fixées par l'État.

**Distance DME:** Distance optique (distance oblique) entre la source d'un signal DME et l'antenne de réception.

**Hauteur:** Distance verticale entre un niveau, un point ou un objet assimilé à un point, et un niveau de référence spécifié.

**Hauteur de décision:** Voir Altitude de décision.

**Hauteur du point de repère (RDH):** Hauteur de l'alignement de descente prolongé ou d'une trajectoire verticale nominale au seuil de la piste.

**Hauteur minimale de descente:** Voir Altitude minimale de descente.

**Navigation de surface (RNAV):** Méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites de la couverture des aides de navigation à référence sur station, ou dans les limites des possibilités d'une aide autonome, ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

**Niveau:** Terme générique employé pour indiquer la position verticale d'un aéronef en vol et désignant, selon le cas, une hauteur, une altitude ou un niveau de vol.

**Niveau de vol:** Surface isobare liée à une pression de référence spécifiée, soit 1 013,2 hectopascals (hPa), et séparée des autres surfaces analogues par des intervalles de pression spécifiés.

**Obstacle significatif:** Tout détail naturel du relief, ou tout objet fixe artificiel, à caractère permanent ou temporaire, se détachant en hauteur sur son entourage et considéré comme pouvant présenter un danger pour le passage des aéronefs dans le cadre de l'opération pour laquelle la procédure a été conçue.

**Point d'approche interrompue (MAPt):** Point d'une procédure d'approche aux instruments auquel ou avant lequel la procédure prescrite d'approche interrompue doit être amorcée afin de garantir que la marge minimale de franchissement d'obstacles sera respectée.

**Point de cheminement:** Emplacement géographique spécifié utilisé pour définir une route à navigation de surface ou la trajectoire d'un aéronef utilisant la navigation de surface. Les points de cheminement sont désignés comme suit :  
Point de cheminement par le travers. Point de cheminement qui nécessite une anticipation du virage de manière à intercepter le segment suivant d'une route ou d'une procédure ; ou  
Point de cheminement à survoler. Point de cheminement auquel on amorce un virage pour rejoindre le segment suivant d'une route ou d'une procédure.

**Procédure d'approche aux instruments (IAP):** Série de manoeuvres prédéterminées effectuées en utilisant uniquement les instruments de vol, avec

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

**Procédure d'approche classique (NPA):** Procédure d'approche aux instruments qui utilise le guidage latéral mais pas le guidage vertical.

**Procédure d'approche avec guidage vertical (APV):** Procédure d'approche aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical mais ne répond pas aux spécifications établies pour les approches et atterrissages de précision.

**Procédure d'approche de précision (PA):** Procédure d'approche aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical de précision en respectant les minimums établis selon la catégorie de vol.

**Procédure d'approche de précision:** Procédure d'approche aux instruments qui utilise les informations d'azimut et de trajectoire de descente fournies par un ILS ou un PAR.

**Procédure d'approche interrompue:** Procédure à suivre lorsqu'il est impossible de poursuivre l'approche.

**Procédure d'attente:** Manoeuvre prédéterminée exécutée par un aéronef pour rester dans un espace aérien spécifié en attendant une autorisation.

**Procédure d'inversion:** Procédure conçue pour permettre à l'aéronef de faire demi-tour sur le segment d'approche initiale d'une procédure d'approche aux instruments. Cette suite de manoeuvres peut comprendre des virages conventionnels ou des virages de base.

**Procédure en hippodrome:** Procédure conçue pour permettre à l'aéronef de perdre de l'altitude sur le segment d'approche initiale et/ou le placer sur le segment en rapprochement lorsqu'il est trop difficile de lui faire amorcer une procédure d'inversion.

**Qualité de navigation requise (RNP):** Expression de la performance de navigation qui est nécessaire pour évoluer à l'intérieur d'un espace aérien défini.

**Région montagneuse:** Région à profil de terrain variable, où les changements d'altitude topographique dépassent 900 m (3 000 ft) à l'intérieur d'une distance de 18,5 km (10,0 NM).

**Repère d'approche initiale (IAF):** Repère qui marque le début du segment initial et la fin du segment d'arrivée, s'il y a lieu.

**Repère d'attente:** Emplacement géographique qui sert de référence dans le cadre d'une procédure d'attente.

**Repère d'attente en approche interrompue (MAHF):** Repère utilisé en applications RNAV pour marquer la fin du segment d'approche interrompue et le point central d'attente en approche interrompue.

**Repère de descente:** Repère placé au FAP dans une approche de précision afin de surmonter certains obstacles qui se trouvent avant le FAP, faute de quoi ils devraient être pris en compte aux fins du franchissement d'obstacles.

**Repère de virage en approche interrompue (MATF):** Repère, différent du MAPt, qui marque un virage dans le segment d'approche interrompue.

**Repère intermédiaire (IF):** Repère qui marque la fin d'un segment initial et le début du segment intermédiaire.

**Route:** Projection à la surface de la terre de la trajectoire d'un aéronef, trajectoire dont l'orientation, en un point quelconque, est généralement exprimée en degrés par rapport au nord (vrai, magnétique ou grille).

**Segment d'approche finale:** Partie d'une procédure d'approche aux instruments au cours de laquelle sont exécutés l'alignement et la descente en vue de l'atterrissage.

**Segment d'approche initiale:** Partie d'une procédure d'approche aux instruments située entre le repère d'approche initiale et le repère d'approche intermédiaire, ou, s'il y a lieu, le repère ou point d'approche finale.

**Segment d'approche intermédiaire:** Partie d'une procédure d'approche aux instruments 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.

**Seuil:** Début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage.

**Tolérance d'écart latéral (XTT):** Tolérance de repère mesurée perpendiculairement à la trajectoire nominale, résultant des tolérances d'équipement embarqué et d'équipement au sol ainsi que de la tolérance technique de vol (FTT).

**Tolérance d'écart longitudinal (ATT):** Tolérance de repère le long de la trajectoire nominale, résultant des tolérances de l'équipement embarqué et de l'équipement au sol.

**Trajectoire d'approche finale:** Trajectoire de vol sur le segment d'approche finale qui est normalement alignée sur l'axe de la piste. Dans le cas des segments d'approche finale décalés, la trajectoire d'approche finale est alignée selon l'orientation du FTP et du FPAP.

**Virage conventionnel:** Manoeuvre consistant en un virage effectué à partir d'une trajectoire désignée, suivi d'un autre virage en sens inverse, de telle sorte que l'aéronef puisse rejoindre la trajectoire désignée pour la suivre en sens inverse.

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

## INTRODUCTION

Le transport aérien a évolué pour devenir un élément clé de l'économie mondiale qui contribue avec 1% au produit intérieur brut mondial (PIB). Au fur et à mesure que les économies mondiales se développent, la demande de transport aérien augmente rapidement. L'espace aérien et la capacité de l'aéroport doivent être augmentés pour absorber cette demande. Étant donné que les méthodes traditionnelles d'augmentation de la capacité sont presque épuisées, des méthodes et des concepts nouveaux et améliorés sont nécessaires pour maximiser l'exploitation de la capacité existante et pour augmenter la capacité chaque fois que possible. Afin de libérer la capacité latente dans le système de gestion du trafic aérien (ATM) et de créer une nouvelle capacité, ATM doit évoluer et mettre en place les moyens de fournir la capacité nécessaire de manière sûre, rapide, efficace et rentable. [1]

La fourniture traditionnelle des informations aéronautiques centrée sur les produits doit être remplacée par une solution axée sur les données et axée sur les systèmes, dans laquelle des données électroniques fiables, de grande qualité, relatives à l'information aéronautique et météorologique ainsi qu'à l'espace aérien et à la gestion des flux de trafic sont mises à disposition de manière permanente et dynamique pour les applications qui effectuent les tâches requises, qu'il s'agisse de planification de vol, La gestion de vol, la navigation, l'assurance de séparation, ou toute autre activité ATM stratégique ou tactique. [1]

De nouveaux concepts et systèmes avancés peuvent offrir des améliorations potentielles en termes de sûreté, d'efficacité et d'économie de vol, à condition que leur mise en œuvre soit réalisée d'une manière coordonnée avec un processus de planification harmonisé avec les plans régionaux et le plan mondial.

L'objectif visé par notre travail est de présenter le concept de la gestion de l'information aéronautique AIM qui a apporté un changement majeur dans le monde de l'aéronautique, en soulignant l'amélioration continue de la fourniture de l'information aéronautique, en particulier l'information sur la circulation aérienne, par l'élaboration d'une nouvelle procédure d'approche aux instruments pour

l'aérodrome de Mascara, en mettant le doigt sur le concept du codage ARINC 424.

Pour atteindre les objectifs visés, des améliorations sont nécessaires basée sur l'ajout des avions de catégorie C pour apporter une meilleure utilisation de l'infrastructure et une exploitation maximale de cet aérodrome, des avantages aux compagnies aériennes tant du point de vue économique que sur le plan de l'exploitation, et enfin, un renforcement du transport aérien national.

Le présent mémoire est structuré en trois (03) chapitres bien distincts désignés ci-après:

- ❖ Chapitre 1: Concept de la gestion de l'information aéronautique (AIM).

Chapitre subdivisé en trois (02) sections:

- ◆ Section 1: La transition de l'AIS vers l'AIM;
- ◆ Section 2: la base de données ARINC 424.

- ❖ Chapitre 2: Les procédures d'approche aux instruments.

Chapitre subdivisé en deux (02) sections:

- ◆ Section 1: Les procédures d'approche de type classique;
- ◆ Section 2: L'étude de l'existant (DAOV).

- ❖ Chapitre 3: L'élaboration de la procédure d'approche.

Chapitre subdivisé en deux (02) sections:

- ◆ Section 1: La conception de la procédure;
- ◆ Section 2: Le codage de la procédure.

Le mémoire comportera une conclusion générale dans laquelle seront développés quelques commentaires et des propositions, plus une présentation succincte de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne (lieu du stage effectué), et du logiciel AutoCAD (l'outil de schématisation), et enfin, les dessins originaux de la procédure.



# CHAPITRE I

## GESTION DE L'INFORMATION AERONAUTIQUE

### **Introduction:**

Le présent chapitre explique comment la transition de l'AIS à l'AIM a changé nos perspectives sur la fourniture de l'information aéronautique et comment les concepteurs de procédures, autorités de navigabilité, contrôleurs et pilotes utilisent ce concept.

Il comportera également deux (02) petites sections bien distinctes

## **SECTION 1**

### **DE L' AIS À L' AIM**

#### **I.1.1 Introduction:**

L'information aéronautique est l'un des acteurs les plus influents dans le domaine de l'aviation civile, joue un rôle vital représenté en l'acheminement des renseignements et données nécessaires à la sécurité, à la régularité et à l'efficacité de la navigation aérienne internationale.

#### **I.1.2. Importance de l'information aéronautique:**

La disponibilité en temps voulu d'informations aéronautiques de qualité supérieure permet aux services ATM et aux utilisateurs de l'espace aérien de garantir la sécurité, l'efficacité et la durabilité de leurs activités.

Il est indispensable de disposer d'une meilleure information aéronautique pour mettre sur pied un système ATM intégré et compatible, qui permette aux fournisseurs de services de navigation aérienne d'augmenter le volume de trafic qu'ils peuvent traiter simultanément, dans le même espace, en toute sécurité. Un tel système offrirait un lien effectif entre toute la gamme de services, depuis la conception de l'espace aérien jusqu'à la planification de vol, la planification des opérations aux aéroports et la garantie de la séparation des vols, tout en continuant à assurer la sécurité et la sûreté des voyageurs et en réduisant l'incidence environnementale des opérations sur la planète et sur sa population.

Une meilleure information aéronautique est indispensable à la mise en place d'un système ATM souple qui réduise les coûts et les incidences environnementales tout en améliorant l'accès à un espace aérien encombré et à des aéroports éloignés dans des pays en développement. Un tel système permettrait aux planificateurs et aux décideurs de prendre les bonnes décisions pour la création de nouveaux outils et techniques basés sur des informations précises, disponibles à temps et au bon endroit.

Une meilleure information aéronautique est indispensable si nous voulons disposer d'un système qui confère une autonomie accrue aux usagers de l'espace aérien en leur donnant un rôle plus important dans la conception du système ATM

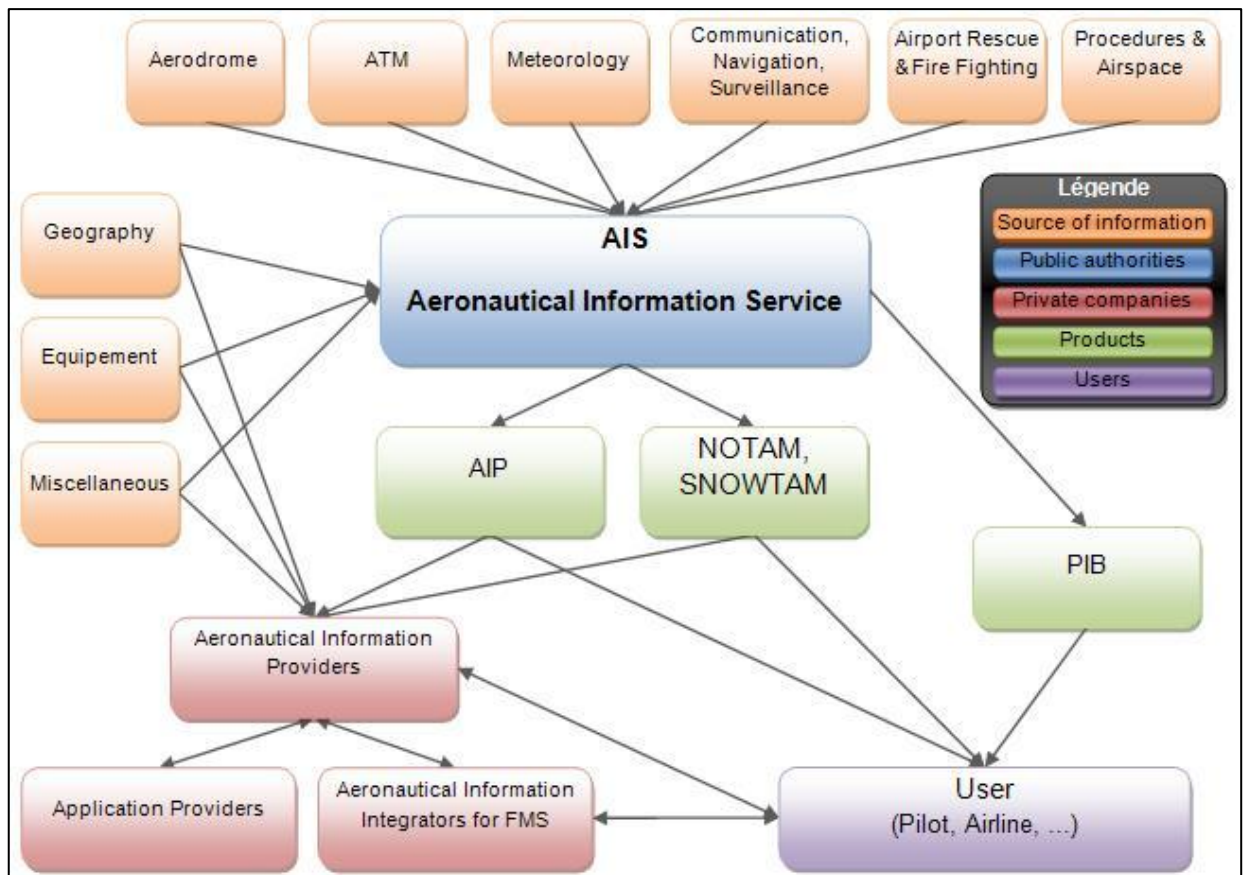
et en les aidant à comprendre leurs options et à prendre des décisions en connaissance de cause tout en assurant la sécurité du public.

Des informations aéronautiques altérées, erronées, tardives ou manquantes sont susceptibles de nuire à la sécurité de la navigation aérienne, tout comme une altération ou un dysfonctionnement des aides à la navigation nuit à la sécurité de la navigation terrestre. [7]

### **I.1.3. Mode actuel de diffusion de l'information aéronautique:**

Nous vivons à l'ère de l'Internet, de la navigation par satellite et des réseaux informatiques mais notre approche de la diffusion de l'information aéronautique reste basée sur des cartes et de la documentation imprimées. Les systèmes sont totalement indépendants les uns des autres. La plupart des données sont introduites plus d'une fois dans différents ordinateurs à l'aide d'un clavier plutôt que par transferts de fichiers ou par transactions entre bases de données. Cela est assuré par le service d'information aéronautique.

Le service d'information aéronautique (AIS) a pour objet de recueillir et de diffuser des données aéronautiques et des informations aéronautiques nécessaires à la sécurité, à la régularité, à l'économie et à l'efficacité du système mondial de gestion du trafic aérien (ATM) d'une manière durable du point de vue de l'environnement. Le rôle et l'importance des données aéronautiques et des informations aéronautiques ont considérablement changé avec la mise en œuvre de la navigation de surface (RNAV), de la navigation fondée sur les performances (PBN), de systèmes de navigation de bord informatisés et de systèmes de liaison de données. [7]

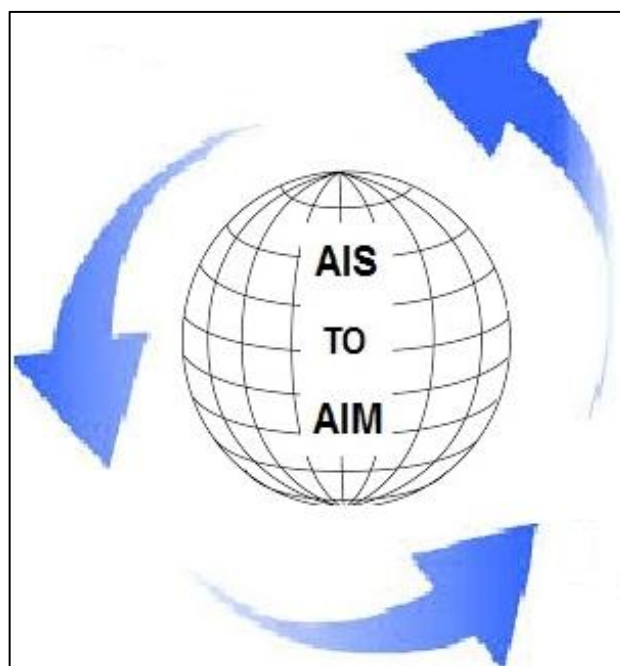


**Figure 1.1:** Diagramme de service d'information aéronautique [8]

En juin 2006, un Congrès AIS mondial s'est tenu à Madrid (Espagne). Ce Congrès a étudié le rôle essentiel de l'AIS dans le monde en pleine évolution de l'ATM. Il a constaté que des systèmes informatisés de navigation et la navigation de surface (RNAV), la qualité de navigation requise (RNP) et les exigences ATM généraient un besoin de nouvelles exigences correspondantes pour l'AIS en matière de qualité et d'opportunité de l'information. L'AIS doit faire passer la fourniture de produits prédéterminés à la gestion des données à partir de laquelle l'information aéronautique dans son intégralité peut être extraite et ensuite personnalisée de diverses manières pour répondre aux besoins futurs de l'ATM. Donc l'AIS devrait dès lors voir son rôle se muer en service de gestion de l'information aéronautique (AIM), ce qui modifierait ses tâches, ses responsabilités et sa portée en vue de répondre à ces nouvelles exigences et d'assumer et gérer la fourniture d'informations. [7]

#### **I.1.4. Migration de l'AIS vers l'AIM:**

Il y a aujourd'hui au niveau mondial un mouvement progressif du passage du papier au numérique structuré « base de données AICM/AIXM », du passage d'un « produit » à une « donnée », du passage d'une information aéronautique statique classique (cartes, AIP..) vers une gestion dynamique et intégrée des services de l'information aéronautique avec une amélioration de la qualité des données et une automatisation des fonctions sur la base de la fourniture et de l'échange de données aéronautiques digitales, de qualité garantie, en collaboration avec toutes les parties.



**Figure 1.2:** de l'AIS à l'AIM [9]

La gestion de l'information aéronautique (AIM) décrit la globale et interopérable fourniture de données aéronautiques de la qualité requise. Il couvre les besoins du système ATM actuel et futur et de toutes les phases de vol, dans une approche holistique axée sur les données. Le rôle de l'AIM est de surveiller et de contrôler la qualité des données partagées et de fournir des mécanismes qui soutiennent la communauté ATM dans l'établissement et la gestion du partage d'informations dans un effort collectif de tous les fournisseurs de données. Il constitue la base d'une meilleure prise de décision par tous les membres de la communauté ATM au cours des processus de planification stratégique, pré-tactique et tactique, L'AIM vise aussi à moderniser le système national de

transport aérien afin de permettre d'augmenter la capacité et la fiabilité tout en améliorant la sécurité et la sûreté et en réduisant au minimum l'incidence de l'aviation sur l'environnement.

L'AIM sera en mesure de répondre aux besoins des utilisateurs sur plusieurs niveaux. Ce sera également un facteur important de la transition du côté de l'utilisateur. Il offrira un service de données supérieur et une flexibilité totale pour les utilisateurs via le concept d'application utilisateur. Il conservera également la possibilité d'offrir des produits AIS traditionnels aux utilisateurs qui n'ont pas encore effectué la transition (AIS est un composant d'AIM). Cela sera progressivement réalisé grâce à l'introduction de la fourniture d'informations numériques conformément aux recommandations de la onzième Conférence de navigation aérienne (2003). [7]



Figure 1.3: Base de données AIM [10]

Les États qui ne sont pas encore passés au numérique seront encouragés à le faire et à recourir à cette fin à la technologie informatique ou aux communications numériques et à introduire, dans leurs processus de production, des données numériques structurées provenant de bases de données. [7]

#### **I.1.5. Objectifs de la transition à l'AIM:**

La liste est très longue, on va seulement mentionner les principaux objectifs attendus:

- ✓ Réaliser une structure de gestion d'information aéronautique uniforme et efficace, pour supporter toutes les phases du vol;
- ✓ Assurer la cohérence, l'authenticité et la couverture appropriée des données, et améliorer la sécurité ;
- ✓ Assurer l'accessibilité des données par tous les utilisateurs du réseau ATM, tant sur le terrain que dans l'air;
- ✓ Permettre aux pilotes un suivi en temps réel de son plan de vol;
- ✓ Comprendre toutes les catégories d'informations requises pour soutenir le nouveau système ATM à cause de la portée élargie de l'AIM.

L'AIM assure aussi:

- ✓ Une automatisation accrue permettant une prise de décision coopérative;
- ✓ Une meilleure intégration des systèmes et une trajectoire 4D;
- ✓ Une efficacité accrue et une plus grande rentabilité du système de navigation aérienne;
- ✓ Une meilleure répartition des données en termes de qualité et de délais.

#### **I.1.6. Aspects de la transition à l'AIM:**

Cette transition a touché le domaine de l'information aéronautique sur plusieurs niveaux, de la réception, la compilation, l'édition et jusqu'à la diffusion des données aéronautique en assurant toujours la qualité et l'intégrité de ces données.

Selon les usagers aériens, le développement de l'accès électronique devrait permettre une mise à disposition plus rapide et plus à jour de l'information aéronautique et l'amélioration du traitement automatisé des informations devraient garantir une plus grande fiabilité et une meilleure lisibilité.

Les usagers aériens vont aujourd'hui vers un service fiable ouvert sur les nouvelles technologies apportant des fonctions plus avancées que celles offertes par les systèmes actuellement mis à leur disposition et permettant aux pilotes un suivi en temps réel de la prise en compte de son plan de vol. [7]

Nous trouvons à l'avant-garde de ces technologies le dispositif sophistiqué appelé « le sac de vol électronique ».

#### **I.1.7. Le sac de vol électronique:**

Le «sac de vol électronique» (dans le jargon on dit: EFB «Electronic Flight Bag») est un dispositif électronique de gestion de l'information qui aide les équipages à effectuer des tâches de gestion de vol plus facilement et plus efficacement avec moins de papier. Il s'agit d'une plate-forme informatique d'usage général destinée à réduire ou remplacer le matériel de référence à base de papier comme le manuel de l'avion, d'exploitation, manuel d'exploitation des équipages de conduite, et les cartes de navigation (y compris carte mobile pour opérations aériennes et terrestres).

En outre, l'EFB peut héberger des applications et des logicielles spécialement conçues pour automatiser d'autres fonctions, normalement effectuées à la main, comme les calculs de performances de décollage, centrage...





Figure 1.4: Sac de vol électronique portable [11]

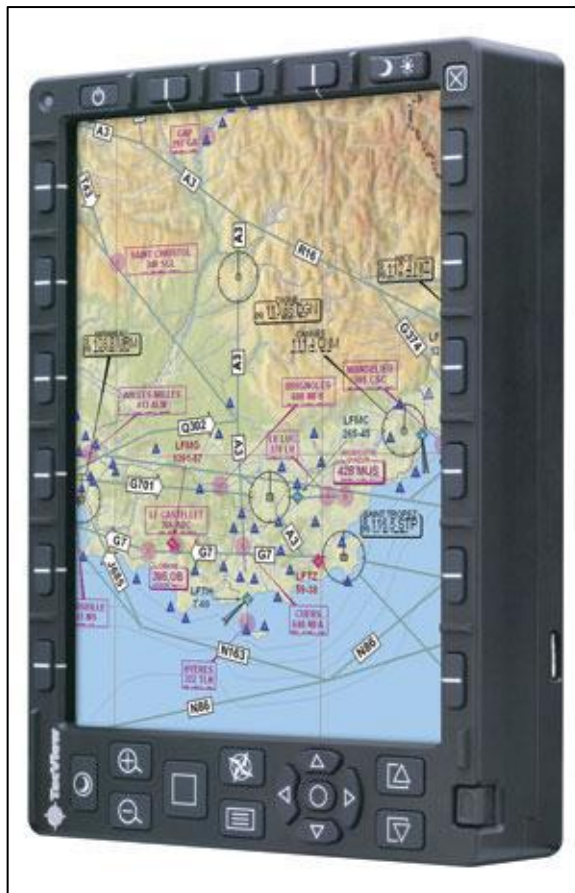


Figure 1.5: Sac de vol électronique installé [11]

### **I.1.8. Vers un cockpit sans papier:**

L'EFB tire son nom du traditionnel sac de vol qui est généralement un lourd document papier (jusqu'à 20 kg voire plus) que les pilotes emportent dans le cockpit. Le sac de vol électronique est le remplacement de ces documents par un format numérique, Il remplace la documentation papier, composée de cartes, d'itinéraires, de bulletins météorologiques ou de notifications des aéroports que les pilotes devaient jusqu'à récemment mettre à jour manuellement pour chaque vol et transporter dans leur "sac de vol".

Cette documentation est maintenant collectée automatiquement à partir des sources officielles et mise à disposition par le biais d'un dispositif relié à l'avion. Grâce à cette connexion, l'appareil affiche également des données techniques en temps réel reçues des systèmes de l'avion. Le poids EFB est typiquement de 0,5 à 2,2 kg, environ le même que celui d'un ordinateur portable. [12]

### **I.1.9. Avantages apportés par l'EFB:**

Il y a de nombreux avantages pour l'utilisation d'un EFB mais les avantages spécifiques varient en fonction du type d'opération, le système de gestion, la distribution de contenu existant, et le type d'applications déployées. Certains avantages communs incluent:

- ✓ Une économie de poids en remplaçant le sac de vol traditionnel;
- ✓ Une réduction de la manipulation de sacs de vol traditionnels;
- ✓ Un coût réduit et une plus grande efficacité en réduisant ou en éliminant les check-lists papier;
- ✓ Une augmentation de la sécurité et réduction du travail du pilote.

L'EFB affiche également des données techniques en temps réel reçues des systèmes de l'avion. Pour les pilotes et copilotes, cela signifie un accès plus sûr et plus rapide à l'information dont ils ont besoin avant, pendant et après le vol. L'EFB maintient constamment la trace de l'évolution de chaque vol, avertissant le pilote de tous les problèmes pouvant concerner les itinéraires ou le carburant et lui permettant d'optimiser les paramètres de vol en temps réel, il permet aussi aux pilotes d'optimiser les performances de l'avion grâce notamment aux données en temps réel sur le vent et la température, ce qui rend possible des économies de carburant d'environ 200.000 litres par an et une contribution non négligeable à

l'effort pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. L'EFB permet également de diminuer le poids hors charge utile des avions ainsi que, de manière plus générale, la consommation de papier. [12]

#### **I.1.10. Conclusion:**

Pour faire évoluer les services classiques de l'information aéronautique (AIS) vers la gestion de l'information aéronautique (AIM), L'OACI, Eurocontrol et CANSO élaborent une stratégie, d'où l'enjeu principal de cette stratégie est de doter les prestataires de services d'information aéronautique d'outils et de bases de données structurés, reposant notamment sur des systèmes d'information géographique (système géodésique). Il y a plusieurs concepteurs de base de données dans le monde d'aviation mais le pionnier incontesté est la société « ARINC ».

## SECTION 2

### ARINC 424

#### **I.2.1. Introduction:**

Les systèmes de navigation de surface (RNAV), les applications aéronautiques et les fonctions qui dépendent des bases de données sont répandus. Depuis les années 1970, les systèmes de vol installés se sont appuyés sur les bases de données de navigation aérienne pour supporter leurs fonctions prévues, telles que les données de navigation utilisées pour faciliter la présentation et la compréhension des informations de vol à l'équipage de conduite et pour assurer une meilleure visualisation des cartes aéronautiques.

Avec les mises à niveau écrasantes des systèmes de navigation et des systèmes de gestion de vol entièrement intégrés (FMS) qui sont maintenant installés dans presque tous les avions commerciaux, le besoin de bases de données aériennes fiables et cohérentes est plus important que jamais. [1]

#### **I.2.2. Standardisation de la base de données de navigation aérienne:**

À partir des années 1970, l'exigence des bases de données de navigation aérienne est devenue plus critique. En 1973, National Airlines (une compagnie aérienne américaine) a installé les systèmes Collins ANS-70 et AINS70 RNAV dans leur flotte DC-10, qui a marqué la première utilisation commerciale de l'avionique qui nécessitait des bases de données de navigation. Peu de temps après, Delta Airlines (une compagnie aérienne américaine) a mis en place l'utilisation d'un système ARMA Corporation RNAV qui utilisait également une base de données de navigation. Bien que le type de données stockées dans les deux systèmes soit fondamentalement identique, les concepteurs ont créé les bases de données pour résoudre les problèmes individuels de chaque système, ce qui signifie qu'ils n'étaient pas interchangeables. Au fur et à mesure que la mise en œuvre des systèmes RNAV se développait, une norme mondiale pour les bases de données de navigation aérienne était nécessaire.

En 1973, Aeronautical Radio, Incorporated (ARINC) a parrainé la formation d'un comité pour normaliser les bases de données aéronautiques. En 1975, le comité a publié la première norme, la spécification ARINC 424, qui est restée le format mondialement accepté pour la transmission des bases de données de navigation. [1]

### **I.2.3. ARINC 424:**

Toutes les données de navigation utilisées par un système RNAV certifié pour le vol en région terminale sont stockées dans une base de données de navigation. Ces bases de données sont construites à partir de données codées conformément à la norme de l'industrie de l'aviation ARINC 424 (Spécification de bases de données de systèmes de navigation), ou une norme équivalente de l'industrie.



**Figure 1.6:** Logo de la société ARINC

ARINC 424 est la norme recommandée par l'industrie du transport aérien pour la préparation et la transmission de données pour l'ensemble des bases de données de navigation du système aérien. Les données sont destinées à fusionner avec le logiciel du système de navigation de l'avion pour fournir une source de référence de navigation. Chaque version ultérieure de la spécification ARINC 424 offre une capacité supplémentaire pour les systèmes de navigation à utiliser.

La fusion des données ARINC 424 avec le logiciel système de chaque fabricant est unique et les types de segments ARINC 424 fournissent un guidage vertical et une route sol pour une procédure de vol spécifique. Ces types de

segments doivent fournir des routes de vol répétables pour la conception de la procédure. Le type de segment de la base de données de navigation est le concept de parcours/extrémité. [1]




#### **I.2.4. Code parcours-extrémité:**

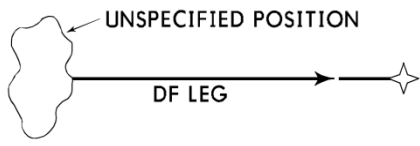
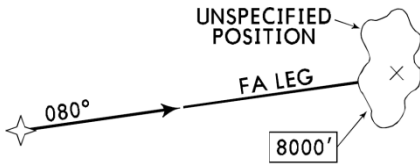

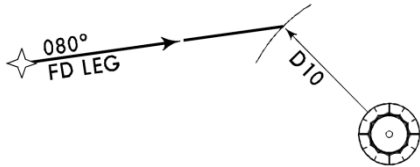

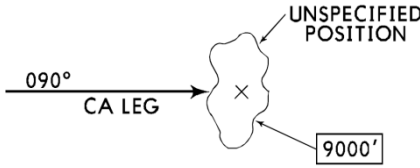
Afin de faciliter la traduction de la description en texte d'une procédure, ainsi que des routes représentées sur les cartes, en un code approprié pour les systèmes de navigation, l'industrie de l'aviation a élaboré le concept de « parcours et extrémité » (path and termination) pour les procédures de région terminale. [1]

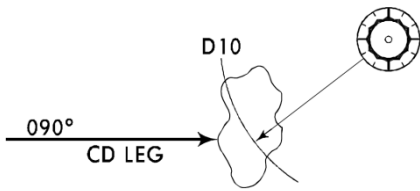
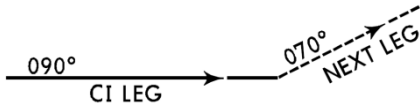
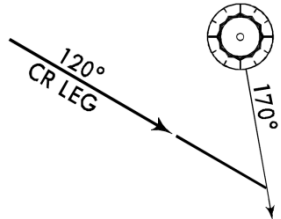
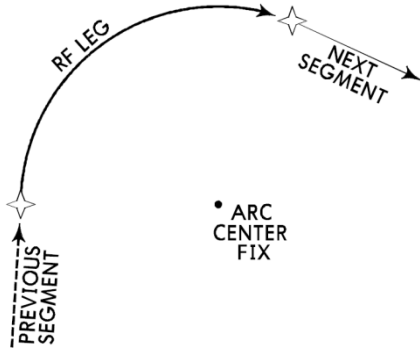
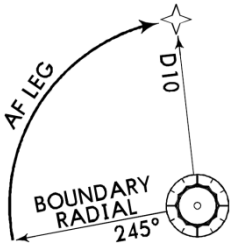
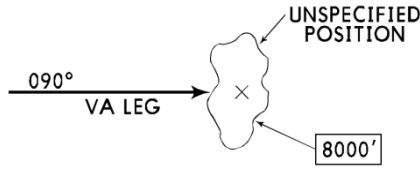
Code parcours-extrémité: Code à deux lettres qui définit un type donné de trajectoire de vol à suivre le long d'un segment de procédure et une fin précise pour cette trajectoire. Des codes parcours-extrémité sont attribués à tous les segments des procédures RNAV, SID et STAR et des procédures d'approche stockées dans les bases de données de navigation embarquées. [2]

#### **I.2.5. Types de code parcours-extrémité:**

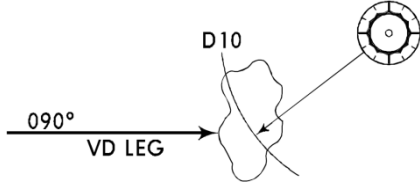
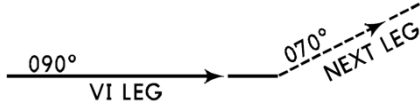
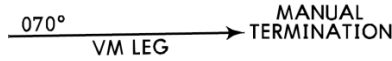
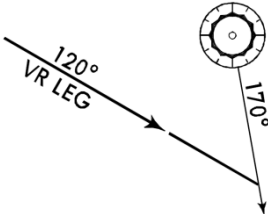
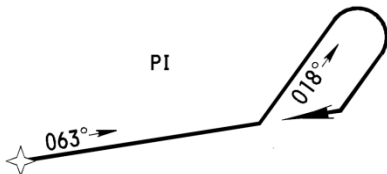
Il y a actuellement 23 codes différents qui sont définis dans la norme ARINC 424, Des descriptions de tous les codes de conception de procédures RNAV sont données dans le tableau ci-après:

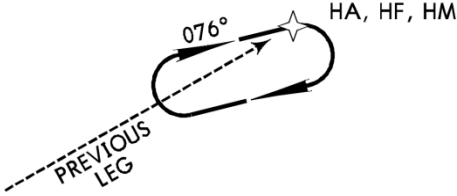
Code	Exemple de parcours	Description
IF		Figure1: Repère initial (Initial Fix) Définit un repère comme point dans l'espace.
TF		Figure2: Route jusqu'à un repère (Track to a Fix) Définit une route de grande cercle sur le sol entre deux repères connues.
CF		Figure3: Direction jusqu'à un repère (Course to a Fix) Définit un parcours spécifié jusqu'à un repère spécifique.

<p>DF</p>		<p>Figure4: Direct jusqu'à un repère (Direct to a Fix) Définit une route non spécifiée à partir d'une position indéfinie vers un repère spécifique.</p>
<p>FA</p>		<p>Figure5: Direction depuis un repère jusqu'à une altitude (Fix to an Altitude) Définit une route spécifiée sur le sol à partir d'un repère vers une altitude spécifiée à une position indéterminée.</p>
<p>FC</p>		<p>Figure6: Route depuis un repère pour une distance spécifiée (Track from a Fix for a Distance) Définit une route spécifiée sur le sol à partir d'un repère pour une distance spécifique.</p>
<p>FD</p>		<p>Figure7: Route depuis un repère jusqu'à une distance DME (Track from a Fix to a DME Distance) Définit une route spécifiée sur le sol à partir d'un repère vers une distance DME spécifique qui provient d'un DME spécifique.</p>
<p>FM</p>		<p>Figure8: Direction depuis un repère jusqu'à une fin manuelle (From a Fix to a Manual termination) Définit une route spécifiée sur le sol à partir d'un repère jusqu'à la fin du segment manuelle.</p>
<p>CA</p>		<p>Figure9: Direction jusqu'à une altitude (Course to an Altitude) Définit un parcours spécifique jusqu'à une altitude spécifique à une position indéterminée.</p>

<p>CD</p>		<p>Figure10: Direction jusqu'à une distance DME (Course to a DME Distance) Définit un parcours spécifique à une distance DME spécifique qui provient d'un DME spécifique.</p>
<p>CI</p>		<p>Figure11: Direction jusqu'à une interception (Course to an Intercept) Définit un parcours spécifié pour intercepter le segment suivant.</p>
<p>CR</p>		<p>Figure12: Direction jusqu'à une radiale (Course to a Radial Termination) Définit un parcours vers un Radial spécifié à partir d'un VOR spécifique.</p>
<p>RF</p>		<p>Figure13: Arc de rayon constant jusqu'à un repère (Constant Radius Arc) Définit un virage de rayon constant entre deux repères, des lignes tangentes à l'arc et un repère du centre de l'arc.</p>
<p>AF</p>		<p>Figure14: Arc jusqu'à un repère (Arc to a Fix) Définit une route sur le sol à une distance constante spécifiée à partir d'un DME.</p>
<p>VA</p>		<p>Figure15: Cap jusqu'à une altitude (Heading to an Altitude termination) Définit un cap spécifié jusqu'à une terminaison d'altitude spécifique à une position indéterminée.</p>



<p>VD</p>		<p>Figure16: Cap jusqu'à une distance DME (Heading to a DME Distance termination) Définit un cap spécifié se terminant à une distance DME spécifiée d'un DME spécifique.</p>
<p>VI</p>		<p>Figure17: Cap jusqu'à une interception (Heading to an Intercept) Définit un cap spécifié pour intercepter le segment suivant à une position indéterminée.</p>
<p>VM</p>		<p>Figure18: Cap jusqu'à une fin manuelle (Heading to a Manual termination) Définit un cap spécifié jusqu'à une terminaison manuelle.</p>
<p>VR</p>		<p>Figure19: Cap jusqu'à une radiale (Heading to a Radial termination) Définit un cap spécifié jusqu'à un radial spécifié à partir d'un VOR.</p>
<p>PI</p>		<p>Figure20: Virage conventionnel 045°/180° (045°/180° Procedure Turn) Définit un renversement de parcours à partir d'un repère spécifique, comprend un segment rectiligne suivie d'un virage gauche ou droit et d'un renversement de parcours de 180 degrés pour intercepter le segment suivant. Un temps ou une distance maximum d'excursion est inclus comme champ de données.</p>

HA, HF, HM		<p>Figure21: Attente/hippodrome (Racetrack Course Reversal) Définit les retournements de parcours à un repère spécifié par un circuit hippodrome. Le temps ou la distance des segments est inclus comme champ de données.</p> <p>Les trois codes indiquent différents types de terminaison de chemin:  HA = Terminaison d'altitude  HF = circuit unique se terminant par le repère.  HM = Terminaison manuelle.</p>
------------------	---	---

**Tableau 1.1:** Types de code parcours-extrémité [3]

### I.2.6. Règles de création des codes parcours-extrémité:

L'application du concept de codes parcours-extrémité est régie par une série complète de règles qui ont été élaborées et actualisées par l'industrie depuis 1980 et qui sont publiées dans une spécification ARINC, Il est impératif que le concepteur de procédures suive ces règles à la lettre pour que la procédure soit correctement codée dans la base de données de navigation embarquée. [2]

Le tableau suivant définit les codes parcours-extrémité qui peuvent servir dans les parcours initiaux et finaux de procédures SID, STAR, approche et approche interrompue:

Procédure	Parcours initial	Parcours final
SID	CA, CF, VA, VI	CF, DF, FM, HA, RF, TF, VM
STAR	FC, FD, IF	CF, DF, FM, HM, RF, TF, VM
Approche	IF	CF, TF, RF
Approche interrompue	CA, CF, DF, FA, FC, FD, CI, HA, HM, RF, VI, VR, VM	AF, CF, DF, FM, HM, RF, TF, VM

**Tableau 1.2:** Parcours initiaux et finaux [3]

Note : Le « parcours final » d'une approche est le segment d'approche finale.

Le tableau ci-dessous définit les séquences de parcours permises:

		Parcours suivant																						
		AF	CA	CD	CF	CI	CR	DF	FA	FC	FD	FM	HA	HF	HM	IF	PI	RF	TF	VA	VD	VI	VM	VR
Parcours actuel	AF																							
	CA																							
	CD																							
	CF							1																
	CI																							
	CR																							
	DF							1																
	FA																							
	FC							1																
	FD																							
	FM																							
	HA																							
	HF																							
	HM																							
	IF								2	2	2	2	2	2	2		2	3						
	PI																							
	RF																							
	TF																							
	VA																							
	VD																							
VI																								
VM																								
VR																								

Tableau 1.3: Séquences de codes parcours-extrémité [3]

Une case en grisé indique que la séquence « parcours actuel/parcours suivant » n'est pas permise.

**Note 1:** Une séquence CF/DF, DF/DF ou FC/DF ne peut être utilisée que lorsqu'il est prévu de survoler l'extrémité du premier parcours, autrement un autre codage doit être utilisé.

**Note 2:** Le parcours IF n'est programmé que lorsque les contraintes d'altitude à chaque extrémité d'un parcours FX, HX ou PI sont différentes.

**Note 3:** La combinaison IF/RF n'est permise qu'au début de l'approche finale.

Le tableau ci-dessous définit les données nécessaires à chaque code parcours-extrémité:

Code parcours-extrémité (PT)	Identificateur de point de cheminement (W/P ID)	À survoler (OVR FLY)	Direction du virage (TD)	Aide de navigation recommandée (RMD VHF)	Distance par rapport à l'aide de navigation (RHO)	Relèvement par rapport à l'aide de navigation (THE)	Direction magnétique (MAG CRS)	Longueur du parcours (TM/DST)	Restriction d'altitude 1 (ALT 1)	Restriction d'altitude 2 (ALT 2)	Limite de vitesse (SPD LMT)	Angle vertical (VRT ANG)	Centre de l'arc (ARC CTR)
AF	X	O	X	X	X	X	R		O	O	O		
CA			O				C		+		O		
CD			O	X			C	D	O	O	O		
CF	X	B	O	X	X	X	C	P	O	O	O	O	
CI		O	O	O			C		O	O	O		
CR		O	O	X		X	C		O	O	O		
DF	X	B	O	O	O	O			O	O	O		
FA	X		O	X	X	X	C		+		O		
FC	X	B	O	X	X	X	C	P	O	O	O		
FD	X	O	O	X	X	X	C	D	O	O	O		
FM	X		O	X	X	X	C		O		O		
HA	X		O	O	O	O	C	X	+		O		
HF	X		O	O	O	O	C	X	O		O		

HM	X		O	O	O	O	C	X	O		O		
IF	X			O	O	O			O	O	O		
PI	X		X	X	X	X	C	P	X		O		
RF	X	O	X	O		O	T	A	O	O	O	O	X
TF	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
VA			O				H		+		O		
VD			O	X			H	O	O	O	O		
VI		O	O	O			H		O	O	O		
VM	O		O				H		O		O		
VR		O	O	X		X	H		O	O	O		

**Tableau 1.4:** Données nécessaires aux codes parcours-extrémité [3]

X= Obligatoire

R= Radiale limite

O= Facultatif

C= Route

A= Distance longitudinale

H= Cap et non direction

P= Longueur de parcours

+= Altitude (à ou au-dessus)

D= Distance DME

T= Trajectoire tangentielle d'éloignement

B= Obligatoire pour les combinaisons CF/DF, DF/DF ou FC/DF, sinon Facultatif

Les cases en grisé représentent des données qui ne sont pas applicables au code parcours-extrémité en question.

### **I.2.7. Conclusion:**

La norme mondiale ARINC 424 permet aux nouveaux systèmes notamment le sac de vol électronique d'être en mesure d'exécuter exactement ce qui était prescrit pour les trajectoires de vol, et ce que les concepteurs voulaient pour les procédures de départ, d'arrivée, et d'approche.

pour expliquer bien comment cette norme a contribué au succès du concept de la gestion de l'information, on va faire une application de codage ARINC 424 sur une nouvelle procédure d'approche aux instruments pour l'aérodrome de Mascara, mais avant ça, laissez nous savoir plus sur l'aérodrome de Mascara, et les procédures aux instruments existantes.

## **CHAPITRE II**

### **PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS**

#### **Introduction:**

Tous les aérodromes important dans le monde sont dotés de procédures d'approche et de départ aux instruments qui assurent leur desserte en conditions météorologiques plus ou moins mauvaises. Le but de ce chapitre est d'expliquer le type des procédures dites « classique » appelées aussi «procédures d'approche de non précision» utilisée pour l'aérodrome de Mascara plus une présentation concise de ce dernier.

Il comportera également deux (02) petites sections bien distinctes.

## SECTION 1

### PROCEDURES D'APPROCHE CLASSIQUE

Les informations suivantes sont extraites du cours PANS-OPS (2007-2008) [4]

#### **II.1.1. Définition:**

Une procédure d'approche aux instruments est une série de manœuvres prédéterminées effectuées en utilisant uniquement les références instrumentales, avec une marge de protection spécifiée au-dessus des obstacles, depuis le repère d'approche initiale, jusqu'en un point à partir duquel l'atterrissage pourra être effectué, puis, si l'atterrissage n'est pas effectué, jusqu'en un point où les critères de franchissement d'obstacles en attente ou en route deviennent à nouveau applicables.

Les procédures d'approche aux instruments sont classées comme suit:

- ◆ Procédure d'approche classique appelée aussi de non précision (NPA): Procédure d'approche aux instruments qui utilise le guidage latéral mais pas le guidage vertical.
- ◆ Procédure d'approche de précision (PA): Procédure d'approche directe et d'atterrissage aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical de précision et une information en distance, en respectant les minimums établis selon la catégorie d'opérations.
- ◆ Procédure d'approche avec guidage vertical (APV): Procédure d'approche aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical mais ne répond pas aux spécifications établies pour les approches de précision.

#### **II.1.2. Segments d'une procédure d'approche aux instruments de type classique:**

Une procédure d'approche aux instruments peut comporter cinq segments distincts, qui correspondent à des phases successives du vol, à savoir le segment d'arrivée, les segments initial, intermédiaire, final et le segment d'approche interrompue.

### **II.1.2.1. Arrivée:**

➤ Définition:

L'arrivée est la phase de transition entre la croisière et l'approche.

➤ But de segment d'arrivée:

L'étude de la phase d'arrivée permet de se familiariser avec l'environnement de l'aérodrome.

➤ Altitude minimale de secteur:

L'altitude minimale de secteur est l'altitude la plus basse qui puisse être utilisée dans un secteur circulaire de 25NM de rayon centré sur une installation radioélectrique situé de préférence sur l'aérodrome. Le calcul des MSA ne tient compte que des reliefs entourant l'A/D et non de la présence de zones à statut particulier. Il est recommandé que les altitudes minimales de secteur soient définies par une installation ayant une portée minimale de 46Km (25NM).

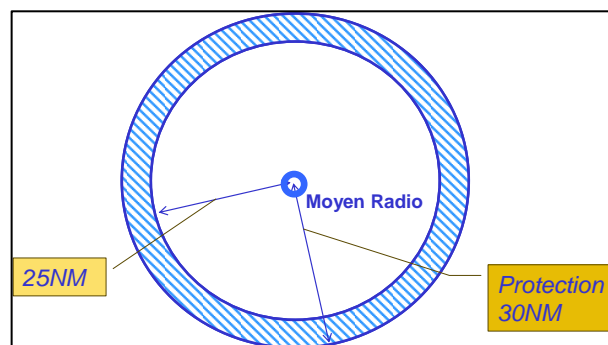
$$MSA(i) = \text{MAX} \{ \text{Alt.obst.}(i) + \text{MFO} \}$$

Avec: Indice i étant le numéro du secteur.

La MSA d'un secteur donné est calculé en arrondissant le résultat par excès au multiple de 100ft le plus proche.

➤ Marge de franchissement d'obstacle:

Elle est calculée en appliquant une marge de franchissement d'obstacles d'au moins 300m (1000ft), aux obstacles situés dans le secteur considéré, ainsi que dans une zone tampon de 5NM de largeur, l'entourant complètement. Pour les vols au-dessus d'une région montagneuse, la marge de franchissement d'obstacles est augmentée d'une valeur pouvant atteindre 300m (1000ft).



**Figure 2.1:** Altitude minimale de secteur [4]

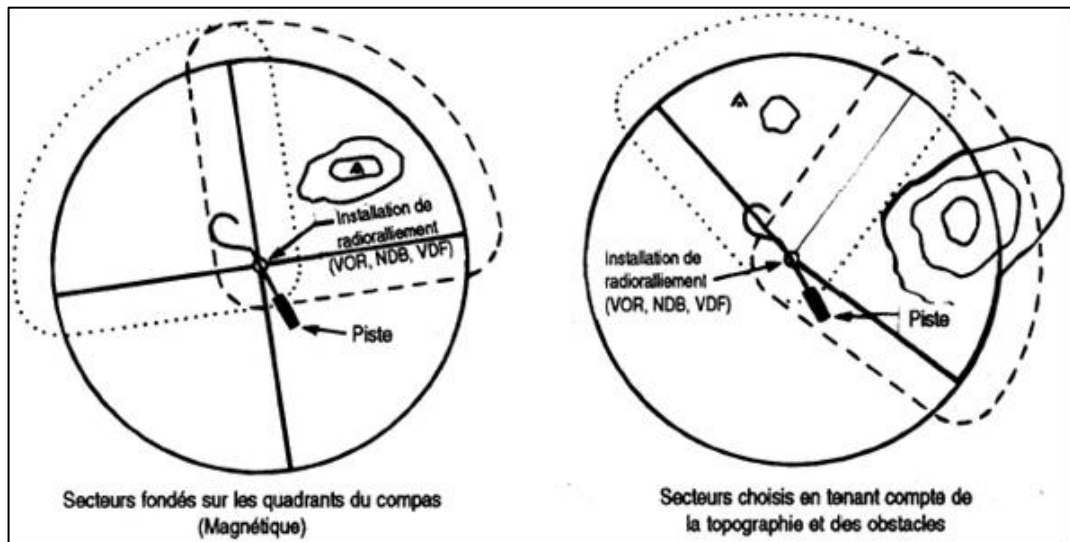


➤ Nombre de secteurs:

Si la différence entre les altitudes de secteurs est insignifiante, c'est-à-dire une différence de l'ordre de 100m (300ft), une altitude minimale applicable à tous les secteurs pourra être fixée.

➤ Orientation de secteurs:

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



**Figure 2.2:** Orientation de secteurs [4]

➤ Segment d'arrivée:

Ce segment est facultatif.

◆ Arrivée omnidirectionnelle:

La direction de l'arrivée sur le repère d'approche initiale IAF n'est pas spécifiée. Ce type d'arrivée n'est possible que si l'IAF est une installation radioélectrique (VOR, NDB, VDF). Pour la détermination de l'altitude minimale de sécurité, on utilise les altitudes minimales de secteurs centrés sur l'IAF.

◆ Arrivée spécifiée (STAR):

On peut définir des routes d'arrivée permettant de relier l'itinéraire de croisière au repère d'approche initiale, lorsque cela présente un avantage sur le

plan opérationnel, ou lorsqu'il n'est pas possible de définir une arrivée omnidirectionnelle (ex: IAF défini par une intersection).

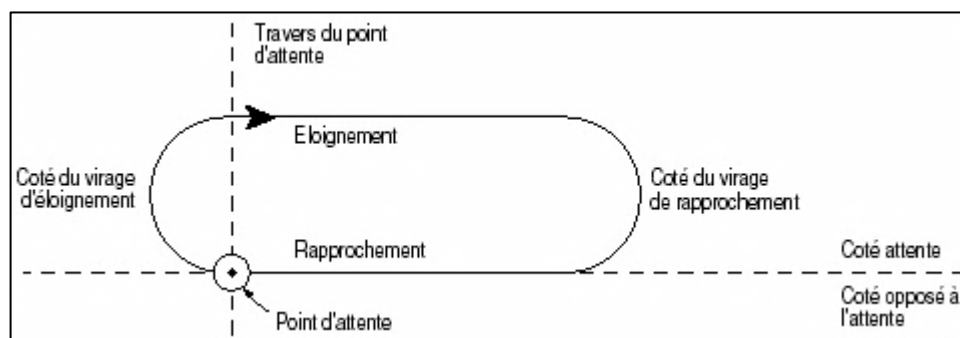
### **II.1.2.2. Attente:**

#### ➤ Définition:

L'attente est une manœuvre prédéterminée, exécutée par un aéronef dans un espace aérien spécifié en attendant une autorisation du contrôle.

#### ➤ Forme et terminologie:

Une procédure d'attente utilise un circuit en hippodrome appelé circuit nominale, basé sur un repère appelé point d'attente. Une attente peut être à droite (virages à droite) ou à gauche (virages à gauche). Il est convenu d'appeler: "trajectoire de rapprochement", ou "rapprochement", le parcours rectiligne devant être effectué vers le point d'attente, et "trajectoire d'éloignement", ou "éloignement", l'autre parcours rectiligne.



**Figure 2.3:** Circuit nominal [4]

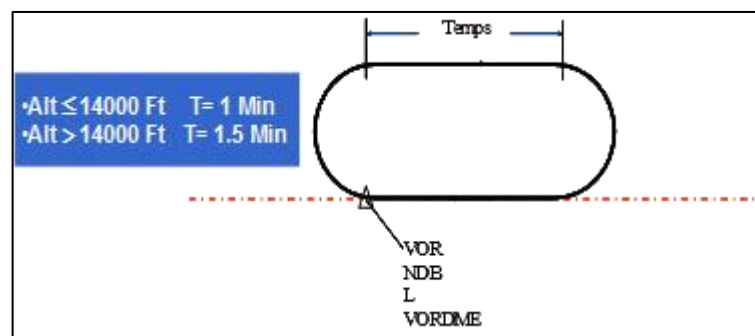
#### ➤ Manœuvre d'attente:

La manœuvre d'attente est effectuée comme suit (cas d'une attente à droite): après être arrivé à la verticale du point de repère sur une trajectoire voisine de la trajectoire de rapprochement, effectuer un virage par la droite, puis, effectuer une trajectoire d'éloignement, parallèle au rapprochement, limitée par une durée spécifiée ou un point de repère secondaire. Ensuite, exécuter un virage par la droite pour intercepter, et suivre la trajectoire de rapprochement jusqu'au point de repère.

➤ Types d'attente:

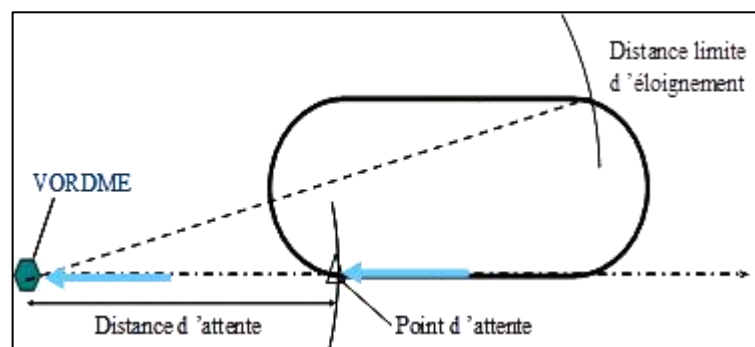
Les différents types d'attente sont caractérisés soit par la nature du repère d'attente, soit par le type d'éloignement:

- ◆ En fonction de la nature du point d'attente, on distingue:
  - ✓ Attentes VOR ou NDB effectuées à la verticale d'une installation;
  - ✓ Attente sur intersection de rayons VOR, dont le repère est une intersection de rayons VOR;
  - ✓ Attente VOR-DME, dont le repère est l'intersection d'un rayon VOR avec un arc DME;
  - ✓ Attente LLZ-DME, dont le repère est l'intersection d'un Localizer d'ILS avec un arc DME.
- ◆ En fonction de type d'éloignement, on distingue:
  - ✓ Eloignement en temps:



**Figure 2.4:** éloignement en temps [4]

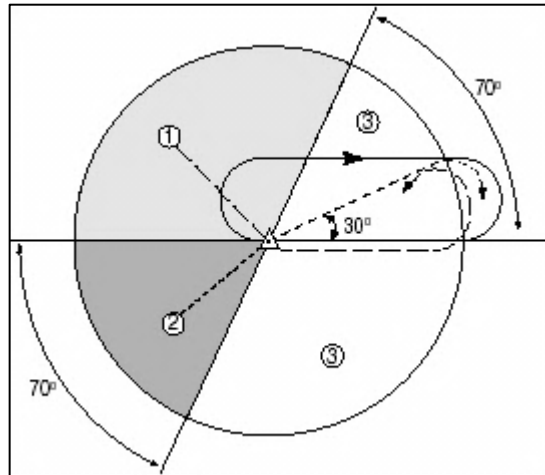
- ✓ Eloignement en distance:



**Figure 2.5:** éloignement en distance [4]

➤ Les secteurs d'entrée d'attente:

Les entrées en attente omnidirectionnelles ne sont possibles que lorsque le point d'attente est un VOR ou un NDB. La description des entrées donnée ci-après suppose une attente orientée à droite.



**Figure 2.6:** Les secteurs d'entrée d'attente [4]

◆ Procédure de secteur 1 (entrée parallèle):

Au survol du repère, virer pour prendre un cap parallèle et inverse au cap spécifié de la trajectoire de rapprochement, et maintenir ce cap pendant la durée d'éloignement spécifiée pour l'attente. Ensuite, virer à gauche pour rejoindre le parcours de rapprochement, ou directement le repère.

Au deuxième passage verticale repère, suivre le circuit d'attente.

◆ Procédure de secteur 2 (entrée décalée):

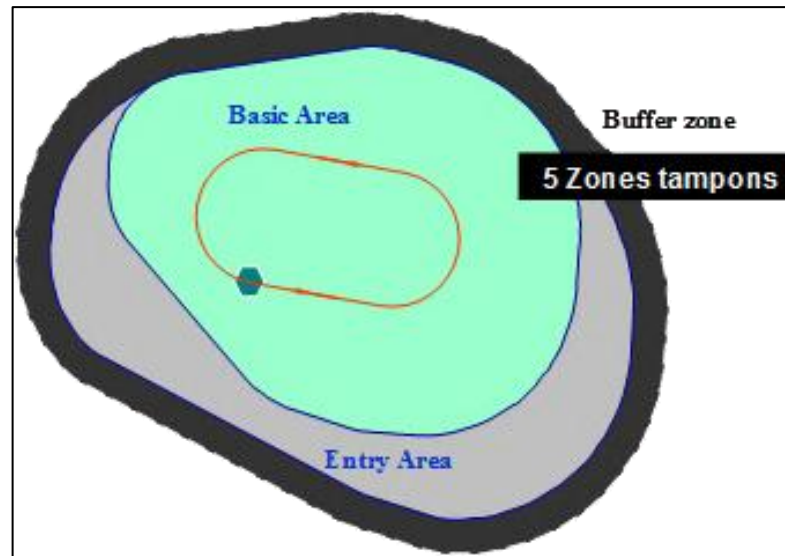
Au survol du repère, prendre un cap permettant de suivre une trajectoire faisant un angle de 30° avec le parcours de rapprochement du côté attente, et s'éloigner à ce cap pendant un temps égal au temps d'éloignement spécifié. Virer ensuite à droite pour rejoindre le parcours de rapprochement du circuit d'attente.

◆ Procédure de secteur 3 (entrée directe):

Au survol du repère, virer à droite pour suivre le circuit d'attente.

➤ Aire de protection d'attente:

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



**Figure 2.7:** Aire de protection d'attente [4]

➤ Paramètres de l'aire de protection d'attente:

Plusieurs facteurs entrent dans la construction de l'aire de protection de l'attente:

◆ Altitude pression max ( $Z_p$  max):

L'altitude considérée pour la protection est au moins égale à la plus grande des altitudes minimales de secteur basées sur le point d'attente.

Lorsque plusieurs niveaux d'attente sont prévus, l'aire d'attente à utiliser est celle résultant de la prise en considération du niveau d'attente le plus élevé, en tenant compte des situations pouvant résulter d'un QNH bas.

◆ Température:

La température considérée est supérieure de  $15^\circ$  à la température standard au niveau considéré, sauf si l'existence de statistiques de températures permet d'adopter un écart différent.

◆ Sens de virage:

A gauche ou à droite.

◆ Vitesse indiquée:

L'aire de protection doit être tracée en tenant compte d'une vitesse indiquée selon le cas:

Altitude pression en centaines de pieds	Vitesse indiquée normale (kt)	Vitesse indiquée en turbulence (kt)
0 à 140	230 (170*)	280 (170*)
150 à 200	240	La plus faible des deux vitesses 280kt ou MACH 0.8
210 à 340	265	
Supérieure à 340	MACH 0.83	MACH 0.83

**Tableau 2.1:** Vitesse indiquée [4]

\* Vitesse indiquée pour CAT A et B.

◆ Inclinaison latérale en virage:

Les virages sont exécutés avec une inclinaison latérale minimale de 25°, ou à une vitesse angulaire de 3°/s si l'inclinaison qui en résulte est inférieure à 25°.

◆ Minutage ou distance d'éloignement:

La durée minimale d'éloignement est une minute si l'altitude de l'attente est inférieure ou égale à 14000 pieds (4250m) ou une minute et demi si l'altitude est supérieure à 14000 pieds. Le minutage est remplacé par une distance dans le cas d'une attente VOR/DME.

➤ Zones tampon:

Les zones tampon s'étendent à 5NM (1NM par zone) au-delà des limites de l'aire d'attente et des aires d'entrées associées.

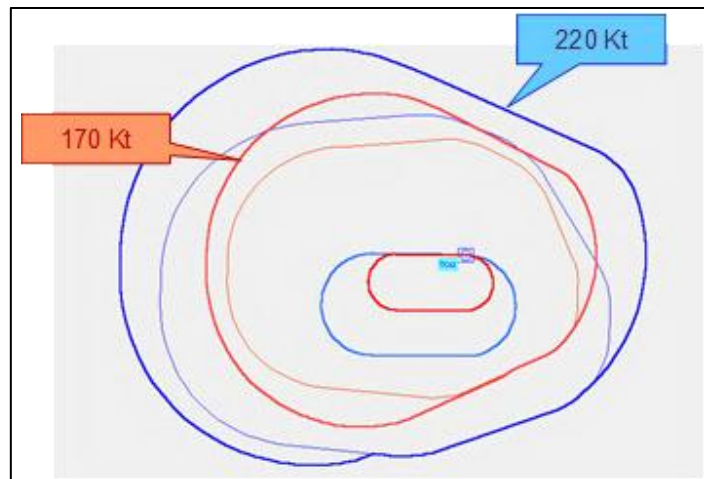


**Figure 2.8:** Zones tampon [4]

➤ Marges de franchissement d'obstacle:

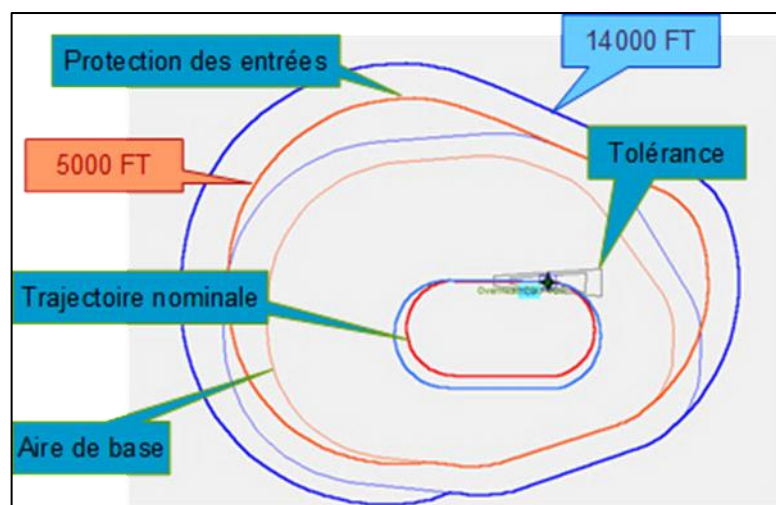
Les MFO dans l'attente sont pris comme suit:

- ✓ Aire de base: 100% MFO => (300m)
  - ✓ Aire d'entrée: 100% MFO => (300m)
  - ✓ Zone tampon1: 100% MFO => (300m)
  - ✓ Zone tampon2: 50% MFO => (150m)
  - ✓ Zone tampon3: 40% MFO => (120m)
  - ✓ Zone tampon4: 30% MFO => (90m)
  - ✓ Zone tampon5: 20% MFO => (60m)
- L'influence de la vitesse indiquée:



**Figure 2.9:** Influence de la vitesse indiquée [4]

➤ L'influence de l'altitude maximale:



**Figure 2.10:** Influence de l'altitude maximale [4]

### **II.1.2.3. Initial:**

#### ➤ Définition:

Il permet à l'aéronef de s'établir sur l'axe d'approche à une altitude satisfaisante. Ce segment est facultatif.

- ◆ Début: Ce segment commence au repère d'approche initiale (IAF) (généralement c'est le point d'attente). Lorsqu'un trajet direct sans procédure d'attente associée peut être utilisé sur autorisation du contrôle, le segment d'arrivée n'existe pas et l'IAF est le dernier repère en route.
- ◆ Fin: Le segment d'approche initiale prend fin, selon le cas, à:
  - ✓ L'IF ou FAF pour une procédure avec FAF.
  - ✓ La sortie du virage d'inversion ou d'hippodrome, pour une procédure sans FAF.

#### ➤ Acceptabilité de l'IAF:

Si le FAF est une installation VOR, NDB ou VOR/DME: l'incertitude  $\leq 25\%$  longueur de segment qui suit l'IAF. Si non: la tolérance du repère doit être  $\leq 2\text{NM}$ .

#### ➤ Trajectoire:

Une approche initiale peut être exécutée en suivant une radiale VOR, un relèvement NDB, un cap radar ou successivement plusieurs de ces éléments. Lorsqu'aucune de ces solutions n'est possible, on peut utiliser un segment à l'estime (route magnétique spécifiée) ou un arc DME de rayon d'arc minimal de 7NM. Les procédures d'inversion et en hippodrome constituent des segments d'approche initiale jusqu'à ce que l'aéronef soit établi sur le segment suivant.

#### ➤ Longueur du segment d'approche initiale:

La longueur du segment d'approche initiale n'est pas normalisée. Cette longueur doit être suffisante pour permettre le changement d'altitude requis par la procédure.

#### ➤ Pente de descente:

La pente à considérer en approche initiale est de 4%. La pente maximale admissible est de 8%.



➤ Angle d'intersection:

Lorsque l'angle d'intersection entre la trajectoire d'approche initiale et la trajectoire d'approche intermédiaire, ou entre deux segments successifs de la trajectoire d'approche initiale dépasse  $70^\circ$ , un repère de début de virage est placé avant la trajectoire à rejoindre en vue de faciliter le virage d'alignement sur cette trajectoire.

Dans le cas de trajectoires rectilignes, lorsque l'angle d'intersection dépasse  $120^\circ$ , il convient d'employer une procédure en hippodrome ou d'inversion, ou encore un segment à l'estime.

➤ Marge de franchissement d'obstacle:

La MFO est de 300m (1000ft), au moins, dans l'aire de base et décroît linéairement jusqu'à zéro dans l'aire secondaire.

➤ Aires de protection:

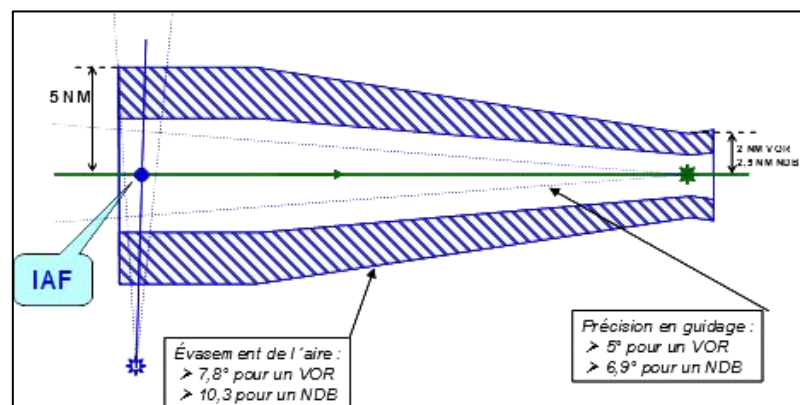
La largeur de l'aire d'approche initiale au travers de l'IAF est de:

- ✓ 10NM (5NM de part et d'autre de l'axe), lorsque l'IAF n'est pas défini par la verticale d'une installation radioélectrique;
- ✓ 4NM (2NM de part et d'autre de l'axe), lorsque l'IAF est défini par un VOR;
- ✓ 5NM (2,5NM de part et d'autre de l'axe), lorsque l'IAF est défini par un NDB.

La largeur de l'aire ne peut excéder 10NM (5NM de part et d'autre de l'axe).

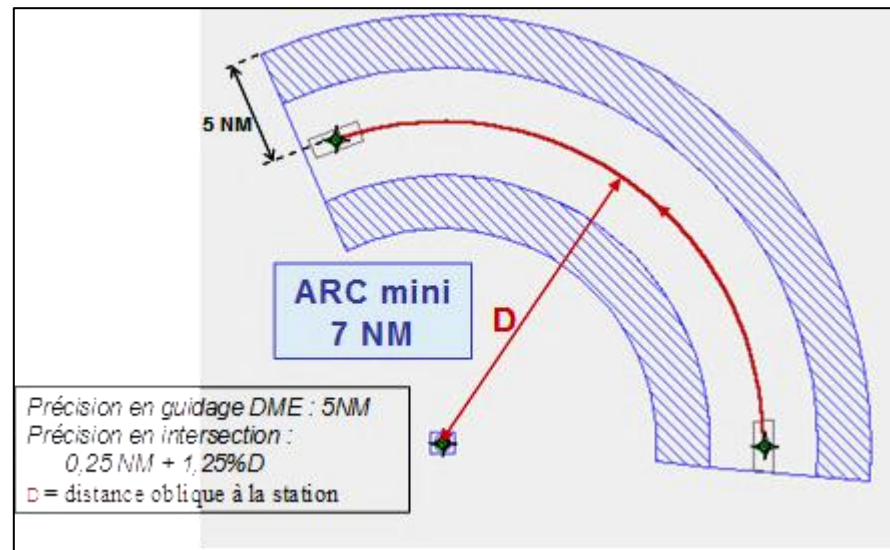
➤ Types des segments d'approche initiale:

◆ Segment rectiligne:



**Figure 2.11:** Aire de protection de segment rectiligne [4]

◆ Segment curviligne:



**Figure 2.12:** Aire de protection de segment curviligne [4]

◆ Procédure en hippodrome:

Des procédures en hippodrome sont utilisées comme circuit de perte d'altitude ou comme circuit de raccordement à une procédure d'inversion.

○ Temps d'éloignement:

Ce temps doit être compris entre 1 et 3 minutes par incrément de 1/2 minutes.

○ Aires de protection:

L'aire de protection d'une procédure en hippodrome est construite selon les mêmes principes que celle d'une procédure d'attente. L'altitude de protection de l'hippodrome est l'altitude minimale du circuit d'attente (arrondie au millier de pieds supérieur). L'aire de base est identique à celle d'une aire d'attente du même type. Elle est entourée d'une aire secondaire (1NM VOR ; 1.25NM NDB). La MFO est de 300m

◆ Procédure d'inversion:

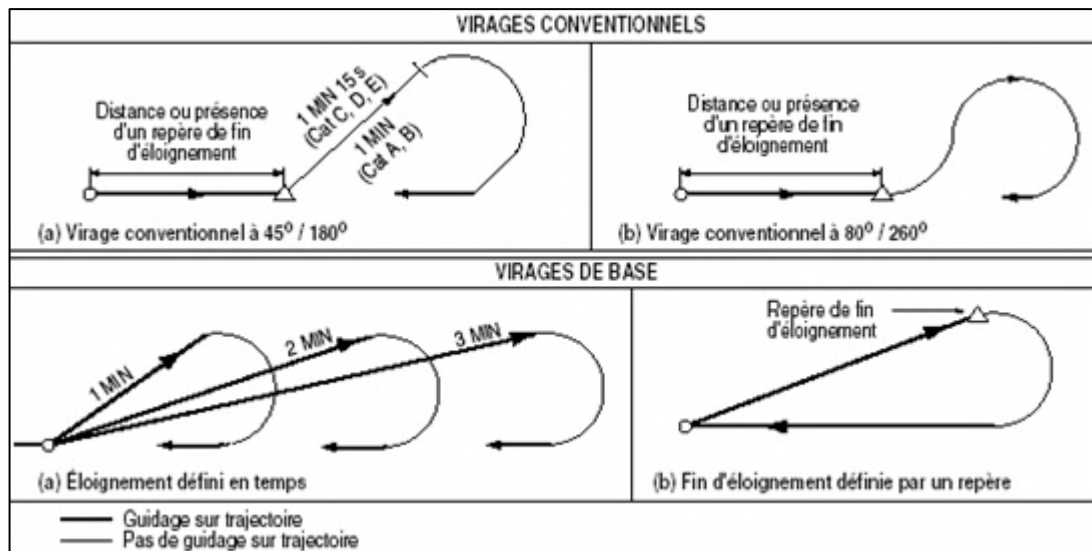
Une procédure d'inversion consiste en un parcours d'éloignement, suivi d'un virage, afin de revenir sur le parcours de rapprochement. Elle est utilisée pour amener l'aéronef en rapprochement sur une trajectoire d'approche intermédiaire ou d'approche finale à l'altitude désirée, notamment quand:

- ✓ L'approche initiale est amorcée à partir d'un repère qui est situé sur l'aérodrome ou au voisinage de celui-ci;

- ✓ Un virage de plus de 70° serait nécessaire à l'IF, et l'on ne dispose pas d'un repère de début de virage;
- ✓ Un virage de plus de 120°, serait nécessaire à l'IF.
  - Types de procédures d'inversion:

Les différents types d'inversion se définissent comme suit:

- Virage conventionnel (45°/180°): commence à une installation ou à un repère, et consiste en:
  - ✓ un parcours rectiligne d'éloignement, avec guidage sur trajectoire, sur une distance donnée ou jusqu'à un repère;
  - ✓ un virage de 45°;
  - ✓ un parcours rectiligne, sans guidage sur trajectoire; ce parcours est minuté et d'une durée de 1minute (Cat A et B) ou 1minute 15s (Cat C, D et E) depuis le début du virage de 45°;
  - ✓ un virage de 180° en sens inverse, pour intercepter la trajectoire de rapprochement.
- Virage conventionnel (80°/260°): commence à une installation ou à un repère, et consiste en:
  - ✓ un parcours rectiligne d'éloignement, avec guidage sur trajectoire, sur une distance donnée ou jusqu'à un repère;
  - ✓ un virage de 80°;
  - ✓ un virage de 260°, en sens inverse, pour intercepter la trajectoire de rapprochement.
- Virage de base: consistant en une branche d'éloignement depuis l'installation, sur une trajectoire définie et pendant un temps spécifié, ou avec une limite de fin d'éloignement spécifiée, suivi d'un virage pour intercepter la branche de rapprochement.



**Figure 2.13:** Types de procédures d'inversion [4]

◆ Descente minimale/maximale:

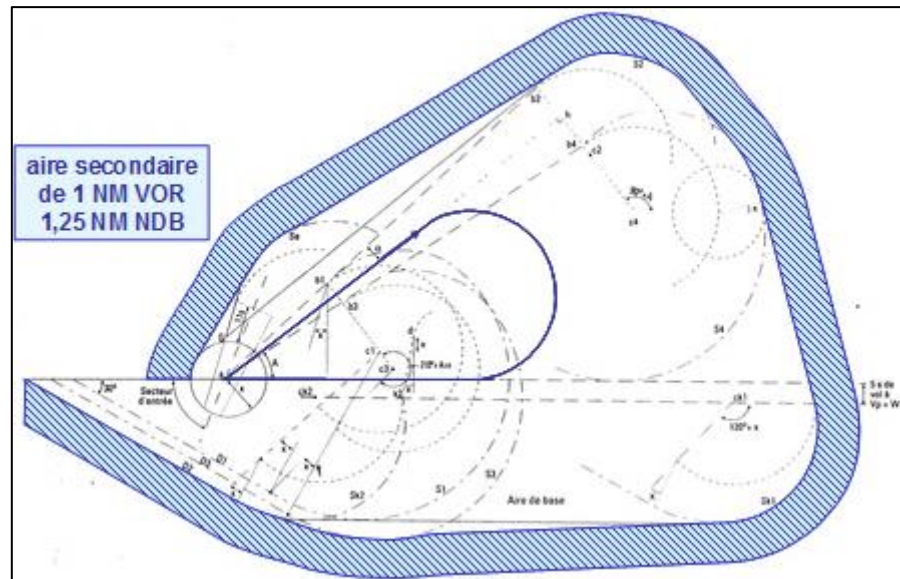
La descente minimale et maximale autorisée pour une procédure en hippodrome ou une procédure d'inversion est spécifiée dans le tableau ci-dessous:

Trajectoire	En éloignement		En rapprochement <sup>1</sup>	
	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 2.2:** Descente minimale/maximale [4]

◆ Paramètres de l'aire de protection d'une procédure d'inversion:

- ✓ Altitude;
- ✓ Température;
- ✓ Vitesse indiquée (Vi);
- ✓ Vitesse propre (Vp): calculée à partir de la Vi corrigée pour l'altitude et la température considérées;
- ✓ Angle de divergence dans un virage de base: calculé pour la vitesse propre maximale retenue pour la protection.



**Figure 2.14:** Aire de protection d'une procédure d'inversion [4]

#### **II.1.2.4. Intermédiaire:**

##### ➤ Définition:

Ce segment permet à l'aéronef de faire la liaison entre le segment d'approche initiale et le segment d'approche finale. Sur ce segment, la configuration de l'aéronef, sa vitesse et les corrections d'alignement préparent l'établissement de l'aéronef sur le segment d'approche finale. Ce segment est facultatif.

- ◆ Début: Ce segment commence, selon le type d'approche:
  - Approche classique: L'IF (on parle d'un segment avec IF désigné) ou la fin du virage d'inversion ou d'hippodrome (on parle d'un segment sans IF).
  - Approche de précision: Identique au précédent.
- ◆ Fin: Le segment d'approche intermédiaire prend fin, selon le type d'approche, au:
  - Repère d'approche finale (FAF) pour une approche classique.
  - Point d'approche finale (FAP) pour une approche de précision.

##### ➤ Acceptabilité de l'IF:

Si le FAF est une installation VOR, NDB ou VOR/DME:

L'incertitude doit être  $\leq \text{MAX} (25\% \text{ longueur du segment qui suit l'IF}, 2\text{NM})$ .

Sinon la tolérance du repère doit être  $\leq 2\text{NM}$ .

➤ Orientation du segment d'approche intermédiaire:

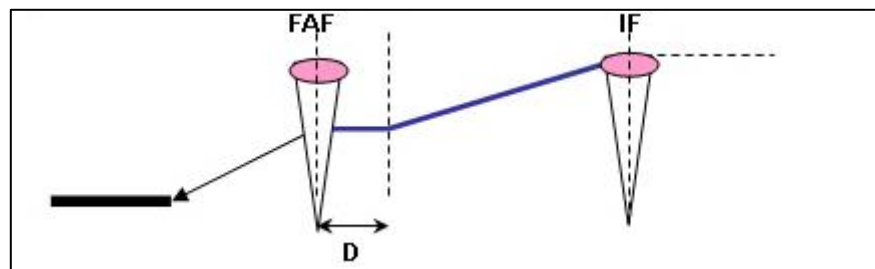
Le segment d'approche intermédiaire doit être aligné avec le segment d'approche finale, toutefois, dans le cas des approches de non précision, si cela est pratiquement impossible, en raison de contraintes particulières (ex: obstacles, réduction des nuisances...) l'angle maximal entre le segment d'approche intermédiaire et le segment d'approche finale est de 30°.

➤ Longueur du segment intermédiaire:

- ✓ La longueur minimale 5 NM.
- ✓ La longueur optimale 10 NM.
- ✓ La longueur maximale 15 NM.

➤ Pente de descente:

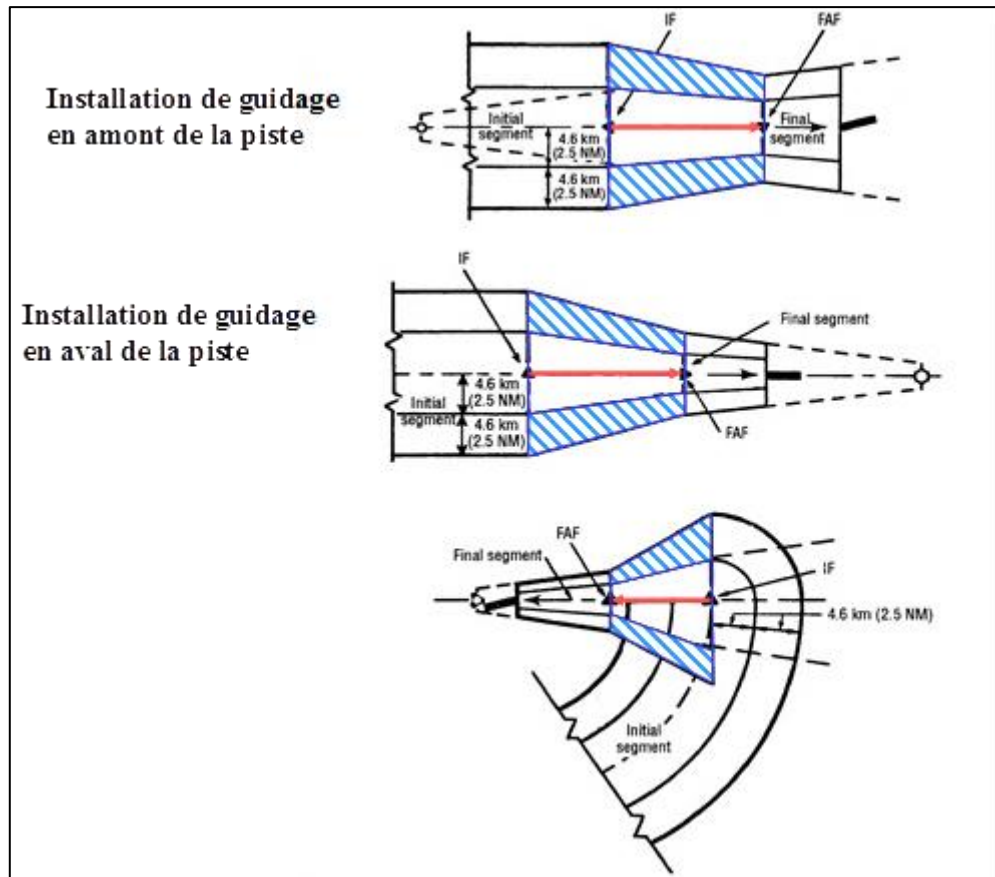
Le segment d'approche intermédiaire étant utilisé pour établir la vitesse et la configuration de l'aéronef en vue d'aborder le segment d'approche finale, la pente devrait être nulle. Si ce critère ne peut être respecté et qu'une descente est nécessaire, la pente maximale admissible est de 5% et un palier de décélération d'une longueur minimale de 1,5NM (Cat C et D) et 1NM (Cat A et B) doit être prévu avant l'approche finale.



**Figure 2.15:** Pente de descente [4]

➤ Trajectoire et aire de protection:

La construction de l'aire varie selon le type de procédure utilisée. Elle tient compte des dimensions de l'aire initiale et finale aux deux extrémités du segment intermédiaire. Pour les procédures comportant une inversion ou un hippodrome, les valeurs des taux de descente en rapprochement s'appliquent.



**Figure 2.16:** Aire de protection de segment intermédiaire [4]

➤ Marge de franchissement d'obstacle et altitude minimale de vol:

Une marge minimale de franchissement d'obstacles de 150m (500ft) sera fournie dans l'aire primaire du segment intermédiaire. Le principe des aires secondaires, quand elles existent, s'applique. L'altitude minimale de sécurité du segment d'approche intermédiaire est arrondie par excès au multiple de 100ft (50m) le plus proche.

**II.1.2.5. Finale:**

➤ Définition:

Il s'agit du segment dans lequel sont exécutés l'alignement et la descente en vue de l'atterrissage. Ce segment est obligatoire.

◆ Début: La finale commence selon le cas au:

- Repère d'approche finale (FAF) pour une procédure avec FAF.
- Dans le cas d'une procédure classique sans FAF comportant une inversion ou un hippodrome, l'approche finale commence à la fin du virage de rapprochement de celle-ci

◆ Fin: La finale prendre fin au point d'approche interrompue (MAPT).

➤ Acceptabilité du FAF:

La distance séparant le FAF de la surface d'atterrissage ne doit pas dépasser 10NM (19Km), et l'erreur de position de ce repère ne doit pas dépasser 1NM de part et d'autre de la position nominale du repère.

➤ Longueur du segment d'approche finale:

- ✓ Longueur optimale: 5NM.
- ✓ Longueur maximale: 10NM.

➤ Largeur de l'aire:

- ✓ VOR:  $\pm 1$ NM de part et d'autre du moyen, avec un évasement  $7.8^\circ$ .
- ✓ NDB:  $\pm 1.25$ NM de part et d'autre du moyen, avec un évasement  $10.3^\circ$ .

➤ Pente de descente:

Pour une approche classique avec un FAF désigné, la pente doit respecter les critères suivants:

- ✓ Pente optimale: 5%
- ✓ Pente minimale: 4.3%
- ✓ Pente maximale: 6.5% (Cat A et B) et 6.1% (Cat C et D).

Lorsque l'approche finale est basée sur une installation radioélectrique située sur l'aérodrome, il ne peut pas être défini de pente. La construction de la procédure doit néanmoins permet de respecter un taux de descente compris entre les valeurs du tableau suivant:

Catégorie d'aéronef	Taux de descente (ft/min)	
	Mini	Max
A et B	394	655
C, D et E	590	1000

**Tableau 2.3:** Taux de descente de segment final [4]

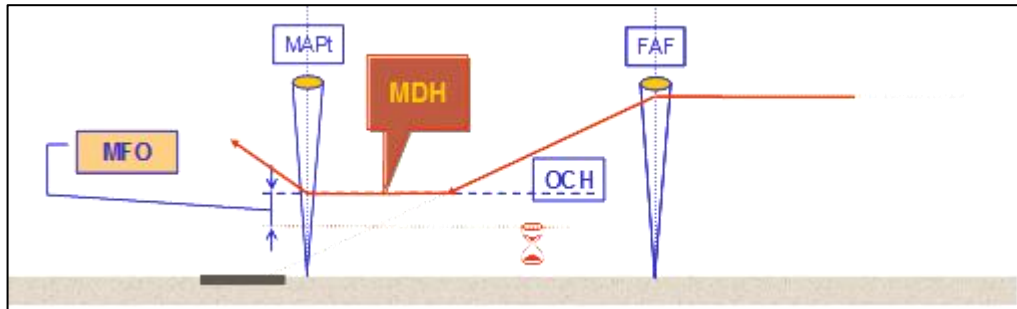
➤ Types de procédures d'approche aux instruments:

En fonction de l'installation radioélectrique qui fournit le guidage sur le segment finale, on distingue:



◆ Approche de non précision:

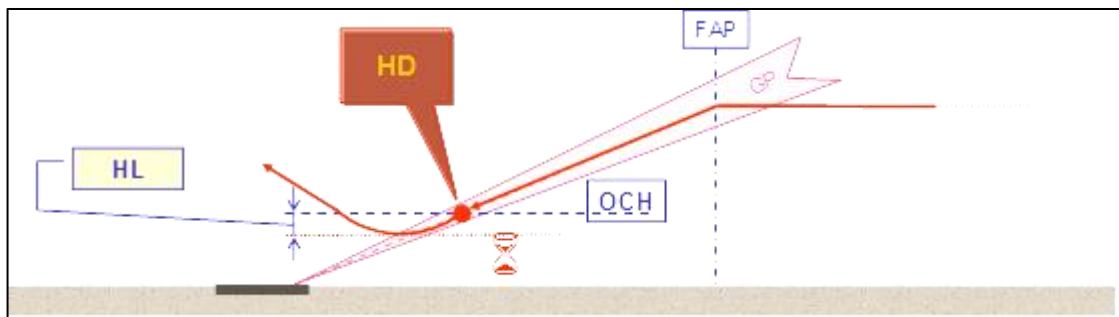
Le segment final est toujours radioguidé, sur l'axe de piste ou non dans l'axe de piste, avec éventuellement une information de distance. En utilisant: NDB, Locator, VOR, LLZ, RNAV, RADAR et pour la distance: DME, Markers, RADAR...



**Figure 2.17:** Approche de non précision [4]

◆ Approche de précision:

Le segment finale est toujours radioguidé, sur l'axe de piste ou non dans l'axe de piste, avec éventuellement une information de distance et guidage en site vers le point de toucher des roues. En utilisant: ILS, MLS, RADAR de précision...



**Figure 2.18:** Approche de précision [4]

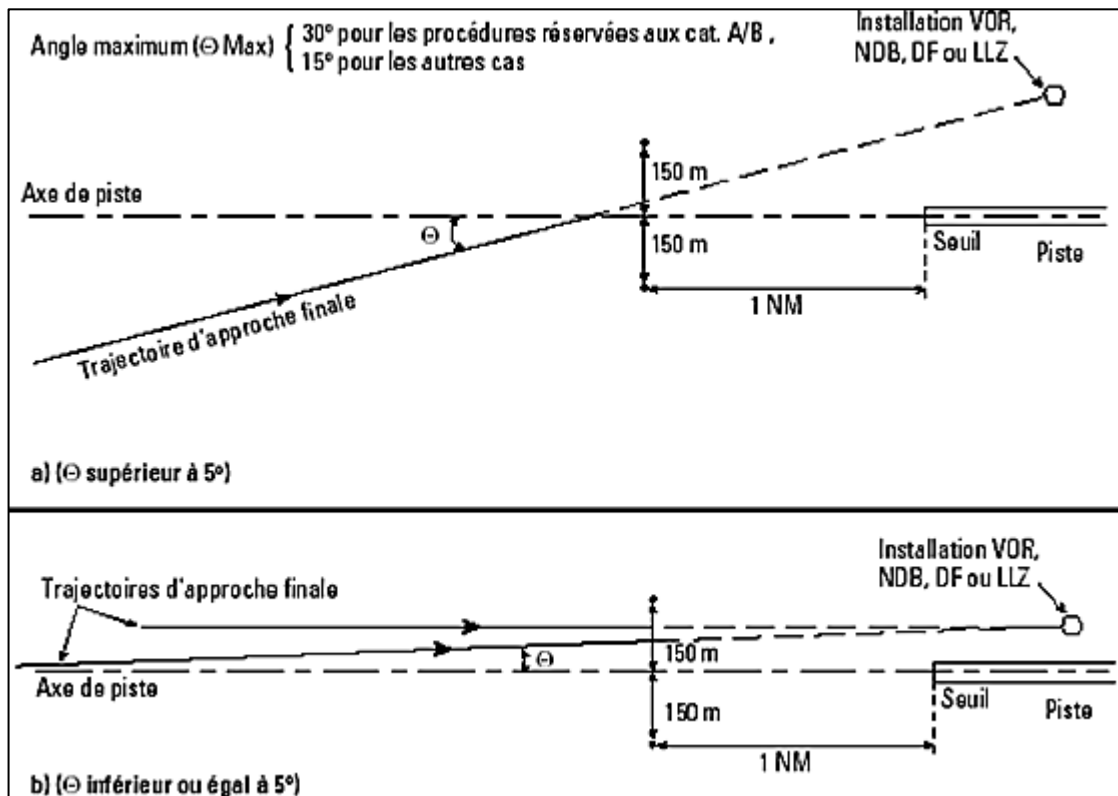
En fonction de l'alignement de la trajectoire du segment finale:

L'approche finale peut être exécutée vers une piste, en approche directe ou en approche indirecte, suivie d'une manœuvre à vue. Dans le cas d'une approche directe, le segment d'approche finale doit, dans toute la mesure du possible, être aligné avec l'axe de piste.

○ Approche directe:

Pour qu'une approche finale classique ou de précision soit considérée comme directe, elle doit répondre aux conditions suivantes:

- ✓ Angle maximum: L'angle formé par la trajectoire d'approche finale et l'axe de piste ne doit pas dépasser:
  - 30° pour les procédures protégées pour les catégories A et B
  - 15° pour les procédures protégées pour les catégories C, D et E.
- ✓ Position de l'axe d'approche: L'axe d'approche finale (ou son prolongement) doit passer à moins de 150m de l'axe de piste à 1400m en amont du seuil.



**Figure 2.19:** Position de l'axe d'approche [4]

○ Approche indirecte:

L'axe d'approche finale qui ne répond pas aux critères d'une approche finale «directe» est qualifié «indirecte» et doit être suivie obligatoirement de manœuvres à vue (MVI ou MVL).

➤ Position de l'installation radioélectrique:

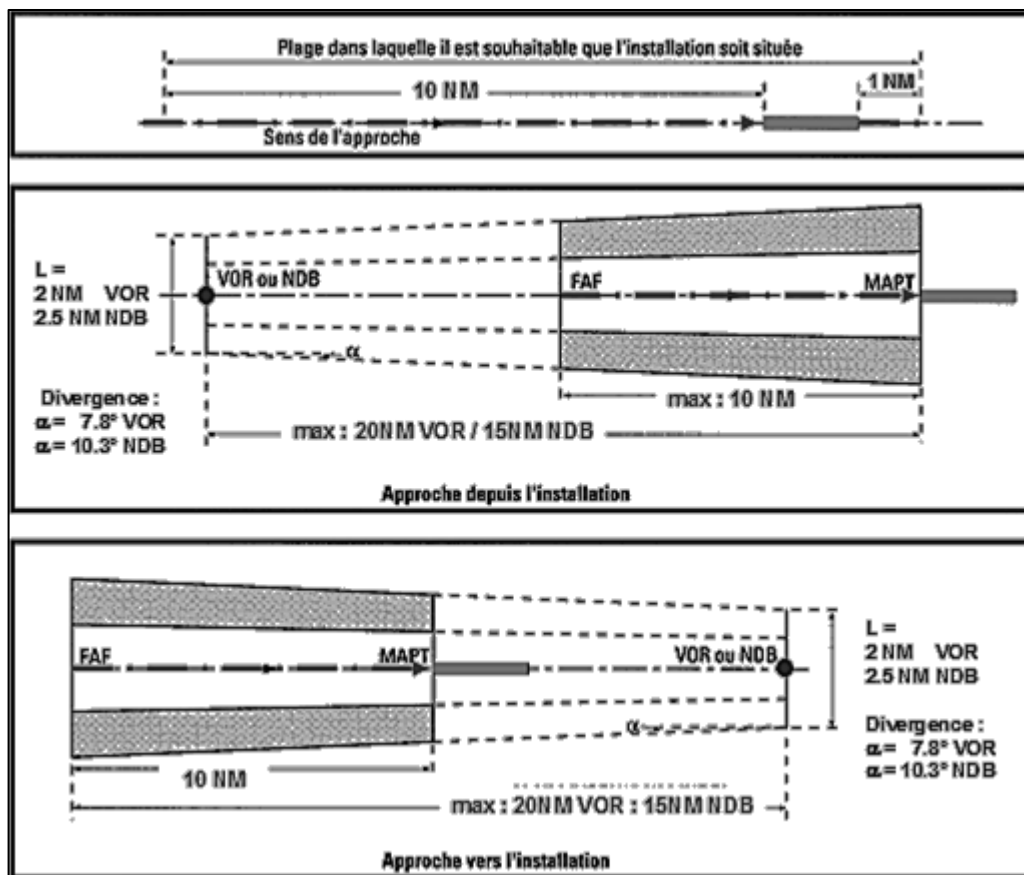
Suivant la position de l'installation par rapport à la piste, l'approche peut être exécutée, soit depuis l'installation, soit vers celle-ci:

◆ Approche depuis l'installation:

Si l'installation est située à plus de 10NM en amont du seuil, la distance maximale entre l'installation et la piste est de 20NM (cas d'un VOR) et de 15NM (cas d'un NDB).

◆ Approche vers l'installation:

Si l'installation est située en aval de la piste, la distance maximale entre le FAF et l'installation est de 20NM (cas d'un VOR) et de 15NM (cas d'un NDB).



**Figure 2.20:** Position de l'installation radioélectrique [4]

➤ Marge de franchissement d'obstacle:

◆ Segment final avec FAF:

La MFO est de 75m, une augmentation de marge peut être appliquée: La longueur de la finale est supérieure à 6NM, la MFO sera augmentée de 1.5m (5ft) pour chaque 0.1NM au-delà de 6NM. Le calage altimétrique est effectué par rapport à une source autre que l'AD de destination.

◆ Segment final sans FAF:

La MFO est de 90m, des corrections de marge peuvent être appliquées :

- Augmentation de la marge: Le calage altimétrique est effectué par rapport à une source autre que l'AD de destination.
- Diminution de la marge: Si un repère de descente est situé à moins de 6NM du MAPT, la marge est réduite à 75m entre le repère de descente et le MAPT.

➤ Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H):

Pour chaque procédure on définit une limite de franchissement d'obstacle (OCA/H), qui sert à déterminer une altitude/hauteur de décision (DA/H) ou une altitude/hauteur minimale de descente (MDA/H) en dessous de laquelle le pilote termine l'approche et l'atterrissage à l'aide de références visuelles.

L'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles est selon le cas:

- ◆ Dans une procédure d'approche de précision: l'altitude la plus basse (OCA), ou la hauteur la plus basse (OCH) au-dessus du niveau du seuil de piste en cause à laquelle une procédure d'approche interrompue doit être amorcée afin de respecter les critères appropriés de franchissement d'obstacles.
- ◆ dans une procédure d'approche classique: l'altitude la plus basse (OCA), ou la hauteur la plus basse (OCH) au-dessus de l'altitude de l'aérodrome (ou du seuil de piste si l'altitude du seuil se trouve à plus de 2m (7ft) au-dessous de l'altitude de l'aérodrome) au-dessous de laquelle l'aéronef ne peut descendre en l'absence de références visuelles.

L'OCH minimale: La valeur de l'OCH ne doit pas être inférieure aux valeurs déterminées dans le tableau suivant:

Catégorie d'aéronef	OCH minimale (1)			
	5° < θ ≤ 15°		15° < θ ≤ 30°	
	mètres	pieds	mètres	pieds
A	105	340	115	380
B	115	380	125	410
C	125	410		
D	130	430		
E	145	480		

**Tableau 2.4:** Valeurs de l'OCH minimale [4]

L'OCA/H de la procédure est le max entre l'OCA/H de la finale et l'OCA/H de l'approche interrompue:

$$\text{OCA/H procédure} = \text{MAX} (\text{OCA/H finale}, \text{OCA/H interrompue})$$

### **II.1.2.6. Interrompue:**

➤ Définition:

Une procédure d'approche interrompue doit être établie pour chaque approche aux instruments. Ce segment est obligatoire. C'est un segment en montée dû à l'interruption de vol. Il permet à l'AC:

- ✓ D'exécuter une nouvelle approche;
- ✓ De rejoindre l'attente;
- ✓ De raccorder avec la phase en route.
- ◆ Début: Au plus tard au point spécifié d'approche interrompue (MAPT) à une altitude/hauteur égale ou supérieure à l'OCA/H.
- ◆ Fin: La procédure d'approche interrompue prendra fin à une altitude/hauteur suffisante pour permettre:
  - ✓ L'exécution d'une nouvelle approche; ou
  - ✓ Le retour à un circuit d'attente désigné; ou
  - ✓ Le raccordement à la phase en route.

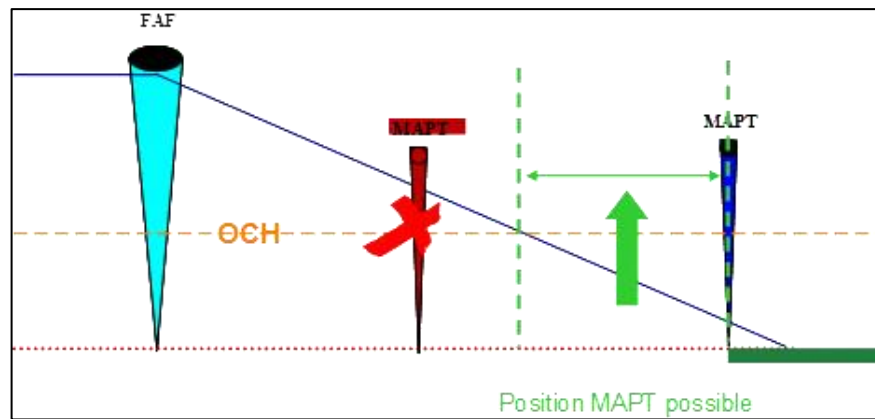
➤ Types de points d'approche interrompue (MAPT):

La procédure d'approche interrompue doit spécifier le point MAPT, défini par:

- ✓ Verticale installation radioélectrique: l'incertitude est nulle;
- ✓ Intersection radioélectrique: il faut vérifier l'acceptabilité du repère;
- ✓ Distance de vol par rapport au FAF.

➤ Position du MAPT:

- ◆ La position la plus avale: c'est le seuil de piste sauf si le MAPT est à la verticale d'une installation radioélectrique.
- ◆ La position la plus amont: le point d'intersection de l'OCA/H et l'axe de la finale.



**Figure 2.21:** Position de MAPT [4]

➤ Phases d'une approche interrompue:

- ◆ Phase initiale: La phase initiale commence à la limite amont de l'aire de tolérance du point d'approche interrompue et se termine au point où la montée est amorcée. Pendant cette phase, aucun virage ne peut être prescrit.

La MFO est égale à celle de la partie finale de l'aire d'approche finale sauf au-delà de la tolérance aval du point d'approche interrompue, elle est de 30m jusqu'à la fin de la phase initiale.

Franchissement des obstacles:  $OCH \geq \text{Alt.obst.} + \text{MFO}$

- ◆ Phase intermédiaire: C'est la phase au cours de laquelle la montée se poursuit avec une MFO de 30m jusqu'au premier point à partir duquel une MFO de 50m est acquise et peut être maintenue. L'orientation de la trajectoire ne peut être modifiée de plus de  $15^\circ$ , au cours de cette phase, par rapport à la trajectoire initiale.

Franchissement des obstacles:  $OCH + \text{Gain} \geq \text{Alt.obst.} + \text{MFO}$

Avec:  $\text{Gain} = \text{distance SOC/obst.} \times \text{pente (API)}$

- ◆ Phase finale: La phase finale commence au premier point à partir duquel la MFO de 50m est obtenue et peut être maintenue. La marge de franchissement d'obstacle varie en fonction de l'amplitude de virage effectué:

- ✓ Si l'amplitude de virage  $< 15^\circ$ , donc la MFO = 30m
- ✓ Si l'amplitude de virage  $\geq 15^\circ$ , donc la MFO = 50m

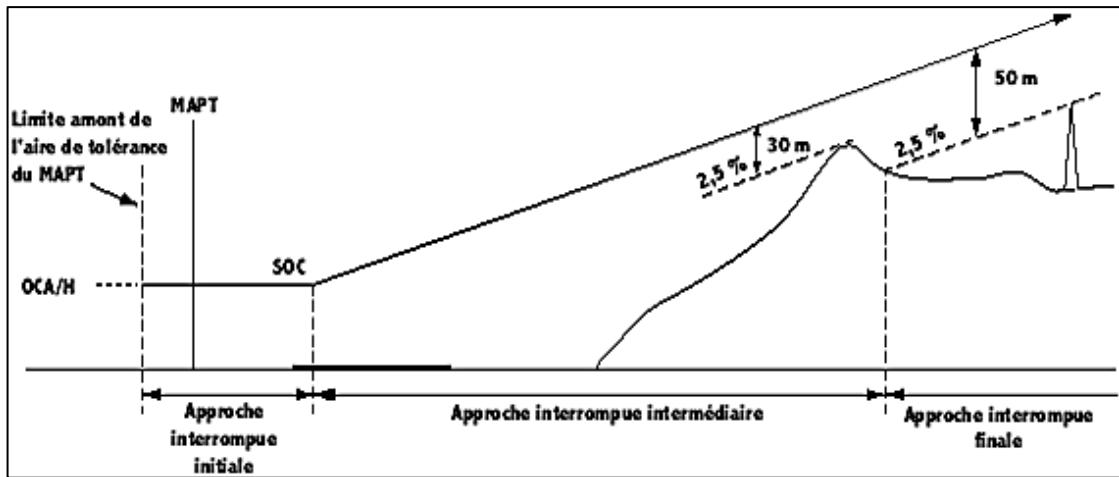


Figure 2.22: Phases d'une approche interrompue [4]

➤ Trajectoire d'approche interrompue:

L'approche interrompue peut être en ligne droite ou avec virage: à une altitude/hauteur désignée (TNA/H) ou à un point désigné (TP).

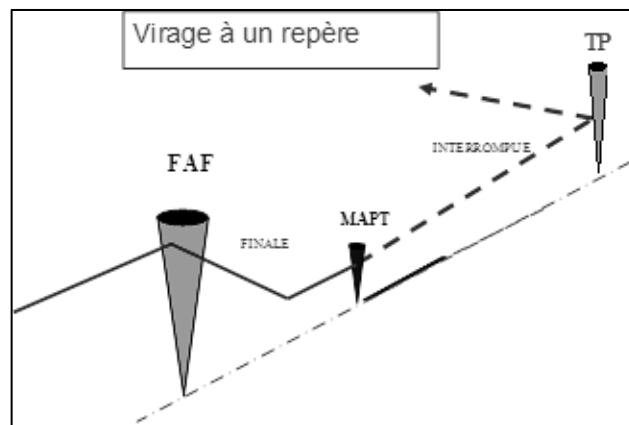


Figure 2.23: Approche interrompue avec virage à un point désigné [4]

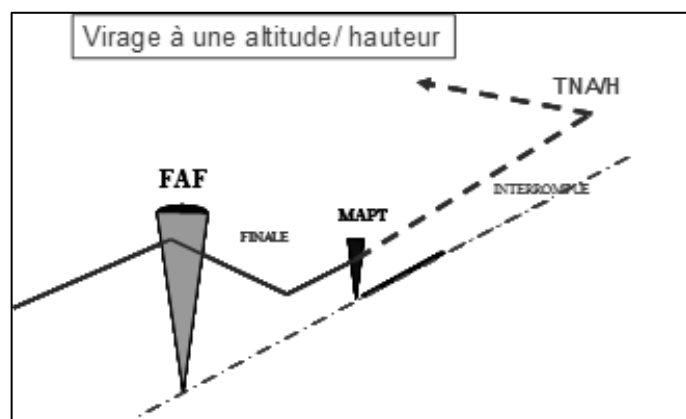


Figure 2.24: Approche interrompue avec virage à altitude/hauteur désigné [4]

➤ Pente de montée de la surface d'approche interrompue:

La pente nominale de montée est de 2,5%. Toutefois, des pentes de 2,5% à 5% peuvent être utilisées dans les calculs lorsqu'elles permettent d'obtenir un avantage opérationnel. Lorsqu'on utilise une pente autre que la pente nominale, dans la construction de la procédure d'approche interrompue, ceci doit être indiqué sur la carte d'approche aux instruments.

➤ Aire de protection d'approche interrompue:

L'aire d'approche interrompue commence à la limite amont de l'aire de tolérance du MAPT avec une largeur égale à celle de l'aire d'approche finale en ce point.

➤ Types d'approche interrompue:

◆ Approche interrompue en ligne droite:

La marge de franchissement d'obstacles est de 30m dans la phase intermédiaire et de 50m dans la phase finale. Le principe de l'aire secondaire s'applique à l'aire d'approche interrompue.

○ Calcul de l'OCH d'approche interrompue (OCHm1):

Pour chaque obstacle (i) situé dans l'aire d'approche interrompue, on détermine une OCH(i) qui permet de survoler cet obstacle avec la MFO requise suivant une pente de 2,5%.

$$OCH(i) = H(i) + MFO - d(i) \times \text{tg}Z$$

Où:

H(i): Hauteur de l'obstacle;

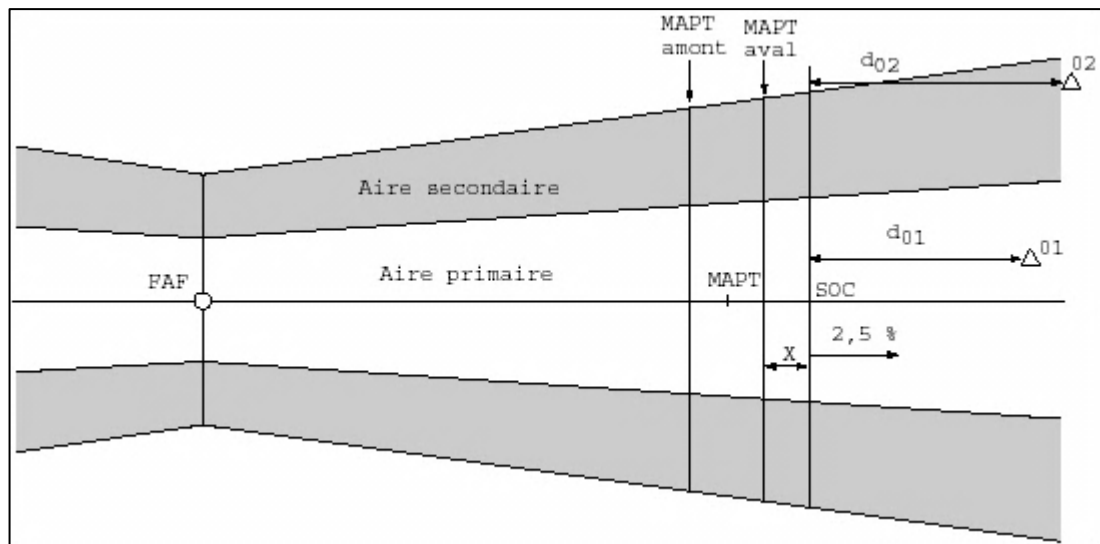
MFO= 30m en aire primaire (décroissante en aire secondaire);

d(i): distance de l'obstacle Oi au SOC, mesurée parallèlement à la trajectoire nominale;

Z: angle de montée en approche interrompue.

L'OCHm1 est la plus élevée des valeurs ainsi obtenues.





**Figure 2.25:** Aire de protection d'une approche interrompue en ligne droite [4]

◆ Approche interrompue avec virage:

Aucun virage ne doit être prescrit dans la phase initiale de l'approche interrompue. Tout virage prescrit avant la fin de la phase intermédiaire de l'approche interrompue doit être inférieur à 15°.

Les critères relatifs à l'approche interrompue en ligne droite s'appliquent jusqu'au point de virage (TP) pour les virages spécifiés par une altitude/hauteur et jusqu'au (TP) amont pour les virages amorcés à un (TP) désigné.

○ Paramètres de virage:

Les paramètres servant de base à la construction des aires de virage sont les suivants:

- ✓ Altitude: Altitude de l'aérodrome + 1000ft ou altitude prévue pour le virage;
- ✓ Vitesse indiquée ( $V_i$ ): Valeur de l'approche interrompue finale en regard de la catégorie d'aéronefs pour laquelle la procédure est conçue;
- ✓ Vitesse propre ( $V_p$ ):  $V_i$  corrigée en fonction de l'altitude et de la température;
- ✓ Vent: Vent omnidirectionnelle de 30 nœuds;
- ✓ Angle d'inclinaison latérale: 15°;
- ✓ Tolérance du repère: Selon le type du repère;
- ✓ Tolérances techniques de vol: Temps de réaction du pilote (3s) + délai de mise en virage (3s);

- ✓ Tolérance de minutage: 10s;
- Virage amorcé à une altitude/hauteur désignée:

Un virage est prescrit à une altitude spécifiée en vue de tenir compte de deux sortes d'obstacles pénalisants:

- ✓ un obstacle situé dans la direction de l'approche interrompue en ligne droite et qui doit être évité;
- ✓ un obstacle situé par le travers de la trajectoire d'approche interrompue en ligne droite et qui doit être survolé après le virage avec une marge appropriée.

Les obstacles situés dans l'aire de mise en virage doivent satisfaire d'une part les critères d'approche interrompue en ligne droite et d'autre part la relation suivante :

$$TNA/H > A/H(i) + MFO$$

Où:

TNA/H: l'altitude/hauteur du virage choisi;

MFO= 50m si le virage est supérieur à 15°, et 30m si le virage est inférieur ou égal à 15°;

L'OCH doit vérifier:  $OCH + Gain \geq H(i) + MFO$

Avec: Gain= distance SOC/obst×pente (API).

- Virage amorcé à un TP désigné:

L'établissement d'une procédure d'approche interrompue avec virage à un TP désigné est déconseillé lorsqu'il n'est pas possible de matérialiser le TP par un repère radioélectrique acceptable. Toutefois lorsqu'aucune autre solution n'est envisageable, le point de virage pourra être défini par sa distance au MAPT à condition que ce dernier soit lui-même matérialisé par un repère radioélectrique. Un TP étant désigné, les critères d'approche interrompue en ligne droite s'appliquent jusqu'au TP amont.

- Calcul de l'OCH d'approche interrompue (OCHm2):

Les critères relatifs à l'approche interrompue en ligne droite s'appliquent jusqu'au point de virage TP pour les virages spécifiés par une altitude/hauteur et jusqu'au TP amont pour les virages amorcés à un TP désigné; on détermine donc, pour cette partie de l'approche interrompue, une OCHm2 comme il a été spécifié précédemment. Pour chaque obstacle (i) situé dans l'aire de virage, on détermine

une OCH(i) qui permet de survoler cet obstacle, avec la MFO requise, suivant une pente de 2,5%:

$$OCH(i) = H(i) + MFO - [d(i) + dz] \operatorname{tg} Z$$

Où:

H(i): hauteur de l'obstacle;

d(i): distance la plus courte entre l'obstacle (i) et la limite amont de l'aire de tolérance de TP;

dz: distance la plus courte, mesurée parallèlement à la trajectoire nominale, entre le SOC et la limite amont de l'aire de tolérance de TP;

Z: angle de montée en approche interrompue;

La plus grande de ces valeurs détermine l'OCHm2.

L'OCHm de l'approche interrompue est la plus grande des deux valeurs OCHm1 ou OCHm2.

## SECTION 2

### ETUDE DE L'EXISTANT

#### **II.2.1. Présentation de l'aérodrome:**

L'aéroport de Ghriss est un aéroport civil à vocation nationale, desservant la ville de Mascara et sa région, situé sur la commune de Ghriss, à 4 km au sud-ouest de la ville et à 20 km environ au sud de Mascara, Cet aéroport est géré par l'EGSA d'Oran, la liaison aérienne avec cet aérodrome est assurée par le Tassili Airlines en partenariat avec Air Algérie.

#### **II.2.2. Description de l'aérodrome:**

Les données suivantes sont figurées dans l'AIP Algérie (AMDT05-07). [13]

##### ➤ Situation géographique de l'aérodrome:

L'aérodrome de Ghriss est situé dans un espace aérien de catégorie D.

- Nom de l'aérodrome: Ghriss
- Identification de l'aérodrome: code IATA: MUW / code OACI: DAOV
- Emplacement de l'aérodrome: 2,7 Nm au Sud-Ouest de la ville
- Point de référence de l'aérodrome: 35°13'01" N 000°08'54" E
- Altitude de l'aérodrome: 514 mètres
- Température de référence de l'aérodrome: 18,9°C
- Horaire d'ouverture (ATS): 07:00-15:00
- La déclinaison magnétique: 0°10'E (2009)
- L'altitude de transition: 1200 mètres
- Types de trafic autorisés: IFR/VFR

##### ➤ Caractéristiques dimensionnelles de l'aérodrome:

##### ○ Caractéristiques physique de la piste 08/26:

- Identification: RWY 08/26
- Orientation vrai du seuil 08: QFU= 082°
- Orientation vrai du seuil 26: QFU= 262°
- Longueur: 1700m
- Largeur: 30m
- Pente du seuil 08: +0.42%

- Pente du seuil 26: -0.42%
- Altitude du seuil 08: 505m
- Altitude du seuil 26: 512m
- Axe de l'approche final: 083°
- Nature de la surface: Béton bitumineux
- Force Portante de la chaussée: PCN21 F/C/Z/T
- Distances déclarées:

Les différentes distances déclarées sont citées dans le tableau ci-dessous:

Désignation de la piste	TORA	TODA	ASDA	LDA	Observations
08	1700	1700	1700	1700	Néant
26	1700	1700	1700	1700	Néant

**Tableau 2.5:** Distances déclarées (mètres) [13]

- Types d'obstacles de l'aérodrome:
- Aires d'approche et de décollage:

Les différents obstacles présents sur l'aérodrome de Ghriss pour les aires d'approche et de décollage sont définis dans le tableau ci-dessous:

Piste	Type d'obstacle	Hauteur	Coordonnées
RWY26	Antenne VOR	9m – ALT: 149m	35°12'33.74"N 000°08'56.09"E
	Antenne NDB	14m – ALT: 154m	35°12'44.18"N 000°09'30.41"E
	Château d'eau	19m – ALT: 542m	35°11'90.54"N 000°10'08.42"E
RWY08	Pylônes PRKG	23m	---

**Tableau 2.6:** Obstacles d'aires d'approche et de décollage [13]

- Installation de télécommunication des services de la circulation aérienne:

Les installations de télécommunication des services de la circulation aérienne qui se trouvent sur l'aérodrome de Ghriss sont représentées dans le tableau suivant:

Désignation du service	Indicatif d'appel	Fréquences	Heures de fonctionnement
TWR	GHRISS TOUR	119.7	SAT/WED 07:00/15:00

**Tableau 2.7:** Installation de télécommunication [13]

- Moyens d'aide à la navigation:

Les aides de radionavigation et d'atterrissage existant sur l'aérodrome de Ghriss sont définis dans le tableau ci-dessous :

Types d'aide (pour VOR indiquer déclinaison)	Identification	Fréquence	Heures de fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Altitude de l'antenne d'émission DME	Observations
VOR (0°10'E)	GRS	113.1	H24	35°12'33.74"N 000°08'56.09"E	---	---
NDB	GRS	424	H24	35°12'44.18"N 000°09'30.41"E	---	040° 424m THR 26

**Tableau 2.8:** Aides de radionavigation et d'atterrissage [13]

### **II.2.3. Renseignements supplémentaires:**

- ✓ Aérodrome utilisable de jour seulement.
- ✓ Présence d'animaux sauvages sur l'aire de mouvement.
- ✓ Présence des chiens errants sur l'Aérodrome.

### **II.2.4. Procédures existantes:**

Actuellement, l'aérodrome de Ghriss dispose de deux (02) procédures d'approche aux instruments pour les catégories A et B seulement:

- ✓ Procédure VOR pour le RWY 08,
- ✓ Procédure NDB pour le RWY 08 (Voir Annexe 2).

**II.2.5. Conclusion:**

Après cette étude, il est possible de commencer la conception de notre procédure d'approche pour les catégories A, B, et C, suivi par leur codage ARINC 424.

## **CHAPITRE III**

### **ELABORATION DE LA PROCEDURE D'APPROCHE**

#### **Introduction:**

Ce chapitre sera axé sur la conception d'une procédure d'approche classique basée sur le VOR pour l'aérodrome de Mascara piste 08, en ajoutant les avions CAT C, en s'appuyant sur une étude menée par la compagnie aérienne Tassili Airlines (révision 04 du 24/03/2016) prouvant l'accessibilité de cet aéroport pour accueillir ce type d'aéronefs notamment le DASH 8-Q400 (Voir Annexe 2); suivi par le codage ARINC 424, dont l'objet de ce dernier est de transformer notre procédure conçue sur du papier-calque en une procédure sous forme de données numérique, but du thème de ce mémoire de fin d'études.

La procédure que nous allons élaborer a été dessinée avec un logiciel de dessin « AutoCAD 2016 » (Voir Annexe 3), les dessins originaux de la procédure seront annexés à la fin de ce travail (Voir Annexe 5).

Le présent chapitre sera subdivisé selon deux (02) sections.



## SECTION 1

### CONCEPTION DE LA PROCEDURE

#### **III.1.1. Introduction:**

Une application des critères de conception des procédures d'approche classique figurant au chapitre 2 est nécessaire afin de construire une procédure conforme aux normes exigées par l'OACI, et de dégager ainsi les principaux avantages dus à leur utilisation sur l'aérodrome de Mascara.

Notre conception débute par l'étude des arrivées.

#### **III.1.2. Arrivée:**

L'étude de la phase d'arrivée permet de se familiariser avec l'environnement de l'aérodrome ou le relief, est pris dument en compte pour le calcul des altitudes minimales de secteur.

➤ **Sectorisation:**

Pour déterminer l'altitude minimale de secteur, selon la méthode quadrants du compas, on doit:

- ✓ tracer un cercle de 25NM de rayon, centré sur l'installation VOR, augmenté par une zone tampon de 5NM, rapporté à l'échelle de la carte topographique (1/200000);
  - ✓ diviser le cercle en quatre secteurs;
  - ✓ repérer les obstacles les plus élevés;
  - ✓ ajouter la MFO à l'obstacle le plus pénalisant;
  - ✓ comparer les MSA des secteurs adjacents deux par deux;
  - ✓ déterminer le nombre des secteurs.
- **Calculs des altitudes minimales:**
- Secteur 1 (QDM360° - QDM090°):  $1090 + 300 = 1390 = 1400\text{m}$  (4600ft)
  - Secteur 2 (QDM090° - QDM180°):  $1276 + 300 = 1576 = 1600\text{m}$  (5200ft)
  - Secteur 3 (QDM180° - QDM270°):  $1312 + 300 = 1612 = 1650\text{m}$  (5300ft)
  - Secteur 4 (QDM270° - QDM360°):  $831 + 300 = 1131 = 1150\text{m}$  (3800ft)

○ Analyse:

Pour chaque deux secteurs adjacents, On vérifie la condition:

$$(MSA1 - MSA2) < 100m$$

Si elle est réalisée, alors les deux secteurs sont confondus et considérés comme un seul secteur, dont la MSA applicable est la plus grande, pour notre cas on a:

- Secteur 1/Secteur 2: 1600 - 1400 > 100m => deux secteurs indépendants
- Secteur 2/Secteur 3: 1650 - 1600 < 100m => un seul secteur
- Secteur 3/Secteur 4: 1650 - 1150 > 100m => deux secteurs indépendants
- Secteur 4/Secteur 1: 1400-1150 > 100m => deux secteurs indépendants

○ Commentaires:

D'après les résultats précédents, on distingue 3 secteurs:

- Secteur 1 (QDM360° - QDM090°) => MSA1 = 1400m (4600ft)
- Secteur 2 (QDM090° - QDM270°) => MSA2 = 1650m (5300ft)
- Secteur 3 (QDM270° - QDM360°) => MSA3 = 1150m (3800ft)

➤ Conclusion:

Les altitudes minimales de secteur indiquent que le relief environnant l'enceinte aéroportuaire est très important, ce qui implique que durant la phase d'approche, les aéronefs doivent perdre une importante altitude.

**III.1.3. Attente:**

La procédure étant protégée pour les aéronefs de catégorie A,B et C, le circuit d'attente va être basé sur la verticale de l'installation VOR, en supposant que l'entrée dans ce circuit est omnidirectionnelle, l'altitude maximale de protection doit être au moins égale à la plus grande des MSA calculée précédemment, et la vitesse maximale de protection choisit correspond à la vitesse indiquée de la catégorie d'aéronef la plus rapide qu'il s'agit de desservir l'aérodrome.

➤ Paramètres d'attente:

- Type de moyen: VOR
- Vitesse indiquée: 426km/h (230kt)
- Altitude pression: 2438m (8000ft) [cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)]
- Température: ISA + 5°

- Temps d'éloignement: 1min (car  $Z_p < 14000\text{ft}$ )
- Catégorie d'aéronefs: A, B et C

➤ Aire de protection de l'attente:

L'aire de protection de l'attente est constituée d'une aire de base, aire d'entrées et cinq zones tampon.

○ Aire de base:

La construction de l'aire de base se fait en deux étapes:

z Etape 01: Tracé du gabarit de circuit d'attente: (Voir **Figure 3.1**)

Le gabarit du circuit d'attente est tracé en prenant en compte les paramètres d'attente choisies, ce gabarit tient en compte de tous les facteurs qui peuvent amener un aéronef à s'écarter du circuit nominal, à l'exception de ceux qui se rapportent à l'aire de tolérance du repère.

Calculs utilisés dans la construction du gabarit du circuit d'attente:

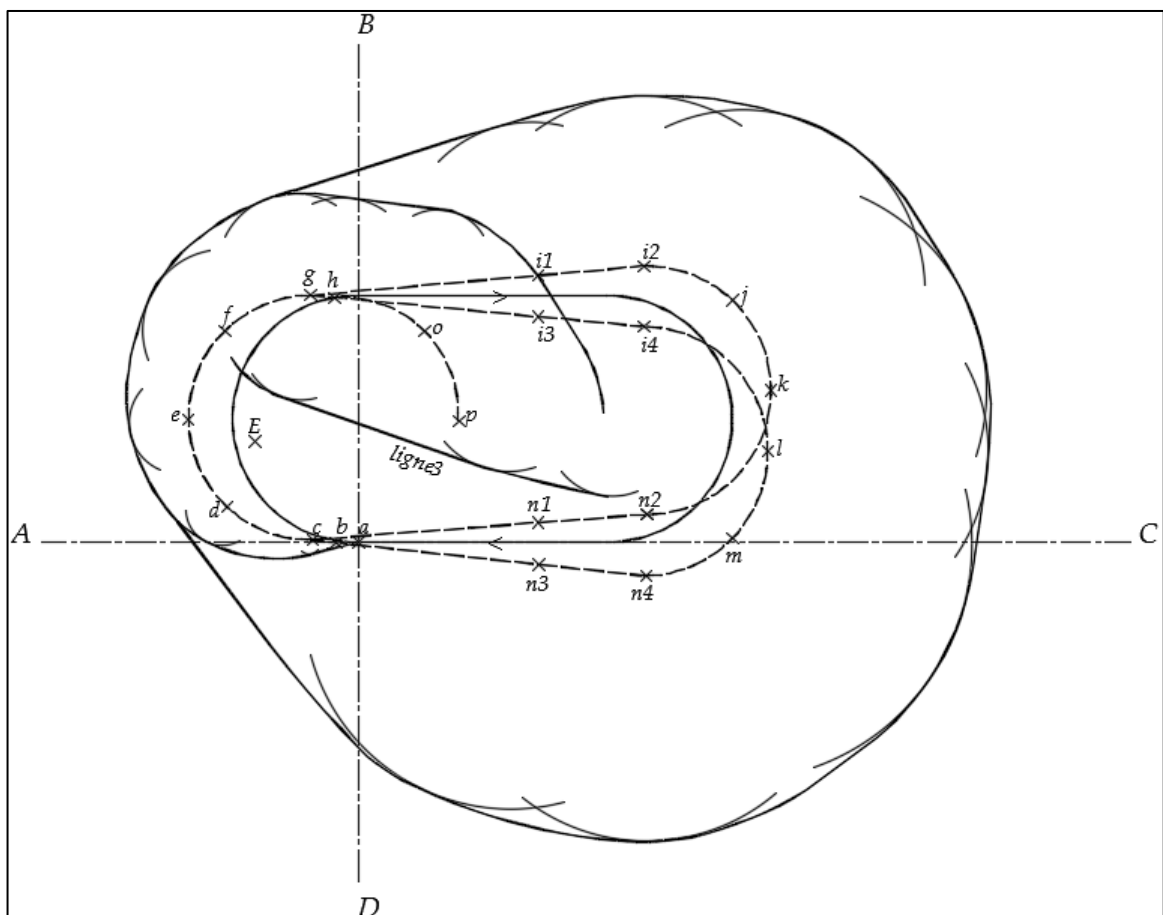
Ligne	Paramètre	Formule	Valeur
1	K	Facteur de conversion pour 2438m et ISA+5°C (Voir Annexe 4)	1.1382
2	V	$V = K \text{ IAS}$	484.87 km/h
3	v	$v = V/3600$	0.1346 km/s
4	R	La moins élevée des valeurs suivantes: $R = 943.27/V$ ou $3^\circ/\text{s}$	1.95 °/s
5	r	$r = V/62.83R$	3.96 km
6	h	En milliers de mètres	2.438
7	w	$w = 12h + 87$	116.26 km/h
8	w'	$w' = w/3600$	0.0322 km/s
9	E45	$E45 = 45w'/R$	0.745 km
10	t	$t = 60T$	60 s
11	L	$L = v \cdot t$	8.08 km
12	ab	$ab = 5v$	0.67 km

13	ac	$ac = 11v$	1.48 km
14	$gi1 = gi3$	$gi1 = gi3 = (t-5)v$	7.40 km
15	$gi2 = gi4$	$gi2 = gi4 = (t+21)v$	10.90 km
16	Wb	$Wb = 5w'$	0.16 km
17	Wc	$Wc = 11w'$	0.36 km
18	Wd	$Wd = Wc + E45$	1.11 km
19	We	$We = Wc + 2E45$	1.85 km
20	Wf	$Wf = Wc + 3E45$	2.6 km
21	Wg	$Wg = Wc + 4E45$	3.34 km
22	Wh	$Wh = Wb + 4E45$	3.14 km
23	Wo	$Wo = Wb + 5E45$	3.89 km
24	Wp	$Wp = Wb + 6E45$	4.63 km
25	$Wi1 = Wi3$	$Wi1 = Wi3 = (t+6)w' + 4E45$	5.11 km
26	$Wi2 = Wi4$	$Wi2 = Wi4 = Wi1 + 14w'$	5.56 km
27	Wj	$Wj = Wi2 + E45$	6.31 km
28	$Wk = Wl$	$Wk = Wl = Wi2 + 2E45$	7.05 km
29	Wm	$Wm = Wi2 + 3E45$	7.8 km
30	Wn3	$Wn3 = Wi1 + 4E45$	8.09 km
31	Wn4	$Wn4 = Wi2 + 4E45$	8.54 km
32	XE	$XE = 2r + (t+15)v + (t+26+195R)w'$	24.02 km
33	YE	$YE = 11v \cdot \cos 20^\circ + r(1 + \sin 20^\circ) + (t+15)v \cdot \text{tg} 5^\circ + (t+26+125R)w'$	12.44 km

**Tableau 3.1:** Calculs utilisés dans la construction du gabarit du circuit d'attente

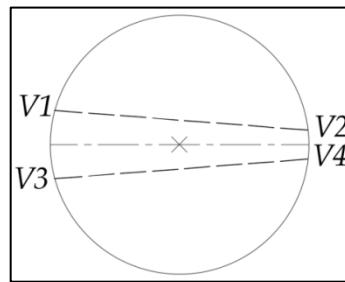
Une fois que les calculs indiqués au tableau précédent sont terminés, le gabarit est établi en passant par les étapes suivantes:

- ✓ Tracé du circuit nominal d'attente;
- ✓ Tracé en prend en considération les tolérances de navigation et l'influence du vent de:
  - Protection du virage d'éloignement;
  - Protection du virage de plus de 180°;
  - Protection de la branche d'éloignement;
  - Protection du virage de rapprochement;
- ✓ Tracé final du gabarit;
- ✓ Indications complémentaires figurant sur le gabarit:
  - Protection du virage de plus de 180°;
  - Ligne '3', et Point 'E'.



**Figure 3.1:** Gabarit du circuit d'attente

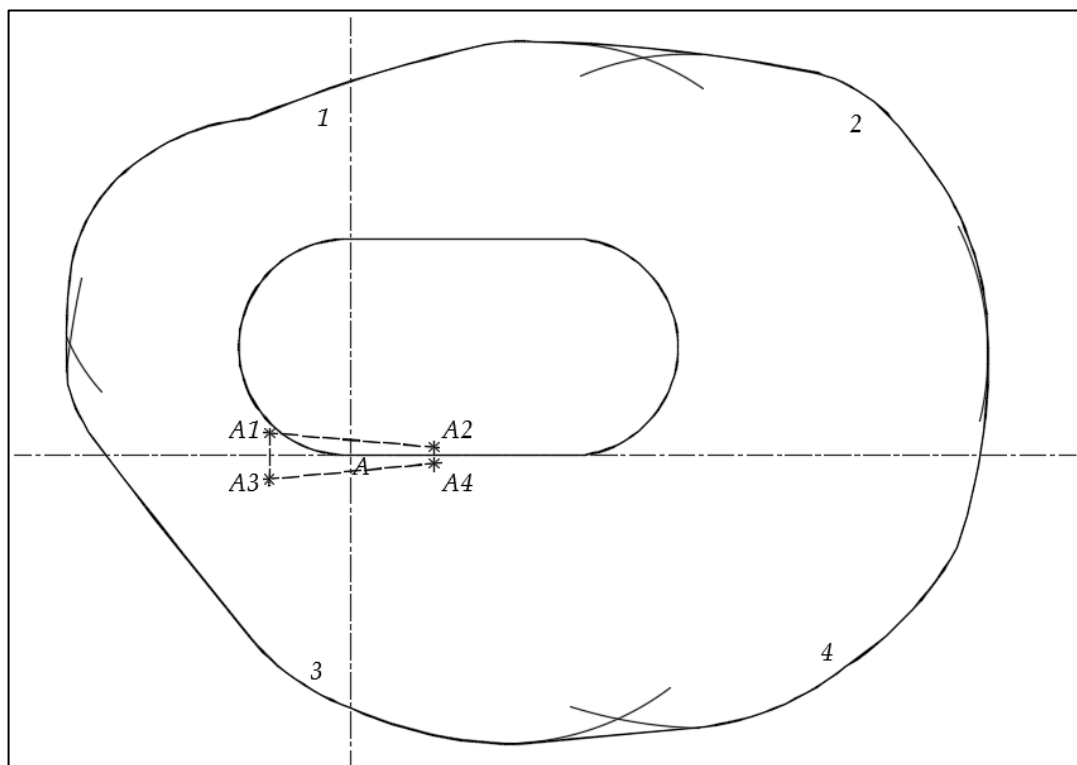
Ensuite, on construit l'aire de tolérance du repère de position de VOR pour préparer à l'étape suivante. (Voir **Figure 3.2**)



**Figure 3.2:** Aire de tolérance du repère d'attente

z Etape 02: Tracé de l'aire de base: (Voir **Figure 3.3**)

Le tracé de l'aire de base de la procédure d'attente est effectué en déplaçant l'origine du gabarit autour de l'aire de tolérance du repère VOR.



**Figure 3.3:** Aire de base

o Aire d'entrées: (Voir **Figures 3.4; 3.5; 3.6**)

Une droite passant par le point d'attente est formée un angle de  $70^\circ$  avec l'axe de rapprochement divisé l'attente en trois entrées:

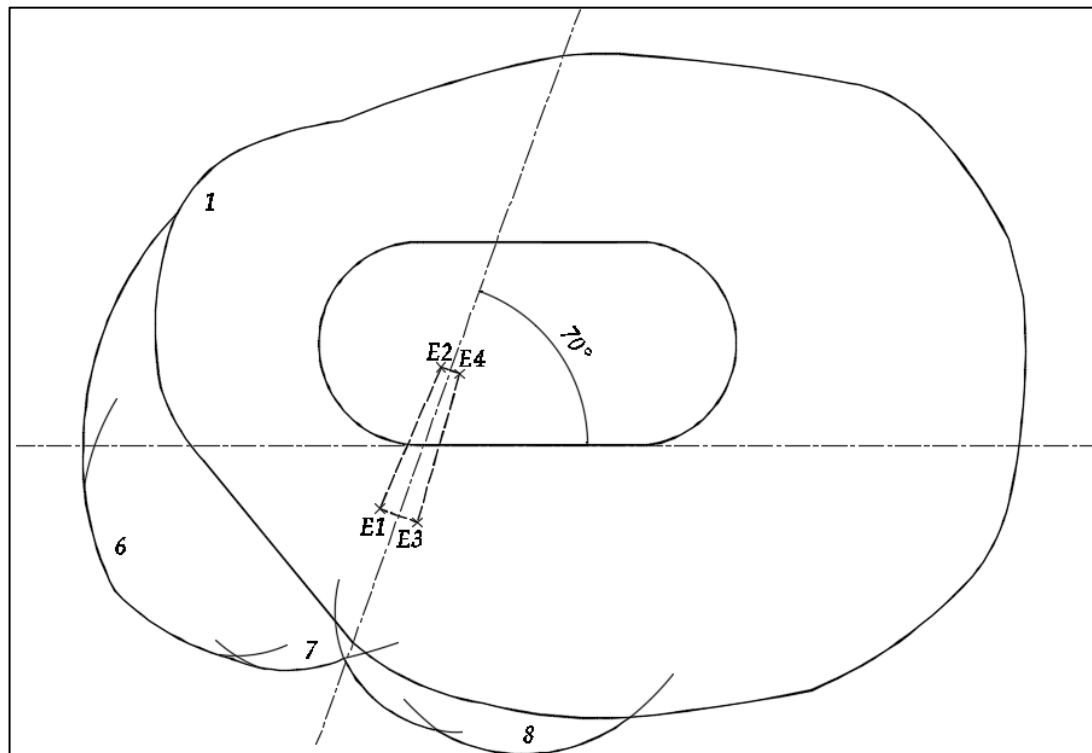
✓ Entrée parallèle;

- ✓ Entrée décalée;
- ✓ Entrée directe ;

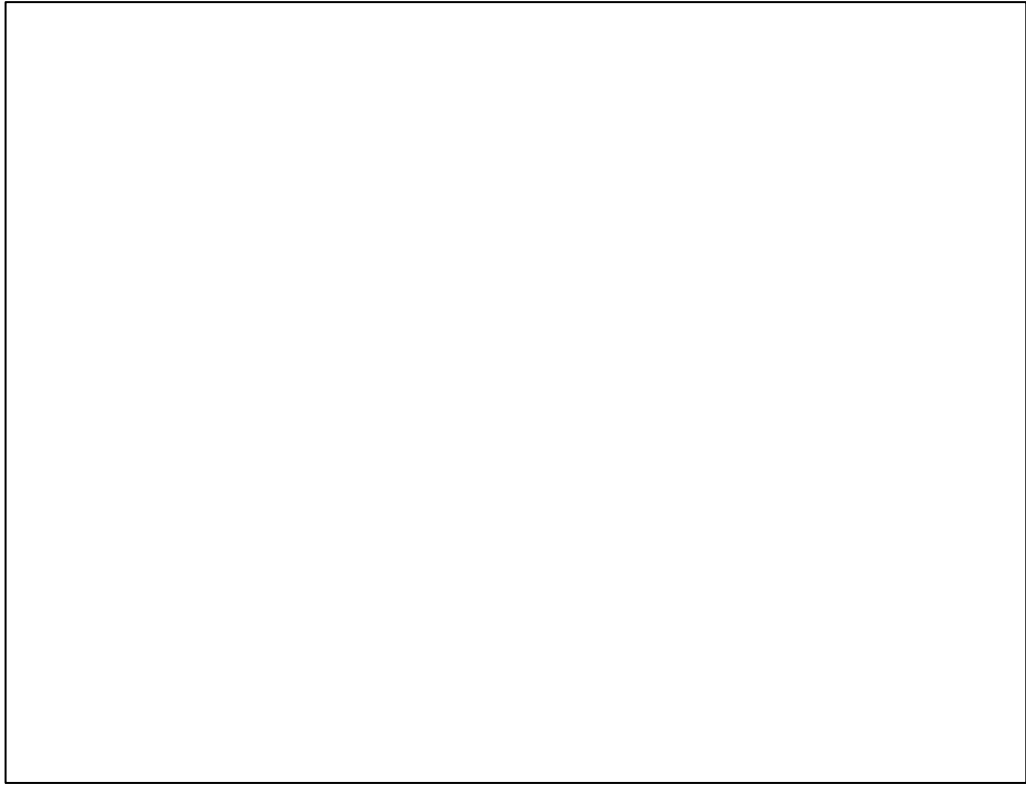
Donc, il faut tracer:

- ✓ l'aire de protection des entrées de secteur 3 du côté de l'attente;
- ✓ l'aire de protection des entrées de secteur 1, 2 et secteur 3 du côté opposé à l'attente;

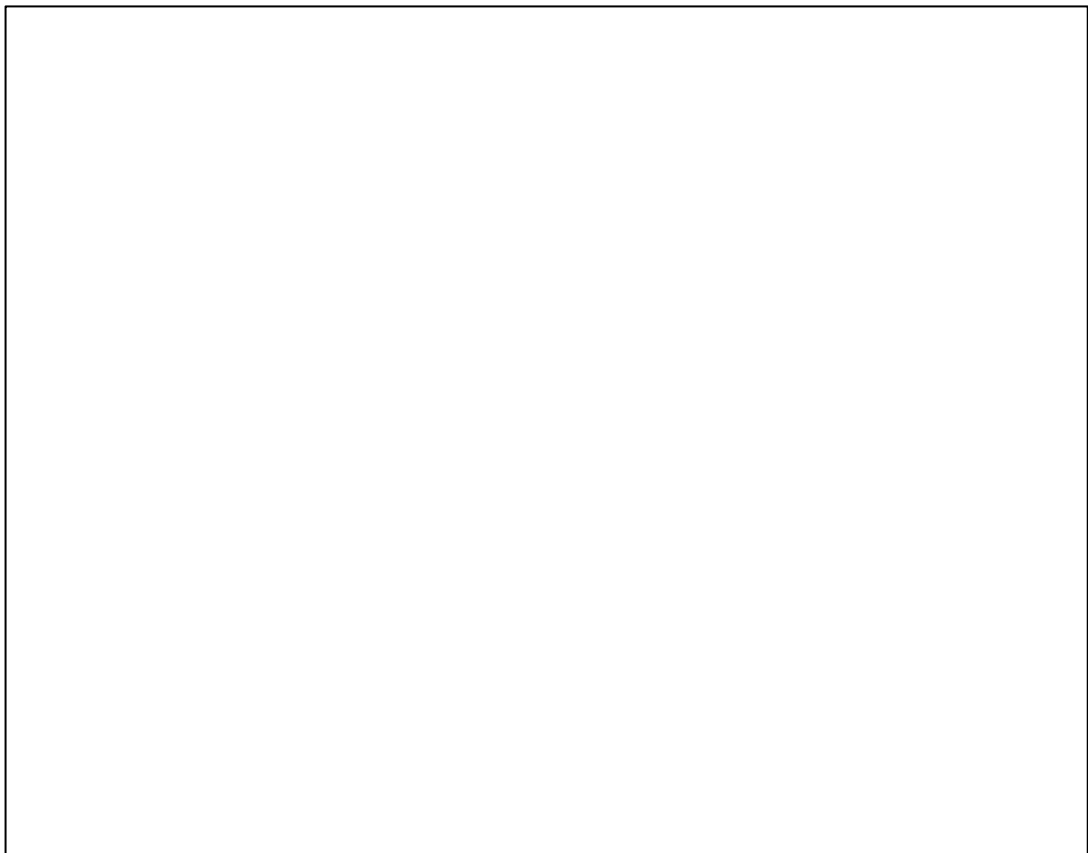
Puis, on peut tracer l'aire de protection de l'entrée omnidirectionnelle.



**Figure 3.4:** Entrée par le secteur 3 du côté de l'attente



**Figure 3.5:** Entrée par les secteurs 1,2 et 3 du côté opposé à l'attente



**Figure 3.6:** Entrées omnidirectionnelles





➤ Orientation de l'attente:

L'attente se fait à droite, selon le radial 236°, car on n'a pas des obstacles qui percent dans cette direction, et aussi pour faciliter les manœuvres à effectuer lors de virage de base par la suite de la procédure.

➤ Altitude minimale d'attente:

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

L'altitude minimale d'attente est calculée de la manière suivante:

- Aire d'attente = Alt.obst. pénalisant 1 + 100%MFO  
= 1062 + 300 = 1362 = 1400m (4600ft)
- Zone tampon1= Alt.obst. pénalisant 2 + 100%MFO  
= 808 + 300 = 1108 = 1150m (3700ft)
- Zone tampon2= Alt.obst. pénalisant 3 + 50%MFO  
= 1201 + 150 = 1351 = 1400m (4600ft)
- Zone tampon3= Alt.obst. pénalisant 4 + 40%MFO  
= 1121 + 120 = 1241 = 1250m (4100ft)
- Zone tampon4= Alt.obst. pénalisant 5 + 30%MFO  
= 1125 + 90 = 1215 = 1250m (4100ft)
- Zone tampon5= Alt.obst. pénalisant 6 + 20%MFO  
= 1189 + 60 = 1249 = 1250m (4100ft)

Ensuite, Zp min est déterminé en choisissant la plus élevée des valeurs précédentes;

- Zp min = MAX {Alt1, Alt2, Alt3, Alt4, Alt5, Alt6}
- Zp min = MAX {1362, 1108, 1351, 1241, 1215, 1249}
- Zp min = 1362 = 1400m (4600ft)

A cause des minima opérationnels, et pour plus de sécurité, on augmente l'altitude minimale d'attente à 1500m (5000ft).

➤ Nombre des niveaux d'attente:

L'attente est définie par les paramètres suivants:

- ✓ Altitude maximale d'attente: 2438m (8000ft)
- ✓ Altitude minimale d'attente: 1500m (5000ft)
- ✓ Altitude de transition: 1200m (4000ft) [cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)]

A partir de ces paramètres, on déduit le nombre des niveaux d'attente comme suit:

$$\text{Nbre.niv.} = (Z_p \text{ max} - Z_p \text{ min}) \div 1000$$

$$\text{Nbre.niv.} = (8000 - 5000) \div 1000$$

$$\text{Nbre.niv.} = 3$$

Donc, on a 3 niveaux d'attente classés comme suit depuis le plus bas vers le plus haut:

- Premier niveau d'attente N1: FL50
- Deuxième niveau d'attente N2: FL60
- Troisième niveau d'attente N3: FL70

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

### **III.1.4. Initial:**

#### ➤ Segment d'approche initiale:

Le segment d'approche initiale commence à l'IAF défini par la verticale de l'installation VOR, tel que l'aéronef quitte l'attente et amorce sa descente en suivant le radial 242° pour la CAT C et le radial 249° pour la CAT A/B, jusqu'à l'altitude minimale de la phase initiale où il exécute un virage à droite (virage de base) pour rejoindre l'axe de la piste.

#### ➤ Aire de protection de virage de base:

La construction de l'aire de protection de virage de base se fait en trois étapes:

z Etape01: Tracé du gabarit de virage de base: (Voir **Figures 3.8; 3.9**)

Le gabarit du virage de base est tracé en prenant en compte tous les facteurs qui peuvent amener un aéronef à s'écarter du circuit nominal.

#### o Paramètres du virage de base pour la CAT A/B:

- Type de moyen: VOR
- Vitesse indiquée: 260km/h (140kt)
- Altitude pression: 1500m (5000ft)
- Température: ISA+5°C
- Temps d'éloignement: 2min 30sec
- Taux de descente: 183m/min (600ft/min)



- Paramètres de virage de base pour la CAT C:
  - Type de moyen: VOR
  - Vitesse indiquée: 345km/h (185kt)
  - Altitude pression: 1500m (5000ft)
  - Température: ISA+5°C
  - Temps d'éloignement: 2min
  - Taux de descente: 229m/min (750ft/min)

Calculs utilisés dans la construction du gabarit du virage de base pour la CAT C:

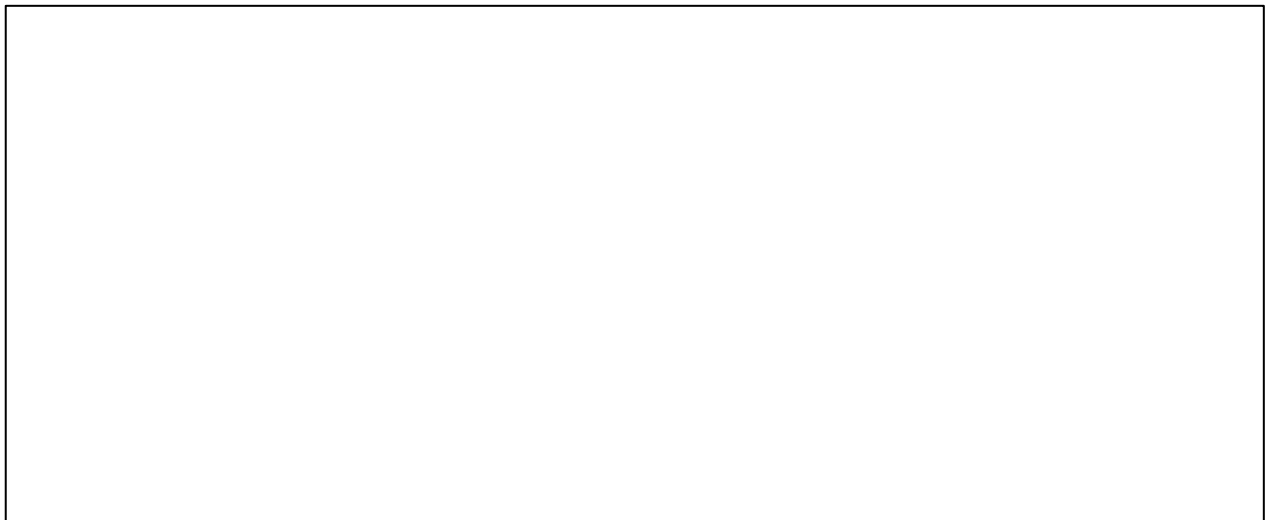
Ligne	Paramètre	Formule	Valeur
1	K	Facteur de conversion pour 1500m et ISA+5°C (Voir Annexe 4)	1.0856
2	V	$V = K \text{ IAS}$	374.53 km/h
3	v	$v = V \sqrt{3600}$	0.104 km/s
4	R	La moins élevée des valeurs suivantes : $R = 943.27 \sqrt{V}$ ou $3^\circ/s$	2.52 °/s
5	r	$r = V \sqrt{62.83R}$	2.36 km
6	h	En milliers de mètres	1.5
7	w	$w = 12h + 87$	105 km/h
8	w'	$w' = w \sqrt{3600}$	0.03 km
9	E	$E = w' \sqrt{R}$	0.01 km/°
10	φ	$\phi = 36 \sqrt{T}$	22°
11	zV	$zV = h \cdot \text{tg} 50^\circ$	1.79 km
12	t	$t = 60T$	120 s
13	L	$L = v \cdot t$	12.48 km
14	ab1= ab3	$ab1 = ab3 = (t-5)(v-w') - zV$	6.72 km
15	ab2= ab4	$ab2 = ab4 = (t+21)(v+w') + zV$	20.68 km
16	Wd= Wg	$Wd = Wg = 50^E$	0.5 km
17	We= Wf= Wh	$We = Wf = Wh = 100^E$	1 km
18	Wi	$Wi = 190^E$	1.9 km
19	Wj	$Wj = 235^E$	2.35 km
20	angle de dérive d	$d = \arcsin (w \sqrt{V})$	16.3 °

21	N3l	$N3l = 11v$	1.14 km
22	Wl	$Wl = 11w'$	0.33 km
23	Wm	$Wm = Wl + 50^E$	0.83 km
24	Wn	$Wn = Wl + 100^E$	1.33 km

**Tableau 3.3:** Calculs utilisés dans la construction du gabarit du virage de base pour la CAT C

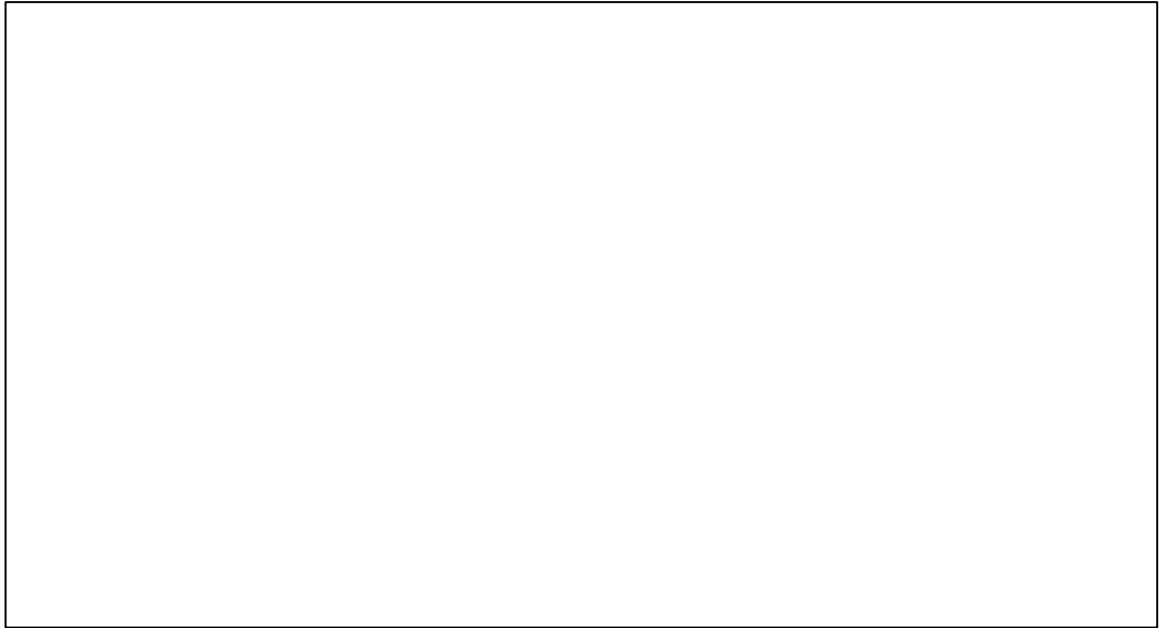
Une fois que les calculs indiqués aux tableaux précédents sont terminés, les deux gabarits sont établis en passant par les étapes suivantes:

- ✓ Tracé de trajectoire nominale;
- ✓ Tracé en prend en compte l'influence du vent de:
  - Protection du parcours d'éloignement;
  - Protection du virage de rapprochement;
- ✓ Tracé final du gabarit.



**Figure 3.8:** Gabarit pour virage de base (cat A/B)





**Figure 3.11:** Aire de protection du virage de base (cat A/B)



**Figure 3.12:** Aire de protection du virage de base (cat C)

➤ Altitude minimale de la phase initiale:

L'altitude minimale de segment d'approche initiale 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:



o Altitude minimale pour la CAT C:

z Aire primaire:

$$\text{Alt.min.} = \text{Alt.obst. pénalisant} + \text{MFOp}$$

$$\text{Alt.min.} = 679 + 300 = 979\text{m}$$

z Aire secondaire:

$$\text{Alt.min.} = \text{Alt.obst. pénalisant} + \text{MFOs}$$

Pour chaque obstacle on doit calculer la MFOs correspondante en appliquant la formule suivante:

$$\text{MFOs} = \text{MFOp} (1 - D / Ws)$$

Avec :

Ws: la largeur de l'aire secondaire.

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

C.-à-d.:

$$\text{Alt.min.} = 782 + 300(1 - 0.8 / 4.6) = 1029\text{m}$$

D'où:

$$\text{Alt.min.} = \text{MAX} \{979, 1029\} = 1029$$

$$\text{Alt.min.} = 1050\text{m}$$

o Altitude minimale pour la CAT A/B:

z Aire primaire:

$$\text{Alt.min.} = 679 + 300 = 979\text{m}$$

z Aire secondaire:

$$\text{Alt.min.} = 782 + 300(1 - 3.2 / 4.6) = 873\text{m}$$

D'où:

$$\text{Alt.min.} = \text{MAX} \{979, 873\} = 979$$

$$\text{Alt.min.} = 1000\text{m}$$

À cause des minima opérationnels on augmente l'altitude minimale à 1050m, donc l'altitude minimale de la phase initiale va être 1050m pour toutes les catégories.

$$\text{Alt.min.} = 1050\text{m} (3500\text{ft})$$

### III.1.5. Intermédiaire:

Puisque notre procédure est une procédure classique sans FAF, et ce type de procédure n'a pas de segment intermédiaire, donc à l'achèvement de la procédure d'inversion, l'aéronef est en approche finale.

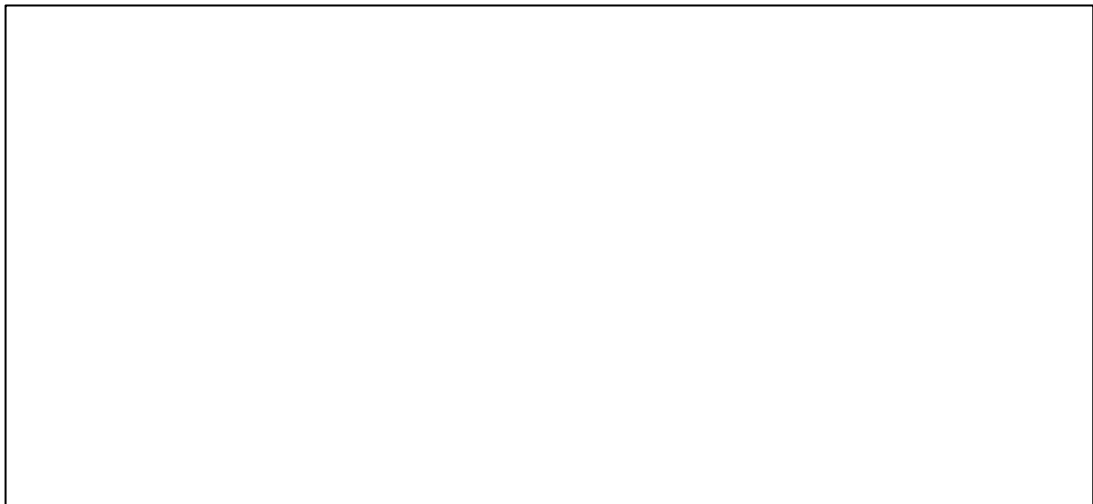
**III.1.6. Finale:**

➤ Segment d'approche finale:

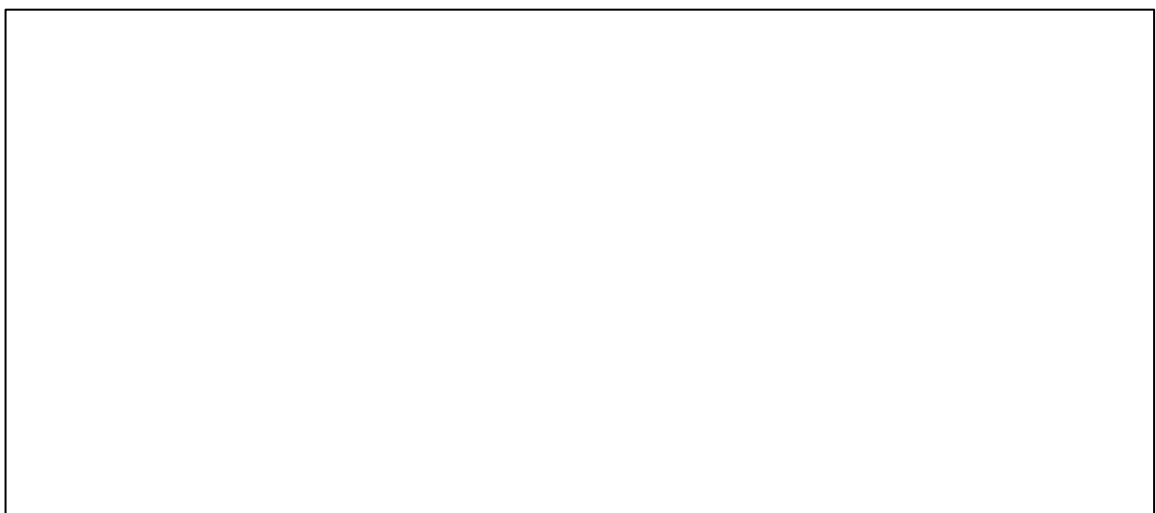
Le segment d'approche finale commence au point où la fin de virage de rapprochement coupe la trajectoire d'approche finale, cette dernière est alignée avec l'axe de piste en suivant le radial 083° jusqu'au point MAPT.

➤ Aire de protection du segment d'approche finale: (Voir **Figure 3.13; 3.14**)

L'aire de protection du segment d'approche finale est centrée longitudinalement sur la trajectoire nominale de l'approche finale, et s'évase symétriquement avec un angle de 7.8°, elle est, en plus, élargie pour coïncider avec la limite de l'aire d'inversion correspondant au rapprochement.



**Figure 3.13:** Aire de protection du segment final (cat A/B)



**Figure 3.14:** Aire de protection du segment final (cat C)

➤ Altitude/Hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H):

L'altitude de franchissement d'obstacles dépend des obstacles qui se trouvent dans l'aire primaire et l'aire secondaire.

○ Altitude/Hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H) pour la CAT C:

z Aire primaire:

$$\text{Alt.min.} = \text{Alt.obst. pénalisant} + \text{MFOp}$$

$$\text{Alt.min.} = 679 + 90 = 769\text{m}$$

z Aire secondaire:

$$\text{Alt.min.} = \text{Alt.obst. pénalisant} + \text{MFOs}$$

$$\text{Alt.min.} = 717 + 90(1 - 1.4 \cdot 4.6) = 779\text{m}$$

D'où:

$$\text{OCA} = \text{MAX} \{769, 779\} = 779$$

$$\text{OCA} = 800\text{m (2600ft)}$$

Pour déterminer l'OCH, on a la relation suivante:

$$\text{OCH} = \text{OCA} - \text{Alt.seuil pénalisant}$$

D'où:

$$\text{OCH} = 800 - 505 = 295$$

$$\text{OCH} = 295\text{m (970ft)}$$

○ Altitude/Hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H) pour la CAT A/B:

z Aire primaire:

$$\text{Alt.min.} = \text{Alt.obst. pénalisant} + \text{MFOp}$$

$$\text{Alt.min.} = 679 + 90 = 769\text{m}$$

z Aire secondaire:

$$\text{Alt.min.} = \text{Alt.obst. pénalisant} + \text{MFOs}$$

$$\text{Alt.min.} = 717 + 90(1 - 2.2 \cdot 4.6) = 763\text{m}$$

D'où:

$$\text{OCA} = \text{MAX}\{769, 763\} = 769$$

$$\text{OCA} = 800\text{m (2600ft)}$$

Pour déterminer l'OCH, on a la relation suivante:

$$\text{OCH} = \text{OCA} - \text{Alt.seuil pénalisant}$$

D'où:

$$\text{OCH} = 800 - 505 = 295$$

$$\text{OCH} = 295\text{m (970ft)}$$

**III.1.7. Interrompue:**➤ Segment d'approche interrompue:

Le segment d'approche interrompue commence au point d'approche interrompue MAPT à la verticale de l'installation VOR, et se termine à l'altitude minimale d'attente (1500m).

➤ Type de l'approche interrompue:

Notre procédure d'approche interrompue va être en ligne droite avec un virage de 15°.

➤ Etude de l'approche interrompue:○ Début de montée (SOC):

Le SOC est déterminé par la somme de deux éléments:

- ✓ La tolérance de MAPT;
- ✓ La distance de transition.

z Calcul de la tolérance de MAPT: (Voir **Figure 3.15**)

La tolérance longitudinale du MAPT est définie par la somme de deux éléments:

- ✓ La tolérance intégrale de l'installation qui est de 0km dans notre cas parce que le MAPT est définie par la verticale de l'installation VOR;
- ✓ Une distance (d) prévue pour le temps de réaction du pilote, d'où:

$$d = 3s \quad (V_p \text{ max} + 19\text{km/h})$$

Avec:

$V_p \text{ max}$ : la vitesse maximale d'approche finale calculée pour  $Z_p = 505\text{m}$  et  
 $T = \text{ISA} + 15^\circ\text{c}$

Donc:

$$d = 0.28\text{km}$$

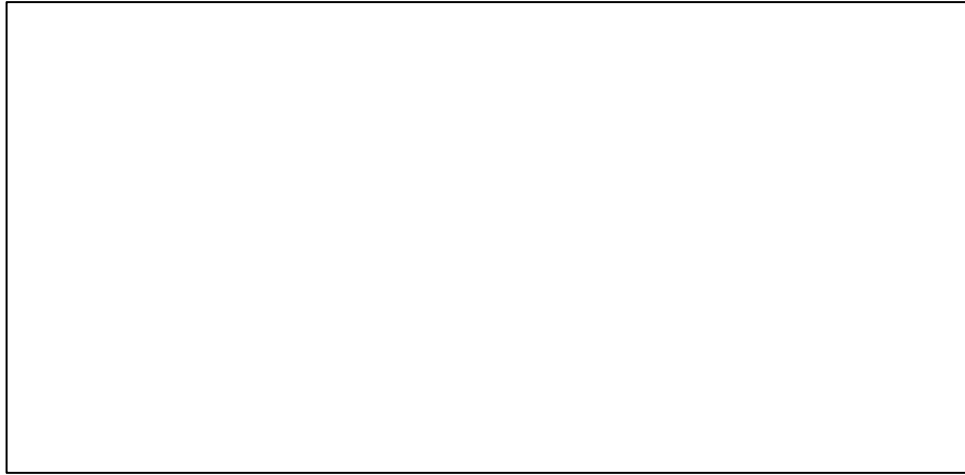
z Calcul de la distance de transition:

La distance de transition est calculée comme suit:

$$X = 15s \quad (V_p \text{ max} + 19\text{km/h})$$

Donc:

$$X = 1.38\text{km}$$



**Figure 3.15:** Aire de tolérance du MAPT

○ Pente de montée:

La pente est choisie d'une manière où les critères de franchissement des obstacles qui se trouvent dans l'aire de protection du segment d'approche interrompue sont assurés. Notre pente va être 3%.

○ Altitude/Hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H):

L'altitude de franchissement d'obstacles dépend des obstacles qui se trouvent dans l'aire de protection du segment d'approche interrompue, ce segment est composé de trois phases:

z Phase initiale:

Cette phase commence au MAPT et se termine au SOC.

La MFO dans cette phase est la même de celle de l'approche finale.

Donc:

$$OCA = 800m$$

z Phase intermédiaire:

Cette phase commence au point SOC et se termine jusqu'au point où la MFO est de 50m.

La MFO dans cette phase est égale à 30m.

D'où:

$$OCA = \text{Alt.obst. pénalisant} + 30m = 917 + 30 = 947$$

Donc:

$$OCA = 950m$$

z Phase finale:

Cette phase commence au point où une MFO de 50m est initialement obtenue et se termine au point où l'avion atteint l'altitude de 1500m.

La MFO dans cette phase est égale à 50m.

D'où:

$$OCA = \text{Alt.obst. pénalisant} + 50\text{m} = 923 + 50 = 973$$

Donc:

$$OCA = 1000\text{m}$$

- o Aire de protection du segment interrompu: (Voir **Figure 3.16**)

L'aire d'approche interrompue a une largeur, à son origine égale à celle de l'aire d'approche finale en MAPT, elle s'évase ensuite avec un angle de 7.8°, elle s'étend jusqu'à la distance suffisante pour assurer que l'aéronef a atteint l'altitude de 1500m, en dérivant de trajectoire nominale de l'approche finale avec un angle de 15° depuis le SOC, pour éviter des obstacles qui peuvent pénaliser notre parcours en ligne droite.

Note : pour que l'approche interrompue soit en ligne droite, il faut que l'altitude d'obstacle dans l'aire finale d'approche interrompue ne dépasse pas l'altitude de l'avion au passage de cet obstacle.

C.-à-d. :

$$\text{Alt.obst.(i)} < OCA + d(i) \quad \text{tgZ}$$

Avec:

d(i): calculée à partir du SOC parallèlement à la trajectoire d'approche interrompue en ligne droite.

Z: l'angle formé par la surface d'approche interrompue et le plan horizontal.

N°	Alt.obst(i)	Distance d(i)	tgZ	OCA	Alt.avion	Observation
1	581	1900	0.03	600	657	Ne perce pas
2	565	6400	0.03	600	792	Ne perce pas
3	605	9700	0.03	600	891	Ne perce pas
4	917	12700	0.03	600	981	Ne perce pas
5	782	17000	0.03	600	1110	Ne perce pas

6	890	20400	0.03	600	1212	Ne perce pas
7	923	20200	0.03	600	1206	Ne perce pas
8	875	22600	0.03	600	1278	Ne perce pas
9	714	24200	0.03	600	1326	Ne perce pas
10	706	29100	0.03	600	1473	Ne perce pas

**Tableau 3.4:** Observation d'obstacles situés à la trajectoire du segment interrompu

D'où notre approche interrompue est en ligne droite.



**Figure 3.16:** Aire de protection du segment interrompu

### **III.1.8. Minima opérationnels:**

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

CAT-ACFT	Minima Opérationnels Les Plus Bas Admissibles		
	VOR RWY 08		
	OCH	MDH	VH
A	295M	970FT	2400M
B	295M	970FT	2400M
C	295M	970FT	2400M

**Tableau 3.5:** Minima opérationnels



## **SECTION 2**

### **CODAGE DE LA PROCEDURE**

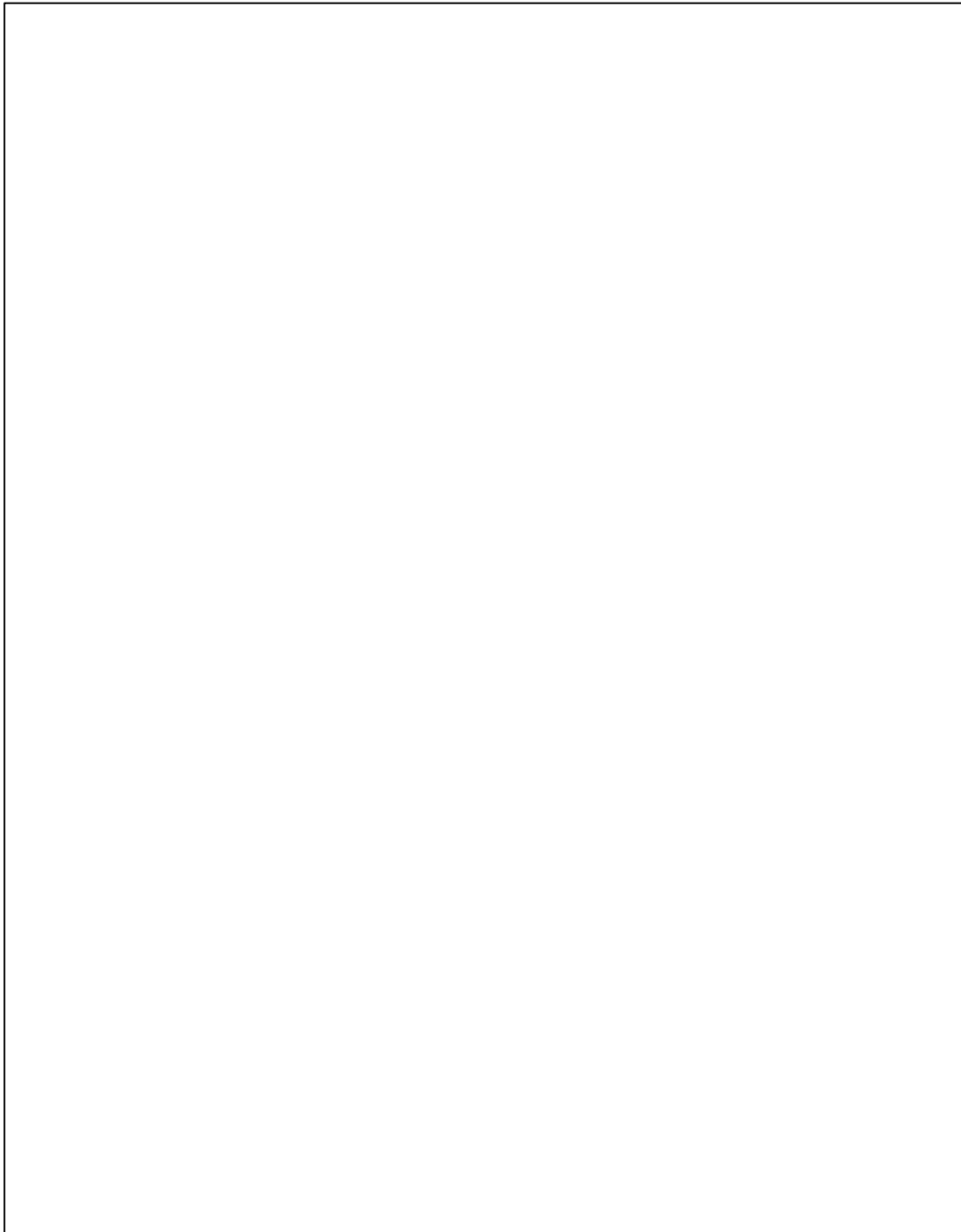
#### **III.2.1. Introduction:**

Dans la présente section, on va coder notre procédure toute en respectant le séquençage des segments et les propriétés de chaque segment tel qu'il est décrit par les tableaux du 1<sup>er</sup> chapitre.

Pour coder une procédure d'approche correctement, un manuel d'utilisation appelé « SPECIFICATIONS ARINC 424-15 » définit les normes recommandées par l'industrie du transport aérien est fourni par la société ARINC.

Toutes les résolutions prises dans la section présente sont tirées à partir de ce manuel.

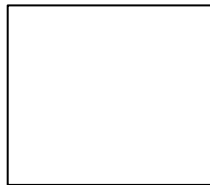
Pour bien comprendre le processus de codage, on donne cette illustration qui représente le résultat final de la section précédente.



**Figure 3.17:** Procédure d'approche aux instruments piste 08 Cat A, B, et C pour l'aérodrome de Ghriss DAOV

### **III.2.2. Codage de la procédure:**

Pour coder n'importe quelle procédure d'approche on commence toujours par le IF (repère initial), notre IF est défini à la verticale de l'installation VOR à 8000ft (2438m) d'altitude.



**Figure 3.18:** Code IF [3]

➤ **Attente:**

Pour coder le circuit d'attente, l'ARINC 424 nous offre trois possibilités seulement, ces possibilités sont les codes HA, HF et HM.



**Figure 3.19:** Codes HA, HF, HM [3]

Pour le HF (circuit unique se terminant par le repère) il est très limité parce que il nous permet de faire qu'un seul circuit alors qu'on a besoin de trois circuits parce que notre attente se fait en trois niveaux, donc ce choix est exclu.

Le HM (Attente jusqu'une terminaison manuelle) sert à définir un circuit d'attente qui prend fin par une intervention manuelle de l'équipage de conduite, ce type des segments est généralement utilisé pour les manœuvres à vue libre lorsque il y'a des contraintes opérationnelles peuvent imposer de ne pas poser directement sur la piste, donc il nous reste que le HA (Attente jusqu'une

terminaison d'altitude) et se segment est parfaitement approprié à notre procédure, alors l'attente va commencer à partir de l'altitude maximale de protection 8000ft (2438m) avec une vitesse indiquée de 230kt (426km/h) selon le radial 236° en faisant 3 circuits d'hippodrome jusqu'à l'altitude minimale d'attente 5000ft (1500m) où on passe par la verticale de moyen VOR pour quitter l'attente et entamer le segment d'approche initial.

PT	W/P ID	OVR FLY	TD	RMD VHF	RHO	THE	MAG CRS	TM/DST	ALT ONE	ALT TWO	SPD LMT	VRT ANG	ARC CTR
HA	X		R	VOR	O	O	236°	1min	1500m		230kt		

**Tableau 3.6:** Tableau des données pour le code HA

➤ Initial:

Comme notre segment initial est de la forme d'un virage de base, l'avion amorce sa descente dès qu'il passe par la verticale de moyen en suivant le radial 242° (CAT C) et 249° (CAT A/B) jusqu'à l'altitude minimale qui est de 3500ft (1050m) où il exécute un virage à droite pour rejoindre l'axe de la piste.

Pour simplifier un peu les choses, on va diviser ce segment en deux tronçons : le 1<sup>er</sup> est la descente (le parcours d'éloignement) et le 2<sup>e</sup> est le virage (le virage d'éloignement), comme ça le codage sera plus facile.

Commençant par le 1<sup>er</sup> tronçon et comme ce dernier se débuté par un repère, les segments qui servent à coder ce type des parcours sont limités par ceux qui sont définis à partir d'un repère c.-à-d. FA, FC, FM et FD.

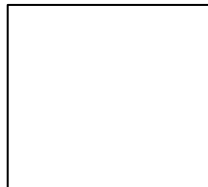
On élimine le FD (Route depuis un repère jusqu'à une distance DME) dès le premier parce que on n'a pas un DME dans notre cas, on élimine aussi le FA (Direction depuis un repère jusqu'à une altitude) parce que les terminaisons en altitude ne doivent pas être utilisées dans les procédures de descentance.

Il nous reste que les segments FC et FM, mais le FM (Direction depuis un repère jusqu'à une fin manuelle) manque de précision parce qu'il compte toujours sur la qualification de pilote, en plus, ce segment ne nous permet pas d'introduire l'information de distance qui est indispensable pour ce parcours, alors on va utiliser le code FC.



de l'arc de virage, et comme ces points ne sont pas disponibles dans notre cas, on se trouve confronté à un autre problème, « le problème des repères ».

Heureusement les concepteurs de la base de données ARINC 424 ont déjà pensé à ce genre des problèmes et ils nous ont donné la solution représentée par des points virtuels, ce qu'on appelle « phantom waypoints ».



**Figure 3.22:** Point fantôme [3]

Les points fantômes sont des repères de base de données établis lors du codage des procédures, ils sont utilisés pour faciliter une navigation plus précise dans certaines circonstances. A l'aide de ces points on peut utiliser le code RF, il suffit de créer le repère de début de virage d'éloignement à l'altitude de 1050m sur le radial 242° à une distance de 12.44 km du moyen VOR (CAT C), et sur le radial 249° à une distance de 11.88km du moyen VOR (CAT A/B), en précisant le rayon de l'arc qui est de 2.36km (CAT C) et 1.5 km (CAT A/B), la direction de virage et le radial prévu pour l'interception.

Le repère de fin de virage et le centre de l'arc sont calculés par le logiciel de gestion de base de données aéronautique (AI-Sky Data).



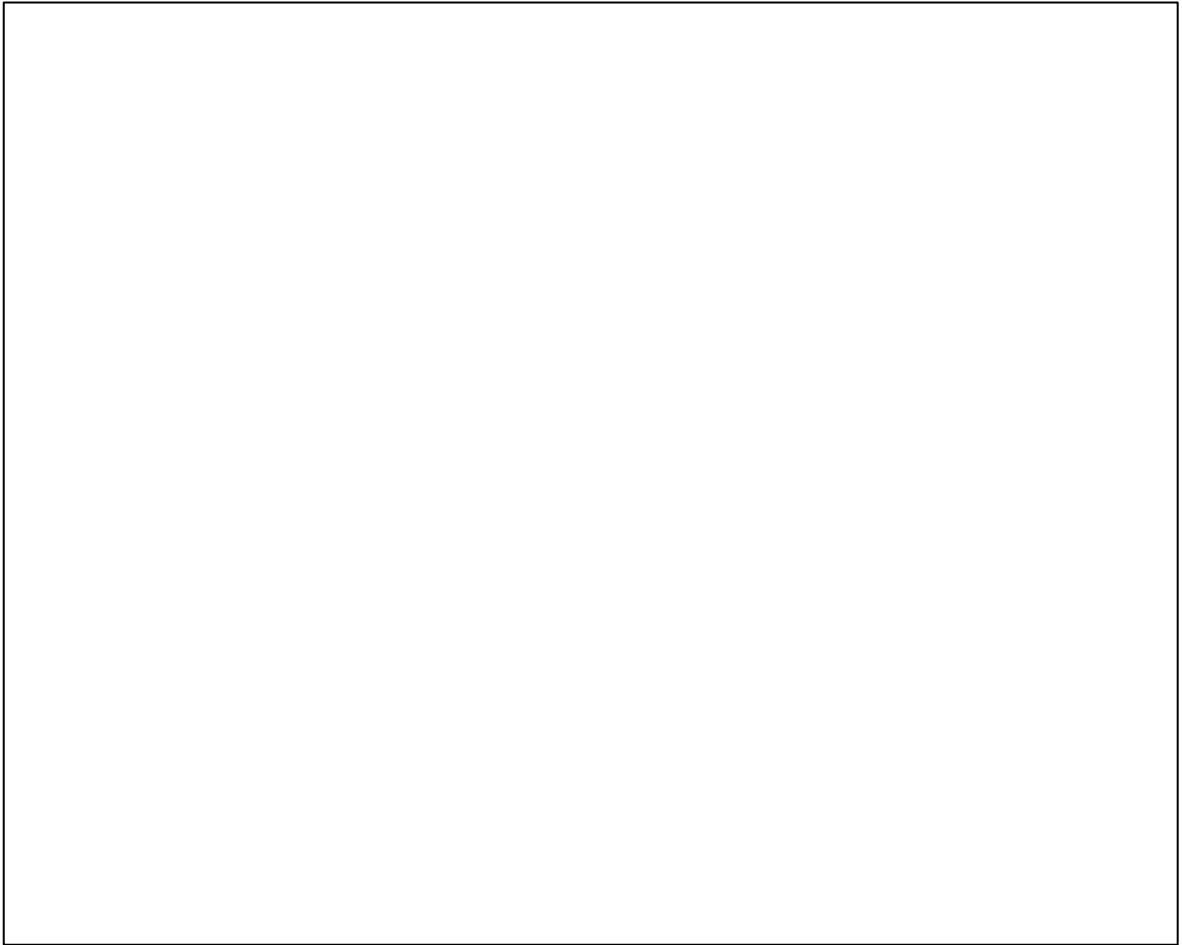
**Figure 3.23:** Code RF [3]







### **III.2.3. Résultat final:**



**Figure 3.27:** Procédure d'approche aux instruments codée avec l'ARINC 424  
piste 08 aérodrome de Ghriss

### **III.2.4. Conclusion:**

Une fois le codage de la procédure est complété, les données sont destinées à fusionner avec le dispositif électronique de gestion de l'information à bord de l'aéronef pour garantir au pilote une présentation de son trajectoire en 4D, il le permettre aussi de suivre le plan de vol en temps réel, et de maintenir constamment la trace de l'évolution de son vol.