



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA -1-

Institut d'aéronautique et d'études spatiales

Spécialité : les Opérations Aériennes

Mémoire de fin d'étude

Thème :

***ELABORATION D'UNE PROCEDURE RNP APCH
CONFIGURATION EN « Y » POUR L'AERODROME D'ORAN
AHMED BEN BELLA « ES SENIA »***

ENCADRE PAR :

Ms, ELALOUANI MOHAMED

Ms, ZABOT AMAR

PRESENTE PAR :

Mlle , STAMBOULI SARAH

Mlle, AMMOUR MEHDIA

Promotion 2017

RESUME

L'objectif de notre travail est d'élaborer une nouvelle procédure d'approche RNAV appuyée sur le GNSS pour la piste 25 R de l'aérodrome d'Oran/Ahmed ben Bella.

Cependant, le but aussi est de réaliser des approches aux instruments appelées SBAS et APV/ Navigation verticale barométrique (BRO –VNAV).

Grâce à l'étude détaillée sur la situation du site en question, notre travail s'efforcera d'atteindre l'objectif souhaité.

ABSTRACT

The purpose of our work is to develop a new RNAV approach procedure based on GNSS for Runway 25R at Oran / Ahmed ben Bella aerodrome.

However, the aim is also to develop instrument approaches called SBAS and APV / Vertical Barometric Navigation (BRO-VNAV).

Thanks to the detailed study of the situation of the site in question, our work will endeavor to achieve the desired objective

ملخص

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que toute notre reconnaissance à notre parrain à L'ENNA, **Monsieur ELALOUANI Mohamed**, qui nous a fait bénéficier de son-savoir-faire, de ses conseils inestimables, de son entière disponibilité et pour l'intérêt manifeste qu'il a porté à ce projet.

Nous tenons également à exprimer notre respect et remerciement à, **Monsieur Amer Zobot**, notre encadrant de l'institut d'aéronautique et des études spéciale qui n'a épargné aucun moyen pour nous aider et soutenir, et aussi pour ses conseils précieux et sa disponibilité sans faille.

Nous tenons à remercier plus particulièrement, **Monsieur Ahmed Razali**, Contrôleur d'approche de l'aéroport d'Oran, qui nous a été d'un très grand secours, et qui nous a guidé dans nos recherches, aucun expressions ne serait jamais forte pour lui exprimer toute notre gratitude.

Nous tenons également à remercier, **Notre professeur lahrache BAHIA** de son aide si précieuse .

Nous adressons nos vifs remerciements à nos professeurs du département Aéronautique, ainsi qu'aux membres du jury qui nous honorent de leur présence.

Enfin, nous remercions tous ceux dont nous n'avons pas cité le nom, et qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à celle qui s'inquiète toujours pour moi, et qui m'a élève, veillé sur moi, aimé, et entouré d'affection, et de tendresse, qui m'a soutenu durant mes années d'études,

Ma très chère mère.

A celui qui est mon fondateur par son exemple d'éducation, et qui est toujours présent à mes côtés en toutes circonstances

Mon chère père.

A mes très chères frères et cousines , Aida Maazouzi, Gatita la fiel, Zahira Cherchal , En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

A tout ma famille Stambouli,

A mes ami(e)s,

« Sarah stambouli »

Table des matières

Résumé	
Remerciement	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Nomenclatures	
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l’Etablissement	
I.1. Présentation de l’établissement d’accueil « l’ENNA ».....	3
I.2. Historique	3
I.3. Missions de l’ENNA	5
I.4. Organisation de l’ENNA.....	5
I.5. Direction de l’Exploitation de la Navigation Aérienne (DNA)	7
I.5.1. Le Département de la Circulation Aérienne (DCA).....	8
I.5.2. Le Département de l’Information Aéronautique (DIA)	8
I.5.3. Centre de Contrôle Régional (CCR)	9
I.5.4. Département Télécommunication Aéronautique (DTA).....	9
I.5.5. Département Technique (DT)	9
I.5.6. Département Système (DS)	10
I.6. Les moyennes techniques	10
I.6.1. Moyens de radionavigation	10
I.6.2. Moyens de communication	10
I.6.3. Moyens de surveillance	10
I.6.4. Support de télécommunication Alloué auprès D’Algérie télécom	11

Table des matières

Chapitre II : Le concept de Navigation fondée sur les performances (PBN)

II.1. Introduction	12
II.2. Historique de la Navigation fondée sur les performances	12
II.3. La navigation de surface RNAV	12
II.4. La performance de navigation requise (RNP)	13
II.5. La Navigation fondée sur les performances (PBN).....	13
II.6. Origine de la PBN	14
II.7. Contexte de la PBN	15
II.8. Applications PBN	16
II.9. La spécification de navigation	17
II.10. Portée de la navigation fondée sur les performances	18
II.10.1. Performance latérale	18
II.10.2. Performance verticale	19
II.11. Systèmes RNAV et RNP	19
II.12. Les exigences fonctionnelles de la navigation	20
II.13. Les critères de performance de navigation	21
II.14. RNAV GNSS	21
II.14.1. GNSS (Global Navigation Satellite System)	21
II.14.2. Augmentation GNSS	21
II.14.3. Utilisation opérationnelle d'un récepteur GNSS	24
II.15. Opérations PBN et senseurs	24
II.16. Avantages de la PBN	25
II.17. Objectifs en matière de pbn de 2018-2022 pour les procédures d'approche	25
II.18. Conclusion	26

Chapitre III : Généralités sur les procédures d'approche

III.1. Introduction..	27
III.2. Différentes phases d'une procédure d'approche..	27
III.2.1 Arrivée	28

Table des matières

III.2.1.1. Altitudes minimales de secteur (MSA).....	28
III.2.1.2. Altitudes d'arrivée en région terminale (TAA)	29
III.2.1.3. Routes spécifiées d'arrivée	29
III.2.2. Procédure d'attente	29
III.2.3 Segment d'approche Initiale	30
III.2.4. Segment d'approche Intermédiaire	30
III.2.5. Segment d'approche Final	31
III.2.6. Approche interrompue	31
III.3. Procédure d'approche aux instruments	32
III.3.1. Procédure d'approche classique (NPA).....	32
III.3.2. Approche de précision PA.....	33
III.3.3. Procédure d'approche avec guidage vertical (APV)	34
III.4. Procédures d'approche RNP APCH	34
III.4.1. Typologie de l'approche RNP	34
III.4.2. Approche « Basique» dite RNP APCH.....	34
III.4.3. Approche RNP AR APCH	34
III.5. Types de procédure RNP APCH	35
III.5.1. Une procédure d'approche finale de type NPA	35
III.5.2. Une procédure d'approche finale de type APV.....	35
III.5.3. Procédures APV / Baro VNAV	36
III.5.3.1. Performances du système « Baro-VNAV »	36
III.5.4. Procédure APV /SBAS	37
III.6. Utilisation des procédures RNP APCH	37
III.7. Les avantages des procédures RNP APCH	38
Chapitre IV : Les Règles d'établissements des procédures RNP APCH	
IV.1. Introduction	39
IV.2. Longueur minimale d'un segment limité par deux points de cheminement	39
IV.2.1. Détermination de La Longueur Minimale du Segment RNAV	40

Table des matières

IV.3. Composantes de l'erreur totale	41
IV.3.1. La navigation latérale	41
IV.3.2. la navigation longitudinale	42
IV.3.3. Erreur Technique De Vol	43
IV.4. XTT et ATT pour spécifications de navigation RNP	43
IV.4.1. Les critères RNP APCH	44
IV.5. XTT et ATT pour spécifications RNAV	44
IV.5.1. Calcul de XTT & ATT pour l'application RNP & RNAV	44
IV.5.2. Valeurs Tampon	45
IV.6. Aire de protection d'un segment rectiligne	46
IV.6.1. demi –largeurs d'aire	46
IV.6.2. Aires secondaire	47
IV.6.3. Fusion de segments de largeurs différente	47
IV.6.4. Fusion des aires aux interfaces entre phases de vol	47
IV.7. Repère	48
IV.7.1. Identification de repères	48
IV.7.2. Repères de descente	48
IV.7.3. Repères supplémentaires à l'intérieur d'un segment rectiligne	48
IV.8. Calculs de pente de descente	49
IV.8.1. Calcul de la distance de trajectoire « TRD »	49
IV.9. comparaison des aires de protection des procédures PBN et des procédures conventionnelles	50
IV.9.1. aires de protection	50
IV.9.1.1. principe des aires secondaires	50
IV.9.1.2. aire de protection des procédures RNAV	51

Table des matières

IV.9.1.3. aire de protection des procédures conventionnelles	51
IV.9.1.4. superposition des aires RNAV/ conventionnelles	52
IV.10. construction des procédures RNAV avec configuration en T ou en Y	55
IV.10.1. Région d'interception	55
IV.10.2. Altitude d'arrivée en région terminale (TAA)	57
IV.10.3. Déterminations de l'altitude minimale d'arrivée en région terminale	58
IV.10.4. Arcs De Palier De Descente De TAA Et Sous-secteurs	58
IV.11. Protection des virages et évaluation des obstacles	59
IV.11.1. Méthodes de construction d'un virage	59
IV.11.2. Évaluation d'obstacles	61
IV.12. Navigation verticale barométrique (APV / BARO-VNAV)	62
IV.12.1. Angle de trajectoire verticale (VPA)	63
IV.12.2. Segment APV	64
IV.12.3. Les OAS APV	64
IV.12.3.1. Rapport entre les OAS APV et les critères LNAV	65
IV.12.3.2. Définition des OAS	65
IV.12.4. Surface d'approche finale (FAS).....	66
IV.12.4.1. Détermination de la température minimale à promulguer	66
IV.12.4.2. Calcul de l'angle et de l'origine de la surface d'approche finale	67
IV.12.5. Plan horizontal	67
IV.12.6. Surfaces d'approche interrompue(Z)	67
IV.12.7. Détermination de l'OCH pour les obstacles à l'approche et à l'approche interrompu	68
IV.12.8. Calcul de l'OCA/H dans le segment APV	69
IV.13. Procédure APV de catégorie I SBAS	70

Table des matières

IV.13.1. Hypothèses relatives aux approches SBAS	70
IV.13.2. Principales caractéristiques APV SBAS	70
IV.13.3. Critères SBAS	71
IV.13.4. Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H)	71
IV.13.5. Segment APV SBAS	71
IV.13.6. Fin du segment APV	71
IV.13.7. Franchissement d'obstacles dans le segment APV, SBAS	72
IV.13.8. Définition des OAS SBAS	72
IV.13.9. Cadre de référence	73
IV.13.10. Détermination de l'OCA/H	74
IV.13.10.1. Détermination des obstacles à l'approche et à l'approche interrompue ...	74
IV.13.10.2. Calcul de l'OCA/H	75
IV.13.11. Fin du segment APV	75
IV.14. Procédure d'attente en RNAV	76
IV.14.1. Critères utilisés pour les procédures d'attente en RNAV	76
IV.14.2. Equipement	76
IV.14.3. Emplacement et nombre des circuits d'attente	77
IV.14.4. Types d'attente en RNAV	77
IV.14.4.1. Attente en RNAV avec un seul point de cheminement	77
IV.14.4.2. Attente dans une aire RNAV	78
IV.14.5. Procédures d'entrée	79
IV.15. construction de l'aire d'attente	79
 Chapitre V : ELABORATION D'UNE PROCEDURE RNP APCH POUR L'AERODROME D'ORAN AHMED BEN BELLA	
V.1. Introduction.	80

Table des matières

V.2. Présentation de l'aéroport d'Oran Ahmed Ben Bella.....	80
V.3. Contexte de l'étude.....	80
V.4. Emplacement de l'aérodrome	81
V.5. Caractéristiques physiques des pistes	81
V.5.1. Types des pistes	82
V.5.1.1. Piste 25R/07L	82
V.5.1.2. choix de la Piste 25R pour élaborer la nouvelle procédure	82
V.6. Les instruments de radionavigation	83
V.7. Environnement aéronautique	84
V.7.1. Espace Aérien	84
V.7.2. Les obstacles de l'aérodrome	85
V.8. Les procédures existantes	85
V.8.1. Procédures d'approche aux instruments	85
V.8.2. Le service de contrôle d'approche d'Oran	85
V.9. Circuit d'attente « stack »	86
V.10. Consignes locales	86
V.11. Contraintes existantes au niveau de la CTA d'Oran	86
V.12. Statistiques du trafic aérien	87
V.12.1. Trafic passagers	87
V.12.1.1. Réseau Domestique	88
V.12.2. Réseau international	88
Partie A : ELABORATION DE PROCEDURE D'APPROCHE LNAV	
A.1. Attente point fixe	89
A.1.1. Construction de procédure d'attente Point fixe	89
A.1.1.1. Paramètres du circuit d'attente	89
A.1.1.2. Construction de gabarit d'attente	89

Table des matières

A.1.1.3. Construction d'Aire de base d'une attente	90
A.1.1.4. Construction des aires d'entrées	90
A.2. Procédure d'attente	90
A.2.1. Evaluation d'obstacle dans l'aire d'attente	90
A.2.2. Arrivée	91
A.2.2.1. les Arrivées en Régions Terminale TAAs	91
A.2.2.2. Détermination de l'altitude minimale de secteur MSA	92
A.3. Les Segment de procédure « LNAV »	93
A.3.1. Segment d'approche initiale	93
A.3.2. Segment d'approche intermédiaire	95
A.3.3. Segment d'approche finale	96
Partie B : ETUDE DE SEGMENT APV BARO (VNAV)	
B.1. Le segment APV BARO(VNAV)	102
B.1.1. Données générales	102
B.1.2. Donnée d'Aéronef	103
B.2. Détermination des éléments basiques de la procédure	103
B.2.1. Calcul des tolérances et des aires de protection	103
B.2.2. OAS APV	103
B.2.3. Calcul de l'angle de FAS	105
B.2.4. Calcul de l'origine	105
B.2.5. Détermination de l'équation de la FAS	106
B.2.6. Détermination de la surface d'approche interrompue intermédiaire Zi	106
B.2.6.1. Calcul de la XZi Origine de la surface Zi	106
B.2.7. Détermination de la surface d'approche interrompue final Zf	106
B.2.7.1. Le plan horizontal	107
B.2.8. Évaluation des obstacles dans les surfaces OAS APV Baro/VNAV	107

Table des matières

B.2.9. Surface de segment à vue (VSS)	109
---	-----

Partie C : ETUDE DE SEGMENT APV I SBAS

C.1. Données générales	111
C.2. Données de la procédure	111
C.3. Données de l'aéronef	111
C.4. positionnement du FAF et le TP	112
C.5. les OAS SBAS	112
C.5.1. détermination des constantes A, B, C pour chaque surface OAS	112
C.5.2. les équations des surfaces d'évaluation d'obstacle	113
C.5.3. tracé du gabarit de OAS SBAS	113
C.6. détermination des 'obstacles à l'approche et à l'approche interrompue	114
C.7. évaluation d'obstacle dans les OAS SBAS	115

Partie D : informatisation de la procédure

D.1. introduction	116
D.2. présentation de l'AUTOCAD	116
D.3. présentation de l'ARCHIOCAD	117
Conclusion générale	118

Références

Nomenclatures:

	Anglais	français
ACN / PCN	Aircraft Classification Number / Pavement Classification Number	
AIP	Aeronautical Information Publication	Publication d'information aéronautique
ANSP	Air Navigation Service Provider	Fournisseur de services de navigation aérienne
APCH	Approach	Approche
API	Missed approach	Approche Interrompue
APV	Approach Procedure with Vertical guidance	Procédure d'approche avec guidage vertical
ARP	Aerodrome Reference Point	Point de référence de l'aérodrome
ATC	Air Traffic Control	Contrôle de la circulation aérienne
ATM	Air Traffic Navigation	Gestion du trafic aérien
ATS	Air Traffic Service	Services de la circulation aérienne
ATT	Along Track Tolerance	Tolérance d'écart latéral
Baro-VNAV	Barometric vertical navigation	Système de navigation verticale barométrique
ECAC(CEAC)	European Civil Aviation Conference	Conférence européenne de l'aviation civile
CNS	Communications, Navigation, Surveillance	communication, navigation et surveillance
DA	Decision Altitude	Altitude de décision
DB	Data Base	
DER	Departure End of the Runway	Extrémité départ de la piste
DH	Decision Height	Hauteur de décision
DME	Distance Measuring Equipment	Dispositif de mesure de distance
ENR	Enroute	
FAF/P	Final Approach Fix /Point	Repère /Point d'approche finale
FMS	Flight Management System	Système de gestion de vol
FTA	Fix Tolerance Area	
FTE	Flight Technical Error	Erreur technique de vol
FTT	Flight Technical Tolerance	Tolérance technique de vol
GLS	GBAS landing System	Système d'atterrissage GBAS
GNSS	Global Navigation Satellite System	Système mondial de navigation par satellite
GP	Glide Path	Alignement de descente
HA	Height of equivalent approach obstacle	hauteur de l'obstacle à l'approche équivalent
HG	Height Gain	
HL	Height Loss	la marge de perte de hauteur
IAF	Initial Approach Fix	Repère d'approche initiale
IAS	Indicated Air Speed	Vitesse indiquée
IF	Intermediate Fix	Repère d'approche intermédiaire

IFR	Instrument Flight Rules	Règle de vol aux instruments
ILS	Instrument Landing System	Système d'atterrissage aux instruments
INS	Inertial Navigation System	Système de navigation par inertie
IRU	Inertial Reference Unit	Centrale inertielle
IRS	Inertial Reference System	Système à référence inertielle
LNAV	Lateral Navigation	Navigation latérale
LNRS		système de navigation longue portée
LPV	Localizer Performance with Vertical Guidance	Performance d'alignement de piste avec guidage vertical
MA	Missed Approach	
MAF	Missed Approach Fix	
MAHF	Missed Approach Holding Fix	
MAPT	Missed Approach Point	Point d'approche interrompue
MDA/H	Minimum Descent Altitude/Height	Altitude/Hauteur Minimale de Descente
MEA	Minimum En- Route Altitude	
MFO (MOC)	Minimum obstacle clearance	Marge minimale de franchissement d'obstacles
MHA	Minimum Holding Altitude	
MHL	Minimum Holding Level	
MLS	Microwave landing System	Système d'atterrissage hyperfréquences
MSD	Minimum Stabilization Distance	Distance minimale de stabilisation
NA	Nominal Altitude	
NAVAID	Navigation aid	Aide à la navigation
NDB	Radiophare Non Directionnel	
NM	Nautical Miles	Mille marin
NSE	Navigation System Error	Erreur du système de navigation
OACI	International Civil Aviation Organisation	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OAS	Obstacle Assessment Surface	Surface d'évaluation d'obstacles
OBPMA		
OCA/H	Obstacle Clearance Altitude/ Height	Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles
PBN	Performance- Based Navigation	Navigation fondée sur les performances
PT	Path & Terminator	
RA		
RDH	Reference Datum Height	Hauteur de référence (ILS MLS PAR / SPAR)
RNAV	Area Navigation	Navigation de surface
RNP	Required Navigation Performance	Qualité de navigation requise
RWY		Piste
SBAS	Satellite-Based Augmentation System	Système de renforcement satellitaire
SID	Standard instrument departure	Départ normalisé aux instruments
SOC	Start Of Climb	Début de la montée
STAR	Standard instrument arrival	Arrivée normalisée aux instruments
TAA	Terminal Arrival Altitude	Altitude d'arrivée en région terminale
TAS	True Air Speed	Vitesse propre (ou vitesse vraie)
THR	Threshold	Seuil

TP	Turning Point	Point de virage
TRD	Track Distance	la distance de trajectoire
TSE	Total System Error	Erreur totale du système
VHF	Very High Frequency	Très haute fréquence
VNAV	Vertical Navigation	Navigation verticale
VOR	VHF omnidirectional radio range	Radiophare omnidirectionnel VHF
VPA		Angle de trajectoire verticale
WP	Way-Point	Point de cheminement
YVR		

Les Unités de mesure utilisées

1). Les distances

Verticales: *Le PIED (f) ou le mètre (m).*

Horizontales: *Le nautique mille (N) ou le mètre (m).*

2). Les vitesses:

Verticale: *Le pied par minutes (f /m).*

Horizontale: *Le Nautique mille par heure (NCEU) (k).*

3). La pression: hectopascal (hp).

4). La température: d és C (C°).

5). L'Orientation: d é (°)

6). Le temps: he (h) ou en minute (m).

I1

Lorsque des aéronefs naviguent grâce à des signaux directs provenant de moyens de radionavigations basées au sol, la conception de procédures conventionnelles reste appropriée aux applications non RNAV. Cependant, ce type de navigation engendre des contraintes du fait que les routes dépendent de l'emplacement des radiophares de navigation. Ce qui amène à des routes d'arrivée et de départ plus longues étant impraticables à cause des difficultés de localisation et du surcoût qui s'appliquent à l'installation d'aides de radionavigation basées au sol, en plus des surfaces de protection d'obstacles qui s'agrandissent et de l'erreur du système de navigation qui augmente en fonction de l'éloignement de l'avion des moyens de radionavigation.

En matière de systèmes de navigation, la stratégie suivie par l'OACI dans le cadre des progrès réalisés en matière de performance et de fonctionnalités de navigation ont conduit à de changements en ce qui concerne la conception de l'espace aérien, les minimums d'espacement, l'espacement entre les routes, l'accessibilité aux aéroports, la conception des procédures et la gestion de la circulation aérienne (ATM). Ces changements permettront au système de navigation aérienne d'évoluer continuellement et de manière notable en améliorant la sécurité globale et l'efficacité opérationnelle consistait de passer de la navigation fondée sur la spécification de capteurs à une navigation fondée sur des performances requises 'PBN' constituée de deux éléments clés : les systèmes RNAV et RNP qui sont fondamentalement similaires, tout en s'appuyant sur le système mondial de navigation par satellite (GNSS).

L'objectif principal de cette mémoire vise à contribuer sur le plan méthodologique à l'application des procédures d'approche RNP APCH : LNAV, APV avec Baro-VNAV et APV SBAS pour le QFU 25R de la piste de l'aéroport d'Oran/Ahmed Ben Bella « **Es Sénia** ».

Les questions qu'ont été posées lors de notre étude sont :

- Quel est la solution la plus pratique pour une exploitation optimale de l'espace aérien ?
- De point de vue économique que sur le plan de l'exploitation quelles sont les exigences essentielles pour exécuter un plan PBN ?

Le présent mémoire est structuré en quatre (05) chapitres bien distincts désignés ci-après:

- **Chapitre 1:** Présentation succincte de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne par abréviation 'ENNA' ; lieu du stage effectué ;
- **Chapitre 2:** Concept de la navigation fondée sur les performances 'PBN' ;
- **Chapitre 3 :** Généralités sur les Procédures d'approches
- **Chapitre 4 :** Les Règles d'établissement des procédures RNP APCH
- **Chapitre 5 :** Plateforme aéroportuaire de d'Oran : Analyse de la situation actuelle et l'Etudes d'élaboration d'une procédure RNAV (GNSS) avec configuration en 'Y'.

I.1. Présentation de l'établissement d'accueil « l'ENNA »

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne (E.N.N.A.) est un établissement qui assure le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'état ; Placé sous la tutelle du Ministère des Transports, il a pour mission principale d'assurer le service de la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien algérien pour le compte et au nom de l'Etat algérien ainsi que la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. De plus, Il est chargé du contrôle et du suivi des appareils en vol ainsi que de la sécurité aérienne.

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

- Le Ministère des Transports;
- L'Université Saad Dahlab /Département d'Aéronautique de Blida (DAB) ;
- L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) ;
- L'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) ;
- L'Organisation Européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne(EUROCONTROL) ;
- L'Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse (ENAC).

I.2. Historique

Depuis l'indépendance, cinq (05) organismes ont été chargés de la gestion, de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie .Il s'agit de :

- L'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA) ;
- L'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM) ;
- L'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (ENEMA) ;
- L'Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique par abréviation (ENESA) ;
- L'Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA).

- **De 1962 à 1968**

L'ensemble des services d'Exploitation de l'Aviation Civile en Algérie a été géré Par l'organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français.

- **Le 1er Janvier 1968**

L'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA) a été remplacée par L'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM).

- **De 1969 à 1991**

En 1969, l'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM) a été Remplacé par l'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (ENEMA) lequel a géré la navigation aérienne jusqu'à 1983. En 1975, les activités de météorologie ont été transférées à l'Office National de la météorologie créé le 29 Avril 1975, sous forme d'Etablissement Public à caractère administratif.

Dans le cadre du **décret n083-311 du 7 mai 1983**, l'Etablissement National pour l'exploitation Météorologique et Aéronautique (**ENEMA**) a pris la dénomination de « Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique » par abréviation (**ENESA**) et désignée comme une entreprise nationale à caractère économique, conformément aux principes de l'organisation socialiste des entreprises à caractère Économique et aux dispositions de l'ordonnance n071-74 du 16 novembre 1971 relative à la gestion socialiste des entreprises et les textes pris pour son application. A sa dernière restructuration, par **décret n091-149 du 18 mai 1991** portant réaménagement des statuts de l'Entreprise Nationale d'Exploitation et Sécurité aéronautique, celle-ci a pris une dénomination nouvelle « Etablissement National de la Navigation Aérienne (**ENNA**) » et les Prérogatives de l'établissement ont été actualisées dans le cadre de la mise en œuvre de la loi concernant l'autorité financière des entreprises. L'ENNA, Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous Tutelle du Ministère des Transports, est dirigée par un Directeur Général et administré par un Conseil d'Administration.

I.3. Missions de l'ENNA

Les principales missions de l'ENNA consistent à :

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

I.4. Organisation de l'ENNA

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

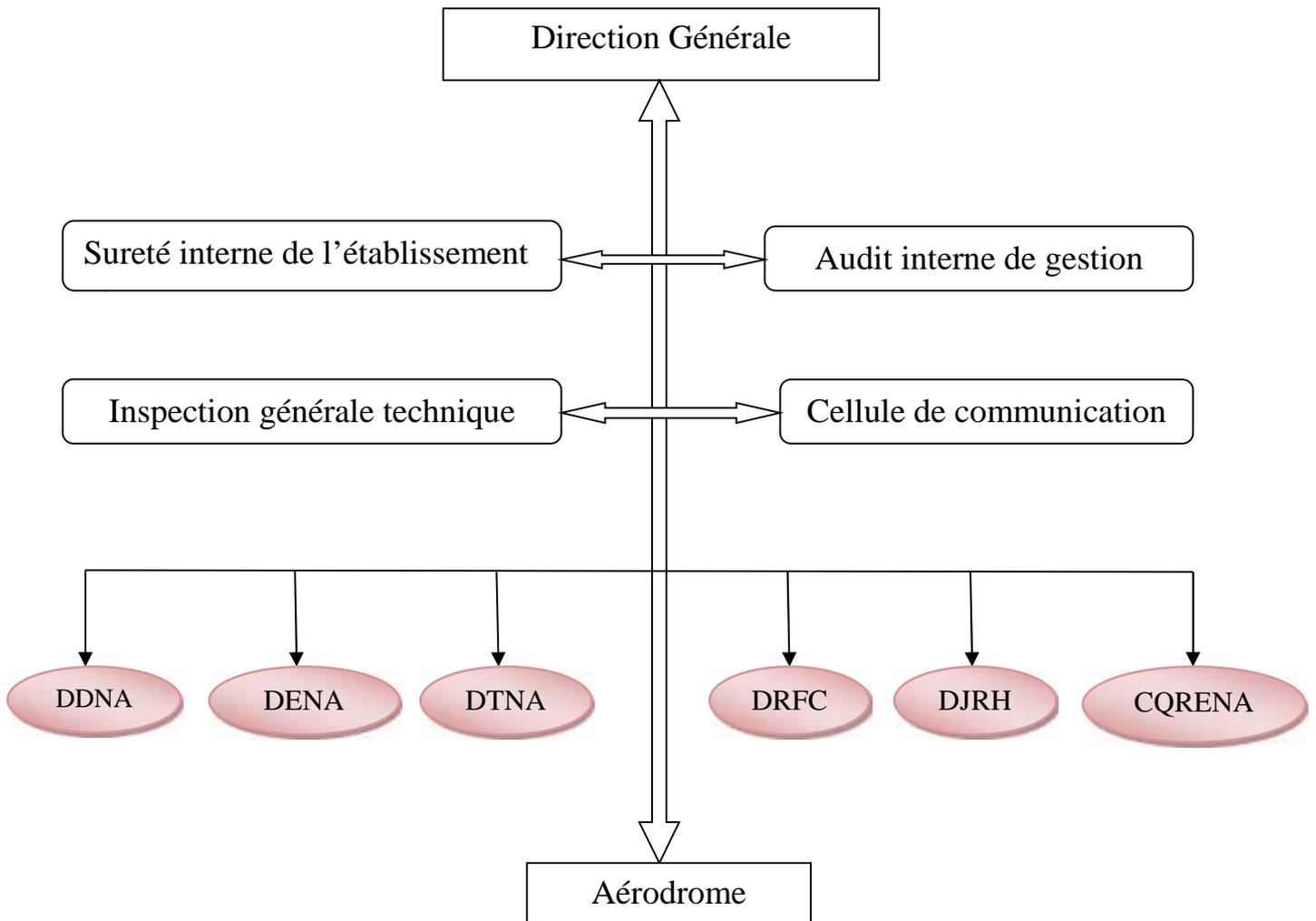


Figure (I.1) : Organisation de l'ENNA

- **DDNA** : Direction de Développement de la Navigation Aérienne.
- **DENA** : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne.
- **DTNA** : Direction Technique de la Navigation Aérienne.
- **DRFC** : Direction des Ressources, des Finances et de la Comptabilité.
- **DJRH** : Direction Juridique et Ressources Humaines.
- **CQRENA** : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.
- **AERODROMES** : Directions de la Sécurité Aéronautique.
 - 25 Aérodrômes nationaux.
 - 11 Aérodrômes internationaux.

I.5.Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA)

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA) est chargée de:

- Assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne.
- Gérer et contrôler l'espace aérien (en route et au sol) confié par le centre de Contrôle régional (CCR) et les différents départements de la circulation aérienne.
- Veiller à la bonne gestion technique au niveau des aéroports.
- Mettre à la disposition de tous les exploitants le service de l'information Aéronautique ainsi que les informations météorologiques.
- Gérer les services de la télécommunication aéronautique.
- Emettre la facturation des redevances de la navigation aérienne de l'entreprise.
- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre les incendies aux aéroports.

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne comprend six (06) départements et un Centre de Contrôle Régional.

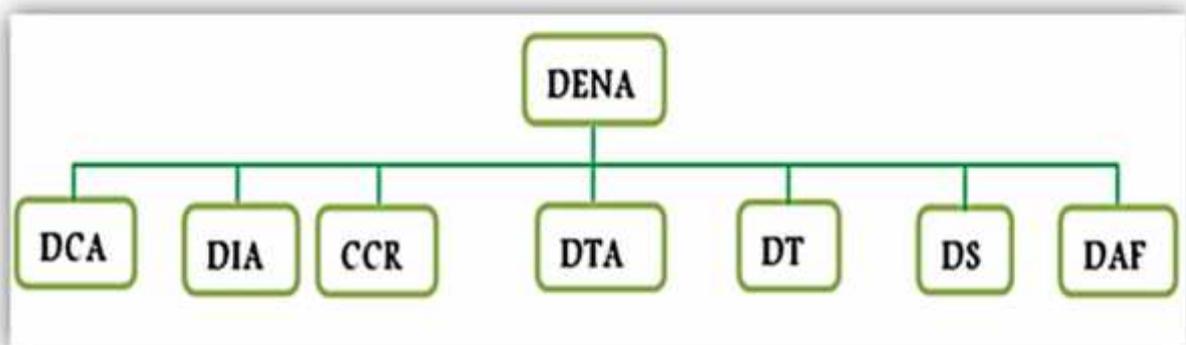


Figure (I.2) : Organisation de la DENA

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

I.5.1. Le Département de la Circulation Aérienne (DCA) :

Le département de la circulation aérienne est chargé du contrôle et du suivi de l'espace Aérien géré par les aérodromes et le CCR ainsi que les études liées au développement de la Navigation aérienne. Il chapeaute deux services :

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

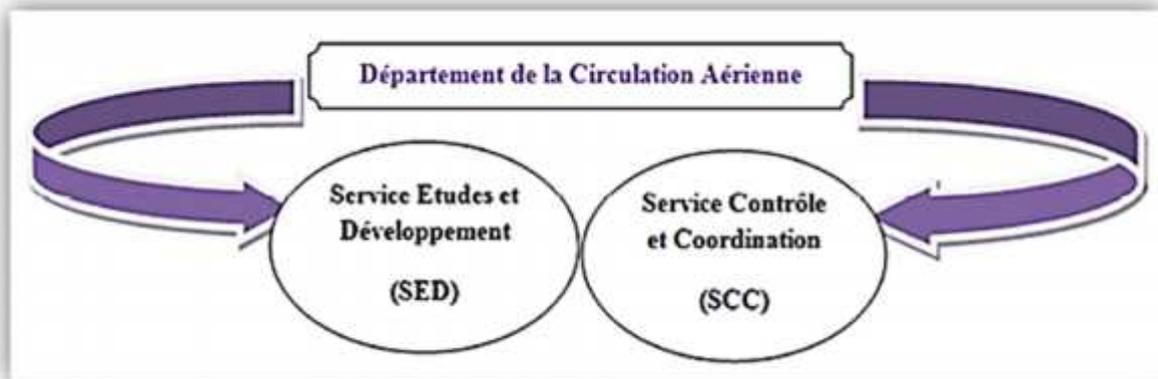


Figure (I.3) : Département de DCA.

I.5.2. Le Département de l'Information Aéronautique (DIA)

Le département d'information aéronautique supervise deux services qui lui sont directement rattachés:

- ❖ Le Service Exploitation NOTAM ;
- ❖ Le Service Documentation et Réglementation.

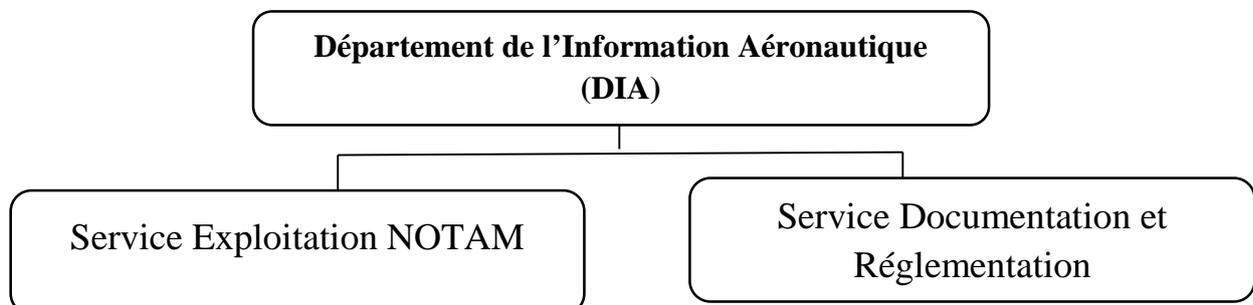


Figure (I.4) : Département du DIA.

1.5.3. Centre de Contrôle Régional (CCR) :

Le Centre de Contrôle Régional d'Alger centralise cinq (05) divisions principales pour Assurer l'exploitation journalière du trafic aérien :



Figure (I.5) : Organisation du CCR

1.5.4. Département Télécommunication Aéronautique (DTA) :

Le département télécommunication aéronautique, appelé communément Bureau Central De Télécommunication (BCT) à vocation nationale et internationale, est défini comme un Service de télécommunication entre deux points fixes pour la sécurité de la navigation Aérienne. Le réseau du service fixe des télécommunications aéronautique RSFTA est défini au Chapitre 1 du volume 2 de l'annexe 10 de l'OACI comme un réseau de circuit fixe Aéronautique coordonné sur le plan mondial destiné dans le cadre du service fixe Aéronautique à l'échange de communications entre les stations aéronautiques de ce réseau.

1.5.5. Département Technique (DT) :

Le département technique travaille en système brigadier et joue un rôle très important dans l'organisation et la coordination entre les différentes structures afin d'assurer :

- La continuité de l'information messagerie entre les différents organes qui exploite la navigation aérienne ;
- La continuité de communication vocale entre les avions, les aérodromes, les centres de contrôles nationaux et internationaux ;
- La continuité des informations RADAR pour bien gérer et organiser l'espace aérien et la circulation aérienne ;

- L'approvisionnement en énergie électrique pour les différentes structures de la DENA.

I.5.6. Département Système (DS) :

Le département système (DS) de la direction de l'exploitation de la navigation aérienne est structuré en deux services :

1. Le Service Maintenance Système (SMS).
2. Le Service Intégration et Développement (SID).

I.6. Les moyennes techniques

L'ENNA gère 36 aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique (dont 16 aérodromes internationaux (Annexe 02)), tous ces aérodromes sont dotés de procédures de vol et un réseau de routes aériennes lui permettant des dessertes aériennes régulières entre les grandes villes algériennes et internationales.

I.6.1 Moyens de radionavigation

- 40 VOR (Guidage omnidirectionnel).
- 47 DME (Equipement de mesure de distance).
- 34 NDB (Balise de navigation).
- 14 ILS (Système d'atterrissage aux instruments), dont 1 de catégorie 3.

I.6.2 Moyens de communication

- 23 Stations radio VHF (dont 20 antennes avancées).
- 02 Stations HF.
- Des stations VHF sur les aérodromes.
- Des liaisons spécialisées téléphoniques et télégraphique (support PTT et VSAT).

I.6.3 Moyens de surveillance

- Une station radar primaire / secondaire à Oued Smar (140 KM de portée).
- 04 Stations secondaires à Oran, Annaba, El Ouedt El Bayadh(450 KM de portée).
- ADS et CPDLC (fonction du système TRAFCA).

I.6.4 Support de télécommunication Alloué auprès D'Algérie télécom :

LIAISONS	NOMBRE	OBSERVATIONS
Pour antennes déportés	19	17 : Terrestres 02 : Satellitaires
Téléphone National	37	28 : Terrestres 09 : Satellitaires
Téléphone International	12	Terrestres
Transmission de données Nationales	24	Terrestres
Transmission de données Internationales	07	Terrestres

II.1. Introduction :

La navigation fondée sur les performances (PBN) est définie comme étant un type de navigation de surface (RNAV) faisant l'objet d'exigences de performances de navigation prescrites dans des spécifications de navigation. Ce concept englobe la navigation de surface (RNAV) et la performance requise de navigation (RNP) et de plus révisé le concept actuel de RNP qui portent sur toutes les phases du vol.

II.2. Historique de la Navigation fondée sur les performances :

À la 36ème session de l'Assemblée de l'OACI en 2007, les représentants des États ont adopté la Résolution A36-23, qui priait instamment tous les États membres de l'OACI de mettre en œuvre des routes ATS et des procédures d'approche RNAV (navigation de surface) et RNP (qualité de navigation requise) conformes aux éléments d'orientation et aux spécifications de la navigation fondée sur les performances (PBN) de l'OACI [3].

II.3. La navigation de surface RNAV :

La RNAV est définie comme une méthode de navigation permettant les opérations aériennes sur n'importe quelle trajectoire voulue, à l'intérieur de la couverture des Aide à la navigation (NAVAID) à référence sur station ou dans les limites des possibilités d'une aide autonome, ou grâce à une combinaison de ces deux moyens. Ceci élimine la restriction imposée sur les routes et les procédures conventionnelles là où les avions doivent survoler des NAVAID référencées, permettant ainsi souplesse opérationnelle et efficacité [3].

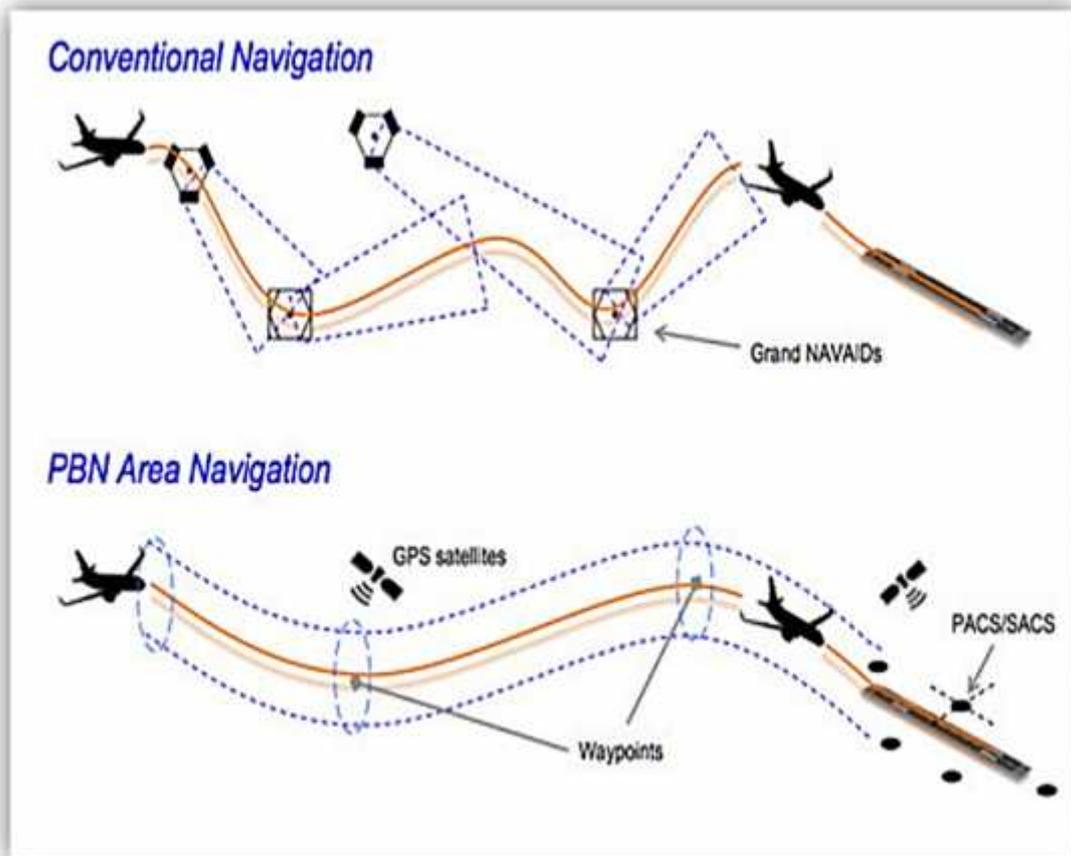


Figure (II.1): Evolution de la Navigation.

II.4.la performance de navigation requise (RNP) :

Les spécifications RNP sont nées d'un besoin d'appuyer les opérations qui requièrent une plus grande assurance d'intégrité, en permettant au pilote de se rendre compte quand le système de navigation ne fournit pas les performances requises pour l'opération en cours, ou n'y parvient pas avec la garantie d'intégrité voulue. De tels systèmes sont dits systèmes RNP. Les systèmes RNP apportent une meilleure assurance d'intégrité et, par le fait même, des avantages tant aux points de vue sécurité, efficacité et capacité que sur le plan opérationnel.

II.5. La Navigation fondée sur les performances (PBN) :

Navigation de surface fondée sur des exigences en matière de performances, que doivent respecter des aéronefs volant sur une route ATS, selon une procédure d'approche aux instruments ou dans un espace aérien désigné [3].

II.6. Origine de la PBN

La RNAV basée sur le concept RNP OACI telle qu'elle est définie dans « le manuel RNP » pouvait être traduite sous différentes façons. En effet, un Etat ou industriel peut choisir pour une même opération :

- RNP x, « X » détermine la précision ou la TSE requise durant 95% de la durée totale du vol. (Excepté pour les approches (exemple « RNP APCH » et non « RNP 0.3 »),
- RNP avec ou sans intégrité,
- Spécifications de fonction RNAV très diverses.

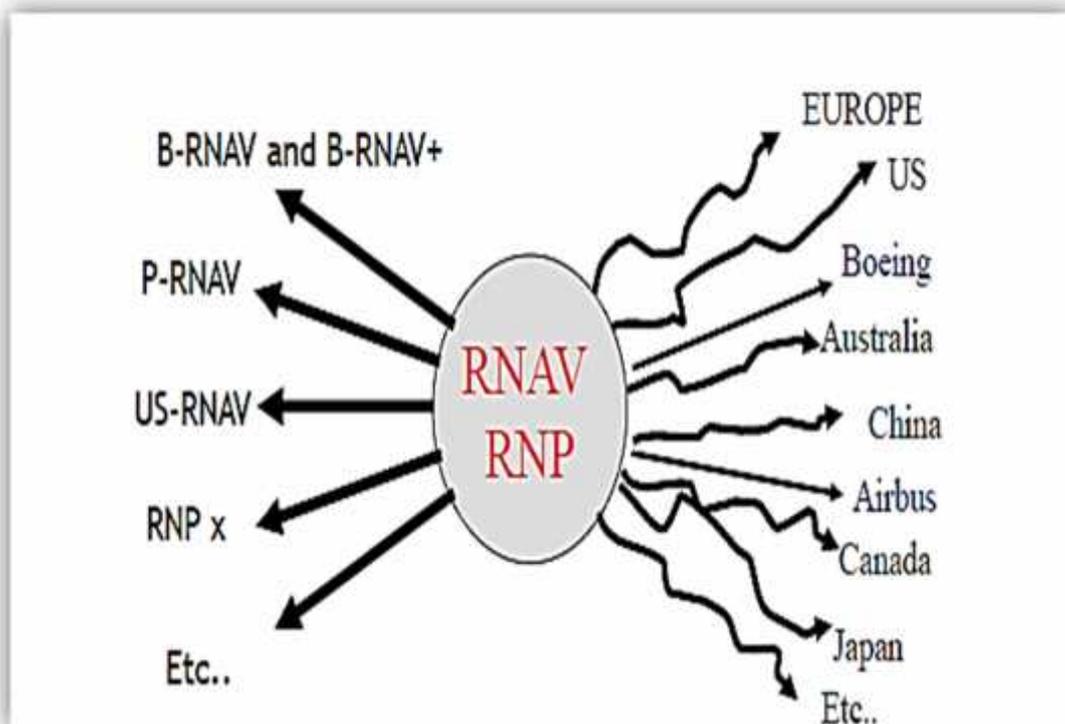


Figure (II.2) : le concept RNP.

Un groupe d'étude de l'OACI détermine qu'un concept de RNP actualisé et harmonisé à l'échelle mondiale serait suffisamment souple pour répondre aux besoins opérationnels actuels et aux besoins futurs. L'évènement des procédures RNAV et RNP a déjà permis des renforcements de capacité et d'autres améliorations importantes. C'est pour cela que l'OACI a décidé, suite à la 11^{ème} Conférence de la navigation aérienne (2004), de remplacer le concept RNP du « Manuel RNP » par le concept PBN du « Navigation Manuel PBN » (Doc 9613), publié en 2007.

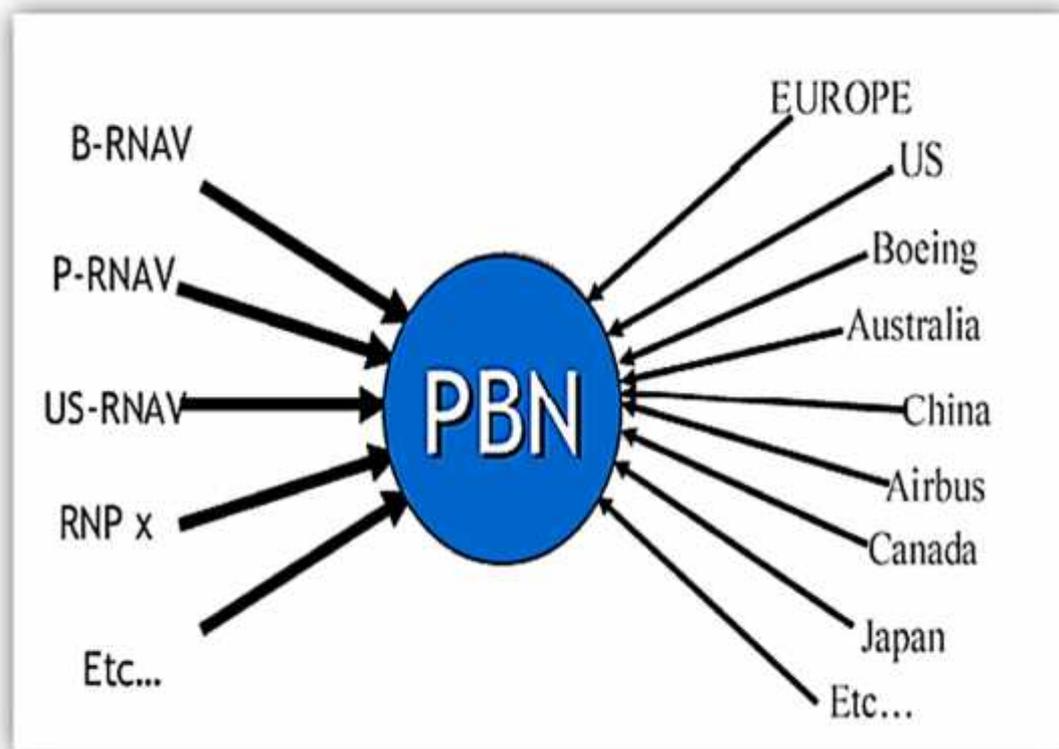


Figure (II.3) : Le concept PBN.

Le concept PBN est observé de plus en plus comme la solution la plus pratique pour réguler le domaine en expansion des systèmes de navigation.

II.7. Contexte de la PBN :

Le concept PBN permet d'effectuer un passage d'une approche limitée fondée sur la précision de navigation vers une approche plus étendue pour les performances requises en termes de précision, d'intégrité, de continuité et de disponibilité, ainsi que des descriptions de la réalisation de ses performances en termes d'équipements à bord et d'exigences pour l'équipage.

S'appuyant sur l'utilisation d'un système de navigation de surface (RNAV), ce concept est un des éléments habilitants d'un concept d'espace aérien, dont les communications, la surveillance ATS et l'ATM sont aussi des éléments essentiels.

Il y a deux composantes dont les contributions sont essentielles pour l'application de la PBN :

- L'infrastructure des aides à la navigation (NAVAID),
- la spécification de navigation,

L'application de ces deux composantes aux routes ATS et aux procédures aux instruments dans le contexte du concept d'espace aérien a pour résultat une troisième composante.

- L'application de navigation.

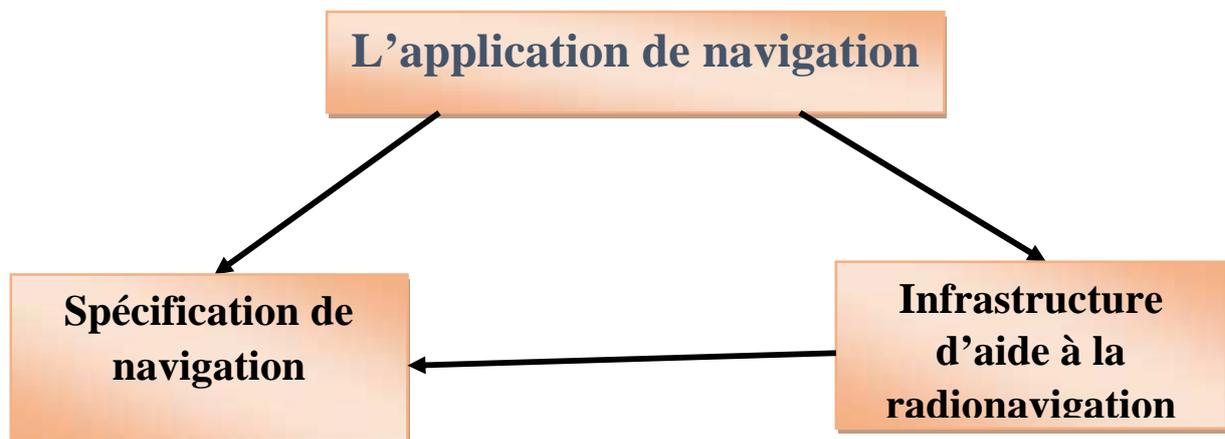


Figure (II.4): Les composants du concept PBN.

II.8. Applications PBN :

Une application de navigation utilise une spécification de navigation et l'infrastructure de navigation associée qui correspondent à un concept d'espace aérien particulier. C'est ce qu'illustre la Figure II.4.

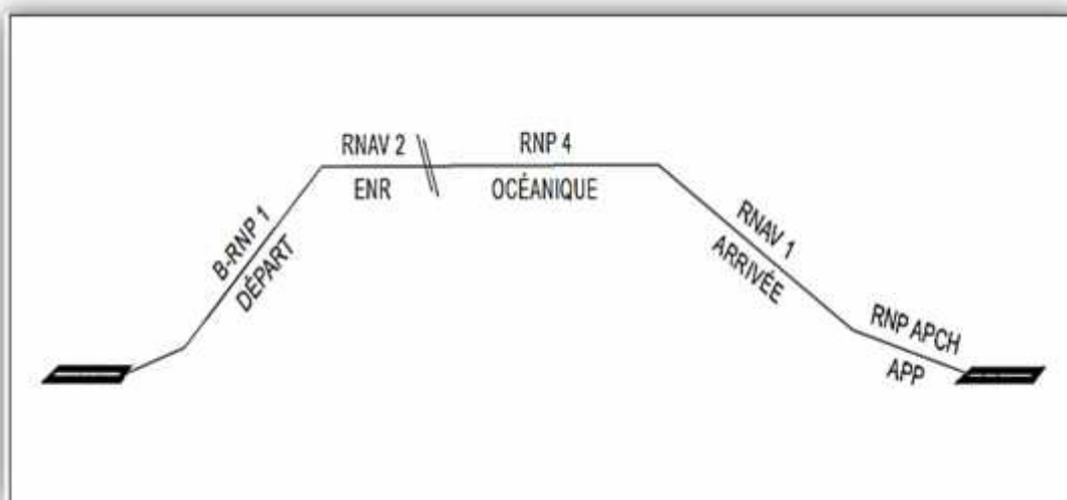


Figure (II.5) : Spécifications de navigation pour un concept d'espace aérien particulier.

- **RNP 1** : utilisée pour appuyer des opérations RNP dans le cadre de SID, de STAR et d'approches jusqu'au FAF/FAP sans surveillance ATS ou avec surveillance ATS limitée et en présence d'une circulation de densité moyenne à faible.
- **RNP 2** : utilisée pour appuyer des opérations RNP dans la phase de croisière en espace aérien océanique, éloigné ou continental.
- **RNP 4** : est conçu pour l'espace aérien océanique ou éloigné, où l'infrastructure de NAVAID terrestre n'est pas disponible.
- **RNAV 10** : est utilisée pour appuyer les opérations RNAV dans le cadre de la phase de croisière pour permettre des minimums de séparations latérales et longitudinales dans un espace aérien océanique ou éloigné.
- **RNAV 5** : utilisée pour appuyer des opérations RNAV dans le cadre de certains segments d'arrivée et de départ.
- **RNAV 1**: utilisée pour appuyer des opérations RNAV dans le cadre de SID, de STAR et d'approches jusqu'au FAF/FAP
- **RNP APCH** : utilisée pour appuyer des approches aux minimums LNAV, LNAV/VNAV, LP et LPV.
- **RNP (AR) APCH** : utilisée pour appuyer des approches RNP dont l'ensemble des segments, y compris le segment d'approche finale, sont constitués de segments rectilignes et/ou de segment à rayon fixes et avec des valeurs de RNP pouvant être égales à 0,3NM ou moins en finale et 1NM ou moins sur les autres segments de l'approche.

II.9. La spécification de navigation :

Il existe deux types de spécifications pour la PBN : la navigation de surface (RNAV) et la qualité de navigation requise (RNP). La RNAV et la RNP sont essentiellement semblables. La principale différence tient à ce qu'on exige de la RNP des dispositifs embarqués de surveillance de la performance et d'alerte, ce qui n'est pas le cas pour la RNAV. Il en découle que la RNP est plus précise et qu'elle est, à l'échelle internationale, considérée comme la norme de navigation qu'il faudrait adopter afin d'améliorer la

sécurité et l'efficacité ainsi que de réduire l'incidence sur l'environnement. La RNP requiert, à bord des aéronefs, un équipement spécial, un équipage formé et une conception homologuée.

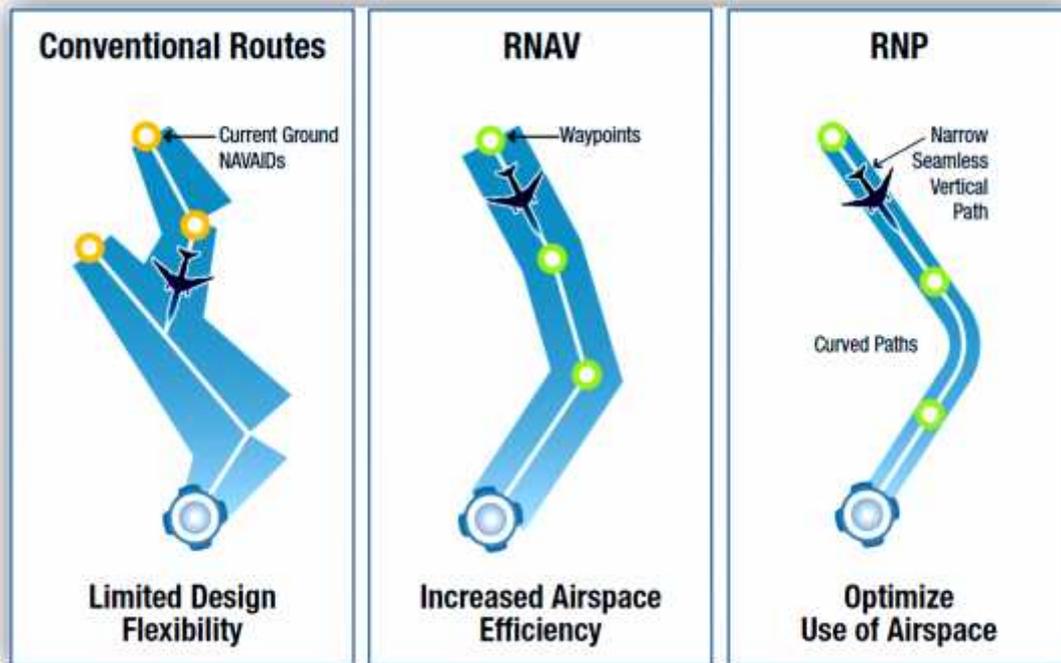


Figure (II.6) : les différentes générations de précision dans l'utilisation de l'espace aérien.

II.10. Portée de la navigation fondée sur les performances :

II.10.1 Performance latérale :

La PBN est actuellement limitée aux opérations soumises à des conditions de performance latérale linéaire et à des contraintes temporelles pour des raisons liées au concept préalable de qualité de navigation requise (RNP). Les opérations soumises à des conditions de performance latérale angulaire (à savoir les opérations d'approche et d'atterrissage avec guidage vertical pour les niveaux de performance du GNSS APV I et APV II, les opérations d'approche et d'atterrissage de précision ILS/MLS/GLS) ne sont pas prises.

II.10.2. Performance verticale :

À la différence du réglementaire dans le sens latéral et de la marge de franchissement d'obstacles, il n'y a ni alarme d'erreur de position verticale, ni rapport double entre une exigence de précision du système total à 95 % et la limite de performance pour les systèmes VNAV barométriques. La VNAV barométrique n'est donc pas considérée comme une RNP dans le plan vertical.

II.11. Systèmes RNAV et RNP :

Les systèmes RNAV et RNP de bord avancés appuyés dans la navigation de surface réalisent un degré de précision des performances de navigation prévisible, ce qui, ensemble avec un niveau de fonctionnalité approprié, permet une utilisation plus efficace de l'espace aérien disponible. Il peut aussi être connecté avec d'autres systèmes, tels qu'un pilote automatique/directeur de vol, ce qui permet une gestion plus automatisée des vols et des performances. Malgré les différences dans l'architecture et l'équipement, les types de fonctions de base que comprennent les systèmes RNAV et RNP sont communs.

L'utilisation de systèmes RNP peut offrir des avantages significatifs en termes de sécurité, opérationnels et d'efficacité, vu que ce système RNP assure des améliorations de l'intégrité des opérations ainsi que la fonction de surveillance tout type d'erreur peut affecter la capacité de l'aéronef à suivre le chemin désiré.

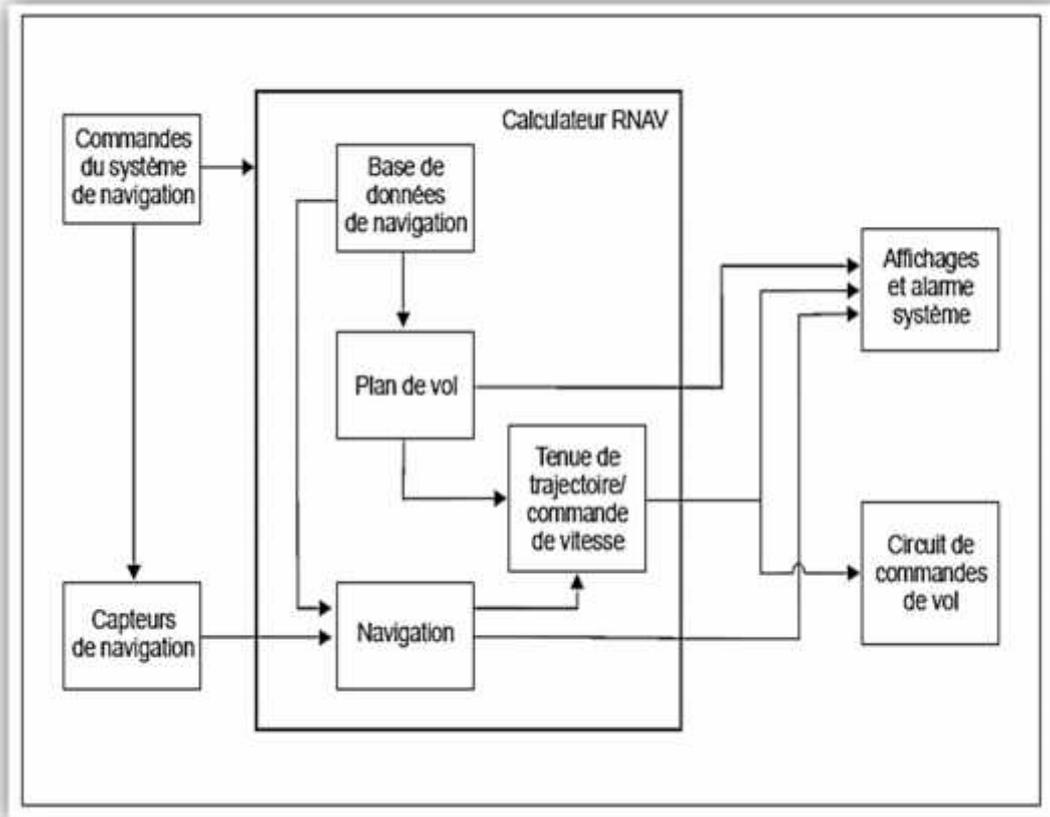


Figure (II.7): Fonctions de base d'un système RNAV et RNP.

II.12. Les exigences fonctionnelles de la navigation :

Les spécifications RNAV et RNP comportent des exigences relatives à certaines fonctionnalités de navigation. Ces exigences fonctionnelles peuvent comprendre :

- L'indication continue de la position de l'aéronef par rapport à la route, à présenter sur un visuel de navigation situé dans le champ primaire de vision du pilote aux commandes,
- Un affichage de distance et de relèvement par rapport au point de cheminement actif (To),
- Un affichage de la vitesse sol ou du temps restant jusqu'au point de cheminement actif (To),
- Une fonction de mémorisation de données de navigation,
- Une indication appropriée de panne du système RNAV, y compris les capteurs.

II.13. Les critères de performance de navigation :

Les exigences en matière de performances du système RNAV de bord sont définies sous forme de conditions de précision, de continuité, d'intégrité, de disponibilité et de fonctionnalité nécessaires pour les vols proposés dans un espace aérien particulier, elles sont établies dans les spécifications de navigation qui spécifient aussi le choix des capteurs et de l'équipement de navigation utilisables pour répondre à ces exigences, pourtant ces spécifications de navigations sont définies à un niveau de détail suffisant pour faciliter une harmonisation à l'échelle mondiale .

II.14. RNAV GNSS:

II.14.1. GNSS (Global Navigation Satellite System):

Le système de positionnement par satellites est un ensemble de composants reposant sur une constellation de satellites artificiels permettant de fournir à un utilisateur par l'intermédiaire d'un récepteur portable de petite taille sa position 3D, sa vitesse et une information de temps. Cette catégorie de système de géo positionnement se caractérise par une précision décimétrique, sa couverture mondiale et la compacité des terminaux. Certains systèmes d'augmentation et de fiabilisation de portée régionale ou mondiale, gratuits ou payant, permettant de fiabiliser et d'améliorer encore la précision disponible (DGPS, EGNOS..... etc.).

II.14.2. Augmentation GNSS :

Pour assurer des performances de précision et de sécurité garanties, des signaux supplémentaires sont émis par des satellites ou des balises de correction, appelés systèmes d'augmentation.

- **Systèmes d'augmentation au sol (GBAS) :**

Le GBAS fournit une surveillance d'intégrité GNSS à partir des données obtenues au sol. Ils augmentent également la précision de la navigation par satellite, ouvrant la voie à l'approche de précision GNSS et à l'atterrissage. Une station au sol à l'aéroport transmet des corrections locales, des données d'intégrité et des données d'approche pertinentes aux aéronefs situés dans la zone terminale de la bande VHF.

▪ Systèmes d'augmentation des aéronefs (ABAS) :

L'augmentation de l'avion peut fournir des informations GNSS si nécessaire pour des moyens de navigation supplémentaires. Un ABAS est essentiellement un système qui augmente et / ou intègre les informations obtenues à partir des autres éléments GNSS avec des informations disponibles à bord de l'avion.

Le système d'augmentation basé sur l'avion peut être mis en œuvre par :

- ✓ Surveillance d'intégrité autonome du récepteur (RAIM), grâce à un processeur récepteur GNSS détermine l'intégrité de la position GNSS à l'aide de signaux GPS ou de signaux GPS augmentés d'altitude.

- ✓ Surveillance de l'intégrité autonome de l'avion (AAIM), grâce au signal GNSS est intégrée à d'autres capteurs de navigation, tels que le système de navigation inertielle (INS) qui peut effectuer une vérification de l'intégrité des données GNSS lorsque RAIM n'est pas disponible.

▪ Systèmes d'augmentation par satellite (SBAS) :

Les systèmes SBAS implémentés dans plusieurs régions améliorent la précision, la fiabilité et l'intégrité du signal GPS. Les navigateurs GNSS-SBAS qui respectent les réglementations des organisations internationales (comme l'OACI, la FAA, Eurocontrol) peuvent être utilisés uniquement pour naviguer pour toutes les phases du vol, y compris une approche de précision dans les aéroports.

Les systèmes SBAS offrent aux aéroports la possibilité d'acquérir une capacité d'approche du système d'atterrissage aux instruments (ILS) sans l'achat ou l'installation d'un équipement de navigation au sol à l'aéroport.

Les procédures d'approche orientées verticalement SBAS sont considérées comme LPV (Performance Localizer avec guidage vertical) et fournissent des minimums d'approche équivalente ILS (Instrument Landing System) à moins de 200 pieds dans les aéroports admissibles. Les minimums réels sont basés sur l'infrastructure actuelle d'un aéroport, ainsi qu'une évaluation de toute obstruction existante.

La mise en place récente des systèmes SBAS (Satellite Based Augmentation System) est une première étape dans le sens d'établir un système GNSS mondial. Il s'agit d'un ensemble de satellites géostationnaires destinés à renseigner en temps réel les utilisateurs de GPS sur la qualité de signaux qu'ils reçoivent. Trois ensembles ont actuellement en activité ; EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) pour l'Europe, WAAS (Wide Area Augmentation System) pour les Etats-Unis, CWAAS pour le Canada, et MSAS (Multifunctional Transport Satellite Space-Based Augmentation System appelé aussi QZSS ; Quasi-zenith Satellite System) pour le Japon.

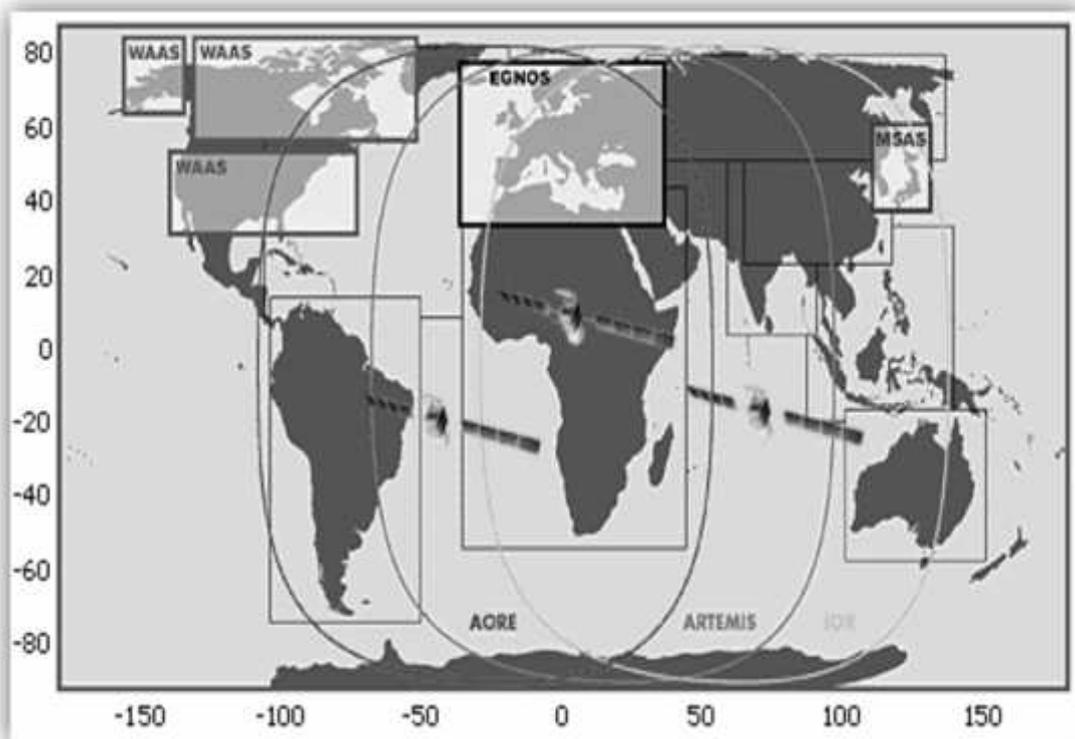


Figure (II.8) : Couverture SBAS dans le monde.

- **EGNOS :**

EGNOS est un système de correction du GPS assurant la couverture d'une zone centrée sur l'Europe. Ce système ESTB (EGNOS System Test Bed) a pour vocation de rendre disponible en temps réel, grâce à des satellites géostationnaires de télécommunication, des corrections différentielles (troposphère, ionosphère) ainsi qu'une information d'intégrité. Les signaux transmis sont semblables à ceux de GPS. Pour les utilisateurs ces satellites apparaissent comme de satellites GPS supplémentaires. L'objectif

d'EGNOS est donc de permettre l'utilisation du GPS en toute sécurité, y compris dans des domaines critiques, comme par exemple le guidage d'un avion par GPS en phase finale d'atterrissage.

II.14.3. Utilisation opérationnelle d'un récepteur GNSS :

- Les aéronefs équipés d'un récepteur GNSS autonome sont considérés comme équipés RNAV avec un suffixe approprié à indiquer dans le plan de vol et une information de Panne à signaler immédiatement.
- Protection des procédures GNSS Elle repose sur les hypothèses suivantes :
 - ✓ Avant un vol, le pilote s'assure que l'équipement GNSS et l'installation ont été agréés et certifiés pour le vol prévu.
 - ✓ Le pilote respecte les procédures spécifiques de mise en route et d'autocontrôle du récepteur GNSS qui sont énoncées dans les consignes d'utilisation.

II.15. Opérations PBN et senseurs :

La figure suivante indique les capacités de navigation en fonction de la disponibilité des capteurs de bord :

	RNAV 5	SID RNAV1 STAR RNAV1 INA RNAV1	RNP APCH		
			NPA	APV Baro VNAV	APV SBAS
VOR/DME					
DME/DME (INS)					
ABAS					
SBAS					

GNSS

Figure (II.9) : Opérations PBN et senseurs.

II.16. Avantages de la PBN :

Le concept PBN, dans le contexte d'un système mondial de gestion du trafic aérien, a été conçu pour répondre aux objectifs suivants :

- réduire la nécessité de maintenir des routes et des procédures à capteurs spécifiés, avec les coûts y afférents,
- éviter la nécessité de mettre au point des opérations à capteurs spécifiés à chaque évolution nouvelle des systèmes de navigation, ce qui serait prohibitif sur le plan des coûts,
- utiliser l'espace aérien d'une façon plus efficiente (choix de l'emplacement des routes, efficacité énergétique, atténuation du bruit),
- indiquer plus clairement comment les systèmes RNAV sont utilisés ;
- faciliter le processus d'approbation opérationnelle pour les exploitants en permettant d'établir un ensemble limité de spécifications de navigation destinées à une utilisation mondiale

II.17. Objectifs en matière de PBN de 2018-2022 pour les procédures d'approche :

Les procédures aux instruments qui ont recours à la spécification de navigation RNP APCH de l'OACI, et désignées en tant que RNAV (GNSS), deviendront largement répandues. En fonction des exploitants de chaque région respectant un minimum d'exigences en matière d'équipement, s'il y a lieu, les procédures RNAV (GNSS) seront élaborées en définissant au moins deux minimums distincts : une altitude minimale de descente avec guidage latéral uniquement et une altitude de décision avec guidage latéral et vertical (LNAV/VNAV ou LPV). La mise en œuvre devrait être achevée avant la fin de 2022.

La conception d'aucune nouvelle procédure d'approche aux instruments (radiophare non directionnel ou radiophare omnidirectionnel à très haute fréquence) n'est proposée, et les stocks seront ajustés afin de répondre aux exigences des clients, une fois les programmes de mise en œuvre du GNSS et de modernisation des NAVAID terminés.

Les approches RNP APCH seront principalement utilisées, et on aura recours au système d'atterrissage aux instruments (ILS) seulement lorsque les conditions météorologiques limiteront l'usage des autres approches. Plusieurs approches ILS seront modifiées pour y intégrer des transitions RNAV vers l'étape de vol finale. L'utilisation de segments d'arc jusqu'au repère (RF) vers l'approche finale pourrait être mise au point, lorsqu'elle présente un avantage sur le plan opérationnel.

Tout comme la demande en voyages aériens, les pressions sur l'industrie pour améliorer technologies et processus afin de réduire les émissions et les répercussions environnementales ne cessent de croître. Les émissions et le bruit produits par les aéronefs seront pris en compte lors de la conception des approches RNP APCH pour faire en sorte que les procédures soient aussi respectueuses de l'environnement que pratiques.

II.18. Conclusion :

La navigation de surface à l'aide de la PBN est une opération basée sur la performance dans laquelle les caractéristiques de performances de navigation de l'avion sont bien spécifiées et les problèmes des critères RNAV et RNP peuvent être résolus. En identifiant les relations entre applications RNAV et RNP ainsi que les avantages et les limitations du choix de l'une ou de l'autre comme mode de navigation requis pour un concept d'espace aérien, le manuel PBN vise à introduire des éléments d'orientation pratiques aux États, fournisseurs de services de navigation aérienne et usagers de l'espace aérien, sur la façon de mettre en œuvre les applications RNAV et RNP, et d'assurer que les exigences de performances sont appropriées pour l'application prévue.

III.1 Introduction

Une procédure aux instruments est une série de manœuvres prédéterminées destinée aux aéronefs évoluant selon les règles de vol aux instruments. Elle est constituée de segments de guidage radar ou de segments délimités par des repères définis par :

- Une ou plusieurs aides radio à la navigation (procédures conventionnelles, procédures RNAV DME/DME)
- Des moyens satellitaires (procédures RNAV GNSS)
- Une combinaison de ces deux types de moyens (procédures RNAV).

A chaque segment de procédure est associée une aire de protection dont les dimensions garantissent que l'aéronef demeure à l'intérieur de cette aire lorsque le vol se déroule en conditions normales tout moteur en fonctionnement, Il appartient à l'exploitant aérien de prévoir des procédures pour les situations anormales et les conditions d'urgence.

III.2 Différentes phases d'une procédure d'approche

Une procédure d'approche est une suite de segments qui correspondent à des phases successives du vol. Ces segments sont délimités par des repères (verticale d'une aide radio à la navigation, intersection de radiales ou d'un radial et d'une distance DME, point de cheminement RNAV...).

Il est impossible de recenser ici tous les cas particuliers qui peuvent exister, chaque procédure ayant ses caractéristiques propres.

Tout d'abord, il importe de préciser les éléments suivants :

- a)** La trajectoire latérale représentée sur la carte d'approche aux instruments est la trajectoire nominale ; la trajectoire verticale de l'aéronef consiste à suivre l'altitude/hauteur de procédure de l'approche, puis le profil optimal de descente en approche finale.
- b)** Les procédures sont définies soit en temps, soit en distances. Lorsqu'un DME est disponible et dans le cas des procédures RNAV, les procédures définies en distances sont préférées, car elles limitent l'influence des vitesses des aéronefs et du vent ; mais lorsque l'infrastructure radioélectrique ne permet pas de fournir des informations suffisantes, le temps de vol reste le paramètre utilisé pour définir les éloignements. .

La suite de ce chapitre comprend six thèmes (seuls les cas les plus fréquents y sont étudiés) :

- ✓ Arrivées : [arrivées omnidirectionnelles, par secteurs et arrivées selon des routes spécifiées] ;
- ✓ Attente et entrées en attente ;
- ✓ Approches initiale, intermédiaire et finale ;
- ✓ Approche interrompue ; - Manœuvre à vue.

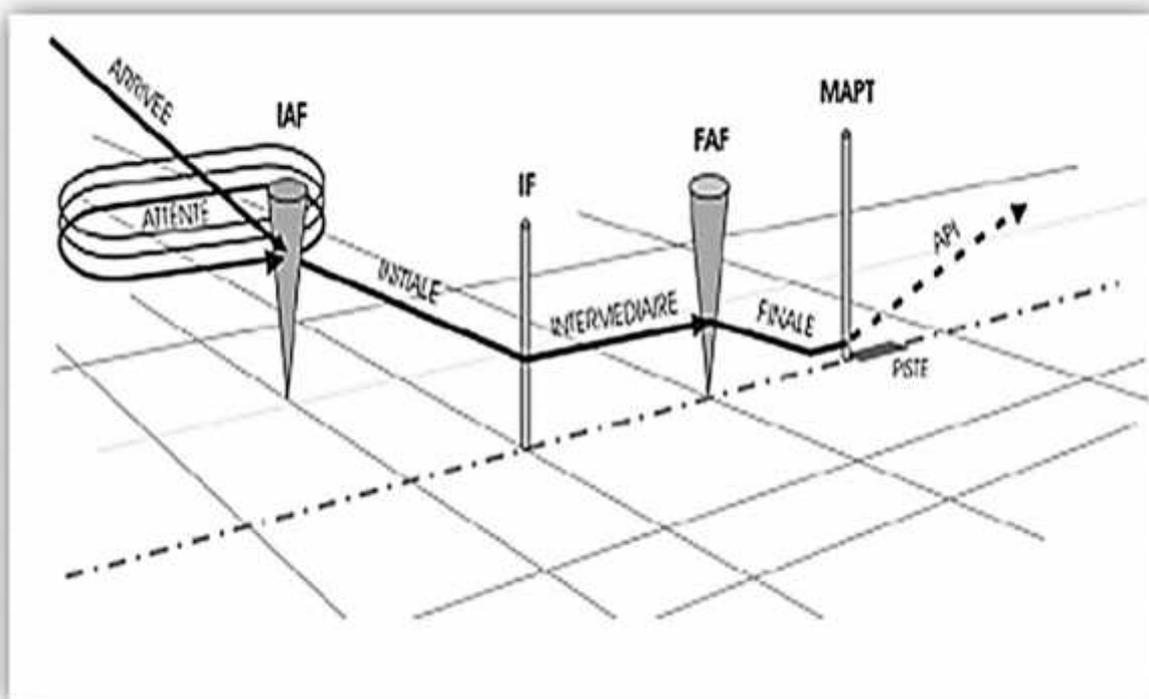


Figure (III.1). Différentes phases d'approche

III.2.1. Arrivée

Transition entre la croisière et l'approche, l'arrivée permet à l'aéronef de rallier l'IAF. Selon les cas, elle peut s'effectuer suivant une trajectoire normalisée appelée STAR ou en utilisant les altitudes minimales de secteur publiées (MSA ou TAA).(figure III.4)

III.2.1.1. Altitudes minimales de secteur (MSA)

Les altitudes minimales de secteur assurent, pour les arrivées à l'intérieur du secteur défini et sur une distance de 25 NM par rapport au moyen spécifié, une marge minimale de 300 m (984 ft) par rapport aux obstacles. Ces altitudes déterminent le niveau le plus bas

utilisable dans la phase d'arrivée. Dans le cas où le moyen radioélectrique est un VOR DME, deux altitudes de sécurité peuvent être définies dans un même secteur, en utilisant l'information de distance fournie par le DME.

III.2.1.2. Altitudes d'arrivée en région terminale (TAA)

Pour les procédures RNAV en T ou en Y les aires d'arrivée en région terminale (TAA) sont représentées par des secteurs avec pour chacun d'eux :

- l'emplacement de l'IAF avec son indicatif.
- l'emplacement du repère intermédiaire (IF).
- les limites latérales (arc de cercle avec son rayon et son centre, et les segments avec leur orientation).
- l'altitude minimale.
- éventuellement une sectorisation (sous-secteurs et arcs de palier de descente).

III.2.1.3. Routes spécifiées d'arrivée

Dans le cas d'une procédure située à l'intérieur d'une TMA, les routes spécifiées d'arrivée sont représentées sur la carte de TMA et non sur la carte IAC. En l'absence de TMA, les routes spécifiées d'arrivée, quand elles existent, sont représentées sur la carte IAC. Les altitudes minimales portées sur la route spécifiée d'arrivée assurent une marge de 300 m (984 ft) au-dessus des obstacles situés dans une bande de 5 NM de part et d'autre de la route qui débute :

- 1) S'il n'existe pas d'espace contrôlé associé à la procédure Au dernier repère en route, s'il est situé à moins de 25 NM de l'IAF, sinon le point situé à 25 NM de l'IAF, sur la route d'arrivée.
- 2) S'il existe un d'espace contrôlé associé à la procédure A la limite de cet espace ou au repère le plus proche de cette limite.

III.2.2 Procédure d'attente :

Pour diverses raisons, un aéronef peut être amené à attendre. Un circuit d'attente en forme d'hippodrome est prévu à cet effet. Le repère d'attente coïncide en général avec l'IAF (ou l'un

des IAF si la procédure en comporte plusieurs). Des circuits d'attentes peuvent être prescrits dans les phases de croisière, d'arrivée, d'approche initiale ou d'approche interrompue.

III.2.3 Segment d'approche Initiale :

L'IAF est le début de la procédure d'approche (notion de clairance d'approche). L'approche initiale permet de se placer sur la trajectoire d'approche finale (ou sur une direction voisine de celle-ci à une altitude satisfaisante. Elle débute à l'IAF, fin de la phase d'arrivée ou à l'issue de l'attente si une attente basée sur l'IAF est nécessaire. Selon les types de procédures, elle se termine à l'IF, ou à la fin du virage d'inversion ou d'hippodrome.

L'approche initiale peut prendre différentes formes :

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

III.2.4 Segment d'approche Intermédiaire :

L'approche intermédiaire permet de se préparer à l'approche finale (vitesse et configuration de l'aéronef) ; Un segment d'approche intermédiaire est normalement prévu dans l'établissement d'une procédure (ex : palier d'interception du glide dans une procédure ILS) ; en général, sa longueur minimale est déterminée de façon à ménager trente secondes de vol à la vitesse d'approche initiale ; Lorsqu'un segment d'approche intermédiaire n'est pas prévu (cas des procédures classiques sans FAF), il est admis que le pilote utilisera le segment d'approche initiale pour adopter la configuration nécessaire à l'exécution de la finale.

III.2.4.1. Cas d'une approche classique avec FAF (FAF indiqué sur la carte d'approche) : Le segment d'approche intermédiaire débute à l'IF ou à la fin du virage d'inversion ou d'hippodrome et se termine au FAF.

III.2.4.2. Cas d'une approche classique sans FAF : Le segment d'approche intermédiaire n'existe pas.

III.2.4.3. Cas d'une approche de précision : Le segment d'approche intermédiaire est systématiquement prévu ; il débute à l'IF ou à la fin du virage d'inversion ou d'hippodrome et se termine au FAP.

III.2.5 Segment d'approche Final :

La descente en vue de l'atterrissage est exécutée dans le segment d'approche finale, Un segment d'approche finale comportant un plan de descente matérialisé (ex : ILS, APV), ou dont l'origine est définie par un repère est caractérisée par une pente d'approche. Cette pente est indiquée en degrés et pourcentage dans le cas d'une procédure avec guidage vertical, en pourcentage dans les autres cas. Un segment d'approche finale défini par un temps est caractérisé par une vitesse verticale (ou taux de descente). Le concepteur de la procédure vérifie que ce taux est compris entre certaines limites définies pour les différentes catégories d'aéronefs, mais celui-ci n'est pas porté sur la carte.

III.2.5.1. Cas d'une approche classique avec FAF: L'approche finale débute au FAF (qui matérialise donc le début de la descente) et se termine au MAPT.

III.2.5.2. Cas d'une approche classique sans FAF : l'approche finale débute à la fin du virage d'inversion ou d'hippodrome et se termine au MAPT.

III.2.6. Approche interrompue :

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

- l'exécution d'une nouvelle approche.
- le retour à un circuit d'attente désigné.
- le raccordement à la phase en route.

Dans le cas des approches classiques, un MAPT est défini (pour un avion descendu à la MDH, c'est la limite aval à laquelle le pilote est supposé remettre les gaz). Dans le cas d'une approche de précision, la carte d'approche ne mentionne pas de MAPT, car l'approche interrompue débute au point où l'on atteint l'OCH (en pratique, la hauteur de décision) sur le plan de descente.

III.3.Procédure d'approche aux instruments

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

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

III.3.1. Procédure d'approche classique (NPA)

Procédure d'approche aux instruments qui utilise le guidage latéral mais pas le guidage vertical (Guidage par rapport à l'axe de piste avec éventuellement une information de distance).

Procédures Conventionnelles :

- NDB, VOR, LOC, RADAR
- Distance par : DME, Markers, Radar...

Procédures RNAV :

- guidage latéral et distance au waypoint suivant

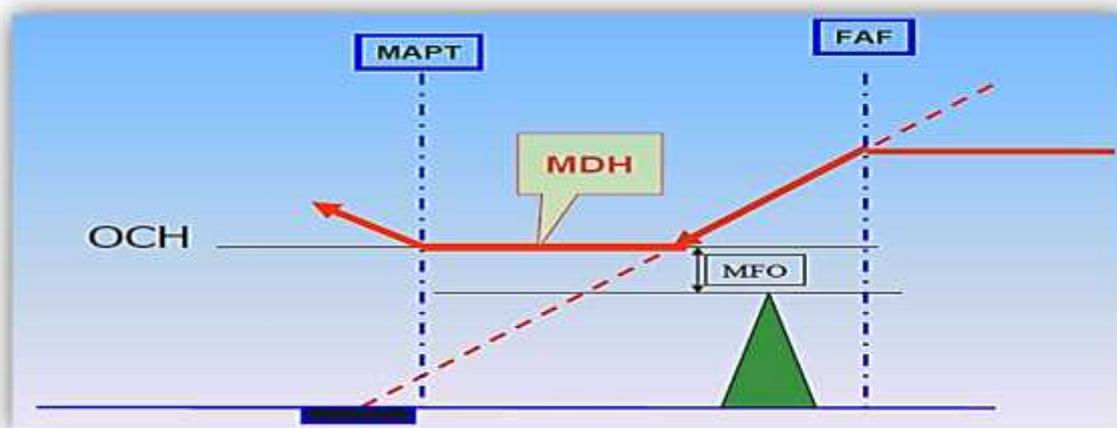


Figure (III.2). Approche de non précision ou approche classique.

III.3.2. Approche de précision PA

Procédure d'approche directe et d'atterrissage aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical de précision et une information en distance: Guidage par rapport à l'axe de piste, distance du seuil de piste et guidage en site vers le point de poser des roues.

Procédures Conventionnelles :

- ILS
- MLS
- Radar de précision

Procédures RNAV : guidage latéral et vertical

- GNSS GBAS

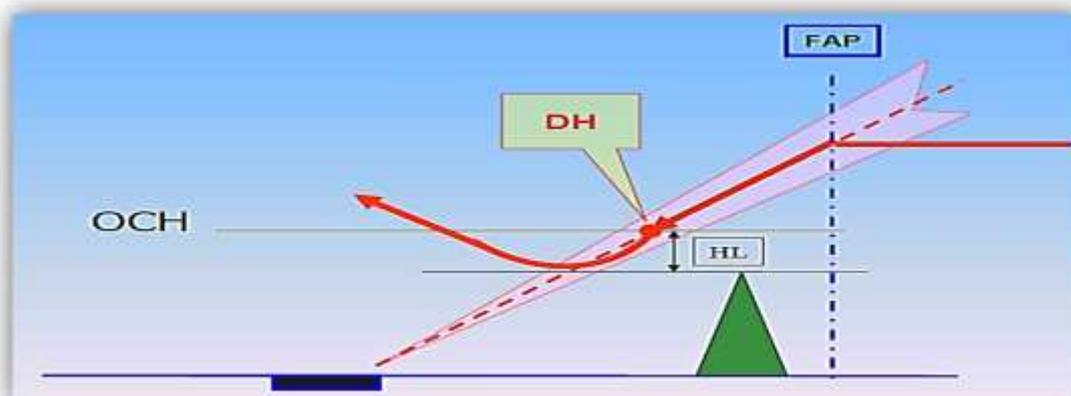


Figure (III.3). Approche de précision.

III.3.3. Procédure d'approche avec guidage vertical (APV)

Procédure qui utilise les guidages latéral et vertical mais ne répond pas aux spécifications établies pour les approches de précision: Guidage par rapport à l'axe de piste, distance du seuil de piste et guidage en site vers le point de poser des roues.

- APV BaroVNAV
 - GNSS ABAS + Baro VNAV vertical
- APV I et II
 - GNSS SBAS (GPS + EGNOS pour l'Europe)
 - GNSS Galileo

III.4. Procédures d'approche RNP APCH

Comme le secteur de la navigation tend de plus en plus à utiliser des systèmes de navigation reposant sur une technologie de satellite, la navigation fondée sur les performances (PBN) est en voie d'être la nouvelle manière de naviguer. Alors que l'infrastructure de navigation classique se fonde essentiellement sur des systèmes et de l'équipement au sol, la PBN utilise la technologie satellitaire et une avionique perfectionnée pour permettre aux aéronefs de suivre des trajectoires précises, aussi bien latéralement que verticalement. [1].

III.4.1. Typologie de l'approche RNP

Il existe différents types d'approches RNP : les approches RNP APCH (basiques) et les Approches RNP AR APCH (avec autorisation spéciale requise pour l'équipage de l'appareil). Dans le deuxième type, seuls des segments avec des virages autour d'un point, les segments RF et les segments de type route jusqu'à un point sont utilisés. RNP APCH utilise uniquement des segments droits et autorise les concepteurs à utiliser des segments un peu plus diversifiés (9 types de segments sur 23 existant actuellement). [1]

III.4.1. Approche « Basique » dite RNP APCH

Utilisée pour appuyer des approches en RNAV avec segment d'approche finale à RNP 0,3 constituées de segments rectilignes. [11]

III.4.2. Approche RNP AR APCH

Approche RNP AR APCH (avec autorisation spéciale requise pour l'équipage et l'appareil). Dans le deuxième type, seuls des segments avec des virages autour d'un point, les

segments RF (radius-to-fix) et les segments de type « route jusqu'à un point » (TF pour track to fix) sont utilisés. RNP APCH utilise uniquement des segments droits et autorise les concepteurs à utiliser des segments un peu plus diversifiés (9 types de segments sur 23 existants actuellement). L'aviation civile a choisi de dénommer les approches RNP basiques par RNAV(GNSS) et les approches RNP AR par RNAV(RNP). [11]

III.5. Types de procédure RNP APCH

Une approche RNP APCH recouvre trois types possibles de procédure d'approche.

L'approche de non précision	identifiée sur la carte IAC par ligne de minima	LNAV - MDA/MDH
L'approche APV BaroVNAV	identifiée sur la carte IAC par ligne de minima	LNAV/VNAV - DA/DH
L'approche APV SBAS	identifiée sur la carte IAC par ligne de minima	LPV - DA/DH

Tableau (III.1). Détermination des minima opérationnels.

Lorsqu'elles sont publiées sur la même carte RNP APCH, ces trois approches finales disposent d'une approche initiale et intermédiaire, ainsi que d'une approche interrompue commune.

III.5.1. Une procédure d'approche finale de type NPA

Les approches RNAV(GNSS) LNAV ne sont pas associées à une trajectoire verticale dans l'espace, Le guidage latéral est effectué à l'aide du système RNAV/GNSS et repose sur un positionnement GNSS - La gestion verticale du vol est effectuée de façon identique aux approches de non précision (VOR/DME, NDB...), en utilisant soit la V/S (vitesse verticale) ou le FPA (l'angle d'approche), soit la fonction (baro) VNAV selon le choix de l'opérateur et la capacité de l'avion.

III.5.2. Une procédure d'approche finale de type APV

Lorsqu'un guidage vertical est disponible, il est alors possible de créer des procédures APV (Approach Procedure with Vertical guidance). La catégorie APV a été introduite dans la classification des approches de l'Annexe 6 de l'OACI entre les approches de non précision et les

approches de précision. Elle vise à permettre d'utiliser des systèmes moins précis que l'ILS tout en assurant un guidage vertical stabilisé.

Deux techniques sont envisagées pour effectuer ces approches :

- les systèmes dits «Baro-VNAV» : des trajectoires VNAV barométriques sont calculées par des systèmes de gestion de vol (FMS ou autre système).
- les systèmes GNSS utilisant un système de renforcement par satellite (SBAS).

III.5.3 Procédures APV / Baro VNAV

Les procédures APV/Baro-VNAV procurent une marge de sécurité plus grande que les approches classiques (NPA) en assurant une descente guidée et stabilisée jusqu'à l'atterrissage. Cependant, une contre-vérification par altimètre indépendant qui est possible dans le cadre d'opérations ILS, MLS, GLS, APV I/II ou CAT I ne l'est pas dans le cadre d'opérations APV/Baro-VNAV puisque l'altimètre est aussi la source sur laquelle le guidage vertical est basé. L'atténuation des défaillances ou des réglages incorrects de l'altimètre sera donc réalisée au moyen de procédures d'exploitation normalisées similaires à celles qui sont appliquées aux procédures d'approche classiques.

La partie latérale des critères APV/Baro-VNAV est basée sur des critères d'approche classique en RNAV. Cependant, le FAF ne fait pas partie de la procédure APV/Baro-VNAV ; il est remplacé par un point d'approche finale, bien que le FAF RNAV puisse être utilisé comme repère de parcours d'approche finale dans la conception de la base de données. De même, le MAPt est remplacé par une DA/H pour chaque catégorie d'aéronef.

III.5.3.1 Performances du système « Baro-VNAV »

Les erreurs atmosphériques associées à des températures non ATI sont prises en compte dans le calcul de la surface de franchissement d'obstacles à l'approche. Si les températures sont inférieures à la température ATI, l'altitude vraie de l'aéronef sera plus basse que son altitude barométrique indiquée. Certains systèmes VNAV existants n'apportent pas de corrections tenant compte de températures non ATI. À des températures inférieures à la température ATI, ces erreurs peuvent être importantes, et leur ampleur augmente à mesure que l'altitude au-dessus de la station augmente. Ainsi la pente de la surface de franchissement d'obstacles à l'approche est réduite en fonction d'une température minimale. Celle-ci est publiée sur le volet de procédure et fixe la limite d'exploitation de la procédure. Par ailleurs,

tous les systèmes RNAV comportent une certaine erreur longitudinale (ATT). Cette incertitude longitudinale peut amener le système VNAV à faire commencer la descente trop tôt, ce qui entraînera une erreur dans la trajectoire verticale. Cette particularité est compensée dans la conception de la procédure par un repositionnement de l'origine de la surface de franchissement d'obstacles à l'approche au niveau du seuil en amont de celui-ci.

La DH minimale en APV/Baro-VNAV est de 75 m (246 ft) ou 90m (295 ft) en fonction de l'homologation de la piste. Les procédures APV/Baro-VNAV sont identifiées sur la carte dans la case des minimums opérationnels « LNAV/VNAV ».

III.5.4. Procédure APV /SBAS

Ces procédures devraient à moyen terme remplacer les ILS de catégorie 1 sur certains aérodromes conformément au plan PBN français. Les critères pour l'établissement de procédures pour récepteurs SBAS permettent de définir des approches avec guidage vertical (APV) pour le segment final. Ainsi, lors du passage en mode approche, un guidage vertical va apparaître en plus de celui déjà présent dans le plan horizontal. Ces indications, de type ILS mais avec une moindre précision, permettent de suivre un segment d'approche finale «fictif» dont les caractéristiques sont contenues dans une base de données spécifique appelée «FAS Data Block» pour bloc de données du segment d'approche finale. La DH minimale en APV/SBAS est de 75 m (246 ft) ou 90m (295 ft) en fonction de l'homologation de la piste. Une DH de 200 ft est envisagée dans le futur pour certaines APV/SBAS.

III.6. Utilisation des procédures RNP APCH

Ces procédures devront coexister avec les procédures conventionnelles tant que toute la flotte ne sera pas apte à les exécuter (équipement des avions, formation et qualification 109 des pilotes, certification de l'autorité de tutelle). Il est estimé aujourd'hui qu'environ les deux tiers (2/3) des vols sont aptes à exécuter ces procédures.

Or, deux procédures à destination de la même piste ne peuvent être mises en service Simultanément du fait de leurs trajectoires conflictuelles. L'utilisation de l'une des Procédures signifie donc la mise en sommeil de l'autre avec mise en attente des avions Jusqu'à la fin de l'utilisation de l'autre procédure. La capacité de l'aéroport s'en trouverait Donc fortement réduite En conséquence, la mixité entre procédure conventionnelle et procédure RNP PACH ne sera possible en termes de gestion de la circulation aérienne que dans le cas où la procédure RNP APCH est en « overlay » de la procédure conventionnelle.

Une procédure RNP APCH en « overlay » d'une procédure conventionnelle est un calque de la procédure conventionnelle. L'intérêt d'une procédure en « overlay » est d'assurer la coexistence de cette procédure avec la procédure conventionnelle dont elle est issue, ce qui est quasiment transparent en termes de contrôle de la circulation aérienne. Dans le cas contraire, les deux procédures ne peuvent pas être mises en service simultanément.

L'impact environnemental de la trajectoire nominale d'une procédure en « overlay » est identique à celui généré par la trajectoire nominale de la procédure conventionnelle dont elle est issue. Il est en général constaté une plus grande précision du suivi des trajectoires RNP APCH.

III.7. Les avantages des procédures RNP APCH

La mise en œuvre du concept PBN permettra, non seulement, d'accroître la capacité de contrôle du trafic aérien, mais aussi, d'améliorer la qualité du service rendu aux exploitants d'aéronefs et notamment :

- Rendre l'aéroport plus accessible.
- D'éviter certaines contraintes liées au survol des reliefs, des villes, et des zones à statut particulier.
- Diminuer le temps de vol.
- Elaborer des trajectoires de vol économiques.
- Réduire les nuisances engendrées par des aéronefs.
- Faire des approches finales dans l'axe de piste.

VI.1. Introduction :

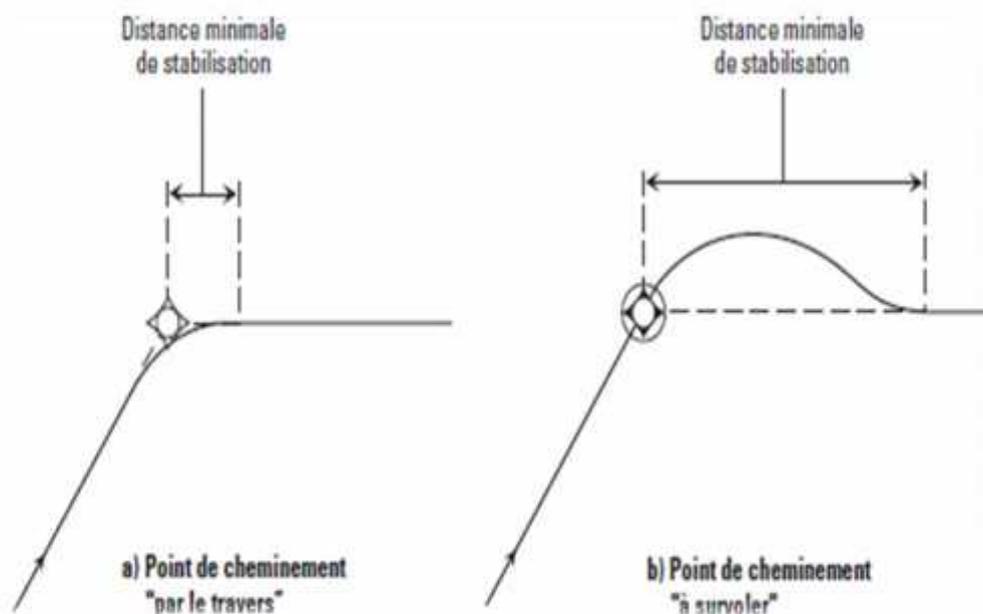
L'OACI donne des Informations détaillées sur la conception des procédures applicables à l'espace aérien de région terminale. Des données sur leur construction, sont fournies à l'usage des spécialistes du domaine, décrivent les prescriptions essentielles au plan local ainsi que les exigences de franchissement d'obstacle pour assurer la sécurité et la régularité des opérations de vol aux instruments (IFR).

VI.2. Longueur minimale d'un segment limité par deux points de cheminement :

Pour éviter que des points de cheminement avec virage soient si rapprochés l'un de l'autre que les systèmes RNAV passent à côté d'eux, une distance minimale entre points de cheminement successifs doit être prise en compte [11].

On distingue deux types de points de cheminement :

- point de cheminement par le travers,
- point de cheminement à survoler.



Quatre séquences sont possibles dans le cas d'un segment limité par deux points de cheminement :

- Deux points de cheminement par le travers,
- Point de cheminement par le travers, puis point de cheminement à survoler,
- Deux points de cheminement à survoler,
- Point de cheminement à survoler, puis point de cheminement par le travers. En outre, dans le cas d'une procédure de départ, le cas particulier du segment « DER - premier point de cheminement » doit aussi être examiné.

VI.2.1. Détermination de La Longueur Minimale du Segment RNAV :

Pour chaque point de cheminement, une distance minimale de stabilisation est déterminée. C'est la distance entre le point de cheminement et le point où la trajectoire rejoint tangentiellement la trajectoire nominale.

Dans le cas de points de cheminement successifs, la distance minimale entre ces points est la somme des deux distances minimales de stabilisation. Les distances minimales de stabilisation pour différentes valeurs de vitesse vraie et la valeur du changement de route (au point de cheminement) sont indiquées dans les tableaux suivants.

Ces tableaux sont organisés selon les deux paramètres suivants :

- Type de point de cheminement (par le travers ou à survoler),
- Valeur de l'angle d'inclinaison latérale (15°, 20°, 25°).

Utiliser le tableau ci-dessous pour trouver le tableau applicable.

Unités (non SI)	Type de point de cheminement	L'angle d'inclinaison latérale	Dans l'annexe [C]
Avions			
	Par le travers	25°	Tableau.VI.1
	À Survoler	25°	Tableau.VI.2

Tableau (VI.1) : Organisation des tableaux de distances minimales de stabilisation.

VI.3. Composantes de l'erreur totale :

VI.3.1. La navigation latérale :

L'incapacité à atteindre la précision latérale de navigation requise peut être due à des erreurs de navigation liées au suivi des aéronefs et de positionnements. Les trois principales erreurs sont les erreurs de définitions de la trajectoire (PDE), une erreur technique de vol (FTE), et erreur du système de navigation (NSE). L'erreur totale du système(TSE) est définie comme suit :

$$TSE = \sqrt{(F)^2 + (N)^2 + (P)^2} \quad (VI.1)$$

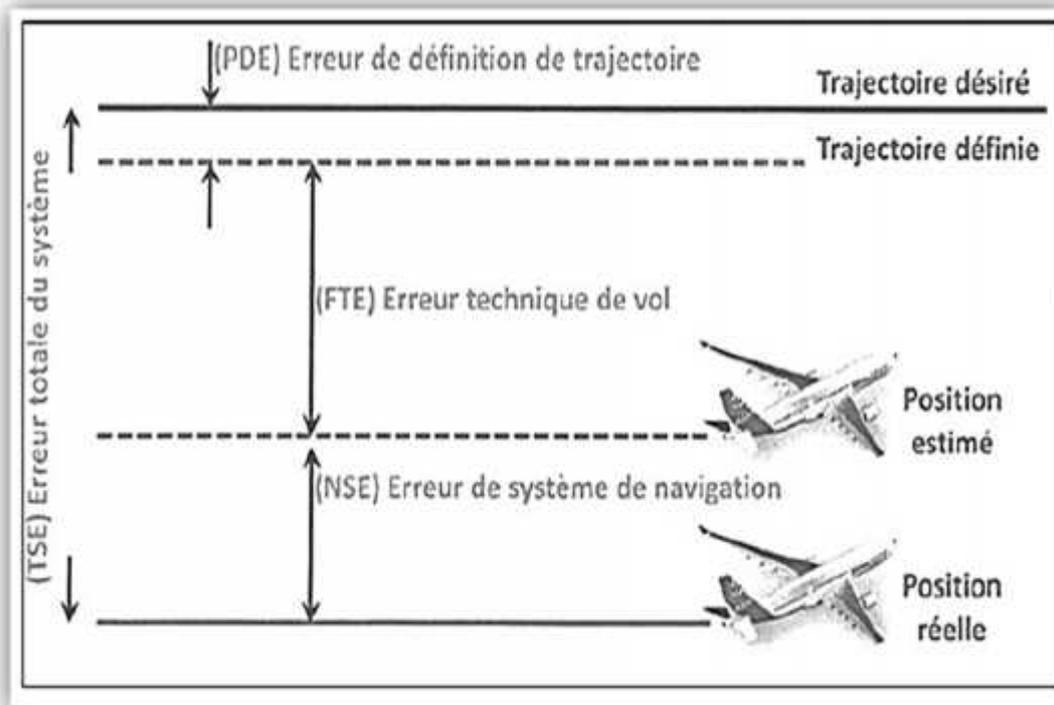


Figure (VI.2) : Erreurs de navigation latérale.

La PDE se produit lorsque la trajectoire définie dans le système RNAV ne correspond pas à la trajectoire désirée. L'FTE se rapporte à l'erreur de l'équipage ou de la capacité du pilote automatique de suivre la trajectoire définie, y compris toutes les erreurs d'affichage. L'FTE peut être contrôlée par le pilote automatique ou par des procédures de l'équipage. L'appui de la surveillance pourrait être par l'affichage de la carte. L'NSE est la différence entre la position estimée de l'avion et la position réelle de l'avion.

VI.3.2 la navigation longitudinale :

La performance longitudinale de navigation implique le contrôle 4-D. toutefois, à l'heure actuelle, il n'existe pas de spécification de navigation nécessaire un contrôle 4-D, et il n'y a pas FTE dans la dimension longitudinale. Les spécifications de navigation actuelles définissent les exigences de précision le long de la route, qui comprend l'SNE et la PDE. La PDE est consisté comme négligeable.

Les exigences de précision des spécifications RNAV et RNP sont définies pour les dimensions longitudinale et latérale. La surveillance des performances à bord et l'alerte des spécifications RNP sont définies pour la dimension latérale dans le but d'évaluer la performance d'un aéronef. Toutefois, l'NSE est considéré comme une erreur radiale alors que le suivi des performances et alerte à bord est fourni dans toutes les directions.

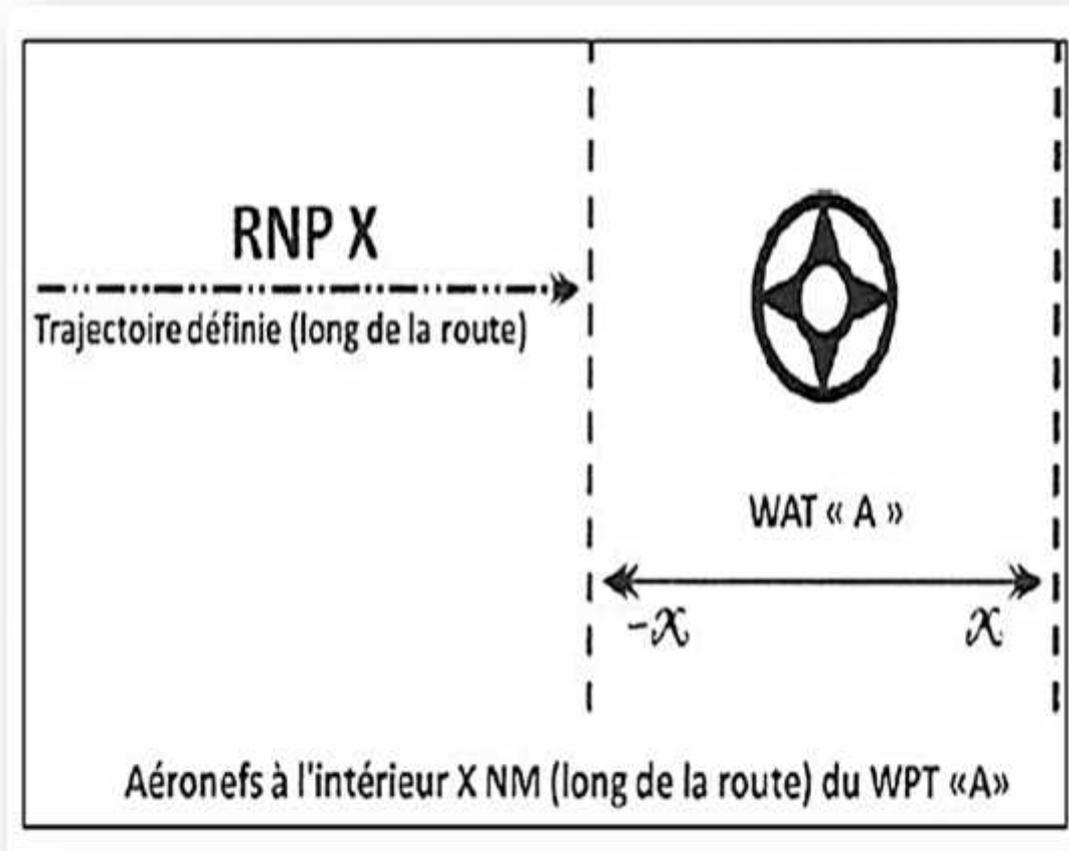


Figure (VI.3) : Erreur de navigation le long de la trajectoire [1].

VI.3.3. Erreur Technique De Vol :

Les valeurs de FTE 95% à partir desquelles les critères de conception d'applications PBN ont été établis à l'aide des formules suivantes :

- Pour la RNAV, $FTE = \frac{1}{2}$ de la précision de navigation requise,
- Pour une RNP 0,5, $FTE = \frac{1}{2}$ RNP,
- Pour une RNP 0,5, $FTE = 463$ m (0,25 NM).

Spécification de navigation	FTE (95%) propre à la spécification prescrite
RNAV 5	2,5 NM
RNAV 1	0,5 NM
RNP 1 de base	0,5 NM
RNP APCH	0,5 NM 0,25 NM en Approche finale 0,5 NM en Approche interrompue

Tableau (VI.2) : Erreur Technique De Vol.

VI.4. XTT et ATT pour spécifications de navigation RNP :

L'erreur du système total (TSE) dépend de l'erreur d'estimation de la position (erreur SIS et erreur du récepteur de bord), de l'erreur de définition de la trajectoire, de l'erreur d'affichage et de l'erreur technique de vol, Les spécifications de navigation RNP définissent les valeurs de la TSE latérale comme suit :

- **RNP 2 :** La TSE latérale et l'erreur longitudinale n'excéderont pas $\pm 7,4$ km (2 NM) pendant au moins 95 % du temps de vol total,
- **RNP 1 de base :** La TSE latérale et l'erreur longitudinale n'excéderont pas $\pm 1,9$ km (1NM) pendant au moins 95 % du temps de vol total,
- **RNP Avancée.** La TSE latérale et l'erreur longitudinale n'excéderont pas la précision applicable à la phase de vol :
 - ✓ espace aérien océanique/éloigné : ± 2 NM,
 - ✓ espace aérien continental en route : ± 2 NM ou ± 1 NM,
 - ✓ départ, arrivée, approche initiale, intermédiaire, interrompue : $\pm (0,3$ NM à 1 NM]) avec incréments de 0,1 NM,
 - ✓ approche finale : $\pm 0,3$ NM, Pendant au moins 95 % du temps de vol total.

- **RNP 0,3** (Cat H seulement) : La TSE latérale et l'erreur longitudinale n'excéderont pas $\pm 0,56$ km (0,3 NM) pendant au moins 95 % du temps de vol total.
- **RNP APCH** (LNAV ET LNAV/VNAV seulement) : La TSE latérale et l'erreur longitudinale n'excédant pas ± 1 NM pendant au moins 95 % du temps de vol total durant les segments initial et intermédiaire de l'approche et l'approche interrompue, lorsque l'approche interrompue est basée sur une exigence RNAV. La TSE latérale et l'erreur longitudinale n'excédant pas $\pm 0,3$ NM pendant 95 % du temps de vol total durant l'approche finale.

La TSE est utilisée pour définir les valeurs des tolérances XTT et ATT, comme suit :

$$XTT = TSE \quad (VI.2)$$

$$ATT = 0,8 \times TSE \quad (VI.3)$$

VI.4.1. Les critères RNP APCH :

Les critères RNP APCH ne sont appliqués que dans un rayon de 30 NM du point de référence (ARP) de l'aérodrome de destination. Dans le cas de distances plus grandes, il faut utiliser les critères RNAV 1 ou RNP 1 de base.

VI.5. XTT et ATT pour spécifications RNAV :

Lorsque la FTE indiquée dans une spécification RNAV excède la limite d'alarme du moniteur d'intégrité (IMAL) du récepteur GNSS, la tolérance XTT est fondée sur la somme quadratique des erreurs composant la TSE :

$$XTT = \sqrt{N^2 + F^2 + P^2} \quad (VI.4)$$

$$ATT = 0.8 * XTT \quad (VI.5)$$

VI.5.1. Calcul de XTT & ATT pour l'application RNP & RNAV :

Chaque repère WP est caractérisé par une valeur XTT et ATT définie comme suit:

- **Tolérance d'écart latéral « XTT »:** Tolérance de repère mesurée perpendiculairement à la trajectoire nominale, résultant des tolérances d'équipement embarqué et d'équipement au sol ainsi que de la tolérance technique de vol (FTT) [1].

- **Tolérance d'écart longitudinale « ATT »** : Tolérance de repère le long de la trajectoire nominale, résultant des tolérances de l'équipement embarqué et de l'équipement au sol [1].

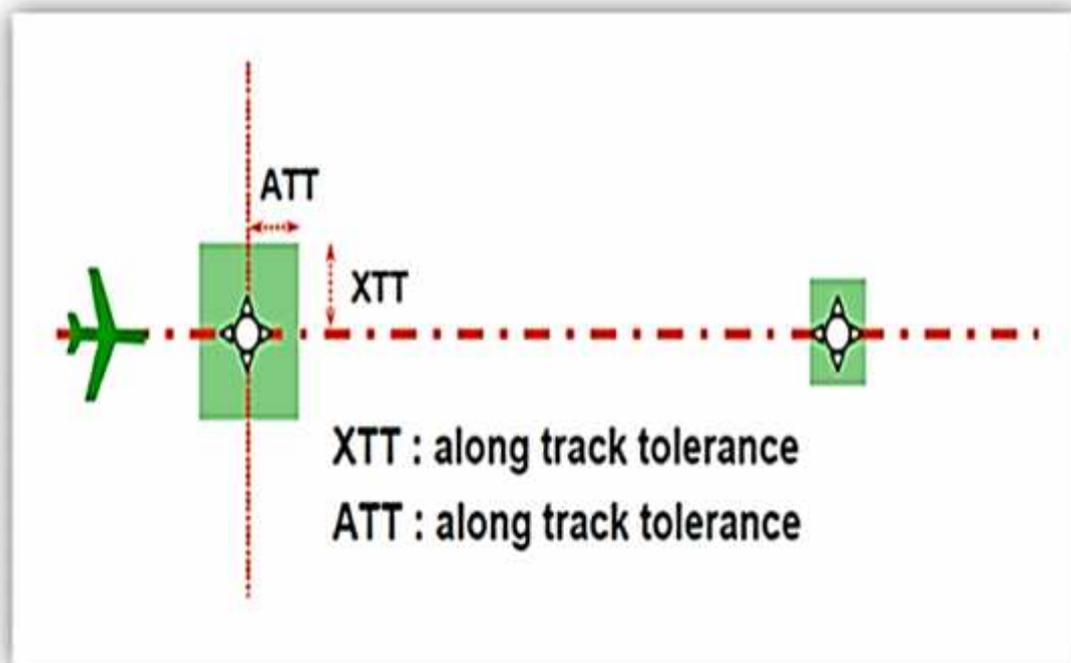


Figure (VI.4) : Tolérance d'un Waypoint (XTT, ATT) [1].

VI.5.2. Valeurs Tampon :

Les valeurs des tolérances d'écart latéral RNAV et RNP sont calculées à partir de la NSE et de la FTE. Elles sont toutes deux traitées comme si elles étaient gaussiennes et déterminées par la somme quadratique (RSS) de ces deux erreurs. En réalité, les distributions, qui comprennent notamment des erreurs grossières, ne sont pas vraiment gaussiennes et que les queues de distributions ne peuvent pas être déterminées avec précision sans un ensemble considérable de données, qui n'est pas disponible. Ces queues de distribution sont donc prises en compte dans les critères de conception des procédures de toutes les applications PBN, sauf RNP AR par une valeur tampon supplémentaire basée sur les caractéristiques des aéronefs (vitesse, manœuvrabilité, etc.) et la phase de vol (temps de réaction du pilote, temps d'exposition, etc.), pour tenir compte des écarts excédant trois fois la valeur de l'écart type $v(3)$.

Phase de vol	BV CAT A à E	BV CAT H
[STAR et SID [se terminent/débutent à une distance supérieure ou égale à 30 NM par rapport à l'ARP de l'aérodrome de départ ou de destination]	2,0 NM	1,0 NM
[Terminale, Approche Initiale et Intermédiaire débutent a moins de 30 NM de L'ARP; SID et Approche interrompues a moins de 30 NM de l'ARP Mais a plus de 15 NM de ce dernier]	1 NM	0,7 NM
Approche Finale	0,5 NM	0,35 NM
Approche interrompue, SID jusqu'à 15 NM de l'ARP	0,5 NM	0,35 NM

Tableau (VI.3) : Les valeurs tampons (BV) [11].

VI.6. Aire de protection d'un segment rectiligne :

VI.6.1. demi –largeurs d'aire :

La demi-largeur d'Aire (1/2AW) de l'Aire de franchissement d'obstacles dans toutes les applications RNAV et RNP (sauf RNP AR) est calculée comme suit :

$$1/2*AW = 1,5.XTT + BV \quad (VI.6)$$

Où :

XTT est la valeur de la tolérance d'écart latéral de 2 (égale à la TSE) et **BV** Valeur Tampon.

Lorsque l'on peut utiliser plus d'un type d'aide de navigation dans une procédure (ex. DME/DME et GNSS pour la RNAV 1), les tolérances XTT et ATT et la demi-largeur d'aire sont calculées pour chaque type spécifique et le franchissement des obstacles est fondé sur la plus grande des valeurs ainsi obtenues.

VI.6.2. Aires secondaire :

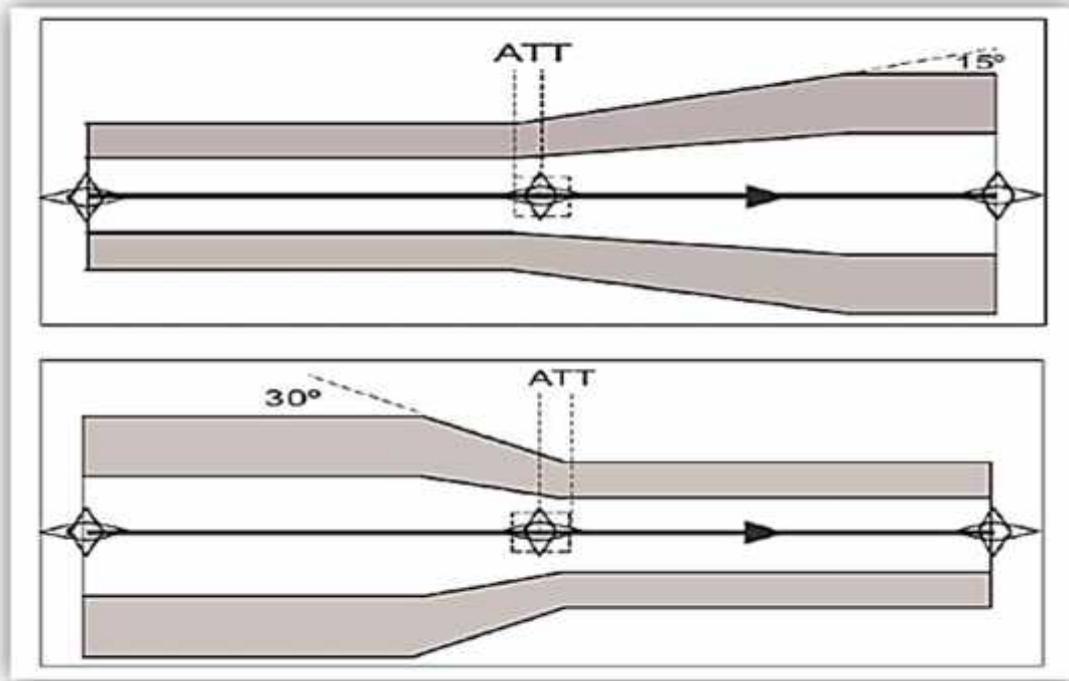
Le principe des aires secondaires est appliqué à tous les tronçons RNAV pour lesquels un guidage sur trajectoire est disponible. On peut aussi utiliser des aires secondaires sur des tronçons codés pour un mode avec cap (codes parcours-extrémité VA, VI et VM), à condition que toute l'aire s'évase suivant un angle de 15° de part et d'autre de l'axe, pour tenir compte de l'effet du vent [11].

VI.6.3. Fusion de segments de largeurs différente :

La demi-largeur de l'aire plus grande se rétrécit, en suivant un angle de 30° par rapport à la trajectoire nominale, jusqu'à atteindre la demi-largeur de l'aire plus petite à une ATT après le point de cheminement désigné. La demi-largeur de l'aire plus petite s'évase à partir d'une ATT avant le point de cheminement désigné, en suivant un angle de 15° par rapport à la trajectoire nominale, jusqu'à atteindre la demi-largeur de l'aire plus grande [11].

VI.6.4. Fusion des aires aux interfaces entre phases de vol :

- Lorsque la largeur de l'aire du segment suivant est inférieure à la largeur de l'aire du segment précédent, on réalise la fusion en traçant une droite faisant un angle de 30° par rapport à la trajectoire nominale et ancrée sur la largeur de l'aire au point de changement (ex. IF, FAF). La valeur XTT de la phase suivante et la valeur tampon de la phase précédente. Le bord extérieur de l'aire primaire définit la moitié de l'aire totale [11],
- Et Lorsque la largeur de l'aire du segment suivant est supérieure à la largeur de l'aire du segment précédent, on réalise la fusion en évasant de 15° l'aire du segment précédent à la limite amont du point où la phase de vol ou la tolérance XTT change. Le bord extérieur de l'aire primaire définit la moitié de l'aire totale.



Figure(VI.5) : Fusion de segments de largeur différente.

VI.7. Repère :

VI.7.1. Identification de repères :

Chaque repère est déterminé comme point de cheminement. Longitudinalement, l'aire de protection d'un segment borné par deux repères. Elle s'étend de l'ATT amont du repère amont à l'ATT aval du repère aval. Le type des repères (avec anticipation ou avec survol) n'affecte pas cette règle [11].

VI.7.2. Repères de descente :

Un repère de palier de descente permet une descente additionnelle à l'intérieur d'un segment par l'identification d'un point auquel un obstacle déterminant a été survolé en sécurité.

Il est préférable de ne définir qu'un seul repère de palier de descente dans le segment d'approche finale, sauf dans le cas où le repère peut être identifié par radar ou DME, dans ce cas il ne devrait pas être spécifié plus de deux repères de palier de descente.

VI.7.3. Repères supplémentaires à l'intérieur d'un segment rectiligne :

Afin de permettre l'application de contraintes spécifiques (ex. restriction de vitesse, changement d'altitude ou de point de compte rendu pour les besoins ATC), certains points de

cheminement qui ne sont ni des points de virage ni des points servant d'IAF, d'IF, de FAF ou de MAPT peuvent être ajoutés à l'intérieur d'un segment rectiligne. Toutefois, pour diverses raisons (ex. facilité d'exécution, charge de travail du pilote, taille de la base de données de navigation), il convient de tenir compte des dispositions suivantes :

- Il faut utiliser le moins possible de points de cheminement dans l'élaboration des procédures,
- Les restrictions d'altitude et de vitesse sont prescrites seulement lorsque des avantages opérationnels sont escomptés,
- Sauf nécessité, et quelle que soit la phase de vol, il ne faut pas spécifier plus de deux points de cheminement supplémentaires dans un segment rectiligne. Ces points supplémentaires ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'aire de protection latérale et sont définis comme des points de cheminement par le travers.

VI.8. Calcules de pente de descente :

La pente de descente est basée sur la distance de trajectoire (TRD) la plus courte possible pour la catégorie d'aéronefs les plus rapides, et non sur la longueur du segment.

VI.8.1 Calcul de la distance de trajectoire « TRD » :

Lorsqu'un segment est limité par au moins un FB waypoint, la pente se calcule en utilisant la TRD.

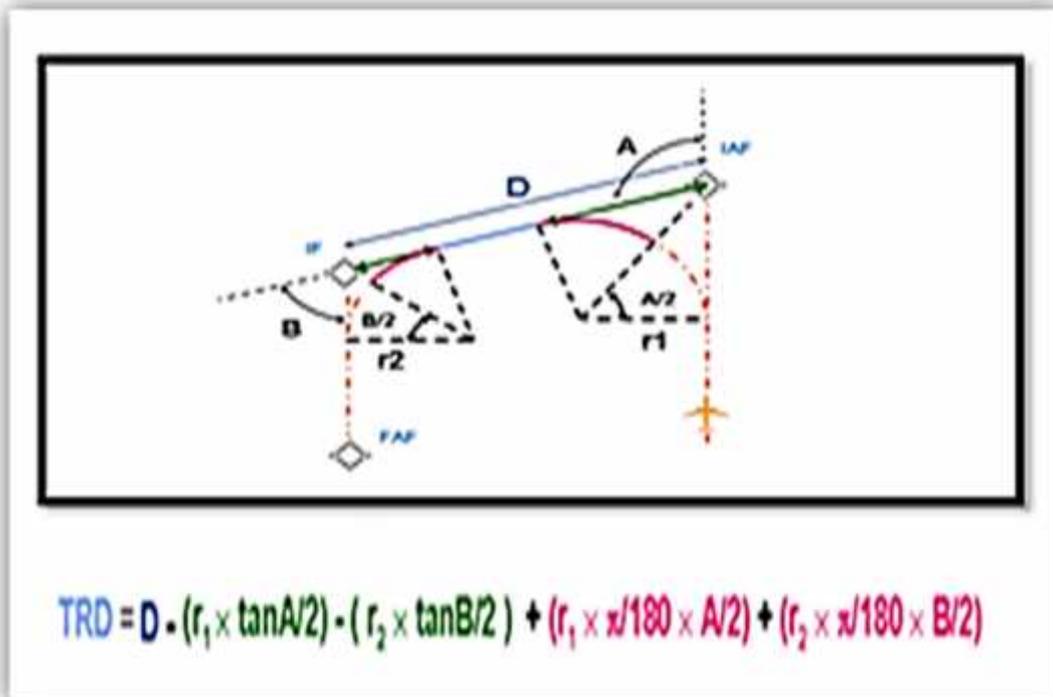


Figure (VI.6) : calcul de la distance de trajectoire

VI.9. Comparaison des aires de protection des procédures PBN et des procédures conventionnelles :

VI.9.1 Aires de protection :

Afin de comprendre la différence entre les aires de protection des procédures RNAV et des procédures conventionnelles, il est nécessaire de faire une comparaison dans le but de visualiser le bénéfice de l'une et de l'autre sans préjuger du type de guidage reçu le long de la trajectoire.

VI.9.1.1 Principe des aires secondaires :

À chaque segment correspond une aire qui lui est associée. Normalement l'aire est symétriquement répartie de part et d'autre de la trajectoire à suivre. Cette aire est subdivisée en une aire primaire et des aires secondaires. Toutefois, dans certains cas, seules des aires primaires sont permises. Lorsque des aires secondaires sont permises, la moitié extérieure de chaque côté de l'aire (normalement 25 % de la largeur totale) est désignée comme aire secondaire. La marge de franchissement d'obstacle décroît linéairement de sa valeur totale au bord de l'aire primaire jusqu'à zéro aux bords extrêmes des aires secondaires. Voir la Figure (VI.7)

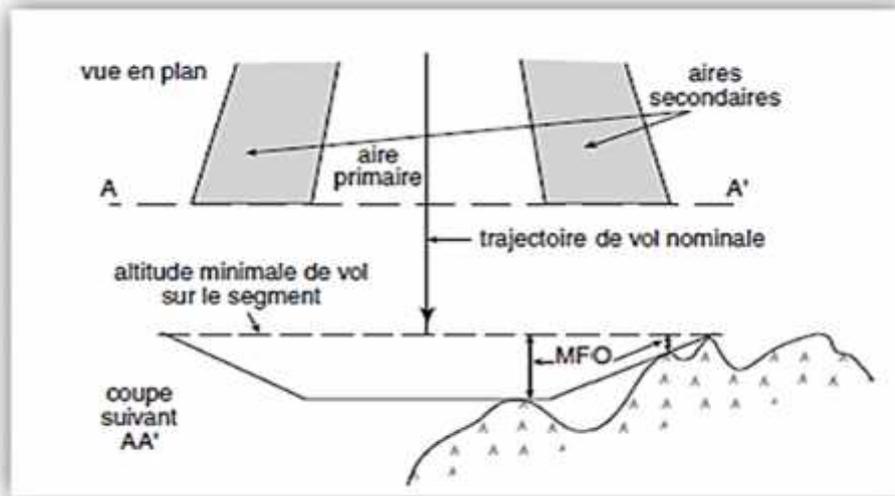


Figure (VI.7) : Vue en plan des aires primaires et secondaires

VI.9.1.2 Aires de protection des procédures RNAV

Les aires de protection des procédures RNAV sont construites en considérant la valeur de la tolérance latérale du point de cheminement augmentée d'une valeur tampon voir la Figure (VI.8).

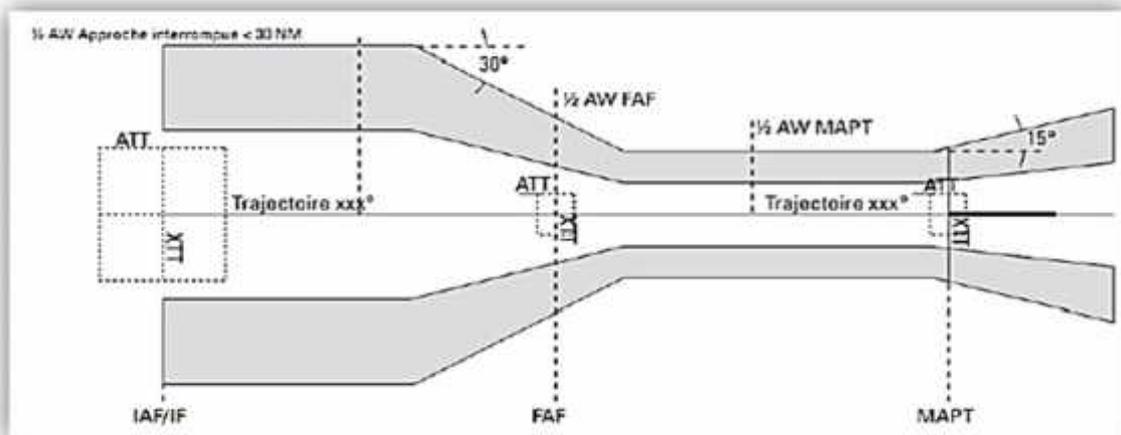


Figure (VI.8): Aires de protection des procédures RNAV

VI.9.1.3 Aires de protection des procédures conventionnelles :

Lorsqu'une aide de navigation est utilisée pour procurer un guidage sur trajectoire, la tolérance du repère d'intersection est basée sur des limites de confiance de 2 (95 %) alors que l'évasement des aires de protection de la procédure d'approche aux instruments ou d'approche interrompue est basé sur des limites de confiance de 3 (99,7 %).

La largeur des aires de protection est fonction de l'aide radio à la navigation servant de support à la procédure.

VI.9.1.4 Superposition des aires RNAV / Conventionnelles :

L'exemple ci-après présente la superposition des aires de protection d'une approche finale VOR en bleu et d'une approche finale RNP APCH en gris. Outre l'alignement parfait de l'axe de la procédure avec l'axe de piste, une légère réduction de la largeur des aires de protection RNAV dans ce cas permet de réduire le nombre d'obstacles pris en compte dans le calcul de l'OCH voir la Figure (VI.9).

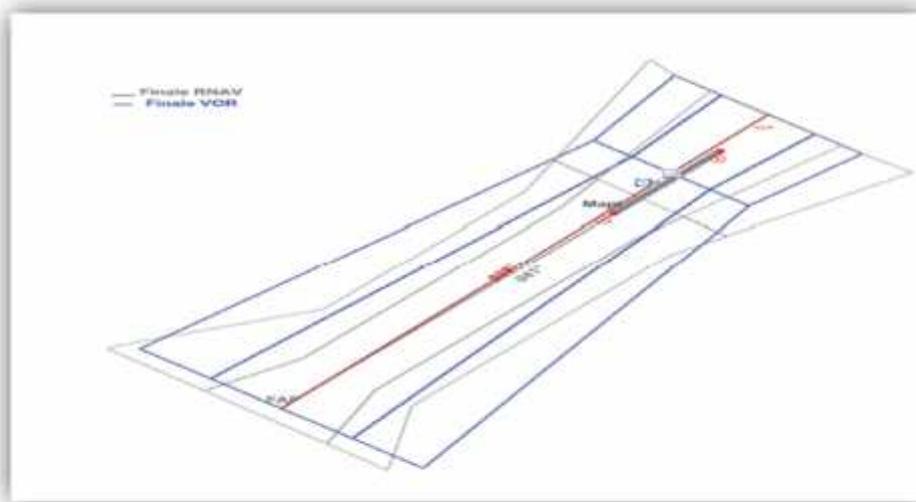


Figure (VI.9) : La superposition des aires de protection d'une approche finale VOR et d'une approche finale RNP APCH

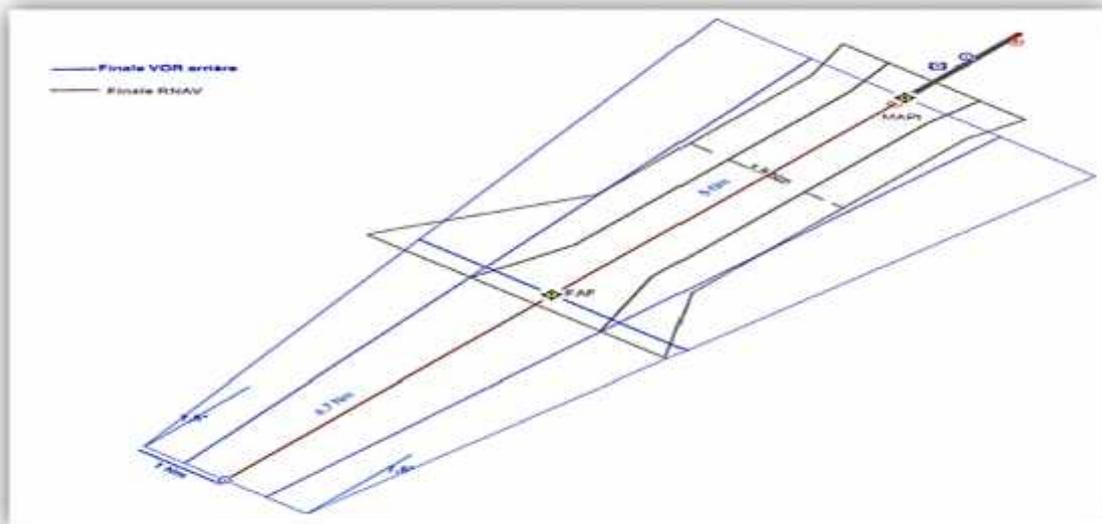


Figure (VI.10) : L'envergure des aires de protection associées à un VOR

Cet exemple permet de visualiser l'envergure des aires de protection associées à un VOR lorsque ce dernier est loin de l'aérodrome, ici à 9,7 Nm du seuil de piste. Dans ce cas, la procédure LNAV comportant une aire de protection moins large que celle générée par le VOR, permet de ne pas prendre en compte certains obstacles présents dans l'aire de protection du VOR entre le FAF et le MAPt. Un gain potentiel sur l'OCH peut être attendu au bénéfice de la procédure LNAV.

Enfin un dernier exemple pour comparer une aire de protection d'une procédure NDB décalée (en vert) et la possibilité offerte par la procédure LNAV (dans l'axe de piste) dont les aires de protection s'inscrivent à l'intérieur de celles du NDB voir la Figure (VI.11).

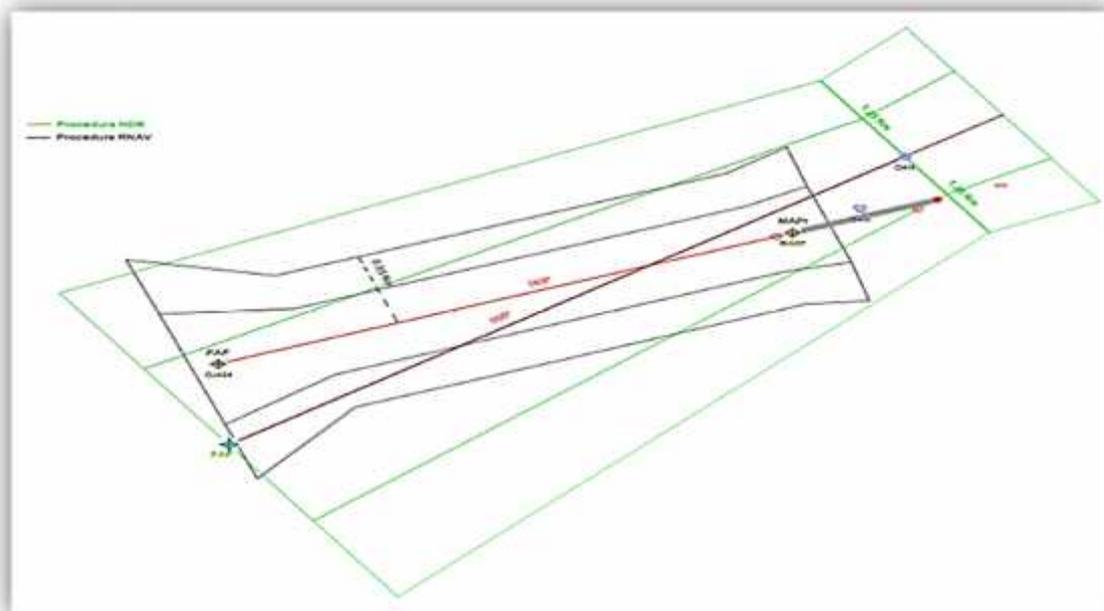


Figure (VI.11) : Comparaison entre une aire de protection d'une procédure NDB et d'une procédure RNAV

Le schéma au-dessous présente la superposition des repères RNAV à un repère NDB à différentes altitudes.

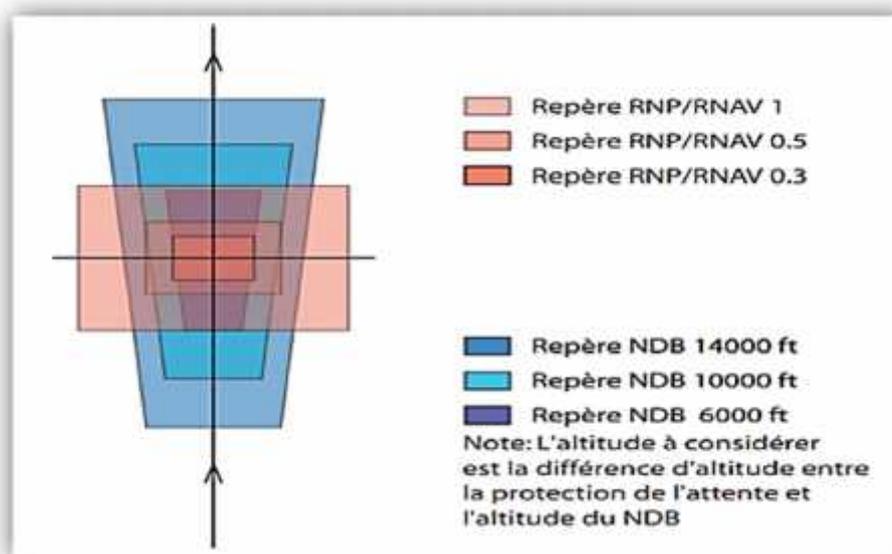


Figure (VI.12) : La superposition des repères RNAV à un repère NDB à différentes altitudes

VI.10. Construction de procédures RNAV avec configuration en T ou en Y :

Une procédure d'approche classique RNAV ou une procédure APV avec configuration en T ou en Y est fondée sur un segment final aligné sur la piste, en aval d'un segment intermédiaire, et de segments initiaux pouvant aller jusqu'à un nombre de trois, disposés de part et d'autre du prolongement de la trajectoire d'approche finale, pour constituer un T ou Y.

VI.10.1. Région d'interception :

La configuration en T ou en Y permet une entrée directe dans la procédure en provenance de toute direction, à condition que l'entrée se fasse de l'intérieur de la région d'interception liée à l'IAF. Une région d'interception est définie comme un angle basé sur l'IAF. Les segments latéraux d'approche initiale sont fondés sur des différences de trajectoire de 70° à 90° par rapport à la trajectoire du segment intermédiaire. Cette configuration assure que l'entrée depuis l'intérieur d'une région d'interception ne nécessite pas un changement de trajectoire à l'IAF supérieur à 110°.

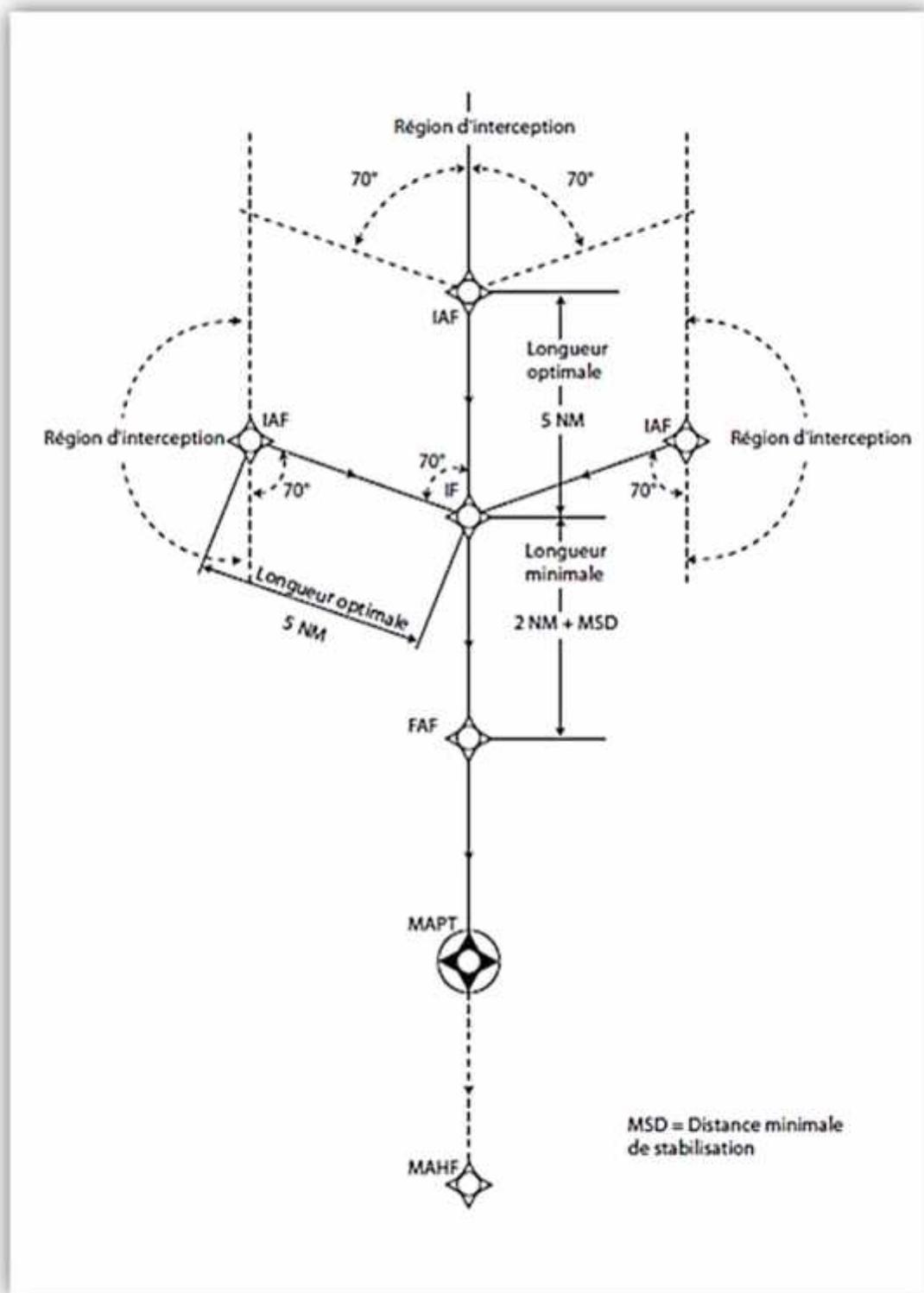


Figure (VI.12) : Configuration En Y

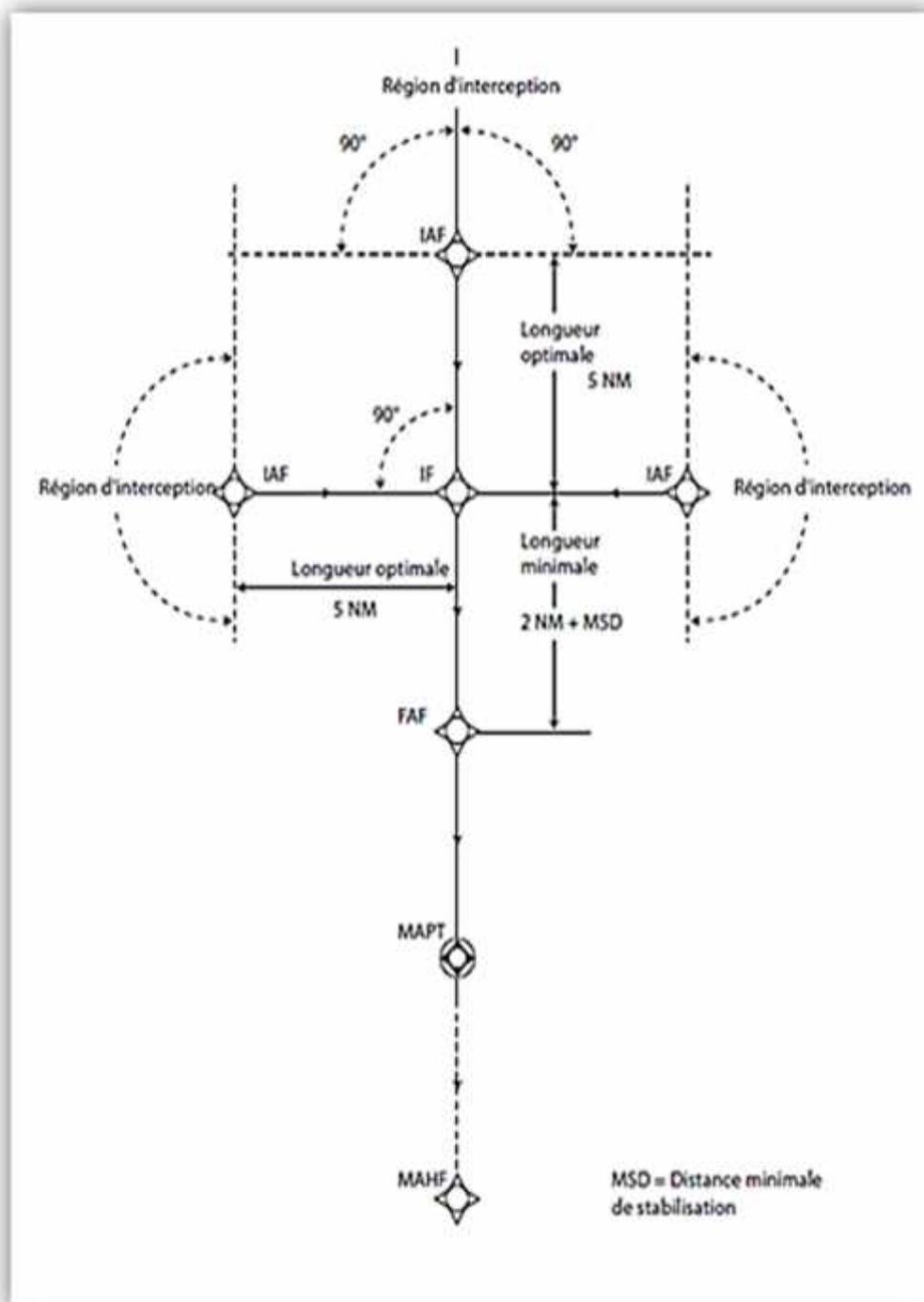


Figure (VI.13) : Configuration En Y

VI.10.2. Altitude d'arrivée en région terminale (TAA) :

En région terminale (TAA) des altitudes d'arrivée devraient être établies pour toute procédure RNAV basée sur la configuration en T ou en Y. On peut établir une altitude minimale de secteur (MSA) au lieu de TAA dans le cas d'une procédure RNAV d'approche aux instruments.

Les points de référence de TAA sont le repère d'approche initiale et/ou le repère d'approche intermédiaire.

La configuration type prévoit trois aires de TAA :

- entrée directe,
- base gauche et base droite.

a. Zone Tampon :

Chaque aire de TAA est entourée d'une zone tampon de 5 NM. Si des obstacles situés dans la zone tampon sont plus élevés que l'obstacle le plus élevé à l'intérieur de l'aire de TAA, l'altitude minimale est calculée en prenant l'altitude la plus élevée dans la zone tampon, en y ajoutant une marge d'au moins 300 m (984ft) et en arrondissant la valeur ainsi obtenue au nombre entier approprié le plus proche.

VI.10.3.Déterminations de l'altitude minimale d'arrivée en région terminale :

Une altitude minimale d'arrivée en région terminale s'applique dans un rayon de 25 NM des points de cheminement RNAV sur lesquels elle est fondée. Chaque altitude minimale d'arrivée en région terminale est calculée en appliquant une marge de franchissement d'obstacles d'au moins 300 m (984ft) aux obstacles situés dans l'aire considérée, ainsi que dans une zone tampon de 5 NM de large, l'entourant complètement et en arrondissant le résultat par excès au multiple de 100 ft le plus proche. Pour les vols au-dessus d'une région montagneuse, la marge minimale de franchissement d'obstacles est augmentée d'une valeur pouvant atteindre 300 m (984ft). Si la différence entre des TAA adjacentes est insignifiante (c'est-à-dire de l'ordre de 300 ft), une altitude minimale applicable à l'ensemble des aires de TAA peut être fixée.

VI.10.4. Arcs De Palier De Descente De TAA Et Sous-secteurs :

Pour tenir compte de la diversité du relief, de contraintes opérationnelles ou pour éviter des pentes de descente excessives, on peut ajouter une limite circulaire, ou «arc de palier de descente», divisant l'aire de TAA en deux, l'altitude la moins élevée se trouvant dans la partie intérieure de l'aire. De plus, l'aire de TAA pour une approche directe peut être divisée en deux sous-secteurs radiaux. Il ne peut y avoir qu'un arc de palier de descente par aire de TAA. Un arc de palier de descente est choisi de préférence entre 10 NM et 15 NM du repère sur lequel il est centré, afin d'éviter l'emploi d'un sous-secteur de dimensions trop réduites.

L'aire de TAA pour une approche directe peut aussi être divisée radialement en sous-secteurs. La dimension minimale de tout sous-secteur d'aire de TAA pour une approche en ligne droite qui contient aussi un arc de palier de descente n'est pas inférieur à 45° d'arc.

La dimension minimale de tout sous-secteur d'aire de TAA pour une approche en ligne droite qui ne contient pas d'arc de palier de descente n'est pas inférieure à 30° d'arc. Les aires de base gauche et droite de TAA ne peuvent avoir que des arcs de palier de descente et ne sont pas divisées de plus en sous-secteurs radiaux. La largeur de la zone tampon entre arcs de palier de descente et sous-secteurs adjacents est de 5 NM.

VI.11. Protection des virages et évaluation des obstacles :

VI.11.1. Méthodes de construction d'un virage :

Différentes méthodes de protection des virages seront employées selon le type de virage, l'angle de virage et le segment de vol.

▪ Virage à un point de virage (TP) :

Un virage à un point de virage peut être défini soit par un point de cheminement par le travers, soit par un point de cheminement à survoler. Pour chaque type de point de cheminement, deux méthodes différentes de construction de virage seront employées, selon l'angle de virage et le segment de vol :

✓ La méthode de spirale de vent/cercles limitatifs sera utilisée pour :

- les virages de plus de 30° à un IAF ou un IF
- les virages de plus de 10° au FAF
- les virages à l'intérieur d'un segment d'approche interrompue ou de départ.

✓ La méthode d'arcs circulaires sera utilisée pour :

- les virages de 30° et moins à un IAF ou un IF
- les virages de 10° et moins au FAF.

▪ Virage à une altitude/hauteur (virage TA/H) :

Pour le virage TA/H, la méthode de spirales de vent/cercles limitatifs sera utilisée.

▪ **Virage suivant un rayon jusqu'à un repère (virage RF) :**

Les virages RF s'appliquent aux procédures RNAV et RNP et se construisent par une méthode différente de celle qui s'applique aux virages par le travers, avec survol ou TA/H.

I. la Méthode d'arcs circulaires :

La méthode d'arcs circulaires ne s'applique que dans les segments de vol où des points de cheminement à survoler sont déconseillés (segment d'approche initiale, IF et FAF), cette méthode ne sera normalement appliquée qu'aux virages par le travers. Toutefois, lorsqu'un virage avec survol est prévu dans un segment d'approche initiale, cette méthode de construction peut aussi être appliquée en raison du faible angle de virage.

▪ **Protection de la limite extérieure de virage :**

Les bords extérieurs des aires primaires et secondaires du parcours précédent et du parcours suivant sont reliés par des arcs circulaires. Les points à joindre sont situés sur des perpendiculaires aux parcours tracés du point de cheminement jusqu'aux bords extérieurs. Chaque arc circulaire est centré sur le point où la bissectrice perpendiculaire à la ligne droite joignant les deux points coupe la perpendiculaire au parcours précédent [1].

▪ **Protection de la limite intérieure de virage :**

La limite intérieure de virage est définie par une ligne joignant les aires primaires et secondaires avant et après le point de cheminement.

II. Méthode de spirale de vent/cercles limitatifs :

▪ **Protection de la limite extérieure de virage :**

✓ **Aire primaire :**

Il y a deux cas pour relier l'aire primaire résultant de la spirale de vent avec l'aire primaire du parcours suivant :

- Si l'aire primaire résultant de la spirale de vent se situe à l'intérieur de l'aire primaire du parcours suivant, ces aires seront jointes par une ligne à 15° de la trajectoire nominale du parcours suivant tracée tangentiellement à la spirale de vent.

- si l'aire primaire résultante se trouve à l'extérieur de l'aire primaire du parcours suivant, ces aires seront jointes par une ligne à 30° de la trajectoire nominale du parcours suivant tracée tangentiellement à la spirale de vent.

✓ **Aire secondaire :**

L'aire secondaire s'appliquera à tous les virages, à condition que l'aire secondaire existe au point de virage. La largeur de l'aire secondaire est constante durant le virage, qui est égale à la largeur d'aire de l'aire secondaire au point de virage aval.

✓ **Aire de protection convergente :**

Si l'aire de protection converge vers un point de cheminement et si le point de virage aval se situe après le point de cheminement, l'aire de protection conservera la valeur de la largeur d'aire au point de cheminement, jusqu'au point de virage aval.

III.Méthode de virage RF :

Un virage suivant un rayon jusqu'à un repère est une trajectoire circulaire de rayon constant définie par :

- Le point de tangence à la fin du virage,
- le centre du virage,
- le rayon de virage,
- la valeur de XTT,
- une valeur tampon (BV) dans les cas où la BV est définie pour les applications RNAV et RNP.

VI.11.2.Évaluation d'obstacles :

▪ **Identification de la ligne KK' :**

La ligne KK est perpendiculaire à la trajectoire de vol du parcours de rapprochement et se situe au point de virage amont. Elle définit l'extrémité du segment rectiligne avant le virage et elle est utilisée pour la mesure de distances par rapport à des obstacles. Dans les virages en montée (départs et approche interrompue), la distance mesurée est toujours la distance la plus courte depuis le point de virage amont jusqu'à l'obstacle [11].

▪ **Identification de la ligne NN N :**

La ligne NN N est le repère de descente amont. Dans le cas de virages à un point de cheminement par le travers, où un repère de palier de descente a été défini, le repère de descente amont n'est pas au même endroit que le point de virage amont. La ligne NN se construit perpendiculairement au parcours précédent à une distance égale à ATT avant le point de cheminement. La ligne NN est décalée, par rapport à la bissectrice, d'une distance égale à ATT dans la direction du parcours précédent, mesurée perpendiculairement à la bissectrice. N marque l'intersection des deux lignes. La distance jusqu'à l'obstacle depuis la descente amont se mesure à partir de la ligne NN perpendiculaire à la bissectrice [11].

$$\text{Max. } E_o = \text{OCA} - \text{MOC} - d_0 \times 0,15 \quad (\text{VI.7})$$

Où :

d_0 = distance depuis l'obstacle jusqu'à la ligne NN N , mesurée perpendiculairement à la bissectrice du virage ;

MOC = MOC de l'aire primaire du segment avant le point de cheminement ;

OCA = altitude de franchissement d'obstacles du segment avant le point de cheminement ;

VI.12. Navigation verticale barométrique (APV / BARO-VNAV) :

Le système de navigation verticale barométrique (Baro-VNAV) est un système de navigation qui présente au pilote un guidage vertical par référence à un angle de trajectoire verticale (VPA) spécifié, nominalement 3°. Le guidage vertical est déterminé par ordinateur en fonction de l'altitude barométrique ; il est spécifié sous forme d'angle de trajectoire verticale à partir de la hauteur du point de repère (RDH).. Les procédures d'approche Baro-VNAV sont considérées comme des procédures aux instruments servant à maintenir des approches et atterrissages avec guidage vertical (APV). Elles utilisent une DA/H et non une MDA/H, sans que soit identifié ni FAF ni point d'approche interrompue (MAPt). Elles utilisent des surfaces d'évaluation d'obstacles similaires à celles de l'ILS mais fondées sur le système de guidage latéral particulier [1].

Les procédures Baro-VNAV sont utilisées en combinaison avec des procédures LNAV seulement.

Les procédures Baro-VNAV se construisent en trois étapes :

- détermination du VPA et de la surface d'approche finale (FAS),
- construction des OAS APV,
- calcul de l'OCA/H en fonction des obstacles traversant les OAS APV.

VI.12.1 Angle de trajectoire verticale (VPA) :

- **Le VPA optimal est de 3° :**

Le VPA effectif utilisé le jour de l'opération est différent du VPA publié car il dépend de la température et de l'altitude de l'aérodrome. Le VPA publié est tel que, durant toute l'année, le VPA effectif est aussi près que possible de 3° pour l'altitude de l'aérodrome et les températures qui relevées habituellement. (Voir le Tableau VI.4.) Pour déterminer le VPA publié optimal, les conditions suivantes s'appliquent :

- ✓ le VPA effectif à la température régnante la plus basse doit être supérieur ou égal à 2,5°,
- ✓ le VPA effectif à la température régnante la plus haute doit être inférieur ou égal à 3,5°.

Temp (C°)	VPA publié 2.8°			VPA publié 3.0°			VPA publié 3.2°		
	Altitude de l'aérodrome			Altitude de l'aérodrome			Altitude de l'aérodrome		
	MSL	3 000 ft	6 000 ft	MSL	3 000 ft	6 000 ft	MSL	3 000 ft	6 000 ft
50	3.14	3.21	3.28	3.37	3.44	3.51	3.59	3.67	3.75
40	3.05	3.11	3.18	3.26	3.33	3.40	3.48	3.55	3.63
30	2.95	3.01	3.07	3.16	3.22	3.29	3.37	3.44	3.51
20	2.85	2.91	2.97	3.05	3.12	3.18	3.26	3.32	3.40
10	2.75	2.81	2.87	2.95	3.01	3.07	3.14	3.21	3.28
0	2.65	2.71	2.77	2.84	2.90	2.96	3.03	3.10	3.16
-10	2.55	2.61	2.66	2.74	2.79	2.85	2.92	2.98	3.04
-20	2.46	2.51	2.56	2.63	2.69	2.74	2.81	2.87	2.93
-30	2.36	2.41	2.46	2.53	2.58	2.63	2.70	2.75	2.81
-40	2.26	2.31	2.36	2.42	2.47	2.53	2.58	2.64	2.70
-50	2.16	2.21	2.26	2.32	2.36	2.42	2.47	2.52	2.58

Tableau (VI.4) : VPA effectif par rapport au VPA publié en fonction de l'altitude et de la température de l'aérodrome (vert = optimal ; jaune = non standard ; orange = interdit).

VI.12.2.Segment APV :

Le segment APV d'une procédure Baro-VNAV est aligné sur le prolongement de l'axe de piste et contient le segment de descente finale pour l'atterrissage ainsi que les segments initial, intermédiaire et final de l'approche interrompue.

VI.12.3. Les OAS APV :

Les OAS APV commencent au point d'approche finale (FAP), qui se trouve à l'intersection de la trajectoire verticale et de la hauteur minimale spécifiée pour le segment précédent. Normalement, le FAP ne devrait pas être situé à plus de 19 km (10 NM) avant le seuil. Les OAS APV prennent fin au MAHF ou au MATF, selon ce qui se présente en premier lieu. Le FAF et le MAPt LNAV sont principalement utilisés pour définir la géométrie des aires et des surfaces. Une fois la procédure construite, le FAF et le MAPt de la procédure LNAV associée servent uniquement au codage de la base de données et à la définition de toute procédure LNAV sous-jacente (RNP APCH) [11].

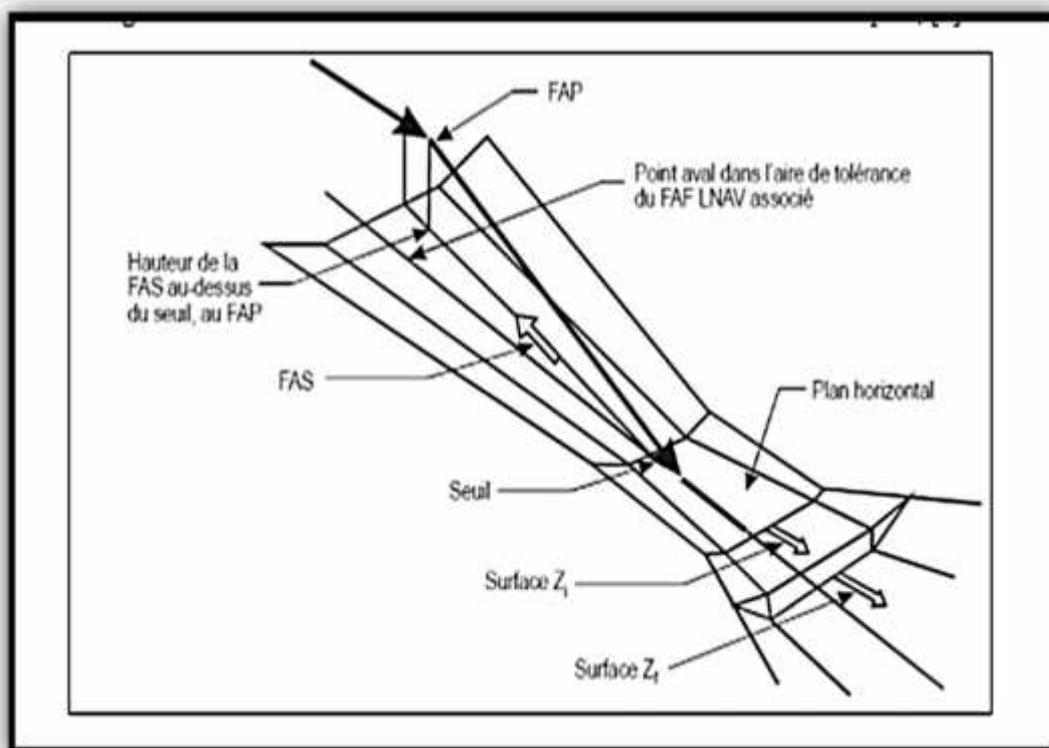


Figure (VI.14) : Représentation des OAS APV

VI.12.3.1. Rapport entre les OAS APV et les critères LNAV :

Les bords supérieurs/extérieurs des surfaces latérales OAS APV sont basés sur les bords extérieurs des aires secondaires LNAV. Les bords inférieurs/intérieurs des surfaces latérales OAS APV sont basés sur les bords de l'aire primaire LNAV. Les bords extérieurs des surfaces latérales se présentent comme suit :

- valeur de MOC app au-dessus du bord intérieur des surfaces latérales liées à la FAS.
- 30 m au-dessus du bord intérieur des surfaces latérales liées aux surfaces d'approche interrompue intermédiaire.
- 50 m au-dessus des bords intérieurs liés à la surface d'approche interrompue finale.

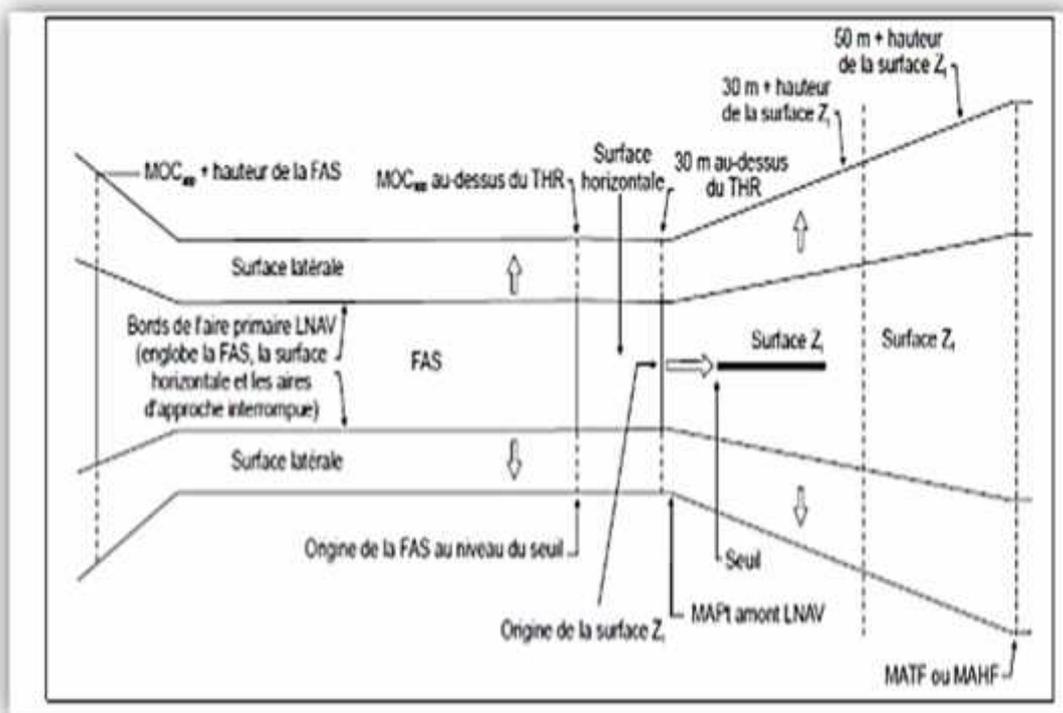


Figure (VI.15) : Aire APV Baro-RNAV — Surfaces OAS APV vues en plan.

VI.12.3.2. Définition des OAS :

Les OAS servent à déterminer les obstacles à prendre en compte. Elles se composent à des surfaces suivantes :

- surface d'approche finale (FAS) plus les surfaces latérales,
- surface d'un plan horizontal plus les surfaces latérales,
- surfaces d'approche interrompue intermédiaire et finale (Z_i et Z_f respectivement) plus les surfaces latérales.

VI.12.4.Surface d'approche finale (FAS) :

La surface d'approche finale à son origine au niveau du seuil à une distance avant le seuil correspondant au point où la trajectoire verticale atteint une hauteur de M_a au-dessus du seuil, plus une distance longitudinale de 444 m (ATT). Elle s'étend jusqu'au FAP nominal + ATT.

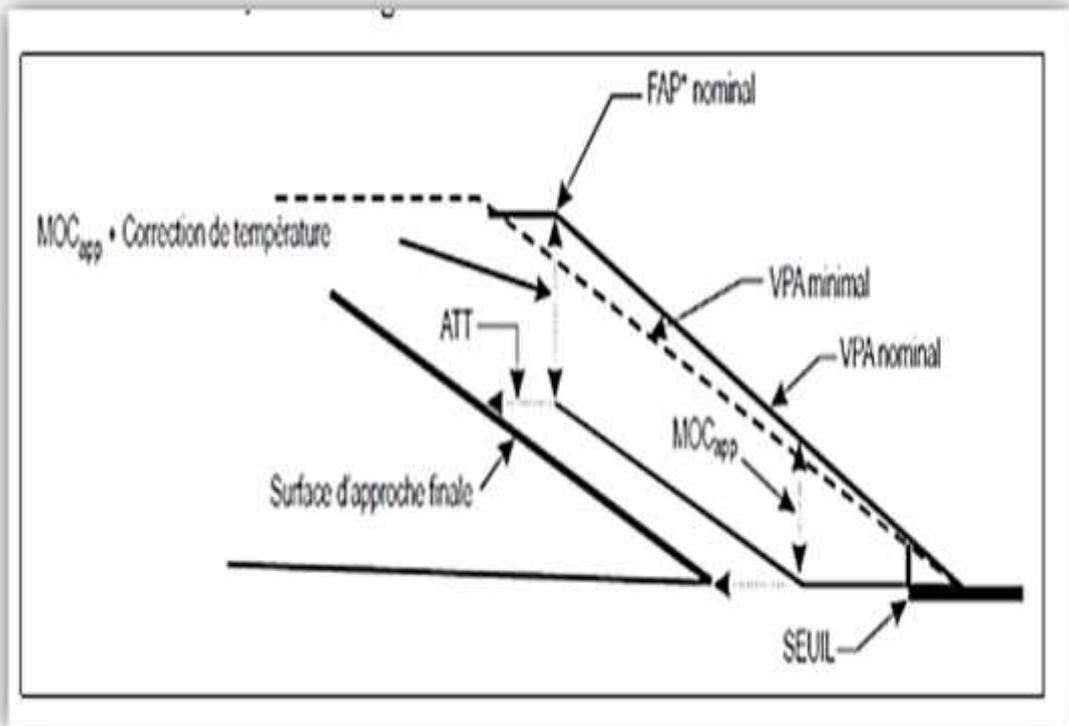


Figure (VI.16) : Surface d'approche finale VNAV et VPA minimal

Les limites latérales de la surface d'approche finale correspondent aux bords de l'aire primaire LNAV. Les bords intérieurs des surfaces latérales associées sont définis par les bords de l'aire primaire LNAV à la hauteur de la FAS et par les bords extérieurs des aires secondaires LNAV à la valeur de M_a au-dessus de la hauteur de la FAS.

VI.12.4.1.Détermination de la température minimale à promulguer :

Déterminer la température minimale probable (la correction température est donnée dans l'annexe C) et arrondir au multiple de 5 °C immédiatement inférieur. Ensuite :

- calculer la FAS pour cette température et, si elle est inférieure à 2,5°, augmenter le VPA promulgué pour faire en sorte que la FAS à la température minimale soit égale ou supérieure à 2,5°,

- vérifier la longueur du segment précédent pour s'assurer qu'elle répond aux conditions pertinentes relatives à la distance minimale avant l'interception de la trajectoire verticale.

VI.12.4.2. Calcul de l'angle et de l'origine de la surface d'approche finale :

- L'angle de la surface d'approche finale (FAS) peut se déterminer de la façon suivante :

$$\tan \alpha_F = \frac{(H_{AF} - Ct) \times t_i \times V}{(H_{AF} - M_{AF})} \quad (VI.8)$$

- L'origine de la surface d'approche finale au niveau du seuil peut se déterminer de la façon suivante :

$$X_F = \frac{M_{AF} - R}{t_i \times V} + A \quad (VI.9)$$

- La hauteur de la surface d'approche finale (H_F) à une distance x par rapport au seuil peut se déterminer de la façon suivante :

$$h_F = (X - X_F) \times t_i \quad (VI.10)$$

VI.12.5. Plan horizontal :

Le plan horizontal est défini par une surface au niveau du seuil limitée par l'aire primaire LNAV entre l'origine de la FAS et l'origine de la surface d'approche interrompue. Les bords inférieurs/intérieurs des surfaces latérales sont définis par les bords de l'aire primaire LNAV au niveau du seuil. Les bords supérieurs/extérieurs des surfaces latérales associées sont définis par les bords extérieurs des aires secondaires LNAV à la valeur de M_{AF} au-dessus du seuil à l'origine de la FAS, et par les bords extérieurs de l'aire LNAV à 30 m au-dessus du seuil à l'origine de la surface intermédiaire d'approche interrompue, à une distance Zi par rapport au seuil (positive avant, négative après).

VI.12.6. Surfaces d'approche interrompue(Zi) :

- **Surface d'approche interrompue intermédiaire :**

La surface d'approche interrompue intermédiaire (Zi) a son origine au niveau du seuil à une distance X_Z par rapport au seuil. Elle prend fin au premier point où une MOC de 50 m est

obtenue et maintenue. Elle a une pente nominale de 2,5 %. Latéralement, elle est limitée par l'aire primaire LNAV.

Les bords inférieurs/intérieurs des surfaces latérales associées sont définis par les bords de l'aire primaire d'approche interrompue LNAV au niveau du seuil et par les bords extérieurs des aires secondaires LNAV à 30 m au-dessus de la surface d'approche interrompue intermédiaire (Z_i).

▪ **Surface d'approche interrompue finale Z :**

La surface d'approche interrompue finale (Z_f) commence au premier point où une MOC de 50 m peut être obtenue et maintenue. À partir de ce point, elle est définie par une surface qui a son origine au niveau du seuil à une distance X_Z par rapport au seuil. Elle se termine à la fin du segment APV, elle a une pente nominale de 2,5 %. S'il est démontré que l'aéronef peut monter selon une pente d'approche interrompue supérieure à la pente nominale de 2,5 %, la surface Z et les surfaces latérales correspondantes ainsi que la surface d'approche interrompue intermédiaire peuvent être ajustées pour des pentes de 3, 4 et 5 %.

Latéralement, la surface d'approche interrompue finale est limitée par l'aire primaire LNAV. Les bords inférieurs/intérieurs des surfaces latérales associées sont définis par les bords de l'aire primaire d'approche interrompue LNAV et par les bords extérieurs des aires secondaires LNAV à 50 m au-dessus de la surface d'approche interrompue finale (Z_f) [1].

VI.12.7. Détermination de l'OCH pour les obstacles à l'approche et à l'approche interrompue :

▪ **Marge minimale de franchissement d'obstacles (MOC) :**

- ✓ Dans l'aire d'approche finale, la MOC (MOC app) est de 75 m,
- ✓ Dans l'aire d'approche interrompue, la MOC (MOC ma) est de 30 m pour l'approche interrompue intermédiaire et de 50 m pour l'approche interrompue finale. Cette marge est prise en compte dans la construction des surfaces Z_i et Z_f , qui commencent à X_Z et X_Z .

▪ **Obstacles à l'approche et à l'approche interrompue :**

Les obstacles à prendre en compte sont ceux qui traversent les OAS APV. Ils se divisent en obstacles à l'approche (APP) et à l'approche interrompue (API) sont indiqués comme suit:

La méthode la plus simple est selon la distance : les obstacles à l'approche sont situés entre le FAP et X_Z , et les obstacles à l'approche interrompue sont situés après X_Z . Toutefois, dans certains cas il peut en résulter une pénalisation excessive dans le cas de certains obstacles à l'approche interrompue.

VI.12.8. Calcul de l'OCA/H dans le segment APV :

Le calcul de l'OCA/H fait intervenir un ensemble de surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS APV). S'il n'y a pas d'obstacle traversant les OAS APV, l'OCA/H est définie par la limite inférieure de 75 m ou de 90 m. Dans le cas contraire, la MOC app (ajustée pour tenir compte des pénétrations dans les surfaces latérales, le cas échéant) est ajoutée à la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus élevé, ou à la hauteur ajustée de l'obstacle à l'approche interrompue qui pénètre le plus si cette dernière hauteur est supérieure. La valeur ainsi obtenue devient l'OCA/H.

- Déterminer d'abord la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus élevé qui traverse la FAS ou le plan horizontal. Ensuite, ramener les hauteurs de tous les obstacles en approche interrompue aux hauteurs d'obstacles en approche équivalents.
- Déterminer l'OCH pour le segment d'approche finale et les segments initial et intermédiaire d'approche interrompue en ajoutant la MOC_{app} à la hauteur de l'obstacle le plus élevé en approche (réel ou équivalent).

$$OCH = h_a + MOC \tag{VI.11}$$

- Approche interrompue finale : Recalculer h_a pour les obstacles traversant la surface d'approche interrompue finale (Z_f) et déterminer l'OCH pour ces obstacles. Si l'OCH est supérieure à la valeur déjà calculée, ajuster l'emplacement du repère de virage ou d'attente, ou porter l'OCH à la nouvelle valeur.

VI.13.Procédure APV de catégorie I SBAS :

VI.13.1. Hypothèses relatives aux approches SBAS :

- Les performances du signal dans l'espace sont conformes aux spécifications de l'Annexe 10,
- L'avionique GNSS est conforme aux exigences du RTCA DO-229C Minimum Opérationnel Performance Standard (MOPS) ou à un standard de certification IFR équivalent,
- Un affichage angulaire génère des erreurs techniques de vol latérales et verticales (Flight Technical Errors, FTE) comparable aux valeurs de l'ILS Les FTE latérales et verticales sont indépendantes,
- Les coefficients de corrélation NSE de l'APV SBAS sont toujours plus petits et du même ordre de grandeur que les coefficients de corrélation observés pour l'ILS,
- En cas de panne, le mode « retour » (réversion) pour les opérations APV est le mode NPA Sur le segment rectiligne de l'API, le système reste en mode NPA (0.3 NM) jusqu'au 1er Waypoint de virage,
- L'Altitude/Hauteur de décision (DA/DH) est lue sur un altimètre barométrique [1].

VI.13.2. Principales caractéristiques APV SBAS :

- VNAV Géométrique (ne dépend pas de la température comme les approches BaroVNAV),
- Basé sur une méthode de comparaison ILS – Sur la base de 429 approches (deux fois la taille de l'ensemble des données du CRM à l'origine),
- Sensibilité est identique à l'affichage ILS (look-alike),
- Identifié dans la case minimums par "LPV",
- Guidage sur le 1er segment rectiligne de l'API,

- Intégrité de l'approche finale renforcée au travers d'un bloc de données (FAS Data Block) incluant un CRC (Contrôle de redondance cyclique).

VI.13.3. Critères SBAS :

Les critères SBAS applicables au segment de procédures NPA, APV et PA de catégorie I, qui sont spécifiques au fonctionnement des systèmes SBAS.

On utilise le terme « segment APV » pour désigner le segment APV SBAS et « segment de CAT I » pour désigner le segment de catégorie I SBAS, le terme « OAS SBAS » désigne à la fois les OAS APV SBAS et les OAS de catégorie I SBAS.

Le terme « procédure SBAS » désigne la procédure qui est dotée soit d'un segment d'approche finale APV SBAS soit d'une finale d'approche de précision de catégorie I.

Le segment APV ou le segment de CAT I comprend l'approche finale ainsi que les phases initiale et intermédiaire du segment d'approche interrompue. L'appellation « segment SBAS » désigne l'un ou l'autre de ces segments.

VI.13.4. Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H) :

Les critères SBAS permettent de calculer une OCA/H pour chaque catégorie d'aéronefs. L'OCA/H assure le franchissement des obstacles depuis le début de l'approche finale jusqu'à la fin du segment intermédiaire d'approche interrompue. L'OCA/H n'est qu'un des facteurs à prendre en compte dans la détermination de la hauteur de décision.

VI.13.5. Segment APV SBAS :

Le segment APV commence au point d'approche finale (l'intersection de la trajectoire verticale nominale et de l'altitude minimale spécifiée pour le segment précédent). Pour le codage des bases de données de navigation, le point de cheminement situé au FAP ne sera pas considéré comme un repère de descente. Les surfaces OAS SBAS s'étendent dans le segment d'approche intermédiaire mais pas au-delà de ce segment.

VI.13.6. Fin du segment APV :

Le segment APV ou de catégorie I se termine au point où commence la phase finale de l'approche interrompue ou au point où la surface Z de montée en approche interrompue atteint une demi-largeur de 1,76 km (0,95 NM), si ce deuxième point se présente avant.

VI.13.7. Franchissement d'obstacles dans le segment APV, SBAS :

La méthode de calcul de l'OCA/H fait intervenir une série de surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS APV SBAS).

Si les OAS SBAS ne sont pas pénétrées, l'OCA/H est définie par les marges de perte de hauteur associées aux catégories d'aéronefs

Cependant, si les OAS SBAS sont pénétrées, les marges de perte de hauteur associées aux catégories d'aéronefs sont ajoutées à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- hauteur de l'obstacle le plus élevé à l'approche pénétrant les OAS SBAS,
- hauteur de l'obstacle équivalent à l'approche le plus élevé correspondant à un obstacle en approche interrompue pénétrant les OAS SBAS. Ces valeurs deviennent les OCA/H associées à chaque catégorie d'aéronefs.

VI.13.8 Définition des OAS SBAS :

- **OAS APV SBAS :**

Les OAS APV SBAS sont constituées par sept portions de plans inclinés, (désignées par les lettres W, W', X, Y et Z) disposées symétriquement par rapport à l'axe du segment d'approche finale et par le plan horizontal passant par le seuil.

- **OAS de catégorie I SBAS :**

Les OAS de catégorie I SBAS contiennent les surfaces inclinées suivantes : W, X, Y et Z, qui sont égales aux surfaces OAS de catégorie I ILS, disposées symétriquement par rapport à l'axe du segment d'approche finale et le plan horizontal passant par le seuil.

Les surfaces Y et Z des OAS SBAS sont limitées latéralement par un couloir de demi-largeur d'aire égale à 1,76 km (0,95 NM) [pour les hélicoptères, 1,48 km (0,8 NM)].

VI.13.9.Cadre de référence :

Les coordonnées des points des OAS SBAS et les obstacles considérés sont exprimés par rapport à un système de coordonnées orthonormé x y, z, avec pour origine le seuil de la piste utilisée .L'axe des x est parallèle au segment APV. Les valeurs de x sont positives en amont du seuil, négatives en aval du seuil. Les valeurs de y sont positives à droite (dans le sens de l'approche), négatives à gauche.

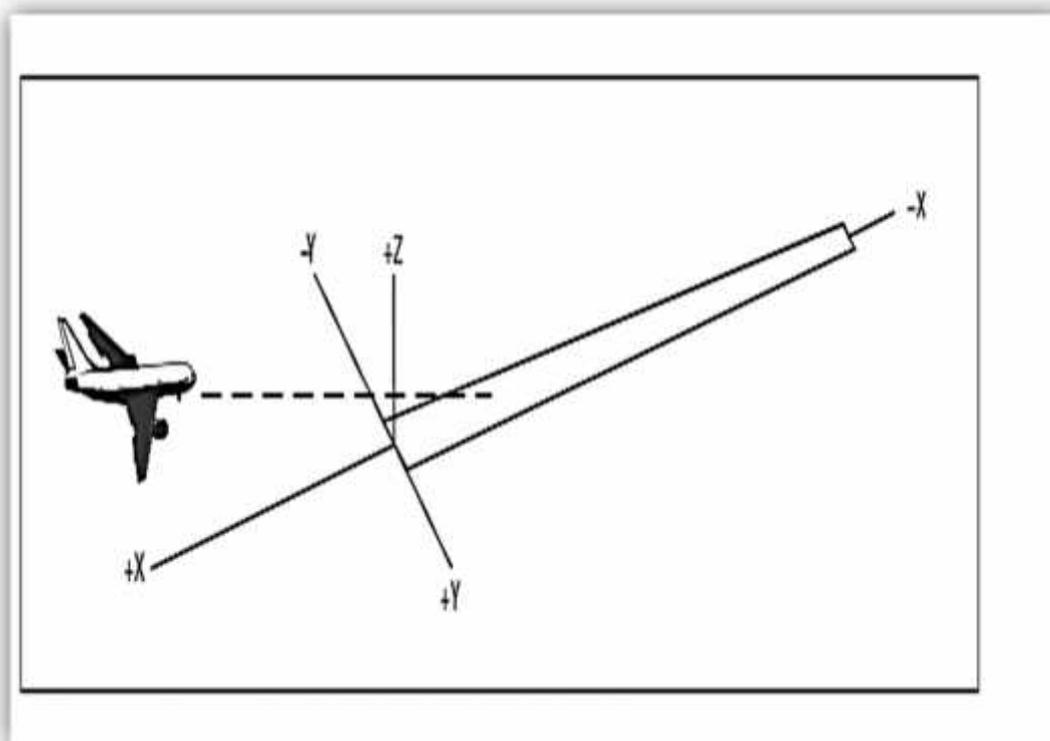


Figure (VI.17) : Système de coordonné.

Dans tous les calculs associés à la géométrie des OAS, pour estimer si un obstacle pénètre les surfaces, la valeur de la coordonnée « y » de l'obstacle est toujours considérée comme positive pour calculer la hauteur du plan correspondant. La coordonnée « z » représente la hauteur. Elle est exprimée positivement au-dessus du seuil de piste de référence. L'unité de mesure est le mètre. L'équation des plans constituant les OAS est exprimée sous la forme :

$$z = A + B + C \quad (VI.12)$$

VI.13.10. Détermination de l'OCA/H :

L'OCA/H se détermine compte tenu de tous les obstacles qui traversent les surfaces OAS SBAS applicables à la catégorie SBAS considérée. Les surfaces qui s'appliquent à chaque catégorie d'exploitation SBAS sont les suivantes :

- Exploitation APV I: OAS APV I SBAS.
- Exploitation APV II : OAS APV II SBAS.
- Exploitation en catégorie I SBAS : OAS de catégorie I ILS

VI.13.10.1 Détermination des obstacles à l'approche et à l'approche interrompue :

Les obstacles à prendre en compte, se répartissent en obstacles à l'approche et obstacles à l'approche interrompue. La méthode la plus simple de répartition est fondée sur la distance :

- les obstacles à l'approche sont ceux qui sont situés entre le FAP et la distance XE après le seuil,
- les obstacles à l'approche interrompue sont ceux qui sont situés dans le reste du segment APV.

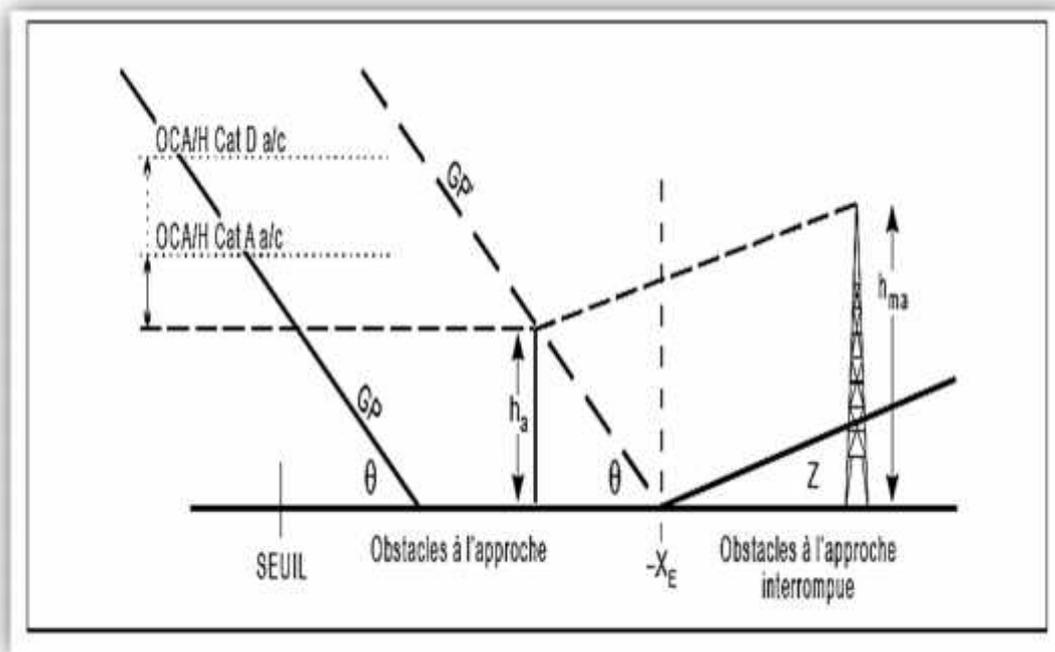


Figure (VI.18) : Obstacle à l'approche interrompue après distance $-X_E$.

VI.13.10.2. Calcul de l'OCA/H :

Après identification des obstacles à l'approche et à l'approche interrompue par une des méthodes décrites ci-dessus, l'OCA/H se détermine de la façon suivante :

- déterminer la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus élevé,
- ramener les hauteurs de tous les obstacles à l'approche interrompue aux hauteurs d'obstacles à l'approche équivalents, par la formule donnée ci-dessous :

$$h_a = \frac{h_m \times c + Z + (X - X_E) \cdot \tan(\theta)}{c + Z + c \cdot \tan(\theta)} \quad (VI.13)$$

Où :

- ✓ h_a = hauteur de l'obstacle à l'approche équivalent,
- ✓ h_m = hauteur de l'obstacle à l'approche interrompue,
- ✓ θ = VPA Z = angle de la surface d'approche interrompue,,
- ✓ X = distance des obstacles par rapport au seuil (valeur négative après le seuil)
- ✓ $X_E = 900 + (38/\tan(\theta))$ pour APV I et $X_E = 900 + (8/\tan(\theta))$ pour APV II,
- ✓ Pour Cat H, $X_E = 700 + (38/\tan(\theta))$ pour APV I et $X_E = 700 + (8/\tan(\theta))$ pour APV II.

VI.13.11. Fin du segment APV :

Le segment APV prend fin dans le cas d'un :

- Virage à une altitude : au point où la TNA est atteinte.
- Virage à un MATF : au MATF amont. Si le MATF est confondu avec le MAPt de la LNAV sous-jacente, alors le segment APV se termine au MAPt amont. L'OCH minimum est alors la hauteur au MAPt amont le long de VPA' (droite parallèle au VPA promulgué et ayant son origine à Xz) augmentée de la HL.
- Virage à un MAHF : au MAHF amont

VI.14. Procédures d'attente en RNAV :

L'attente et une manœuvre prédéterminé, exécutée par un aéronef pour attendre.

VI.14.1. Critères utilisés pour les procédures d'attente en RNAV :

On peut concevoir des procédures d'attente à la fois pour des opérations selon des spécifications de navigation qui exigent un équipement avec fonctionnalité d'attente et pour des opérations selon des spécifications qui n'exigent pas un tel équipement [11].

- **Spécifications de navigation exigeant des systèmes RNAV avec fonctionnalité d'attente :**

Les aéronefs dotés de systèmes RNAV possèdent la souplesse leur permettant d'attendre sur des trajectoires qui sont définies par l'équipement RNAV et d'utiliser des procédures qui sont moins rigides que celles qui sont utilisées dans les attentes conventionnelles. Les avantages de cette technique sont notamment l'utilisation optimale de l'espace aérien en ce qui concerne l'emplacement et l'alignement des aires d'attente ainsi que, dans certaines circonstances, une réduction de l'espace aérien d'aire d'attente. La seule spécification de navigation qui exige un système de navigation de surface avec une fonctionnalité d'attente est la RNP avancée.

- **Spécifications de navigation n'exigeant pas de systèmes RNAV avec fonctionnalité d'attente :**

Pour les systèmes RNAV sans fonctionnalité d'attente, il est possible de définir une procédure d'attente en RNAV, à exécuter manuellement, basée sur un point de cheminement. On utilisera un gabarit de circuit d'attente conventionnel pour construire l'aire de franchissement d'obstacles pour ce type d'attente.

VI.14.2. Equipement :

Les systèmes de gestion de vol sont normalement commandés à l'aide d'une base de données de navigation.

VI.14.3.Emplacement et nombre des circuits d'attente :

Pour éviter l'encombrement de l'espace aérien, un seul circuit d'attente doit être établi pour chaque procédure. L'emplacement normal est à un des IAF. Le point de cheminement d'attente (MAHF) est un point de cheminement à survoler.

VI.14.4 Types d'attente en RNAV :

VI.14.4.1 Attente en RNAV avec un seul point de cheminement :

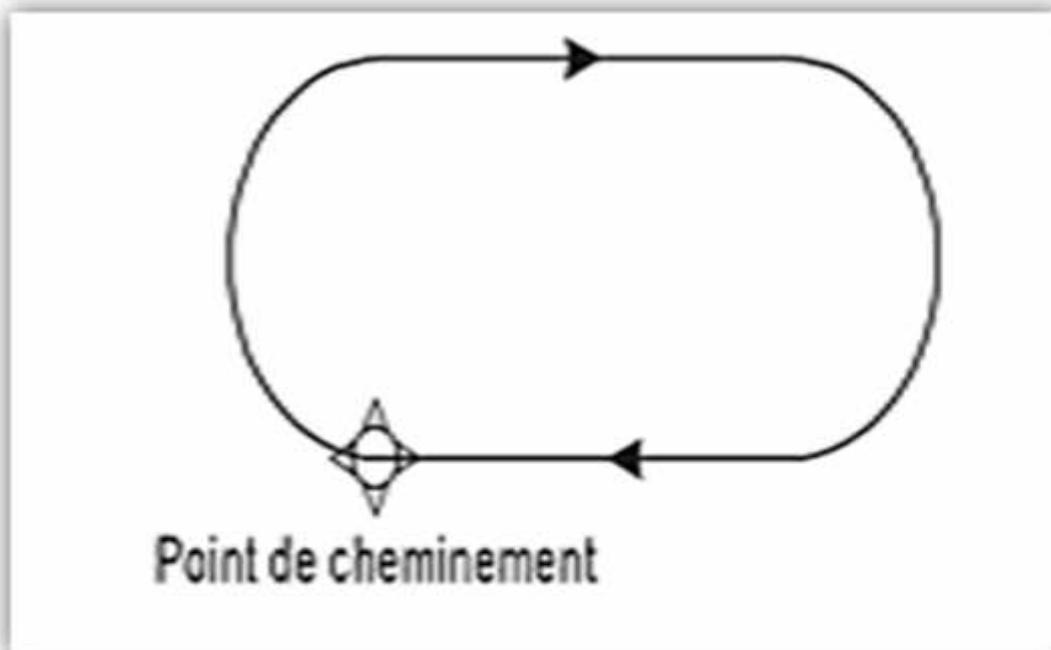


Figure (VI.19) : Attente en RNAV avec un seul point de cheminement.

▪ **Pour opérations exigeant des systèmes RNAV avec fonctionnalité d'attente :**

- ✓ Il est présumé que le système RNAV est capable de compenser l'effet d'un vent venant de l'extérieur du virage d'éloignement, par une réduction de l'angle d'inclinaison latérale.
- ✓ La longueur du parcours d'éloignement du circuit d'attente est au moins égale à un diamètre de virage.
- ✓ Il est présumé que le système RNAV est capable de corriger la dérive sur des segments rectilignes.

- ✓ Aucune tolérance de cap n'est prise en compte sur les segments rectilignes.
- **Pour opérations n'exigeant pas de systèmes RNAV avec fonctionnalité d'attente (c.-à-d. récepteurs GNSS de base de classe A) :**
 - ✓ ce type d'attente sera exécuté manuellement, et un guidage RNAV sur trajectoire n'est assuré que sur la trajectoire de rapprochement,
 - ✓ il n'est pas tenu compte des effets de compensation de vent ou de la correction de dérive par le système RNAV.

VI.14.4.2. Attente dans une aire RNAV :

Ce type d'attente comporte une aire circulaire, centrée sur un point de cheminement désigné, Assez grande pour contenir un circuit d'attente normal en hippodrome, dans toute orientation. Le parcours de l'attente effectué en éloignement est défini par un minutage ou par une distance à partir du point de cheminement d'attente (WD) fourni par le système RNAV [11].

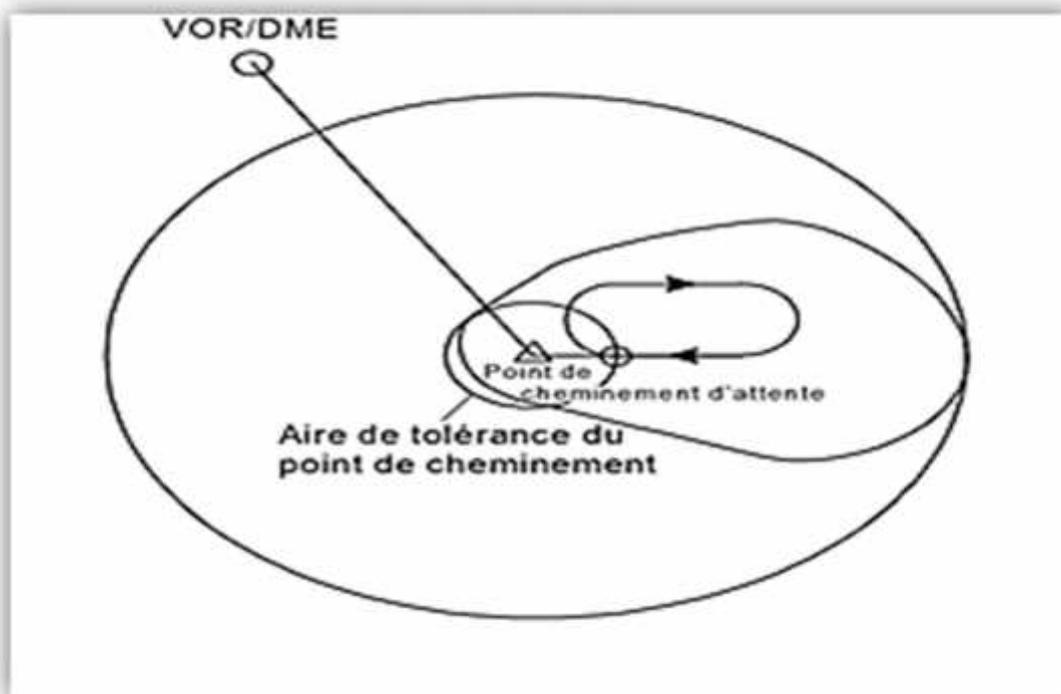


Figure (VI.20) : Attente dans une aire RNAV.

VI.14.5 Procédures d'entrée :

- **Pour Attente en RNAV avec un point de cheminement :**

Les procédures d'entrée dans une attente en RNAV avec un point de cheminement seront les mêmes que celles qui sont utilisées pour l'attente conventionnelle.

- **Pour Attente dans une aire :**

Toute procédure d'entrée qui est contenue à l'intérieur de l'aire donnée est admissible

VI.15.construction de l'aire d'attente :

La construction de l'aire d'attente se subdivise en trois étapes, comme suit :

- construction du gabarit,
- construction de l'aire de base,
- construction des aires d'entrée.

V.1 Introduction :

Cette partie sera axé sur l'élaboration d'une procédure d'approche RNP-APCH dont la configuration en 'Y ' pour l'aérodrome d'Oran. Cette configuration permet à l'aéronef d'avoir des entrées directes quelle que soit la trajectoire d'arrivée. Elle permet aussi une meilleure utilisation de l'espace aérien tout en assurant la sécurité et en offrant des avantages aux compagnies aériennes dans l'aspect économique.

V.2 Présentation de l'aéroport d'Oran Ahmed Ben Bella :

L'aéroport International d'Oran /Ahmed Ben Bella, Anciennement connu sous le nom d'Aéroport d'Oran « Es Sénia », situé près de la commune de Es Sénia à 12 km au sud de la ville d'Oran. Selon le nombre des vols internationaux, il est en deuxième position derrière l'aéroport d'Alger « Houari Boumediene ». L'aéroport est géré par l'EGSA d'Oran. Il est constitué de :

1. L'aire de manœuvre qui comprend :
 - Deux pistes parallèles
 - Les vois de circulations
2. L'aire de trafic destinée pour recevoir les aéronefs pendant les opérations d'escales et qui comprend :
 - Les vois de desserte
 - Les aires de stationnements
3. L'installation d'aides à la navigation qui comprend :
 - Le balisage
 - Les instruments de radionavigation. [voir Annexe B]

V.3. Contexte de l'étude

L'étude est basée sur les données suivantes :

- Catégorie d'aéronef : A, B, C, D
- Température : ISA + 15°C
- Vent (OACI): $2h + 47$ où V_w en kt , h en milliers de ft
- Référence altimétrique : QNH

Remarque :

Dans cette étude, toutes les orientations sont données par rapport au nord vrai.

V.4 Emplacement de l'aérodrome :

Identification de l'aérodrome	'DAOO'
Coordonnées de l'ARP	35°37'38"N 000°36'41"W
Déclinaison magnétique	1°W (2005)
Altitude	91 m (299ft)
Température de référence	32°C

Tableau (V.1) : Emplacement de l'aérodrome

V.5. Caractéristiques physiques des pistes :

Les caractéristiques physiques de deux pistes sont représentés dans le tableau suivant :

Numéro de piste	Relèvements		Dimension des RWY (m)	Résistance (PCN) et revêtement des RWY et SWY	Coordonnées du seuil	Altitude du seuil	.Pente de RWY-SWY
	VRAI	MAG					
07L	067°	068°	3600×45	PCN 45T/SIWL - 40T/J 90T/B Béton bitumineux	353659.96N	91 m	0,03%
25R	247°	248°			0003831.34W		
			3000 × 45	PCN 113 F/A/W/T Béton bitumineux	0003619.70W	90 m	+ 0,03%
07R	067°	068°			353651.03N		
25L	247°	248°	353728.47N	0003637.04W			

Tableau (V.2) : Caractéristiques physiques des pistes

V.5.1 Types des pistes :

Le seuil 25L desservi par un ILS qui est destiné à une approche de précision Catégorie II, avec une hauteur de décision inférieure à 60 m (200ft) mais aussi au moins égale à 30 m (100ft), et une portée visuelle de piste au moins égale à 350m. ILS de la piste 25 R est en cours d'installation et l'approche s'effectue est en VOR/DME. [Voir annexe B].

V.5.1.1 Piste 25R/07L :

La piste 25R/07L possède les informations illustrée dans le tableau suivant :

Identification	RWY 07L/25R
Orientation	067°/247°
Longueur×Largeur	(3600×45) m
Altitude du seuil 07L	91 m - 299ft
Axe de l'approche final	248°
Altitude du seuil 25R	90 m - 295ft

V.5.1.2 choix le seuil 25 R pour élaborer la nouvelle procédure d'approche RNP APCH :

On a choisi le QFU 25R comme un seuil préférentiel tout dépend de :

- La densité du Flux de Trafic Aériens au départ et à l'arrivée.
- L'impossibilité d'assurer une descente sur la 07L à cause de la présence des deux zones militaire dangereuse de BOUSFERT en nord et celle de TAFRAOUI au sud
- Un seul « **stack** » situé de 42 NM par rapport au 25R.
- Le Vent Favorable pour la 25 R.
- Gain en distance pour la 25R/07L

Le tableau ci-après complète les informations nécessaires de piste 25R :

Identification	RWY 25R
Coordonnées du THR	35° 37'44.97''N, 000° 36'19.70''W
Altitude du THR	90m (295ft)
Longueur du prolongement d'arrêt	100m
Longueur du prolongement dégagé	-
Seuil décalé	THR décalé 60M

V.6. Les instruments de radionavigation :

Les aides de radionavigation qui se trouvent au niveau de l'aérodrome d'Oran et aux aérodromes voisins et qui servent au guidage des avions au décollage et lors de l'atterrissage sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Type d'aide CAT d'ILS/MLS (pour VOR/ILS/MLS indiquer déclinaison)	Identification	Fréquences	Heures de fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Observations
VOR/DME (1°W 2005)	ORA	114 Mhz CH 87 X	H24	35.61°N 0.65°W	-
LLZ25L/ILS CAT II (1°W 2005)	OR	109.9 Mhz	H 24	35.61°N 1.3°W	Il est situé à QDR248° et à 290M du THR07R.

GP 25L		333.8 Mhz	H 24	36.62° N 1.5°W	Il est situé à 347M en amont du THR25L et à 140M à droite de l'axe de piste 25L
DME-P	OR	CH 36X	H 24	36,4 °N 1.5° W	Co-implanté avec GP 25L
L	OO	265 KHz	H 24	35.87°N 1.3°W	-
L	ON	415 KHz	H 24	35,9°N 1,2° W	-

Tableau (V.3) : Les instruments de radionavigation

V.7. Environnement aéronautique :

V.7.1 Espace Aérien :

Espace aérien à statut particulier se compose de quatre (4) zones dangereuses et une zone interdite. [Voir l'annexe A].

V.7.2 Les obstacles de l'aérodrome :

Les obstacles existants dans l'aérodrome d'Oran sont dans le tableau suivant :

La piste ou l'aire concerné	Type d'obstacle		Hauteur	Marquage et balisage lumineux	Cordonnée
RWY 07L	Aire d'approche et de décollage	Ligne HT	Alt : 135M	Non balisé	-
	Aire de manœuvre à vue et aérodrome	Antenne	30M	Balisé de jour	353744N 0003619W
		Château d'eau	Alt : 120M	Balisé de jour	
		Antenne GP 25L	18M Alt : 108M	Balisé de jour	353728.3N 0003652.0W

Tableau (V.4) : les obstacles de l'aérodrome

V.8. Les procédures existantes :

V.8.1 Procédures d'approche aux instruments :

Actuellement, l'aérodrome d'Oran dispose de trois (03) procédures d'approche aux instruments pour les catégories A / B et C / D :

- Procédure : VOR/DME- RWY 25 R
- Procédure : NDB/VOR-DME RWY 25L
- Procédure : VOR/DME –ILS RWY 25L C/D

L'aérodrome d'Oran dispose également des départs et des arrivées normalisées aux instruments (SID ET STAR) OACI (voir les cartes d'approche conventionnelle).

V.8.2 Le service de contrôle d'approche d'Oran :

Pour une meilleure gestion et de contrôle des trajectoires des aéronefs autour de l'aéroport d'Oran en fonction de la densité de trafic, un service de contrôle d'approche d'Oran a été développé dans le but de gérer l'ensemble du trafic à l'arrivée et au départ de

cet aérodrome. Le contrôle d'approche est localisé dans la tour de contrôle qui a une zone de responsabilité définie comme suit :

- A l'Est Arc de cercle de 20 NM centré sur le VOR MOS
- A l'Ouest Arc de cercle de 20 NM centré sur le VOR ORA
- Au Nord et Sud tangentes à ces deux cercles
- Limite inférieure : 450m/1500
- Limite supérieure : FL 105

V.9 Circuit d'attente « stack » :

- Situe à 42 NM DME ORA
- Elle s'effectue sur le VOR/DME MOS
- L'orientation du circuit est : 056°/236°
- Le temps d'éloignement est d'une(01) minute

V.10. Consignes locales :

- Au Nord il y a la montagne de Murjaju dont l'altitude de 540 m, située sur la Radiale 353° ORA à 5.9 NM
- Au Nord/ Est la montagne de Lion dont l'altitude de 631m, située sur la Radiale 038° ORA à 13.6 NM
- Au Sud/Ouest la montagne de Tessila dont l'altitude de 1087 m, située sur la Radiale 194 ORA à 20 NM
- La séquence d'approche est de 7 minutes pour les pistes 25 R et 25L, elle est de 12 minutes pour les pistes 07L/07R

V.11 Contraintes existantes au niveau de la CTA d'Oran sont :

vue de l'augmentation du trafic aérien, la position du circuit d'attente et la séquence d'approche. La procédure d'approche actuelle sera pénalisante et ne répondra pas aux exigences de la fluidité, l'efficacité et la rapidité.

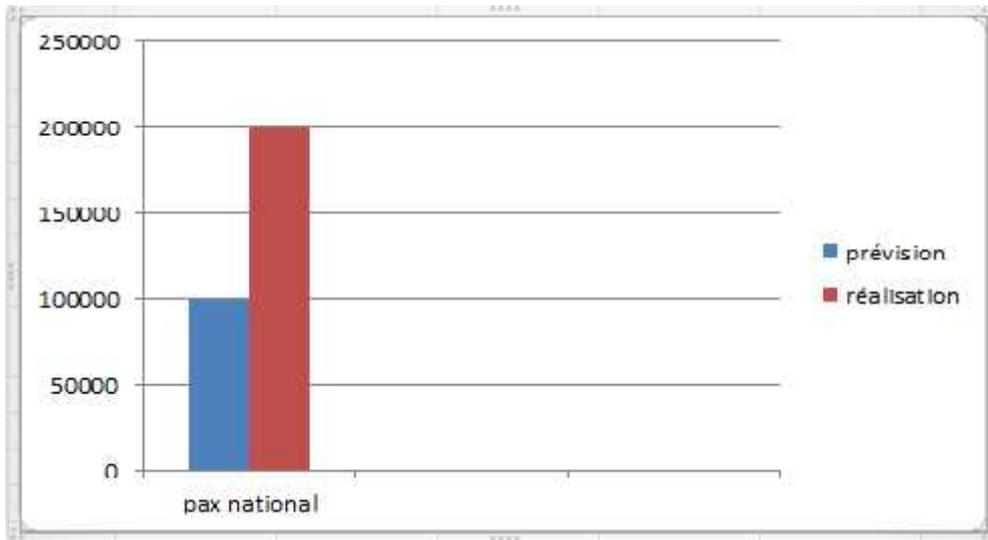
- Si le vent est favorable pour la piste 07, donc certaines compagnies aériennes se déroutent durant la nuit, car l'absence de ILS.
- Si les deux zones militaires sont actives la séparation entre les arrivées et les départs est contraignante pour les contrôleurs aériens et les pilotes.

V.12 Statistiques du trafic aérien :

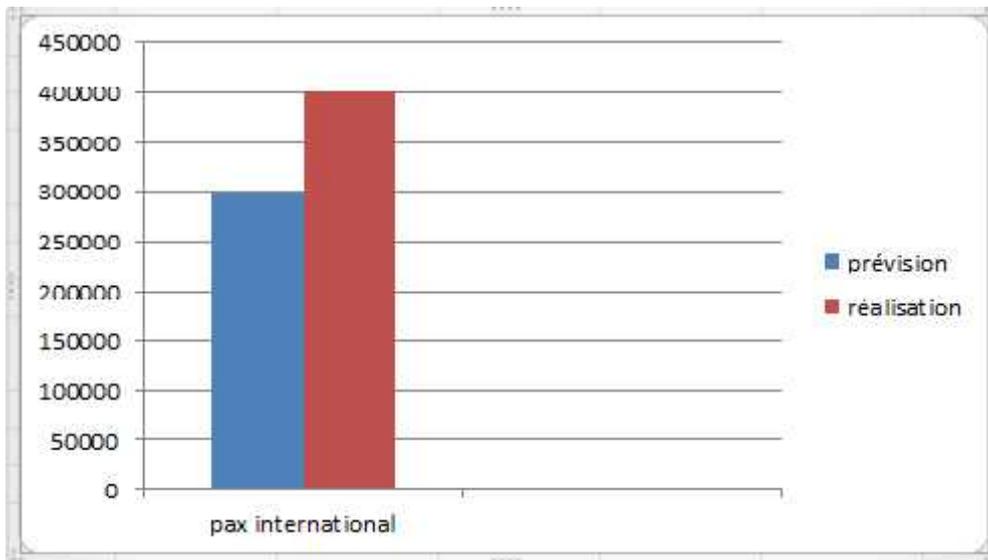
V.12.1 Trafic passagers :

Le trafic global traité au 1er trimestre 2016 est de l'ordre de 562 895 passagers représentant près de 111% de l'objectif trimestriel (506 805 pax).

Désignation	l'objectif 1 ^{er} trimestre 2016	Réalisation 1 ^{er} trimestre 2016	Taux de réalisation
Réseaux National			
Arrivée	94111	108 465	115 %
Départ	94030	110 603	118%
Transit	0	3242	
PAX National	188 140	222 310	
Réseaux International			118%
Arrivée	154 530	170 109	110%
Départ	164 135	169 391	103%
Transit	0	1085	
PAX International	318 655	340 585	107%
Total PAX	506 805	562 895	111%



Figure(V.1) : Trafic passager National



Figure(V.2) : Trafic passager International

V.12.1.1 Réseau Domestique :

Le trafic réalisé sur ce réseau, s'élève à 222 310 passagers avec un taux de réalisation de 118% de l'objectif cumulé.

V.12.1.2 Réseau international :

La réalisation au 1er trimestre 2016 s'élève à 340 585 passagers avec un taux de réalisation de 107%. Le trafic des passagers nationaux couvert 58%.

A. Etude d'une Procédure d'approche LNAV (GNSS) :

A.1.Attente point fixe :

La procédure d'attente est une manœuvre prédéterminée, elle utilise un circuit en hippodrome, basé sur un repère appelé 'point d'attente'. Elle est exécutée par un aéronef pour attendre lors des phases de départ, croisière et en approche lorsque plusieurs aéronefs entament la phase d'approche en même temps ou lorsque la piste n'est pas dégagée (Occupée par d'autres aéronefs). La procédure d'attente RNAV peut ne pas être utilisée, car la procédure d'approche avec Configuration en 'Y' permet d'avoir des entrées omnidirectionnelles, et ce, par la présence de deux segments d'approche initiaux (IAF) (Voir 'Publication de la carte d'approche'). Cela permet à un certain nombre d'aéronefs d'entamer la phase d'approche directement sans forcément passer par la procédure d'attente. Lors de la conception de la procédure, nous avons posé un circuit d'attente (trajectoire Nominale) sur le segment d'approche initiale désigné par « AOO31 » (178°) et va être exécuté Sur un point fixe (WP) d'une distance oblique de 31 NM par rapport le point de référence de l'aérodrome, avec un temps d'éloignement d'1 min à une altitude spécifié de 6300 Ft.

A.1.1.Construction de procédure d'attente Point fixe :

A.1.1.2 Paramètres du circuit d'attente :

Les paramètres qui servent à réaliser le circuit d'attente sont :

- IAS=230kt
- Altitude = 6300 ft
- Temps =1min
- Température (°C)=15°C
- Catégorie aéronefs C/D

A.1.1.3.Construction de gabarit d'attente :

Pour construire le gabarit d'attente il faut :

- Pour Les calculs liés à la construction du gabarit d'attente [voir annexe C]
- Pour le tracé de gabarit d'attente (voir le doc 8168).

A.1.1.4. Construction d'Aire de base d'une attente :

Pour construire l'aire de base d'une attente il faut :

- Savoir l'aire de tolérance de point d'attente
- Tracer autour du point d'attente A la tolérance de repère RNAV associée au point de cheminement et situer les points « A1 », « A2 », « A3 » et « A4 » aux quatre coins de cette aire .

Pour le tracé de l'aire de base (voir doc 8168).

Remarque : la manoeuvre d'attente est effectuée sur un waypoint « AOO31 » exécuté manuellement pour un système RNAV sans fonctionnalité d'attente défini par éloignement en distance.

A.1.1.5. Construction des aires d'entrées :

Pour le tracé des aires d'entrées (voir le doc 8168).

Et par la suite on trace les 5 zones tampon de 1NM autour du gabarit d'attente. [voir Annexe C « schéma Final d'aire d'attente point fixe »].

A.2. Procédure d'attente :

Point d'attente	MHA (ft)	TRACK °	IAS (kt)	Type
AOO31	6300	168°	230 kt	RNAV sans fonctionnalité d'attente
direction	RNAV spécification	Altitude d'attente Maximal (ft)	Time	Entrées secteur
Droite	RNAV 1	14000	1min	Tout

A.2.1 Evaluation d'obstacle dans l'aire d'attente :

Evaluation d'obstacle dans l'aire d'attente est basée sur :

- Hauteur d'obstacle le plus pénalisant = 404 m situé dans la 4ème zone tampon de l'aire d'attente

- MFO= 120 m

Obstacle	Elev (ft)	MFO (ft)	Altitude de Protection
Relief	1350 (404 m)	394 (120 m)	1750

A.2.2 Arrivée :

L'étude de la phase d'arrivée permet de se familiariser avec l'environnement de l'aérodrome où le relief est pris durement en compte pour le calcul des altitudes minimales de secteur. Plusieurs points doivent être pris en compte, à savoir :

- Une marge de franchissement d'obstacles de 300 mètres (1000ft) doit être prise afin
- de pallier aux effets des courants verticaux et tourbillonnaires dus aux reliefs
- Dans les procédures RNAV :
- Des TAA seront établies pour chaque aérodrome
- Les points de référence des TAA sont les repères d'approche initiale et/ou les repères intermédiaires

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 46km (25NM) des points de cheminement RNAV.

A.2.2. 1 les Arrivées en Régions Terminale TAAs :

Les points de référence de TAA sont des repères d'approches initiales (IF) définis par :

1. Segment initial désigné par AOO31 (168°) à droite
2. Segment initial désigné par AOO32 (308°) à gauche

Pour notre cas : La configuration type prévoit deux aires de TAA qui sont :

- Pas d'entrée directe
- base gauche et base droite

Les limites extérieures sont définies par des arcs de 46km (25NM) de rayon centré sur chacun des trois IAF en plus d'une zone tampon de 9km (5NM).

A.2.2.2. Détermination de l'altitude minimale de secteur MSA :

On a :

- H Obstacle pénalisant = 630 m (se trouve à l'intérieure de l'aire TAA « AOO31 »)
- MFO= 600 m
- MSA=630+600= 1230 m ~ 1250 m

Alors :

L'Altitude d'arrivée en TAA « AOO31 » de secteur 1= (1250 m) 4100 ft

Remarque : $Alt_{obs} > 1500ft$ \longrightarrow MFO = 60 m

D'après l'évaluation d'obstacle dans le secteur « AOO 32 ».

On a :

- H Obstacle pénalisant = 910 m (se trouve à l'intérieure de l'aire de zone tampon « AOO32 »)
- MFO= 600 m
- MSA=910+600= 1510 m ~ 1550 m

Alors :

L'Altitude d'arrivée en TAA « AOO31 » de secteur 2= (1550 m) 5100 ft

- la différence entre des TAA adjacentes est signifiante $M_1 - M_2 \gg \gg 300ft$
- une altitude minimale applicable à chaque Secteur. Voir le tableau suivant :

Le point de référence TAA IF(AOO30)	TAA « AOO31 » droite	TAA « AOO32 » Gauche
Secteur d'entrée	068°-178°	318°-068°
Elévation d'obstacle (ft)	630 m (2100 ft)	910 m (3000 ft)
MFO (ft)	600 m (1969 ft)	600 m (1969 ft)
Altitude minimale (m)	1250 m	1550 m
TAA Altitude	4100 ft	5100 ft

Tableau (V.5) : altitude minimale en région terminal

Remarque : critères de conception des approches RNPAPCH se faite dans un cercle de rayon de 30NM centré au point de référence de l'aéroport.

A.3.Les Segment de procédure « LNAV » :

A.3.1.Segment d'approche initiale :

- **Segment d'approche Initial droit :**

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	Fin	Longueur(NM)	La pente
IAF (6300ft)	IF	10 (TRD 8.9)	-4.5%

- **Etude des obstacles :**

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Obstacle	Alt_{obs} (ft)	MFO (ft)	MOCA/H (ft)	L'altitude à L'IF
Relief	89	984	1080 (781)	3500

- Altitude de seuil 25 R = 90 m (295ft)
- Altitude aerodrome = 91m =299ft

299 - 295 = 4ft 7 ft On prend l'altitude de l'aérodrome comme l'altitude de référence.

$$OCH = OCA - A_A \rightarrow 1080 - 299 = 781ft$$

➤ **Vérification de la pente de descente**

Pour assurer que la pente de descente sur le segment initial à gauche est conforme aux exigences PANS-OPS pour cette phase de vol.

On a:

- $P = h / T$
- $h = 2.4 f = 7.8 m$

1. Calcule de distance de trajectoire (TRD) en utilisant la formule suivante :

$$T = l_c \quad d_s \quad - r(\theta_1 / 2 + \theta_2 / 2) + (r_1 + r_2) / 3$$

Où :

- 1 = angle de virage (en degrés) au début du segment ;
- 2 = angle de virage (en degrés) à la fin du segment ;
- r = rayon de virage pour une inclinaison latérale de 25°.

2. $P = h - T = 4.5\% < 8\% \Rightarrow$ Vérifié

▪ **Segment d'approche initiale Gauche :**

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	Fin	Longueur(NM)	La pente
AOO31 « IAF » (6300ft)	AOO30 « IF »	10 (TRD 8.9)	-4.5%

▪ **Etude des obstacles :**

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

obstacle	A_o (ft)	MFO (ft)	MOCA/H (ft)	L'altitude à AOO30
Relief	62	984	1050 (751 m)	3500

A.3.2.Segment d'approche intermédiaire :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	Fin	Longueur(NM)	La pente
AOO30 « IF » (3500ft)	AOO29 « FAF »	15	Nul

➤ **Vérification de la longueur minimale du segment intermédiaire :**

- Calcul de la longueur minimale du segment intermédiaire avec la formule appropriée ;
- Le Segment intermédiaire est limité par deux point de cheminement celui de virage IF (Fly-By) et le FAF (Fly-Over);

Détermination de la distance minimale de stabilisation pour un virage fly-by.[Voir annexe D]

$$L = (r \cdot \tan(A/Z)) + c \cdot T$$

Avec :

- r : rayon du virage au WP : $r = 2988.67 \text{ m} = 1.6138 \text{ N}$
- A : Angle de virage qui égal à 70°
- C : 5 secondes de mise en inclinaison (tolérance du cap)
- $T = 227.01 \text{ K} = 116.78 \text{ m/s}$
- $C \cdot T = 5 \times 116.78 = 583.9 \text{ m} = 0.3152 \text{ N}$

Alors :

- Distance minimale de stabilisation a L' IF est : $0.7 + 0.3152 = 1.0152 N$
- Distance nécessaire pour la transition entre le mode terminal et le mode approche : 2 NM
- Longueur minimale du segment intermédiaire est :

$$2 N + M = 3.0152 N < 15 N \Rightarrow \text{Vérifié}$$

▪ **Etude des obstacles :**

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Obstacle	A o (f)	MFO (ft)	MOCA/H (ft)	L'altitude à L'IF
Relief	653	492	1150 (851)	3500

Remarque : D'après ce qu'on a remarqués l'alignement de segment intermédiaire avec celui de segment final cause un chevauchement entre l'aire de protection de segment intermédiaire et celle de la zone dangereuse DA.D71. C'est pourquoi On a proposé comme solution un virage de 10° au FAF Pour assurer une séparation latéral entre les Aires.

A.3.3.Segment d'approche finale :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	Fin	Longueur(NM)	La pente
FAF (3500ft)	MAPT	10	5.2% (3°)

▪ **Etude des obstacles :**

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant

Obstacle	A o (f)	MFO (ft)	MOCA/H (ft)	L'altitude au FAF
Relief	348	246	600 (301)	3500Ft

A.3.4.Segment d'approche interrompue en ligne droite :

Le segment d'approche interrompue commence au MAPT et inclut les trois phases suivantes :

1. Approche interrompue initiale :

- Début : MAPT amont
- Fin : SOC

2. Approche interrompue intermédiaire :

- Début : SOC 'Trajectoire en montée à **2.5%** (au moins)
- Fin : lorsqu'une MFO de 50ft (15m) est atteinte et peut être maintenue

3. Approche interrompue finale :

De l'API intermédiaire jusqu'à ce que l'aéronef soit prêt À recommencer la procédure, de retour dans l'attente ou raccordé à la phase en route.

▪ Approche interrompue initiale :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	Fin	Longueur	La pente	Altitude
MAPT	SOC	1.25 NM	nul	600

➤ Point d'approche interrompue (MAPT) :

Le MAPT est défini comme suite : Procédures avec FAF - par une installation de navigation ou un repère au MAPT, placé au seuil 25 R de la piste.

➤ 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.

➤ **Calcul de SOC :**

Le SOC est déterminé par la somme de :

- La tolérance de MAPT et
- La distance de transition (X)

▪ **Calcul de La tolérance de MAPT :**

La tolérance longitudinale de MAPT est définie par la somme de : La tolérance du repère égale à 0.24 NM et une distance (d) prévue pour le temps de réaction du pilote.

- $T = L \times K (298.55f) + Vv = 185k \times 1.03029 + 10k = 200.60k$
- $t = 3s$
- $D = T \times t = 200.60k \times (3/3600) = 0.17N$

Donc : $d = 0.17N$

D'où : la tolérance du MAPT : $0.24 + 0.17 = 0.41N$

▪ **La distance de transition (X) :**

La distance de transition 'X' est basée sur t=15s de vol à une IAS basée sur la vitesse d'approche finale la plus élevée, ($V_i=185kt$), à l'altitude de l'aérodrome qui est égale à 91m, avec une température ISA + 15 °C et un vent arrière de 19 km/h (10 kt).

On a :

- Altitude de l'aérodrome : 91m (298.55ft)
- Température: $T + 15^\circ$
- K : 1.03029
- $T = L \times k$, $TAS = 185 \times 1.03029 = 190.60kt$
- Vent arrière: $19k/h (10k) T = 190.60 + 10 = 200.60k$
- $t: 15s$
- $D = T \times t = 200.60k \times (15/3600) = 0.84N$

D'où : la distance de transition X = 0.84NM

Alors : Le SOC se trouve à 1.25 NM en aval du seuil.

▪ Etude des obstacles :

Limitation du segment d'Approche interrompue initiale	Obstacle	<i>L</i>	<i>A O</i>	MFO (ft)	Alt min Obst (ft)
MAPT	Obstacle 1	Aire primaire	354	98	452
SOC	Obstacle 2	Aire primaire	397	98	495

MOCA de l'API initiale = 495ft

MOCH de l'API initiale est : 196ft

On remarque que :

La MOCA de l'API initiale = MOCA du finale

▪ Approche interrompue intermédiaire :

Début	Fin	Longueur	La pente	Altitude
SOC	lorsqu'une MFO de 50ft (15m) est atteinte et peut être maintenue	5NM	2,5 %	764 ft

▪ **Etude des obstacles :**

<i>Obstacle</i>	<i>Altitude d'obstacle</i>	<i>MFO</i>	<i>MOCH</i>
Relief	129 m	50 m	179 m

▪ **Approche interrompue Final :**

En cas d'une approche interrompue en piste 25R le pilote monte et il maintient l'axe de piste jusqu'à 2100 ft puis il contacte le contrôleur d'approche pour instructions. L'aéronef en question perd sa priorité à l'atterrissage, et pour l'intégrer dans le circuit l'attente il devait suivre la route suivante :

- Interceptor et suivre la Radiale 233°, atteindre 3000 ft au plus tard à 8 NM. A 8 NM il tourne adroite avec une vitesse max de 230 kt ; et FL50 pour intercepter la Radiale 168°, une fois établie il monte vers le niveau libre dans le circuit d'attente vers la Waypoint « AOO31 »
- L'intégration du trafic au circuit d'attente s'effectuera soit par la mise en cap sur point HILIL, ou BAHRI, sinon directement vers le circuit d'attente en fonction du niveau libéré en montée.

Cette procédure de dégagement est utilisée dans le cas défavorable c.-à-d :

- Lorsque les deux zones militaires de BOUSFERT et TAFAROUI sont actives ou
 - Conditions IMC totales et
 - Le circuit d'attente est occupé par les aéronefs.

Si les deux zones ne sont pas actives avec conditions VMC, le contrôleur d'approche peut donner des virages adroite ou à gauche en fonction du trafic à l'arrivé.

➤ **Calcul de l'OCH d'approche LNAV :**

On a: $O_a = \text{Max de } \{M_F ; M_H\}$

Alors : $O_a = M_F$

$O_a = 301 \text{ ft}$ et $OCA=600 \text{ ft}$

B. Étude de segment APV BARO (VNAV) :

B.1. Le segment APV BARO(VNAV) :

Les procédures d'approche Baro-VNAV sont considérées comme des procédures aux instruments servant à appuyer sur des approches et atterrissages avec guidage vertical (APV). Le segment APV est aligné sur le prolongement de l'axe de piste et contient. Le segment final pour l'atterrissage et Le segment initial, intermédiaire et final de l'approche interrompue.

- **Début** : FAP (intersection altitude intermédiaire et VPA)
- **Fin** : TP ou MAHF
- **Longueur max** : FAP à moins de 10 NM du seuil de piste
- **VPA** : compris entre 3° et 3,5°
- **Alignement avec l'axe de piste**

Remarque : seuls la finale et le segment rectiligne d'approche interrompue seront étudiés.

B.1.1 Données générales :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Altitude de l'aérodrome	299ft
QFU	25R
Coordonnées du THR 25R	353744.97N 0003619.70W
Longueur de la piste	3600 m
Altitude THR 25R	90m (295ft)
Température minimale	-10° C
Orientation de piste	MAG 248° (VRAI 247°)
Code de piste	4 E

B.1.2 Donnée d'Aéronef :

Catégorie : Avion critique (cat D)

Conditions Standard :

- Envergure : 65m
- Distance roue / antenne : 7m
- Hauteur de l'aéronef le plus pénalisant : 24m

B.2 Détermination des éléments basiques de la procédure :

Le FAP ne devrait pas être situé à plus de 19 km (10 NM) avant le seuil

- $X(d) = \frac{d}{\tan(3^\circ)} = \frac{[(3500 - 295)/3.2808] - 15}{\tan(3^\circ)} = 18354,1 \text{ m} = 9,9 \text{ NM} < 10 \text{ NM}$; vérifié
- XTP (distance au THR) = -5,2 NM = - 9630,4 m

B.2.1 Calcul des tolérances et des aires de protection :

WP	RNP	ATT	XTT	BV	1/2AW
IF	1	0,8	1	1	2,5
FAF	0,3	0,24	0,3	1	1,45
MAPT	0,3	0,24	0,3	0,5	0,95

Remarque : La FAF et le MAPT servent seulement à définir les aires mais ne font pas partie de la procédure VNAV.

B.2.2 OAS APV :

L'OAS APV commence au point d'approche finale (FAP), qui se trouve à l'intersection de la trajectoire verticale et de l'altitude de la procédure spécifiée pour le

segment précédent en conditions ISA. L'OAS sert à déterminer les obstacles à prendre en compte. Elle se compose des surfaces suivantes :

- surface d'approche finale (FAS) + surfaces latérales
- surface d'un plan horizontal + surfaces latérales
- surface d'approche interrompue (Z) + surfaces latérales

a) Calcul de la FAS :

▪ **Calcul de la correction de température due aux températures froides :**

- $L_{\text{q}} = 0.0065^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ou $0.00198^{\circ}\text{C}/\text{ft}$
- $t_{\text{q}} = t_{\text{ad}} + L_{\text{q}} \times h_{\text{ad}} = -10^{\circ}\text{C} + 0.00198 \times 295 \text{ ft} = -9,4159^{\circ}\text{C}$

Dans notre cas, la source de calage altimétrique est le seuil :

$$\begin{aligned}
 L_{\text{c}} &= H \times [(1 - t_{\text{q}}) / (2 + t_{\text{q}} - 0,5 \times L_{\text{q}} \times (H + H_{\text{s}}))] \\
 &= 3500 \times [(1 + 9,4159) / (2 - 9,4159 - (0,5 \times 0,00198 \times 3500))] \\
 &= 295 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- Hauteur du début de finale = 3500ft- 295ft = 3205Ft
- H = Altitude de la source de calage = 295ft
- T_{a} = Température de l'Aérodrome = -10°C
- H_{a} = Altitude du seuil = 295 ft

▪ **Vérification de la VPA minimale :**

Le **MIN VPA** doit être supérieur à 2,5° et VPA minimum est obtenu en considérant l'impact de la correction de température sur l'altitude réelle au FAP. L'altitude attendue au FAP est de 3500ft.

L'altitude réelle au FAP dans une atmosphère froide pourrait être de :

- L'altitude réelle au FAP dans une atmosphère froide = 3500ft – correction d'altitude due à l'effet de température ;
- $\tan(\text{MIN VPA}) = (\text{Hauteur du FAP} - \text{correction} - \text{RDH}) / \text{XFAP}$
- $\tan(\text{MIN VPA}) = ((3205 - 260 - 49,21) / 3,2808) / 18354,1 = 0,0480899$

- $\text{MIN VPA} = \text{Tan}^{-1}(0,0480899) = 2.75^\circ (> 2.5^\circ \text{ donc acceptable})$

Donc :

$$M \quad V = 2.7^\circ$$

B.2.3. Calculer l'angle de FAS :

On a :

$$\text{Tan FAS} = [(H_F - \text{Corr}) / (H_F - M)] \times \text{Tan VPA}$$

Avec :

- $H_F : 3205 \text{ f}$
- $C : 260 \text{ f}$
- $M_A : 247 \text{ f} (75 \text{ m})$
- $V : 3.0^\circ$

Alors :

$$\tan \alpha F = [(3205 - 247 - 260) / (3205 - 247)] \times T \quad 3^\circ = 0.048$$

D'où :

$$\alpha = 2,7^\circ$$

B.2.4 Calculer l'origine de FAS :

On a :

$$X = [(M - R) / T] + A$$

Avec :

- $\text{ATT} = 444 \text{ m}$
- $\text{RDH} = 15 \text{ m}$
- $\text{MFO} = 75$

Alors :

$$X = 1.8 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$$

B.2.5. Détermination de l'équation de la FAS :

$$z(F) = (x - X)T = (x - 1589) \times 0,048$$

D'où :

$$z(F) = 0,0x - 7,2$$

B.2.6 Détermination de la surface d'approche interrompue intermédiaire Zi :

- **Calcul de l'X 0 d l: s Z**

$$X_{Zi} = [(MFOapp - RDH)/\text{tg VPA}] - \text{ATT} - d - X + [(MFOapp - 30)/\text{tg Z}]$$

$$X = -808 \text{ m}$$

Avec :

- **T (Z)**: Pente de la surface de la surface d'approche interrompue (2.5% avec max 5%),
- **A** = 0,24 NM
- **d** délai de réaction du pilote 3s à TAS + 10 Kt à l altitude de l aéroport
- **X** tolérance de transition 15s à TAS + 10 Kt à l altitude de l aéroport
- **d** : 3s à TAS + 10 Kt

Donc : l'équation de la surface Zi sera :

$$z(Z) = -(X - X) \cdot t_1(Z);$$

$$z(Z) = 0,0x + 2,2$$

B.2.7. Détermination de la surface d'approche interrompue Final Zi :

- **Origine de la surface Z_F (X_{ZF}) :**

$$X_{Zf} = [(MOCapp - RDH)/\text{tg VPA}] - \text{ATT} - d - X + [(MOCapp - 50) / \text{tg Z}]$$

$$X = [(50 - 15)/0,052] - 444 - 310 - 1551 + [(50 - 50) / 0,025]$$

$$X = -1631,9 \text{ m}$$

B.2.7.1. Le plan horizontal :

Le plan horizontal est compris entre X_{fas} et X_{zi} ;

B.2.8 Évaluation des obstacles dans les surfaces OAS APV Baro/VNAV

Obs	Type d'obs	Surface	Primaire ou secondaire	X(m)	Y(m)	Hobs	H du plan au niveau d'obs	Pénétration	MFO	HEq	MOCH
Ob1	Relief	Z	P	-8200	-1400	87	185	Non percé	-	-	-
Ob2	Relief	FAS	P	9600	-400	106	385	Non Percé	-	-	-
Ob3	Relief	Plan de sol	S	500	1600	90	32	Percé	17	-	107
Ob4	Relief	FAS	S	4600	1200	92	145	Non Percé	-	-	-
Ob5	Relief	FAS	S	18200	-1800	92	797	Non Percé	-	-	-
antenn	Artificiel	Plan de sol	P	50	50	30	0	Percé	75	-	105
GP	Artificiel	Plan de sol	P	-700	150	18	0	Percé	75	-	93
TWR	Artificiel	Z	S	-850	1050	45	1,05	Percé	63	30	93

▪ **Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle Ob1 :**

L'obstacle Ob2 se situe sous la FAS en Aire Primaire

$$z(Z_i) = -(x - X_{Z_i}) \cdot \tan(Z)$$

$$z(Z_i) = 0.025x + 20,2 = (0.025 \times (-8200) + 20,2) = 184,8 \text{ m} \sim 185 \text{ m}$$

▪ **Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle Ob2 :**

$$z(\text{FAS}) = (x - X_{\text{FAS}}) \cdot \tan(\text{FAS})$$

$$z(\text{FAS}) = 0.048x - 76,27 = 0,048 \times 9600 - 76,27 = 384,53 \text{ m} \sim 385 \text{ m}$$

▪ **Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle Ob3 :**

L'obstacle (Ob3) se situe sous le plan sol en aire secondaire => 2 étapes :

- Calcul de la hauteur du bord extérieur du secondaire à l'abscisse $X = 500 \text{ m}$
- Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle

➤ Hauteur du bord extérieur du secondaire à l'abscisse $X = 500 \text{ m}$:

$$\circ [(X_{\text{ob}} - X_{\text{sol}}) / (X_{\text{sol}} - X_{\text{ob}})] \times 45 + 30 = [(500 + 808) / (1589 + 808)] \times 45 + 30 = 41,08 \text{ m}$$

➤ Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle : $[(Y_{\text{ob}} - 900) / 900] \times 41,08 = [(1600 - 900) / 900] \times 41,08 = 31,95 \text{ m} \sim 32 \text{ m}$

Alors : L'obstacle pénètre la surface.

➤ Calcul de la MFO à appliquer : $[(1800 - 1600) / 900] \times 75 = 16,66 \sim 17 \text{ m}$

▪ **Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle Ob4 :**

L'obstacle (Ob4) se situe sous la FAS en aire secondaire

$$z(\text{FAS}) = (x - X_{\text{FAS}}) \cdot \tan(\text{FAS})$$

$$z(\text{FAS}) = 0.048x - 76,27 = 0,048 \times 4600 - 76,27 = 144,53 \text{ m} \sim 145 \text{ m}$$

▪ **Hauteur de la surface au niveau de l'obstacle Ob5 :**

L'obstacle (Ob4) se situe sous la FAS en aire secondaire

$$z(F) = 0.048x - 76,27 = 0,048 \times 18200 - 76,27 = 797,33 \text{ m} \sim 797\text{m}$$

▪ **Hauteur de la surface au niveau TWR :**

$$z(Z) = 0.025x + 20,2 = (0.025(-850) + 20,2) = 1,05 \text{ m}$$

Alors : L'obstacle pénètre la surface.

➤ Il faut calculer l'obstacle équivalent :

$$\begin{aligned} H &= [(H_1 / \tan \alpha_1) + (x_2 - X)] / [(1/\tan \alpha_1) + (1/\tan \alpha_2)] \\ &= [(45 / 0.025) + (-850 + 808)] / [(1/0.025) + (1/\tan 3^\circ)] \\ &= 29,6\text{m} \sim 30 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Calcul de la MFO à appliquer : $[(1800 - 1050) / 900] \times 75 = 62,5 \sim 63 \text{ m}$

B.2.9. Surface de segment à vue (VSS) :

Aucun obstacle ne doit pénétrer les surfaces VSS.

Remarque : Ne pas tenir compte des obstacles < 15 m au-dessus du seuil et des obstacles mobiles temporaires (ex : aéronef sur la plate-forme).

▪ **Paramètres nécessaires pour dessiner le VSS**

- Code piste : 4
- Largeur totale à l'origine : 300 m pour les pistes de code 3 et 4
- Pente VSS : $VPA - 1.12^\circ = 3^\circ - 1.12^\circ = 1.88^\circ$
- Origine : 60 m en amont du seuil
- Évasement latéral : 15%
- Fin : Au point où l'OCH est atteinte Comme l'OCH de la procédure APV Baro-VNAV n'est pas encore connue, nous utiliserons l'OCH de la procédure d'approche de non précision (LNAV) RWY25R qui égale à 301ft.

- **Calcul de la distance X_{VSS} par rapport au seuil de piste :**

$$X = [O / T (V - 1.12)] + 60$$

$$X = [(301/3.2808) / \tan (1.88^\circ)] + 60 = 2855 \text{ m}$$

On trouve :

$$\mathbf{X_{VSS} = 2855 \text{ m}}$$

Donc l'équation de la VSS est :

$$\mathbf{Z = (X - 6) \tan (1.8^\circ)}$$

➤ **L'OCH de l'approche Baro VNAV :**

L'Obstacle déterminant : l'antenne qui se trouve sous le plan de sol a une hauteur de 30 m .

Alors : OCA= 445ft et OCH= 145 ft (pour catégorie A)

OCA= 450 ft et OCH = 148 ft (pour catégorie B)

OCA= 450 ft et OCH= 151 ft (pour catégorie C)

OCA= 460 ft et OCH= 154 ft (pour catégorie D)

C. Etude de segment d'approche APV I SBAS

C.1 Données générales :

Seuls la finale et le segment rectiligne d'approche interrompue seront étudiés.

- **Altitude de l'aérodrome :** 299 *F* / 91 *m*
- **QFU :** 25R
- **Coordonnées du THR 25R :** 35°37'44.97''*N* 000°36'19.70''*W*
- **Coordonnées de la fin de piste :** 25*R*
- **Longueur de la piste :** 3600 *m*
- **Altitude THR 25R:** 295 *F* / 90 *m*
- **Axe de piste :** 248°
- **Distance THR 25R/ LLZ :** 3895,74 *m*
- **Température minimale :** -10°*C*
- **Température maximale :** 40°*C*
- **Code piste :** 4*E*

C.2 Données de la procédure :

- **Vertical Path Angle (VPA) ° :** 3.0°
- **RDH :** 15 m ou 49.2 Ft
- **FAP Altitude :** 3500ft ;

C.3 Données de l' aéronefs :

- **Catégorie :** D
- **Conditions Standard :**
- **Envergure :** 65m
- **Distance roue / antenne :** 7m **Hauteur de l'aéronef le plus pénalisant :** 24m

C.4 Positionnement du FAP et le TP :

- $X (d a T) = [[(3500 - 295)/3.2808] - 15]/(t_i (3^\circ)) = 18353.32 m$
- Alors :
 - La distance entre le seuil de piste 25R et le FAP :
- $XFAP = 18353.32 m = 9.91 NM$
- $XTP = -9500 m = -5.2 NM$

C.5. Les OAS SBAS :

C.5.1. Détermination des constantes A, B, C , Pour chaque surface OAS :

En utilisant le logiciel MET d'EUROCONTROL, pour les données en distance GARP /THR, VPA, dimensions des A/C, RDH, Pente d'API, nous obtenons les coefficients des plans et les points suivants :

NAVIGATION AID DATA

Approach Category: APV I
 GP/WPA (*): 3
 RDH: 15 m
 LOC THR Dist⁽¹⁾: 3895.74 m
 Course width at THR: 210 m

AIRCRAFT DATA

MApp CG (%): 2.5
 CAT: D
 STD:
 Wing Semi Span: 32.5 m
 GP Wheel / Antenna height: 7 m

OAS constants

	A	B	C		A	B	C
W	0.028500	0.000000	-9.01	Y	0.024968	0.219006	-62.13
W	0.039290	0.000000	-39.75	Z	-0.025000	0.000000	-40.63
X	0.028700	0.189220	-56.81				

OAS Template coordinates -m (metres)

THR Elevation

	X	Y
C	1011	146
D	439	233
E	-1625	468

Upper coordinates

	X	Y	Z
C*	10842	241	300
C**	2849	249	72
D*	6163	950	300
E*	-7686	1852	151

Y surface template contours are parallel to line D-E.

OAS height calculator

X: m Y: m Z: 0 m

(1) For MLS read: "Azimuth antenna to THR distance"; for GBAS/APV read: "GARP-LTP distance".

Figure.(C.1) Application du Calcule OAS-PANS

C.5.2. Équations des surfaces d'évaluation d'obstacles :

- Surfaces d'approche finale : W et W'
- Surfaces d'approche finale latérales : X
- Surface d'API dans l'axe : Z

Pour chaque point (x, y, z) l'équation de la surface est :

$$Z = A + B + C$$

1. Surfaces d'approche finale W et W' :

$$Z = 0,0285x - 9,01 \dots\dots\dots (C, 1);$$

$$Z^{\wedge} = 0,039x - 39,75 \dots\dots\dots (C, 2);$$

Remarque : La seule différence entre les OAS ILS I et OAS SBAS I est la présence de la surface d'approche finale w'

2. Surfaces d'approche finale latérales X :

$$Z = 0,0287x + 0,189Y - 56,81 \dots\dots\dots (C, 3);$$

3. Surface d'API dans l'axe Z :

$$Z_z = 0,025x + 0,219Y - 62,13 \dots\dots\dots (C, 4);$$

4. Surfaces d'API latérales : Y

$$Z_y = -0,025x - 40,63 \dots\dots\dots (C, 5);$$

C.5.3 le tracé du Gabarit d'OAS SBAS :

Les données d'OAS SBAS figurant dans le logiciel des PANS-OPS sur les OAS incluent les coordonnées des points d'intersection des surfaces inclinées au niveau du seuil et à 1,76 km (0,95 NM) latéralement de la trajectoire d'approche finale ;(Les coordonnées de l'intersection au niveau du seuil sont étiquetées C, D et E. (Voir l'annexe D'' Plan en vue d'approche APV SBAS''). On a pris le seuil de piste 25R comme l'origine du repère orthonormé (x ,y, z,) d'où le z est la hauteur des surface OAS ;

coordonné de point de gabarie OAS	X(m)	Y(m)	Z(m)
C	1011	146	-
D	439	233	-
E	1625	465	-
C'	10825	241	300
C''	2849	249	72
D'	6163	950	300
E	7686	1852	151

C.6. Déterminations des obstacles à l'approche et à l'approche interrompue.

En utilisant les coordonnées x' et y' Conteur Les coordonnées des points des OAS SBAS et les obstacles considérés sont exprimés Par rapport à un système de coordonnées orthonormé x, y, z , avec pour origine le seuil de la Piste utilisée .L'axe des x est parallèle au segment APV. Les valeurs de x sont positives en Amont du seuil, négatives en aval du seuil. Les valeurs de y sont positives à droite (dans le sens de l'approche), négatives à gauche.

D'après le dessin conceptuel d'OAS SBAS nous avons déterminés Facilement la position d'obstacle par rapport le X_E

- les obstacles à l'approche sont ceux qui sont situés entre le FAP et la distance X_E après le seuil ;
- les obstacles à l'approche interrompue sont ceux qui sont situés dans le reste du segment APV ; (voir l'annexe G la position des Obstacle dans l'OAS SBAS).

C.7.Évaluation d'obstacle dans les OAS SBAS :

En utilisant le logiciel des PANS-OAS pour Evalué les obstacles qui percent les surfaces OAS SBAS.

- Faire entrer les valeurs de X et Y de l'obstacle puis on obtient la hauteur OAS «Z »

- La pénétration de l'obstacle peut être facilement vérifiée en comparant la hauteur OAS avec la hauteur de l'obstacle

- Si la position est en dehors de la surface qui couvre l'OAS, une alerte rouge apparait en dehors de l'OAS.

O	A	Type d'obstacle	Plan	X	Y	H	Observation	Héq	OCA/H
Ob1		Relief	Y	5000 m	1200 m	92 m	Ne perce pas	-	49 m
Ob2		Relief	W	9800 m	0 m	106 m	Perce	-	155 m
Ob3		Relief	X	17800 m	1800 m	92 m	Perce	-	141 m
Obs4		Relief	W	21200 m	400 m	89 m	Perce	-	138m
Obs5		Relief	Y	600 m	14000 m	90 m	Ne perce pas	-	49 m
Antenne		Artificiel	Z	250m	250 m	30 m	Ne perce pas	-	49 m
Antenne GP		Artificiel	Z	1050 m	200 m	18 m	Parce	45.85 m	94.85 m
TWR		Artificiel	Y	1100 m	- 150 m	45 m	Perce	-	94 m

- S'il y a pénétration des OAS SBAS, L'OCH est la marge de catégorie d'aéronefs est ajoutée à l'obstacle le plus élevé dans l'approche
- S'il n'y a pas pénétration des OAS SBAS, l'OCA/H est encore définie par la marge de catégorie d'aéronefs (HL).

▪ **Obstacle déterminant :**

La hauteur d'Obstacle le plus pénalisant est 106 m qui se trouve dans la surface d'approche final W

La MFO pour la phase finale égale à 75 m

Alors :

OCA = 440 ft et OCH= 146 ft (Catégorie A & B)

OCA = 450 ft et OCH= 155 ft (Catégorie C & D)

Conclusion générale

Vue de la complexité de CTA de l'aéroport d'Oran Ahmed ben Bella « Es Sénia » par la présence des deux zones dangereuses de Bousfert au nord et celle de Tafraoui au sud, ainsi que la position du circuit d'attente le « stack » à une distance de 42 NM, de plus l'impossibilité d'inverser les ILS pour les deux pistes (R25L/07R, R25R/07L) en fonction des besoins de décollage et d'atterrissage.

De ce fait on s'est intéressées au concept de la navigation fondée sur la performance « le PBN » dont l'utilisation de satellite de renforcement « EGNOS » évite de déployer des balises de navigation sur chaque site d'atterrissages,

La réalisation de la procédure de navigation fondée sur les performances avec une configuration en Y pour le QFU 25R de l'aérodrome, permettra bientôt aux aéronefs à l'arrivée au « stack » proposé de profiter d'une nouvelle trajectoire raccourci,

Ainsi une haute technologie de descente renforcée grâce à des guidages vertical *APV BARO (VNAV) & APV SBAS* très précis et sûre vers la piste ce qui réduit la durée de vol, les dépenses en carburant, les émissions de gaz à l'effet de serre et le bruit des aéronefs au-dessus de plusieurs communautés,

En perspectives, il est souhaitable de mener les tâches suivantes :

1. Faire compléter cette procédure RNAV par l'implémentation du PSR dans la TMA d'Oran pour fournir une couverture à relativement faible distance qui s'étendant jusqu'à 60 NM (116 km) au voisinage d'un plusieurs Aéroports comme celui de Tafraoui, Bousfert et pour servir d'aide à l'acheminement rapide de la circulation en région de contrôle, Ainsi servir d'aide aux approches aux instruments ;
2. Voir avec les militaires pour libérer une partie de leur espace aérien afin de réaliser une autre procédure d'approche RNAV pour le QFU 07L à l'ouest de l'aérodrome d'Oran dont le circuit d'attente situé à HMB « Hamam Bouhdjar 24 NM DME d'ORA».

Enfin, nous considérons ce mémoire comme une étape dans un processus de recherche qui pourrait être poursuivi par une application de ces procédures dans un aéroport présentant une forte densité de trafic et disposant de plusieurs pistes, ou Aéroports montagneux comme celui de Constantine.

Définitions

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

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

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

Altitude d'arrivée en région terminale (TAA) : Altitude la plus basse qui assurera une marge minimale de franchissement de 300 m (1 000 ft) au-dessus de tous les objets situés à l'intérieur d'un arc de cercle défini par un rayon de 46 km (25 NM) centré sur le repère d'approche initiale (IAF) ou, à défaut d'IAF, sur le repère intermédiaire (IF), et délimité par des lignes droites joignant les extrémités de l'arc à l'IF. Combinées, les TAA associées à une procédure d'approche forment un cercle autour de l'IF

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

Altitude de décision (DA) ou hauteur de décision (DH) : Altitude ou hauteur spécifiée à laquelle, au cours d'une opération d'approche aux instruments 3D, une approche interrompue doit être amorcée si la référence visuelle nécessaire à la poursuite de l'approche n'a pas été établie .

Note 1 : L'altitude de décision (DA) est rapportée au niveau moyen de la mer et la hauteur de décision (DH) est rapportée à l'altitude du seuil.

Note 2: On entend par « référence visuelle nécessaire » la section de la configuration d'aide visuelle ou de l'aire d'approche qui devrait demeurer en vue suffisamment longtemps pour permettre au pilote d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de variation de cette position par rapport à la trajectoire à suivre. Dans les opérations de catégorie III avec une hauteur de décision, la référence visuelle nécessaire est celle qui est spécifiée pour la procédure et l'opération particulières.

Note 3 : Pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme « altitude/hauteur de décision » et abrégées « DA/H

Altitude minimale de descente (MDA) ou hauteur minimale de descente (MDH) :Altitude ou hauteur spécifiée, dans une opération d'approche aux instruments 2D ou une opération

Définitions

d'approche indirecte, au-dessous de laquelle une descente ne doit pas être exécutée sans la référence visuelle nécessaire.

Note 1 : L'altitude minimale de descente (MDA) est rapportée au niveau moyen de la mer et la hauteur minimale de descente (MDH) est rapportée à l'altitude de l'aérodrome ou à l'altitude du seuil si celle-ci est inférieure de plus de 2 m (7 ft) à l'altitude de l'aérodrome. Une hauteur minimale de descente pour l'approche indirecte est rapportée à l'altitude de l'aérodrome.

Note 2 : On entend par « référence visuelle nécessaire » la section de la configuration d'aide visuelle ou de l'aire d'approche qui devrait demeurer en vue suffisamment longtemps pour permettre au pilote d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de variation de cette position par rapport à la trajectoire à suivre. Dans le cas d'une approche indirecte, la référence visuelle nécessaire est l'environnement de la piste.

Note 3 : Pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme « altitude/hauteur minimale de descente » et abrégées « MDA/H ».

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

Angle de trajectoire verticale (VPA) : Angle de la descente en approche finale publiée dans les procédures baro-VNAV.

Arrivée normalisée aux instruments (STAR) : Route désignée d'arrivée suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant un point significatif, normalement situé sur une route ATS, à un point où peut commencer une procédure d'approche aux instruments.

Application de navigation : L'application d'une spécification de navigation et de l'infrastructure d'aides à la navigation correspondante à des routes, des procédures et/ou un volume d'espace aérien défini, en accord avec le concept d'espace aérien envisagé.

Arrivée normalisée aux instruments (STAR) : Route désignée d'arrivée, suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant un point significatif, normalement situé sur une route ATS, à un point où peut commencer une procédure d'approche aux instruments.

Bloc de données de segment d'approche finale (FAS) : L'ensemble de paramètres servant à identifier une seule approche de précision ou APV et à définir la trajectoire d'approche correspondante.

Concept d'espace aérien : Un concept d'espace aérien donne le schéma et le cadre envisagé des opérations à l'intérieur d'un espace aérien. Des concepts d'espace aérien sont mis au point pour satisfaire des objectifs stratégiques explicites tels que l'amélioration de la sécurité, l'accroissement de la capacité de trafic aérien, l'atténuation d'impacts environnementaux, etc. Les concepts d'espace aérien peuvent inclure des détails concernant l'organisation pratique de

Définitions

l'espace aérien et ses usagers, sur la base d'hypothèses CNS/ATM particulières, p. ex. structure des routes ATS, minimums de séparation, espacement des routes et marges de franchissement d'obstacles.

Contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM). Forme d'ABAS dans laquelle le processeur d'un récepteur GNSS détermine l'intégrité des signaux de navigation du GNSS en utilisant seulement les signaux du GPS ou les signaux du GPS renforcés avec l'altitude (baro-aiding). Cette détermination est réalisée en vérifiant la concordance entre des mesures redondantes de pseudo-distance. Pour que le récepteur accomplisse la fonction RAIM, il est nécessaire qu'au moins un satellite supplémentaire soit disponible, avec la géométrie correcte, en plus de ce qu'exige l'estimation de position.

Complément géostationnaire européen de navigation (EGNOS) : Système de renforcement satellitaire assurant un service de navigation conforme aux spécifications de l'Annexe 10 dans la Région Europe.

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

Départ normalisé aux instruments (SID) : Route désignée de départ, suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant l'aérodrome ou une piste spécifiée de l'aérodrome à un point significatif spécifié, normalement situé sur une route ATS désignée, auquel commence la phase en route d'un vol.

Distance du point de cheminement (WD) : Distance, sur l'ellipsoïde WGS84, entre un point de cheminement défini et le récepteur RNAV d'un aéronef.

Distance minimale de stabilisation (MSD) : Distance minimale à l'intérieur de laquelle une manœuvre de virage doit être achevée et après laquelle une nouvelle manœuvre peut être amorcée. La distance minimale de stabilisation est utilisée pour calculer la distance minimale entre points de cheminement.

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

Infrastructure d'aides à la navigation : On entend par infrastructure d'aides à la navigation les aides de navigation, spatiales ou au sol, disponibles pour satisfaire aux exigences de la spécification de navigation.

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

– Note : La navigation de surface englobe la navigation fondée sur les performances ainsi que d'autres opérations RNAV qui ne répond pas à la définition de la navigation fondée sur les performances. Navigation fondée sur les performances (PBN) : Navigation de surface fondée

Définitions

sur des exigences en matière de performances que doivent respecter des aéronefs volant sur une route ATS, selon une procédure d'approche aux instruments ou dans un espace aérien désigné.

Opérations RNAV : Opérations aériennes utilisant la navigation de surface pour des applications RNAV. Les opérations RNAV incluent l'utilisation de la navigation de surface pour des opérations qui ne sont pas mises au point en accord avec ce manuel.

Opérations RNP : Opérations aériennes utilisant un système fondé sur la RNP (qualité de navigation requise) pour des applications de navigation RNP.

Performance d'alignement de piste avec guidage vertical (LPV) : Étiquette désignant des lignes de minimums correspondant à des performances APV-I ou APV-II sur les cartes d'approche.

Point d'alignement de trajectoire de vol (FPAP) : Point situé dans le même plan latéral que le LTP ou le FTP et utilisé pour définir l'alignement du segment d'approche finale. Dans le cas des approches alignées sur l'axe de la piste, le FPAP est situé à l'extrémité d'arrêt de la piste ou au-delà. L'emplacement de ce point est défini par l'écart longitudinal delta par rapport au seuil opposé de la piste.

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

Point de cheminement : Emplacement géographique spécifié utilisé pour définir une route à navigation de surface ou la trajectoire d'un aéronef utilisant la navigation de surface. Les points de cheminement sont désignés comme suit :

- ✓ **Point de cheminement par le travers** : Point de cheminement qui nécessite une anticipation du virage de manière à intercepter le segment suivant d'une route ou d'une procédure ; ou
- ✓ **Point de cheminement à survoler** : Point de cheminement auquel on amorce un virage pour rejoindre le segment suivant d'une route ou d'une procédure.

Point de seuil d'atterrissage (LTP) : Point au-dessus duquel l'alignement de descente passe à une hauteur relative déterminée par la hauteur du point de repère. Il est défini par la latitude, la longitude et la hauteur de l'ellipsoïde WGS-84. Le LTP se situe normalement à l'intersection de l'axe et du seuil de la piste.

Point de seuil fictif (FTP) : Point au-dessus duquel la trajectoire du segment d'approche finale passe à une hauteur relative déterminée par la hauteur du point de repère. Il est défini par la latitude, la longitude et la hauteur de l'ellipsoïde WGS-84. Le FTP remplace le LTP lorsque la trajectoire d'approche finale n'est pas alignée sur le prolongement de l'axe de piste ou lorsque le seuil est décalé par rapport au seuil de piste réel. Dans le cas des approches non

Définitions

alignées, le FTP se situe à l'intersection du seuil de piste et de la perpendiculaire issue du FAS. L'altitude du FTP est la même que l'altitude du seuil de piste réel.

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

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

- ✓ **Procédure d'approche classique (NPA) :** Procédure d'approche aux instruments qui utilise le guidage latéral mais pas le guidage vertical.
- ✓ **Procédure d'approche avec guidage vertical (APV) :** Procédure d'approche aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical mais ne répond pas aux spécifications établies pour les approches et atterrissages de précision.
- ✓ **Procédure d'approche de précision (PA) :** Procédure d'approche aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical de précision en respectant les minimums établis selon la catégorie de vol. **Qualité de navigation requise (RNP) :** Expression de la performance de navigation qui est nécessaire pour évoluer à l'intérieur d'un espace aérien défini.

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

Note : La performance et les spécifications de navigation sont définies en fonction du type et/ou de l'application de RNP considérés.

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

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

Route RNP : Route ATS établie à l'usage des aéronefs qui respectent une spécification de navigation RNP prescrite.

Spécification de navigation : Ensemble de conditions à remplir par un aéronef et un équipage de conduite pour l'exécution de vols en navigation fondée sur les performances dans un espace aérien défini. Il y a deux types de spécification de navigation :

Définitions

- ✓ **Spécification RNAV** : Spécification de navigation fondée sur la navigation de surface, qui ne prévoit pas d'obligation de surveillance et alerte en ce qui concerne les performances et qui est désignée par le préfixe RNAV, p. ex. RNAV 5, RNAV 1.
- ✓ **Spécification RNP** : Spécification de navigation fondée sur la navigation de surface, qui prévoit une obligation de surveillance et alerte en ce qui concerne les performances et qui est désignée par le préfixe RNP, p. ex. RNP 4, RNP APCH.

Surface d'évaluation d'obstacles (OAS) : Surface définie en vue de déterminer les obstacles dont il faut tenir compte dans le calcul de l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles pour une procédure APV donnée ou une procédure d'approche de précision donnée.

Système de renforcement embarqué (ABAS) : Système qui renforce l'information provenant des autres éléments du GNSS par les données disponibles à bord de l'aéronef et/ou qui l'intègre à ces données.

Système de renforcement au sol (GBAS) : Système de renforcement dans lequel l'utilisateur reçoit l'information de renforcement directement d'un émetteur au sol.

Système de renforcement satellitaire (SBAS) : Système de renforcement à couverture étendue dans lequel l'utilisateur reçoit l'information de renforcement directement d'un émetteur basé sur satellite.

Système mondial de navigation par satellite (GNSS) : Système de détermination de la position et du temps, qui se compose d'une ou de plusieurs constellations de satellites, de récepteurs placés à bord des aéronefs et d'un contrôle de l'intégrité, renforcé selon les besoins pour obtenir la qualité de navigation requise dans la phase d'exploitation considérée.

D.1.Introduction :

Plusieurs moyens automatisés peuvent être utilisés pour dessiner les procédures RNAV (GNSS) afin d'être publiées dans l'AIP.

Pour cela, il existe des outils de haute technologie apportant une aide à la conception des procédures d'approche, à savoir :

- Titan ;
- Géotitan ;
- Wavionix ;
- Aéronav ;
- Cartes IAC ;
- Et des logiciels de dessin : AUTOCAD 2000 et COREL DRAW.

La procédure RNAV(GNSS) que nous avons élaboré a été dessiné avec un logiciel de dessin 'AUTOCAD 2008' pour la publication de la carte IAC et également avec l'ArchiCAD pour les TAA et la procédure en Y.

D.2. Présentation de l'AutoCAD :

AutoCAD est un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO), il été créé par Autodesk en décembre 1982.

Bien qu'il ait été développé à l'origine pour les ingénieurs en mécanique, il est aujourd'hui utilisé par de nombreux corps de métiers. Il est actuellement le logiciel de DAO le plus répandu dans le monde. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire :

- Industrie ;
- SIG, Cartographie et Topographie ;
- Électronique ;
- Électrotechnique (schémas de câblage) ;
- Architecture et Urbanisme ;
- Mécanique.

L'utilisateur peut créer ses propres menus et développer des applications grâce à son langage Autolisp dérivé de lisp et grâce à VBA. La version allégée, dite LT (pour "Lap Top") ne dispose toutefois pas de cette facilité, ni des fonctions de dessin en trois dimensions, tels que les objets volumiques ou surfaciques, ni de la programmation. Cette version simplifiée permet toutefois de les visualiser.

- AutoCAD se décline aujourd'hui en logiciels spécifiques métier ou logiciels « verticaux », dont :
- AutoCAD Architecture : dédié aux dessins d'architecture ;
- AutoCAD MEP : dédié aux dessins d'architecture, mais aussi aux installations techniques dans un bâtiment (ventilation, sanitaire, chauffage et électricité).

D.3. Présentation de l'ArchiCAD :

L'ArchiCAD est un logiciel d'architecture édité par la société hongroise Graphisoft, du groupe allemand Nemetschek, qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment puis de créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...).

Le logiciel permet de gérer autour d'une maquette numérique 3D tous les documents entrant dans les compétences d'un architecte tout au long du cycle de production d'un projet architectural : plans, détails, perspectives, imagerie de synthèse, métrés. Avec son concept de Virtual Building, ArchiCAD innove dès sa création dans ce qu'il est convenu d'appeler les logiciels BIM (Building Information Modeling).

Références

1. ENAC/ PANS-OPS, Cours de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile, (2011).Code
2. Conception d'exploitation mise en œuvre de PBN au Canada conception ;
3. Doc 9613 AN/937. Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) Quatrième édition — 2013.
4. Introduction aux procédures d'approche PBN, Antoine Hervé DGAC/DSAC/NO/ST.
5. Plan PBN en FIR Alger Finale.
6. Mise en service de procédures d'approche RNAV (GNSS)
7. un tournant décisif vers la navigation fondée sur les performances OACI-2006.
8. General Guidelines for Obtaining Airworthiness and Operational Approvals for PBN Navigation Specification IATA -Version 1. 8/8/2008.
9. The United States Standard for Area Navigation (**RNAV**) FAA.12/07/2007.
10. Flight Procedures and Airspace 10/20/2009 FAA flight management system (FMS) instrument procedures development FAA. December 31, 1998.
11. Doc 8168 OPS/611 Exploitation technique des aéronefs ,Cinquième édition — 2006.
12. FAA, Terminal arrival area (TAA) design criteria.
13. FAA, Civil utilization of area navigation (RNAV) departure procedures.
14. OACI, Navigation de surface en route (RNAV5) (anciennement B- RNAV), édition 2.11/3/2011.
15. Conception Procédures aux instruments, Critères APV Baro-VNAV, OACI 2007.
16. Transition plan for the implementation of the navigation strategy in ECAC2000-2015+, EUROCONTROL, Edition3, 24/05/2000.
17. EUROCONTROL Area navigation equipment operational requirements and functional requirements, édition2.2 December 1998.

- **18.** EUROCONTROL Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for area Navigation (DME/DME, B-GNSS, Baro-VNAVet RNP-RNAV).Edition3.March2000.
-
-
-
-

<https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/>

PANS-OPS, Cours de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile, (2011).

<https://www.enna.dz/>

ANNEXE C

TABLEAUX LIES AUX : CONVERSION DE VITESSE, CATEGORIE D'AERONEFS, IAS (kT), ANGLE D'INCLINAISON. CALCULS DE GABARIT D'ATTENTE POINT FIXE, DES DISTANCES MINIMALES DE STABILISATION &

1. Conversion de vitesses indiquées en vitesses vraies

Le tableau ci-dessous donne les facteurs de conversion de vitesses indiquées en vitesses vraies pour des altitudes de 0 à 24 000 ft et à des températures de ISA – 30 °C à ISA + 30 °C. Pour obtenir la vitesse vraie, simplement multiplier la vitesse indiquée par le facteur de conversion (k) correspondant à l'altitude et à la température donnée.

Altitude (pieds)	Facteur de conversion							
	ISA-30	ISA-20	ISA-10	ISA	ISA+10	ISA+15	ISA+20	ISA+30
0	0,9465	0,9647	0,9825	1,0000	1,0172	1,0257	1,0341	1,0508
1 000,0	0,9601	0,9787	0,9969	1,0148	1,0324	1,0411	1,0497	1,0667
2 000,0	0,9740	0,9930	1,0116	1,0299	1,0479	1,0567	1,0655	1,0829
3 000,0	0,9882	1,0076	1,0266	1,0453	1,0637	1,0728	1,0818	1,0995
4 000,0	1,0027	1,0225	1,0420	1,0611	1,0799	1,0892	1,0984	1,1165
5 000,0	1,0175	1,0378	1,0577	1,0773	1,0965	1,1059	1,1153	1,1339
6 000,0	1,0327	1,0534	1,0738	1,0938	1,1134	1,1231	1,1327	1,1517
7 000,0	1,0481	1,0694	1,0902	1,1107	1,1307	1,1406	1,1505	1,1699
8 000,0	1,0639	1,0857	1,1070	1,1279	1,1485	1,1586	1,1686	1,1885
9 000,0	1,0801	1,1024	1,1242	1,1456	1,1666	1,1770	1,1872	1,2075
10 000,0	1,0967	1,1194	1,1418	1,1637	1,1852	1,1958	1,2063	1,2270
11 000,0	1,1136	1,1369	1,1597	1,1822	1,2042	1,2150	1,2258	1,2470
12 000,0	1,1309	1,1547	1,1781	1,2011	1,2236	1,2347	1,2457	1,2674
13 000,0	1,1485	1,1730	1,1970	1,2205	1,2435	1,2549	1,2661	1,2884
14 000,0	1,1666	1,1917	1,2162	1,2403	1,2639	1,2755	1,2871	1,3098
15 000,0	1,1852	1,2108	1,2360	1,2606	1,2848	1,2967	1,3085	1,3318
16 000,0	1,2041	1,2304	1,2562	1,2814	1,3062	1,3184	1,3305	1,3544
17 000,0	1,2235	1,2505	1,2769	1,3028	1,3281	1,3406	1,3530	1,3775
18 000,0	1,2434	1,2710	1,2981	1,3246	1,3506	1,3634	1,3761	1,4011
19 000,0	1,2637	1,2921	1,3198	1,3470	1,3736	1,3868	1,3998	1,4254
20 000,0	1,2846	1,3136	1,3421	1,3700	1,3973	1,4107	1,4240	1,4503
21 000,0	1,3059	1,3357	1,3649	1,3935	1,4215	1,4353	1,4489	1,4759
22 000,0	1,3278	1,3584	1,3883	1,4176	1,4463	1,4605	1,4745	1,5021
23 000,0	1,3502	1,3816	1,4123	1,4424	1,4718	1,4863	1,5007	1,5290
24 000,0	1,3731	1,4054	1,4369	1,4677	1,4980	1,5128	1,5276	1,5566

Tableau 1 : Facteur de conversion k

ANNEXE C

2. Vitesses (VI) pour les calculs de procédures ; en nœuds (Kt)

Cat	Vat	IAS 'INA' 25°	IAS FNA 25°	IAS MISS.APP "Inti , final " 25°	
A	<91	90 /150	70/100	100	110
B	91/120	120/180	85/130	130	150
C	120/140	160 /240	115/160	160	240
D, DL	141/165	185 /250	130/185	185	265

ANNEXE C

2. Calculs liés à la construction de gabarit d'attente

Ligne de paramètre	Formule	Valeur
K	K	1,1283
V(kt)	V=K × Vi	259,514
v	v=V/3600	0,072
R	R=509,26/V	1,962
r	r=V/ (62,83 × R)	2,105
h	h=Altitude/1000	6
w	w=2×h+47	60
w'	w'=w/3600	0,017
E₄₅	E₄₅ = 45w'/R	0,380
t	t=60 × T	60
L	L= v × t	5,000
ab	ab=5 v	0,360
ac	ac=11 v	0,793
Gi1	Gi1=Gi3 =(t-5) × v	3,965
Gi2	Gi2=Gi4 =(t+21) × v	5,839
Wb	Wb= 5 w'	0,083
Wc	Wc= 11 w'	0,182
Wd	Wd=Wc+E45	0,562
We	We=Wc+2 E45	0,941
Wf	Wf=Wc+3 E45	1,321
Wg	Wg=Wc+4E45	1,701
Wh	Wh=Wb+4E45	1,601
Wo	Wo=Wb+5E45	1,981
Wp	Wp=Wb+6E45	2,361
Wi1	Wi1=Wi3=(t+6)*w'+4E45	2,611
Wi2	Wi2=Wi4=Wi1+14w'	2,843
Xe	Xe=2r+(t+15) * v + (t+26+195/R) *w'	12,685
Ye	Ye=11 v *Cos20+r * (1+Sin20)+(t+15) v * Tg5+(t+26+125/R)* w'	6,521

3. *DES DISTANCES MINIMALES DE STABILISATION*

Tableau VI.1. Distance minimale de stabilisation entre points de cheminement a survoler (unités non SI, inclinaison latérale 25°)

ANNEXE C

Changement de cap** (degrés)	Vitesse vraie (kt)														
	< ou = 130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
50	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	2,2
55	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,4
60	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,6
65	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,8
70	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	3,0
75	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	3,2
80	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8	3,5
85	0,7	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,8
90	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	4,1
95	0,8	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	4,4
100	0,8	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,5	2,9	3,3	3,8	4,8
105	0,9	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	5,2
110	1,0	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,9	3,4	3,9	4,4	5,6
115	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,2	3,7	4,2	4,8	6,1
120	1,2	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,5	4,0	4,6	5,3	6,7

* 25° ou 3°/s
 ** Utiliser la valeur de 50° pour les changements de cap de moins de 50°

Tableau VI.2. Distance minimale de stabilisation entre points de cheminement par le travers (unités non SI, inclinaison latérale 25°)

Changement de cap* (degrés)	Vitesse vraie (kt)														
	< ou = 130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
50	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,4
55	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,7
60	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	2,5	2,9	3,2	4,1
65	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	4,5
70	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,9
75	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,2	5,3
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	3,0	3,4	4,0	4,5	5,7
85	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,2	3,7	4,3	4,9	6,2
90	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,5	4,0	4,7	5,3	6,8
95	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,8	4,4	5,0	5,8	7,3
100	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1	3,4	4,1	4,7	5,5	6,2	8,0
105	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,4	5,2	5,9	6,8	8,7
110	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,8	5,6	6,5	7,4	9,5
115	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,1	4,4	5,3	6,1	7,1	8,1	10,3
120	1,8	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,8	6,7	7,8	8,9	11,4

Annexe D

- **Virage à l'IF** : Virage à un point de cheminement par le travers (FB).

a) Aire de virage basée sur spirale de vent

La spirale de vent est créée par application de l'effet de vent E_{θ} pour la durée d'un changement de cap de θ degrés, à l'aide des formules :

$$E_{\theta} = (\theta / R) \times (W / 3600) \text{ km (NM)}$$

Où :

θ est l'angle de virage ;

R le taux de virage ;

W la vitesse du vent ;

Effets de vent	E_{θ} en km
E 0°	0 km
E 45°	0.312 km
E 90°	0.625 km
E 135°	0.938 km
E 180°	1.259 km
E 225°	1.562 km
E 270°	1.875

Remarque :

Les effets de vent sont utilisés pour l'élaboration des spirales, intervenant dans la protection des virages.

Annexe D

1. Les paramètres de virage

WP	IF
Type	FB
ISA(Kt)	210Kt
Altitude (ft)	3500ft
K	1.081
TAS(Kt)	227.01Kt
XTT	1NM (1852m)
ATT	0.8NM (1482m)
Angle de virage (°)	70°
Inclinaison (°)	25°
Rayon de virage (m)	1.61 NM (2988.67m)
Vitesse du vent Vw (kt - m/s)	56 km/h (30 kt)
Distance (m) Délai de réaction a TAS + Vw	$(TAS+Vw)*6/3600 = 0.43 \text{ NM}$ (793.3m)
Distance (m) Délai d'inclinaison a TAS + Vw	Pas pour un FB WP
Anticipation : $r * \text{tg}(A/2)$ (m)	2092.68 m
Point de virage au plus tot : ligne (KK') (m)	$-A - r * \text{tg}(A/2) =$ - 3574.67 m
Point de virage au plus tard : ligne (SS') (m)	$+ATT+ C - r * \text{tg}(A/2) = 182.62\text{m}$
Effet de vent pour 70° de virage : Ew (m)	$E = (W/R)*(W/3600) = 486.1 \text{ m}$
le taux de virage (R)	2.24°/s

Tell que :

$$R = (34 \cdot t \cdot \alpha) / \pi V, \text{ où } V \text{ e l i T e k .}$$

$$r = V / (2 \pi R) \text{ où } V \text{ e l i V e k .}$$

➤ **Evaluation d'obstacle :**

Identification de la ligne K K :

La ligne KK est perpendiculaire à la trajectoire de vol du parcours de rapprochement et se situe au point de virage amont. Elle définit l'extrémité du segment rectiligne avant le virage et elle est utilisée pour la mesure de distances par rapport à des obstacles. Dans les virages en montée (départs et approche interrompue), la distance mesurée est toujours la distance la plus courte depuis le point de virage amont jusqu'à l'obstacle.

Identification de la ligne N N N :

La ligne N N N est le repère de descente amont. Dans le cas de virages à un point de cheminement par le travers, où un repère de palier de descente a été défini, le repère de descente amont n'est pas au même endroit que le point de virage amont. La ligne N N se construit perpendiculairement au parcours précédent à une distance égale à ATT avant le point de cheminement. La ligne N N est décalée, par rapport à la bissectrice, d'une distance égale à ATT dans la direction du parcours précédent, mesurée perpendiculairement à la bissectrice. N marque l'intersection des deux lignes. La distance jusqu'à l'obstacle depuis la descente amont se mesure à partir de la ligne N N N perpendiculaire à la bissectrice

Annexe E

I. Les coordonnées géographiques des Waypoints :

Points	Codage	Coordonnées
MATF	AO027	35°38' 13''N 000° 34' 54''W
MAPT	AO028	35°37''44.97 ''N 000°36'19.70''W
FAF	AO029	35°32' 56''N 000° 49' 45''W
IF	AO030	35°24' 45''N 001° 5' 11''W
IAF droite	AO031	35°15' 0''N 001° 2' 25''W
IAF gauche	AO032	35°30' 46''N 001° 14' 59''W