

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE « SAAD DAHLEB » BLIDA



Département : Aéronautique

Projet de Fin d'Etude

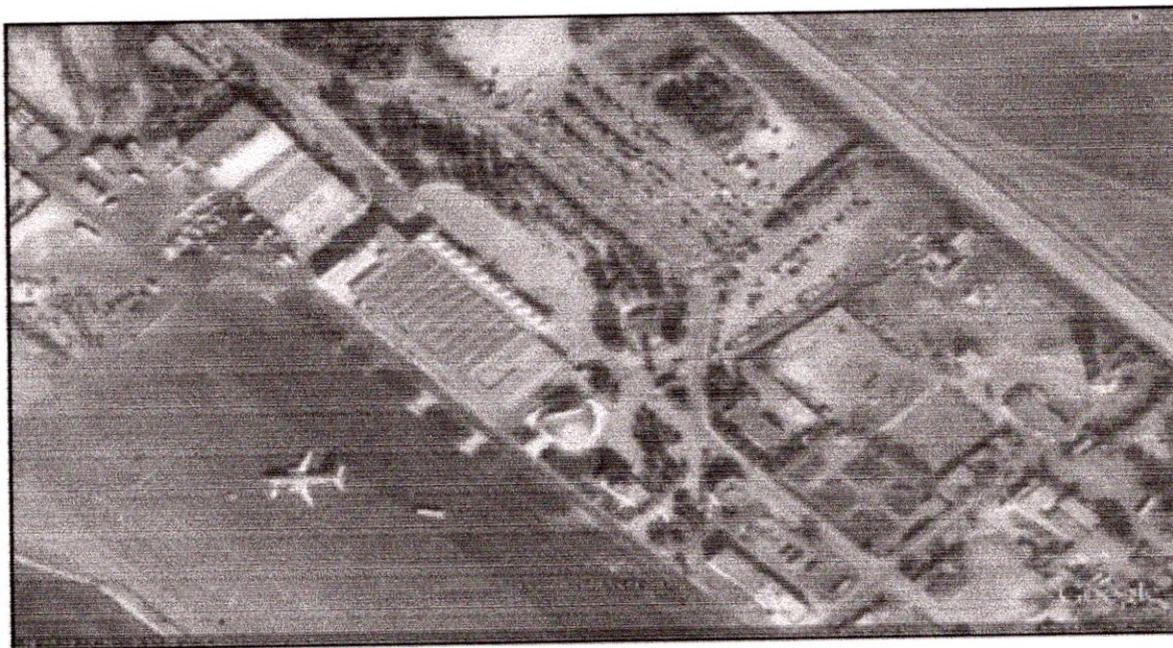
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Aéronautique
Option : Opérations Aériennes



Thème

*Elaboration d'une procédure d'approche
RNAV/GNSS pour l'aéroport de Constantine RWY*

34



Présenté par :

- * GOUNTAS REBIHA
- * BENARBIA IMANE

Encadré par :

- * Mr. TERMELIL.F
- * Mr. LAGHA.M

Promotion 2009

Résumé

L'objectif de Notre projet consiste a élaborer une procédure d'approche RNAV/GNSS pour l'aéroport de Constantine pour la piste 34.

Ce type de procédure se base sur des points indépendants des balises au sol.

Le but notre étude est de remédier aux inconvénients de la procédure existante de Constantine.

Abstract

The objective of Our project consists has to work out a procedure of approach RNAV/GNSS for the airport of Constantine for track 34.

This type of procedure is based on points independent of the beacons on the ground.

The objective of our study is to cure the disadvantages of the existing procedure of Constantine.

ان الغاية من مشروعنا قائمة على تحضير طريقة اقتراب من النوع RNAV/GNSS قسنطينة للمدرج 34 .

هذه الطريقة من النوع الذي يتركز على النقاط المستقلة عن المعالم المتواجدة على سط

ان الهدف من دراستنا هو معالجة عواقب الطريقة الحالية لقسنطينة.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à rendre grâce à Dieu le clément et le miséricordieux qui nous à accorder la force, le courage, la persévérance, la volonté et la patience pour surmonter les difficultés qu'on a rencontrée au cours de notre cursus.

On exprime tout particulièrement notre gratitude à :

Nos parents respectifs ainsi qu'à nos deux familles.

Nos spéciaux remerciements, et les plus vifs à notre promoteur Mr. *TERMELIL.F* ainsi qu'à notre Co-promoteur Mr. *LAGHA.M* pour leurs énorme aide et leurs précieux conseils, qui n'ont jamais cessé de nous les prodigué durant notre projet, on ne peut oublier d'exprimer nos remerciements à tous nos enseignant de l'institut d'aéronautique qui ont contribué à notre projet.

Nous tenons à remercier tous le personelles de la compagnie « *AIR ALGERIE* » qui nous ont accueilli au sein de leurs organisme et qui nous ont assistés tout le long de notre stage pratique plus précisément « la direction des opérations aériennes « DOA » ».

Nous tenons a remercié aussi tous les personnes qui nous ont assistés. Soutenus de près ou de loin. Sans oublier nos amis qui restent dans l'ombre que je n'oublierai jamais.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail en guise de reconnaissance et de respect à mes *chers parents* en premier lieu qui m'ont beaucoup aidé et soutenu dans les moments difficiles.

A toutes mes sœurs *Ibtissem, INES, Ilhem*, et surtout *Isma* qui ma énormément aidé.

A toute la famille *BENARBIA et BENRAMOUL* sans exception surtout mes tantes *Anissa, Saliha et Zora*, et mes tantes maternelles sans oublier mes grands-parents que dieu les garde pour nous.

A mes deux oncles *DD. OMAR et DD. MOHAMED* qui mon soutenu tout le long de mon cursus.

A ma magnifique binôme qui m'a toujours épaulé et à toute sa famille *GOUNTAS*.

A *Samou* qui m'a énormément aidé et qui a toujours cru en moi. Ainsi, qu'a ma camarade *Fatiha*.

A tout mes amis sans exception, a mes camarades d'étude et les étudiants de toutes les options que je connais de près ou de loin, et a toute ma clique.

A ma magnifique amie *Naila*, que j'aime énormément.

À tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

A tous ceux que j'aime

IMANE

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail en guise de reconnaissance et de respect à mes *chers parents* qui m'ont beaucoup aidé et soutenu.

A toute la famille *GOUNTAS* sans exception. *Mes très chers sœurs Aicha Zahra Houria Farida mon unique et très cher frère « Farid », sa femme Souhila. A mes beaux nouveaux et mes jolies nièces surtout Nadir*

A ma chère binôme.

A tous mes amis surtout : Naila, Zakia, Khadîdja, Amel, Sara.

REBIHA

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

Chapitre I : les procédures d'approche de précision

I.1 Introduction.....2

I.2 Procédures d'approche aux instruments.....3

 I-2-1- Définition.....3

 I-2-2- Principes d'élaboration d'une procédure d'approche.....3

 I-2-3-Procédure d'approche aux instruments de précision.....3

 I-2-3-1-PROCEDURE D'APPROCHE ILS.....3

 ➤ Définitions.....3

 I-2-3-2 Procédure d'approche GBAS4

 ➤ Conduite de l'approche.....4

 ➤ Critères pour l'affichage de l'approche GBAS.....4

 ➤ Construction de la procédure.....4

 I-2-3-3 PAR.....5

 ➤ Construction de la procedure.....5

 ➤ Phase d'arrivée.....5

 ➤ Approche intermédiaire.....5

 ➤ Approche finale.....5

 ➤ Approche interrompue.....5

I-4 Procédure d'attente.....5

 I-4-1 Définition.....5

 I-4-2 Circuit nominal.....6

 I-4-3 Manœuvres d'attente.....6

 I-4-4 Types d'attente6

 I-4-5 Les entrées d'attente.....7

 a) Généralités.....7

 b) Attente basée sur une intersection de rayon VOR.....8

 c) Attente VOR-DME.....8

I-4-6	Les aires de protection d'une attente.....	10
I-4-6-1-	Définition.....	10
I-4-6- 2-	Les paramètres de l'aire de protection.....	10
I-4-6- 3-	Marge de franchissement d'obstacles.....	10
I-5	Procédure d'inversion.....	11
I-5-1	Entrée dans la procédure d'inversion.....	11
I-5-2	Virage de base.....	12
I-5-3	Pentes en approche initiale	12
I-5-4	Types de procédure d'inversion.....	13
I-6	Installations.....	13
I-6-1	Installations au sol.....	13
I-6-2-	Instruments de bord.....	14
I-6-3	Principe de l'affichage.....	15

Chapitre II : les nouveaux systèmes de navigation

II.1	Introduction.....	16
II.2	Le GPS.....	16
II.2.1	Historique.....	16
II. 2.2	Composition du GPS.....	17
II.2.3	Principe de fonctionnement	18
II. 2.4	Avantages et inconvénients	20
II.3	Le GLONAS.....	20
II. 3.1	présentation.....	21
II.3.2	Composition.....	21
II.4	GALILEO.....	22
II.4.1	composition.....	22
II.4.2	avantages de système.....	23
II.5	EGNOS.....	23
II.5.1	Motivation.....	23
II.5.2	Composition.....	23
II.5.3	avenages de système.....	24
II.6	système de renforcement satellitaire SBAS.....	25
II.7	système de renforcement au sol GBAS.....	26

II.8 système de renforcement régional au sol GRAS.....	27
II.9 Le GNSS.....	27
II.9.1 introduction.....	27
II.9.2 composition.....	28

Chapitre III : Description de l'aéroport de Constantine

III.1 Description de l'aérodrome de Constantine.....	30
III.1.1. Situation géographique de l'Aérodrome.....	30
III.1.2. Caractéristiques dimensionnelles de l'aérodrome et renseignements connexes...	31
III.1.3. Longueur, largeur et type de surface des bandes, zones de sécurité d'extrémité de piste et prolongement d'arrêt	31
III.1.4. Longueur, largeur et type de surface des voies de circulation	32
III.1.5 .Type de surface de l'aire de trafic et postes de stationnement d'aéronef	32
III.1.6. Type de surface et force portante des chaussées, communiquée au moyen de la méthode ACN-PCN	33
III.1.7. Sauvetage et lutte contre l'incendie.....	33
III.1.8. Les services rendus.....	33
III.1.9. Boutiques.....	34
III.1. 10. Commodités.....	34
III.2. Le service de contrôle d'approche de Constantine.....	36
III.3. Les aide de radionavigation et de surveillance.....	36
III.4 .La sectorisation.....	37
III.4.1. limite du secteur.....	37
III.4.2. Aérodromes à l'intérieur du secteur NORD-EST.....	38
III.5. Division de l'espace aérien de Constantine.....	38
III.5.1. la région d'approche de Constantine (CTA).....	38
III.5.2. La zone de contrôle de Constantine(CTR).....	38
III.5.3. Les zones a statut particulier.....	39
III.6. Les procédures existantes.....	41
III.7.Procédures d'arrivées de constantine.....	41
III- 7-1.Introduction.....	41
III-7.2.Etude de la densité du trafic.....	42

III.7.3 Flux du trafic a l'arrivée.....	46
III.7.4 Interprétation des résultats.....	46

Chapitre IV :

La navigation de surface

IV.1 .Introduction.....	48
IV.2. Historique	49
IV. 3 .Définition de la RNAV.....	50
IV.4. les différents Types de la RNAV.....	51
IV.4.1.La RNAV de base.....	51
IV.4.2 .RNAV de précision.....	54
IV.4.3. RNAV libre.....	54
IV.5. La différence entre P-RNAV et B-RNAV	54
IV.6. Avantages de la RNAV	54
IV.7. les problèmes actuels de la RNAV.....	55
IV.8 .fonctionnement de système RNAV.....	55
IV.9.BESOINS OPÉRATIONNELS.....	55
IV.9.1. Équipement RNAV.....	55
IV.9.1.1. Description du système.....	55
IV.9.1.2. Limitations opérationnelles générales.....	57
IV.9.1.2.1 .Zones d'exploitation.....	57
IV.9.1.2.2. Équipement opérationnel.....	58
IV.10 Méthode de positionnement de RNAV.....	58
IV.10.1. Le système RNAV.....	58
IV.10.2.. Fonctions minimales du système P-RNAV.....	59
IV.10.3. Utilisation des données à inertie.....	62
IV.11 Point de cheminement.....	62
IV.11.1 Types de point de cheminement.....	62
IV.12 Les tolérances.....	63
IV.12 .1.le GNSS.....	64
IV.12 2. DME/DME.....	66
IV.12 .3. Le système RNAV VOR/DME.....	69
IV.13 les procédures RNAV.....	71
IV.13.1 Procédure VOR/DME	71

❖	Equipement minimal à prendre en compte.....	72
❖	VOR/DME de référence	72
❖	Couverture radioélectrique.....	72
❖	Acceptabilité d'un repère.....	72
❖	Aire de protection.....	23
IV.13.1.1	description de la procédure RNAV VOR/DME.....	73
IV.13.1.1.1-	Segment d'approche initiale.....	73
IV.13.1.1.2-	Segment d'approche intermédiaire.....	74
IV.13.1.1.3.	Segment d'approche finale.....	76
IV.13.1.1.4.	Segment d'approche interrompue.....	77
IV.13.1.1.5-	Attente.....	79
IV.13.2	Procédure RNAV avec le GNSS.....	79
IV.13.2 .1)	Avantages lies a la sécurité.....	80
IV.13.2 .2)	Avantages liés à l'efficacité des opérations.....	81
IV.13.2 .3)	Définitions.....	82
IV.13.2. 4)	Description et Critères de construction.....	82
IV.13.2 .4.1	Segment d'approche initial.....	83
IV.13.2 .4.2	Segment d'approche intermédiaire.....	84
IV.13.2 4.3	Segment d'approche final.....	84
IV.13.2 .4.4	Segment d'approche interrompue.....	85

Chapitre V: Conception de la procédure GNSS/GBAS

V-1-hypothèse.....	87
V.2 avantage	87
V-3- Choix du type de procédure.....	87
V.4- analyse des données.....	88
V.5 Catégorie d'aéronefs desservant l'aérodrome.....	88
V-6- ordre de l'étude:	88
V-7-Construction des segments de la procédure :.....	89
V-7-1 Etude de segment de précision :.....	89
V-7-1-1- Calcul de l'OCH p s avec les surfaces OAS.....	90
V-7-1-2-Tracé du gabarit OAS de Catégorie I (annexe C).....	90

V-7-1-3-Extension du gabarit pour l'adopter à la position du FAP	94
V-7-1-4-Calcul de l'OCHps	99
V-7-2- Etude de l'approche Interrompue	100
V-7-2-1- Minimum d'approche indirecte.....	102
V-7-3-Segment intermédiaire :.....	104
V-7-3-1-Aire de protection	104
V-7-4 Segment initial.....	104
V-7-4.1/segment initial désigné par le TP4	104
• Construction de la spiral du vent	105
V-7-4.2/segment initial désigné par le TP5.....	106
V-7-4.3/segment initial désigné par le TP6.....	107
V-7-5 attente.....	108
V-7-5-1 Estimation du nombre de niveaux de vol.....	108
V-7-5-2 Eléments de protection.....	108
V-7-5-3 Tracé de l'aire de protection de l'attente.....	109
V-7-5-4 Détermination de l'orientation de l'attente.....	111
V-8- arrivée.....	114
Conclusion Générale	118

Annexes

Annexe A « coordonnées, échelles et projection des cartes »	119
Annexe B « cartes d'approche ».....	123
Annexe C « RNP/PBN/PRNAV/BRNAV ».....	127
Annexe D « gabarie des OAS ».....	130
Annexe E « tableau des vitesses, tolérance des repaires GNSS et aire de protection ».....	132
Annexe F « rayons et vitesses angulaires de virage »	138
Annexe G « circuit d'attente ».....	140
Annexe H « aire de protection d'un virage ».....	142
Annexe des procédures.....	143

LISTE DES FIGURES

<i>Chapitre I :</i>	<i>les procédures d'approche de précision</i>
Figure. I.1 : circuit nominal d'une attente.....	6
Figure. I.2 : les secteurs d'entrées.....	7
Figure I.3 : attente basée sur une intersection.....	8
Figure I.4 : les attentes VOR/DME.....	9
Figure I.5 : Cas où le point d'entrée est le repère de fin d'éloignement de l'attente.....	9
Figure I.6: entrée dans un virage conventionnel.....	11
Figure I.7 : entrée dans un virage de base.....	12
Figure I.8 : type de procédures d'inversion.....	13

<i>Chapitre II :</i>	<i>les nouveaux systèmes de navigation</i>
FigureII.1 : les systèmes de navigation.....	16
Figure II.2 :l'ensemble de GPS.....	17
Figure II.3 : le signal émis.....	18
Figure II.4 : le cas favorable et défavorable de position des satellites.....	20
Figure II.5 : système Galileo.....	22
Figure II.6: EGNOS.....	24
Figure II.7: le concept WAAS.....	25
Figure II.8: le concept SBAS.....	26
Figure II.9 : le concept GBAS.....	27
Figure II.10: le concept GNSS.....	28

<i>Chapitre III :</i>	<i>Description de l'aéroport de Constantine</i>
Figure III.1:carte de l'aérodrome OACI.....	35
Figure III.2 : Carte topographique de Constantine.....	40
Figure III.3: Le taux du flux mensuel des arrivées.....	44
Figure III.4 : Le taux du flux mensuel des départs	44
Figure III.5 : Représentation des flux du trafic	45
Figure III.6 : carte des routes d'arrivée	47

<i>Chapitre IV :</i>	<i>La navigation de surface</i>
Figure IV.1 : Routes RNAV.....	51
Figure IV.2 : Equipement RNAV.....	56
Figure IV.3 : Système d'affichage.....	59
Figure IV.4 : les tolérances.....	64
Figure IV.5 : Les tolérances de GNSS.....	65
Figure IV.6 : méthode de calcul des tolérances VOR/DME.....	70

Figure V.1 : Segment de précision.....	89
Figure V.2 : Surfaces d'évaluation d'obstacles- Vue en perspective.....	90
Figure V.3 : surface OAS du GBAS.....	91
Figure V.4 : Système de coordonnées.....	93
Figure V.5 : Extension du gabarit d'OAS.....	96
Figure V.6 : Obstacles à l'approche interrompue au-delà de —900 mètres.....	97
Figure V.7 : Obstacles à l'approche interrompue avant —900 mètres.....	98
Figure V.8 : Marge de franchissement d'obstacles pour approche interrompue en ligne droite.....	101
Figure V.9 : segment final d'approche interrompue en ligne droite.....	102
Figure V.10 : Spirale du vent.....	105
Figure V.11 : aire d'attente et les aire de protection.....	111
Figure V.12 : configuration de TAA en Y.....	114

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : **les procédures d'approche de précision**

Tableau. I.1 : Marges de franchissement d'obstacle.....	10
Tableau. I.2 : Marge minimale de franchissement d'obstacles.....	11
Tableau. I.3 : les descentes minimales et maximales autorisées.....	12

Chapitre II : **les nouveaux systèmes de navigation**

Chapitre III : **Description de l'aéroport de Constantine**

Tableau.III.1 : Les services d'approche.....	36
Tableau.III.2 : Moyens de surveillance.....	37
Tableau.III.3 : Flux mensuel de trafic d'arrivée.....	42
Tableau.III.4 : Flux mensuel de trafic de départ.....	43
Tableau.III.5 : trafic d'arrivée.....	46

Chapitre IV : **La navigation de surface**

Tableau IV.1 : Des tolérances pour le système GNSS/GPS.....	66
Tableau IV.2 : des tolérances pour les système DME/DME.....	68
Tableau IV.3 : Des tolérances pour le système VOR/DME.....	71

Chapitre V: **Conception de la procédure GNSS/GBAS**

Tableau V. 1 : objets qui peuvent être négligés dans le calcul de l'OCA/H.....	92
Tableau V.2 : Coordonnées des points d'OAS.....	93
Tableau V.3 : Coefficient des plans OAS pour ces caractéristiques.....	94
Tableau V.4 : Obstacles des OAS.....	96
Tableau V.5 : Marges de perte de hauteur/erreur altimétrique.....	100
Tableau V.6 : valeurs des OCH.....	100
Tableau V.7 : obstacles de l'approche interrompue.....	103
Tableau V.8 : tableau des MFO.....	108
Tableau V.9 : coordonnées des points tournant.....	115
Tableau V.10 : codification des procédures d'arrivées aux instruments.....	116

LISTE DES ABREVIATIONS

ACAS : Système anticollision embarqué
AIP : Publication d'information aéronautique
AIRAC : Régularisation et contrôle de la diffusion des renseignements aéronautiques
APV : Procédure d'approche avec guidage vertical
ATC : Contrôle de la circulation aérienne
ATIS : Service automatique d'information de région terminale
ATS ; Services de la circulation aérienne

Baro-VNAV : Système de navigation verticale barométrique

CAT : Catégorie
CPA : Point de rapprochement maximal
CRM : Gestion des ressources en équipe

DA/H : Altitude/hauteur de décision
DER : Extrémité départ de la piste
DME : Dispositif de mesure de distance
DR : À l'estime

EFIS : Système d'instruments de vol électroniques
EGPWS : Système d'avertissement de proximité du sol amélioré
EUROCAE : Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile

FAF : Repère d'approche finale
FAP Point d'approche finale
FAS : Segment final de l'approche
FATO : Aire d'approche finale et de décollage
FL : Niveau de vol
FMC : Ordinateur de gestion de vol
FMS : Système de gestion de vol
FSD : Déviation totale
Ft : Pied
FTE : Erreur technique de vol
FTT : Tolérance technique de vol

GBAS : Système de renforcement au sol
GNSS : Système mondial de navigation par satellite
GP : Alignement de descente

GPWS : Dispositif avertisseur de proximité du sol

HPa : Hectopascal

HSI : Indicateur de situation horizontale

IAC : Carte d'approche aux instruments

IAF : Repère d'approche initiale

IAP : Procédure d'approche aux instruments

IF : Repère intermédiaire

IFR : Règles de vol aux instruments

ILS : Système d'atterrissage aux instruments

IMC : Conditions météorologiques de vol aux instruments

INS : Système de navigation par inertie

IRS : Système de référence par inertie

ISA : Atmosphère type internationale

JAA : Autorités conjointes de l'aviation

Kt : Nœud

Km : Kilomètre

LNAV : Navigation latérale

LORAN : Système de navigation aérienne à grande distance

M : Mètre

MAHF : Repère d'attente en approche interrompue

MAPt : Point d'approche interrompue

MDA/H : Altitude/hauteur minimale de descente

MLS : Système d'atterrissage hyperfréquences

MOC : Marge minimale de franchissement d'obstacles

MSA : Altitude minimale de secteur

MSD : Distance minimale de stabilisation

MSL : Niveau moyen de la mer

NADP : Procédure de décollage à moindre bruit

NDB : Radiophare non directionnel

NM : Mille marin

NOTAM : Avis aux navigateurs aériens

NPA : Approche classique

OCA/H : Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles

OFZ : Zone dégagée d'obstacles

OIS : Surface d'identification d'obstacles

OM : Radioborne extérieure

PA : Approche de précision
PAOAS : Surface d'évaluation d'obstacles pour approches parallèles
PAR : Radar d'approche de précision
PDG : Pente de calcul de procédure
PinS : Approche vers un point dans l'espace
PRP : Point de référence du point dans l'espace
PVT : Position, vitesse et temps

QFE : Pression atmosphérique à l'altitude de l'aérodrome (ou au seuil de piste)
QNH : Calage altimétrique requis pour lire, une fois au sol, l'altitude de l'aérodrome

RA : Avis de résolution
RAIM : Contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur
RDH : Hauteur du point de repère
RNAV : Navigation de surface
RNP : Qualité de navigation requise
RVR : Portée visuelle de piste

SBAS : Système de renforcement satellitaire
SD : Écart type
SI : Système international d'unités
SID : Départ normalisé aux instruments
S/O : Sans objet
SOC : Début de la montée
SOP : Procédures d'utilisation normalisées
STAR Arrivée normalisée aux instruments

TA : Avis de trafic
TAA : Altitude d'arrivée en région terminale
THR : Seuil
TMA : Région de contrôle terminale
TP : Point de virage

VASIS : Indicateur visuel de pente d'approche
VI : Vitesse indiquée
VNAV : Navigation verticale
VOR : Radiophare omnidirectionnel VHF
VPA : Angle de trajectoire verticale
VV : Vitesse vraie

WGS : Système géodésique mondial

Introduction

Le concept d'RNAV représente un changement fondamental dans la philosophie de la navigation aérienne grâce aux avantages qu'elle apporte : moins de temps de vol moins de consommation du carburant ainsi d'autres avantages qu'on a citer dans les chapitres suivant ainsi la stratégie actuelle de l'OACI pour introduire des systèmes avancés de communication, de navigation, de surveillance gestion du trafic aérien (CNS/ATM) envisage de passer progressivement de l'infrastructure de navigation terrestre actuelle a une utilisation accrue d'une infrastructure de navigation par satellite.

La situation géographique, la présence des reliefs, les zones à statut particulier et la progression du trafic font que l'espace aérien de Constantine deviendra encombré. La charge de travail conduira à une saturation vis-à-vis de l'écoulement du trafic.

Pour cela, nous proposons comme solution l'élaboration d'une procédure d'approche RNAV/GNSS avec trois attentes pour la piste 34 en utilisant un GBAS dans le segment final. Cette procédure apporte l'amélioration et garantira la sécurité, la diminution de temps utilisé pour l'atterrissage qui se traduit par un gain de carburant et augmenter le nombre d'atterrissage ainsi la charge de travail der contrôleurs de la navigation aérienne.

I.1 INTRODUCTION :

Une procédure est un ensemble de trajectoires basées sur un ou plusieurs moyens radioélectriques (procédures conventionnelles) ou repères (procédure RNAV) ; elle est destinée aux aéronefs selon les règles de vol aux **instruments** (IFR).

A chaque portion de trajectoire est associée une aire de protection qui sert à déterminer quels sont les obstacles pénalisants.

Une marge de franchissement d'obstacles (MFO) appliquée à ceux-ci permet de déterminer une altitude (hauteur) minimale dont le respect garantit au pilote - en absence de références visuelles - une utilisation sûre de la trajectoire.

L'OACI donne des informations détaillées sur la conception des procédures applicables à l'espace aérien de région terminale dans le document 8168.

Lors de l'élaboration d'une procédure, les principaux usagers sont consultés pour une nouvelle procédure ou sa modification de manière à prendre en compte, dans la mesure du possible, leurs contraintes opérationnelles.

Néanmoins, si lors de l'expérimentation une procédure ne donne pas satisfaction à certains usagers, ceux-ci ont la possibilité de le signaler et éventuellement demander certaines modifications.

Les différentes procédures existantes sont basées sur les opérations suivantes :

 Les procédures de départ sont établies pour chaque piste appelée à servir les départs aux instruments.

 Les procédures d'approche et d'atterrissage comportent quatre segments distincts : l'approche initiale, l'approche intermédiaire, l'approche finale et l'approche interrompue.

 Les procédures d'arrivée comportent le segment d'arrivée et l'attente.

Pour mieux comprendre ce chapitre il est primordial de :

 Savoir lire les coordonnées sur une carte topographique

 Identifier le système de coordonnées

 Savoir utiliser l'échelle d'une carte topographique

 Connaître les normes de conception des procédures de vol à vue et aux instruments contenues dans le document 8168 « Exploitation Technique des Aéronefs »

I.2 PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS :

I-2-1- Définition :

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

I-2-2- Principes d'élaboration d'une procédure d'approche :

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

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

I-2-3-Procédure d'approche aux instruments de précision :

C'est une Procédure d'approche aux instruments qui utilise les informations d'azimut et de trajectoire de descente fournies par un ILS, GBAS ou un PAR.

I-2-3-1 PROCEDURE D'APPROCHE ILS :

➤ Définitions :

L'ILS :

Le système d'approche aux instruments (instrument landing system) est une aide radioélectrique à l'atterrissage et il est le plus précis des systèmes d'approche actuellement utilisés.

Ce système exige :

- Des installations au sol ;
- Une instrumentation de bord... et
- Une carte de procédure.

I-2-3-2 PROCÉDURES D'APPROCHE DE PRÉCISION AVEC GBAS :

➤ CONDUITE DE L'APPROCHE

Une approche de précision avec GBAS se sélectionne par l'emploi d'un numéro de canal sur l'équipement de bord.

L'approche de précision GBAS s'exécute d'une manière très semblable à l'approche de précision ILS, par l'emploi de guidage latéral sur le segment intermédiaire jusqu'à l'interception de l'alignement de descente, et à partir de là le guidage vertical commence et continue, avec le guidage latéral, pour l'atterrissage.

➤ CRITÈRES POUR L'AFFICHAGE D'APPROCHE GBAS :

✚ Le GBAS assure un service d'approche de précision équivalent du service d'approche d'ILS catégorie I. La fonctionnalité minimale requise pour l'affichage GBAS équivaut à celle de l'ILS. Le GBAS fournit en continu des informations très précises de distance jusqu'au seuil d'atterrissage. L'affichage et l'annonce de dysfonctionnement du système équivalent à l'ILS.

✚ La trajectoire GBAS est définie différemment de la trajectoire ILS. Les données définissant la trajectoire, y compris l'alignement de descente, la largeur de secteur latéral, la sensibilité latérale et autres caractéristiques du secteur de guidage, sont transmises au système embarqué par un équipement au sol au moyen d'un message de données numériques à haute intégrité. Le message numérique définit la trajectoire du segment d'approche finale (FAS) et les caractéristiques de guidage. Le système embarqué calcule géométriquement la trajectoire et définit les caractéristiques de guidage spécifiées dans les données numériques transmises. Le système embarqué génère un guidage qui présente les mêmes caractéristiques que d'autres systèmes d'approche de précision tels que l'ILS qui transmettent des faisceaux électroniques que l'équipement embarqué doit suivre.

➤ Construction de la procédure :

La procédure depuis la phase en route jusqu'au segment d'approche finale GBAS et dans la phase finale d'approche interrompue est conforme aux critères généraux. Les différences résident dans les caractéristiques physiques du segment de précision GBAS, qui comprend le segment d'approche finale ainsi que les phases initiale et intermédiaire du segment d'approche interrompue. Ces caractéristiques sont liées aux performances du système GBAS de catégorie I.

I-2-3-3-PAR

Seules les approches PAR jusqu'à une OCA/H de l'ordre de 60 m (200 ft) sont prises en considération pour les procédures de précision.

➤ **Construction de la procédure :**

✚ PHASE D'ARRIVÉE :

La phase d'arrivée dans l'approche initiale et intermédiaire vers le prolongement de l'axe de la piste s'effectuera normalement à partir d'une installation de navigation en route ou à l'intérieur d'une zone de guidage radar. Cette approche sera effectuée sur des trajectoires prédéterminées entre des repères, ou selon les indications de contrôleurs radar à l'intérieur de la zone de guidage radar, après identification radar. Le temps de vol depuis le dernier repère connu devrait être suffisant pour permettre l'exécution de la procédure d'identification radar. Si le contact radar n'est pas établi, ou si le pilote n'est plus certain de sa position, un retour au dernier repère devrait être prescrit.

✚ APPROCHE INTERMÉDIAIRE :

La trajectoire de descente devrait être interceptée à 4 km (2 NM) au moins à l'intérieur de la couverture du radar.

✚ APPROCHE FINALE :

La procédure assurera qu'un aéronef qui se trouve sur la trajectoire de rapprochement du prolongement de l'axe de piste intercepte l'alignement de descente

✚ APPROCHE INTERROMPUE :

L'approche interrompue devrait normalement s'effectuer sur une trajectoire aussi proche que possible du prolongement de la trajectoire d'approche finale, compte tenu des obstacles, de la topographie et d'autres facteurs influant sur la sécurité du vol

I-4 PROCEDURES D'ATTENTE:

I-4-1 Definition:

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

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

L'attente est protégée pour :

une vitesse indiquée maximale (V_i) ;

une altitude pression maximale (Z_p) ;

une longueur spécifiée des segments rectilignes (temps ou distance).

I-4-2 Circuit nominal :

Une procédure d'attente utilise un circuit en hippodrome basé sur un repère appelé point d'attente. (Voir Fig. I.1).

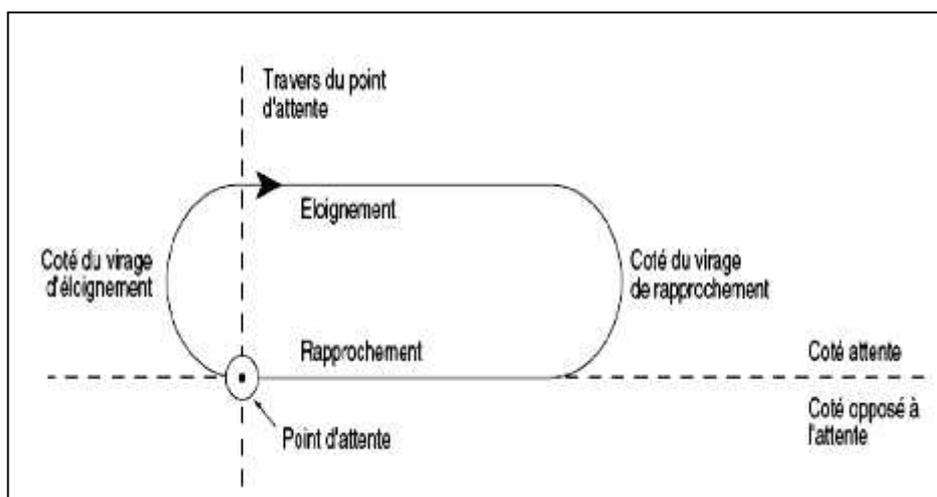


Fig. I.1 circuit nominal d'une attente

I-4-3 Manœuvres d'attente :

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

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

I-4-4 Types d'attente :

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

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

I-4-5 Les entrées d'attente :

a) Généralités :

Quelle que soit la trajectoire de ralliement, l'entrée en attente commence en général au survol du repère d'attente et s'effectue en respectant :

- une vitesse indiquée maximale (celle spécifiée pour l'attente) ;
- une altitude minimale (l'altitude minimale d'attente) et une altitude maximale (Z_p spécifiée) ;
- une méthode d'entrée exposée ci-dessous.

La description des entrées donnée ci-après suppose une attente orientée à droite et un vent nul.

Les entrées en attente omnidirectionnelles ne sont possibles que lorsque le point d'attente est un VOR ou un NDB. (Voir Fig. I.2).

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

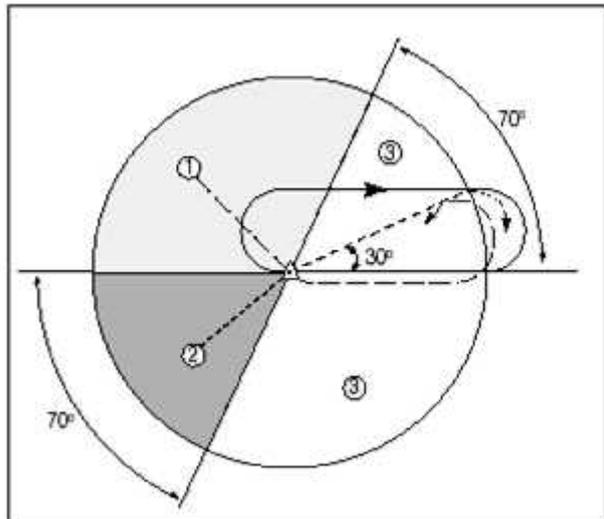


Fig. I.2 les secteurs d'entrées

(1) Procédure de secteur 1 (entrée parallèle) :

Au survol du repère, virer pour prendre un cap tel que la trajectoire soit parallèle et inverse à la trajectoire de rapprochement, et maintenir ce cap pendant la durée d'éloignement spécifiée pour l'attente. Si cette durée est supérieure à une minute et demie, la valeur du temps d'éloignement lors de l'entrée ne doit pas dépasser une minute et demie, ou la distance limite prescrite.

Ensuite, virer à gauche pour rejoindre soit la trajectoire de rapprochement, soit directement le repère.

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

(2) Procédure de secteur 2 (entrée décalée) :

Au survol du repère prendre un cap tel que la trajectoire forme un angle de 30° avec l'inverse de la trajectoire de rapprochement, et s'éloigner à ce cap pendant un temps égal au temps d'éloignement spécifié. Cette durée peut être limitée dans les mêmes conditions que ci-dessus.

Virer ensuite à droite pour rejoindre la trajectoire de rapprochement du circuit d'attente.

(3) Procédure de secteur 3 (entrée directe) :

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

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

b) Attente basée sur une intersection (de rayons VOR) :

Les entrées sont effectuées uniquement sur les radiales définissant le repère, et conformément à l'une des méthodes décrites précédemment selon la position du VOR sécant par rapport au VOR de rappel.

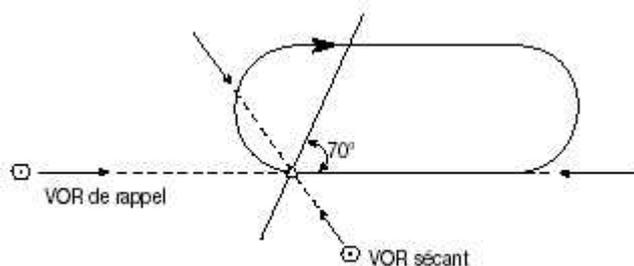


Figure I.3 : attente basée sur une intersection

c) Attente VOR-DME :

L'arrivée dans une attente VOR DME peut s'effectuer :

- en suivant la trajectoire de rapprochement de l'attente ;
- en suivant une trajectoire publiée ;
- en cas de guidage radar, les aéronefs doivent être établis sur des trajectoires réglementaires protégées.

Le point d'entrée est :

- soit le repère d'attente ;
- soit le repère de fin d'éloignement.

Les procédures d'entrée réglementaires sont décrites sur les schémas suivants :

Cas où le point d'entrée est le repère d'attente

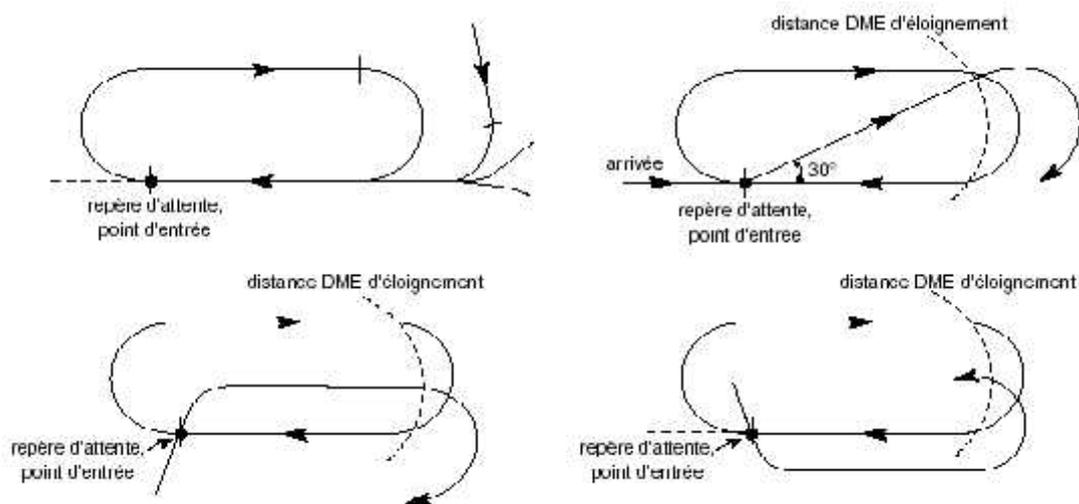


Figure I.4: les attente VOR/DME

Cas particulier d'une attente VOR DME en éloignement avec entrée nécessitant un radial de garde.

Dans le cas où le radial de garde est atteint avant l'arc DME, l'aéronef est supposé suivre le radial de garde jusqu'à la distance DME limite d'éloignement.

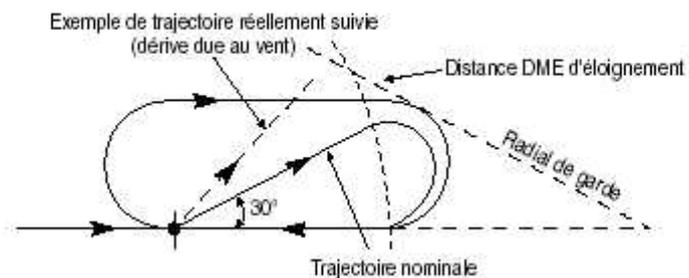


Figure I.5 : Cas où le point d'entrée est le repère de fin d'éloignement de l'attente

I-4-6 Les aires de protection d'une attente :

I-4-6-1- Définition :

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

I-4-6-2- Les paramètres de l'aire de protection :

a) **Altitude** : L'altitude considérée pour la protection est au moins égale à la plus grande des altitudes minimales des secteurs basées sur le point d'attente.

b) **Température** : La température considérée peut être supérieure ou inférieure de la température standard au niveau considéré sauf si l'existence de statistiques de températures permet d'adopter un écart différent.

c) **Vitesse** : L'aire de protection doit être tracée pour la vitesse propre maximale correspondant à la vitesse indiquée (voir tableau 3 Annexe F)

d) Minutage de l'éloignement de l'attente :

$T = 1 \text{ min.}$ si l'altitude de protection est $\leq 14\,000 \text{ Ft}$

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

I-4-6-3- Marge de franchissement d'obstacles :

Lorsque des obstacles situés dans l'aire de protection sont jugés trop importants, il peut être décidé de modifier la trajectoire de telle sorte que l'aire de protection ne les englobe plus ; la procédure doit assurer le franchissement des obstacles restants situés dans l'aire de protection avec une marge de franchissement (MFO). Pour le survol de régions montagneuses, la marge doit être augmentée conformément au tableau suivant :

Tableau I.1 : Marges de franchissement d'obstacle

Altitude du relief	MFO
Inférieure ou égale à 5000 ft	450 m (1500 ft)
Supérieure à 5000 ft	600 m (2000 ft)

En générale une marge de franchissement d'obstacle est:

- d'au moins 300 m. (1000 Ft) au dessus des obstacles situés dans l'aire d'attente.
- d'au moins la valeur indiquée dans le tableau4 au-dessus des obstacles situés dans la zone tampon.

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

Tableau I.2: Marge minimale de franchissement d'obstacles

I-5 Procédure d'inversion :

La procédure peut comporter un circuit en hippodrome (servant également à l'attente) et une inversion (par exemple un virage de base).

Selon la direction d'arrivée, on peut entrer directement dans la procédure d'inversion ou entrer d'abord dans l'hippodrome, puis dans l'inversion (même si sa direction d'arrivée est favorable, le pilote peut utiliser le circuit en hippodrome, par exemple pour perdre de l'altitude, s'il estime être trop haut).

I-5-1 Entrée dans la procédure d'inversion :

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

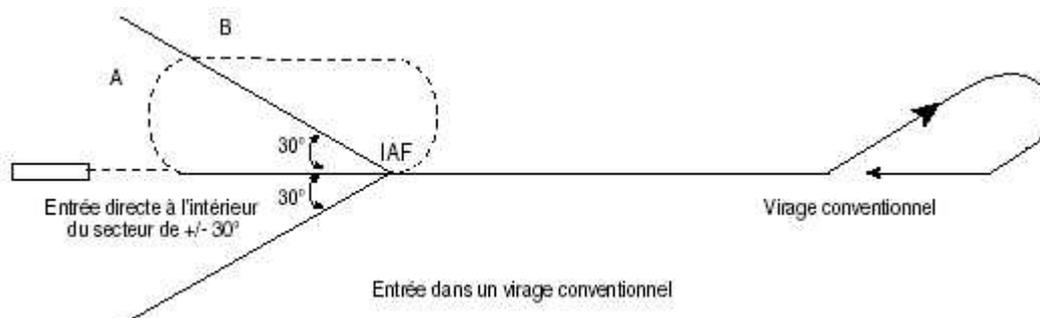


Figure I.6: entrée dans un virage conventionnel

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

I-5-2 Virage de base :

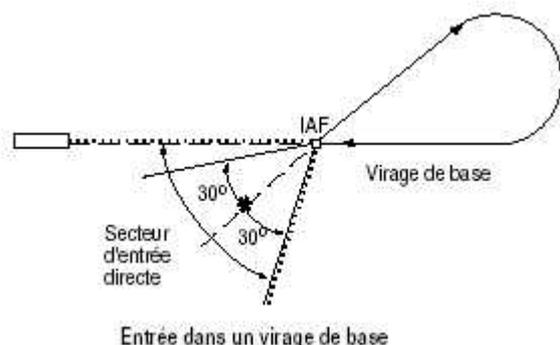


Figure I.7 : entrée dans un virage de base

I-5-3 Pentes en approche initiale :

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

H Pour une procédure en hippodrome ou une procédure en inversion, la descente minimale/maximale autorisée est indiquée dans le tableau suivant :

Descente minimale/maximale autorisée par minute d'éloignement ou de rapprochement				
	Éloignement (1 et 2)		Rapprochement	
	Mini	Maxi	Mini (3)	Maxi
Cat A/B		240 m (800 ft)	120 m (400 ft)	200 m (655 ft)
Cat C/D/E		360 m (1200 ft)	180 m (600 ft)	300 m (1000 ft)

Tableau I.3 : les descentes minimales et maximales autorisées

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

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

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

I-5-4 Types de procédure d'inversion :

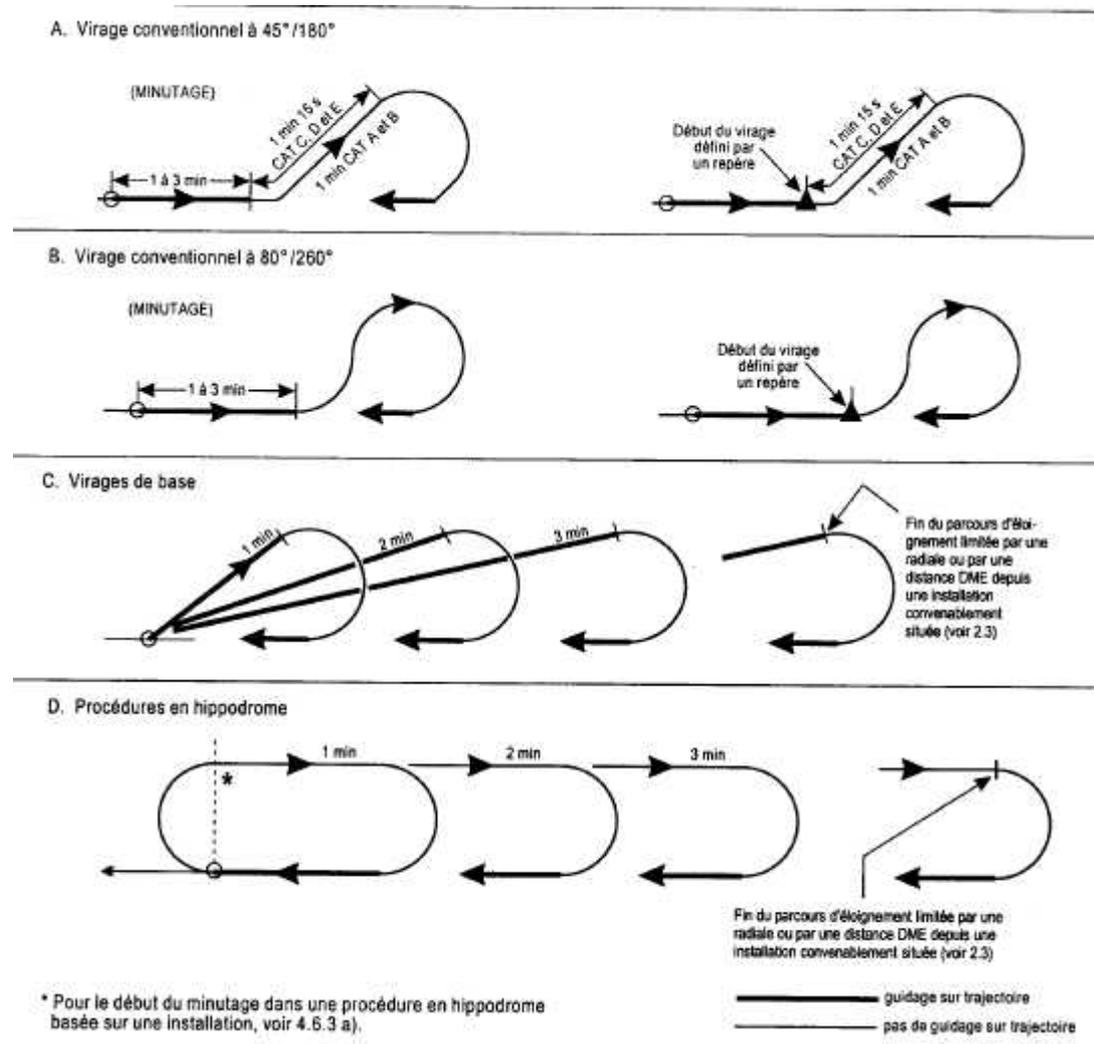


Figure I.8 : type de procédures d'inversion

I-6 Installations :

I-6-1 Installations au sol :

Sur un système complet théorique, nous trouverons :

- Un émetteur VHF (Localizer), qui fournit le guidage directionnel dans l'axe de la piste, il peut être couplé à un **DME (Grossièrement, c'est comme un VOR avec une seule radiale)** ; Les émetteurs d'alignement de piste fonctionnent dans la bande de fréquences 108.100 et 111.950MHz.

- Un émetteur UHF (glide-path), qui fournit le guidage sur la pente d'approche Les émetteurs de glide slope fonctionnent dans la bande mais ils vont de pair avec les fréquences des alignements de piste et Trois radios bornes (Markers) à rayonnement vertical étroit situées dans l'axe de la piste :



L'outer marker (OM), qui est situé à environ 4 à 5 NM de la piste ;



Le middle marker (MM), qui est situé à environ 1,6 NM du seuil et



L'inter marker (IM), situé à environ 300 mètres du seuil.

Les markers envoient un signal à l'avion lorsqu'il les survole et indiquent ainsi la distance restante.

Le point **IAF** sera parfois un VOR, parfois une balise ADF nommée Locator (Lctr sur les cartes), qui sert parfois d'outer marker ou de middle marker

L'antenne d'un localizer est installée tout au bout de la piste. Son faisceau est réglé pour avoir une largeur de 700pieds (213m) au niveau du seuil de la piste; cette mesure est indiquée par une déviation maximum de l'aiguille de l'indicateur d'écart. La largeur habituelle du faisceau du localizer est de 5 degrés, mais sa largeur réelle varie en fonction de la longueur de la piste. Ce signal est très directionnel et ne peut donc pas être utilisé si l'avion se trouve à plus de 35degrés par rapport au cap de la piste.

Au niveau de la balise marker extérieure, soit généralement 4 à 7milles nautiques (7,5 à 131(m) avant la piste, un signal d'alignement de piste de 5degrés a une largeur comprise entre 2000 et 3500pieds (610 et 1067m).

La sensibilité du système ILS augmente à mesure que nous approchons de la piste.

Ce schéma est théorique, en effet, chaque ILS a ses propres caractéristiques.

I-6-2- Instruments de bord

Les informations envoyées du sol sont reçues par un VOR-ILS, en général le VOR 1, VOR classique, HSI ou EHSI. Dès qu'on règle la fréquence du VOR 1 sur celle de l'ILS, si on est à portée de réception, nous constaterons que le VOR-ILS classique présente une barre active supplémentaire pour indiquer la pente (glide slop), ou que le HSI, ou le EHSI affichent des flèches indicatrices sur les bords ;Théoriquement, nous n'avons pas à régler l'OBS du VOR sur le cap à suivre, mais il est conseillé fortement de le faire car cela évite beaucoup de confusions.

I-6-3-Principe de l'affichage

Le centre de l'instrument, marqué souvent d'un rond, représente notre avion. Des graduations horizontales et verticales nous permettent d'évaluer l'écart (on dit qu'on est à 1 point du Glide, ou bien à 2 points du Loc) ; Les aiguilles ou les flèches nous indiquent vers où il faut corriger pour rejoindre la pente idéale et l'alignement correct.

Notons que l'instrument devient 4 fois plus sensible que dans son mode VOR, sur un VOR, on lit 2° par point, sur un ILS, on lit 0.5° par point. Il faut donc procéder par petites corrections, plus nous approchons de la piste et plus les corrections doivent être fines puisque le faisceau devient très étroit.

II.1 Introduction :

La navigation par satellite joue un rôle croissant dans l'aviation civile. Avec l'introduction de Galileo et le programme de modernisation prévu pour le GPS et le GLONASS, on s'attend à un renforcement de ce rôle, comme le prévoit la stratégie de l'OACI pour les systèmes CNS/ATM.

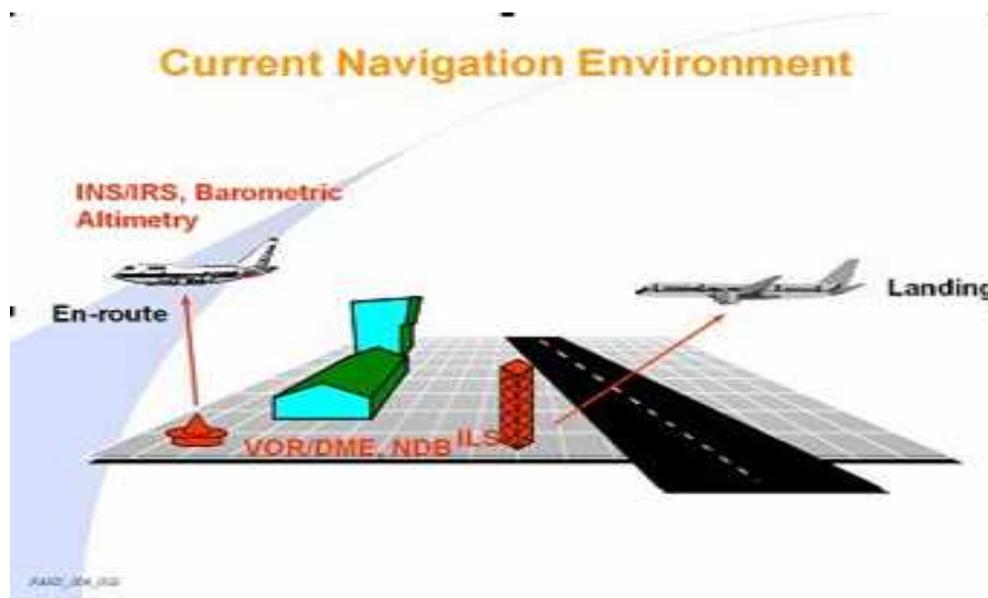


Figure II.1 : les systèmes de navigation

II.2 Le GPS :

Développé et géré par la Défense des USA. Service standard : accessible à tous gratuitement, opérationnel depuis décembre 1993 ; permet la localisation continue de tout mobile, y compris aérien, dans les 3 dimensions. Jusqu'au 1-5-2000, performance limitée par le système de contrôle américain à 100 m en horizontal pour les usagers civils ; maintenant précision de 20 m.

II.2.1 Historique

- 1965 : Premier concept GPS par le DoD des USA
- 1972: étude de faisabilité
- 1978 : premier tir satellite GPS.
- 1983 : Signaux GPS accessible aux civils.
- 1990 : Précision dégradé.
- 1994 : GPS déclaré opérationnel.
- 2000 : Les restrictions d'accès sont supprimées.
- 2004 : accord final pour interopérabilité technique et complémentarité du GPS avec Galileo futur système européen

II.2.2.Composition du GPS :

Segment spatial:

Il est constitué actuellement d'une constellation de 31 satellites (NAVSTAR pour *Navigation Satellite Timing And Ranging*). Ces satellites évoluent sur 6 plans orbitaux ayant une inclinaison d'environ 55° sur l'équateur. Ils suivent une orbite quasi circulaire à une altitude de 20 000 à 20 500 km qu'ils parcourent en 11 heures 58 minutes 02 secondes, soit un demi jour sidéral. Ainsi les satellites, vus du sol, reprennent la même position dans le ciel au bout d'un jour sidéral

Segment de contrôle: 5 stations américaines au sol. :

C'est la partie qui permet de piloter et de surveiller le système. Il est composé de 5 stations au sol. Leur rôle est de mettre à jour les informations transmises par les satellites (éphémérides, paramètres d'horloge) et contrôler leur bon fonctionnement

Segment utilisateur: ensemble des utilisateurs. :

Il regroupe l'ensemble des utilisateurs civils et militaires qui ne font que recevoir et exploiter les informations des satellites. Le système ne peut donc être saturé : le nombre maximum d'utilisateurs GPS est illimité.

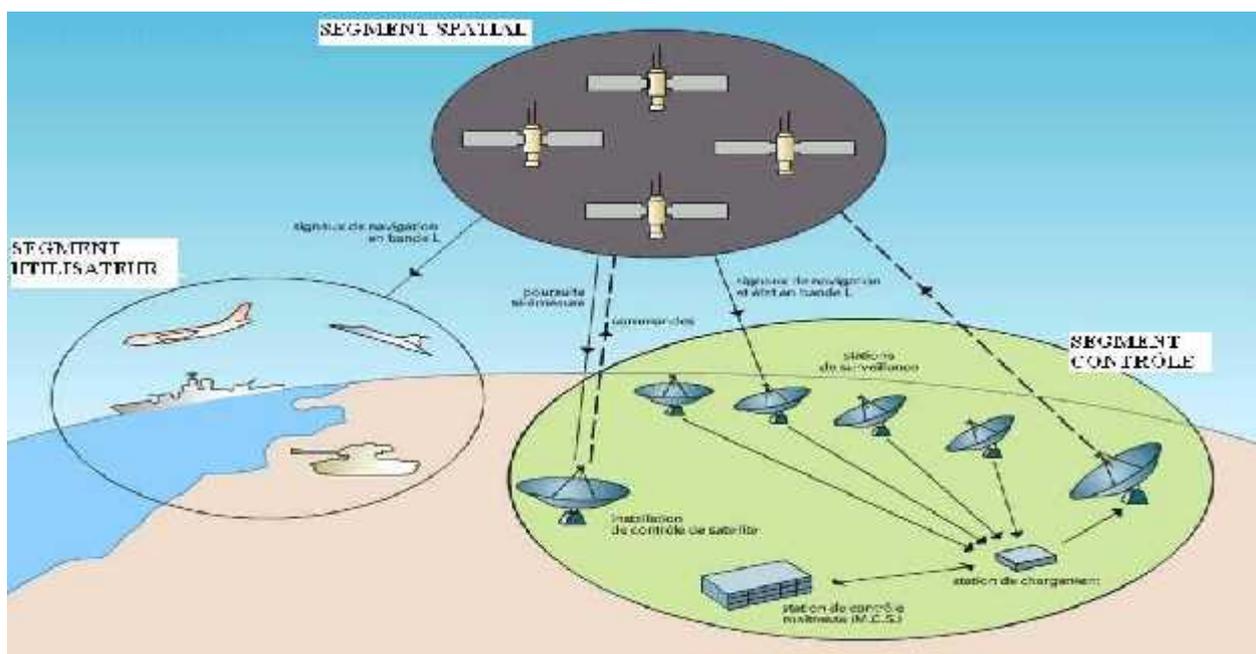


Figure II.2 :l'ensemble de GPS

II.2.3 Principe de fonctionnement :

Le GPS fonctionne grâce au calcul de la distance qui sépare un récepteur GPS et plusieurs satellites. Les informations nécessaires au calcul de la position des 31 satellites étant transmises régulièrement au récepteur, celui-ci peut, grâce à la connaissance de la distance qui le sépare des satellites, connaître ses coordonnées.

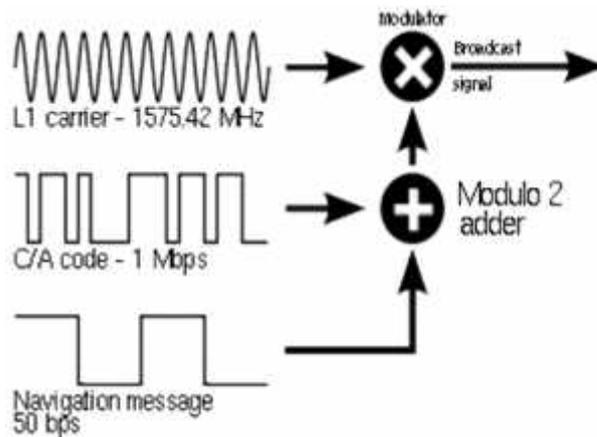


Figure II.3 : Le signal émis

Les satellites GPS émettent plusieurs signaux codés, à destination civile ou militaire. Le signal civil d'utilisation libre correspond au code C/A, émis sur la porteuse de 1 575 MHz.

Sur cette porteuse le signal de modulation est une séquence résultant de l'addition modulo 2 du code pseudo-aléatoire C/A à 1 Mbps et des données à 50 bps contenant les éphémérides des satellites et d'autres informations de navigation. C'est le code C/A qui sert dans les récepteurs par corrélation avec le signal reçu à déterminer l'instant exact d'émission de celui-ci.

✚ Mesure de la distance du récepteur par rapport à un satellite :

Les satellites envoient des ondes électromagnétiques (micro-ondes) qui se propagent à la vitesse de la lumière. Connaissant celle-ci, on peut alors calculer la distance qui sépare le satellite du récepteur en connaissant le temps que l'onde a mis pour parcourir ce trajet.

Pour mesurer le temps mis par l'onde pour lui parvenir, le récepteur GPS compare l'heure d'émission incluse dans le signal et celle de réception de l'onde émise par le satellite. Cette mesure, après division par la vitesse du signal, fournit une pseudo-distance, assimilable à une distance, mais entachée d'une erreur de synchronisation des horloges du satellite et du récepteur et de dégradations comme celles dues à la traversée de l'atmosphère. L'erreur d'horloge peut être modélisée sur une période assez courte à partir des mesures sur plusieurs satellites.

Calcul de la position :

Connaissant les positions des satellites à l'heure d'émission des signaux, et les pseudo-distances mesurées (éventuellement corrigées de divers facteurs liés notamment à la propagation des ondes), le calculateur du récepteur est en mesure de résoudre un système d'équations dont les quatre inconnues sont la position du récepteur (trois inconnues) et le décalage de son horloge par rapport au temps GPS. Ce calcul est possible dès que l'on dispose des mesures relatives à quatre satellites ; un calcul en mode dégradé est possible avec trois satellites seulement si l'on connaît l'altitude ; lorsque plus de quatre satellites sont visibles (ce qui est très souvent le cas), le système d'équations à résoudre est surabondant : la précision du calcul est améliorée, et on peut estimer les erreurs sur la position et le temps.

La précision de la position obtenue dépend, toutes choses égales par ailleurs, de la géométrie du système : si les satellites visibles se trouvent tous dans un cône d'observation de faible ouverture angulaire, la précision sera évidemment moins bonne que s'ils sont répartis régulièrement dans un large cône. Les effets de la géométrie du système de mesure sur la précision sont décrits par un paramètre : le **D.O.P.** (pour *Dilution Of Precision* : atténuation ou diminution de la précision) : le "**HDOP**" se réfère à la précision horizontale, le "**TDOP**" à la précision sur le temps, le "**VDOP**" à la précision sur l'altitude. La précision espérée est d'autant meilleure que le D.O.P est petit.

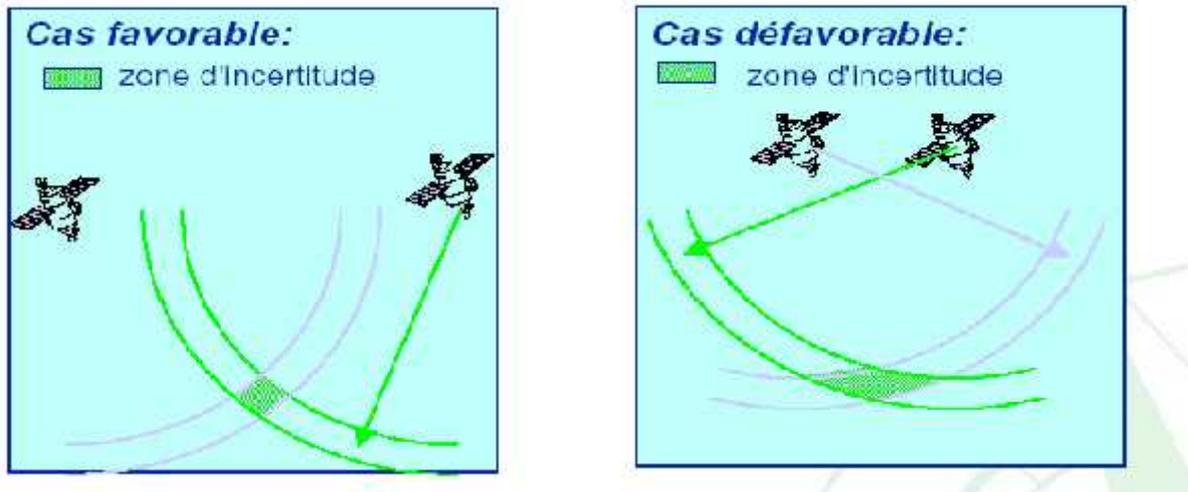


Figure II.4 : le cas favorable et défavorable de position des satellites

Le DOP traduit la dégradation géométrique

L'erreur de position est = DOP* Erreurs

Avantages et inconvénients

- ✚ Utilisation gratuite mais pas de garantie de fonctionnement ;
- ✚ Signal non accessible dans environnement fermé ;
- ✚ Couverture non intégrale de la planète ;
- ✚ Possibilité de services à valeur ajoutée payants ;
- ✚ Nouveaux signaux prévu avec la nouvelle génération de satellites.

II.3 le GLONAS :

Glonas : équivalent russe du GPS. Composition : 24 satellites sur 3 orbites à environ 19 000 km d'altitude. Service : similaire au GPS. Au 15-2-2006, 17 ont été lancés et sont opérationnels sur les 24 nécessaires. Opérationnel depuis 1997.

II.3.1 Présentation :

Le programme *GLONASS* est né dans les années 1980, durant la Guerre froide. Les satellites qui le composent reçoivent le nom *Ouragan (11F654)* et leur réalisation est confiée au bureau d'études en mécanique. D'une masse de 1413 kg, ils sont mis en orbite par groupe de trois sur des orbites à 19 130 km, contenues dans trois plans orbitaux inclinés de 65 degrés environ.

II.3.2 Composition :

Comme tous les systèmes de positionnement par satellites, *GLONASS* est composé de trois parties :

- ✚ la partie spatiale est constituée de 24 satellites, répartis sur trois plans orbitaux à une altitude de 19 100 km parcourue en 11 heures 15 minutes 44 secondes. A la différence du système *GPS*, les satellites de la constellation, vus du sol, se retrouvent à la même place dans le ciel après huit jours sidéraux. Huit satellites sont prévus pour chaque plan orbital.
- ✚ la partie au sol est composée de cinq stations de contrôle, la principale se trouve à Krasnoznamensk dans la région de Moscou.
- ✚ la partie utilisateur, qui réunit l'ensemble des récepteurs utilisant les signaux des satellites.

Début 2008, 16 satellites actifs sont en orbite, ce qui permet la couverture de tout le territoire russe. Les premiers appareils de positionnement étaient prévus pour être commercialisés fin décembre 2007. Cependant, les premiers appareils en service souffrent des défauts fonctionnels (manque de précision, interruption de service, etc.) ou de couverture territoriale insuffisante, ce qui a amené, le 23 janvier 2008, le premier vice-premier ministre russe Ivanov à critiquer sévèrement les concepteurs du système pour les manquements de qualité.

L'Agence spatiale fédérale russe (*Roskosmos*) prévoit la fin de déploiement des 24 satellites couvrant le monde entier vers la fin 2009.

II.4 GALILEO :

L'Union européenne et l'Agence spatiale européenne ont accepté en mars 2002 de développer leur propre alternative au GPS, appelé système de positionnement Galileo.

Au coût d'environ 2,4 milliards de £, le système est prévu pour fonctionner à partir de 2012. Le premier satellite expérimental a été lancé le 28 décembre 2005. Galileo devrait être compatible avec le système GPS modernisé. Les récepteurs seront en mesure de combiner les signaux des deux systèmes Galileo et GPS pour accroître la précision.

II.4.1 Composition

🚀 **La partie Spatiale:** 27 satellites actifs plus 3 de secours placés sur 3 orbites à 23616 Km
Satellite: 700 Kg, une horloge atomique panneaux solaires.

🚀 **La partie au sol:** 2 centres de contrôles en Europe min de 20 stations au sol les récepteurs individuels.

Galileo diffusera 10 signaux sur 3 bandes de fréquences 6 pour les services gratuits 2 pour le service commercial 2 pour le service public réglementé.

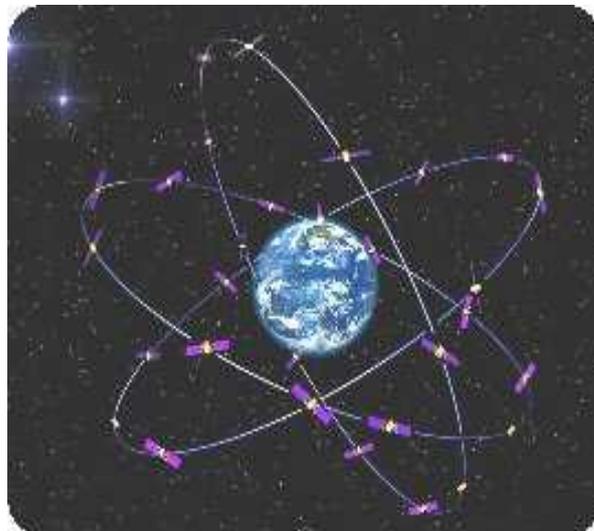


Figure II.5 : système Galileo

II.4.2 Avantage de système

- ✚ GALILEO est à la fois le concurrent et le complémentaire du GPS.
- ✚ Disponibilité du signal quasi parfaite.
- ✚ De meilleurs services pour l'utilisateur.
- ✚ Plus grande fiabilité et une moindre vulnérabilité.
- ✚ Responsabilité contractuelle.
- ✚ Une réduction de la charge sur les budgets publics.
- ✚ Création probable de 140000 emplois.
- ✚ Coût de l'ordre de quatre milliards d'Euros.

II.5 EGNOS :

II.5.1 Motivations :

Réel besoin de fonctions de communication, Navigation et Surveillance du système de gestion de trafic aérien (CNS/ATM).

- ✚ Améliorer les performances du GPS et de GLONASS
- ✚ première initiative de l'Europe dans ce domaine.

Trois Services Principaux :

- ✚ Service Correction différentielle.
- ✚ Service Intégrité.
- ✚ Service Ranging.

Trois répéteurs installés dans les satellites géostationnaires (Immarsat- III et Artemis)

II.5.2 Composition :

Segment sol :

- ✚ 30 stations de télémétrie et de contrôle d'intégrité ;
- ✚ 4 centres de contrôle principaux ;
- ✚ 6 stations de liaison montante ;

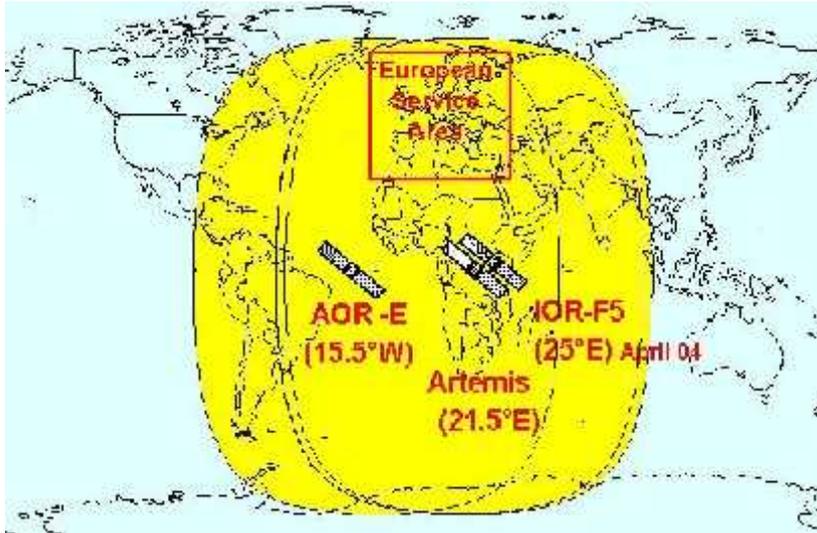


Figure II.6 : EGNOS

- + segment spatial: composé de transpondeurs installés sur 3 satellites géostationnaires (INMARSAT-3 AOR-E (15,5°W), INMARSAT-3 IOR (64°E) ET ESA ARTEMIS (21,5°E)).
- + segment utilisateur: composé de récepteurs EGNOS standards et d'un équipement spécifique pour les applications aériennes, maritimes ou terrestres.

II.5.3 Avantage de système :

- + Large recouvrement régional européen ;
- + Recouvrement étendu déjà prévu pour l'Afrique, et l'Europe de l'est ;
- + Existence de système équivalent ;
- + MSAS (MTSAT (Multi function Transport Satellite) Satellite Based Augmentation System) pour le Japon ;
- + WAAS (Wide Area Augmentation System) pour les USA.

Le tout forme le standard mondial recommandé par l'OACI.

II.6 Système de renforcement satellitaire (SBAS) :

Le SBAS fait appel à un réseau de stations de référence pour surveiller les signaux GPS et transmettre les données aux stations principales, qui calculent les corrections et les données d'intégrité. Les corrections et les éléments d'intégrité, de même que les signaux de distance, sont diffusés sur la fréquence GPS à partir de satellites géostationnaires (GEO) (d'où satellitaire) situés dans des créneaux orbitaux fixes au-dessus de l'équateur. Les signaux provenant de ces satellites couvrent un hémisphère, sauf les régions à hautes latitudes (au-dessus d'environ 70 degrés).

Le SBAS accepte les approches « LPV » (précision latérale avec guidage vertical), qui utiliseront des critères de conception de type ILS et prendront en charge des altitudes de décision de seulement 250 pi AGL sur plus de 90 % des pistes admissibles (celles qui satisfont aux normes relatives au relief environnant et aux caractéristiques de la piste). Ces approches de type ILS ne nécessitent aucune aide à la navigation installée à l'aéroport.

Le SBAS augmente également la disponibilité du service SatNav jusqu'au point où les aides au sol ne sont plus nécessaires sauf pour atténuer la menace d'interférence.

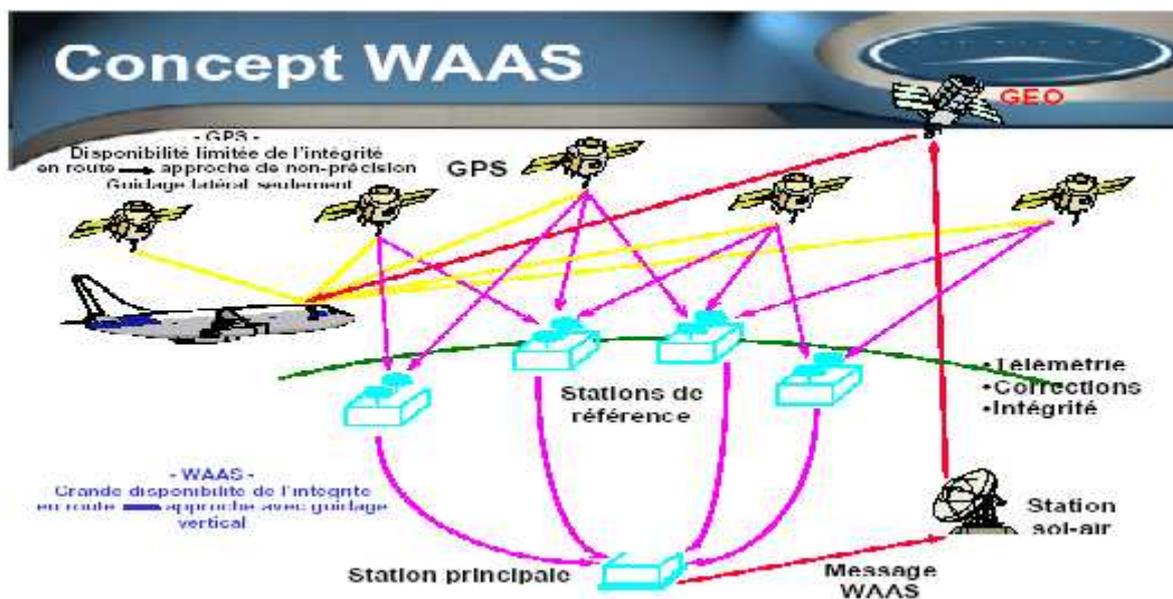


Figure II.7 : le concept WAAS

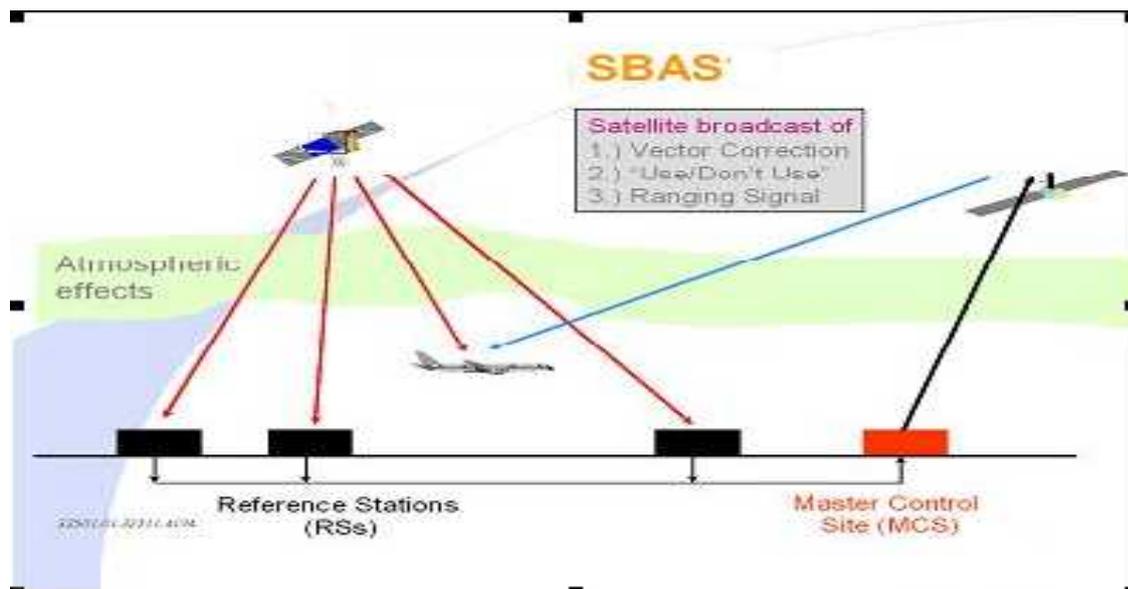


Figure II.8 : le concept SBAS

II.7 Système de renforcement au sol (GBAS) :

- ✚ Le GBAS a recours à une station terrestre (d'où au sol) pour calculer les corrections valides à l'échelle locale et diffuser les corrections, les données d'intégrité et les données sur les procédures d'approche finale, au moyen d'une liaison de données VHF, aux aéronefs se trouvant dans un rayon de 25 à 30 NM. Le concept GBAS vise à prendre en charge toutes les catégories d'approches de précision. Contrairement au système ILS, un seul système GBAS pourrait desservir plusieurs pistes d'un aéroport, et ce, à un coût du cycle de vie probablement à peu près identique à celui d'un système ILS unique.
- ✚ L'OACI a élaboré des normes relatives au GBAS CAT I et est en voie d'évaluer les exigences propres.
- ✚ aux systèmes CAT II et CAT III.

Le système de renforcement à couverture locale (LAAS) de la FAA des États-Unis est le pendant du GBAS. Le programme LAAS de la FAA connaît un ralentissement, de sorte que LAAS CAT I ne sera pas opérationnel avant 2009.

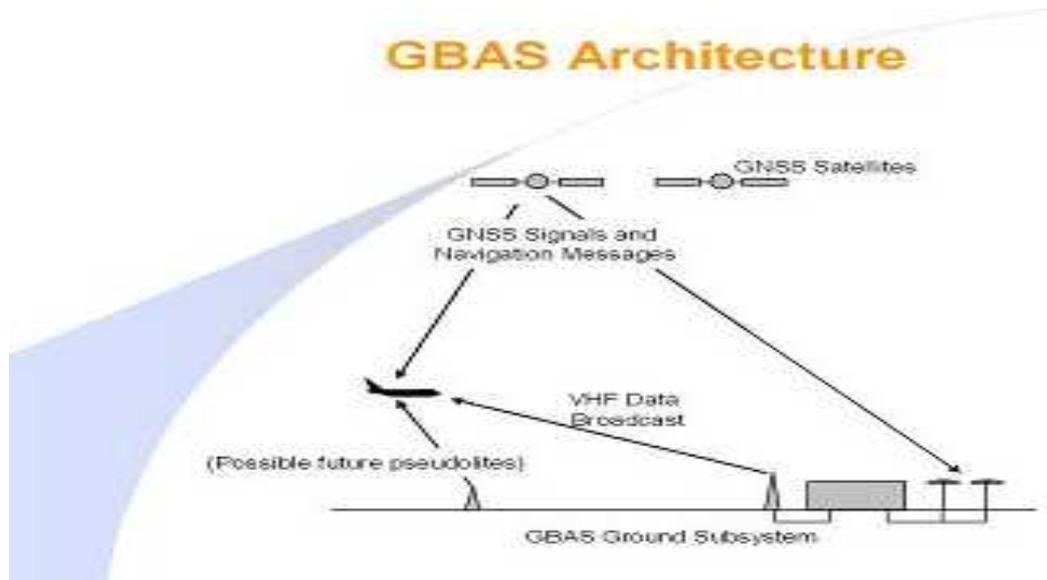


Figure II.9 : le concept GBAS

II.8. Système de renforcement régional au sol (GRAS) :

L'Australie met actuellement au point ce système, qui vise à fournir un service de type SBAS au moyen de stations VHF au sol plutôt que de satellites GEO. Les avions utiliseraient une version modifiée de l'avionique GBAS. L'Australie a décidé d'adopter cette stratégie en raison du coût lié à la fourniture du composant satellite GEO du SBAS.

Les signaux satellites GEO de la FAA des États-Unis sont accessibles à l'échelle des Amériques.

II.9 LE GNSS :

II.9.1 INTRODUCTION

Le futur système mondial de navigation par satellite (GNSS), capable d'assurer une couverture de navigation mondiale et de fournir des moyens de navigation de surface pour toutes les phases du vol viendra se superposer à plusieurs moyens et fonctions fournis par les aides de radionavigation actuelles définies dans les normes et pratiques recommandées (SARP) de l'Annexe 10, Volume I.



Figure II.10 : le concept GNSS

II.9.2 COMPOSITION

Le GNSS se compose de satellites de navigation et de systèmes au sol qui surveillent les signaux des satellites, font les corrections nécessaires et transmettent des messages d'intégrité, au besoin, pendant certaines phases de vol bien précises.

À l'heure actuelle, il y a deux constellations de satellites de navigation en orbite, à savoir le GPS américain et le système mondial de satellites de navigation (GLONASS) russe. Les États-Unis et la Russie ont offert ces systèmes en guise de base au GNSS sans coûts directs pour leurs utilisateurs. L'Union européenne développe actuellement un troisième système, baptisé Galileo, dont la mise en service est prévue pour 2008 et dont l'aviation devrait pouvoir bénéficier en 2010.

Au Canada, seul le GNSS basé sur le GPS est approuvé pour une utilisation en aviation, et il constitue la pierre angulaire de la SatNav. Le transport Canada a autorisé au pays l'utilisation du GPS en IFR pendant les phases de vol en route, en région terminale et en approche. Les conditions de l'approbation au Canada se trouvent dans l'AIC 27/05 ainsi que dans un avis spécial du CAP. Plus loin dans la présente rubrique se trouvent des renseignements détaillés ainsi que des documents d'orientation.

Le GNSS est également un moyen de guidage approuvé dans l'espace aérien NAT MNPS, tel que le décrit l'AIC 2/00.

Le GNSS se prête à la RNAV, ce qui permet l'utilisation des aéronefs sur toute trajectoire voulue et permet, par conséquent, aux exploitants de choisir des routes économiques du point de vue de la consommation de carburant. Le GNSS permet également d'effectuer de meilleures

approches aux instruments à de nombreux aéroports, y compris par le recours à la navigation verticale en mode renforcé, ce qui se traduit par une diminution des retards et du nombre de déroutements. C'est pour ces raisons que de nombreux exploitants d'aéronefs canadiens utilisent une avionique faisant appel au GNSS.

III.1. Description de l'aérodrome de Constantine

III.1.1. Situation géographique de l'Aérodrome

L'aérodrome international de Constantine se trouve dans l'espace aérien appartenant à la classification D

 **Nom de l'aérodrome :** Constantine Mohamed Boudiaf

 **Emplacement de l'aérodrome :** 5,4 NM au sud de la ville de Constantine

 **Coordonnées géographiques du point de référence d'aérodrome :**

36°17'07''N - 006°37'09'' E - coordonnées géographiques Tour de Contrôle

 **Altitude de l'aérodrome :**

706 mètres par rapport au niveau de la mer au Seuil 34

Altitude piste 16/34

Seuil 16 = 705m par rapport au niveau de la mer

Seuil 34 = 706m par rapport au niveau de la mer

Altitude piste 14/32

Seuil 14 = 702,51m

Seuil 32 = 688,06m par rapport au niveau de la mer

Le point le plus bas est situé à 520 m du seuil 32 et se trouve à une altitude de 684m

 **Température de référence d'aérodrome :** 33,6°

 **Horaire d'ouverture (ATS) :** H24

 **Condition d'exploitation :** utilisable uniquement par les aéronefs équipés de radio.

 **La déclinaison magnétique :** 0° W.

 **L'altitude de transition est de :** 1920 mètres.

 **Types de trafic autorisés :** IFR/VFR.

III.1.2. Caractéristiques dimensionnelles de l'aérodrome et renseignements connexes :

Piste 16/34

Orientation vraie : QFU 16: 159°

QFU 34: 339°

Identification : 16 / 34

Longueur : 3000 m

Largeur : 45m

Pentes : 0% les 1000 premiers mètres, 0,00054% les 2000 derniers mètres.

Pente totale = 0,00033%

Nature de la surface : Béton bitumineux

Piste 14/32 :

Orientation vraie : QFU14: 136° / QFU32 : 316°

Identification : 14/32

Longueur : 2400 m

Largeur : 45 m

Pentes : -0,305% de 0 à 316,75 / -0,86% de 316,75 à 495/ -1.56%
de 495 à 927,81/ -1.4% de 927,81 à 1234,88 / -1,452%
de 1234.88 à 1503,09 / +0.637% de 1503,09 à 2400

Nature de la surface : Béton bitumineux

III.1.3. Longueur, largeur et type de surface des bandes, zones de sécurité d'extrémité de piste et prolongement d'arrêt :

- Piste 16/34 :

Bandes : bande dégagée sur 300 m X 3200 m et dont 150 X3200 m est nivelée et compactés)

Accotement : 3200 m x 7,5 m en micro béton

Stopway (POR) : 100 m x 45 m de chaque bout de piste

Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA) : 150m de chaque Côté.

- **Piste 14/32 :**

Bandes : bandes nivelée et compactée sur 150 m X 2560 m

Accotement : 7,50 x 2560 m en micro béton

Bande stabilisée : 20 m x 2560 de part et d'autre de la piste

Stopway (POR) : 100 m x 45 m coté 14 et 60 m x 45 coté 32

III.1.4. Longueur, largeur et type de surface des voies de circulation :

Longueur :

Taxiway principal parallèle piste 16/34 = 1950 m

Bretelle B reliant seuil 16 à l'aire de trafic = 540 m

Bretelle B2 reliant la piste 16/34 au taxiway = 150 m

Bretelle (AB, A2) reliant la piste 16/34 à l'aire de trafic en croisant la piste 14/32 (420m + 152m)

Bretelle A2 reliant la piste 14/32 à l'aire de trafic =152m

Bretelle A reliant le seuil 14 à l'aire de trafic =152m

Largeur :

Toutes les voies ont une largeur de 23 m et des accotements de 10,5 m de part et d'autre, mis à part la bretelle A2 qui a une largeur de 25 m et des accotements de 7m

Surface:

Type de surface : Béton bitumineux

Type de surface des accotements : micro béton

III.1.5. Type de surface de l'aire de trafic et postes de stationnement d'aéronef :

Longueur : 700,5m

Profondeur : 81,30.

Demi largeur de la bande de la voie de desserte : 40,5 m.

Largeur de la voie de service : 10m.

Nature de la surface : Béton bitumineux.

Nombre de poste de stationnement : 09 dont un poste pour B747.

III.1.6. Type de surface et force portante des chaussées, communiquée au moyen de la méthode ACN-PCN :

Piste 16/34 = Béton bitumineux – PCN 93F/D/W/T

Piste 14/32 = Béton bitumineux – PCN54/F/D/W/T

III.1.7. Sauvetage et lutte contre l'incendie :

CAT : 7

CO² : 40 kg

Poudre : 300kg

Mousse : 12100L

III.1.8. Les services rendus

Parmi les services qu'offre l'Aéroport de Constantine au Passagers et aux Compagnies Aériennes :

L'avitaillement carburant : assuré par NAFTAL AVM

Type de carburant : JET A1 et AVGAS

L'Assistance au sol : assurés par la Compagnie Aérienne Nationale : Air Algérie

Le Transfert des passagers (aéronef - aérogare passagers) : assuré par l'EGSA/CONSTANTINE

L'Assistance Médicale: au passagers avec Ambulance assurée par l'EGSA/C

Le Catering : assuré par l'EGSA/CONSTANTINE. Situé au sein même de la plateforme aéroportuaire le Catering dispose d'une capacité de production journalière de 3000 plateaux repas.

Clients actuels : AIR ALGÉRIE, TASSILI AIRLINES, AIGLE AZUR

A noter qu'antérieurement le catering assure des prestations pour la compagnie aérienne AIR FRANCE.

III.1.9. Boutiques :

-  Location de voiture
-  Tabacs journaux
-  Taxi Phone
-  Fast Food
-  Cafeterias
-  Free Shops
-  Cosmétiques
-  Pâtisserie / Confiserie
-  Électroménager
-  Salon de coiffure

III.1. 10. Commodités :

-  Bureau de Poste
-  Service de taxi : assure le transport de et vers la ville
-  Pharmacie
-  Agences de voyage
-  Parking auto avec une capacité de : 450 emplacements

Par ailleurs un aéroclub (École de Formation en Aviation Légère) est implanté au sein de l'aéroport.

CARTE D'AERODROME OACI

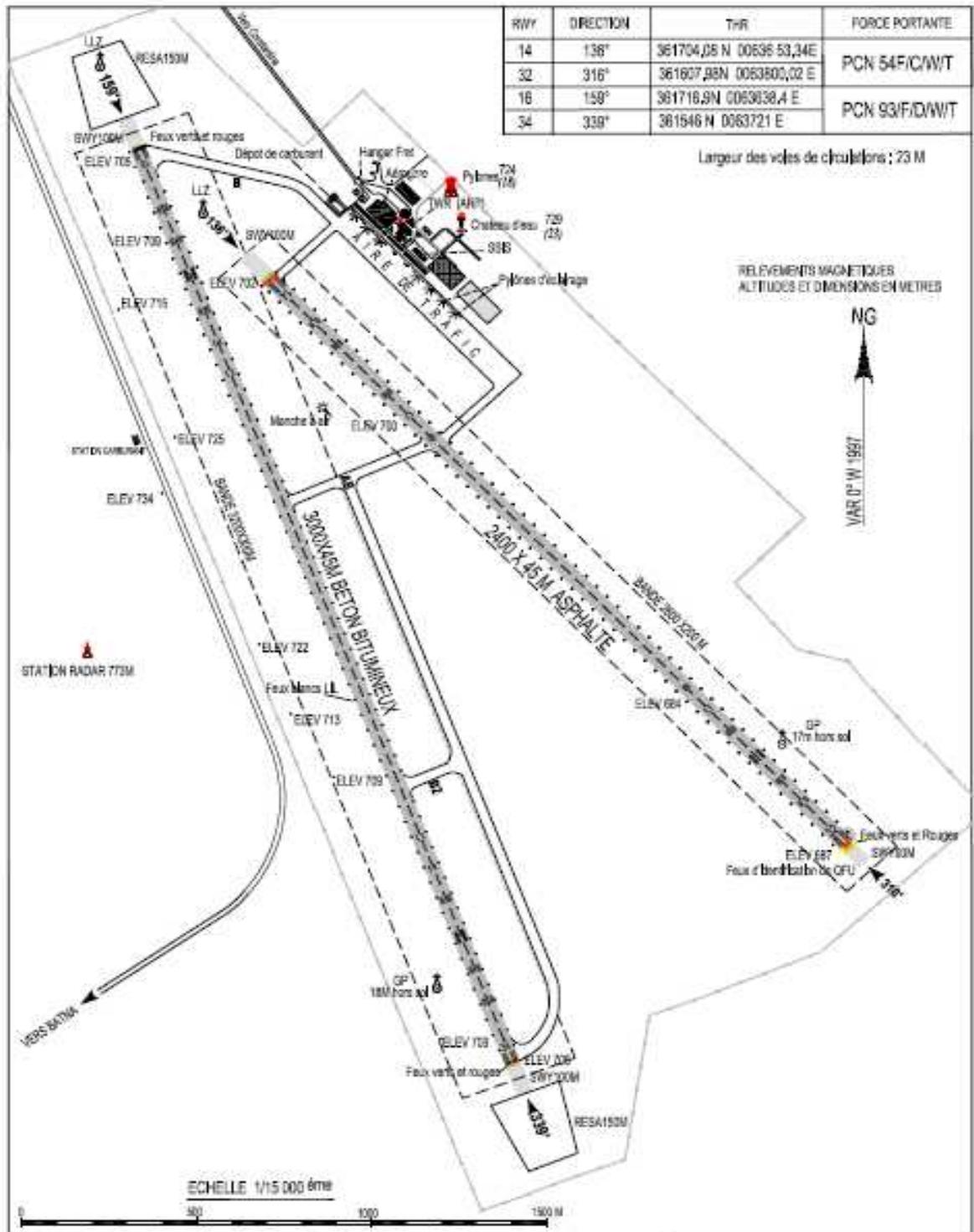


Figure III.1:carte de l'aérodrome OACI

III.2 Le service de contrôle d'approche de Constantine

Pour mieux gérer et contrôler les trajectoires des avions autour des aéroports de Constantine et de Batna qui ont une grande densité de trafic aérien, il a été développé dans ce cadre un service de contrôle d'approche de Constantine qui gère l'ensemble du trafic à l'arrivée et au départ de ces aéroports. Le contrôle d'approche est physiquement localisé dans la tour de contrôle.

Désignation	Classe	Limite inférieure	Limite supérieure
APP Alger	D	450m GND/MSL	FL 145
APP Annaba	D	450m GND/MSL	FL 105
APP Constantine	D	450m GND	FL 105
APP Hassi Messaoud	D	900m GND	FL 105
APP Oran.	D	450m GND/MSL	FL 105

Tableau III.1 : Les services d'approche

III.3. Les aides de radionavigation et de surveillance

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

L'ENNA a opté pour la mise en œuvre d'un radar primaire (PSR) co-implanté avec un radar secondaire à Alger et de quatre radars secondaires (SSR) répartis dans les régions principales du pays : Annaba, Oran, El Oued, et El Bayadh. (Voir Tab. III.2)

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

Tableau III.2 : Moyens de surveillance

Les Aides de radionavigation et d'atterrissage :

- ✚ DVOR/DME CSO 115.5 MHZ CH 102 X se trouve sur le 339° à une distance de 611m du THR16.
- ✚ NDB CNE 397 MHZ de coordonnées 36 11 25.09 N 006 43 37.83 E.
- ✚ LLZ32/ ILS CAT I CT 109.3 MHZ de coordonnées 36 17 10.09 N 006 36 45.50 E
- ✚ GP 332 MHZ de coordonnées 36 16 19.51 N 006 37 53.27 E
- ✚ OM 2traits/sec 75 MHZ de coordonnées 36 13 25.46 N 006 41 12.55 E
- ✚ LLZ34/ILS CAT I CS 108.3 MHZ de coordonnées 36 17 25.34 N 006 36 35.00 E
- ✚ GP 334.1 MHZ de coordonnées 36 15 53.42 N 006 37 12.98 E
- ✚ DME/P CS20X de coordonnées 36 15 53.42 N 006 37 12.98 E

III.4 La sectorisation

✚ SECTEUR NORD - EST

III.4.1 Limites du secteur

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

1. Limites latérales : ligne joignant les points 3900N 00800E - 3656N 00839E puis le point d'intersection de la frontière Algéro /Tunisienne avec la côte méditerranéenne et la frontière Algéro/Tunisienne jusqu'à son intersection avec le parallèle 3448N ainsi que 3448N 00500E - 3900N 00500E - 3900N 00800E.
2. Limites verticales : 450m GND/MSL, jusqu'à la limite verticale supérieure FL450. classée dans l'espace aérien D.

III.4.2. Aérodomes à l'intérieur du secteur NORD – EST

A l'intérieur de ce secteur il y a 8 aérodomes: JIJEL, ANNABA, TEBESSA, CONSTANTINE, BATNA, SETIF, BEJAIA et BISKRA.

III.5 Division de l'espace aérien de Constantine

L'espace aérien de Constantine est divisé en deux zones

III.5.1. La région d'approche de Constantine (CTA)

L'espace aérien relevant du Contrôle d'Approche de Constantine est défini comme suit :

-  **Limite latérale**
 - a) Cercle de 25 NM de rayon centré sur le DVOR/DME CSO de coordonnées géographiques (36 17 33N 006 36 20 E).
 - b) Cercle de 15 Nm de rayon centré sur le DVOR/DME BTN (35 46 17.50N 006 20 37.66)-Tangentes extérieures communes à ces deux cercles.
-  **Limite verticale :** GND-450m / FL 105.
-  **Classification :** D.
-  **Indicatif d'appel et langue de l'organe ATS :** *CONSTANTINE Approche*, Fr. En.
-  **Altitude de transition :** 1920 m.

III.5.2. La zone de contrôle de Constantine (CTR)

L'espace aérien relevant du Contrôle d'Aérodrome de Constantine est défini comme suit :

-  **Limites latérales :** Cercle de 10 NM de rayon centré sur DVOR/DME CSO.
-  **Limite verticale :** 450 m/ GND.
-  **Classification de l'espace:** D.
-  **Indicatif d'appel et langue de l'organe ATS :** *CONSTANTINE tour*, Fr, En .

III.5.3. Les zones à statut particulier

➤ **Zone réglementée DA-R65 :**

 **Limite latérale :**

Deux demi-cercles extérieurs de 7 Km de rayon centrés sur :

-OUED SEGUIN : 36 10 59 N 006 23 40 E

-AIN M'LILA : 36 02 18 N 006 34 32 E

Et par deux droites tangentes à ces deux cercles.

 **Limite verticale :** GND-FL 65

➤ **Zone interdite DA-P80 OUM EL BOUAGHI**

 **Limite latérale :**

Arc de cercle de rayon de 15 Nm centré sur ARP (35 52 39 N 007 15 25 E) de l'aérodrome d'OUM EL BOUAGHI limité au sud par une droite joignant les points N1 (35 39 32 N 007 24 35 E) et N2 (35 44 04 N 006 59 54 E)

 **Limite verticale :** GND-FL280

AIP
ALGERIE

AD 2 DABC-19
23 JAN.03

CARTE D'APPROCHE
A VUE - OACI -

ALT D'AERODROME : 706 M
LES HAUTEURS SONT DETERMINEES
PAR RAPPORT A L'ALTITUDE DE L'AD

APP : 120.1
TWR : 118.3, 119.7(s)

CONSTANTINE / Mohamed Boudiaf

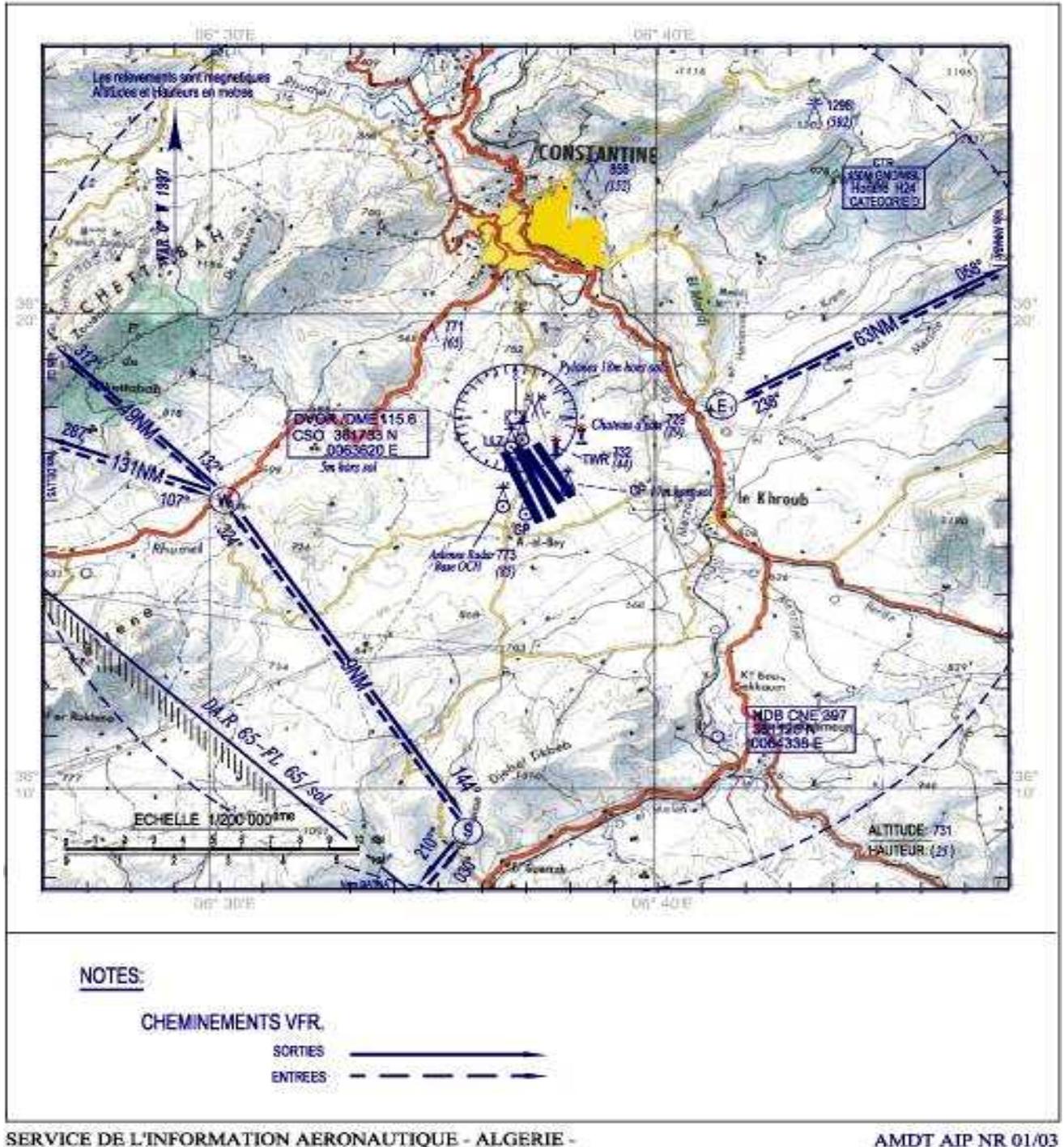


Figure III.2 : Carte topographique de Constantine

III.6 Les procédures existantes :

Procédures d'approche aux instruments :

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

-  **Procédure DVOR/DME RWY 34**
-  **Procédure DVOR/DME/ILS RWY 34**
-  **Procédure DVOR/DME RWY 32**
-  **Procédure d'approche DVOR/DME/ILS RWY 32**

III.7 Procédures d'arrivées de constantine

III.7-1 Introduction:

En tenant compte de l'analyse du flux du trafic et afin d'augmenter la capacité de l'aérodrome de Constantine (nombre de vols IFR) il est impératif de mettre en place des itinéraires sûrs et rapides pour garantir une bonne fluidité du trafic aérien. Cela est réalisable en créant des cheminements d'arrivée précis et protégés qui seront au fur et à mesure publiés dans l'AIP Algérie.

Ces STAR seront limités par un certain nombre de facteurs notamment :

1. La densité de trafic ;
2. L'environnement et nuisance;
3. L'existant qui comprend :
 -  Le réseau de route ATS existant
 -  Les reliefs
 -  Les conditions météorologiques
 -  L'infrastructure des pistes
 -  Les moyens de radionavigation
 -  Les procédures d'approche aux instruments existantes.
 -  La pente de la procédure d'approche.
 -  Les zones interdites et réglementées
 -  Les attentes existantes dans la CTA
4. Les performances des aéronefs.

III.7.2 Etude de la densité du trafic

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

L'étude a été effectuée sur la base d'un fichier de trafic aérien fourni par le service des statistiques pour le mois le plus chargé de l'année 2006 (Août) en tenant compte des points d'entrées et de sorties de la TMA Nord-Est mentionnés dans la carte de croisière.

Les résultats obtenus expriment la charge du trafic dans chaque itinéraire ou tronçon d'itinéraire reliant l'aérodrome aux destinations prévues. (Voir Tab.1 et Tab..2).

Tableau III.3 : Flux mensuel de trafic d'arrivée du mois d'août 2006 pour l'aérodrome de Constantine

Axe	Nombre de vols	Pourcentage %
KAMER-DABC	138	31,01 %
CIRTA-DABC	23	5,16 %
DIMAO-DABC	1	0,22 %
NADJI-DABC	49	11,01 %
AMIRA-DABC	3	0,67 %
ANB-DABC	2	0,44 %
MORJA-DABC	1	0,22 %
TBS-DABC	4	0,9 %
BJA-DABC	3	0,67 %
BRN-DABC	3	0,67 %
BLD-DABC	3	0,67 %
TEG-DABC	1	0,22 %
BLDM-DABC	1	0,22%
CHNAC-DABC	1	0,22 %
BABOR-DABC	151	34 %
BIS-DABC	7	1,6 %
DAUU-DABC	4	0,9 %
DAUL-DABC	3	0,67 %
DAAY-DABC	2	0,44 %
DAOH-DABC	1	0,22 %
TDF-DABC	3	0,67 %
TAM-DABC	7	1,57 %
ORA-DABC	7	1,57 %

BCR-DABC	5	1,12 %
DAAK-DABC	21	4,71 %
MNA-DABC	1	0,22 %
TOTAL	445	100 %

Tableau III.4 : Flux mensuel de trafic de départ du mois d'Août 2006 pour l'aérodrome de Constantine

Axe	Nombre de vols	Pourcentage %
DABC-KAMER	127	28,03 %
DABC-CIRTA	36	8 %
DABC-HODNA	1	0,22 %
DABC-NADJI	49	10,81 %
DABC-AMIRA	1	0,22 %
DABC-ANB	3	0,66 %
DABC-DAAS	4	0,88 %
DABC-TBS	5	1,1 %
DABC-BJA	135	29,80 %
DABC-BRN	3	0,66 %
DABC-BLD	1	0,22 %
DABC-TEG	3	0,66 %
DABC-BLDM	3	0,66 %
DABC-DAAJ	1	0,22 %
DABC-BABOR	16	3,53 %
DABC-BIS	6	1,32 %
DABC-DAUH	1	0,22 %
DABC-DAUU	5	1,1 %
DABC-DAUL	3	0,66 %
DABC-DAAY	2	0,44 %
DABC-TDF	4	0,88 %
DABC-TAM	2	0,44 %
DABC-ORA	5	1,1 %
DABC-BCR	6	1,32 %
DABC-DAAK	30	6,62 %
DABC-MNA	1	0,22 %
TOTAL	453	100 %

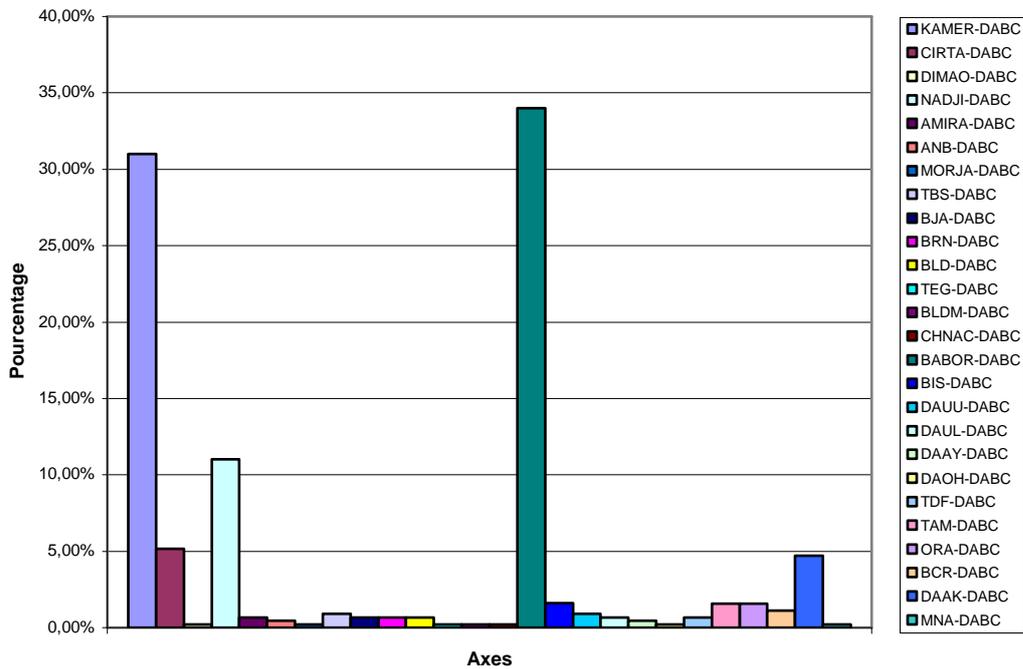


Figure III.3 : Le taux du flux mensuel des arrivées du mois d’Août 2006

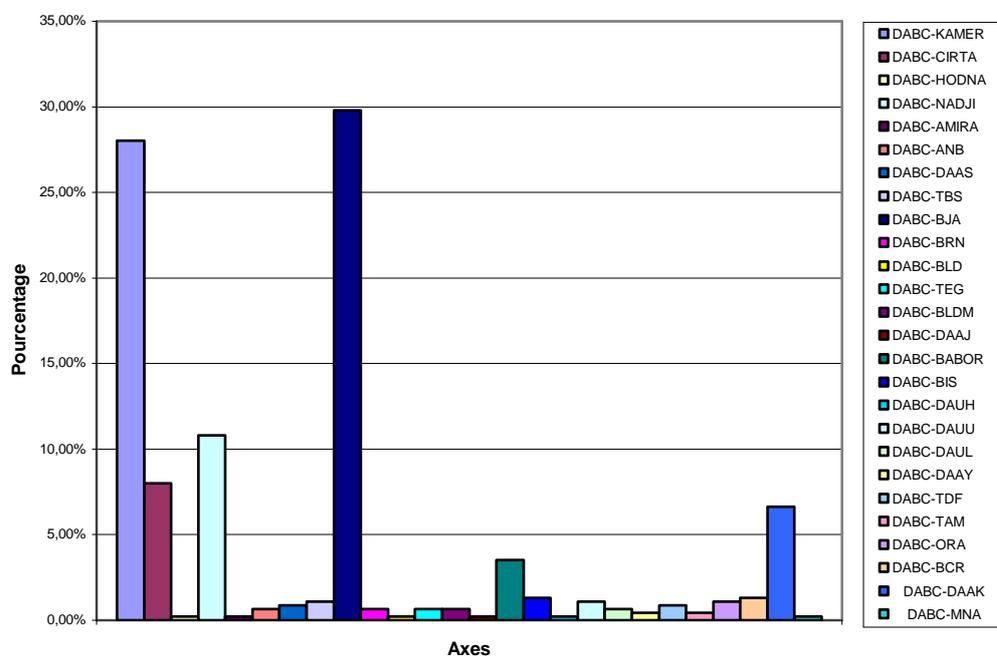


Figure III.4 : Le taux du flux mensuel des départs du mois d’Août 2006

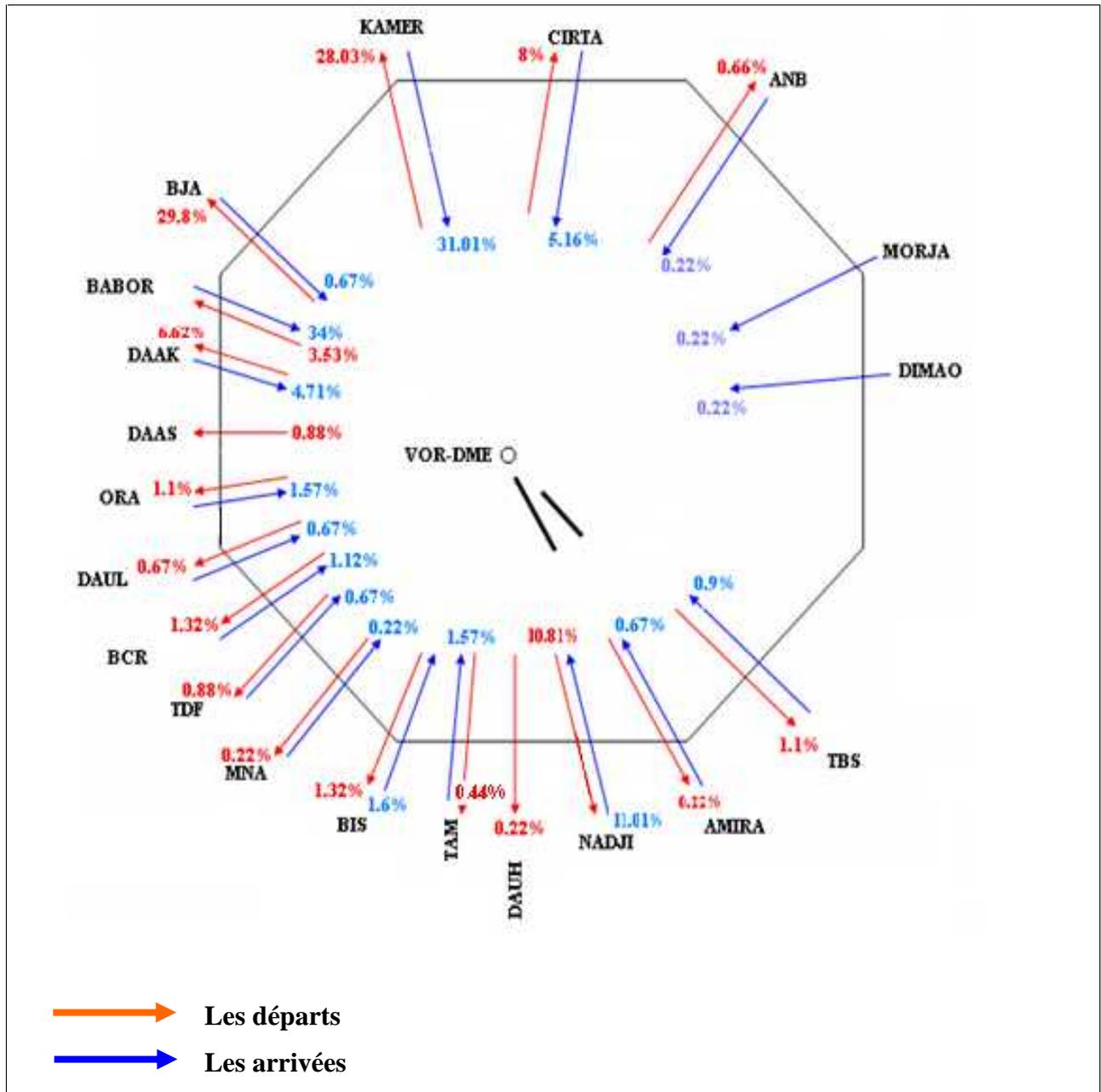


Figure III.5 : Représentation des flux du trafic du mois d’Août 2006

III.7-3 Flux du trafic a l'arrivée :**Tableau III.5 : trafic d'arrivée**

Arrivée du Nord	KAMER-DABC CIRTA-BABC ANB-DABC
Arrivée de l'Est	MORJA-DABC DIMAO-DABC
Arrivée de l'Ouest	BJA-DABC BABOR-DABC DAAK-DABC ORA-DABC
Arrivée du Sud	TAM-DABC NADJI-DABC
Arrivée du Sud-Est	TBS-DABC AMIRA-DABC
Arrivée du Sud-Ouest	BIS-DABC MNA-DABC TDF-DABC BCR-DABC DAUL-DABC

III.7-4 Interprétation des résultats :

D'après les statistiques qui ont été faites; nous avons constaté que le trafic est dense du côté Nord-Ouest de l'aérodrome de Constantine avec 34 % des aéronefs arrivant de BABOR et 31,01% arrivant de KAMER.; alors que le trafic est plus faible du côté Est et Sud des aéronefs arrivant essentiellement de DIMAO, ANB et de AMIRA.

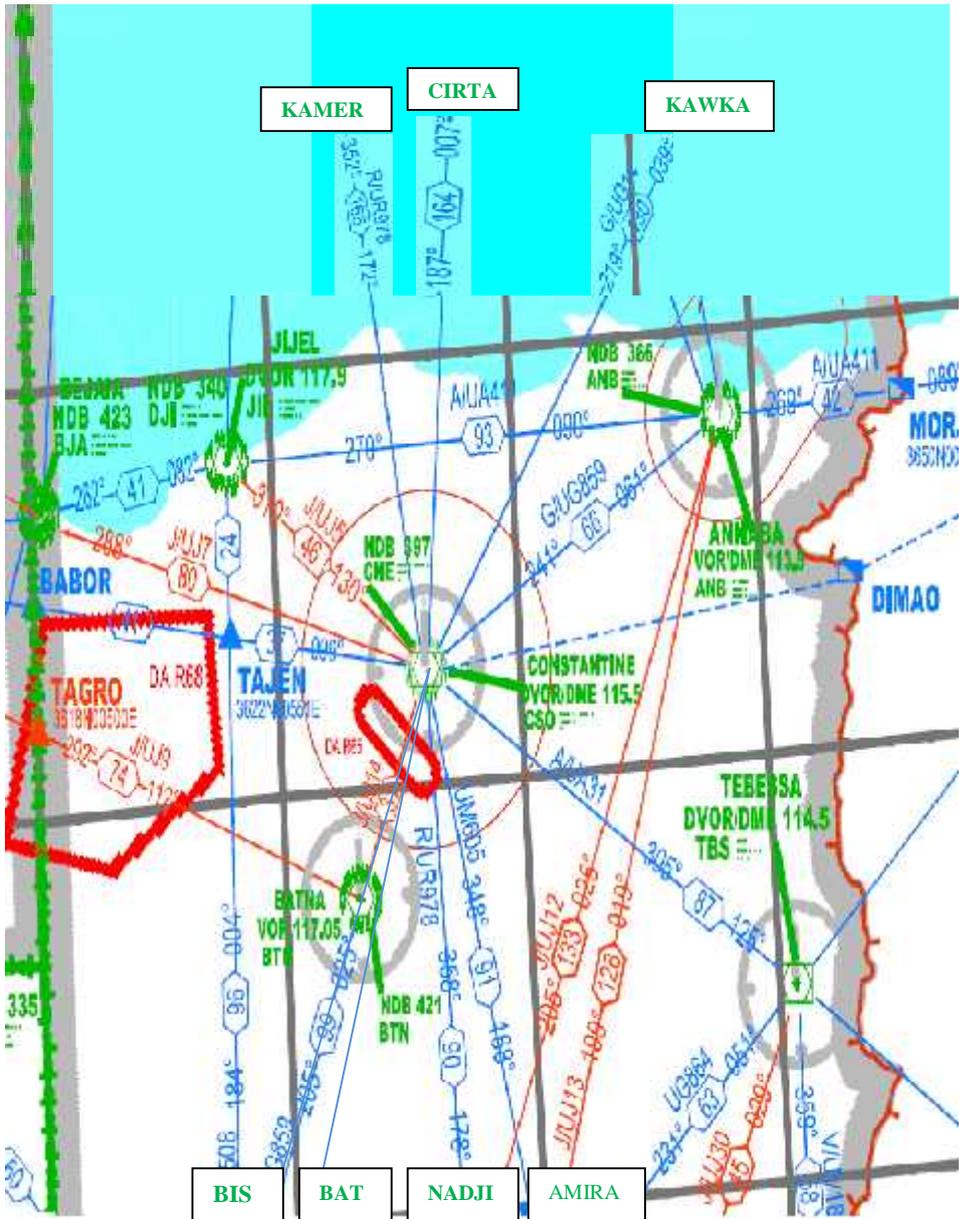


Figure III.6 carte des routes d'arrivée

IV.1 Introduction :

Le Comité spécial des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) de l'OACI a constaté que la méthode la plus couramment employée au cours des années pour indiquer la capacité de navigation requise consistait à prescrire l'emport obligatoire de certains équipements. Cette méthode avait pour effet d'empêcher l'utilisation optimale des équipements modernes embarqués. Afin de pallier cette difficulté, le Comité a élaboré le concept de qualité de navigation requise, alors désigné en anglais par l'expression *required navigation performance capability* (RNPC).

Le paramètre RNPC devait être défini en fonction de la précision de détermination de la position latérale et longitudinale. Le concept a été approuvé par le Conseil de l'OACI et le Groupe d'experts sur l'examen de la notion générale d'espacement (RGCSP) a été chargé d'en poursuivre l'élaboration. En 1990, ayant noté que les performances mesurées étaient plus pertinentes pour la planification de l'espace aérien que les capacités prévues, le Groupe RGCSP a modifié l'appellation RNPC qui est ainsi devenue, en anglais, *required navigation performance* (RNP), l'expression française « qualité de navigation requise » a été conservée avec le nouveau sigle.

La mise en œuvre de la RNP et de la navigation de surface (RNAV) n'a pas suivi les mêmes orientations dans les différents États et régions. Plus particulièrement, les définitions et les concepts liés à la RNP et à la RNAV, ainsi que les conventions d'appellation associées à la RNP, varient d'un État à l'autre et d'une région à l'autre. Ces différences dans la mise en œuvre se traduisent par un manque d'harmonisation entre les applications RNP et RNAV dans les différentes régions du monde.

IV.2 Historique :

Phase 1 - à partir de 1998 :

En route :

Depuis le 23 avril 1998, les aéronefs - autres que les aéronefs d'État opérant sur les routes ATS *au-dessus du niveau de vol minimal applicable publié par les États*, doivent être dotés d'un équipement RNAV de niveau RNP 5.

Les VOR/DME et les NDB resteront accessibles pour un éventuel retour aux moyens de navigation antérieurs au moins jusqu'en 2005.

Par conséquent, les critères minimaux tels qu'ils ont été définis pour l'équipement B-RNAV seront applicables pendant la phase 1.

A partir de 2002, on escompte que la navigation de surface sur itinéraire libre sera mise en œuvre dans des zones sélectionnées, dans lesquelles le nombre de routes fixes disponibles sera réduit. Les fonctions RNAV requises resteront inchangées.

TMA :

Lorsque c'est possible, et qu'elles pensent qu'un bénéfice est à en attendre, les autorités nationales peuvent définir des routes en région terminale sur lesquelles la B-RNAV est obligatoire. D'autres procédures RNAV, y compris celles qui nécessitent des performances de RNAV de précision (RNP 1 et plus) peuvent être instaurées. Cependant, elles resteront facultatives durant cette phase et les SID, STAR et procédures d'attente habituelles continueront d'être utilisées.

Phase 2 - 2005 ou plus tard : (date à arrêter par les États membres de la CEAC)

Avec le retrait des VOR (et des NDB), la possibilité de revenir à une navigation conventionnelle diminuera, la RNAV devenant, à terme, le seul moyen de navigation. L'actualisation de la position se fera au moyen du DME/DME ou du GNSS. On s'attend que les informations des systèmes inertiels de bord continueront de compléter les données de radiolocalisation.

Avec l'abandon des sources de radionavigation capables d'appuyer un retour à la navigation conventionnelle, les critères en matière d'intégrité du système et de fonctionnalité opérationnelle deviendront plus stricts, ce qui nécessitera l'utilisation d'équipements conformes aux critères RNAV RNP (x) dès que le retour à une navigation classique deviendra impossible.

En route:

L'infrastructure de navigation permettra une précision RNAV de qualité RNP 1, ce qui rendra possible la création de routes rapprochées là où les développements de l'espace aérien le nécessiteront.

TMA:

La RNAV de qualité RNP (x) est appelée à se répandre et, avec l'abandon des VOR et NDB, deviendra indispensable pour opérer selon les règles de vol aux instruments (IFR) en région terminale. Il sera alors possible de modifier l'espace aérien terminal, d'assouplir les procédures d'approche et de départ en région terminale et de réduire les zones d'application des procédures d'attente, etc. Pour certaines parties de la région terminale, les opérations RNAV nécessiteront une qualité de navigation d'un niveau au moins égal à la RNP 1.

IV. 3 Définition de la RNAV:

RNAV est une méthode de navigation qui permet d'exploiter un aéronef selon n'importe quel le trajet voulu à l'intérieur des zones de couverture des aides à la navigation ou dans les limites d'utilisation.

Des aides propres à l'aéronef, ou une combinaison des deux. 2D RNAV se rapporte aux capacités RNAV dans le plan horizontal seulement ; 3D RNAV inclut une capacité de guidage dans le plan vertical et 4D RNAV rajoute la fonction temps. Le RNP détermine la précision avec laquelle le système RNAV doit déterminer la position géographique absolue (au lieu des positions la position relative comme c'était le cas avec les instruments conventionnels VOR/DME). Depuis 1998, l'emport d'équipement RNAV satisfaisant à la précision RNP 5 (B-RNAV) est obligatoire dans l'espace de l'ECAC.

Le concept d'RNAV représente un changement fondamental dans la philosophie de la navigation.

Traditionnellement, les aéronefs volaient de et vers des aides à la navigation, en utilisant chaque aide comme une source d'informations. Un aéronef volant avec RNAV peut automatiquement déterminer sa position depuis une ou plusieurs sources d'information : VOR, DME, GNSS (réseau de satellites) et INS (Inertial Navigation System : centrale à inertie).

Ces trajectoires sont déterminées par des points indépendants des balises au sol. Autrement dit on peut avoir des lignes droites et donc optimiser les routes en terme de sécurité, simplicité et économie, cela en évitant un encombrement à la verticale des installations radioélectriques ce qui simplifiera le travail des contrôleurs et permettra une plus grande fluidité du trafic.

L'utilisation de la RNAV ne se limite pas aux routes aériennes, elle s'étend à son utilisation en région terminale. Voir (figure IV.1).

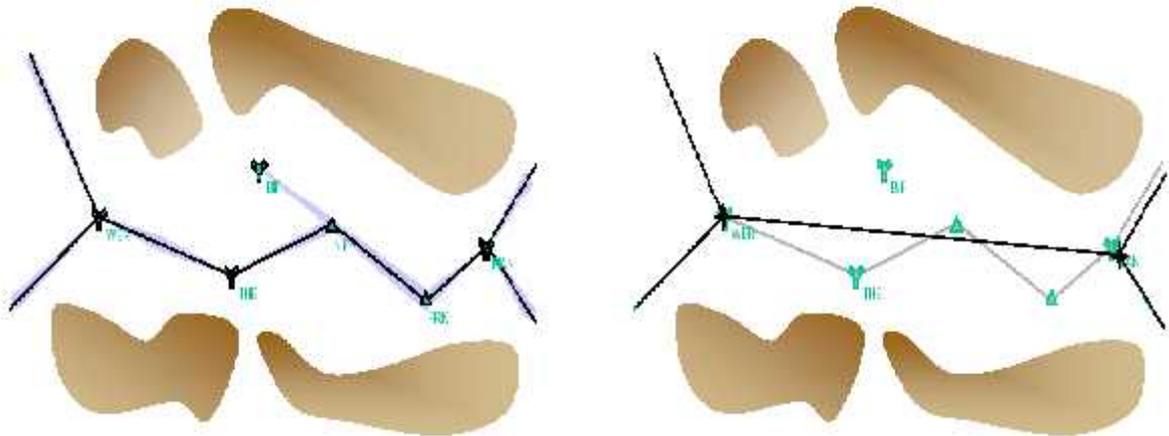


Figure IV.1 : Routes RNAV

Elle offrira une souplesse accrue dans la conception de l'espace aérien et présentera une série d'avantages potentiels aux usagers sous la forme d'économie de carburant, des routes directes, etc. on notera à l'heure actuelle, les principales sources de données de position pour la RNAV sont le VOR et DME. D'autres sources sont ou seront susceptibles d'être exploitées et figureront en tant que telles dans les critères de certification retenus.

[IV.4 les différents Types de la RNAV](#)

[IV.4.1 La RNAV de base :](#)

La RNAV de base est un système de navigation de surface adopté par la Commission européenne de l'aviation civile (CEAC). Avec la Grande-Bretagne, l'Irlande, l'Islande et les Pays scandinaves au nord, la Pologne, la Roumanie à l'est, et plus au sud la Turquie, la CEAC compte 35 pays (les territoires de l'ancienne Yougoslavie n'en font pas partie). La norme

concernant la RNAV de base exige que l'équipement ait une précision en position de ± 5 milles marins (mm), 95 pour cent du temps (RNP 5).

Depuis le 23 avril 1998, la RNAV de base est obligatoire et doit être le principal système de navigation dans la plus grande partie de l'espace aérien européen. Tous les aéronefs en vol IFR dans cet espace aérien doivent être équipés d'un système RNAV de base conforme à la norme stipulée. Les aéronefs qui subissent une panne du système RNAV en route, mais dont la précision en position demeure conforme à la norme RNP 5 grâce au station de radiophare omnidirectionnel VHF/équipement de mesure de distance (VOR/DME), sont limités aux routes de l'espace aérien inférieur désigné par les États concernés.

L'équipement RNAV qui permet de déterminer automatiquement la position de l'aéronef à partir d'un des systèmes suivants (ou des deux) et qui a la capacité d'établir et de suivre la route choisie, est susceptible de satisfaire à la norme relative au RNAV de base :

1. VOR/DME; et (ou)
2. DME/DME.

IV.4.1.1 Exigences requises pour la circulation en espace B-RNAV :

L'exploitant s'assure que :

 Les équipements requis disposent des fonctions minimales suivantes :

- 1) l'indication continue de la position de l'aéronef par rapport à la route doit être présentée au pilote sur un indicateur de navigation situé dans son champ primaire de vision ;

De plus, lorsque l'équipage minimum est composé de deux pilotes, l'indication de la position de l'aéronef par rapport à la route doit être affichée au pilote qui n'est pas aux commandes sur un écran de navigation situé dans son champ primaire de vision ;

- 2) la distance et la route vers le point de cheminement actif (« To ») doivent être affichées ;
- 3) la vitesse-sol ou le temps jusqu'au point de cheminement actif (« To ») doivent

être affichés ;

4) il doit être possible de mémoriser un minimum de quatre points de cheminement ;

5) la panne du système RNAV, y compris les senseurs, doit être indiquée de manière appropriée.



Le manuel de vol contient les éléments relatifs à la certification B-RNAV et indiquant les éventuelles restrictions et limitations associées ;



. Le manuel d'exploitation, ou à défaut la documentation de bord, décrit :

1) les équipements du système B-RNAV, les diverses configurations utilisables et reconfigurations en cas de panne d'équipement, ainsi que les capacités de navigation associées ;

2) les procédures normales en espace B-RNAV et les procédures de secours ;

3) les procédures particulières liées à la mise en œuvre de programmes prédictifs au sol, notamment en cas d'utilisation de GPS autonomes ;



. La liste minimale d'équipement contient les données relatives aux équipements requis en espace B-RNAV ;



. L'exploitant s'assure en outre que l'équipage a suivi un programme de formation comportant au moins les éléments suivants :

1) la connaissance de la réglementation relative à l'espace B-RNAV ainsi que les limites de cet espace ;

2) les procédures, les limitations, les détections de panne, les tests pré-vol et en-vol, les méthodes de contrôle mutuel relatifs à l'espace B-RNAV ;

3) les procédures pré-vol, en-vol et après-vol ;

4) l'utilisation des calculateurs et la description de tous les systèmes de navigation ;

5) les procédures de recalage de position à l'aide de moyens fiables (avant-vol et/ou en vol) ;

6) l'utilisation de la phraséologie adéquate ;

7) les procédures en cas de perte ou de défaillance des systèmes de navigation ;

8) en cas de dépassement de la limite de l'alarme d'intégrité, l'équipage doit revenir à un autre moyen de navigation.

IV.4.2 RNAV de précision :

Avec des performances de navigation égales ou supérieures à une précision de tenue de route de plus ou moins 1 NM durant 95% du temps de vol, ce niveau de précision est réalisé actuellement par les avions dotés de possibilités égales ou supérieures à celles du système automatique de localisation à recalage permanent par DME/DME.

IV.4.3 RNAV libre :

Opération RNAV dans le cadre de laquelle des itinéraires peuvent être planifiés sur des segments non définis par des routes ATS fixes ; de telles opérations peuvent être limitées à certaines régions d'information de vol (FIR) ou certaines parties de FIR au sein de la zone CEAC, et peuvent faire l'objet de limitations de niveau de vol.

IV.5 La différence entre P-RNAV et B-RNAV :

Basic area navigation est un mode de navigation avec une précision de +/- 5 NM, mais la B-RNAV n'a pas résolu le problème de saturation en région terminal car une précision RNP5 reste inadéquate pour gérer le flux actuel dans certains aéroports d'où la nécessité à trouver un mode plus précis, la différence se situe aussi dans l'intégrité de la base de données, les procédures embarquées, et la continuité de service (99,999% de temps de vol)

Le passage en mode P-RNAV se fera facilement car la plupart des avions ont déjà l'équipement nécessaire

IV.6 Avantages de la RNAV :

-  Rendre l'aéroport plus accessible
-  Faire des approches finales dans l'axe de piste
-  D'éviter certaines contraintes liées au survol des reliefs, des villes, et des zones à statut particulier
-  Diminuer le temps de vol
-  Répondre aux besoins des usagers de l'espace aérien

- ✚ Améliorer le guidage
- ✚ Une plus grande liberté latérale aux aéronefs
- ✚ Une utilisation plus complète de l'espace aérien
- ✚ Permet l'établissement des routes parallèles entre les principaux
- ✚ Séparation du trafic sur la base de la vitesse
- ✚ Vol vers les destinations - ne sont pas desservies par aides à la nav.
- ✚ Repérer des aéroports lorsque la météo est marginale

IV.7 Les problèmes actuels de la RNAV :

- ✚ Différents algorithmes d'estimation de position
- ✚ Différents systèmes de configuration
- ✚ Une différence dans l'interprétation des données de la base de données
- ✚ Le comportement du système esr assez différent lorsqu'il est utilisé dans différents aéronefs

IV.8 fonctionnement de système RNAV :

Les aéronefs équipés RNAV devront se soumettre à des tests de conformité aux normes de précision avant toute certification et approbation par les autorités compétentes. Ces tests seront établis par les Autorités conjointes de l'aviation (JAA) conformément aux spécifications de performances minimales des systèmes de bord

IV.9 BESOINS OPÉRATIONNELS :

IV.9.1 Équipement RNAV :

IV.9.1.1 Description du système :

Par le traitement des données en provenance d'un ou de plusieurs capteurs l'équipement de navigation de surface détermine la position de l'aéronef et peut lui transmettre des instructions de vol appropriées. La détermination de la position de l'aéronef dépend de facteurs tels que la disponibilité et la précision des capteurs, les spécifications du signal (par exemple puissance à la

source, dégradation en cours de transmission). La détermination de la position peut s'opérer au moyen des sources suivantes (sans ordre de priorité) :

- Mesures de distance en provenance de deux stations au sol de mesure de distance (DME-DME) ou plus ;
- Radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) coimplanté avec un DME (VOR/DME) ;
- Systèmes de navigation inertiels (INS) (ou systèmes de référence à inertie (IRS), avec appui d'un système de navigation adéquat) ;
- LORAN-C ;
- Système mondial de satellites de navigation (GNSS)/système mondial de localisation (GPS).



figure IV.2 : Equipement RNAV

Ces divers capteurs peuvent être utilisés séparément ou non pour calculer la position de l'aéronef. Les paramètres de navigation tels que la distance ou le relèvement par rapport à un point de cheminement, sont calculés à partir de la position de l'aéronef et de celle du point de cheminement. Le guidage en cap est normalement assuré par référence soit à une trajectoire établie vers/depuis un point de cheminement, soit à la géodésie entre deux points de cheminement consécutifs.

Un aéronef peut automatiquement déterminer sa position depuis une ou plusieurs sources d'information : VOR, DME, GNSS, INS.

Le système RNAV a accès à la base de données embarquée qui contient les détails des routes programmées, les espaces aériens traversés par ces routes, les aides à la navigation utilisables dans ces espaces et les aérodromes de départ, d'arrivée et de dégagement.

Le système identifie le prochain point de cheminement sur la route prévue, sélectionne l'aide à la navigation le plus approprié pour déterminer la position de l'aéronef et le plus souvent dirige le pilote automatique en lui donnant la direction.

❖ Base de données de navigation :

L'exploitant d'aéronefs doit veiller à la mise à jour périodique de la base de données de navigation ;

Le système RNAV a accès à la base de données de navigation embarqué qui contient :

- Les délais des routes préprogrammées
- Les espaces aériens traversés par ces routes
- Les aides à la navigation utilisables dans ces espaces et les aérodromes de départ, d'arrivée et les aérodromes de dégagement.

Le système identifie le prochain waypoint sur la route prévue, sélectionne l'aide à la navigation le plus approprié pour déterminer la position de l'aéronef et le plus souvent dirige le pilote automatique en lui donnant la direction.

La base de données peut être interne ou externe au système RNAV ;

IV.9.1.2 Limitations opérationnelles générales :

En raison de la disponibilité et de l'intégrité des divers systèmes de capteurs, des effets de la propagation et des erreurs systématiques, ainsi que des risques d'interférence avec des capteurs de sources extérieures, des limitations d'ordre opérationnel doivent être imposées lors de l'utilisation de certains types d'équipements de navigation de surface.

IV.9.1.2.1 Zones d'exploitation :

L'exploitant doit s'assurer que les performances de ses équipements sont conformes aux normes définies pour la (les) zone(s) dans laquelle (lesquelles) se dérouleront les opérations envisagées

IV.9.1.2.2 Équipement opérationnel :

- ❖ Les équipements LORAN-C, VOR/DME et INS1 sans mise à jour automatique de la position par DME/DME ne doivent pas être considérés comme des sources autonomes permettant une précision RNP 1.
- ❖ Le LORAN-C ne doit pas être considéré comme une source de navigation adéquate pour les opérations en région terminale ;
- ❖ Les systèmes RNAV, faisant appel à un VOR/DME unique Co-implanté, ne doivent être utilisés pour la navigation que lors de l'exécution d'opérations en région terminale où le système RNAV a montré sa capacité à tenir la performance de navigation déclarée pour cette procédure dans l'environnement d'aides à la navigation disponible.
- ❖ Le GNSS/GPS ne doit être considéré comme l'élément autonome d'un système de navigation, pour les opérations en route comme pour les opérations en région terminale, que lorsque de telles applications ont été approuvées par les JAA, ou d'autres autorités compétentes, comme étant conformes aux critères de qualité de service déclarés pour ces types d'opérations (précision, intégrité, disponibilité et continuité de service). Lorsque ces critères ne sont pas respectés, une autre source d'information de position respectant les critères de qualité de service doit être disponible pour les opérations RNAV. Il peut s'agir de techniques de navigation manuelle faisant appel au VOR/DME et au NDB lorsqu'il peut être démontré que ceux-ci assurent la qualité de navigation requise.

IV.10 Méthode de positionnement de RNAV :

IV.10.1 Le système RNAV :

Un système de navigation qui permet le fonctionnement de l'appareil sur une trajectoire de vol désirée à l'intérieur de la couverture de la station de référence ou des aides à la navigation dans les limites de la capacité d'auto-aides, ou une combinaison de ces éléments.

-  Identifie le prochain waypoint
-  Sélectionne la source de navigation la plus appropriée pour calculer sa position
-  Fournit des informations au pilote automatique pour suivre la trajectoire
-  Une trajectoire RNAV peut être suivie manuellement



Figure IV.3 : Système d'affichage

Ce système doit répondre aux critères de la PRNAV tels que définis ci-dessous :

- CDI : indicateur de déviation de cap ;
- GPS : système mondial de localisation ;
- HSI : indicateur de la situation horizontale ;
- INS : système de navigation par inertie ;
- MCDU : unité d'affichage de contrôle multifonction ;
- MEL : liste minimale d'équipements ;
- RAIM : contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur ;
- WPT : point de cheminement ;

IV.10.2.1 Fonctions minimales du système P-RNAV :

Les fonctions minimales exigées du système pour opérations PRNAV sont les suivantes :

- L'affichage de déviation latérale, l'indicateur de panne et la signalisation To/From fournis par des éléments fondamentaux pour l'usage de la navigation tels que CDI et HSI et figurant dans le champ visuel primaire de l'équipage de conduite.

- ✚ L'affichage de carte de navigation aisément accessible à l'équipage de conduite avec une échelle appropriée donnant l'affichage latéral de déviation est une alternative acceptable.
- ✚ Des possibilités d'afficher sur les instruments primaires de navigation de l'avion la route désirée (DTK) et la position de l'avion par rapport à cette route. Ces données doivent être affichées par le système de façon continue à l'équipage de conduite.
- ✚ L'utilisation d'une base de données de navigation qui doit être actualisée et protégée contre toute modification par l'équipage de conduite.
- ✚ Des moyens de recherche et d'affichage des données stockées dans la base de données de navigation concernant chaque point de cheminement et aide à la navigation, pour permettre à l'équipage de conduite de vérifier la procédure à appliquer.
- ✚ L'affichage du capteur actif de navigation, soit dans le champ visuel primaire du pilote, soit à une page aisément accessible sur un MCDU, ainsi que des moyens de déterminer les performances du système de navigation.
- ✚ L'affichage instantanément visible à l'équipage de conduite de l'identification du point de cheminement actif (to) soit dans le champ visuel primaire de pilote soit à une page aisément accessible sur un MCDU.
- ✚ L'affichage de la distance de relèvement du point de cheminement actif (to) dans le champ visuel primaire du pilote. Le cas échéant, ces données peuvent être affichées à une page aisément accessible du MCDU.
- ✚ Sélection automatique des aides de navigation VOR et DME utilisées pour déterminer la position instantanée de l'avion avec la possibilité d'inhiber différentes aides de navigation du procédé de choix automatique ;

- ✚ Des capacités pour que le système PRNAV effectue une sélection ou une désélection automatique des sources de navigation, de vérifications notamment d'intégrité et un basculement en mode manuel.
- ✚ Des capacités pour la fonction « direct to »
- ✚ Des capacités pour assurer un enchaînement automatique des tronçons de route avec l'affichage des séquences à l'équipage de conduite.
- ✚ Des capacités pour exécuter des procédures à partir de la base de données comprenant des virages « fly by » et « fly over »
- ✚ Des capacités pour exécuter des transitions de tronçons de route et pour maintenir des trajectoires conformément aux indicateurs suivants :
 - ❖ Initial fix(IF)
 - ❖ Track between two fixes(TF)
 - ❖ Course to a fix(CF)
 - ❖ Course from a fix to an altitude (FA)
 - ❖ Direct to a fix(DF)
- ✚ L'indication dans le champ visuel primaire du pilote de la panne du système RNAV,y compris les capteurs associés.
- ✚ Pour des systèmes multi-capteurs, la possibilité de basculer automatiquement sur un capteur de substitution RNAV si le capteur primaire RNAV subit une défaillance sans que cela se traduise par un passage au mode manuel.
- ✚ La possibilité d'utiliser d'autres moyens de substitution pour afficher l'information de navigation.

IV.10.3 Utilisation des données à inertie :

En cas d'indisponibilité de capteurs ou de perte du recalage automatique de la position, il est permis d'employer, pendant une courte période, des données du système de navigation à inertie comme seul moyen de positionnement

Pour de telles opérations et en absence d'une indication d'intégrité de position, l'exploitant doit définir le temps pendant lequel l'avion peut maintenir sa position avec la précision exigée en utilisant seulement des données de système de navigation par inertie.

Les opérations de décollage et l'évolution dans les zones terminales doivent être prise en compte et peuvent faire l'objet de mesures d'urgences. Les limites peuvent être établies selon un taux d'écart acceptable par l'exploitant.

IV.11 Point de cheminement :

Emplacement géographique spécifié utilisé pour définir une route de navigation de surface ou la trajectoire d'un aéronef utilisant la navigation de surface. (OACI - Doc. 4444)
9 waypoint maximum, les coordonnées sont exprimées en WGS84.

IV.11.1 Types de point de cheminement :

- **Fly-over waypoint :**

Symbole :



- **Fly-by waypoint :**

Symbole :



- ❖ **Point de cheminement à survoler**

Un point de cheminement auquel on amorce un virage pour rejoindre le segment suivant d'une route d'une procédure.

❖ **Point de cheminement par le travers :**

Pont de cheminement qui nécessite une anticipation du virage de manière à intercepter le segment suivant.

❖ **Waypoint stratégique :**

Point important de la procédure destiné à être mémoriser.

- Nom 5 lettre.

❖ **Waypoint tactique :**

Utiliser uniquement en zone terminale destiné à faciliter le travail de ATC
Nom composé des 2 dernières lettres du code OACI de terrain + 3 chiffre.

❖ **Waypoint particuliers**

Certains waypoint ont des noms spécifiques facilitant leur identification.

IV.12 Les tolérances :

Les aires de protection des procédures RNAV dépendent :

- Des tolérances de la station au sol.
- Des tolérances du récepteur de bord
- Des tolérances du calcul de système.
- Des tolérances techniques de vol.
- Phase de vol.

Chaque repère WP a une valeur XTT et ATT :

❖ **XTT**: Tolerance d'ecart lateral.

Résultant des tolérances des équipements embarqués et de l'équipement au sol ainsi que la tolérance technique de vol (FTT).

❖ **ATT**: Tolerance d'ecart longitudinal:

Résultant des tolérances des équipements embarqués et de l'équipement au sol.

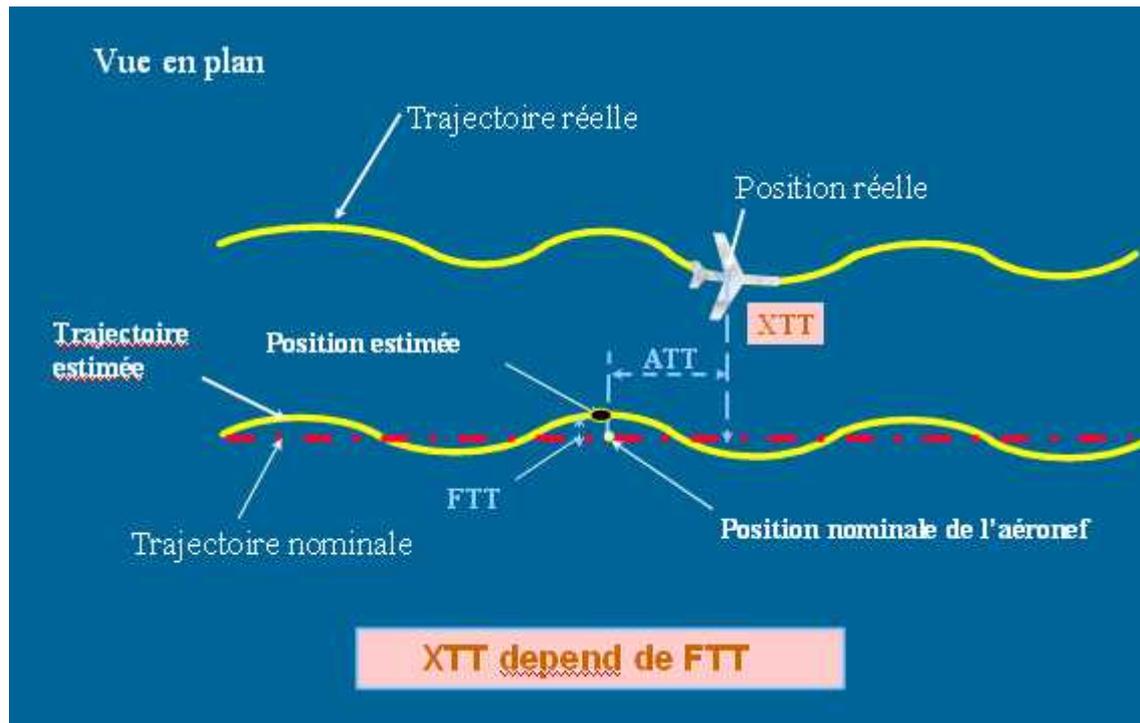


Figure IV.4 : les tolérances

IV.12.1 le GNSS :

Pour être utilisable en qualité de système de navigation pour les approches classiques, les récepteurs GNSS doivent inclure une routine de contrôle d'intégrité qui alerte le pilote lorsque les informations de position ne correspondent pas au niveau requis de fiabilité.

Précision horizontale

Le niveau admis de précision horizontale du segment spatial du GNSS est présumé être de 100 m (328 ft) au niveau de confiance de 95 %.

Précision/tolérances de système de navigation

Les facteurs dont dépend la précision de système de navigation en RNAV avec GNSS sont les suivants :

- a) précision inhérente du segment spatial ;
- b) tolérance du système récepteur embarqué ;
- c) tolérance de calcul du système ;
- d) tolérance technique de vol.

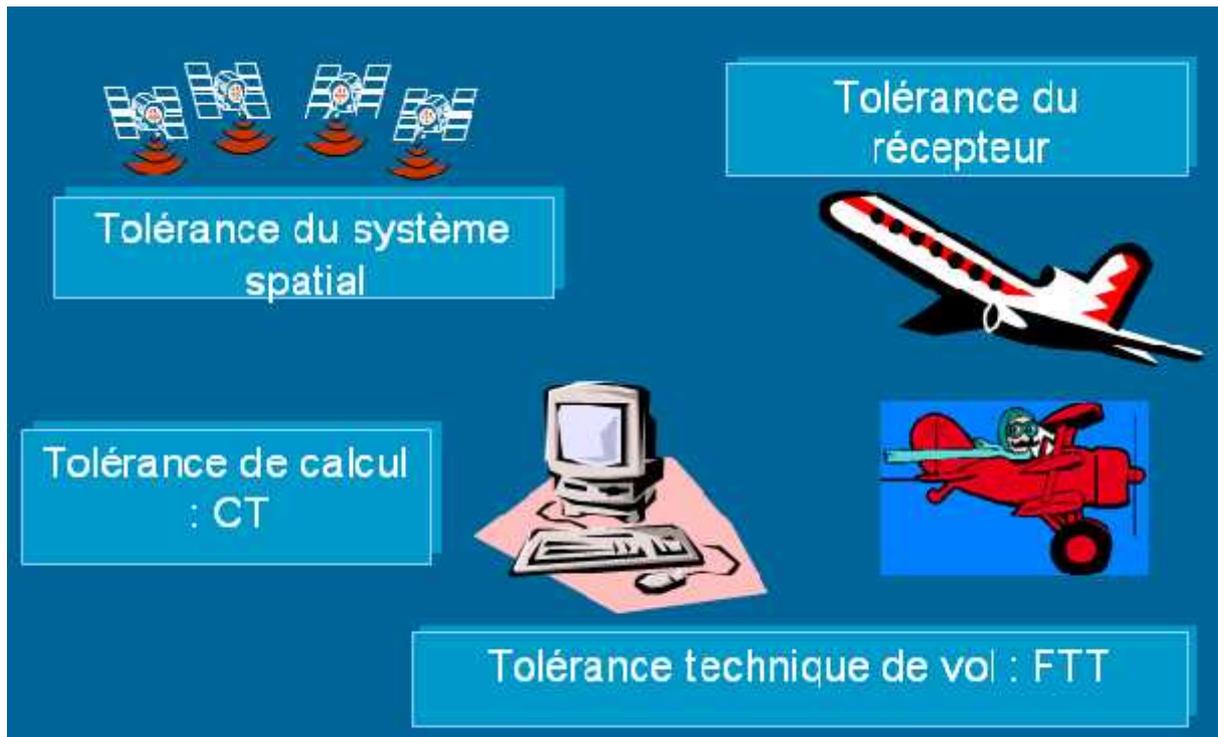


Figure IV.5 : Les tolérances de GNSS

Limites d'alarme du moniteur d'intégrité. Les valeurs des éléments spatiaux (y compris élément de contrôle) et des tolérances de système embarqué (y compris tolérance de calcul du système) sont prises en compte dans les limites d'alarme du moniteur d'intégrité pour les systèmes GNSS de base.

TOLÉRANCE TECHNIQUE DE VOL (FTT)

La FTT définit la tolérance totale d'écart latéral (XTT) du système. La FTT varie selon le type d'indicateur de position utilisé dans les instruments du poste de pilotage

XTT, ATT ET DEMI-LARGEUR D'AIRE

ATT = limite d'alarme du moniteur d'intégrité (IMAL)

XTT = IMAL + FTT

Demi-largeur d'aire = 2 XTT

GPS MODE	ROUTE	TERMINAL			APPROACH		
		IAW P	Initial fix	IWP	FAWP	MAWP	MAHWP
IMAL	2 Nm 3.7 Km	1 Nm - 1.9 Km			0.3 Nm 0.6 Km		1 Nm 1.9 Km
FTT	2 Nm 3.7 Km	0.5 Nm - 0.9 Km			0.3 Nm 0.6 Km	0.2 Nm 0.4 Km	0.5 Nm 0.9 Km
ATT= IMAL	2 Nm 3.7 Km	1 Nm - 1.9 Km			0.3 Nm - 0.6 Km		1 Nm 1.9 Km
XTT= IMAL +FTT	4 Nm 7.4 Km	1.5 Nm - 2.8 Km			0.6 Nm 1.1 Km	0.5 Nm 0.9 Km	1.5 Nm 2.8 Km
Half width area = 2XTT	8 Nm 14.8 Km	3 NM			2 Nm 3.7 Km	1 Nm 1.9 Km	3 Nm

Tableau IV.1 : Des tolérances pour le système GNSS/GPS

IV.12.2 DME/DME :

- ❖ La précision d'utilisation de système (DTT) de station au sol DME et de système récepteur embarqué pour les procédures RNAV DME/DME est de $\pm [0,46 \text{ km (0,25 NM)} + 1,25 \% \text{ de l'horizon radio maximal théorique}]$ sur la base de l'altitude/hauteur spécifiée aux points de cheminement. L'emploi de l'erreur maximale garantit que toute installation DME dans les limites de la couverture pourra être utilisée en sécurité par des systèmes de gestion de vol embarqués.
- ❖ Dans le cas de procédures basées sur deux stations DME seulement, la précision maximale d'utilisation de système DME est multipliée par 1,29, pour prendre en compte à la fois les effets de l'orientation de la trajectoire par rapport aux installations DME et de l'angle d'intersection entre les deux stations DME.

Tolérances techniques de vol :

La tolérance technique de vol (FTT) varie selon le type d'indicateur de position utilisé dans les instruments du poste de pilotage. Pour la phase d'arrivée, la FTT dépend aussi de l'emplacement de l'IAF. Il est présumé que la FTT contribue à la tolérance d'écart latéral de la façon suivante :

a) départ :

- 1) $\pm 0,19$ km ($\pm 0,10$ NM) à la DER ;
- 2) 0,93 km (0,50 NM) pour tous les autres repères ;

b) arrivée :

- 1) FAF situé à plus de 46 km (25 NM) de l'IAF : 3,70 km (2,00 NM) ;
- 2) FAF situé à moins de 46 km (25 NM) de l'IAF : 1,85 km (1,00 NM) ;
- c) approche initiale et intermédiaire : $\pm 1,85$ km (1,00 NM) ;
- d) approche finale et interrompue : $\pm 0,93$ km (0,50 NM).

 **Tolérances de calcul de système**

La tolérance de calcul de système (ST) est de $\pm 0,46$ km (0,25 NM). Cette tolérance est basée sur l'application de WGS-84.

 **XTT, ATT ET DEMI-LARGEUR** **XTT et ATT**

La combinaison des tolérances sur une base de racine carrée de la somme des carrés donne la tolérance d'écart latéral et la tolérance d'écart longitudinal de tout repère défini par des points de cheminement, de la façon suivante :

$$XTT = \pm (DTT^2 + FTT^2 + ST^2)^{1/2}$$

$$ATT = \pm (DTT^2 + ST^2)^{1/2}$$

où : DTT = précision d'utilisation de système DME

ST = tolérance de calcul de système

FTT = tolérance technique de vol.

Dans le cas des départs, la largeur d'aire au premier point de cheminement dépend de la hauteur présumée de l'aéronef. Une pente de montée au départ de 3,3 %, ou égale à la pente de calcul de procédure si elle est supérieure à 3,3 %, devrait être appliquée pour aboutir à cette hauteur.

Demi-largeur d'aire

La demi-largeur d'aire ($1/2 A/W$) à un point de cheminement se détermine à l'aide de l'équation suivante :

Initial Intermediate

$$1/2 AW = \text{MAX} (2\text{NM}, 1.5 \text{ XTT} + \text{BV})$$

$$\text{BV} : 1\text{NM}$$

Final, Mapt and TP

$$1/2 AW = \text{MAX} (1\text{NM}, 1.5 \text{ XTT} + \text{BV})$$

$$\text{BV} : 0.5\text{NM}$$

Tableau fondé sur la disponibilité de deux stations d'actualisation DME (Voir Note 2)

Altitude (ft) (Note 1)	En route			IAF/IF			FAF/MAPT/TP		
	XTT	ATT	Demi- largeur	XTT	ATT	Demi- largeur	XTT	ATT	Demi- largeur
15 000	Pour toutes les altitudes			2,94	2,76	5,41			
14 000	4,08	3,56	8,10	2,86	2,68	5,29			
13 000				2,78	2,60	5,17			
12 000				2,70	2,51	5,05			
11 000				2,61	2,42	4,92			
10 000				2,53	2,32	4,79	2,37	2,32	4,06
9 000				2,43	2,22	4,65	2,27	2,22	3,91
8 000				2,34	2,11	4,50	2,17	2,11	3,75
7 000				2,23	2,00	4,35	2,06	2,00	3,59
6 000				2,13	1,88	4,19	1,94	1,88	3,41
5 000				2,01	1,74	4,01	1,81	1,74	3,22
4 000				1,88	1,60	3,83	1,67	1,60	3,01
3 000				1,75	1,43	3,62	1,52	1,43	2,77
2 000				1,59	1,24	3,38	1,33	1,24	2,50
1 000				1,40	0,98	3,10	1,10	0,98	2,15
500				0,95	0,81	1,92			

Tableau IV.2 : les tolérances pour le système DME/DME

IV.12 .3 Le système RNAV VOR/DME :

IV.12 .3.1 Facteurs de précision de navigation :

Les facteurs dont dépend la précision de navigation de RNAV VOR/DME sont les suivants :

- a) tolérance de la station au sol ;
- b) tolérance du système récepteur embarqué ;
- c) tolérance technique de vol ;
- d) tolérance de calcul du système ;
- e) distance de l'installation de référence.

IV.12 .3.2 Précisions d'utilisation de système

La précision d'utilisation de système du VOR est égale à la précision d'utilisation de système VOR de l'installation ne procurant pas la trajectoire, qui est égale à $\pm 4,5^\circ$

La précision d'utilisation de système du DME est égale à la précision d'utilisation de système DME (DTT) de l'installation ne procurant pas la trajectoire, qui est égale à $\pm [0,46 \text{ km (0,25 NM)} + 1,25 \% \text{ de la distance jusqu'à l'antenne}]$. (Voir Annexe 10, Volume I, § 3.5.3.1.3.2.)

IV.12 .3.3 TOLÉRANCE TECHNIQUE DE VOL

La tolérance technique de vol (FTT) varie selon le type d'indicateur de position utilisé dans les instruments du poste de pilotage. Pour la phase d'arrivée, la FTT dépend aussi de l'emplacement de l'IAF. Il est présumé que la FTT contribue à la tolérance d'écart latéral de la façon suivante :

a) départ :

- 1) $\pm 0,19 \text{ km (0,10 NM)}$ à la DER ;
- 2) $0,93 \text{ km (0,50 NM)}$ pour tous les autres repères ;

b) arrivée :

- 1) FAF situé à plus de 46 km (25 NM) de l'IAF : $3,70 \text{ km (2,00 NM)}$;
- 2) FAF situé à 46 km (25 NM) ou moins de l'IAF : $1,85 \text{ km (1,00 NM)}$;
- c) approche initiale et intermédiaire : $\pm 1,85 \text{ km (1,00 NM)}$;

d) approche finale et approche interrompue : ±0,93 km (0,50 NM).

IV.12.3.4 TOLÉRANCE DE CALCUL DE SYSTÈME

La tolérance de calcul de système (ST) est présumée être de 0,93 km (0,50 NM).

IV.12.3.5 XTT, ATT ET DEMI-LARGEUR D’AIRE

XTT et ATT :

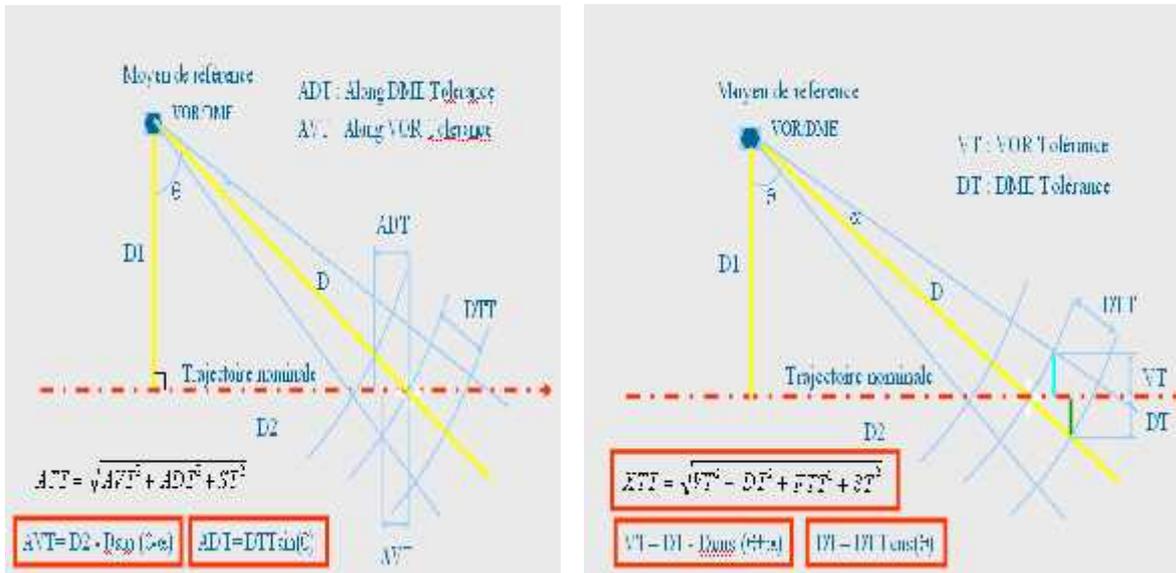


Figure IV.6 : méthode de calcul des tolérances VOR/DME

Des résultats de calculs de XTT et ATT pour FAF, SDF, TP, IF et IAF sont présentés dans le Tableau

Demi largeur d’aire :

La demi-largeur d’aire (1/2 A/W) à un point de cheminement est la plus grande des valeurs suivantes :

(1,5 × XTT + BV)

BV est la valeur tampon.

Variation de ATT et XTT selon la trajectoire :

ATT et XTT varient selon la trajectoire. Ainsi, lorsqu'un virage est spécifié à un repère, ATT et XTT sont différents avant et après le virage, en raison de la géométrie particulière du repère.

<i>D1 (NM)</i>	<i>D2 (NM)</i>	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
0,0	XTT	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1
	ATT	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
5,0	XTT	1,2	1,2	1,4	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1
	ATT	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
10,0	XTT	1,2	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1
	ATT	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
15,0	XTT	1,2	1,3	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1
	ATT	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7
20,0	XTT	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2
	ATT	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0
25,0	XTT	1,3	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2
	ATT	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
30,0	XTT	1,3	1,4	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2
	ATT	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7
35,0	XTT	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2
	ATT	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1
40,0	XTT	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2
	ATT	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
45,0	XTT	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3
	ATT	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8
50,0	XTT	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3
	ATT	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2

Tableau IV.3 : Des tolérances pour le système VOR/DME

IV.13 les procédures RNAV

IV.13.1 Procédure VOR/DME :

La protection d'une procédure RNAV est établie en considérant que le système RNAV calcule sa position à l'aide d'un VOR/DME de référence spécifié pour cette procédure.

❖ Equipement minimal à prendre en compte :

Afin de définir les critères de conception d'une procédure RNAV, il est supposé que l'aéronef possède un équipement de navigation de surface ayant les caractéristiques suivantes :

Détermination de la position, en un point donné, avec une précision similaire à celle que fournirait au même point, le VOR/DME de référence à un aéronef non équipé RNAV ;

Base de données pouvant contenir au minimum cinq point RNAV en mémoire et

Possibilité d'anticiper et de ne pas anticiper les virages.

❖ VOR/DME de référence :

Pour l'établissement d'une procédure, un seul VOR/DME appelé VOR/DME de référence est pris en compte pour l'ensemble des phases de la procédure.

Ceci n'exclut pas la possibilité de prévoir deux VOR/DME de référence, s'ils sont convenablement placés ; la procédure est alors étudiée en considérant successivement chaque VOR/DME comme l'unique VOR/DME de référence pour l'ensemble des phases.

❖ Couverture radioélectrique :

Lors de la construction d'une procédure RNAV, on doit s'assurer qu'en tout point de la procédure au-delà de l'OCH, il est possible de recevoir des indications du VOR/DME avec une vérification des messages éventuels dus aux obstacles.

❖ Acceptabilité d'un repère :

La distance séparant deux repères consécutifs doit être telle que les aires de tolérance de ces repères ne se chevauchent pas.

❖ Aire de protection :

L'aire de protection associée à la trajectoire comprendra une aire primaire avec une marge de franchissement d'obstacles complète, entourée de deux aires secondaires avec une marge de franchissement d'obstacles décroissante jusqu'à devenir nulle aux limites extérieures.

IV.13.1.1 description de la procédure RNAV VOR/DME :

IV.13.1.1.1- Segment d'approche initiale :

En procédure d'approche RNAV, il n'est pas prévu de procédure d'inversion ou en hippodrome.

❖ Alignement :

L'angle maximum entre deux segments successifs d'approche initial, ou avec le segment d'approche intermédiaire est de 120° ; Dans le cas d'une procédure RNAV/ILS, l'angle maximum est de 90°.

❖ Longueur :

La longueur du segment initial n'est pas normalisée.

❖ Tolérance technique de vol :

FTT = +/- 1.852 Km (1 NM).

❖ Acceptabilité du repère :

La tolérance d'écart longitudinal (AU) ne doit pas dépasser 3.7 Km (2NM) de part et d'autre de la position nominale du repère ; Cette valeur peut être portée jusqu'à 25% de la longueur du segment qui suit ce repère (segment initial).

❖ Largeur totale de l'aire :

Elle est obtenue par addition de deux demi-largeurs symétriques, telle que, la demi-largeur est égale au :

Max { 3.7 Km (2 NM) , [1.5 x XTT + 1.852 Km (1 NM)] }

L'aire est obtenue en joignant les largeurs de l'aire associée aux repères IAF et IF, elle commence à la limite amont de la tolérance de l' IAF et se termine à la limite aval de la tolérance de l'IF ; Le principe des aires secondaires est appliqué.

❖ Marge de franchissement d'obstacles et altitude minimale de vol :

La marge de franchissement d'obstacles dans l'aire primaire du segment d'approche initial est au moins de 300 mètres (1000ft) ; Dans l'aire secondaire, elle est de 300 mètres aux limites intérieures et elle décroît linéairement pour atteindre la valeur nulle aux limites extérieures.

L'altitude minimale de vol est obtenue en ajoutant la marge de franchissement d'obstacles appropriée à l'obstacle le plus haut dans l'aire de protection du segment et en arrondissant le résultat par excès au multiple de 50 mètres ou 100ft le plus proche.

❖ Pente de descente :

Optimale : 4 % ; Maximale :8 %.

IV.13.1.1.2- Segment d'approche intermédiaire :

❖ Alignement :

Il est recommandé que le segment d'approche intermédiaire soit aligné, autant que possible, sur le segment d'approche final ;

Si un virage prévu au FAF est jugé nécessaire, il ne dépassera pas 45° et

Dans le cas d'une procédure RNAV/ILS, le segment d'approche intermédiaire sera aligné avec le segment de précision.

❖ Longueur :

Si un virage est prescrit, le segment intermédiaire comprendra deux composantes :Une composante avec virage par le travers du point de cheminement intermédiaire, suivi D'une composante rectiligne immédiatement avant le point de cheminement d'approche final.

❖ Tolérance technique de vol :

FTT = +/- 1.852 Km (1 NM)

❖ Acceptabilité du repère :

La tolérance d'écart longitudinal (ATT) ne doit pas dépasser 3.7 Km (2NM) de part et d'autre de la position nominale du repère ; Cette valeur peut être portée jusqu'à 25% de la longueur du segment qui suit ce repère (segment intermédiaire).

❖ Largeur totale de l'aire :

Elle est obtenue par addition de deux demi-largeurs symétriques, telle que, la demi-largeur est égale au :

$\text{Max}\{ 3.7 \text{ Km (2 NM)}, [1.5 \times \text{XTT} + 1.852 \text{ Km (1 NM)}]\}$;

L'aire est obtenue en joignant les largeurs de l'aire associée aux repères IAF et IF, elle commence à la limite amont de la tolérance de PIAF et se termine à la limite aval de la tolérance de l'IF ; Le principe des aires secondaires s'applique.

❖ Marge de franchissement d'obstacles et altitude minimale de vol :

La marge de franchissement d'obstacles dans l'aire primaire du segment d'approche intermédiaire est au moins de 150 mètres (500ft) ; Dans l'aire secondaire, elle est de 150 mètres aux limites intérieures et elle décroît d'une façon linéaire pour atteindre la valeur nulle aux limites extérieures.

L'altitude minimale de vol est obtenue en ajoutant la marge de franchissement d'obstacles appropriée à l'obstacle le plus haut dans l'aire de protection du segment et en arrondissant le résultat par excès au multiple de 50 mètres ou 100ft le plus proche.

❖ Pente de descente :

Une pente de descente optimale de 0 % est obligatoire pour les approches RNAV/ILS. Une pente de descente maximale de 8 % est permise, à condition de prévoir un palier de décélération avant le passage à la verticale du FAP.

IV.13.1.1.3. Segment d'approche finale :

Pour les approches RNAV/ILS, le raccordement entre l'aire d'approche intermédiaire et le segment de précision ILS s'effectue en s'inspirant des critères généraux de la M^ême partie du DOC 8168.

❖ Approche finale en ligne droite :

Le raccordement s'effectue entre la largeur de l'aire RNAV au travers du repère IF et la limite des surfaces d'évaluation d'obstacles X au travers du FAP ou FAF (Cas des approche RNAV/LLZ).

❖ Approche finale en virage :

Si un virage avec anticipation est amorcé à l'IF, un raccordement à 30° du coté extérieur au virage et au Max (30°, A/2) du coté extérieur au virage.

Note : A : Angle de virage.

❖ Approche finale basée uniquement sur le système RNAV

Alignement :

Une approche finale basée sur le système RNAV devrait être alignée avec l'axe de piste.

Longueur :

Optimale : 10 KM (5NM) ;

Maximale : 19 Km (10 NM) ;

Minimale : Selon le tableau III-31-.2 du DOC 8168.

❖ Tolérance technique de vol :

$$FTT = +/- 1.852 \text{ Km (1 NM).}$$

❖ Acceptabilité du repère :

Pour que le FAF soit satisfaisant, il faut que la tolérance d'écart longitudinal (ATT) de ce repère ne dépasse pas 3.7 Km (2 NM) de part et d'autre de la position nominale du repère ; Cette valeur peut être portée jusqu'à 25% de la longueur du segment d'approche final.

❖ Largeur totale de l'aire :

Elle est obtenue par addition de deux demi-largeurs symétriques, telle que, la demi-largeur est égale au :

$\text{Max}\{ 1.85 \text{ Km (1 NM) , } [1.5 \times \text{XTT} + 0.926 \text{ Km (0.5 NM) }] ;$

L'aire est obtenue en joignant les largeurs de l'aire associée aux repère FAF et MAPt, elle commence à la limite amont de la tolérance de PIAF et se termine à la limite avale de la tolérance de l'IF ; Le principe des aires secondaires s'applique.

❖ Marge de franchissement d'obstacles et altitude minimale de vol :

Dans l'aire primaire, elle est de l'ordre de :

75 mètres, pour une distance FAF-MAPt < 11 Km (6 NM) ;

$75 \times [(d - 11)/10]$, si la distance FAF-MAPt \geq 11 Km (6 NM) ; Dans ce cas un repère de palier de descente, placé entre le FAF et le MAPt et à moins de 6 NM du seuil de piste permet d'utiliser une MFO de 75 mètres entre ce repère et le MAPt.

❖ Pente de descente :

La pente de descente spécifiée en approche finale est calculée en considérant une hauteur de passage théorique de 15 mètres au-dessus du seuil de piste en respectant les critères suivants :

Pente optimale : 5 % ; Pente maximale : 6.5 %.

La longueur de la composante rectiligne n'est pas fixée ; Mais afin de permettre à l'aéronef de se stabiliser avant le survol du point de cheminement d'approche final, cette longueur doit être supérieure à 3.7 Km (2 NM).

IV.13.1.1.4. Segment d'approche interrompue :

Le point de cheminement d'approche interrompue (MAWP) sera un point de cheminement à survoler.

❖ Alignement :

Dans le cas d'une approche finale RNAV alignée avec l'axe de piste, la position la plus avale possible du MAPt est le seuil, le MAPt ne doit pas être situé en amont du point auquel l'OCH est atteinte sur une droite passant à 15 mètres au-dessus du seuil de piste et de pente égale à la pente théorique de l'approche finale calculée.

Dans le cas d'une procédure non dans l'axe

❖ *Tolérance technique de vol :*

FTT=+/-0926 KM

❖ *Acceptabilité du repère :*

La tolérance d'écart longitudinal ne doit pas dépasser 1 NM.

❖ *Largeur totale de l'aire :*

Elle est obtenue par addition de deux demi-largeurs symétriques, telle que, la demi-largeur est égale au :

Max{ 1.85 Km (1 NM) , [1.5 x XTT + 0.926 Km (0.5 NM) } ;

❖ *Segment en ligne droite :*

A partir de la limite amont du MAWP, déterminée par la valeur de l'ATT au MAWP, l'aire s'évase selon un angle de 15° de part et d'autre de la trajectoire d'approche interrompue jusqu'à ce que la largeur de l'aire totale (aire primaire et secondaire) au MAWP amont soit atteinte.

Si le MATWP est proche du MAWP, l'évasement devrait être augmentée comme requis pour s'assurer que l'aire atteint la largeur de l'aire totale au MATWP amont.

Si la largeur de l'aire au MAWP amont, la largeur de l'aire totale est obtenue en appliquant un évasement de 15° de chaque coté de la trajectoire d'approche interrompue jusqu'au SOC ; puis en joignant la largeur de l'aire au SOC ainsi obtenue au MAWP aval et au MATWP aval.

Pour une approche interrompue avec virage, les critères généraux (Document 8168, paragraphe 7.3) s'appliquent.

Notons qu'on peut prescrire un virage à une altitude/hauteur vers une aide radioélectrique ou vers un point de cheminement ou à un TP désigné.

NOTE

Dans certains systèmes RNAV, la fonction RNAV est déconnectée au début de l'approche interrompue et il est recommandé dans la mesure du possible que, les phases initiales et intermédiaire d'approche interrompue soient basées sur des moyens classiques et protégées en conséquence.

Dans le cas d'une procédure en ligne droite vers un point RNAV, le point à partir duquel la navigation RNAV est supposées reprendre doit être spécifiée, dans l'hypothèse d'une déconnexion de la RNAV à la remise des gaz.

IV.13.1.1.5- Attente :

Les avantages d'utilisation d'une attente RNAV est que les aéronefs équipés de systèmes RNAV ont la latitude de se maintenir sur des trajectoires qui sont définies par un équipement RNAV et d'utiliser des procédures qui sont moins rigides que les procédures appliquées dans les procédures d'attente classiques, l'attente peut être orientée sans sa branche de rapprochement soit dans l'alignement d'une radiale VOR.

De ces avantages découlent d'autres qui sont :

- ✚ Utilisation optimale de l'espace aérien en ce qui concerne la localisation et l'alignement des aires d'attente ;
- ✚ Dans certains cas, réduction de l'espace aérien.
- ✚ Notons que les systèmes RNAV d'avenir permettant d'entrer dans une procédure d'attente RNAV basée sur un seul point de cheminement, sans survoler le point d'attente, peuvent utiliser des circuits d'attente spécifiques fondés sur cette hypothèse et permet également utiliser les procédures d'attente classiques ou RNAV (voir Supplément C à la 3ème partie).

❖ Types d'attente RNAV :

Il existe trois d'attente RNAV :

- Attente RNAV sur un point de cheminement ;
- Attente RNAV sur deux points de cheminements et
- Attente RNAV sur une aire.

IV.13.2 Procédure RNAV avec le GNSS :

La navigation par satellite devrait améliorer la sécurité en réduisant les dangers liés à l'incertitude de la position et en augmentant la précision du guidage ; Dans certains cas, elle augmentera aussi la souplesse et l'efficacité des opérations aériennes en réduisant le temps de vol et le carburant nécessaire.

Avec le temps, la navigation par satellite pourrait aussi réduire le coût de la fourniture des services et permettre à l'aviation de mieux servir le public.

Les avantages du GNSS peuvent être classés de plusieurs façon, si on reprend la classification déduite des travaux du comité spécial des futurs systèmes de navigation aérienne, les régions sont classées en :

- Régions à faible et à moyenne densité de circulation (Océans et zones non peuplées) ;
- Régions à forte densité de circulation, comme les régions océaniques, où il est impossible de mettre en œuvre des moyens sol et
- Région à forte densité de circulation et importante infrastructure au sol.

Dans les régions à forte densité de circulation, le seul GNSS peut ne pas procurer d'avantages, ce qui peut être nécessaire de recourir à des techniques ATM perfectionnées pour tirer tous les avantages possibles.

IV.13.2.1) Avantages liés à la sécurité :

Il est peu pratique ou impossible d'assurer un guidage précis et fiable dans les régions isolées ou océaniques avec des aides au sol ; Le GNSS permettra aux pilotes de connaître leur position avec plus de certitude et, par conséquent, de réduire le risque de certains types d'accidents. Même dans les régions bien desservies par les aides au sol, les possibilités du GNSS permettent une meilleure connaissance de la position des aéronefs, diminuant ainsi les risques d'accidents.

L'utilisation du GNSS avec le système de navigation par inertie et le système de référence inertielle (INS/IRS) peut mettre fin à certaines erreurs grossières habituellement attribuables à une mauvaise initialisation de l'INS/IRS. Finalement, l'amélioration de la navigation apportée par le GNSS augmentera la sécurité des pilotes qualifiés dans les régions où, pour des raisons géographiques, financières ou autres, les aides au sol manquent de fiabilité.

Par comparaison, certaines aides au sol actuellement utilisées pour les approches de non-précision guident les pilotes de manière relativement imprécise et, en général, ne donnent pas certaines informations essentielles comme la distance au seuil de piste. Le pilote peut donc être obligé de manoeuvrer à vue dès qu'il voit la piste et, dans certains cas, une décision tardive de tenter l'atterrissage peut avoir comme résultat une vitesse et un taux de descente excessifs. Ces facteurs augmentent le risque d'accidents ; En améliorant la précision du guidage et en indiquant la distance au point d'approche interrompue, le GNSS augmentera les marges de sécurité pendant les approches de non-précision.

Il est généralement admis que les approches de précision sont plus sûres que les approches de non précision. Comme l'équipement sol de navigation nécessaire pour prendre en charge les approches de précision au GNSS devrait coûter moins cher que l'équipement du système traditionnel d'atterrissage aux instruments (ILS), il sera possible d'offrir ce niveau de

service dans un plus nombre d'aéroports et d'augmenter ainsi la sécurité globale et peut aussi prendre en charge les systèmes de guidage à la surface, réduisant ainsi les risques de conflit au sol.

IV.13.2.2) Avantages liés à l'efficacité des opérations :

L'accès, partout dans le monde, à des données de position précises et au guidage correspondant est susceptible d'augmenter l'efficacité des opérations ; en effet, grâce à une navigation plus précise et, là où les circonstances le permettent, à la possibilité de suivre les routes privilégiées par les usagers, les temps de vol et le carburant nécessaire pourront être réduits. La possibilité de réduire le carburant, y compris le carburant de secours, permettra aux vols à charge limitée d'augmenter la charge marchande et, par conséquent, le revenu.

L'utilisation du GNSS pour assurer le guidage pendant les approches de non-précision sur les pistes qui n'ont pas d'aides de navigation au sol ou dont les aides manquent de fiabilité, réduira les retards, les déroutements, les survols et les annulations imputables aux mauvaises conditions météorologiques ; cette possibilité aura pour effet de réduire les coûts d'exploitation. L'augmentation du nombre d'aéroports où l'on pourra effectuer des approches de précision au GNSS aura des résultats semblables.

Grâce à la possibilité d'assurer l'approche aux instruments dans un plus grand d'aéroports, les avions pourraient éviter les aéroports où l'encombrement cause de nombreux retards. La réduction de l'encombrement permettra aux exploitants qui utilisent ces aéroports de réaliser des économies en temps de vol et en carburant.

La précision du guidage offert par le GNSS pendant les opérations de départ peut assouplir les itinéraires en permettant de diminuer les pentes de montée et d'augmenter les charges marchandes là où le relief impose actuellement des restrictions (cas de l'aéroport de Constantine).

L'éventuelle navigation quadri-dimensionnelle au GNSS permettra de calculer l'heure d'arrivée aux repères d'approche avec plus de précision. La possibilité de respecter l'heure requise d'arrivée contribuera vraisemblablement à augmenter la capacité des aéroports et à réduire les retards.

L'utilisation éventuelle du GNSS dans toutes les phases de vol aura sûrement pour effet de réduire les types d'avionique de bord et , par conséquent, de diminuer les coûts en immobilisations et en maintenance, ce qui se traduira en une source d'économies pour les exploitants. Le recours à des techniques évoluées d'intégration aux systèmes à référence inertielle (IRS) pourrait aussi permettre d'utiliser des capteurs inertiels moins coûteux...etc.

IV.13.2.3) Définitions :

Repères

Les repères d'approche aux instruments pour les procédures GNSS sont identifiés comme points de cheminement :

IAWP : Point de cheminement d'approche initiale ;

IWP : Point de cheminement d'approche intermédiaire ;

FAWP : Point de cheminement d'approche finale et

MAWP : Point de cheminement d'approche interrompue.

Le segment d'approche interrompue contient un point de cheminement d'attente en approche interrompue (MAHWP), afin d'établir le guidage sur trajectoire pendant l'approche interrompue.

Pour les approches interrompues avec virage, un point de cheminement de virage d'approche interrompue (MATWP) peut également être établi pour définir le point de virage. Des repères de palier de descente intégrés à la procédure, entre des points de cheminement, sont identifiés comme distance jusqu'au prochain point de cheminement.

Région d'interception :

C'est une région associée à chaque IAWP d'une procédure avec GNSS de base, à partir duquel l'aéronef entrera dans la procédure. Cette région est définie par un angle inclus à l'IAWP.

IV.13.2.4) Description et Critères de construction :

Une procédure d'approche basée sur les récepteurs GNSS est une procédure d'approche classique dont le concept est fondé sur un segment final aligné sur une piste, précédé d'un segment intermédiaire et de segments initiaux de rechange pouvant aller jusqu'au trois :

- Deux placés latéralement de part et d'autre de la trajectoire d'approche finale et
- Un longeant la trajectoire d'approche finale, pour constituer un Y ou un T

Les segments initiaux latéraux sont établis en fonction d'un décalage augmentée de 70° à 90° par rapport à la trajectoire d'approche, ce qui permet d'entrer dans la procédure de n'importe quelle direction sans avoir à prévoir des procédures d'inversion.

Les IAWP, IWP et FAWP sont des points de cheminement par le travers, le segment d'approche interrompue commence avec un MAWP à survoler et contient un point de cheminement d'attente en approche interrompue (MAHWP).

Pour les approches interrompues avec virage, un point de cheminement de virage d'approche interrompue (MATWP) peut aussi être établi pour identifier le point de virage.

IV.13.2.4.1 Segment d'approche initial :

❖ Alignement :

L'angle sous lequel une trajectoire d'approche initiale intercepte une autre trajectoire d'approche initiale ou la trajectoire d'approche intermédiaire ne doit pas dépassé 120°

❖ Longueur :

Longueur optimale : 9.3 Km (5 NM) ;

Longueur minimale : égale au moins à la distance nécessaire à la vitesse d'approche initiale la plus élevée de la catégorie la plus rapide des aéronefs pour lesquels l'approche sera conçue, cette distance est la somme des distances minimales de stabilisation nécessaire à l'IAWP et l'IWP.

(Doc8168, chapitre III-31)

✚ Largeur totale de l'aire :

Elle est de l'ordre de 9.3 Km (5 NM) de part et d'autre de la trajectoire nominale, à savoir 4.6 Km (2.5 NM) pour les aires primaire et secondaire.

✚ Marge de franchissement d'obstacles :

Les critères généraux du chapitre 4 du document 8168 s'appliquent.

Pente de descente

Pente de descente optimale : 4% ;

Pente de descente maximale : 8% ;

La pente de descente est établie d'après la distance de trajectoire la plus courte (TRD) possible pour l'aéronef le plus rapide, plutôt que d'après la longueur du segment.

IV.13.2.4.2 Segment d'approche intermédiaire :

Alignement :

Le segment d'approche intermédiaire devrait être aligné dans la limite possible aligné sur le segment d'approche finale, si un virage au FAWP est jugé nécessaire, il n'excédera pas 30°.

Longueur :

Le segment intermédiaire comporte une portion curviligne par le travers de l'IWP suivie d'une portion rectiligne immédiatement avant le FAWP. La longueur de la portion curviligne est la distance minimale de stabilisation pour l'angle de virage à l'IWP, la longueur de la portion rectiligne varie mais ne sera pas inférieure à 3.7 Km (2 NM) ; elle permet à l'aéronef de se stabiliser avant le survol du FAWP.

Largeur totale de l'aire :

La largeur totale de l'aire résulte de l'assemblage des largeurs d'aires à l'IAWP et au FAWP. Le principe des aires secondaires s'applique.

IV.13.2.4.3 Segment d'approche final : (voire Annexe E).

Alignement :

La trajectoire d'approche finale est normalement alignée sur l'axe de piste, lorsque la trajectoire d'approche finale est décalée, les critères généraux s'appliquent.

Longueur :

Optimale : 9.3 Km (5 NM) Maximale : 19Km (10 NM);

Largeur totale de l'aire :

La largeur de l'aire du segment d'approche finale résulte de l'assemblage des limites de l'aire primaire et des aires secondaires au FAWP et au MAWP. La demi-largeur des aires primaire et secondaires sont chacune de 1.9 Km (1.0NM) au FAWP et de 0.9 Km (0.5 NM) au MAWP

IV.13.2.4.4 Segment d'approche interrompue :

- Point de cheminement d'approche interrompue : (voire Annexe E).

Le point de cheminement d'approche interrompue sera marqué par un point de cheminement à survoler qui sera défini par un repère GNSS, pour une approche aligné sur une piste, il sera nominalement implanté au seuil, sinon, son emplacement nominal sera situé sur la trajectoire d'approche finale, par le travers du seuil (figure ci-contre); en cas où les contraintes de reliefs nous oblige de déplacer le MAWP et afin de garantir la marge de franchissement dans l'aire d'approche interrompue, on peut réimplanter ce dernier en direction du FAWP, mais pas plus loin que nécessaire et normalement pas au-delà du point où l'OCH coupe la trajectoire d'approche finale d'une pente de descente nominale de 5% vers la piste

Tolérance longitudinale du MAWP :

Elle est calculée de la même manière que les MAP dans le cas des procédures conventionnelles (critères généraux, dans PANS-OPS), et ainsi que pour le calcul du début de la montée (SOC)

Largeur totale de l'aire :

L'aire de tolérance d'approche interrompue commence au début du MAWP, avec une largeur égale à l'aire d'approche finale à ce point, puis l'aire s'évasera après le MAWP nominal selon un angle de 15° de part et d'autre de la trajectoire d'approche interrompue pour tenir compte de la sensibilité d'affichage du récepteur GNSS entre 0.6 Km (0.3 NM) et 1.9 Km (1.0 NM), jusqu'à une largeur totale de ± 9.3 Km (5.0 NM).

Approche interrompue rectiligne : (voir Annexe E).

Les critères pour les approches interrompues rectilignes s'appliquent (III-7-2 des PANS-OPS), il est à noter aussi que le guidage supplémentaire sur trajectoire peut être utilisé en tout point en désignant un repère GNSS

Approche interrompue curviligne : (voire Annexe E)

Les critères pour les approches interrompues rectilignes s'appliquent (III-7.3.1 à 7.3.3 inclus et de 7.3.5 et 7.3.6 des PANS-OPS), la figure ci-dessous illustre une approche interrompue avec virage au MAWP.

Notons que les valeurs des longueurs minimales de segment entre le MAWP et le MATWP ou le MAHWP sont indiquées dans les tableaux du supplément III-M des PANS-OPS.

Marge de franchissement d'obstacles :

En attendant qu'une expérience opérationnelle des récepteurs de GNSS de base soit acquise, dont certains peuvent ne pas fournir de guidage continu après le MAWP, une marge de franchissement d'obstacles complète applicable à l'aire primaire devrait être appliqué à la pleine largeur de l'aire d'approche interrompue y compris les aires secondaires.

V-1-Hypothèse :

La piste 34 de l'aérodrome doit être desservie par une antenne GBAS de catégorie I, la procédure GBAS est basée sur les critères de l'ILS et elle est en rapport avec les performances et l'intégrité de l'équipement au sol et de l'équipement embarqué ces deux derniers sont nécessaires pour atteindre les objectifs opérationnels de catégorie I décrits dans l'Annexe 10 .la méthode de GBAS est équivalente à celle de l'ILS de catégorie I.

On suppose que l'antenne GBAS se trouvant environ à la position de l'antenne dans le prolongement de l'axe de la piste 16/34.

La nouvelle procédure à élaborer reposera sur une nouvelle installation GBAS qui sera implantée à 300 mètres au Nord-Ouest du seuil 16 dans le prolongement de l'axe de la piste 16/34;

Notons que l'approche finale se déroule dans un terrain montagneux qui a une influence directe sur la trajectoire de descente.

V.2 Avantages :

Les procédures de type RNAV basées sur le senseur GNSS permettent de :

- ✚ Rendre l'aéroport plus accessible ;
- ✚ Faire des approches finales dans l'axe de piste;
- ✚ D'éviter certaines contraintes liées au survol des reliefs, des villes, et des zones à statut particulier ;
- ✚ Diminuer le temps de vol ;
- ✚ Répondre aux besoins des usages de l'espace aérien ;
- ✚ Améliorer le guidage ;

V-3- Choix du type de procédure :

Notre procédure sera une procédure d'approche en navigation de surface (RNAV) basé sur les récepteurs GNSS. Cette procédure consiste à passer par des repères. Ces repères seront déterminés sous forme de point de cheminement (latitude et longitude en degrés, à une précision minimum d'un centième de seconde d'arc ou une précision équivalente).

Neuf points de cheminement au maximum seront utilisés dans la procédure RNAV basée sur le GNSS, depuis l'initiale jusqu'au point de l'approche interrompu.

Notre procédure sera une procédure GNSS de précision avec une approche finale basée sur le GBAS.

V.4- ANALYSE DES DONNEES:

- ✚ Piste: 3000 mètres orientée au 159°/339° ;
- ✚ Altitude de l'aérodrome : 706 mètres ;
- ✚ Altitude du seuil 34: 706 mètres ;
- ✚ Déclinaison magnétique : 0°W 1997 ;
- ✚ Installation radioélectrique : un DVOR/DME, un NDB et un ILS
 1. DVOR/DME : Situé à 630 mètres du seuil 16 ;
 2. NDB: à 11400 mètres du seuil 34 ;
 3. ILS (Glide) : à 325 mètres en aval du seuil 34 et à 120 mètres au Sud de celui-ci ;
 - Calage du Glide : 3° ;
 - RDH: 15 mètres (50ft) ;
 - Distance LLZ-THR34 : 3290 mètres ;

V.5 Catégorie d'aéronefs desservant l'aérodrome

Les aéronefs qui peuvent desservir la piste sont de catégories A, B, C et D, dimensions normales

V-6- ordre de l'étude:

L'élaboration de la procédure d'approche de précision se subdivise en :

- ✚ Etude du segment de précision (final) ;
- ✚ Approche interrompue ;
- ✚ intermédiaire ;
- ✚ Initiale ;
- ✚ Attente ;
- ✚ Arrivée ;

V-7-Construction des segments de la procédure :

V-7-1 Etude de segment de précision :

Avant d'entamer l'étude de ce segment, il faut d'abord situer le point approximatif d'approche finale (FAP) et l'extrémité du segment de précision ;

Pour notre étude on a situé le FAP à une distance de 7 NM.

Le segment de précision comprend le segment d'approche finale ainsi que les segments d'approche initiale et intermédiaire de l'approche interrompue situés dans l'axe de piste avant que l'avion atteigne une hauteur de 300mètres (1000ft) pour l'exploitation de catégorie I ou de 150 mètres (500ft) pour l'exploitation de catégorie II;

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

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

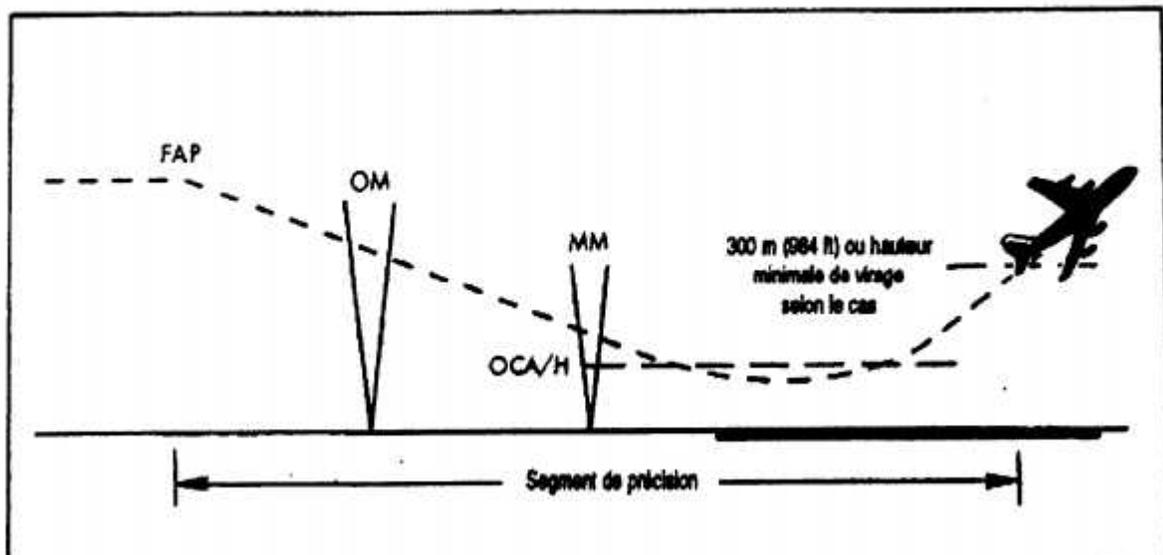


Figure V-1 : Segment de précision

Pour notre cas, on a opté pour la deuxième méthode qui présente les avantages suivants :

- ✚ Surfaces réduites, donc moins d'obstacles ;
- ✚ Tient compte des variations de GP, de RDH, de la géométrie des aéronefs et de la pente de d'approche interrompue.

L'élaboration de la procédure GBAS est basée sur la méthode d'équivalence d'ILS de catégorie I. (pour GBAS, seule la catégorie I s'applique).

V-7-1-1- Calcul de l'OCH_p s avec les surfaces OAS

Les surfaces d'évaluation d'obstacles représentent un ensemble de six portions de plans constituant un volume qui contient statistiquement l'ensemble des trajectoires d'approche finale et d'approche interrompue initiale pour un seuil de probabilité de présence choisi de l'ordre de 10^{-7} .

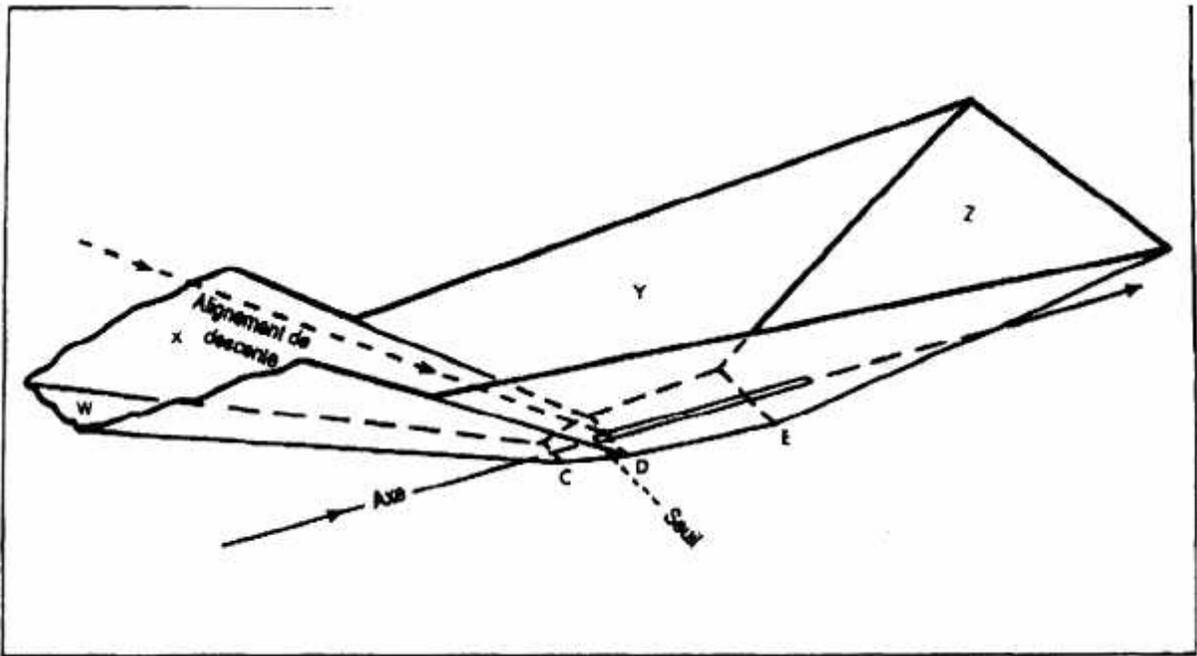


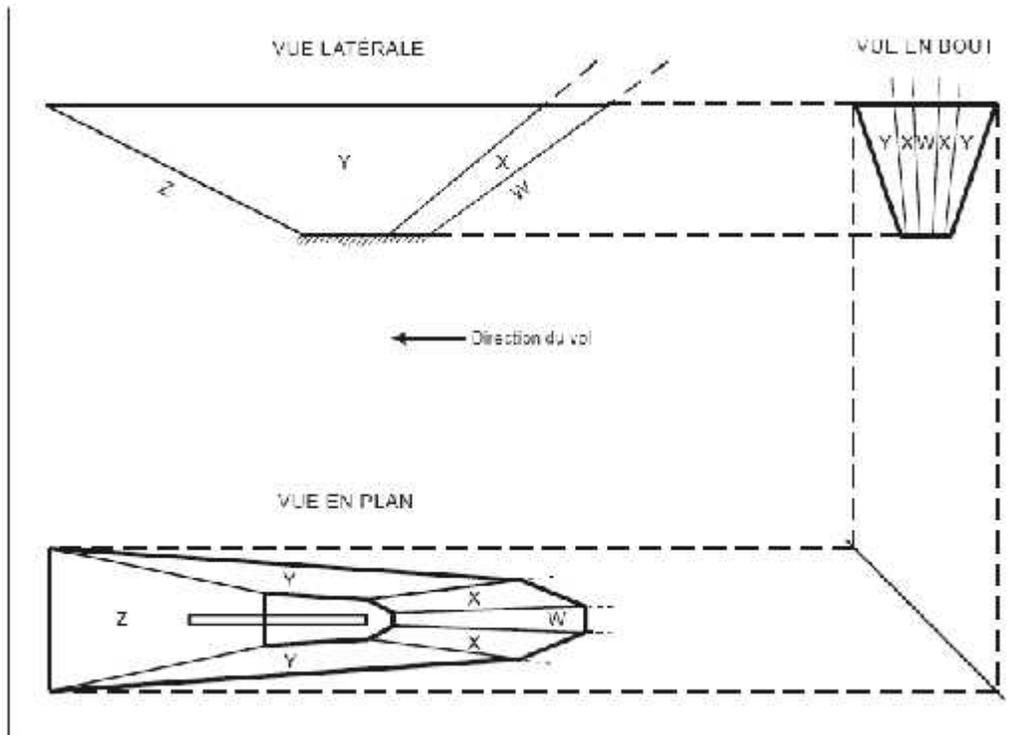
Figure V-2- Surfaces d'évaluation d'obstacles- Vue en perspective

V-7-1-2-Tracé du gabarit OAS de Catégorie I:(Annexe D)

Les OAS consistent en six surfaces planes inclinées (désignées par les lettres W, X, Y et Z) disposées symétriquement par rapport à la trajectoire du segment de précision, avec le plan horizontal qui contient le seuil.

La géométrie des surfaces inclinées est définie par quatre équations linéaires de forme $z = Ax + By + C$. Dans ces équations, x et y sont des coordonnées de position et z est la hauteur de la surface à cette position.

Pour chaque surface, une série de constantes (A, B et C) est fournie dans les OAS pour la gamme opérationnelle de distances entre LLZ et seuil et d'angles d'alignement de descente. Ces constantes peuvent être modifiées comme il est spécifié (Ajustement des surfaces OAS).



Figures V-3 surface OAS du GBAS

Une première analyse des obstacles nous donne les résultats suivants :

- 🚦 L'antenne GP et les aéronefs en attente ne constituent pas des obstacles potentiels, car leurs coordonnées par rapport au seuil ne dépassent pas les valeurs maximales prescrites dans le tableau ci-dessus ;
- 🚦 Des reliefs environnant l'axe de piste et son prolongement constituant ainsi des obstacles potentiels, ce qui influe directement sur la pente de descente finale en approche classique ;

La piste est longue de 3000 mètres et la distance retenue entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil 34 est de 3200 mètres, avec un angle d'alignement de descente recommandé et retenue de 3°.

Tableau V-1: objets qui peuvent être négligés dans le calcul de l'OCA/H

	<i>Hauteur maximale au-dessus du niveau du seuil</i>	<i>Distance latérale minimale par rapport à l'axe de piste</i>
Antenne d'alignement de descente	17 m (55 ft)	120 m
Aéronef circulant au sol	22 m (72 ft)	150 m
Aéronef sur plate-forme d'attente ou point d'attente de circulation entre le seuil et -250 m	22 m (72 ft)	120 m
Aéronef sur plate-forme d'attente ou point d'attente de circulation entre le seuil et -250 m (catégorie I seulement)	15 m (50 ft)	75 m

RECOMMANDATION: (voir le Volume I de l'Annexe 10)

«IL est recommandé que l'angle de site de l'alignement de descente ILS soit de 3°. Il est recommandé de ne pas adopter un angle de site supérieur à 3° pour l'alignement de descente ILS, à moins qu'il soit impossible de satisfaire d'une autre façon les critères de franchissement d'obstacles ».

Le tableau des constantes OAS est extrait du supplément I du volume II des PANS-OPS (document 8168) (voire annexe D);

Les surfaces OAS se composent de plans dont les équations dans un repère orthonormé lié au seuil 34 sont du type : $z = Ax + By + C$;

Les constantes des équations des plans X, Y, W et Z, ainsi que les coordonnées des points d'intersection de ces plans avec le plan horizontal contenant le seuil de piste (C, D, E) et avec le plan horizontal z 300 m (C", D", E") sont tirées de ce tableau, ces valeurs prises, pour une combinaison de :

-  Distance LLZ — QFU 34 : 3200 mètres ;
-  Calage de GP : 3°;
-  Pente de montée en API : 2.5°

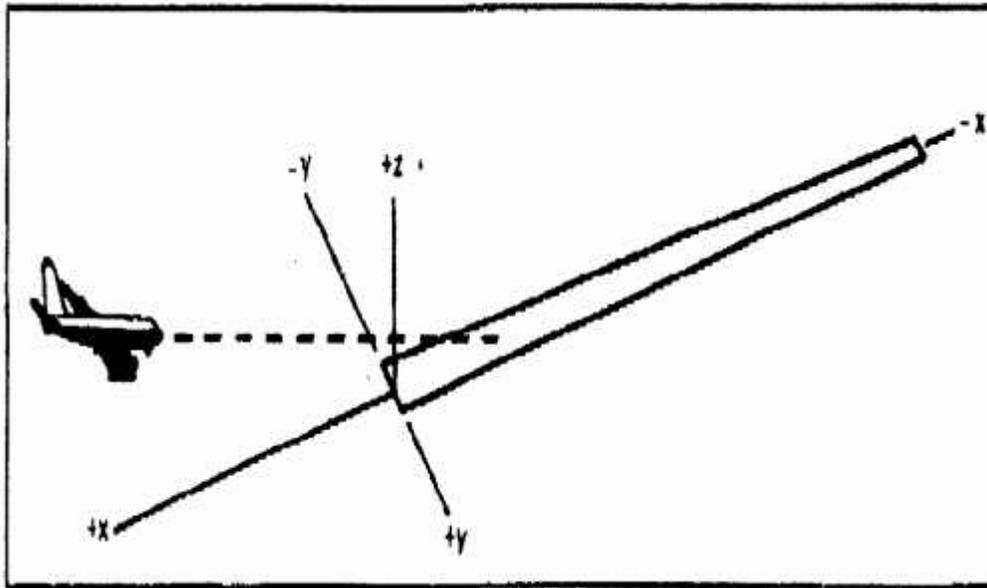


Figure V-4 : Système de coordonnées

Note :

Ces coordonnées sont exprimées en mètres.

Le tableau ci-dessous a été publié pour les OAS de catégorie I.

	QFE 34			Z = 300 m		
	C	D	E	C''	D''	E'4
X	281	- 286	-900	10807	5438	-12900
Y	49	135	205	78	892	2983

Tableau V-2 : Coordonnées des points d'OAS

plans	Coefficients		
	A	B	C
W	0.0285	0	-8.01
X	0.027986	0.184514	-16.91
Y	0.024252	0.212726	-21.78
Z	-0.25	0	-22.50

Tableau V-3 : Coefficient des plans OAS pour ces caractéristiques

Equations des surfaces d'évaluation d'obstacles :

$$Wz=0.0285 x - 8.01 ;$$

$$Xz=0.0279886 x + 0.184514 y - 16.91 ;$$

$$Yz=0.024252 x + 0.212726 y - 21.78 ;$$

$$Zz=-0.025 x - 22.50 ;$$

Remarque :

On constate qu'avec ces valeurs la surface OAS n'arrive pas jusqu'au point du FAP, donc il faut faire un prolongement de la surface OAS

V-7-1-3-Extension du gabarit pour l'adopter à la position du FAP :

Afin de réaliser une continuité entre les aires de protection intermédiaire et finale, les plans X, Y, W et Z sont coupés à une hauteur forfaitaire et constante de 150 mètres au-dessus du seuil de piste, en prenant en considération que la découpe des plans X et W qui assurent la protection en approche finale doit être adaptée pour coïncider avec l'altitude de **l'aire de protection** du segment d'approche intermédiaire.

- Altitude du FAP : 1401 mètres ;
- Altitude du segment d'approche intermédiaire : 1401 mètres;
- MFO en intermédiaire : 150 mètres;
- Altitude du seuil : 706 mètres;

Les plans X et W doivent donc être prolongés jusqu'à une hauteur de :

$$1401 - 300 - 706 = 395 \text{ mètres};$$

Le FAP qui sera donc à 12964 mètre (7 NM) à une hauteur de 395m et la largeur précise de l'aire à l'altitude du FAP sera obtenue à l'aide de l'équation de la surface d'évaluation d'obstacles X :

$$Z = 0.027986 * x + 0.184514 * y - 16.91 ;$$

Telle que : $x = 12964 \text{ m}$;

$$\text{Donc : } y = [395 - (0.027986 * 12964) + 16.91] / 0.184514 ;$$

$$Y = 267 \text{ m};$$

La pente de la surface W qui aussi doit être prolongé jusqu'à une hauteur de 395 mètres, est de 0.0358, soit 3.58 % et sa limite amont aura comme abscisse :

$$Z = 395 = 0.0285 * x - 8.01$$

$$x = [395 + 8.01] / 0.285 ;$$

$$X = 14141 \text{ mètres} ;$$

Géométriquement le prolongement des plans X est basé sur le fait que les intersections entre les plans X et les plans horizontaux à 150 mètres génèrent des droites parallèles entre elles.

L'intersection du plan de protection de l'intermédiaire et des plans X nous donne une droite passant par C"D", qui passe par le point le plus amont de W.

Note :

Les droites DD" se trouvent dans le plans du Glide ; et lors de l'extension du gabarit OAS, le point correspondant à D" est appelé le point I, qui représente le point le plus aval du plan de protection du segment intermédiaire et le fait que notre procédure comprend une inversion, les aires de protection associée doivent se raccorder avec les surfaces OAS au plus tard en ce point. Ayant prolongé les plans X et W, on obtient les surfaces OAS (figure V.5).

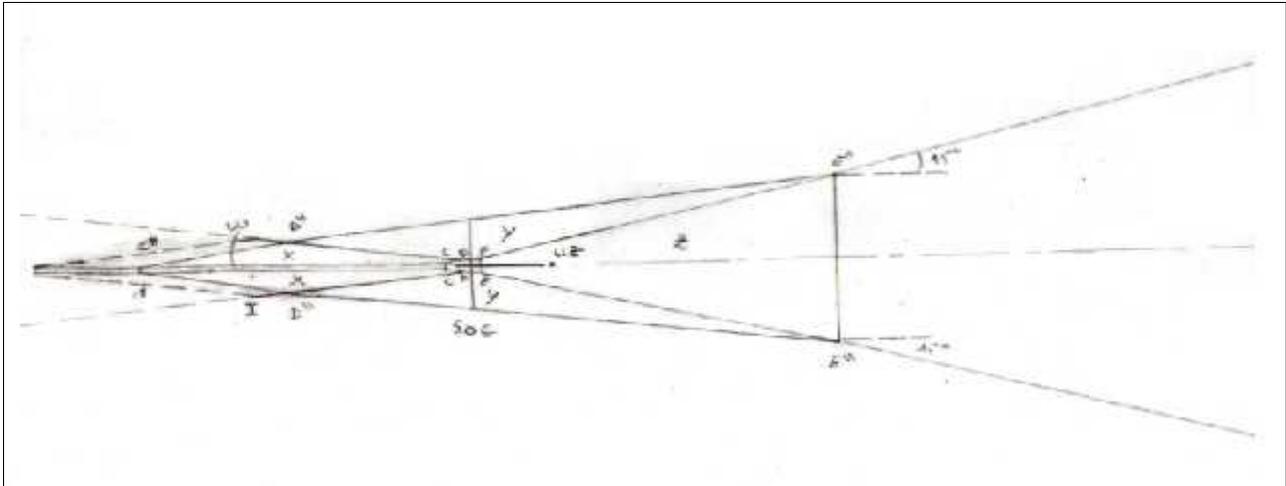


Figure V-5 Extension du gabarit d'OAS

Obstacles situés à l'intérieur des projections des surfaces OAS

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

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

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

Tableau V.4 : obstacles des OAS

No	Description	X	Y	Z	PLAN	Z plan	position
1	Antenne GP/ 32	-800	900	17	Y	150.27	Ne perce pas
2	TWR	-2500	600	29	Y	45.22	Ne perce pas
3	Antenne Radar	-1100	-800	25	Y	121.72	Ne perce pas
4	Antenne GP/34	-300	-200	18	Y	13.48	perce
5	Château d'eau	-2600	900	29	Y	106.61	Ne perce pas
6	Antenne	-2800	700	18	Y	59.22	Ne perce pas
7	colline	-125	-225	4	Y	23.05	Ne perce pas
8	Colline (548m)	-8000	-1000	0	Z	177.5	Ne perce pas
9	Colline	-5250	-850	56	Y	21.73	perce
10	LLZ	-3200	0	3	Z	57.5	Ne perce pas

✚ Distinction entre les obstacles en approche finale et les obstacles en approche interrompue :

Un obstacle qui est survolé pendant l'approche interrompue nécessite une OCH ps inférieure à celle occasionnée par un obstacle de même hauteur survolé en approche.

Afin d'améliorer la valeur de l'OCH ps, il est important de distinguer parmi tous les obstacles qui percent les surfaces OAS quels sont ceux qui sont survolés dans la phase d'approche interrompue.

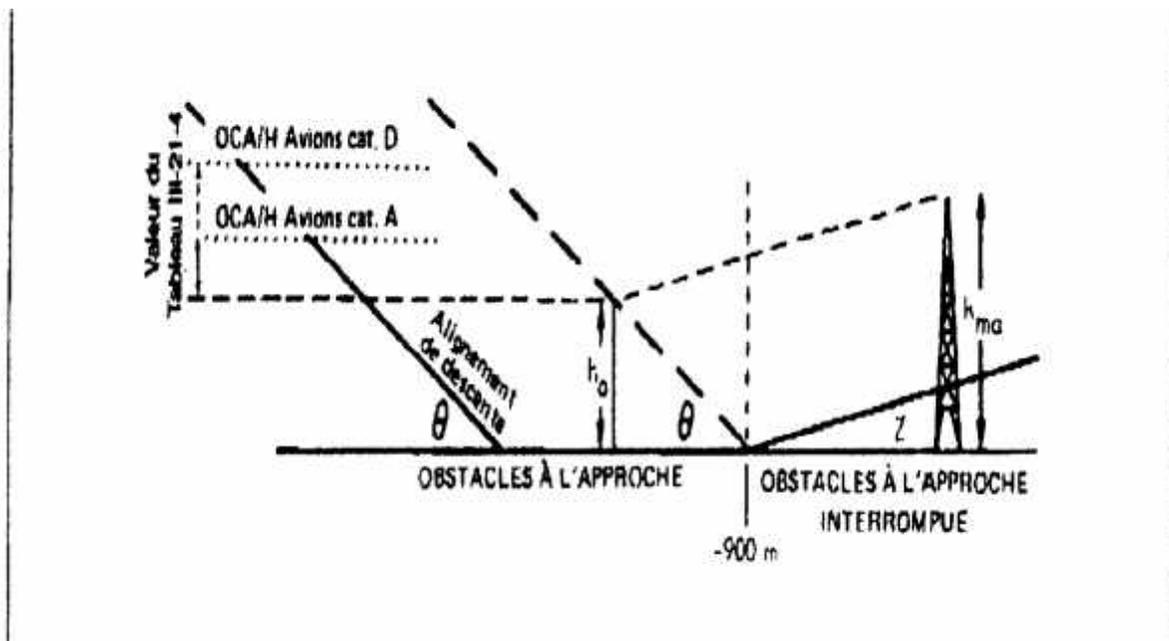
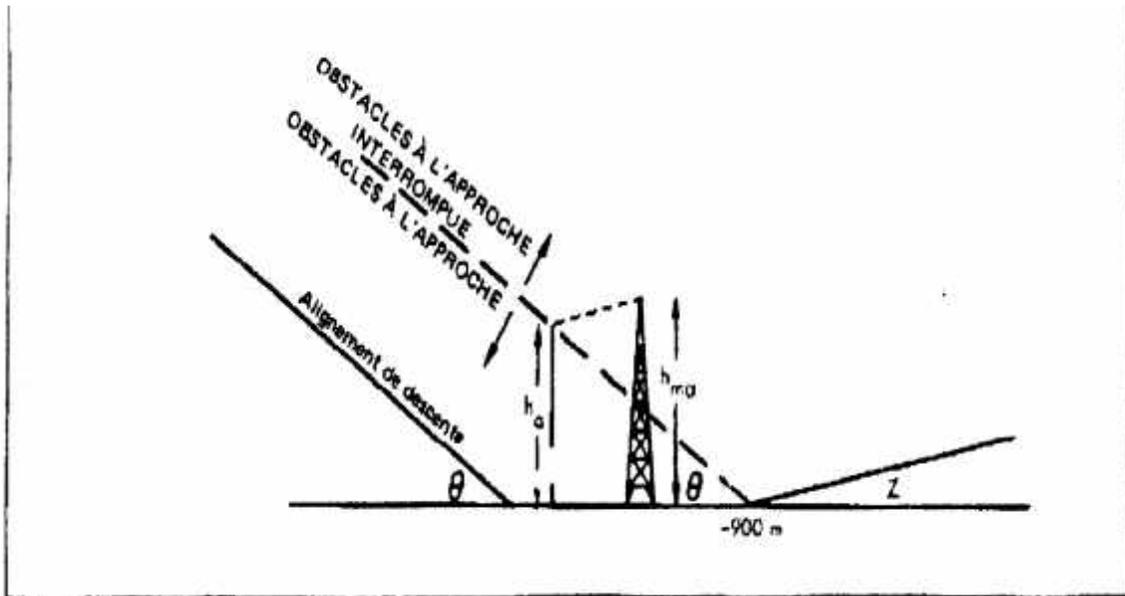


Figure V-6 : Obstacles à l'approche interrompue au-delà de —900 mètres

A l'aide de l'équation $z = [x + 900] * \tan \theta$, qui est l'équation du plan GP', il est possible de savoir si un obstacle est considéré comme un obstacle survolé en approche finale ou en approche interrompue.

Figure V- 7: Obstacles à l'approche interrompue avant —900 mètres**Note :**

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

Remarque :

On a deux obstacles, le premier est situé au-dessous de GP' à une abscisse inférieure à -900, donc c'est un obstacle d'approche et le deuxième est situé à une abscisse supérieure à -900, donc c'est un obstacle d'approche interrompue;

N° Obst	Description	X	Y	Z	PLAN	Z GP'	position
4	GP/34	-300	-200	18	Y	31.44 m	approche
9	colline	-5250	-850	56	Y		API

Transformation des obstacles en approche interrompue en obstacles en obstacles équivalents en approche finale :

Les obstacles à l'approche interrompue doivent au plus être tangents au plan à 2.5 % , qui matérialise la trajectoire la plus basse en terme de dispersion avec un seuil de probabilité de présence de 10^{-7} à l'intérieur du segment de précision.

Si les obstacles sont tangents à cette trajectoire, un risque de collision de 10^{-7} est atteint, ce qui est le seuil admis.

La hauteur des obstacles équivalents en approche finale s'obtient à partir de la formule suivante qui traduit la projection selon la pente de montée sur un plan parallèle au plan du Glide :

$$H = [H_{mA} * \cotg Z + (900+x)] / [\cotg Z + \cotg „] ;$$

Avec : $Z=2.5 \%$

„=3%

Donc :

$$H \text{ équivalente} = -73.05 \text{ m.}$$

V-7-1-4-Calcul de l'OCH ps :

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

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

Remarque :

Comme la valeur de H équivalente est négative donc la valeur des OCH pour les différentes catégories d'aéronefs sera égale à la valeur citée au tableau V-4 plus la H de l'obstacle d'approche.

Tableau V-5: Marges de perte de hauteur/erreur altimétrique

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

Tableau V-6 : valeurs des OCH

Catégorie d'A/C	HL		OCH		DH
A	13 m	42 ft	31 m	101.70 ft	110 ft
B	18 m	59 ft	36 m	118.10 ft	120 ft
C	22 m	71 ft	40 m	131.23 ft	140 ft
D	26 m	85 ft	44 m	144.35 ft	150 ft

V-7-2- Etude de l'approche Interrompue :

Position du SOC :

Le début de montée (SOC) est l'élément de référence utilisé dans le calcul des distances et des pentes pour déterminer les marges de franchissement d'obstacles ; Cet élément est défini par la hauteur et la distance auxquelles le plan GP' atteint l'altitude OCA/H — HL et qui représente le cas le plus défavorable.

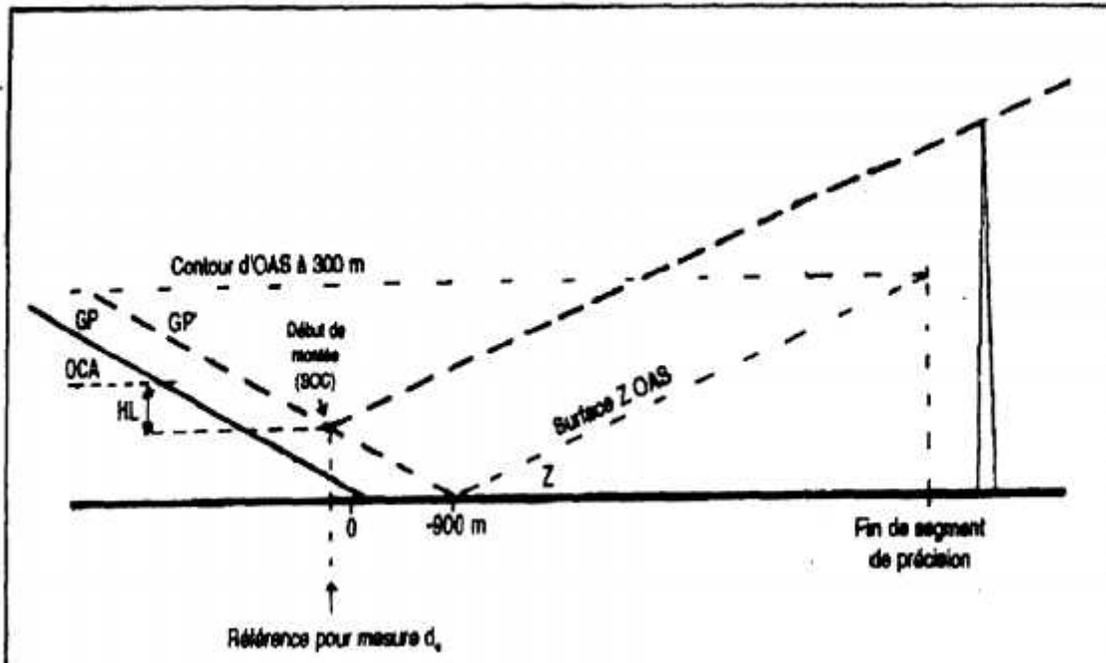


Figure V-8: Marge de franchissement d'obstacles pour approche interrompue en ligne droite

Notons que l'OCA/H et la HL se rapportent à la même catégorie d'aéronefs.

La distance du SOC est :

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

$$x(\text{SOC}) = (18 * \cotg 3^\circ) - 900$$

$$= -881.97 \text{ mètres};$$

Le SOC est à 882 mètres en aval du seuil.

🚦 Définition du type d'approche interrompue

L'approche interrompue est en ligne droite, car aucun obstacle ne saillie les surfaces OAS dans l'aire du segment final d'approche interrompue.

V-7-2-1- Minimum d'approche indirecte

a) Tracé de l'aire de protection :

Il s'agit d'une aire de protection de mise oeuvre très simple, elle est obtenue en traçant les demi-cercles de rayon fonction de la catégorie d'aéronefs, centrés sur les seuils des deux pistes joints par des tangentes.

b) Valeurs de l'OCA/H

L'altitude /hauteur d'obstacle dans cette aire finale d'approche interrompue ne dépassera pas :

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

OCA/H_{ps}, HL: des données qui dépend de catégorie d'aéronef

D₀ : est mesurée à partir du début de montée (SOC) parallèlement à la trajectoire d'approche interrompue en ligne droite

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

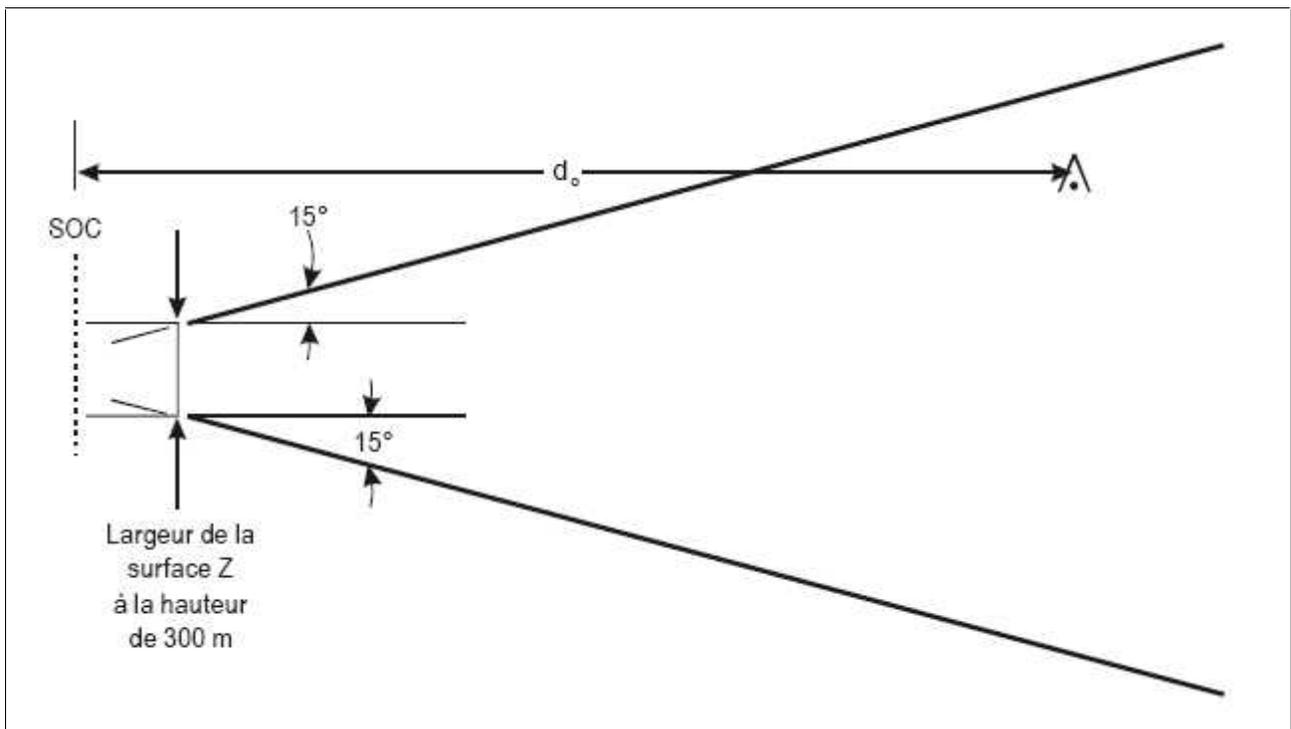


Figure V.9 : segment final d'approche interrompue en ligne droite

Tableau V.7 : obstacles de l'approche interrompue

obstacles	d 0	Alt obs	H obst	H	position
1	12500	760	54	563.75	Ne perce pas
2	15200	360	0	618.64	Ne perce pas
3	17500	316	0	782.06	Ne perce pas
4	17600	409	0	786.43	Ne perce pas
5	20000	321	0	891.21	Ne perce pas
6	22000	590	0	978.54	Ne perce pas
7	22500	690	0	1000.37	Ne perce pas
8	26300	574	0	1166.28	Ne perce pas
9	28300	207	0	1253.60	Ne perce pas
10	28600	417	0	1266.70	Ne perce pas
11	29000	526	0	1284.16	Ne perce pas
12	31600	716	10	1397.68	Ne perce pas
13	34000	820	114	1502.47	Ne perce pas
14	36200	1215	509	1598.52	Ne perce pas
15	35500	1364	658	1567.96	Ne perce pas
16	34200	1273	567	1511.20	Ne perce pas

Remarque :

Comme aucun obstacle ne perce, alors une approche interrompue en ligne droite est possible.

Note :

Notre procédure est une procédure RNAV avec une configuration en T. cette configuration nous permet de rentrer directement dans la procédure quelque soit notre direction d'arrivée.

Cette procédure est basée sur un segment final aligné sur la piste précédé d'un segment intermédiaire (ces deux segments sont communs) et de segment initial (jusqu'à trois).

V-7-3-Segment intermédiaire : (339°/159°)

C'est un segment aligné sur le segment d'approche final et il est commun.

Longueur : 3.5 NM ;

Pente : nulle (0°) l'optimum ;

Largeur de l'air : voir annexe ;

Altitude : 1401 m ;

V-7-3-1-Aire de protection : (voir annexe des procédures)

Détermination de l'altitude minimale :

Altitude minimal = Max (OCH des aires)

Aire primaire

L'obstacle pénalisant = 1160 m

OCH=1160+150=1310 m=4297.84 ft

Aire secondaire

Obstacle pénalisant = 1180 m

MFO= 90.6 m= 91 m

OCH=1180+91=1271m =4169. 89 ft=4170 ft

Donc : altitude Min = 1310 m.

V-7-4 Segment initial :

Comme notre procédure est en Y, donc on aura trois segments.

1/segment initial désigné par le TP4 (199° puis 269°) ;

2/segment initial désigné par le TP5 (339°);

3/segment initial désigné par le TP6 (94°);

V-7-4 -1/segment initial désigné par le TP4 :

La longueur de se dernier est de 12.5 NM ;

Pente de 4% ;

Altitude : 2329 m ;

Aire de protection :

La construction des aires de protection est la même que sel d'un virage (voire annexe G)

Construction de la spirale du vent : (Voire annexe F)

Vitesse angulaire : $R = (6355 * \text{tg}\alpha) / (\pi * v) = 2.03^\circ/\text{s}$;

Vitesse vr : $V_v = 267kt$;

Rayon du virage : $r = V / 20 * \pi * R = 2.23 \text{ NM}$;

Effet du vent : $E = W / 40 * R = 0.39 \text{ NM}$;

Donc :

$r + E = 2.62 \text{ NM}$;

$r + 2 * E = 3.01 \text{ NM}$;

$\sqrt{r * r + E * E} = 2.26 \text{ NM}$

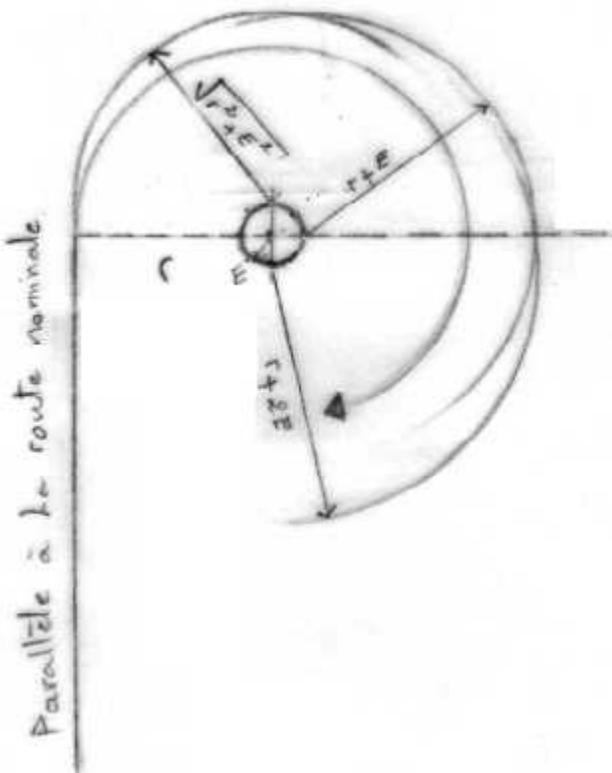


Figure V.10 : Spirale du vent

Note :

Pour le résultat final voir annexe procédure

Détermination de l'altitude minimale :

Aire primaire :

Obstacle le plus pénalisant= 1180 m

MFO=300 m

OCH = 1180 + 300 = 1480 m = 4855.58 ft

Aire secondaire :

Obstacle le plus pénalisant= 1729m

MFO_{secondaire} = MFO (1-ds /L) avec ds=0.9 cm et L=2 cm

MFO = 300*(1-0.9/2) = 165 m

OCH=1729 + 165 = 1894 m = 6213.8 ft =6214;

Altitude Min=1894 m ;

V-7-4 -2/segment initial désigné par le TP5 :

La longueur de se dernier est de 8.5 NM ;

Pente de 6.1% ;

Altitude : 2329 m ;

Aire de protection

(Voire annexe procédure)

Aire primaire :

Obstacle le plus pénalisant= 1507 m

MFO=300 m ;

OCH=1507+300=1807m=5928.4 ft =5929 ft

Aire secondaire :

Obstacle :le plus pénalisant : 1729 m ;

MFO (secondaire) = (MFO/L)* (L-ds) avec : L=2.315 cm ds=0.4 cm

MFO= 300*(1-0.4/2.315) = 248.16 m

OCH=obs+MFO =1977.16 m=6486 ft;

V-7-4 -3/segment initial désigné par le TP6

La longueur de se dernier est de 9.5NM ;

Pente de 4 % ;

Altitude : 2107m ;

Segment initial :

La longueur de segment est de 9.5 NM avec une pente de 4% ;

Aire de protection :

Même que la protection d'un virage (voire annexe H) ;

Note :

Pour le résultat final voir annexe procédure ;

Aire primaire :

Obstacle le plus pénalisant= 1093 m

MFO=300 m

OCH = 1093 + 300 = 1393 m = 4570.15 ft

Aire secondaire :

Obstacle le plus pénalisant= 1477m

$MFO_{\text{secondaire}} = MFO (1-ds /L)$ avec $ds=1.1$ cm et $L=1.4$ cm

$MFO_{\text{secondaire}} =64.28$

OCH=1477 + 64.28= 1541.28 m = 5056.65 ft = 5057ft

V.7-5 ATTENTE :

Comme on a trois WP qui représentent l'IAF, donc on aura trois attentes ;

V-7-5-1 Estimation du nombre de niveaux de vol :

Le nombre de niveaux de vol utilisables simultanément doit implicitement correspondre au nombre d'aéronefs susceptibles d'amorcer la procédure d'attente en même temps.

Le circuit d'attente va être exécuté sur un point fixe (WP) en supposant que l'entrée dans ce circuit est omnidirectionnelle ;

V-7-5-2 Eléments de protection :**✚ Altitude maximale de protection :**

L'altitude pression maximale de protection doit être au moins égale à la plus grande des MSA, calculées, majorée de 600 mètres (1000ft).

Altitude du relief	MFO
Inferieure ou égale à 5000 ft	300 – 450 m
Supérieure à 5000 ft	600 m

Tableau V.8 : tableau des MFO

Cette majoration forfaitaire nous donne la valeur la plus élevée de l'altitude pression correspondant à chaque altitude minimale d'arrivée ;

✚ Vitesse maximale de protection

La procédure étant protégée pour les aéronefs de catégories A,B,C et D, la vitesse indiquée de protection choisie est de 520 Km /h (280Kt) qui correspond à la vitesse indiquée de la catégorie d'aéronefs les plus rapides qu'il s'agit de desservir l'aérodrome dans les conditions normales et de la turbulence.(voire tableau V-5-3 annexe E)

✚ Temps d'éloignement : 1 min (60 sec);

✚ Température : ISA +18.6°;

✚ Sens de virage : à gauche;

✚ Echelle : 1/200 000 ;

V-7-5-3 Tracé de l'aire de protection de l'attente :

L'aire de protection de la procédure d'attente est constituée d'une aire de base d'une entrée omnidirectionnelle et d'une zone tampon.

a) Construction de l'aire de base :

Elle se fait en trois étapes :

Etape 01 : Tracé du gabarit (Voir annexe G)

Le gabarit du circuit d'attente est tracé en prenant en compte les éléments de protection cités ci-dessus et en se référant.

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.

le Calcule:

		Formule	Valeur
Ligne paramètre			
1	K		Comme notre température ne figure pas sur le tableau, on ne peut pas avoir K
2	V	$V=K*IAS$	336,934 kt
3	v	$v=V/3600$	0,0935 NM/s
4	R	Le moine élevé des valeurs suivantes : $R=509.26/V$, ou $3^\circ/s$	1,51°/s
5	r	$r =V/62,83 R$	3.551 NM
6	h	En milliers de pieds	10
7	W	$W = 2h+47$	67 kt
8	W'	$W' = W/3600$	0.0186 NM/s
9	E45	$E_{45} = 45 W' / R$	0.55 NM

10	t	60 T	60 s
11	L	L =v.t	0.4675 NM
12	ab	5.v	0.4675 NM
13	ac	11v	1.02 NM
14	gi1=gi3	(t-5)v	5.142 NM
15	Wb	Wb 5.W'	0.093 NM
16	Wc	Wc = 11.W'	0.2046 NM
17	Wd	Wd=Wc+E45	0.754 NM
18	We	We=Wc+2 E45	1.30 NM
19	Wf	Wf=Wc+2 E45	1.854 NM
20	Wg	Wg=Wc+4 E45	2.4046 NM
21	Wh	Wh=Wb+4 E45	2.293 NM
22	Wo	Wo=Wb+5 E45	2.843 NM
23	Wp	Wp= Wb+6 E45	3.393 NM
24	Wi1	Wi1=Wi3=(t+6)W'+4 E45	3.427 NM
25	Wi2	Wi2=Wi4=Wi1+14 W'	3.687 NM
26	Wj	Wj=Wi2+E45	4.237 NM
27	Wk	Wk=Wl=Wi2+2 E45	4.787 NM
28	Wm	Wm=Wi2+E45	5.337 NM
29	Wn3	Wn3=Wi1+E45	5.627 NM
30	Wn4	Wn4=Wi2+4 E45	5.887 NM
31	XE	XE=2r+(t+15)v+(t+26+195/R)W'	16.61 NM
32	YE	YE=11vcos20°+r(1+sin20°)+ (t+15)v g5°+(t+26+125/R)W'	7.679 NM



Etape 02 : (Voir annexe G)

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 IAWP et en ajoutant les aires nécessaires pour protéger les entrées.

Etape 03 :

Enfin d'une zone tampon de 9.3 Km (5NM) est ajoutée autour de l'aire de base ;

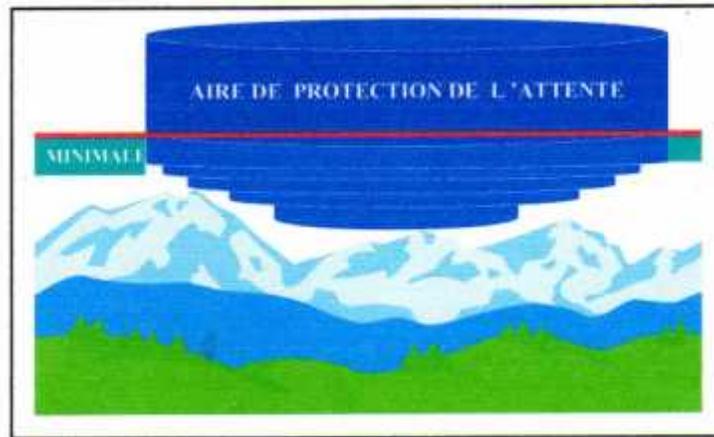


Figure V. 11: aire d'attente et les aires de protection

Note :

Pour le résultat final voir annexe procédure ;

V-7-5-4 Détermination de l'orientation de l'attente

Notre procédure est une procédure en Y qui contient trois IAWP, trois attentes une placée au nord-ouest, une au sud-est l'autre au nord-est.

La marge de franchissement d'obstacle :

Aire de base : 100% MFO \Rightarrow (300m)
 L'aire d'entrée : 100% MFO \Rightarrow (300m)
 Zone tampon 1 : 100% MFO \Rightarrow (300m)
 Zone tampon 2 : 50% MFO \Rightarrow (150m)
 Zone tampon 3 : 40% MFO \Rightarrow (120m)
 Zone tampon 4 : 30% MFO \Rightarrow (90m)
 Zone tampon 5 : 20% MFO \Rightarrow (60m)

La marge de franchissement d'obstacle :

Aire de base : 100% MFO \Rightarrow (600m)
 L'aire d'entrée : 100% MFO \Rightarrow (600m)
 Zone tampon1 : 100% MFO \Rightarrow (600m)
 Zone tampon 2 : 50% MFO \Rightarrow (300m)
 Zone tampon 3 : 40% MFO \Rightarrow (240m)
 Zone tampon 4 : 30% MFO \Rightarrow (180m)
 Zone tampon 5 : 20% MFO \Rightarrow (120m)

Ou

Pour se choix on se fie au **tableau V.8**

V-7-5-4 -1 : 1ère attente a (TP4) : 119°/19°

- ✚ Aire de base : 1263 m + 600(100% MFO) ;
- ✚ Aire d'entrée : 1285 m +600 m (100%MFO) ;
- ✚ 1° zone tampon : 1729+600 m (100%MFO)
- ✚ 2° zone tampon : 1507 m+ 300 m (50%MFO) ;
- ✚ 3° zone tampon : 1256 m +240 m (40% MFO);
- ✚ 4° zone tampon : 1016 m +180 m (30% MFO) ;
- ✚ 5° zone tampon : 1133 m + 120 m (20% MFO) ;

Donc, l'Altitude Minimale d'attente est égale au maximum de :

- ✚ 1263 m + 600 m = 1863 mètres ;
- ✚ 1285 m + 600 m = 1885mètres ;
- ✚ 1729 m + 600 m = 2329 mètres ;
- ✚ 1507 m + 240 m = 1807 mètres ;
- ✚ 1256 m + 240 m = 1496 mètres ;
- ✚ 1016 m + 180 m = 1196 mètres ;
- ✚ 1133m+ 120m =1253 mètres ;

L'altitude minimale d'attente = 2329 m=7640.98 ft

On aura pratiquement le FL 80 qui correspond à 3 niveaux d'attente.

V-7-5-4 -2 : 2ème attente a TP5 (procédure droite) : 159°/339°

- ✚ Aire de base : 1729 m + 600(100% MFO) ;
- ✚ Aire d'entrée : 1093 m +600 m (100%MFO) ;
- ✚ 1° zone tampon : 1160+600 m(100%MFO)
- ✚ 2° zone tampon : 1112 m+ 300 m (50%MFO) ;
- ✚ 3° zone tampon : 1218m +240 m (40% MFO);
- ✚ 4° zone tampon : 1134m +180 m (30% MFO) ;
- ✚ 5° zone tampon : 1167 m + 120 m (20% MFO) ;

Donc, l'Altitude Minimale d'attente est égale au maximum de :

$$1729 \text{ m} + 600 \text{ m} = 2329 \text{ mètres ;}$$

$$1093 \text{ m} + 600 \text{ m} = 1693 \text{ mètres ;}$$

$$1160 \text{ m} + 600 \text{ m} = 1760 \text{ mètres ;}$$

$$1112 \text{ m} + 240 \text{ m} = 1352 \text{ mètres ;}$$

$$1218 \text{ m} + 240 \text{ m} = 1458 \text{ mètres ;}$$

$$1134 \text{ m} + 180 \text{ m} = 1314 \text{ mètres ;}$$

$$1167 \text{ m} + 120 \text{ m} = 1287 \text{ mètres ;}$$

L'altitude minimale d'attente = 2329 m = 7640.98 ft

On aura pratiquement le FL 80 qui correspond à 3 niveaux d'attente.

V-7-5-4 -3 : 3ème attente a TP6 : 94°/229°

$$\text{Aire de base : } 1167 \text{ m} + 600 \text{ (100\% MFO) ;}$$

$$\text{Aire d'entrée : } 1477 \text{ m} + 600 \text{ m (100\% MFO) ;}$$

$$1^\circ \text{ zone tampon : } 1507 + 600 \text{ m (100\% MFO)}$$

$$2^\circ \text{ zone tampon : } 1729 \text{ m} + 300 \text{ m (50\% MFO) ;}$$

$$3^\circ \text{ zone tampon : } 1024 \text{ m} + 240 \text{ m (40\% MFO);}$$

$$4^\circ \text{ zone tampon : } 1151 \text{ m} + 180 \text{ m (30\% MFO) ;}$$

$$5^\circ \text{ zone tampon : } 1165 \text{ m} + 120 \text{ m (20\% MFO) ;}$$

Donc, l'Altitude Minimale d'attente est égale au maximum de :

$$1167 \text{ m} + 600 \text{ m} = 1767 \text{ mètres ;}$$

$$1477 \text{ m} + 600 \text{ m} = 2077 \text{ mètres ;}$$

$$1507 \text{ m} + 600 \text{ m} = 2107 \text{ mètres ;}$$

$$1729 \text{ m} + 240 \text{ m} = 2029 \text{ mètres ;}$$

$$1024 \text{ m} + 240 \text{ m} = 1264 \text{ mètres ;}$$

$$1151 \text{ m} + 180 \text{ m} = 1331 \text{ mètres ;}$$

$$1165 \text{ m} + 120 \text{ m} = 1285 \text{ mètres ;}$$

L'altitude minimale d'attente = 2107 m = 6912.64 ft

On aura pratiquement le FL 70 qui correspond à 4 niveaux d'attente

V-8- ARRIVEE :

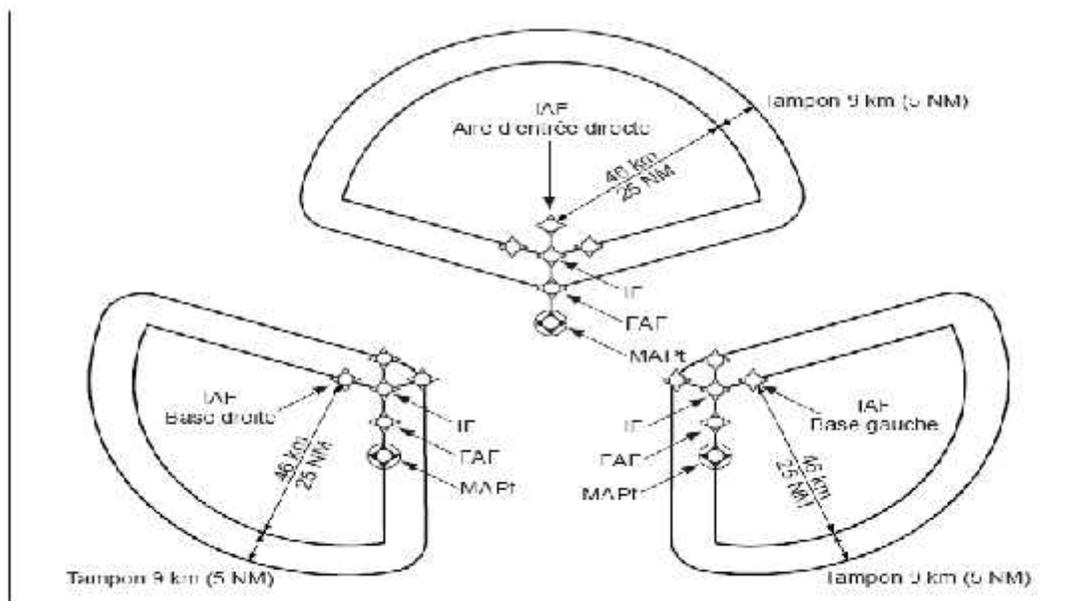
L'étude de la phase d'arrivée permet de se familiariser avec l'environnement de l'aérodrome où le relief est pris dûment en compte pour le calcul des altitudes minimales de secteur.

Afin de pallier aux effets des courants verticaux et tourbillonnaires dûs aux reliefs environnant l'aérodrome, il est recommandé de prendre une marge de franchissement d'obstacles de 600 mètres (2000 ft).

- ✚ Dans les procédures RNAV, des TAA seront établies pour chaque aérodrome.
- ✚ Les points de référence de TAA sont le repère d'approche initiale et/ou le repère intermédiaire
- ✚ Chaque TAA sera calculée à partir de la hauteur la plus élevée de l'aire considérée
- ✚ Une altitude minimale s'appliquera dans un rayon de 46 km (25 NM) des points de cheminement RNAV

➤ CONSTRUCTION :

- ✚ La configuration normale consiste en trois aires de TAA : entrée directe, base gauche et base droite
- ✚ Les limites extérieures sont définies par des arcs de 46 km (25 NM) de rayon centrés sur chacun des trois IAF plus une zone tampon de 9 km (5 NM).



Configuration de TAA en Y

Figure V.12 : configuration de TAA en Y

🚩 L'altitude minimale du secteur qui se repose sur le TP 4 est égale à :

$$[\text{Obstacle pénalisant}+600]=1729+600=2329 \text{ m ;}$$

$$\text{L'altitude minimale de TAA} =2350\text{m}=7710 \text{ ft ;}$$

🚩 L'altitude minimale du secteur qui se repose sur le TP5 est égale à :

$$[\text{Obstacle pénalisant}+600]=1729+600=2329 \text{ m ;}$$

$$\text{L'altitude minimale de TAA} =2350\text{m}=7710 \text{ ft ;}$$

🚩 L'altitude minimale du secteur qui se repose sur le TP 6 est égale à :

$$[\text{Obstacle pénalisant}+600]=1507+600=2107 \text{ m ;}$$

$$\text{L'altitude minimale de TAA} =2150\text{m}=7060 \text{ ft .}$$

Note :

Les latitudes et longitudes des points tournant sont les suivant :

TP1	36° 09' 7.82 '' N	006° 40' 40.5'' E
TP2	36° 5' 48.91'' N	006° 42' 17.83'' E
TP3	36° 02' 43.04'' N	006° 37' 25.94'' E
TP4	36°05'29.34'' N	006° 30' 16.21'' E
TP5	35°13'0.6'' N	006° 46' 04.86'' E
TP6	36° 06' 5.2'' N	006° 53' 38.9'' E

Tableau V.9 : coordonnées des points tournant.

Remarque :

Dans l'élaboration de la procédure, on a préféré garder deux attentes ; car avec cette disposition :

On facilite la surveillance aux contrôleurs.

Les aéronefs gagneront en distance et en temps ce qui nous permet de diminuer la consommation de carburant ; est c'est le but rechercher.

Pour les arrivées on a proposé les circuits suivant :

Tableau V.10. Codification des procédures d'arrivées aux instruments

arrivée	Point d'entrée	cheminement
CIRTA	TP 4	Intercepter et suivre R.007° jusqu'à 18 NM CSO ensuite virer à droite pour suivre arc 16 NM CSO jusqu' à intercepté R.199° CSO pour rejoindre TP 4
KAWKA	TP 4	Intercepter et suivre R.351° jusqu'à 18 NM CSO ensuite virer à droite pour suivre arc 16 NM CSO jusqu' à intercepté R.199° CSO pour rejoindre TP 4
ANB	TP 6	Intercepter et suivre R.039° CSO jusqu' à 27 NM CSO ensuite virer à gauche pour suivre arc 25 NM CSO jusqu' à intercepté R.94° CSO pour rejoindre TP 6.
DIMAO	TP 6	Intercepter et suivre R.085° CSO jusqu'à 27 NM CSO ensuite virer à gauche pour suivre arc 25 NM CSO jusqu' à intercepté R.94° CSO pour rejoindre TP 6.
BABOR	TP 4	Intercepter et suivre R.278° CSO jusqu'à 18 NM CSO ensuite virer à droite pour suivre arc 16 NM CSO jusqu' à intercepté R.199° CSO pour rejoindre TP 4.
BJA	TP 4	Intercepter et suivre R.289° CSO jusqu'à 18 NM CSO ensuite virer à droite pour suivre arc 16 NM CSO jusqu' à intercepté R.199° CSO pour rejoindre TP 4.
JIL	TP 4	Intercepter et suivre R.311° CSO jusqu'à 18 NM CSO ensuite virer à droite pour suivre arc 16 NM CSO jusqu' à intercepté R.199° CSO pour rejoindre TP 4.
NADJI	TP3	Intercepter et suivre R.178° CSO jusqu'au PT 3 ensuite suivre la procédure.
BTN	TP 4	Intercepter et suivre R.202° CSO jusqu'au TP 4 ensuite rentré dans le circuit d'attente car c'est une entrée directe.
	TP 4	Intercepter et suivre R.204° CSO jusqu'au TP 4 ensuite rentré

BIS		dans le circuit d'attente car c'est une entrée directe.
TBS	TP 6	Intercepter et suivre R.125° jusqu'au TP 6 ensuite rentré dans le circuit d'attente car c'est une entrée directe
AMIRA	TP 5	Intercepter et suivre R.168° jusqu'au TP 5 ensuite rentré dans le circuit d'attente car c'est une entrée directe

Conclusion :

Notre travail nous a permis d'assurer les Trois grands principes d'élaboration d'une procédure :

- ✚ **Sécurité** : procédure facile ;
- ✚ **Simplicité** : des virages optimums
- ✚ **Économie** : diminution de distance → moins de temps → moins de consommation de carburant → gain d'argent.

Conclusion

La réalisation du présent mémoire nous a permis de se familiariser avec l'aspect pratique dans l'utilisation des informations requises dans notre cursus universitaire ; il nous a permis également de nous rendre compte des difficultés rencontrées dans l'établissement des procédures. Cela est dû à la complexité et à la particularité de la région de contrôle de Constantine à cause des paramètres suivant :

- Relief dangereux
- Proximité de la zone interdite (Oum El Bouaghi)
- Zone réglementée à l'intérieur de la CTA

L'amélioration de l'exploitation de l'aérodrome de Constantine s'avère nécessaire. Pour ce faire, nous avons conçu une nouvelle procédure d'approche de la piste 34 tout en renforçant la sécurité ainsi que la capacité de l'espace aérien. L'application de cette procédure nous permettra une réduction de temps d'approche qui s'exprime par un gain de carburant et en nombre d'atterrissage.

BIBLIOGRAPHIE

- ✚ AIP Algérie
- ✚ Annexe 4 : Cartes aéronautiques ;
- ✚ Annexe 6 : Exploitation technique des aéronefs
 - 1^{ère} partie : Aviation de transport commercial international
 - 2^{ème} partie : Aviation générale internationale
- ✚ Annexe 14 : Aérodrômes

- ✚ Exploitation technique des aéronefs (Document 8168/611)
 - Volume I : Procédures de vol
 - Volume II : Construction des procédures de vol à vue et de vol aux instruments
- ✚ DOC9613-AN937

- ✚ Règles de l'air et services de la circulation aérienne (Document 4444)

- ✚ Manuel des services d'aéroport (Document 9137)
 - 6^{ème} partie : Réglementation des obstacles
- ✚ Manuel de construction des procédures de vol aux instruments (Document 9368)
- ✚ Manuel de planification des services de la circulation aérienne (Document 9426)
- ✚ Manuel d'utilisation du modèle de risque de collision (CRM) pour les approches ILS (Document 9274)

Sites Internet :

- ✚ <http://www.ecacnav.com/PRNAV>
- ✚ <http://www.ecacnav.com/Navigation/GNSS>
- ✚ <http://www.sia-enna.dz/>
- ✚ <http://translate.google.fr/translate%2BRNAV%26tqBRNAV%26hlfr>
- ✚ http://www.icao.int/AFIRAN08/docs/SP-AFI_WP67_fr.pdf
- ✚ https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/dossier/aicfrancea/AIC_A_2007_18_FR.pdf
- ✚ www.enna.dz/
- ✚ http://www.aviation-civile.gouv.fr/html/prospace/pilots_exploitants/consignes_op/pdf/CO_2001_1.pdf
- ✚ <http://www.navcanada.ca/>
- ✚ http://www.eurocontrol.int/ecip/gallery/content/public/ECIP%202008-2012_synthese.pdf

Thèses :

 **Mémoire de fin d'études** promotion 2006/2007

**Elaboration et conception des procédures
D'arrivées et de départs, normalisés aux instruments de l'approche de
Constantine**

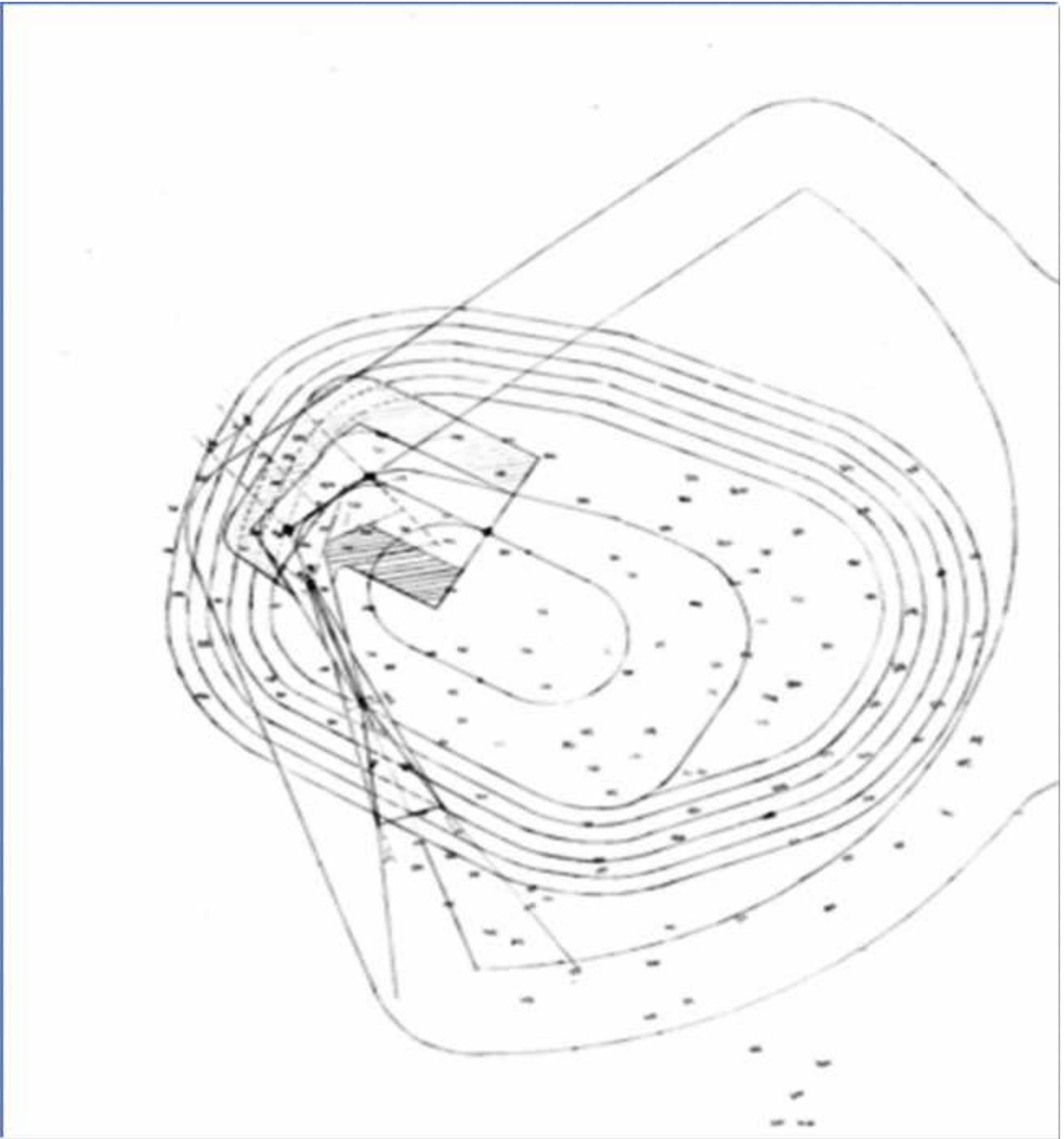
Réalisé par

Mlle H. SADKI

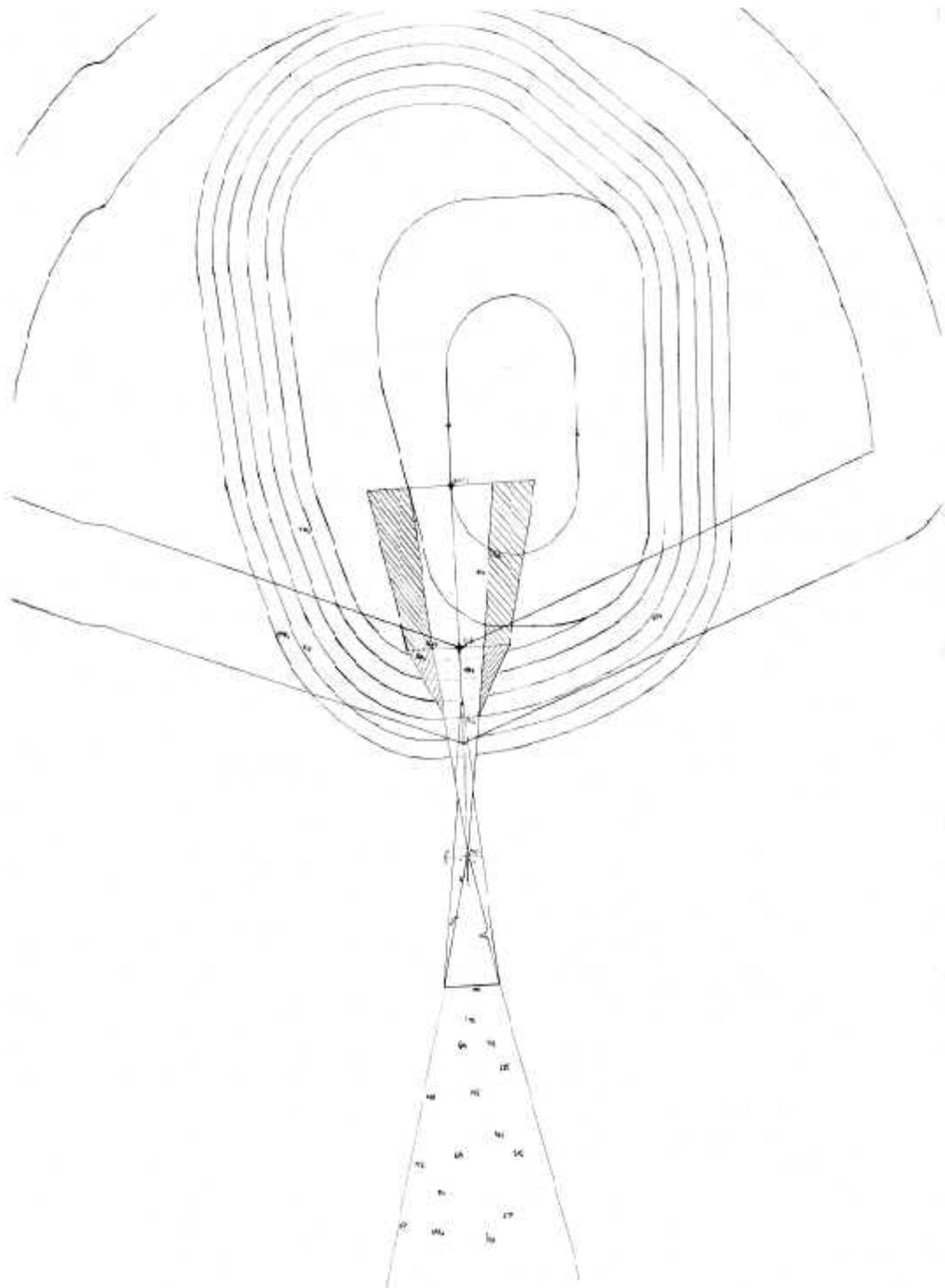
Mr S. MECHTI

 **Mémoire de fin d'études** promotion 2003

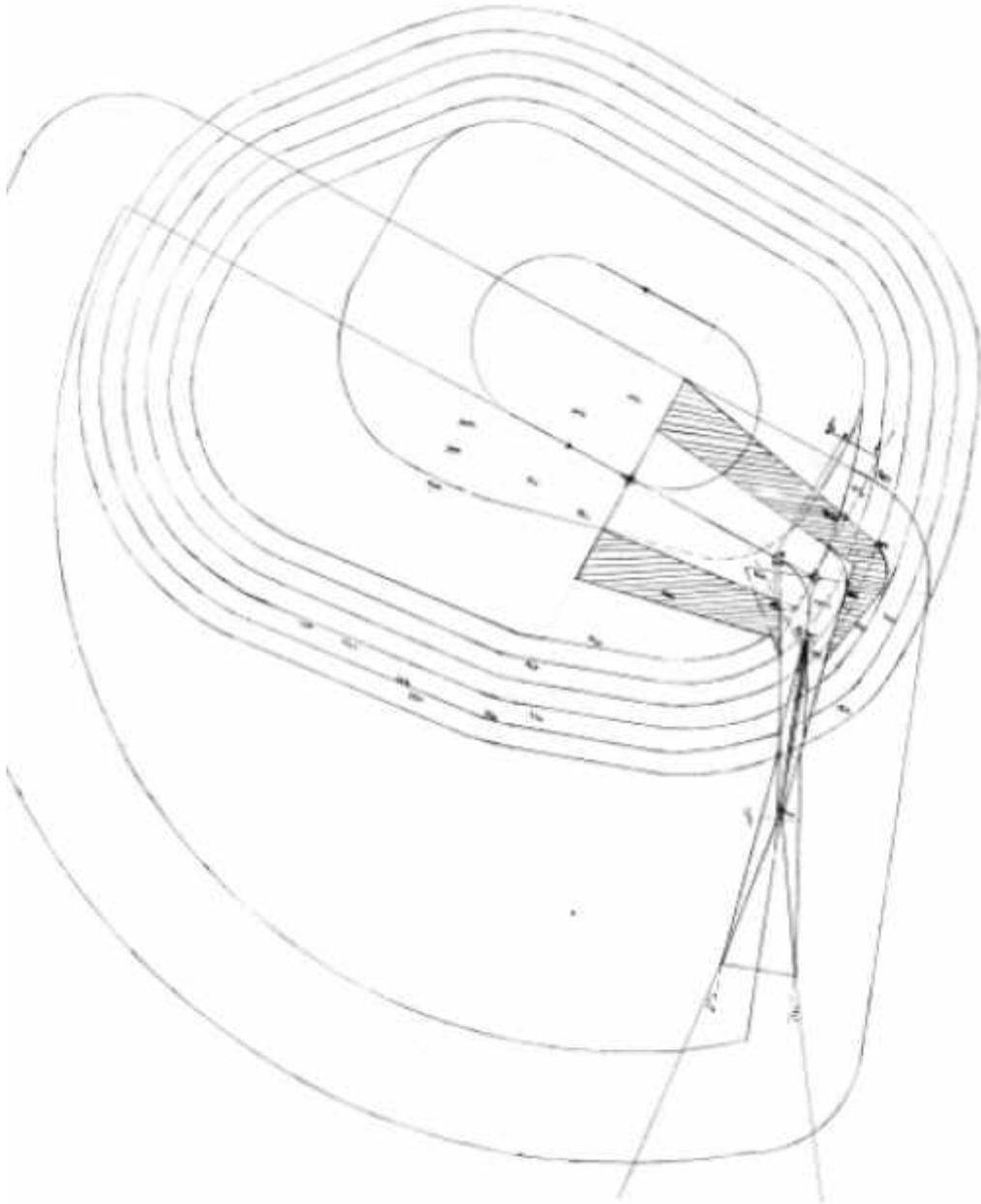
**Elaboration des procédures d'approche aux instruments VOR/DME-NDB-
RNAV pour l'aérodrome de Constantine**



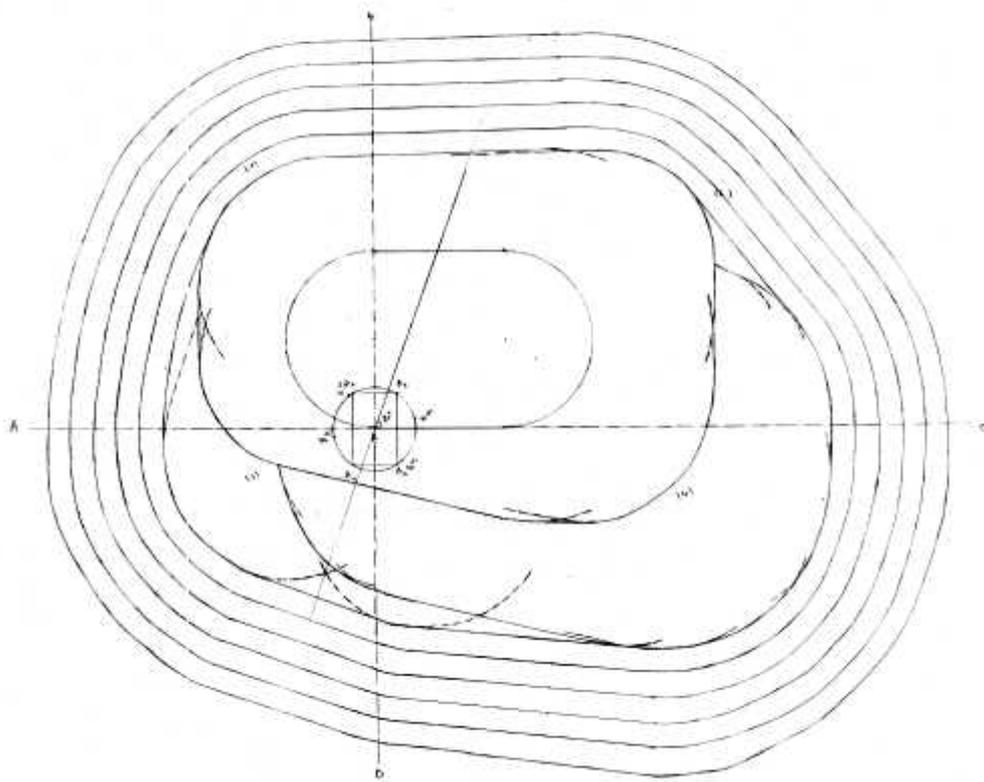
**Procédure d'approche et ces aires
de protection pour l'IAF (TP 4)**



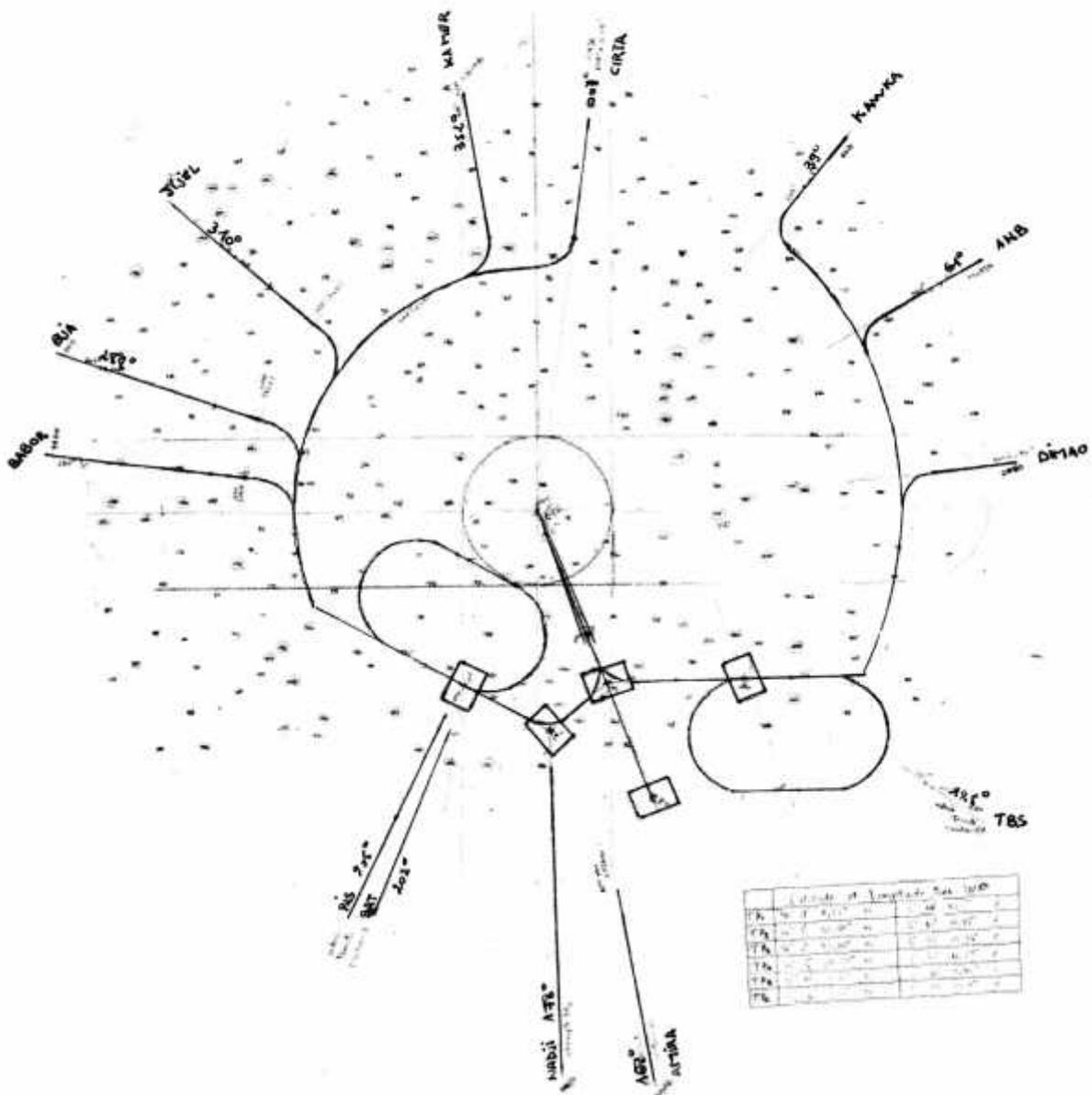
**Procédure d'approche et ces aires
de protection pour l'IAF (TP 5)**



**Procédure d'approche et ces aires
de protection pour l'IAF (TP 6)**



Aire d'attente et ces aires de protection



PROCEDURE D'APPROCHE
ET L'ARRIVEE

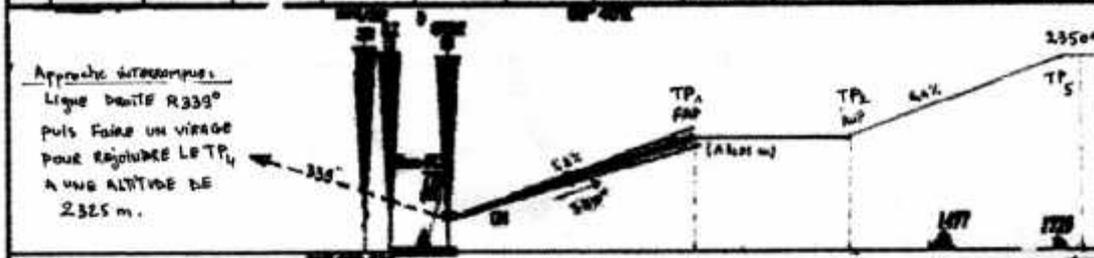
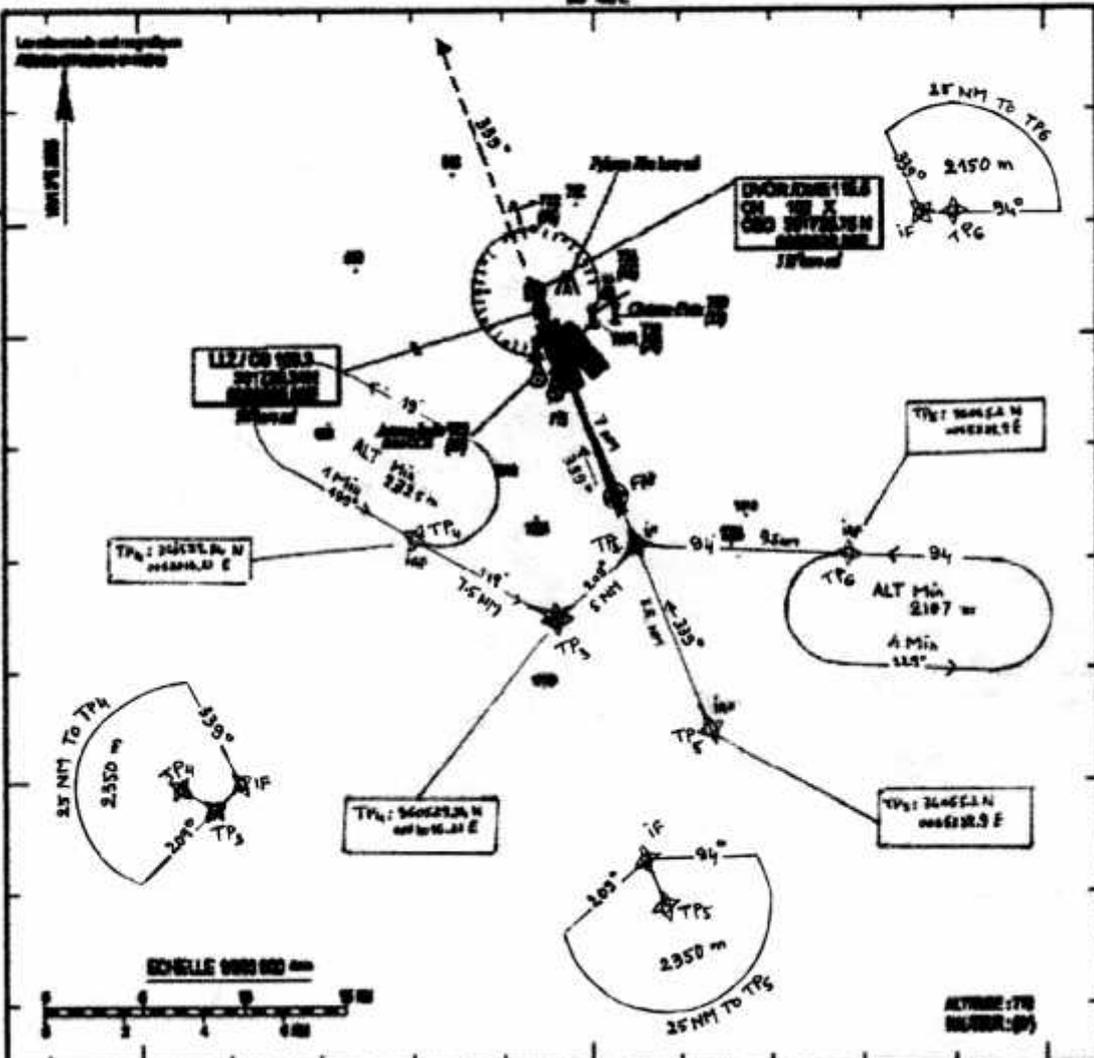
Procédure d'approche et les arrivées

CONSTANTINE / Mohamed Boucief

ALT. APPROXIMATIVE : 700 M
Les hauteurs sont déterminées par rapport au TYP 34 - ALT 700 M

APP: CAT
TWR: 118.3, 118.75
RF 40E

CARTE D'APPROCHE AIR INSTRUMENTS - OACI -
GNSS / GBAS
RWY 34



Approche instrumentale:
Ligne droite R330°
puis faire un virage
pour rejoindre le TP1
à une altitude de
2325 m.

CET-LANET	minimums opérationnels les plus défavorables	
	GNSS / GBAS RWY 34	
	OCH	DH
A	24 m	110 ft
B	36 m	120 ft
C	40 m	140 ft
D	44 m	150 ft

Lecture des coordonnées sur une carte :

Le procédé le plus précis pour localiser un détail de la carte consiste à le définir par ses coordonnées planes ou ses coordonnées géographiques

1 – Identification du système de coordonnées

1 – 1 Plusieurs types de système

Sur les cartes de l'Institut National Cartographie, on représente simultanément deux systèmes de coordonnées :

-  Le système français (projection Lambert).
 -  Un système européen (projection Mercator UTM)
- De plus, chaque système a deux manières d'être exprimées :
-  En coordonnées géographiques sur ellipsoïde (longitude et latitude).
 -  En coordonnées planes selon la projection utilisée (km).

Compatibilité avec le GPS :

Aujourd'hui l'INC édite des cartes permettant de lire directement les coordonnées dans un système de coordonnées GPS (WGS84).

Les coordonnées UTM (Universal Transformation Mercator) en km y sont remplacées par les coordonnées UTM (WGS84) en km.

2 – Les deux principaux types de coordonnées :

2 – 1 Les coordonnées géographiques :

L'interpolation des coordonnées géographiques (N et E) est un peu plus délicate.

En effet, le quadrillage géographique constitué par les méridiens et les parallèles n'est pas rectangulaire.

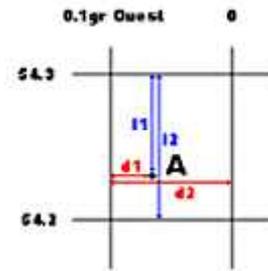
A l'aide des amorces, figurant en marge des cartes, il est possible de reconstituer le quadrillage géographique (degrés/Greenwich).

Les coordonnées géographiques d'un point seront donc interpolées localement entre des parallèles et des méridiens en faisant ce que l'on appelle couramment "une règle de trois".

Les coordonnées du point A seront

$$\text{Longitude} = 0.10 - (0.10 \times d1/d2).$$

$$\text{Latitude} = 54.30 - (0.10 \times l1/l2).$$



2 – 2 Les coordonnées planes :

Pour interpoler des coordonnées planes, il est nécessaire que la carte comporte un quadrillage kilométrique, correspondant à la proportion de la carte, ou tout au moins les amorces permettant de le tracer.

Les coordonnées planes E et N sont prises par rapport à l'angle sud-ouest du carré qui contient le point à définir.

On énonce d'abord les coordonnées des axes passant par l'angle sud-ouest de ce carré auxquelles on ajoute l'appoint converti en mètre.

Exemple : si l'échelle est de 1:25 000 alors 1 mm sur la carte représente 25 m sur le terrain.

Mesurer les distances avec une carte :

Une carte permet de connaître la distance réelle à partir d'une mesure sur la carte et de la connaissance de son échelle.



▪ Echelle d'une carte

1- Echelle numérique

L'échelle s'exprime par une fraction 1/N.

$$\text{Echelle} = (\text{distance_carte}) / (\text{distance_réelle}) = 1/N$$

Exemple : L'échelle du 1:10.000 signifie qu'il faut multiplier par 10 000 la longueur mesurée sur la carte pour obtenir la longueur réelle.

Echelle du plan	1:1.000.000	1:250.000	1:25.000	1:10.000	1:5.000	1:500
1 mm sur la carte						
représente sur le terrain	1 km	250 m	25 m	10 m	5 m	0,5 m

2 - Echelle graphique

La carte ou le plan est accompagné d'une représentation graphique de l'échelle qui permet d'éviter les calculs.



L'échelle graphique est une ligne divisée en parties égales, représentant chacune l'unité choisie. L'emploi de cette échelle est très simple.

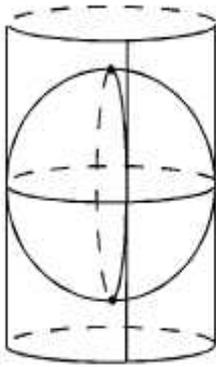
On mesure sur la carte la distance cherchée au moyen d'un sur la carte la distance cherchée au moyen d'un double-décimètre, d'un compas ou d'une bande de papier.

On reporte ensuite cette distance le long de l'échelle graphique pour obtenir la valeur réelle de la distance.

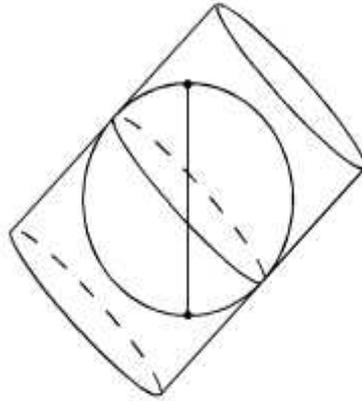
Types de projections :

1- La projection cylindrique :

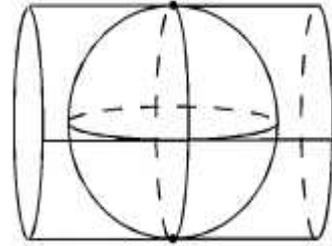
La surface de projection est un cylindre tangent ou sécant au modèle de la Terre.
Les projections UTM, Gauss,... utilisent ce type de projection.



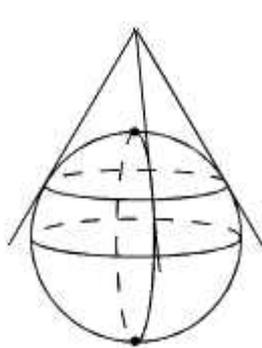
représentation
cylindrique directe



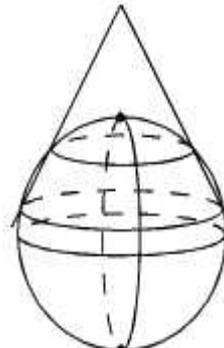
représentation
cylindrique oblique



représentation
cylindrique
transverse



représentation conique directe tangente



représentation conique directe sécante

2- La projection conique :

La surface de projection est un cône tangent ou sécant.

Les projections Lambert et Lambert-93 utilisent ce type de projection.

3- La projection WGS84 (World Geodesic System):

Les coordonnées sont relevées par GPS (Global Positioning System) ; à l'aide du satellite.

Figure III.3: Procédure DVOR/DME RWY 34

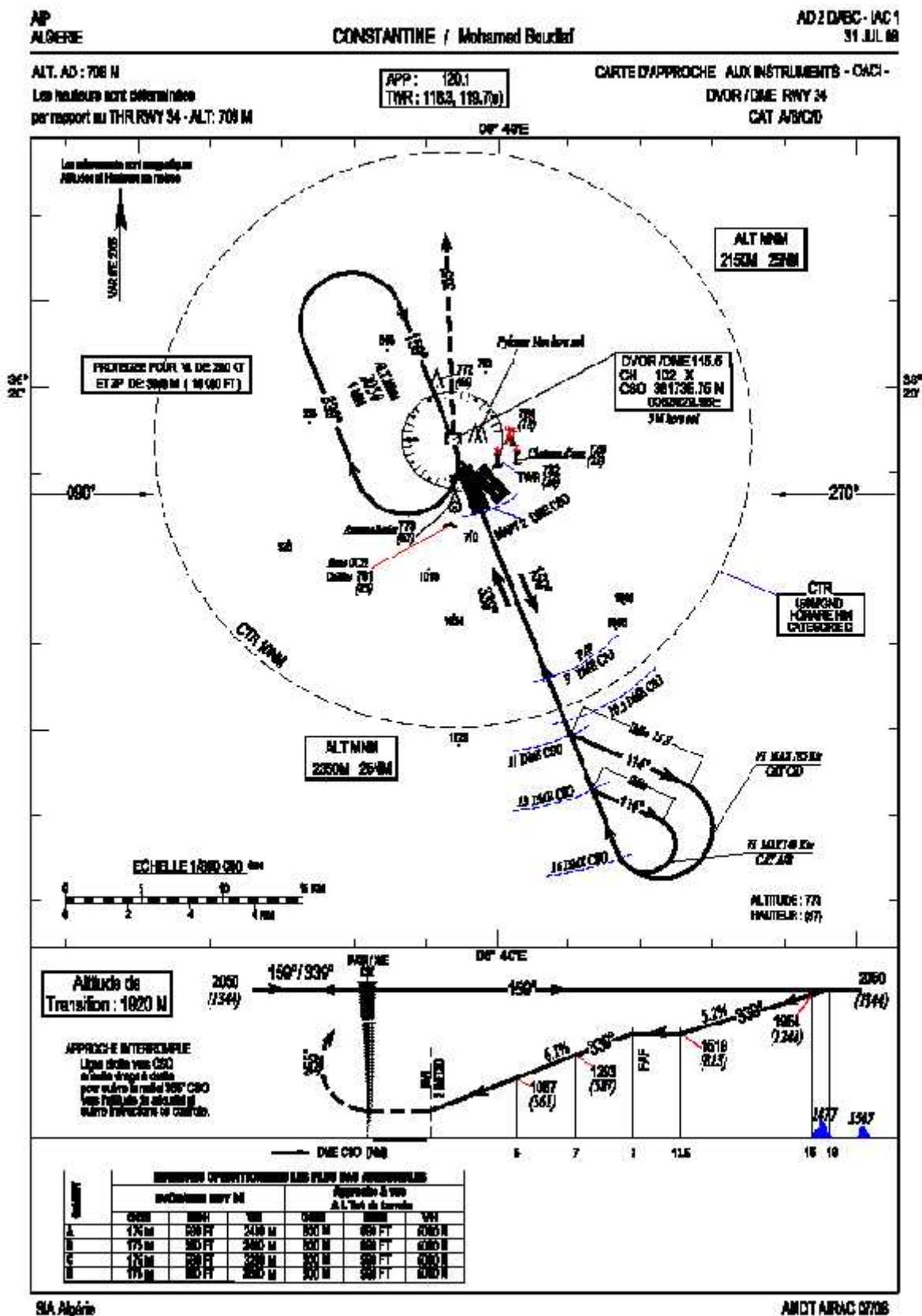


Figure III.4 : Procedure DVOR/DME/ILS RWY 34

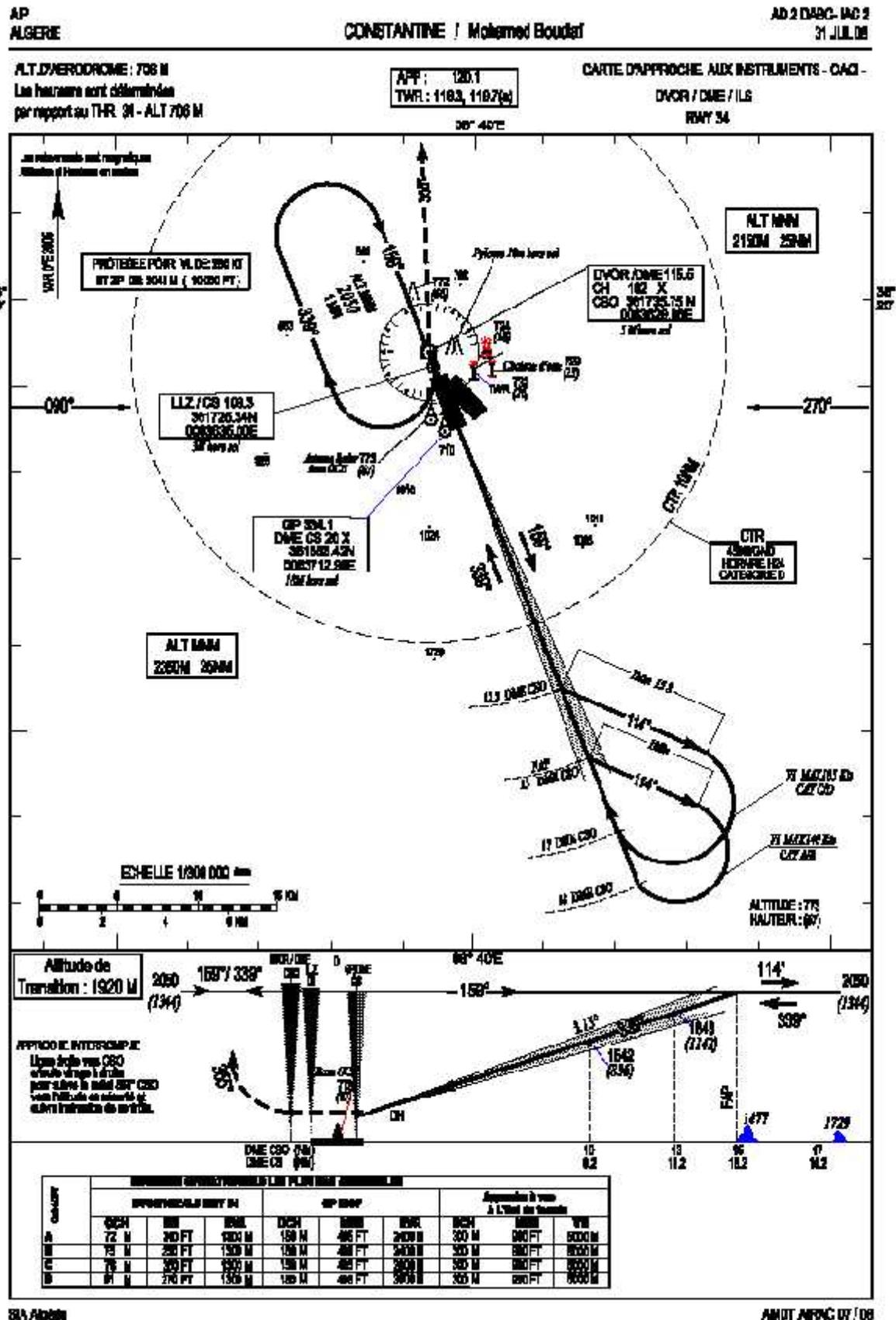


Figure III.5 : Procédure DVOR/DME RWY 32

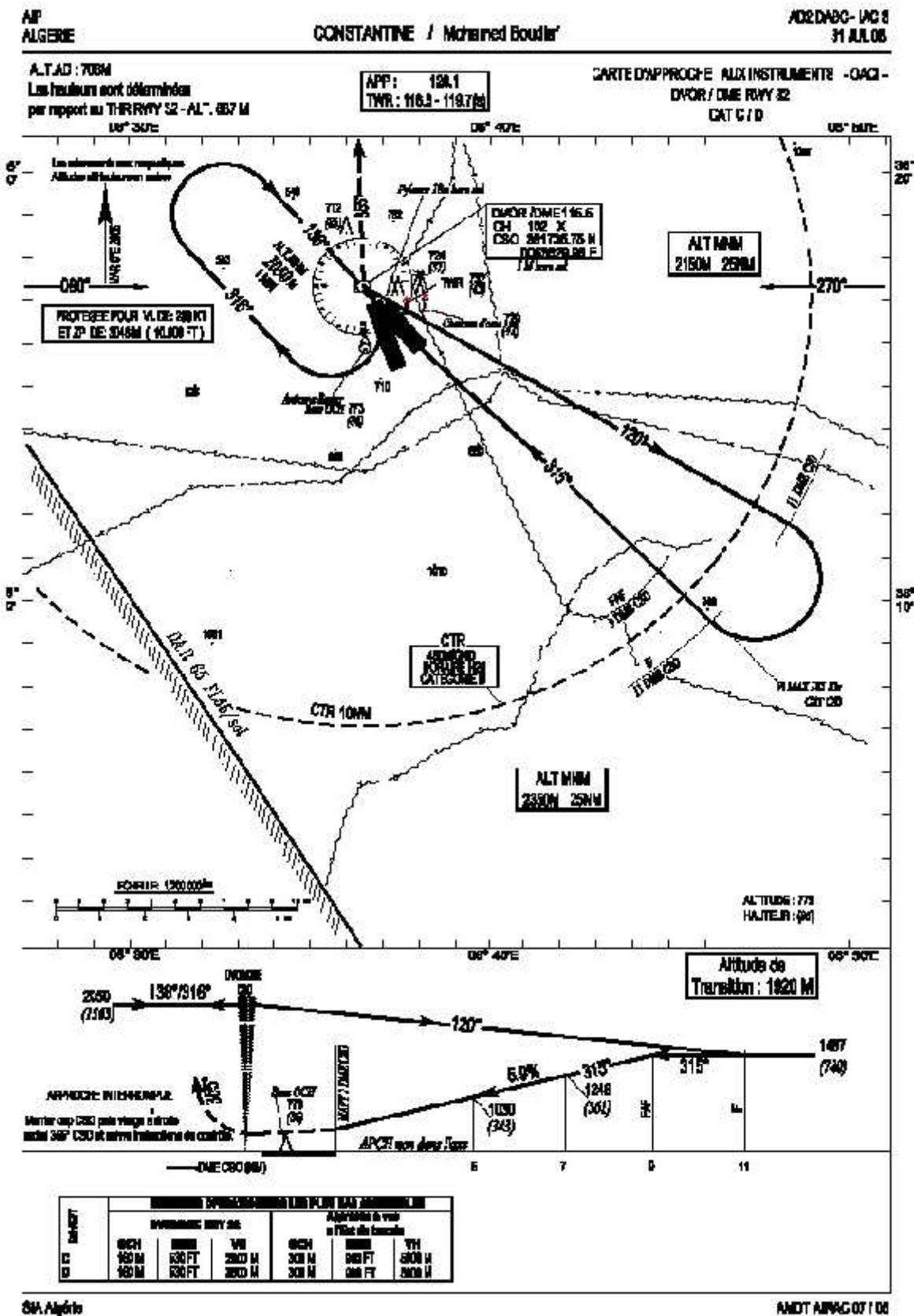
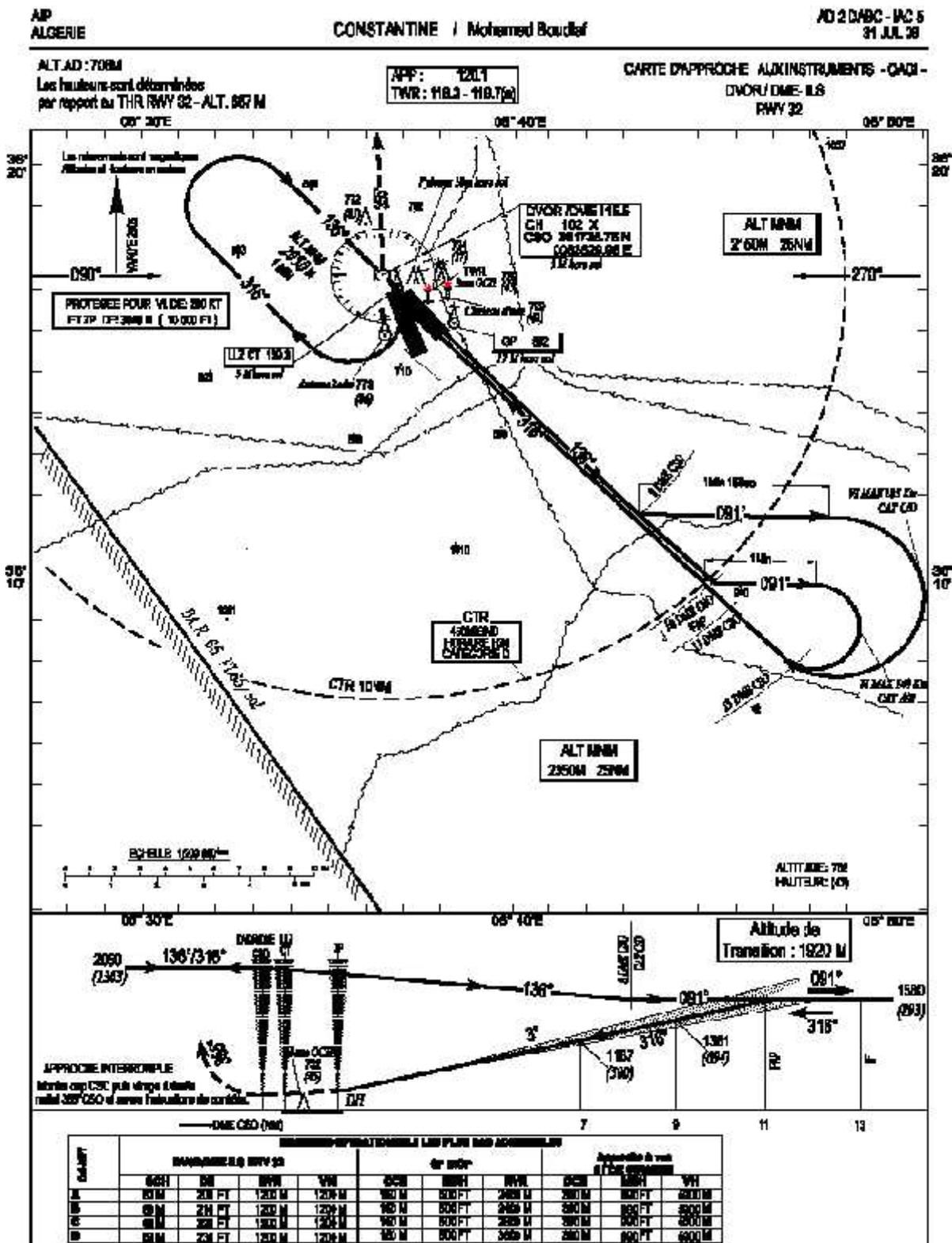


Figure III.6 : Procédure d'approche DVOR/DME/ILS RWY 32



SIA Algérie

AMET ARAIC 07 / 08

I- Performance Based navigation PBN :

Le concept de PBN est fondé sur des technologies qui sont disponibles actuellement et sur l'expérience acquise au cours des années passées durant la mise en œuvre de la RNP et de la RNAV dans différentes régions du monde. En élaborant le concept de PBN, le RNPSORSG a harmonisé certaines spécifications et certains termes concernant la RNAV et la RNP qui se multipliaient et présentaient des difficultés, notamment pour les approbations opérationnelles.

Le concept de PBN comprend des spécifications de navigation non seulement pour les espaces aériens océaniques et isolés mais aussi pour l'espace aérien continental en route, de région terminale et d'approche, que le concept précédent de RNAV et de RNP ne couvrait pas suffisamment.

Il spécifie les exigences de performance du système d'exploitation pour les avions le long d'une route ATS, sur une procédure d'approche aux instruments ou dans un espace aérien désigné.

Elle spécifie les exigences de performance de système en termes de précision, l'intégrité, la disponibilité, la continuité et la fonctionnalité nécessaire pour les opérations proposées dans le cadre d'un concept particulier .

Le PBN représente un changement de base de capteurs de navigation basé sur la performance.

Il ya deux éléments de base d'entrée pour l'application de la PBN :

-  L'infrastructure Navaid.
-  La spécification de navigation.
-  L'application da navigation.

I.1 Avantages de PBN :

la PBN et les éléments indicatifs connexes présentent maintenant une base solide pour la mise en œuvre, offrent de nombreux avantages par rapport aux routes ATS propres aux capteurs et tirent parti des concepts précédents de RNP et de RNAV. Certains de ces avantages sont énumérés ci-après :

- a) la nécessité de maintenir des routes et des procédures propres aux capteurs est réduite ainsi que les coûts connexes ;
- b) il n'est plus nécessaire d'élaborer des opérations et des procédures propres aux capteurs à chaque nouvelle évolution du système de navigation, ce qui était coûteux ;
- c) l'utilisation efficace de l'espace aérien est facilitée ;
- d) véritable harmonie avec la manière dont les systèmes RNAV sont exploités ;
- e) le processus d'approbation opérationnelle est facilité pour les exploitants du fait qu'un ensemble restreint de spécifications de navigation harmonisées sont prévues pour une utilisation à l'échelle mondiale ;
- f) la fonction de navigation est exécutée par de l'équipement embarqué très précis et perfectionné, ce qui permet de réduire le volume de travail dans le poste de pilotage tout en améliorant la sécurité ;
- g) les routes ATS peuvent être conçues pour optimiser les courants de trafic pour un maximum d'efficacité et de capacité, étant donné qu'il n'est pas nécessaire que les routes survolent des emplacements marqués par des aides de navigation classiques ;
- h) les itinéraires d'arrivée et de départ fondés sur la PBN peuvent s'ajouter au guidage radar ou le remplacer, ce qui réduit ainsi le volume de travail des contrôleurs pour les approches et les départs.

II- La différence entre le PBN, la RNAV et RNP :

Le concept de PBN est fondé sur des technologies qui sont disponibles actuellement et sur l'expérience acquise au cours des années passées durant la mise en œuvre de la RNP et de la RNAV dans différentes régions du monde. En élaborant le concept de PBN, le RNPSORSG a harmonisé certaines spécifications et certains termes concernant la RNAV et la RNP qui se multipliaient et présentaient des difficultés, notamment pour les approbations opérationnelles. Le concept de PBN comprend des spécifications de navigation non seulement pour les espaces aériens océaniques et isolés mais aussi pour l'espace aérien continental en route, de région terminale et d'approche, que le concept précédent de RNAV et de RNP ne couvrait pas suffisamment.

Le concept précédent de RNP et de RNAV comportait des prescriptions uniquement en matière de précision. Étant donné que le confinement est non seulement fondé sur la précision mais qu'il comprend aussi l'intégrité fonctionnelle, la continuité et la disponibilité des systèmes, le RNPSORSG a classé les exigences en matière de performance en deux groupes. Les applications de navigation fondée sur les performances sans obligation de surveillance et d'alerte à bord en ce qui concerne les performances sont maintenant désignées RNAV, et les applications prévoyant une obligation de surveillance et d'alerte à bord en ce qui concerne les performances sont maintenant désignées RNP.

Une autre différence importante entre le concept précédent de RNP et de RNAV et le concept PBN est que ce dernier ne renvoie pas seulement aux performances requises du système RNAV, mais aussi :

- a) aux fonctionnalités que le système RNAV doit avoir pour réaliser les performances ;
- b) aux capteurs de navigation à intégrer dans le système RNAV pour réaliser les performances ;
- c) aux exigences visant l'équipage pour réaliser les performances requises du système RNAV.

Les performances postulées des équipements RNAV tiennent en compte de deux niveaux de précision pour la navigation en route.

III Partie - Supplément I

III-1-73

DONNEES OAS ILS ANGLE AL. DFSC. 3,00 DIST. LLZ/SEUIL 3200.

CONSTANTES OAS ILS

CONSTANTES OAS MODIFIEES POUR PIL. AUTOM. CAT II

	CAT I			CAT II			PIL. AUTOM. CAT II		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
W	.078500	.000000	-8.01	.035800	.000000	-6.19	.035800	.000000	-6.19
W*							.042000	.000000	-12.39
X	.027986	.184514	-16.91	.035493	.236106	-21.72	.041852	.278408	-25.62
Y 5.0P	.018125	.258945	-29.77	.025907	.369921	-42.53	.025907	.369921	-42.53
I	-.050000	.000000	-45.00	-.050000	.000000	-45.00	-.050000	.000000	-45.00
Y 4.0P	.020449	.241458	-26.75	.028391	.335236	-37.14	.028391	.335236	-37.14
Z	-.040000	.000000	-36.00	-.040000	.000000	-36.00	-.040000	.000000	-36.00
Y 3.0P	.022886	.223047	-23.57	.030861	.300768	-31.78	.030861	.300768	-31.78
Z	-.030000	.000000	-27.00	-.030000	.000000	-27.00	-.030000	.000000	-27.00
Y 2.5P	.024252	.212726	-21.78	.032184	.282298	-28.91	.032184	.282298	-28.91
Z	-.025000	.000000	-22.50	-.025000	.000000	-22.50	-.025000	.000000	-22.50
Y 2.0P	.025666	.202040	-19.93	.033910	.263785	-26.03	.033910	.263785	-26.03
Z	-.020000	.000000	-18.00	-.020000	.000000	-18.00	-.020000	.000000	-18.00

COORDONNEES GABARIT OAS (M)

	ALTITUDE DU SEUIL CAT I		CAT II		PIL. AUTOM. CAT II	
	X	Y	X	Y	X	Y
C	281	49	173	66	173	66
D	-286	135	-286	135	-286	135
E 5.0P	-900	178	-900	178	-900	178
4.0P	-900	187	-900	187	-900	187
3.0P	-900	198	-900	198	-900	198
2.5P	-900	205	-900	205	-900	205
2.0P	-900	213	-900	213	-900	213

	HAUTEUR 300 M CAT I		HAUTEUR 150 M CAT II		HAUTEUR 150 M** PIL. AUTOM. CAT. II	
	X	Y	X	Y	X	Y
C	10807	78	4362	71	3866	49
C**					1000	48
D**5.0P	5438	892	2576	340	1373	424
E	-4900	1756	-3900	793	-3900	793
D**4.0P	5438	892	2576	340	1105	464
E	-8400	2064	-4650	952	-4650	952
D**3.0P	5438	892	2576	340	553	547
E	-10900	2569	-5900	1209	-5900	1209
D**2.5P	5438	892	2576	340	-81	643
E	-12900	2983	-6900	1420	-6900	1420
D**2.0P	5438	892	2576	340	-1568	856
E	-15900	3603	-8400	1734	-8400	1734

P = POURCENTAGE

** NOTE

LES COORDONNEES C** SONT CELLES DU GABARIT A LA HAUTEUR DE 29,6M C'EST-A-DIRE A L'INTERSECTION DES SURFACES W ET W* (PIL. AUTOM. CAT II SEULEMENT)

11/11/93

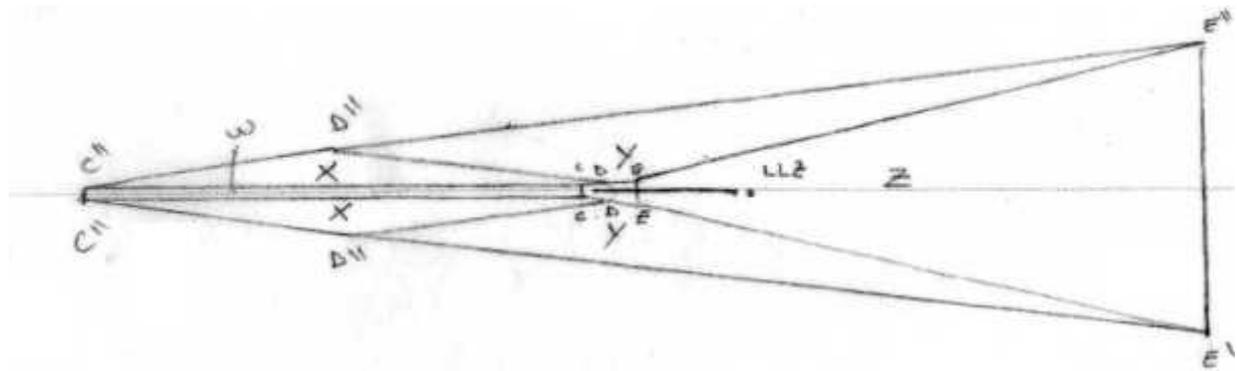


Figure V-1-Contours des OAS

Tableau -1 : vitesse pour le calcul des procédures (Km /h)

Catégorie d'aéronefs	V _a	Vitesse d'approche initiale	Vitesse d'approche finale	Vitesse maximale pour manoeuvres à vue (approche indirecte)	Vitesse maximale pour approche interrompue	
					Intermédiaire	Finale
A	<169	165/280(205*)	130/185	185	185	205
B	169/223	220/335(260*)	155/240	250	240	280
C	224/260	295/445	215/295	335	295	445
D	261/306	345/465	240/345	380	345	490
E	307/390	345/467	285/425	445	425	510

V_a — Vitesse au seuil égale à 1,3 fois la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale à l'atterrissage certifiée.

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

Note.— Les valeurs des vitesses V_a de la première colonne du Tableau III-1-1 sont les conversions exactes de celles du Tableau III-1-2, car elles déterminent la catégorie d'aéronef. Les valeurs figurant dans les autres colonnes sont converties et arrondies, pour des motifs d'exploitation, au plus proche multiple de 5, et sont considérées comme équivalentes du point de vue de la sécurité.

Tableau -2: Vitesses pour le calcul des procédures (KT)

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

V_a — Vitesse au seuil égale à 1,3 fois la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale à l'atterrissage certifiée.

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

Note.— Les valeurs des vitesses V_a de la première colonne du Tableau III-1-1 sont les conversions exactes de celles du Tableau III-1-2, car elles déterminent la catégorie d'aéronef. Les valeurs figurant dans les autres colonnes sont converties et arrondies, pour des motifs d'exploitation, au plus proche multiple de 5, et sont considérées comme équivalentes du point de vue de la sécurité.

Tableau -3: Vitesses indiquée

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 280 kt ou MACH 0,8
210 à 340	265	
supérieure à 340	MACH 0,83	MACH 0,83

* vitesse indiquée pour Cat. A et B.

Tableau-4 : Tolérance totale du système et demi-largeurs d'aire pour les récepteurs GNSS

	LAWP ⁽¹⁾ (km/NM)	LAWP ⁽²⁾ (km/NM)	Repère sur segment initial (km/NM)	IWP (km/NM)	FAWP (km/NM)	MAWP (km/NM)	Repère sur segment d'approche interrompue ou procédure de départ (km/NM)
Précision du système de navigation (3)	0,23/0,12	0,23/0,12	0,23/0,12	0,23/0,12	0,23/0,12	0,23/0,12	0,23/0,12
Limite d'alerte du moniteur d'intégrité (3)	3,7/2,0	1,9/1,0	1,9/1,0	1,9/1,0	0,6/0,3	0,6/0,3	1,9/1,0
Délai d'alerte	30 s	10 s	10 s	10 s	10 s	10 s	10 s
FTT	3,7/2,0	0,9/0,5	0,9/0,5	0,9/0,5	0,6/0,3	0,4/0,2	0,9/0,5
ATT	3,7/2,0	1,9/1,0	1,9/1,0	1,9/1,0	0,6/0,3	0,6/0,3	1,9/1,0
XTT	7,4/4,0	2,8/1,5	2,8/1,5	2,8/1,5	1,1/0,6	0,9/0,5	2,8/1,5
Demi-largeur de l'aire	14,8/8,0	9,3/5,0 (4)	9,3/5,0 (4)	9,3/5,0 (4)	3,7/2,0 (5)	1,9/1,0	9,3/5,0 (4)

ATT = limite d'alerte du moniteur d'intégrité (IMAL)

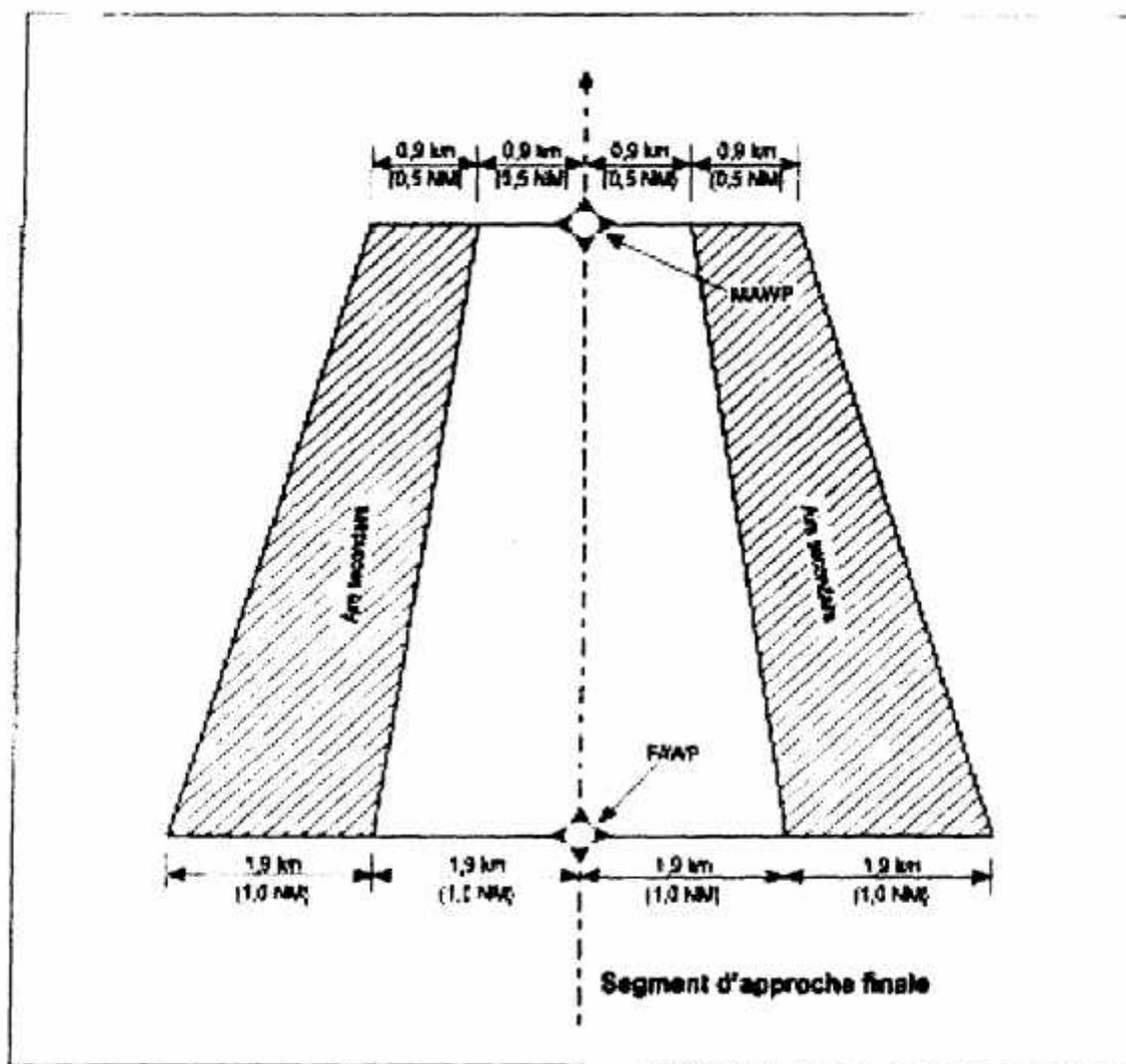
XTT = IMAL + FTT

demi-largeur de l'aire = 2 XTT

Notes.—

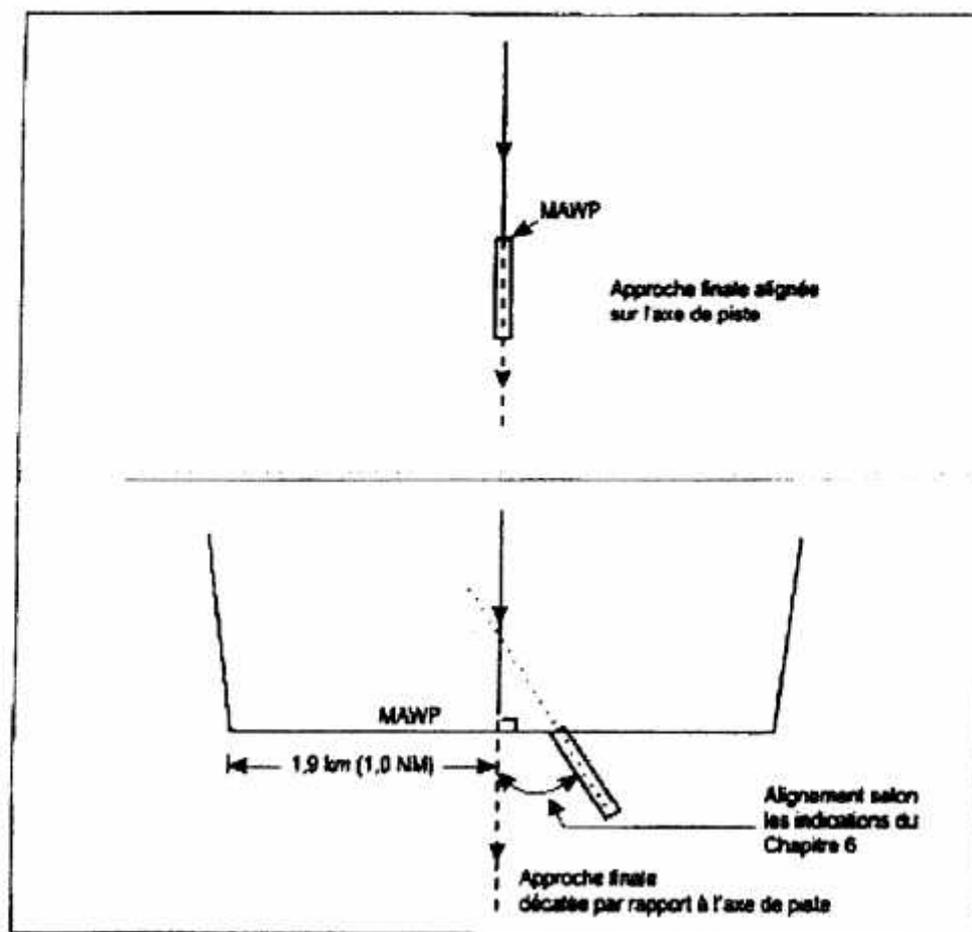
1. Systèmes fonctionnant avec sensibilité d'affichage de 9,3 km (5,0 NM) et RAIM de 3,7 km (2,0 NM) jusqu'au survol de l'IAWP.
2. Systèmes fonctionnant avec sensibilité d'affichage de 1,9 km (1,0 NM) et RAIM de 1,9 km (1,0 NM) jusqu'au survol de l'IAWP.
3. Comprend toutes les tolérances de calcul de système.
4. Fondée sur les essais en vol, qui comprennent des virages sur le segment d'approche initiale, l'évaluation opérationnelle incite à conserver 9,3 km (5,0 NM) à la place de 2 XTT lorsqu'on utilise des récepteurs GNSS de base, sauf lorsque des dispositions du Supplément K à la III^e Partie sont appliquées.
5. Fondée sur des essais en vol.

Segment d'approche finale :



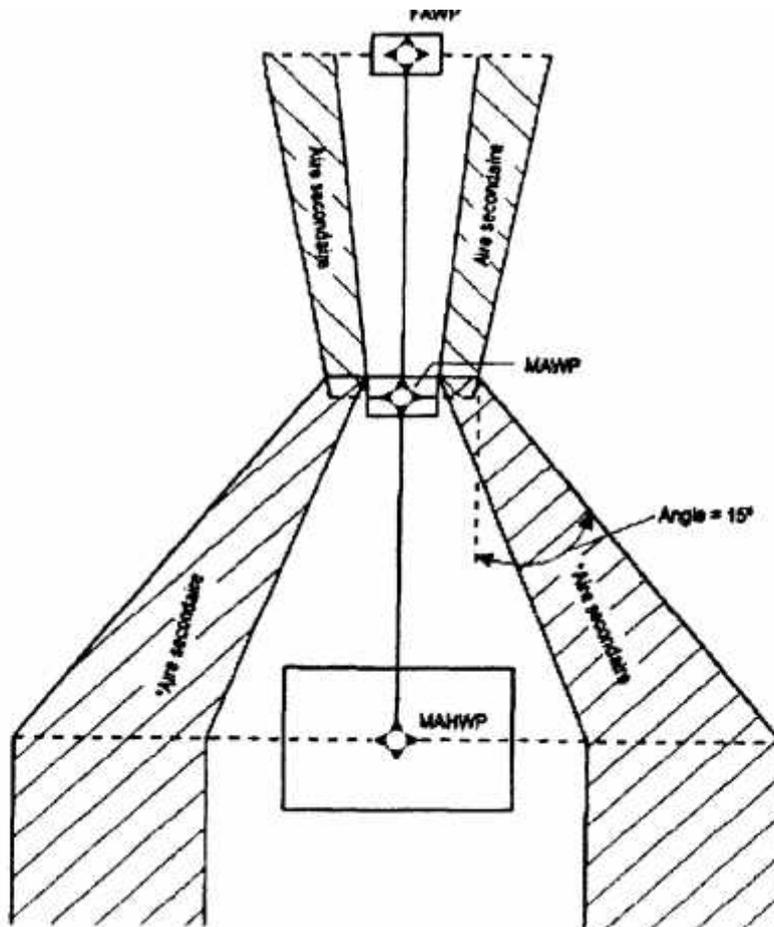
Segment d'approche finale

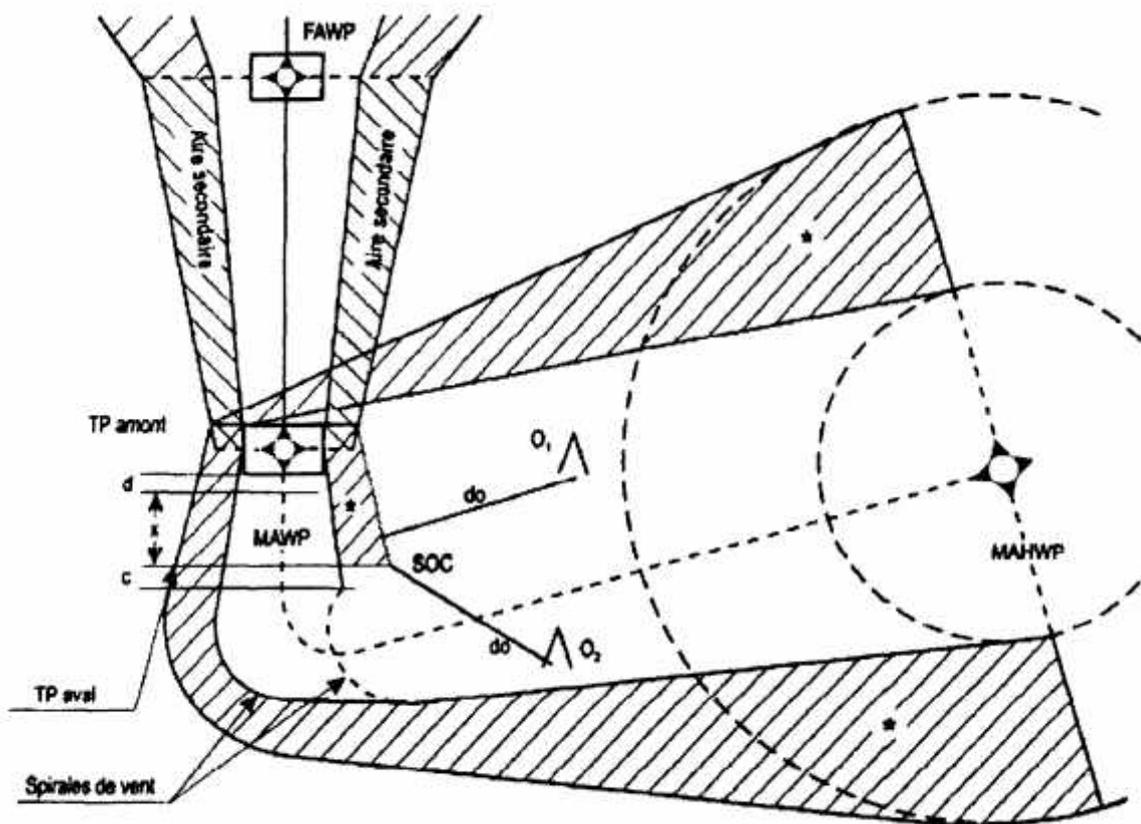
Emplacement du MAWP :



Emplacement du MAWP

Segment d'approche interrompue :



Approche interrompue curviligne :**Approche interrompue curviligne**

Supplément E à la III^e Partie

RAYONS ET VITESSES ANGULAIRES DE VIRAGE ET SPIRALE DE VENT

1. CALCUL DES PARAMÈTRES DE VIRAGE

Dans plusieurs phases de la construction d'une procédure il est nécessaire de calculer les rayons de virage correspondant à une valeur donnée de vitesse vraie et d'angle d'inclinaison latéral avec la possibilité de tenir compte d'une limite de vitesse angulaire de virage de 3°/s (vitesse angulaire de virage normalisée). La valeur de l'accélération de la pesanteur utilisée implicitement dans les formules est de 9.80665 m/s² (68625 NM/h²); $\pi = 3,1416$.

2. RAYONS DE VIRAGE

Le rayon de virage r en km (NM) peut être calculé comme suit:

- a) Calculer la vitesse angulaire de virage R (en degrés/seconde) pour l'angle d'inclinaison latéral α (en degrés) et la vitesse vraie en km/h (kt) spécifiés:

$$R = \frac{6355 \lg \alpha}{\pi V} \text{ degrés/s (avec } V \text{ en km/h)}$$

$$R = \frac{3431 \lg \alpha}{\pi V} \text{ degrés/s (avec } V \text{ en kt)}$$

- b) Si la valeur calculée de R dépasse 3°/s, utiliser la valeur de 3°/s dans les calculs ultérieurs.
- c) Calculer le rayon de virage r :

$$r = \frac{V}{20 \pi R} \text{ km (NM) (} V \text{ in km/h [kt])}$$

3. CALCUL DE L'EFFET DU VENT AU COURS DU VIRAGE

Pour la construction des aires de virage, il faut tenir compte de l'effet d'un vent pour un changement de cap de 90° (E exprimé

en km [NM]). Cette valeur de vitesse du vent w en km/h (kt) peut être calculée comme suit:

$$E = \frac{w}{40R} \text{ km (NM)}$$

4. AUTRES EXPRESSIONS

Les équations ci-dessus peuvent également être exprimées sans utiliser le paramètre R pour la vitesse angulaire de virage, en fonction de l'angle d'inclinaison latéral α , de la vitesse du vent w (en km/h [kt]) et de la vitesse vraie V (en km/h [kt]):

$$r = \frac{V^2}{127094 \lg \alpha} \text{ km}$$

$$r = \frac{V^2}{68625 \lg \alpha} \text{ NM}$$

$$E = \frac{\pi w V}{254168 \lg \alpha} \text{ km}$$

$$E = \frac{\pi w V}{137240 \lg \alpha} \text{ NM}$$

5. EXEMPLE DE CONSTRUCTION D'UNE SPIRALE DE VENT

La Figure III-E-1 a été calculée en admettant:

- a) un vent omnidirectionnel de 56 km/h (30 kt);
- b) une altitude de 600 m (1 970 ft);
- c) une vitesse finale d'approche interrompue de 490 km/h (265 kt).

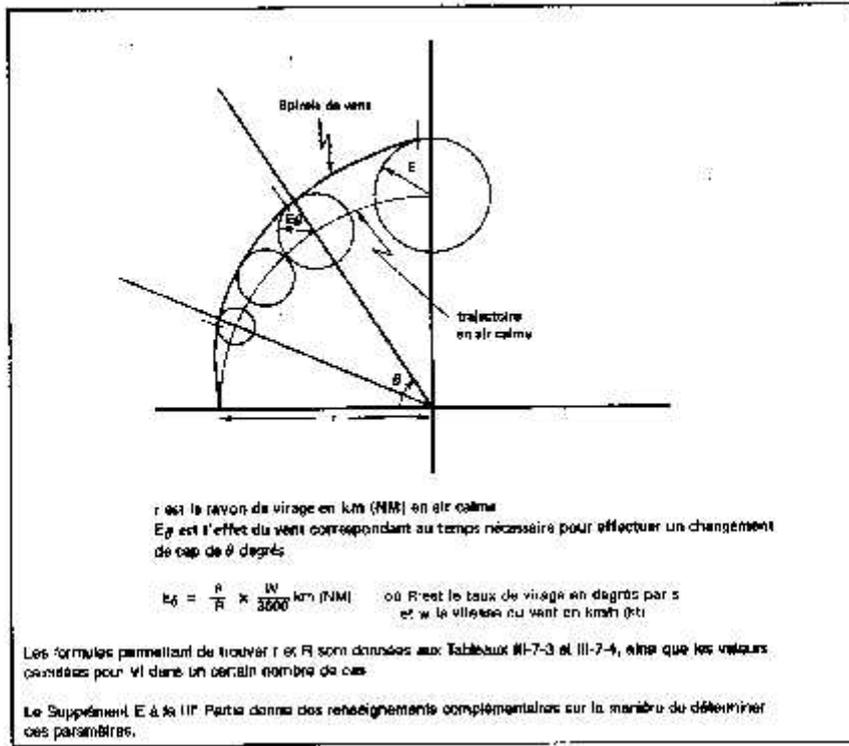


Figure III-7-14. Spirale de vent

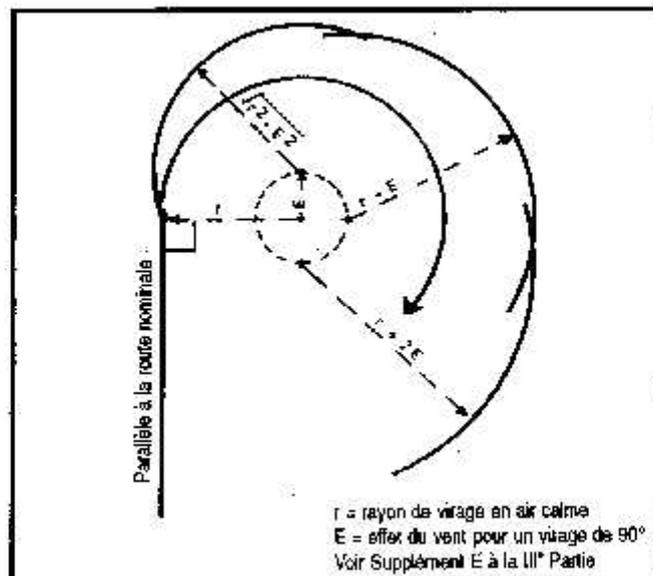


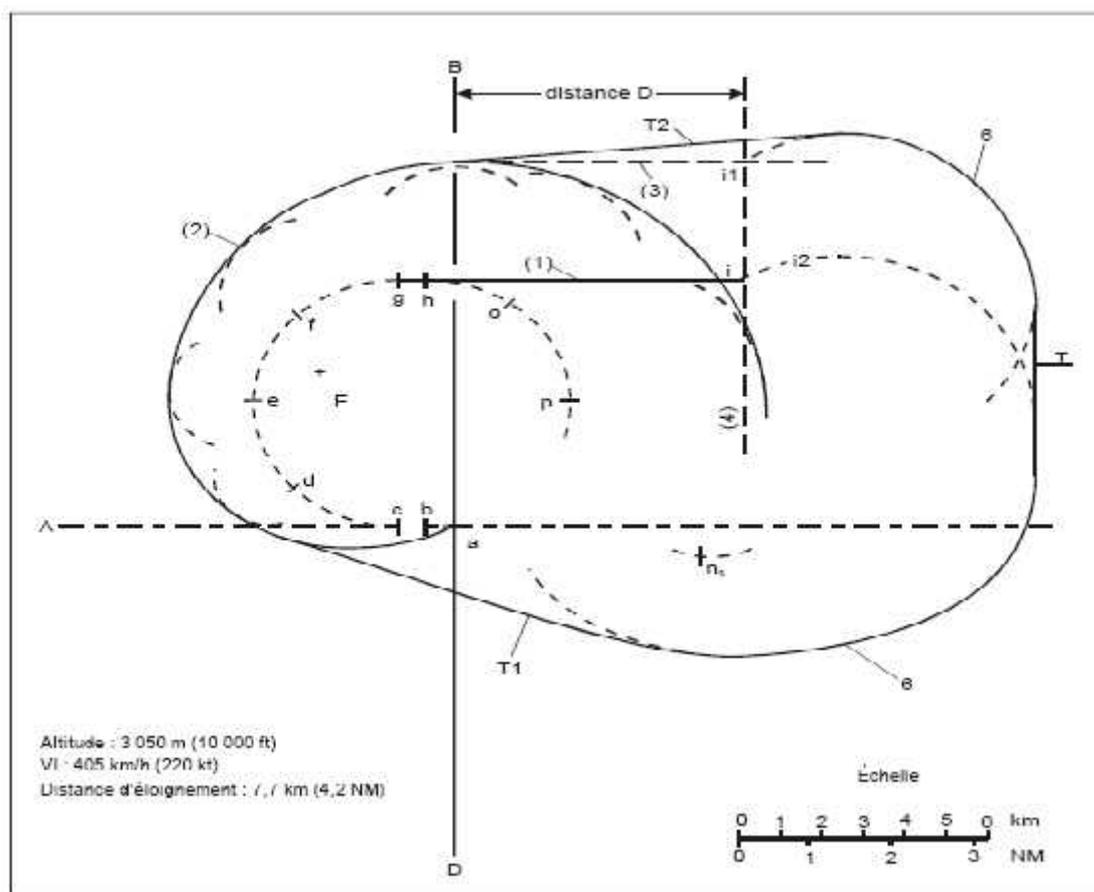
Figure III-7-15. Construction d'une spirale de virage simplifiée

1-Tracé du gabarit :

- choisir la distance d'éloignement : D est la longueur du parcours d'éloignement ; D sera au moins égale à un diamètre de virage, arrondi au km (NM) supérieur ;
- tracer la trajectoire nominale ; situer le point « i » à la fin du parcours d'éloignement ;
- tracer la protection d'un virage de plus de 180° comme dans le cas d'un gabarit conventionnel ;
- tracer une parallèle à la trajectoire d'éloignement, tangente à la ligne 2 ;
- à partir de « i », tracer une perpendiculaire à la trajectoire d'éloignement ;
- les lignes 3 et 4 se coupent en i1 ;
- placer le point « a » du gabarit conventionnel sur « i », puis sur « i1 », l'axe étant parallèle au parcours d'éloignement et, dans les deux cas, tracer la protection d'un virage de plus de 180° ; tracer la tangente T à ces protections ;
- tracer la tangente T1 entre la ligne 6 et la ligne 2 ;
- tracer la tangente T2 entre la ligne 2 et la ligne 6 ;
- situer le point E sur le gabarit formules ci-après pour XE et Appendice C, § 3.3.2.2.4.7) :

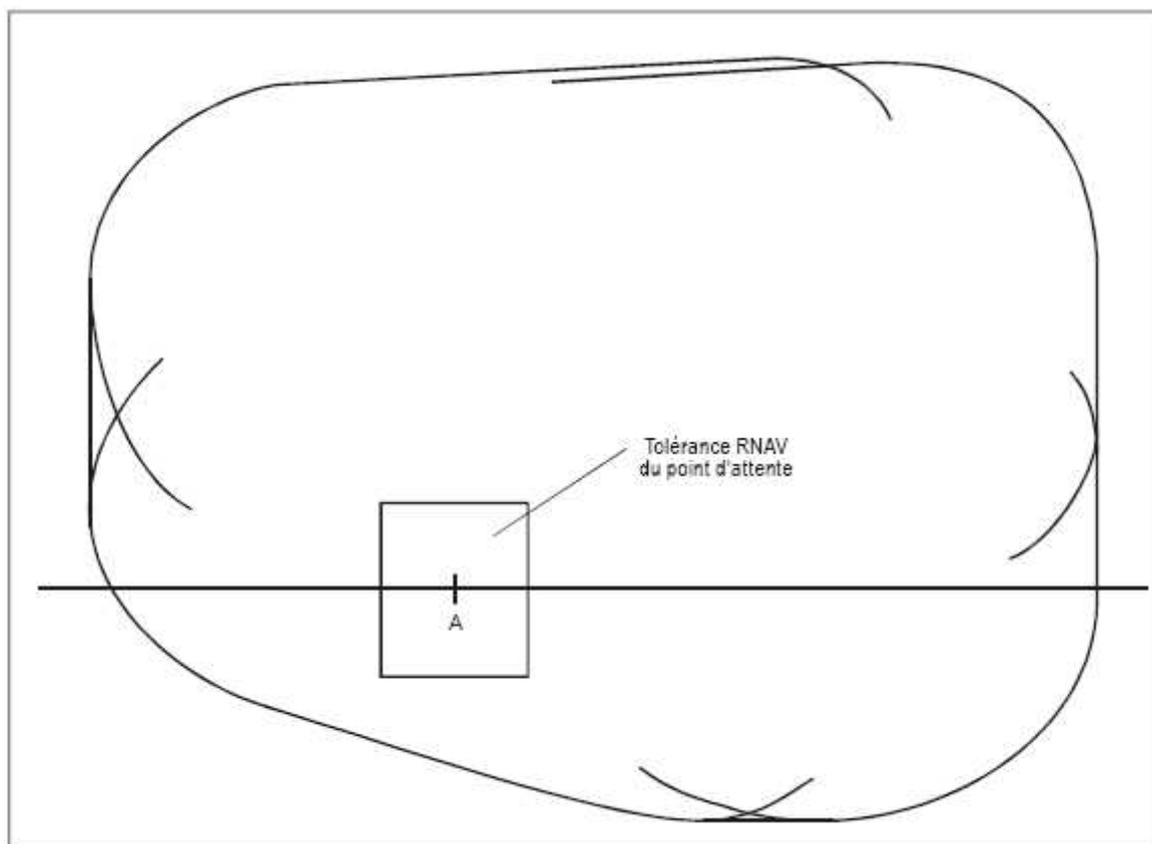
$$XE = 2r + D + 11v + (11 + 90/R + 11 + 105/R) * W'$$

$$YE = 11v \cdot \cos 20^\circ + r \cdot \sin 20^\circ + r + (11 + 20/R + 90/R + 11 + 15/R) * W'$$



2-Le tracé de l'aire de base :

- a) *Aire de tolérance de point d'attente.* Tracer autour du point d'attente A la tolérance de repère RNAV associée à ce point.
- b) *Construction de l'aire de base.* Déplacer l'origine « a » du gabarit RNAV autour de l'aire de tolérance RNAV du point d'attente A.



3-Zone tampon :

Tracer le cercle centré sur A passant par A1 et A3 ; appliquer la même méthode que celle qui est expliquée dans le DOC 8168 dans le supplément C ;

3-156

Procédures — Exploitation technique des aéronefs — Volume II

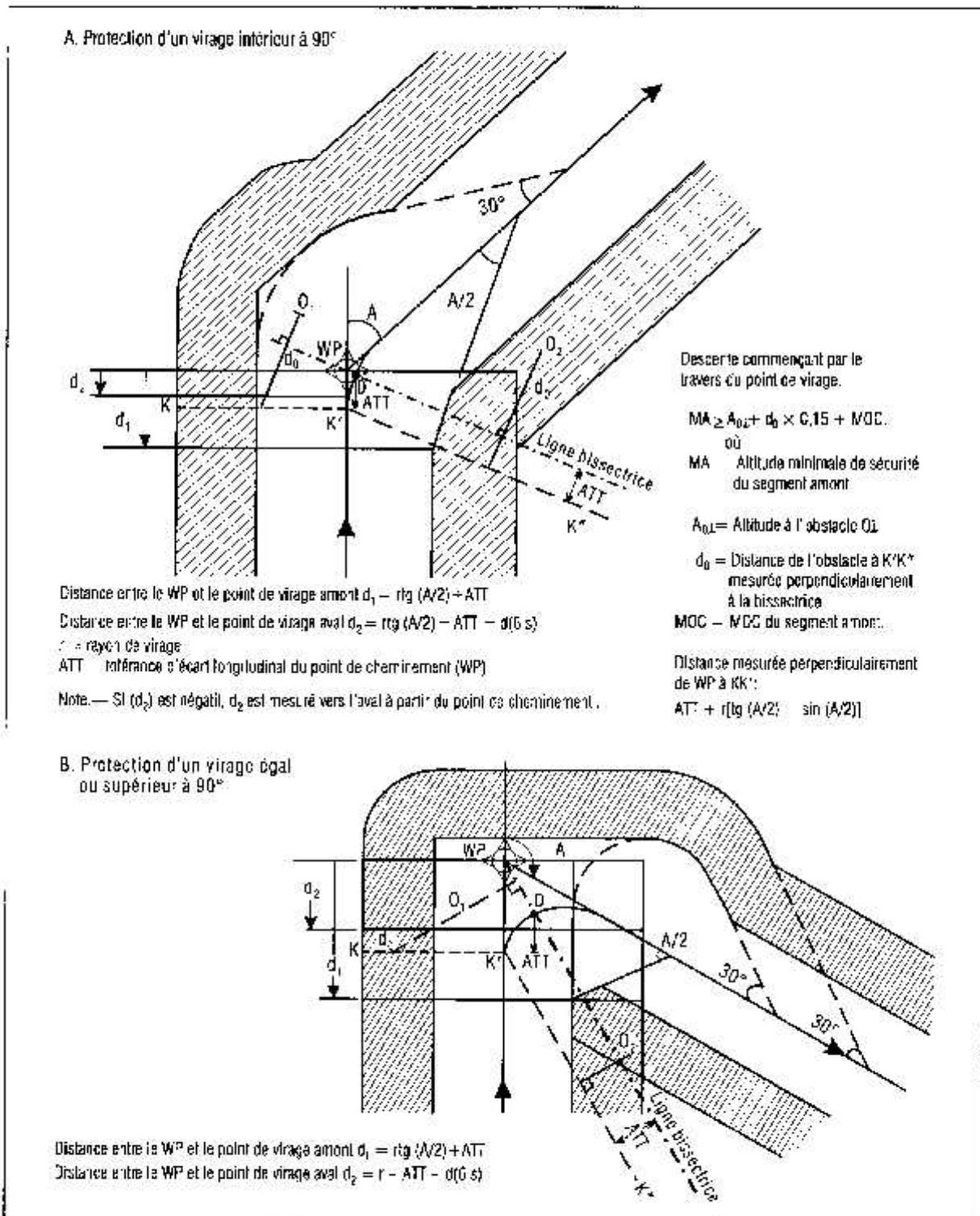


Figure III-31-3. Protection d'un virage de plus de 30°

5/11/98
 N° 10