

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA 1

INSTITUT D'AERONAUTIQUE ET DES ETUDES SPATIALES

Département : Navigation aérienne

MEMOIRE DE
Master en aéronautique

Option : Exploitation aéronautique

Thème :

**ELABORATION DE PROCEDURES DE VOLS FONDEES SUR LES
PERFORMANCES (PBN) POUR L'AERODROME DE ANNABA
(PISTE 36)**

Réalisé par :
Djefour Djoher

ENCADREUR:
Mr. Elalouani Mohamed.
PROMOTEUR:
Mr .Zabot Amar.

PROMOTION 2020

DEDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que Je dédie ce mémoire de fin d'étude

A MA CHERE GRAND-MERE PATERNELLE

Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Qu'Allah vous accueille dans son vaste paradis.

A MON TRÈS CHER PÈRE SAMIR :

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE :

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes cotés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A MES TANTES ET ONCLES

Qui n'ont cessés de s'inquiéter pour moi, de m'apporter tout le soutien, les encouragements qui m'ont aidé à persévérer et patienter jusqu'à l'aboutissement de mon travail. Que Dieu leur préserve santé et longue vie ainsi qu'à leurs enfants.

A MON CHER GRAND PERE MATERNEL MA CHERE GRAND-MERE MATERNELLE

Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

A TATA MALIKA. AMIRA.SOUMAYA.SABRINA., DJAMEL ET MOHAMED :

Une deuxième famille pour moi qui m'a aimé et considéré comme un membre de leur merveilleuse famille qui m'a hébergé à Alger durant cette crise de pandémie, soutenue et encouragé, qui sans eux, mon stage à l'ENNA et l'élaboration de mon mémoire auraient été très compliqué.

A TONTON REDA ET TATA CHADIA :

Qui, dans mes débuts difficiles ont su m'apporter soutien et affection, mon accueillis au sein de leurs famille et m'ont aidés à m'adapter durant le premier semestre et reprendre ma confiance, merci beaucoup sans oublier leurs enfants surtout le petit **Chakib**

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à notre cher professeur et encadreur **Monsieur Zabot Amar** pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'il n'a cessé de me prodiguer tout au long de la période du projet.

Je tiens à remercier également mon encadreur **Monsieur Elalouani Mohamed** pour le temps qu'il a consacré et pour les précieuses informations qu'il m'a prodigué avec intérêt et compréhension.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Mes remerciements vont à tout le personnel que j'ai contacté durant mon stage au sein de l'ENNA, auprès desquelles j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont j'ai besoin en l'occurrence **Mme Boussaida Aicha**. Ingénieur a l'ENNA qui m'a beaucoup appris durant le stage, accompagné et orienté.

Je ne laisserai pas cette occasion passer, sans remercier tous les enseignants, le personnel et mes camarades de l'institut d'aéronautique et études spatiales, pour leur aide et leurs précieux conseils et pour l'intérêt qu'ils portent à ma formation.

Enfin, mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce projet.

Résumé

Notre travail consiste à l'élaboration des procédures de vol pour l'aérodrome de Annaba (piste 36), celles-ci sont des procédures d'approche d'arrivées, de départs fondée sur les performances (PBN) et résoudre les contraintes causées par la navigation conventionnelle qui se trouvent au niveau de cet aérodrome.

ملخص

هذا العمل يكمن في تحرير إجراءات الطيران لمطار عنابة وتتمثل في الملاحة المعتمدة على الاداء في إجراءات تقريب, وصول و انطلاق وتفادي العراقيل الناجمة عن التقنيات المعمول بها في الملاحة بمطار عنابة.

ABSTARCT

Our Works consists in the development of flight procedures for Annaba aerodrome, these are PBN approach, arrivals and departures procedures, in order to resolve the constraints caused by conventional navigation which are located at this aerodrome.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	
GENERALE	1
I- CHAPITRE 1 : LE CONCEPT PBN	2
I.1 INTRODUCTION:	2
I.2 LES APPORTS DU CONCEPT PBN A L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE.....	2
I.3 ORIGINE DU PBN [5].....	2
I.3.1 LE MANUEL PBN DE L'OACI - DOC 9613	3
I.4 LES PERFORMANCES DU SYSTEME DE NAVIGATION :	4
I.5 PRINCIPE DE LA NAVIGATION FONDEE SUR LES PERFORMANCES (PBN) [4]	4
I.6 TERMINOLOGIE DU CONTEXTE PBN [4]	4
I.7 LA SPECIFICATION DE NAVIGATION [5]	6
I.7.1 PARTICULARITES DES SPECIFICATIONS DE NAVIGATION:	6
I.7.1.1 RNAV 10.	6
I.7.1.1.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS	7
I.7.1.1.2 EXIGENCES PARTICULIÈRES:	7
I.7.1.2 RNP4 :	7
I.7.1.2.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS	7
I.7.1.2.2 EXIGENCES PARTICULIERES :	8
I.7.1.3 RNP2 OCEANIQUE :	8
I.7.1.3.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS :	8
I.7.1.3.2 EXIGENCES PARTICULIERES :	8
I.7.1.4 RNAV1/RNAV2 :	8
I.7.1.4.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS :	8
I.7.1.4.2 EXIGENCES PARTICULIERES:	9
I.7.1.5 RNP1/RNP2 CONTINENTAL:	9
I.7.1.5.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS :	9
I.7.1.5.2 EXIGENCES PARTICULIERES :	9
I.7.1.6 RNP APCH/RNAV (GNSS):	9
I.7.1.6.1 EXIGENCES PARTICULIERES :	10
I.7.1.7 APPROCHES POINT IN SPACE (PINS) (SPECIFIQUE AUX HELICOPTERES):	10
I.7.1.8 ADVANCED RNP (A-RNP):	11
I.8 CONCLUSION	12
II- CHAPITRE 2 : PRINCIPES GENERAUX DE LA NAVIGATION DE SURFACE (RNAV) 13	
II.1 PARTIE 1 : LE GNSS	13
II.1.1 INTRODUCTION	13
II.1.2 GNSS, C'EST QUOI ?[7]	13
II.1.2.1 LES TROIS SEGMENTS DU SYSTEME GNSS.....	14
II.1.3 PRINCIPE DE LA GEOLOCALISATION.[7]	14

II.1.3.1	SYSTEME GEODESIQUE DE REFERENCE : WGS 84.....	15
II.1.3.2	SOURCES D'ERREURS [9].....	15
II.1.4	SYSTEMES D'AUGMENTATIONS GNSS [4]	15
II.1.4.1	AIRBORN BASED AUGMENTATION SYSTEME.....	15
II.1.4.2	SPACEBASED AUGMENTATION SYSTEM.....	16
II.1.4.3	GROUND BASED AUGMENTATION SYSTEME :.....	17
II.1.5	EQUIPEMENT DE BORD :	18
II.1.6	CRITERES DE PERFORMANCES DE NAVIGATION :.....	18
II.1.7	CONCLUSION	18
II.2	PARTIE 2 : LA NAVIGATION DE SURFACE RNAV.....	18
II.2.1	INTRODUCTION	18
II.2.2	PRINCIPE DE LA NAVIGATION DE SURFACE (RNAV)[4].....	19
II.2.2.1	LES BENEFICES DU SYSTEME RNAV [4]	20
II.2.2.2	TRAJECTOIRES RNAV [4].....	20
II.2.3	APPROCHE RNAV (GNSS) :[10].....	22
II.2.3.1	APPROCHE NPA RNAV	22
II.2.3.2	APPROCHE APV BARO VNAV	22
II.2.3.3	APPROCHE APV SBAS.....	22
II.2.3.4	APPROCHE PA RNAV	23
II.3	CONCLUSION.....	24
III- CHAPITRE 3 : INFRASTRUCTURES ET SCHEMA DE CIRCULATION		
AERIENNE DE L'AERODROME D'ANNABA		25
III.1	INTRODUCTION	25
III.2	INFRASTRUCTURES AEROPORTUAIRE [2]	25
III.2.1	DESCRIPTION DE L'AERODROME D'ANNABA.....	25
III.2.1.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	25
III.2.1.2	INFRASTRUCTURES	25
III.2.1.3	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES PISTES	26
III.2.1.4	DISTANCES DECLAREES DES PISTES	27
III.2.1.5	DISPOSITIF LUMINEUX D'APPROCHE ET BALISAGE LUMINEUX DE PISTE. 27	
III.2.1.6	AIDES DE RADIONAVIGATION ET D'ATTERISSAGE :	28
III.2.1.7	INSTALLATION DE LA TELECOMMUNICATION DES SERVICES DE LA CIRCULATION AERIENNE.	28
III.2.1.7.1	SERVICE DE SAUVETAGE ET DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE	29
III.3	SCHEMA DE CIRCULATION AERIENNE	29
III.3.1	SECTEUR NORD –EST : CLASSIFICATION< D>	29
III.3.2	LES ROUTES AERIENNES RELIANT LE VOR/DME D'ANNABA :.....	30
III.3.3	LA ZONE DE MANŒUVRE TERMINAL (TMA)	31
III.3.4	LES ZONES A STATUT PARTICULIER	31
III.3.5	LA ZONE DE CONTROLE (CTR).....	32
III.4	TYPE D'OBSTACLE DE L'AERODROME.....	33
III.4.1	OBSTACLES NATURELS	33

III.4.2	OBSTACLES ARTIFICIELLES [2]	34
III.5	LES STATISTIQUES DU TRAFIC	36
III.5.1	INTRODUCTION	36
III.5.2	ANALYSE DES COURANTS DE TRAFICS AU COURS DE L'ANNEE 2019	36
III.5.3	INTERPRETATION.....	37
III.6	PROBLEMATIQUE.....	37
III.7	CONCLUSION.....	38
IV- CHAPITRE 4 : REALISATION DES PROCEDURES PBN POUR L'AERODROME		
D'ANNABA.....		39
IV.1	CRITERES GENERAUX POUR LA CONCEPTION D'UNE PROCEDURE PBN	
[3]	39	
IV.1.1	INTRODUCTION	39
IV.1.2	DISTANCE MINIMAL DE STABILISATION :	39
IV.1.3	AIRE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE	39
IV.1.4	FUSION DE SEGMENTS DE LARGEURS DIFFERENTES	39
IV.1.5	CONSTRUCTION ET PROTECTION DES VIRAGES	40
IV.1.6	CONCLUSION.....	41
IV.2	ELABORATION DE LA PROCEDURE D'ATTENTE POINT FIXE	41
IV.2.1	INTRODUCTION	41
IV.2.2	PARAMETRES DU CIRCUIT D'ATTENTE	41
IV.2.3	CONSTRUCTION DE L'ATTENTE.....	41
IV.2.4	ALTITUDE MINIMAL D'ATTENTE.....	43
IV.2.5	CONCLUSION.....	44
IV.3	ELABORATION DE LA PROCEDURE D'APPROCHE LNAV RNP APCH	
RWY 36	44	
IV.3.1	INTRODUCTION	44
IV.3.2	PARTIE THEORIQUE [4].....	44
IV.3.2.1	SEGMENT D'APPROCHE FINAL :	44
IV.3.2.2	SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE :	44
IV.3.2.3	SEGMENT D'APPROCHE INITIAL	44
IV.3.2.4	ISEGMENT D'APPROCHE D'APPROCHEINTEROMPUE	44
IV.3.3	PARTIE PRATIQUE.....	47
IV.3.3.1	SCENARIO 1.....	47
IV.3.3.2	SCENARIO 2.....	48
IV.3.3.2.1	TRAITEMENT DES OBSTACLES ET DETERMINATION DE L'ALTITUDE	
MINIMAL DE SECURITE DE CHAQUE SEGMENT D'APPROCHE.....	48	
IV.3.3.2.2	L'APPROCHE INTERROMPUE	50
IV.3.4	CONCLUSION.....	52
IV.4	ELABORATION DES PROCEDURES D'ARRIVEES PBN (STAR)	53
IV.4.1	INTRODUCTION	53
IV.4.2	LA PARTIE THEORIQUE [4].....	53
IV.4.2.1	CONCEPT GENERAUX POUR LES ARRIVEES	53
IV.4.2.2	MARGE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE	53
IV.4.3	LA PARTIE PRATIQUE	54
IV.4.3.1	REDIMENSIONNEMENT DE LA TMA D'ANNABA.....	54
IV.4.3.2	LES SCENARIOS ADOPTES POUR LES ARRIVEES	54
IV.4.3.3	AIRE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE	55

IV.4.3.4	LES ALTITUDES MINIMALES DE SECURITE.	55
IV.4.4	CONCLUSION.....	58
IV.5	ELABORATION DES PROCEDURES DE DEPART PBN (SID)	58
IV.5.1.1	INTRODUCTION	58
IV.5.2	PARTIE THEORIQUE [4].....	58
IV.5.2.1	LES REGLES A SUIVRE POUR CONCEVOIR UNE PROCEDURE DE DEPART 58	
IV.5.2.2	TRAITEMENTS D’OBSTACLES.....	58
IV.5.3	PARTIE PRATIQUE.....	58
IV.5.3.1	LES SCENARIOS ADOPTES	58
IV.5.3.2	AIRE DE FRANCHISSEMENT D’OBSTACLE	59
IV.5.3.3	CONSTRUCTION DES VIRAGES.....	59
IV.5.3.4	TRAITEMENT D’OBSTACLE	60
IV.5.4	CONCLUSION.....	61
V-	CONCLUSION GENERALE.....	62
VI-	LISTE DES ACRONYMES	63
VII-	BIBLIOGRAPHIE.....	66

LISTE DES FIGURES

FIGURE I-1 : LE CONCEPT RNP	3
FIGURE I-2 : LE CONCEPT PBN	3
FIGURE I-3 : LES COMPOSANTS DU CONCEPT PBN	5
FIGURE I-4 : EXEMPLE DES COMPOSANTS DU CONCEPT PBN	6
FIGURE I-5 : ORGANISME DES SPECIFICATIONS DE NAVIGATION	11
FIGURE I-6 : LES APPLICATIONS PBN DANS LES PHASES DE VOL	11
FIGURE II-1 : PRINCIPE DU GNSS	13
FIGURE II-2 : PRINCIPE DE LA GEOLOCALISATION.....	14
FIGURE II-3 : COUVERTURE DE SBAS	17
FIGURE II-4 : INTEGRATION BORD, SENSEURS DE NAVIGATION.....	19
FIGURE II-5 : TRAJECTOIRE RNAV	19
FIGURE II-6 : TYPES DE WAYPOINT	20
FIGURE II-7 : TOLERANCE D'UN WAYPOINT	21
FIGURE II-8 : TRAJECTOIRE DE L'AERONEF.	21
FIGURE II-9 : TYPES D'APPROCHES.....	23
FIGURE III-1 : PRESENTATION DES ZONES A STATUT PARTICULIER SUR LA CARTE DE CROISIERE	32
FIGURE III-2 : CHEMINEMENT VFR D'ENTREE,DE SORTIE DE LA CTR	33
FIGURE IV-1 : FUSION DE SEGMENTS DE LARGEURS DIFFERENTES	39
FIGURE IV-2 : VIRAGE A UN POINT DE CHEMINEMENT PAR LE TRAVERS.....	40
FIGURE IV-3 : LE DESSIN FINAL DU CIRCUIT D'ATTENTE	42
FIGURE IV-4 : POSITIONNEMENT DU MAPT POUR UNE APPROCHE ALIGNE SUR L'AXE DE PISTE.....	45
FIGURE IV-5 : EVASEMENT DE 15°DE PART ET D'AUTRE DE LA TRAJECTOIRE D'APPROCHE INTERROMPUE	45
FIGURE IV-6 : VIRAGE A ALTITUDE/HAUTEUR SUIVI D'UN PARCOURS DF.....	46
FIGURE IV-7 : LE DESSIN DE LA PROCEDURE D'APPROCHE	51
FIGURE IV-8 : LE DESSIN DE L'APPROCHE INTERROMPUE	52
FIGURE IV-9 : LE SCHEMA FINAL DE LA PROCEDURE D'APPROCHE PBN	52
FIGURE IV-10 : FUSION DES AIRES DE PROTECTION A 30 NM DE L'ARP.....	53
FIGURE IV-11 : SCHEMA DE LA NOUVELLE TMA D'ANNABA.....	54
FIGURE IV-12 : LE DESSIN DES STAR AVEC LES PROTECTIONS DE CHAQUE SEGMENT DANS L'ANCIENNE TMA	56
FIGURE IV-13 : LE DESSIN DES STAR AVEC LES PROTECTIONS DE CHAQUE SEGMENT DANS LA NOUVELLE TMA	57
FIGURE IV-14 : SCHEMA FINAL DES STAR.....	57
FIGURE IV-15 : SCHEMA FINAL DES SID.....	60
FIGURE IV-16 COORDONNEES DES WAYPOINTS	61

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I-1 : TYPES POSSIBLE DE PROCEDURE D'APPROCHE RNAV (GNSS) [4]	10
TABLEAU II-1 : DIFFERENCES ENTRE AAIM ET RAIM	16
TABLEAU II-2 : FONCTION PERMISE PAR RAPPORT AU NOMBRE DE SATELLITES	16
TABLEAU III-1 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE PISTE	26
TABLEAU III-2 : LES DISTANCES DECLAREES DES PISTES.	27
TABLEAU III-3 : LES DISPOSITIFS LUMINEUX D'APPROCHE ET BALISAGE LUMINEUX DE PISTE.	27
TABLEAU III-4 : LES DISPOSITIFS LUMINEUX D'APPROCHE ET BALISAGE LUMINEUX DE PISTE	28
TABLEAU III-5 : LES INSTALLATIONS DE TELECOMMUNICATION DES SERVICES DE LA CIRCULATION AERIENNE	28
TABLEAU III-6 : LES ROUTES AERIENNES RELIANT LE VOR/DME D'ANNABA.	30
TABLEAU III-7 : LES COORDONNEES DE LA TMA ANNABA.	31
TABLEAU III-8 : LES COORDONNEES DES ZONES A STATUT PARTICULIER	31
TABLEAU III-9 :LES CONDITIONS DE CONTROLE POUR LA CLASSIFICATION DE L'AERODROME D'ANNABA	32
TABLEAU III-10 : LES OBSTACLES ARTIFICIELS DE L'AERODROME	34
TABLEAU III-11 : FLUX DE TRAFIC (DEPART) DE L'ANNEE 2019.	36
TABLEAU III-12 : FLUX DE TRAFIC (ARRIVEES) DE L'ANNEE 2019.	37
TABLEAU IV-1 :DEFINITION DU POINT DE VIRAGE AMONT ET DU POINT DE VIRAGE AVAL	40
TABLEAU IV-2 :MFO UTILISABLE EN ATTENTE EN FONCTION DE L'ALTITUDE D'OBSTACLE.	43
TABLEAU IV-3 :MFO APPLIQUEE EN ATTENTE	43
TABLEAU IV-4 : XTT,ATT ET DEMIE LARGEUR D'AIRES POUR LA RNP APCH (NM)	46
TABLEAU IV-5 : VITESSE (VI) POUR LES CALCULS DE PROCEDURES, EN KILOMETRES L'HEURE (KM/H)	47
TABLEAU IV-6 : PARAMETRES DE LA PROCEDURE	48
TABLEAU IV-7 : LES OBSTACLES DANS L'AIRES DE VIRAGE DE L'APPROCHE INTERROMPUE	51
TABLEAU IV-8 : DEMI -LARGEUR, XTT, ATT POUR LES STAR EN RNAV 1 ARP<30NM.	55
TABLEAU IV-9 : DEMI -LARGEUR,XTT,ATT POUR LES STAR EN RNAV 5 ARP>30 NM.	55
TABLEAU IV-10 :LES OCA DES SEGMENTS D'ARRIVEES	55
TABLEAU IV-11 : LES ALTITUDES MINIMALES DES ARRIVEES	56
TABLEAU IV-12 ; XTT,ATT ET DEMI -LARGEUR DE SID	59
TABLEAU IV-13 : TRAITEMENT DES OBSTACLES DES DEPARTS	60

INTRODUCTION GENERALE

Depuis qu'il ait eu le premier vol, il y a plus d'un siècle et étant donné que les aéronefs qui évoluent dans le ciel font face à toutes sortes de phénomènes météorologiques rendant impossibles le contact visuel avec le sol et les repères physiques, la question de la navigation n'a cessé de hanter l'humanité.

Dans les premiers temps, les aviateurs utilisaient les instruments de marine tel que le compas, la boussole mais qui demeuraient archaïques et peu adaptés.

Après la première guerre mondiale et l'avènement du transport aérien public, la radioélectricité (la propagation des ondes) qui fut d'abord utilisée pour communiquer est devenue le socle de la navigation aérienne et a permis d'implémenter des balises au sol communiquant avec des instruments de navigation à bord de l'avion et c'est ainsi que fut introduit la goniométrie et de la, la naissance du **NDB, ILS, RADAR, VOR, DME**..... toutes ces avancées sont dépendantes des balises au sol et qui est un inconvénient pour la navigation aérienne.

Le **GPS** est une révolution en matière de navigation, il permet de connaître sa position avec une haute précision n'importe où dans le monde et s'affranchit totalement de toute balise au sol, néanmoins, il dépend du bon fonctionnement des satellites et c'est pour cette raison qu'il doit être combiné avec d'autres sources de navigation, ce système a permis le développement de la technique de navigation **RNAV** et l'introduction de la **PBN** qui s'affranchit des balises au sol et qui permet la navigation sur n'importe quelle trajectoire.

L'aérodrome d'Annaba possède un trafic aérien important d'où sa situation géographique privilégiée, et nécessite des solutions techniques afin de remédier à toutes les contraintes existantes, d'optimiser le trafic et d'augmenter la capacité de l'espace aérien, notre choix s'est porté sur la navigation fondée sur les performances **PBN**.

Notre présent projet s'étale en quatre chapitres, notre premier chapitre vise à introduire la **PBN**, le deuxième contient des généralités sur le GNSS et LA **RNAV**, au cours du troisième on a traité l'étude de l'existant de l'aérodrome d'Annaba, et pour clôturer le quatrième consiste à l'élaboration des procédures d'approches d'arrivées, de départs et d'attentes pour la piste 36.

Nous avons eu l'opportunité et l'immense chance d'effectuer des stages pratiques au niveau de l'entreprise nationale de la navigation aérienne (ENNA).

I- CHAPITRE 1 : LE CONCEPT PBN

I.1 INTRODUCTION:

Au cours de ce 1^{er} chapitre nous allons introduire la notion de navigation fondée sur les performances qui vise à définir les exigences en matière de performance pour les aéronefs qui empruntent des itinéraires particuliers.

I.2 LES APPORTS DU CONCEPT PBN A L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE.

Le **PBN** est un concept développé par l'**OACI** permettant de spécifier les performances opérationnelles requises dans un espace aérien, une route ou une procédure d'approche.

Ce concept a permis d'éviter la prolifération de différents standards de navigation. Le manuel **PBN** de l'**OACI** (doc 9613) définit le concept **PBN** ainsi que les différentes spécifications de navigation adaptées aux différents segments de vol .

Afin d'atteindre les objectifs mondiaux pour la navigation fondée sur les performances, il est primordiale d'utiliser une politique permettant la gestion des capacités de navigation déjà disponibles au niveau des différents équipements embarqués, en évitant des modifications coûteuses des aéronefs.

Les solutions de navigation doivent être adaptées aux différentes catégories d'usagers de l'espace (compagnies aériennes, aviation d'affaire, travail aérien, aviation légère...), aux infrastructures desservies, à la densité du trafic, aux conditions environnementales, etc.

Le concept **PBN** permet à cet égard d'offrir la souplesse et le niveau d'exigence nécessaire à cette politique ambitieuse. Parmi les bénéfices immédiats attendus, on peut mentionner :

- L'augmentation du nombre de routes permettant d'optimiser l'altitude de vol et les profils.
- la réduction de la longueur des trajectoires à basse altitude.
- le guidage vertical généralisé en approche finale
- des profils de montée et de descente continue.
- une diminution des minimums opérationnels.

I.3 ORIGINE DU PBN [5]

Avant le manuel **PBN**, il existait un manuel appelé **ICAO RNP** manuel mais pouvant être librement interprété. Ainsi les états ou les constructeurs d'avion pouvait choisir pour un même type d'opération :

- RNP x, x variable :
- RNP avec ou sans intégrité pour le calcul de positionnement :

Spécification de fonctions RNAV très diverses.

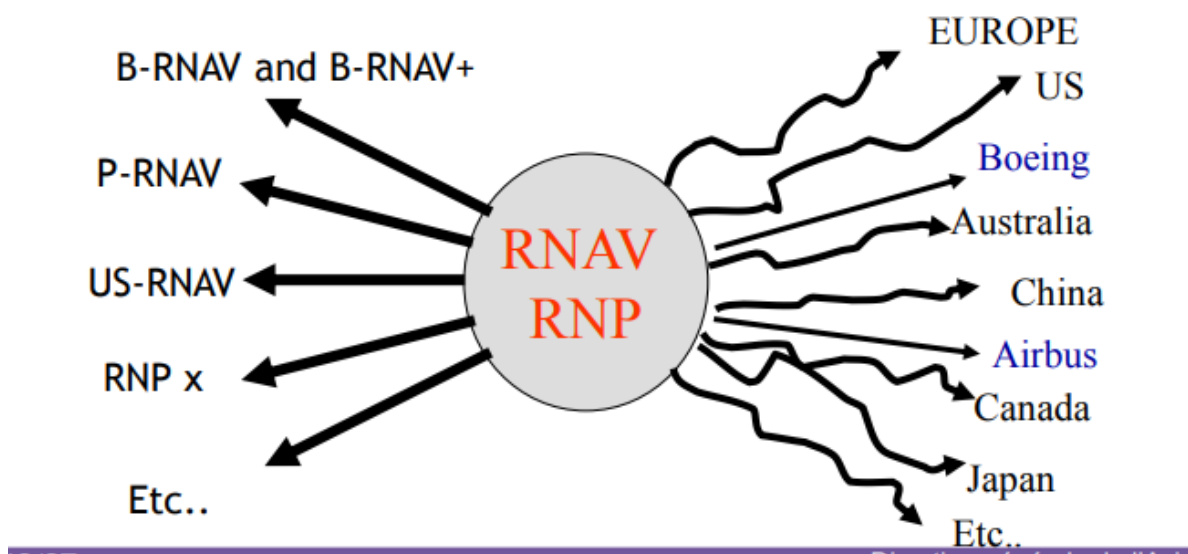


Figure I-1 : Le concept RNP

Cette situation présentait une forte contrainte pour l'aviation, c'est pour cela que l'OACI a décidé, suite à la onzième conférence de la navigation aérienne (2004), de remplacer le concept RNP du manuel RNP par le concept PBN qui a résulté à l'apparition d'un nouveau document de référence : Performance Based Navigation Manuel PBN (Doc 9631) publié depuis 2007.

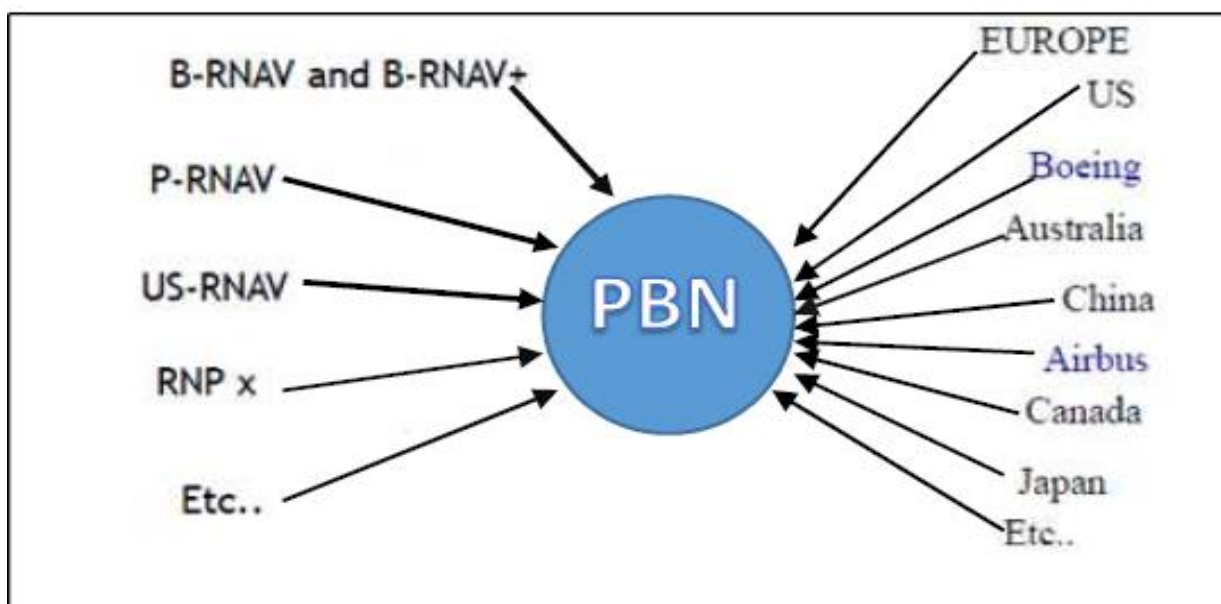


Figure I-2 : Le concept PBN

I.3.1 LE MANUEL PBN DE L'OACI - DOC 9613

Le manuel PBN de l'OACI - doc 9613 qui contient 2 volumes a pour but de :

- définir le concept PBN (vol I)
- homogénéiser et standardiser les exigences opérationnelles (vol II)
- Le vol II contient les différentes « spécifications de navigation » (RNAV5, RNAV 1, RNP 4, RNP 1,...)

I.4 LES PERFORMANCES DU SYSTEME DE NAVIGATION :

Les performances du système de navigation sont définies par :

- La Précision : La différence entre la position estimée et la position courante
- L'intégrité : Le degré de confiance que l'on peut avoir dans l'information fournie par le système. Elle inclue la capacité à fournir à temps une alerte valide quand le système ne doit pas être utilisé pendant l'opération.
- Continuité: La capacité du système à effectuer sa fonction sans interruption durant l'opération.

I.5 PRINCIPE DE LA NAVIGATION FONDEE SUR LES PERFORMANCES (PBN) [4]

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.

Une spécification de navigation est définie comme étant un ensemble de conditions qu'un aéronef et son équipage doivent remplir pour effectuer un vol en **PBN** dans un espace aérien défini.

Le concept **PBN** est de plus en plus vu comme la solution la plus pratique pour réguler le domaine des systèmes de navigation, actuellement en augmentation. Elle définit le cadre globale des besoins harmonisés de la navigation moderne, qui n'existait pas auparavant ou qui n'existait qu'à l'échelon régional. Elle sous-entend les applications actuelles et futures des technologies de la navigation de surface offrent de nombreux avantages.

Les avantages de cette approche résident dans le fait qu'elle fournit clairement des approbations opérationnelles permettant d'exécuter des trajectoires de vol prévisibles et harmonisées pour utilisation plus efficace des aéronefs en autorisant les montées et les descentes continues. Ceci permet aussi l'amélioration de la sécurité notamment pendant la phase d'approche grâce à une réduction des impacts sans perte de contrôle (**CFIT**), une grande capacité de l'espace aérien, une économie sur la consommation de carburant, et la résolution des problèmes environnementaux.

I.6 TERMINOLOGIE DU CONTEXTE PBN [4]

D'une manière générale 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 terme de précision, d'intégrité, de continuité et de disponibilité, ainsi que des descriptions de réalisations de ses performances en termes d'équipements à bord et d'exigences pour l'équipe.

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, les surveillances **ATS** et **ATM** sont aussi des éléments essentiels.

Il y a deux composantes dont les apports sont essentiels pour l'application de la **PBN** :

1. l'infrastructure d'aide à la navigation (au sol et dans l'espace) permettant que le système fonctionne.
2. Les exigences énoncées dans la spécification de navigation appropriées.

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

3. L'application de navigation.

Ou :

- Infrastructures d'aides a la navigation : qui sont des aides de navigation spatiales ou au sol, disponibles pour satisfaire aux exigences de la spécification de navigation.

- Spécification de navigation : est l'ensemble de condition 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, elle définit les performances requises du système **RNAV** ainsi que tous les besoins fonctionnels telle la possibilité d'exécuter des procédures à trajectoires courbe ou de suivre des roues décalées parallèles .

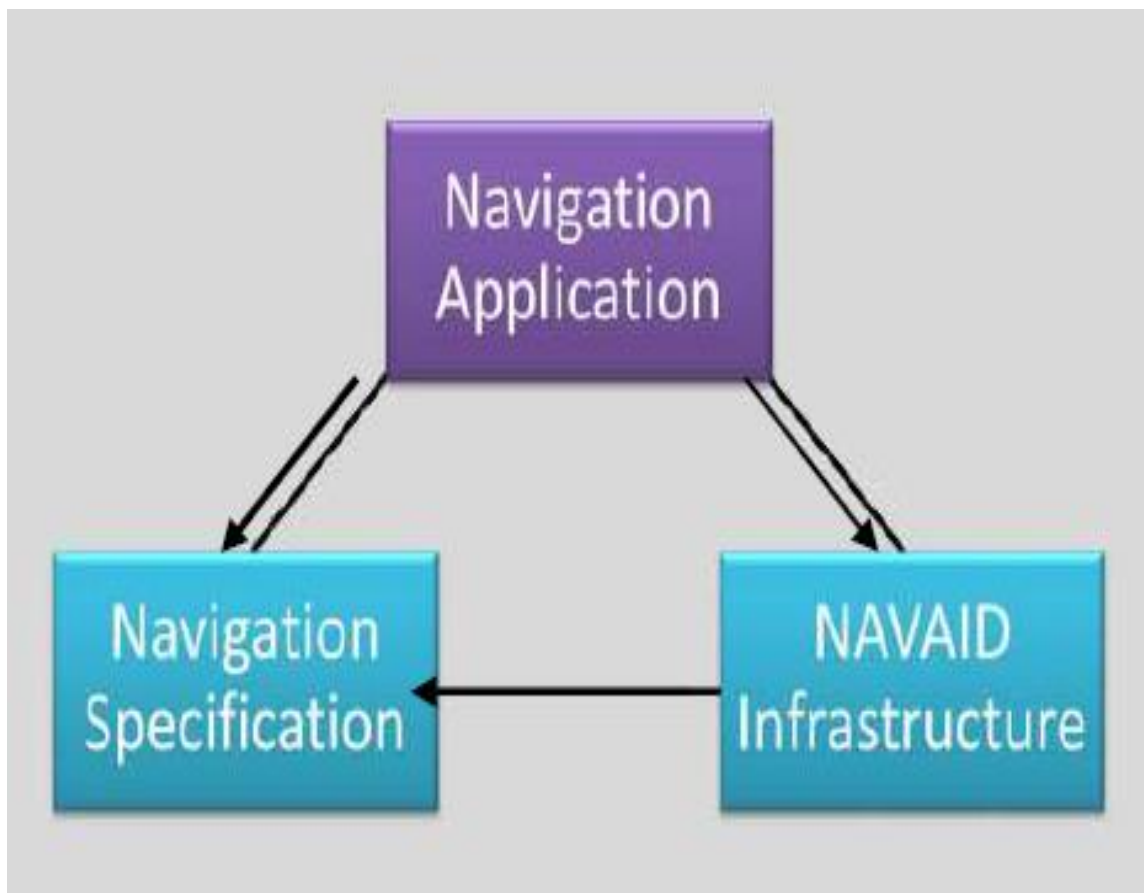


Figure I-3 : Les composants du concept PBN

L'application de navigation consiste à l'utilisation d'une spécification de navigation et d'une infrastructure de navigation qui permet un aéronef d'évoluer dans un espace désigné sur une route ou procédure avec un niveau de performance requis.

Exemple en région terminale :

- Spécification de navigation : **RNAV1** (1NM of accuracy) (1 NM de précision)
- Infrastructure de navigation : **GNSS** ou **DME/DME**.

L'infrastructure de navigation consiste en :

- ✓ Aide à la navigation :
- Basés au sol VOR et DME.
- Avec segment spatial (élément GNSS définis dans l'annexe 10).

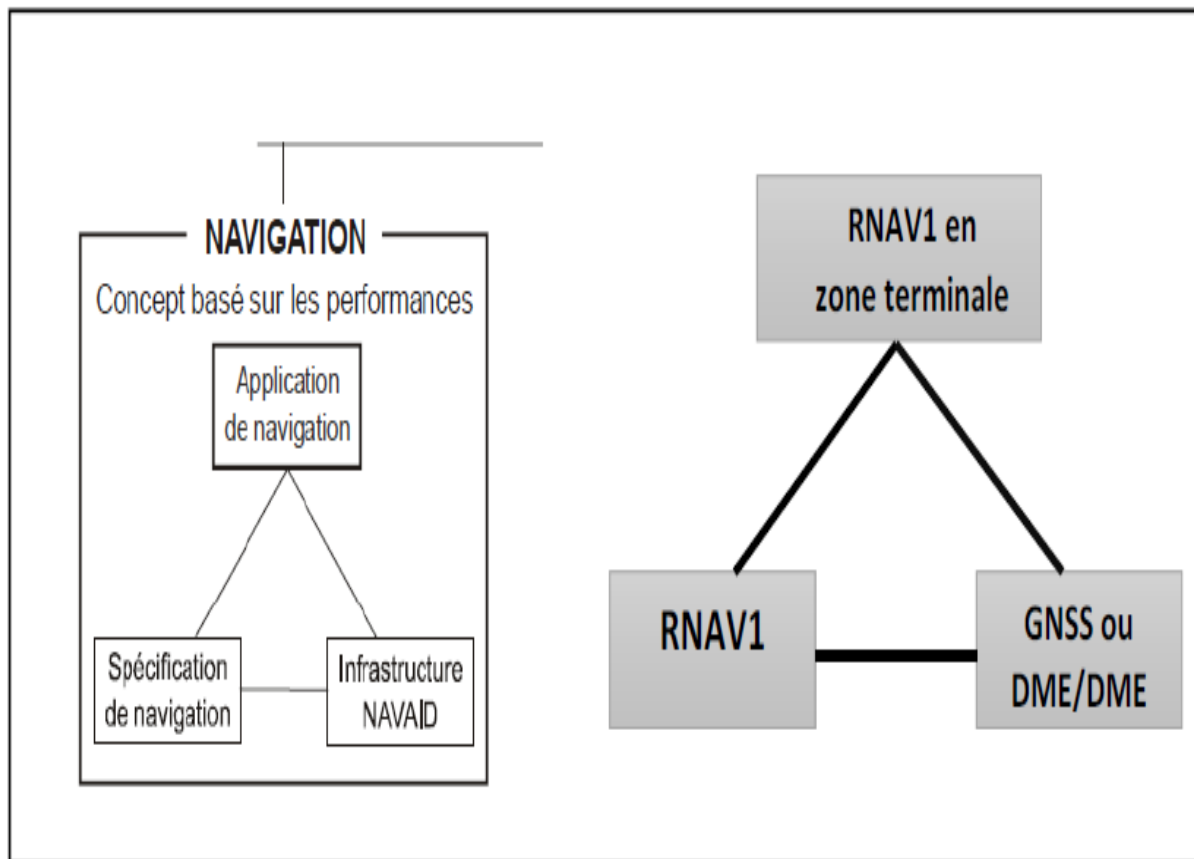


Figure I-4 : exemple des composants du concept PBN

I.7 LA SPECIFICATION DE NAVIGATION [5]

La spécification de navigation prescrit les exigences de performance en termes de précision, d'intégrité et de continuité pour les opérations proposées dans un espace aérien particulier. La spécification de navigation décrit également comment ces exigences de performance doivent être atteintes, c'est-à-dire quelles fonctionnalités de navigation sont nécessaires pour atteindre les performances prescrites. Les exigences relatives aux connaissances et à la formation des pilotes et à l'approbation opérationnelle sont associées à la spécification de navigation. Une spécification de navigation est une spécification **RNP** ou une spécification **RNAV**. Une spécification **RNP** inclut une exigence de surveillance et d'alerte des performances autonomes à bord, contrairement à une spécification **RNAV**

I.7.1 PARTICULARITES DES SPECIFICATIONS DE NAVIGATION:

I.7.1.1 RNAV 10.

Cette application **PBN** est utilisée pour les trajectoires « océaniques » ou « en-route éloignée » pour lesquelles la navigation ne peut se faire qu'à l'aide des moyens embarqués (centrale inertielle et/ou **GNSS**) tout en permettant un espacement longitudinal et latéral entre aéronefs de 50 NM. L'application RNP 10 est normalisée dans le manuel **OACI PBN** par **RNAV 10** car elle n'impose pas à bord de l'aéronef un avertissement si le critère de précision n'est pas respecté. Toutefois, vu l'étendue des désignations d'espace aérien et des approbations opérationnelles existantes sous la désignation de RNP 10, il est prévu que les nouvelles désignations d'espace aérien et approbations d'aéronefs continueront d'employer le terme « **RNP 10** »

I.7.1.1.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS

Deux systèmes de navigation longue distance (**LRNS**) sont requis, de sorte qu'une panne simple n'entraîne pas la perte totale de navigation.

Les capteurs utilisés sont soit des centrales inertielle (**IRS**) soit des capteurs **GNSS** :

- ✓ Pour des aéronefs sans **GNSS** (architecture avionique à 2 ou plus **IRS**), l'exploitant devra se conformer à la limite de temps garantissant sa performance (6.2 heures de vol à compter du dernier alignement des **IRS**).
- ✓ Dans le cas d'installation **GNSS** sans **IRS**, une prédiction **FDE** est requise à la préparation des vols. Le but est de pouvoir poursuivre l'opération **RNAV10** basée sur le **GNSS** malgré la panne éventuelle d'un satellite.
- ✓ Pour les installations multi capteur (**GNSS + IRS**), la limitation du temps ne s'appliquera qu'en cas de panne du **GNSS**, la prédiction **FDE** peut ne pas être requise

I.7.1.1.2 EXIGENCES PARTICULIÈRES:

Les espaces désignés **RNAV10** assurant une séparation longitudinale et/ou latérale minimale de 50NM entre aéronefs ont des exigences en matière de communication et de surveillance :

- CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications).
- ADS-C (Automatic Dépendant Surveillance-Contract).

De plus pour l'ADS-C, une durée entre deux transmissions d'informations de 27 minutes doit être respectée.

I.7.1.2 RNP4 :

Cette application **PBN** est utilisée pour les trajectoires « océaniques » ou « en route éloignée » pour lesquelles la navigation ne peut se faire qu'à l'aide des moyens embarqués (**GNSS**) tout en permettant un espacement longitudinal et latéral entre aéronefs de 30 NM.

I.7.1.2.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS

Deux systèmes de navigation longue distance (**LRNS**) compatibles **RNP 4** sont requis, de sorte qu'une panne simple n'entraîne pas la perte totale de navigation.

En **RNP 4**, le **GNSS** doit être utilisé pour le calcul de positionnement.

Cela se traduit par l'exigence d'avoir deux capteurs **GNSS** en **MEL**.

- Pour les installations **GNSS** uniquement : une prédiction **FDE** devra être établie pour s'assurer que la navigation pourra se poursuivre malgré la panne éventuelle d'un satellite.
- Pour les installations multi capteurs (**GNSS + IRS**), la prédiction **FDE** n'est pas requise (selon dispositions **AFM**). La perte d'un **GNSS** sur les 2 avant l'entrée en espace **RNP 4** peut alors être considérée.

I.7.1.2.2 EXIGENCES PARTICULIERES :

Les espaces désignés **RNP4** assurant une séparation longitudinale et/ou latérale minimale de 30NM ont des exigences en matière de communication et de surveillance :

- ✓ **CPDLC** (Controller Pilot Data Link Communications)
- ✓ **ADS-C** (Automatic Dépendant Surveillance-Contract).

De plus pour l'ADS-C, une durée entre deux transmissions d'informations de 14 minutes doit être respectée.

L'aéronef doit également être équipé d'un **FMS** permettant de réaliser un offset parallèle. Cet offset peut être exécuté à gauche ou à droite de la route initiale et doit respecter la précision et performance requise initialement. Le **FMS** doit permettre la création d'offset allant jusqu'à 20 NM et plus.

I.7.1.3 RNP2 OCEANIQUE :

L'application **RNP 2** océanique est principalement prévue pour les aéronefs opérants à haute altitude dans les zones au trafic faible à moyen sans l'aide de **NAVAID**.

I.7.1.3.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS :

En **RNP 2** en zone océanique, le **GNSS** doit être utilisé pour le calcul de positionnement.

I.7.1.3.2 EXIGENCES PARTICULIERES :

Il n'existe pas d'exigences particulières liées aux opérations RNP 2 en zones océaniques et en route éloignées.

I.7.1.4 RNAV1/RNAV2 :

La **RNAV1** est utilisée pour le développement de procédure d'arrivée (**STAR**) et de départ (**SID**) ainsi que certaines approches initiales et intermédiaires (**INA**). La **RNAV1** répond aux mêmes exigences que la **P-RNAV** à l'exception suivante : La **RNAV1**, contrairement à la **PRNAV**, ne se base pas sur les capteurs **VOR/DME** pour calculer la position de l'avion.

I.7.1.4.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS :

L'équipement **RNAV** doit permettre de déterminer automatiquement la position de l'avion à partir d'un ou d'une combinaison des capteurs suivants :

- DME/DME
- DME/DME/INS ou IRS
- GNSS

Les exploitants d'aéronefs qui ne basent leur calcul de position que sur le **DME/DME** ou **DME/DME/IRS** ne pourront pas réaliser les procédures **RNAV** qui requièrent le **GNSS**. Cette limitation devrait être clairement portée à la connaissance des équipages.

I.7.1.4.2 EXIGENCES PARTICULIERES:

Une route **RNAV1** ou **RNAV2** devrait être entièrement extraite de la base de données de navigation par son identifiant. Cependant en réponse à une clairance **ATC**, la route peut être modifiée en insérant ou en supprimant un waypoint. Les waypoints insérés doivent être issus de la base de données de navigation et ne doivent pas faire l'objet d'une entrée manuelle de type lat/long ou rho/theta (relèvement/distance). Les waypoints Flyby ne doivent pas être modifiés en flyover et réciproquement.

I.7.1.5 RNP1/RNP2 CONTINENTAL:

L'application **RNP 1** permet de développer des procédures de départ (**SID**) et d'arrivée (**STAR**) ainsi que certaines approches initiales et intermédiaires (**INA**). Comparé à la **RNAV1**, l'intérêt du **RNP1** réside essentiellement dans la possibilité de coder des virages par un segment **RF** qui permet d'assurer une bonne prédictibilité de la trajectoire.

I.7.1.5.1 CAPTEURS UTILISES – LIMITATIONS :

Si une spécification de navigation **RNP** impose l'utilisation du **GNSS** comme moyen primaire de navigation, certains avionneurs ont démontré également la capacité **RNP1** en **DME/DME/IRS**. Cette capacité est principalement utilisée en secours suite à la perte du signal **GNSS**.

L'équipement **RNAV** doit permettre de déterminer automatiquement la position de l'avion à partir d'un ou d'une combinaison des capteurs suivants :

- ✓ DME/DME/INS ou IRS
- ✓ GNSS

I.7.1.5.2 EXIGENCES PARTICULIERES :

Une procédure **RNP1** devrait être entièrement extraite de la base de données de navigation par son identifiant. Cependant en réponse à une clairance **ATC**, la route peut être modifiée en insérant ou en supprimant un waypoint. Les waypoints insérés doivent être issus de la base de données de navigation et ne doivent pas faire l'objet d'une entrée manuelle de type lat/long ou rho/theta (relèvement/distance). Les waypoints Flyby ne doivent pas être modifié en flyover et réciproquement.

I.7.1.6 RNP APCH/RNAV (GNSS):

Le terme **RNP APCH** désigne les procédures d'approches **RNP** sans autorisation (contrairement aux approches **RNP AR**).

La plupart de ces approches sont cartographiées **RNAV(GNSS)** ou encore **RNAV(GPS)** voire **GPS**.

La spécification de navigation du manuel **PBN** associée à ces approches est « **RNP APCH** » voir Annexe 5 – Approche conventionnelle, **Overlay** et **RNP APCH** - Terminologie.

Une approche **RNAV(GNSS)** recouvre trois types possibles de procédure d'approche:

Tableau I-1 : Types possible de procédure d'approche RNAV (GNSS) [4]

L'approche de non précision	identifiée sur la carte IAC par la ligne de minima	LNAV
L'approche APV Baro VNAV	identifiée sur la carte IAC par la ligne de minima	LNAV/VNAV
L'approche APV SBAS	identifiée sur la carte IAC par la ligne de minima	LPV

Pour la **LNAV** :

- Latéral : GNSS (GPS + ABAS ou GPS + SBAS)

Pour le **LNAV / VNAV** :

- Latéral : GNSS
- Vertical : BaroVNAV

L'affichage des déviations verticales (**Vdev**) devrait être situé dans le champ primaire du pilote (**PFD ou ND**).

Pour la **LPV** :

- Latéral et verticale : GNSS (GPS + SBAS)

I.7.1.6.1 EXIGENCES PARTICULIERES :

Des précautions particulières liées à l'utilisation de la fonction **Baro VNAV** sont à prendre en compte sur le calage altimétrique et l'effet de la température. Ces conditions sont détaillées en.

I.7.1.7 APPROCHES POINT IN SPACE (PINS) (SPECIFIQUE AUX HELICOPTERES):

Les procédures d'approches Point in Space dites **PinS** sont des procédures **RNP APCH** réservées exclusivement aux hélicoptères. La percée aux instruments est effectuée jusqu'à un waypoint : le PinS. Au PinS le pilote prend alors la décision de continuer l'approche ou de l'interrompre si les références visuelles ne sont pas acquises. Selon le type de procédure Pins publiée, il existe alors deux possibilités pour continuer l'approche :

- « Continuer en VFR »
- « Continuer à vue »

Tout comme les approches **RNP APCH**, les approches **PinS** peuvent avoir des minima **LNAV**, **LNAV/VNAV** ou **LPV**.

Les exigences opérationnelles (capteurs utilisés, formations des équipages) des approches **PinS** sont les mêmes que pour les procédures **RNP APCH** classiques, tout comme les précautions liées à l'utilisation de la fonction **Baro VNAV**.

Des exemples de publication de procédures Pins sont donnés en Annexe 7 – Exemple de procédures **PinS**.

I.7.1.8 **ADVANCED RNP (A-RNP):**

(À développer).

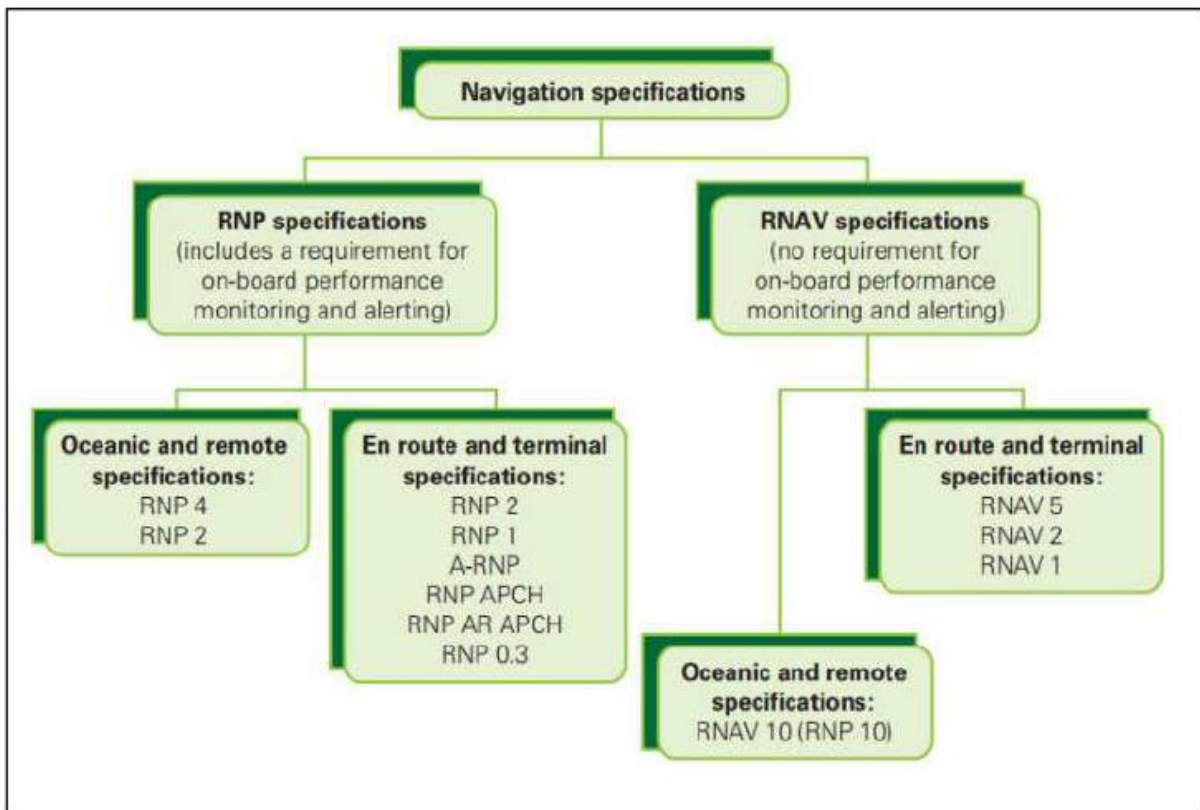


Figure I-5 : Organisme des spécifications de navigation

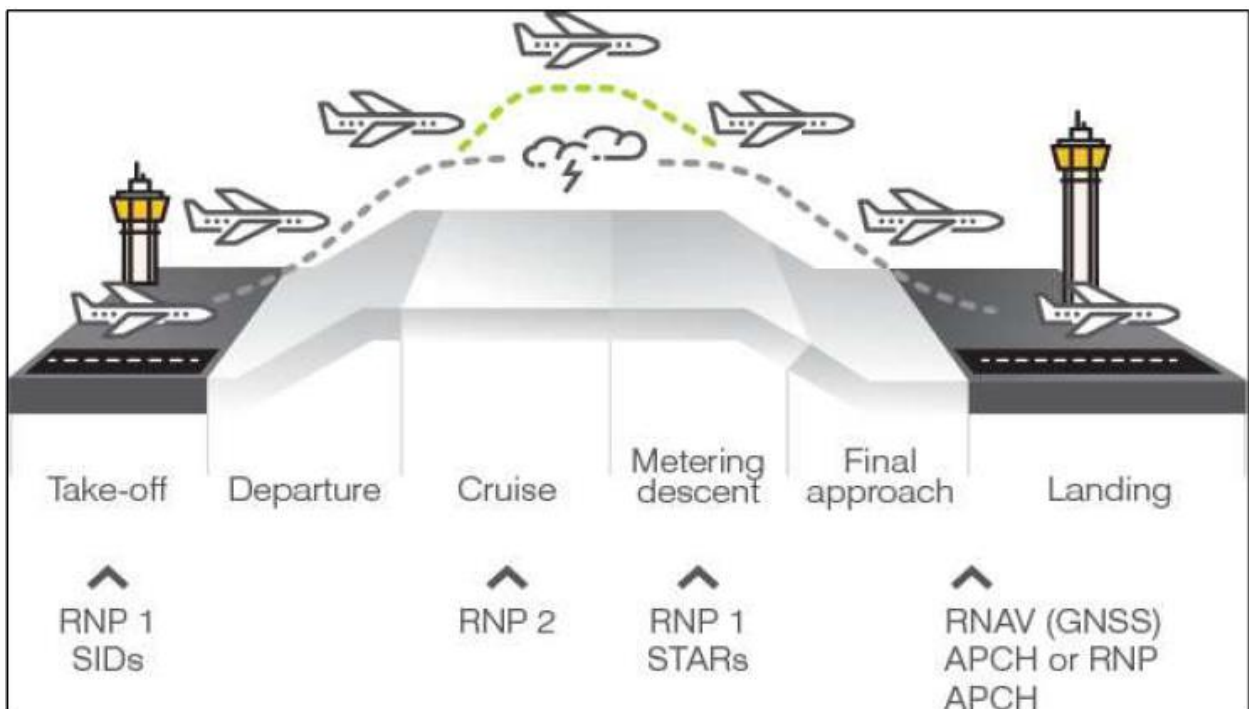


Figure I-6 : Les applications PBN dans les phases de vol

I.8 CONCLUSION

Comme le secteur de la navigation tend de plus en plus à utiliser des systèmes de navigation reposant sur une technologie de satellite **GPS**, la navigation fondée sur les performances (**PBN**) est en voie d'être la nouvelle manière de naviguer.

II- CHAPITRE 2 : PRINCIPES GENERAUX DE LA NAVIGATION DE SURFACE (RNAV)

II.1 PARTIE 1 : LE GNSS

II.1.1 INTRODUCTION

Dans le but de s'affranchir des méthodes de navigation conventionnels qui laissent à désirer en matière de précision et qui nécessitent l'installation de balises au sol souvent très coûteuses et n'atteignent pas le degré de performance souhaité, L'OACI a opté pour le système GNSS comme l'élément clé des systèmes CNS /ATM en se basant sur sa précision, couverture, intégrité, disponibilité et continuité.

Pour atteindre ces performances des systèmes de détection de dysfonctionnement et d'augmentation de précision ont été mis en œuvre.

Le GNSS englobe les systèmes ABAS, SBAS, GBAS.

II.1.2 GNSS, C'EST QUOI ?[7]

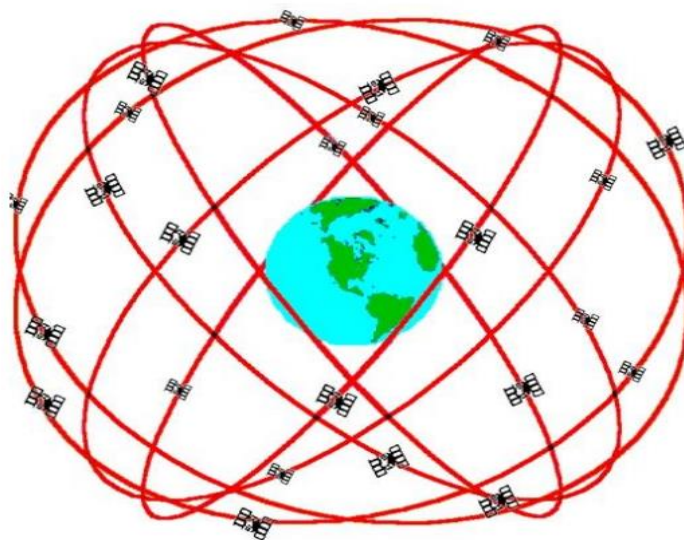


Figure II-1 : Principe du GNSS

GNSS est le nom générique des systèmes de navigation satellitaire fournissant une couverture globale de géo positionnement. L'objectif de ce système est de donner la géo localisation d'un mobile en tout lieu de globe et dans un référentiel global.

Les premiers acteurs d'un tel système sont les militaires américains (GPS : Global navigation system) suivi de très près par les russes (GLONASS : Global navigation satellite system).

Nous comptons aujourd'hui, des milliers de satellites en orbite autour de la terre, parmi eux nous citons les satellites de la constellation GPS (Usa), GLONASS (Russe), GALILEO(Europe), BEIDOU (chinois).

Le principe du fonctionnement repose sur l'intersection des signaux électromagnétiques émis par les satellites.

L'utilisateur capte les signaux satellitaires définissant des segments satellites-usagers dont l'intersection géométrique permet la localisation.

La précision des récepteurs est au mieux métrique, on a recours à des calculs et des stratégies diverses pour améliorer cette précision.

II.1.2.1 LES TROIS SEGMENTS DU SYSTEME GNSS.

Tout système basé sur les satellites est structuré en 3 composantes.

- Segment spatial :

Il est constitué d'une constellation de satellites émettant des signaux radios aux utilisateurs.

La configuration des trajectoires des satellites permet de capter des signaux d'au moins quatre satellites n'importe où à la surface du globe et à tout moment. Les satellites sont équipés d'une horloge atomique et émettent en permanence sur deux fréquences L1(1575.15MHZ),L2(1227.60 MHZ)

- Segment contrôle :

Il s'agit d'un réseau global de stations au sol, qui suivent les satellites de la constellation, vérifient leurs transmissions, réalisent des analyses et leur envoient des commandes et des données (resynchronisation des horloges, rectification des orbites)

- Segment utilisateur :

C'est l'utilisateur et son matériel de réception qui reçoit les signaux et récupère les données de chaque satellite. Le récepteur calcule la géolocalisation.

II.1.3 PRINCIPE DE LA GEOLOCALISATION.[7]

Les constellations opérationnelles nominales **GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU** se composent de plusieurs dizaines de satellites qui évoluent à une altitude près de 20000 KM suivant des orbites réparties de manière à couvrir tous les continents.

Ces satellites possèdent des horloges atomiques qui fournissent une datation extrêmement précise. L'information de temps est placée dans les codes diffusés par les satellites. Le récepteur détermine alors en permanence l'heure à laquelle le signal a été diffusé.

Le récepteur **GNSS** utilise la différence de temps entre l'heure d'émission et de réception du signal, pour déterminer la distance entre le satellite et le récepteur. Le récepteur multiplie le temps du parcours par la vitesse de la lumière pour avoir la distance récepteur/satellite.

Ainsi le mobile **GNSS** capte les signaux d'au moins quatre satellites qui lui permettent de situer précisément n'importe quel point placé en visibilité des satellites en employant la méthode de trilatération, trois satellites déterminent la latitude, longitude et l'altitude tandis que le quatrième synchronise l'horloge interne du récepteur, en effet les récepteurs ne disposent que d'horloges sommaires qui n'ont pas la même précision que les horloges atomiques donc il en résulte une désynchronisation qu'il convient de résoudre à l'aide d'un quatrième satellite.

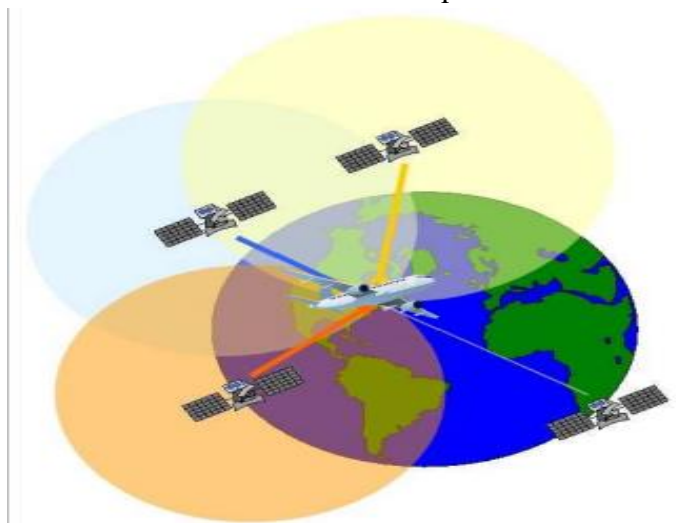


Figure II-2 : Principe de la géolocalisation

II.1.3.1 SYSTEME GEODESIQUE DE REFERENCE : WGS 84.

Les coordonnées **X,Y,Z** sont converties par défaut par le récepteur dans un référentiel global largement utilisé sur terre, le **WGS84** associé au **GPS**, les coordonnées géographiques ainsi converties sont mieux connues sous les termes ,longitudes ,latitude et altitude. la plus part des récepteurs peuvent également convertir les coordonnées vers d'autres référentiels comme le **RGF93**, le système géodésique officiel français.

II.1.3.2 SOURCES D'ERREURS [9]

Les systèmes satellitaires peuvent être sujettes de plusieurs dérives entraînant des erreurs.

- Synchronisation des horloges :

Bien que les horloges atomiques sont très précises et que des stations de contrôles au sol surveillent leurs synchronisation, elles peuvent être sujette à des dérives et entraîner des erreurs affectant la précision de la position (1ns=30cm). l'horloge de réception n'a pas la même précision que celles des stellites, ce problème est résolu s'il y a suffisamment de récepteur (un quatrième satellite).

- Troposphère et ionosphère :

Les ondes ont des vitesses variables selon les milieux qu'elles traversent .émis par les satellites auront à traverser des couches plus ou moins humides et d'autres plus ou moins ionisées. la présence d'humidité et la modification de pression dans la troposphère modifient la vitesse et la direction de propagation des ondes, certains récepteurs intègrent des modèles de corrections.

Une autre couche traversée par les signaux : l'ionosphère. Cette couche ionisée par le rayonnement solaire va modifier la vitesse de propagation des ondes .la plus part des récepteurs intègrent la aussi de modèles de correction.

- Géométrie de distribution des satellites dans l'espace :dillution of precision (**DOP**) :

Plus les satellites visibles au-dessus de l'utilisateur, sont repartis régulièrement sur une large étendue, plus la précision n'est bonne. Les distances utilisés pour le calcul doivent en quelques sorte être les plus hétérogènes possible afin d'échantillonner au mieux l'espace au-dessus du récepteur .la précision attendue est d'autant plus importante que le **DOP** est petit.

II.1.4 SYSTEMES D'AUGMENTATIONS GNSS [4]

Les systèmes **GNSS** actuels permettent d'obtenir un niveau de précision à l'ordre du mètre, mais ils ne permettent de garantir la précision de la position calculée. Par exemple si le récepteur calcule une position à partir d'un satellite défectueux, la position calculée peut alors dévier de plusieurs KM de la position réel.

Le but d'un système d'augmentation est donc de garantir la précision de l'information et non de l'augmenter (même si, cela fait aussi parti de ses avantages).

Il existe actuellement trois moyens de parvenir à ce but :

- le système **ABAS**
- le système **SBAS**
- le système **GBAS**

Ces systèmes permettent de réaliser des approches basés sur le **GNSS**, plus flexible que les approches conventionnelles actuelles avec un niveau de fiabilité supérieur .

II.1.4.1 AIRBORN BASED AUGMENTATION SYSTEME

Le système **ABAS** signifiant le système d'augmentation aérien, désigne la méthode par laquelle, le **GNSS** lui-même vérifie l'intégrité des données qu'il reçoit.

Le système **ABAS** le plus répandu est appelé **RAIM** (Receptor Autonomous Integrity Monitoring) pour surveillance autonome de l'intégrité par le récepteur. C'est un algorithme qui est inclut dans le

récepteur **GNSS**. C'est une fonction qui est totalement autonome du récepteur, la contrepartie c'est qu'elle n'améliore pas du tout la précision de la localisation.
Il y'a également **AAIM** pour contrôle autonome de l'intégrité par le l'aéronef

Tableau II-1 : Différences entre AAIM et RAIM

RAIM	AAIM
Contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur.	Contrôle autonome d'intégrité par l'aéronef
Récepteur GNSS autonome Système Multi capteurs	Système multi capteurs
Basé sur la redondance et la géométrie des satellites GPS	Basé sur la combinaison du signal GNSS avec autres capteurs

Le principe est de comparer les informations reçu par les différents satellites afin de détecter si l'un d'eux envoie des informations erronés.

Il y a deux niveaux de protection de l'intégrité.

Avec 5 satellites, la **RAIM** permet de détecter qu'il y'a une erreur dans un des signaux reçu mais pas assez d'éléments pour déterminer quel satellite est en cause, néanmoins on peut avertir le pilote qu'il y'a un problème de précision. Cette fonction est appelée **FD**(Fault détection).

Avec 6 satellites. Le récepteur est capable de détecter quel satellite est défectueux et donc de l'exclure du calcul de position. L'intégrité de la position est assurée,cette fonction est appelé **FDE**(Fault,Detection ,Exclusion) pour détecter l'erreur et l'exclusion.

Pour récapituler.

Tableau II-2 : Fonction permise par rapport au nombre de satellites

Nombre de satellites	Fonction Permise
3	Position 2D
4	Position 3D
5	FD
6	FDE

La fonction **RAIM** permet d'effectuer des approches **GPS** avec minimas **LNAV** ou **LNAV /VNAV**.

II.1.4.2 SPACEBASED AUGMENTATION SYSTEM.

Le système **SBAS**, pour système d'augmentation spatial, permet non seulement de garantir l'intégrité de l'information mais permet aussi d'augmenter légèrement sa précision en s'appuyant sur des informations en provenance des satellites géostationnaires, qui sont donc toujours visible pour un récepteur a un endroit donné.

C'est un système à l'échelle d'un pays voir d'un continent, de ce fait il était anciennement nommé **WAAS** (Wide area augmentation system) pour système d'augmentation a grande étendue. Maintenant **WAAS** désigne le système **SBAS** propre à l'Amérique du nord. Chaque système **SBAS** appartenant à une région du monde a un nom qui lui est propre, comme **EGNOS** en Europe ou **MSAS** au japon.

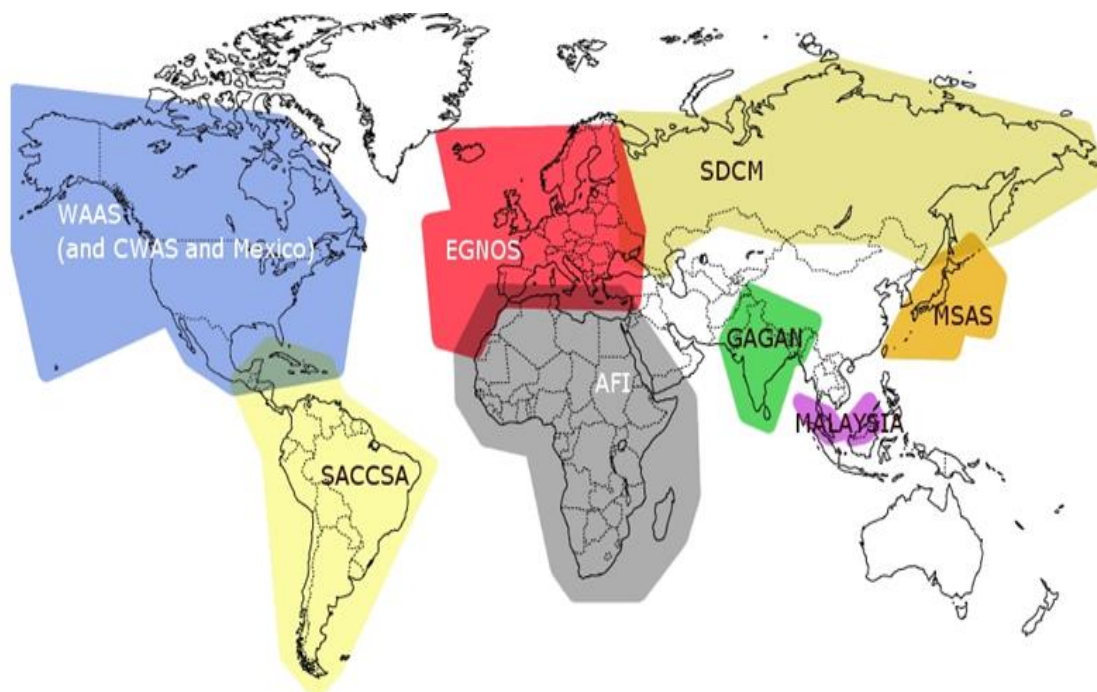


Figure II-3 : Couverture de SBAS

SBAS se réfère donc à la technologie employée et **EGNOS**, **WAAS**, **MSAS** sont les noms donnés aux implantations de cette technologie dans différentes parties du monde, chacune employant ses propres satellites géostationnaires.

Le système en lui-même repose sur des installations au sol qui reçoivent des signaux des satellites GNSS, or ces satellites connaissent parfaitement leurs positions sur la terre grâce à diverses méthodes de calculs, elles arrivent à déduire les erreurs qui entachent des informations des satellites : erreurs d'horloges, de propagation, ou tout simplement détecter un satellite défectueux. Ces informations sont transmises à une station de contrôle centralisée qui en déduit un message de correction pour chaque satellite. Ce message est transmis aux satellites géostationnaires qui diffusent alors les messages à tous les récepteurs de la zone de couverture.

II.1.4.3 GROUNDBASED AUGMENTATION SYSTEME :

Le **GBAS** requiert une installation au sol, sur un aéroport par exemple pour délivrer des approches de catégorie 1 sur cet aéroport.

La connaissance exacte de sa position permet à la station d'évaluer l'erreur de mesure pour chaque satellite en visibilité.

Dans un rayon d'une vingtaine de nautiques autour de la station, cette dernière transmet aux utilisateurs les corrections nécessaires afin d'améliorer la précision de leur position.

II.1.5 EQUIPEMENT DE BORD :

Les systèmes de navigation incluant un récepteur se distinguent en deux composantes .

✓ Les systèmes **GNSS** autonomes (stand alone) sont des systèmes qui affichent une information de navigation ou de guidage indépendamment des autres équipements de l'aéronef, uniquement basé sur les données fournies par le récepteur **GNSS**

✓ Les systèmes multi senseurs ou multi capteurs utilisés par les systèmes de navigation qui utilisent plusieurs capteurs dont éventuellement le récepteur **GNSS**.

Les informations utilisées par celui-ci peuvent être combinées avec d'autres informations provenant d'autres capteurs (**INS, VOR, DME**)

Pour élaborer des procédures **RNAV**, les systèmes multi senseurs doivent être dotés d'un récepteur **GNSS**.

II.1.6 CRITERES DE PERFORMANCES DE NAVIGATION :

Les systèmes de navigation sont caractérisés en matière de performance par les applications souhaitées telles qu'elles sont définies dans l'annexe 10 de l'**OACI**, notamment, les critères de précision, intégrité, disponibilité et continuité de services à respecter pour le vol envisagé dans le cadre d'un concept particulier d'espace aérien.

✓ Précision : L'erreur de position du **GNSS** est l'écart entre la position estimée et la position réelle en tout point, la probabilité que cet écart soit inférieur ou égal à la spécification de précision doit être d'au moins 95%

✓ Intégrité : L'intégrité est la mesure du niveau de confiance dans l'exactitude des informations fournies par l'ensemble du système. Elle peut être définie comme l'aptitude d'un système à fournir au moment voulu de l'avertissement valable pour l'utilisateur (les alarmes) quand ce système ne doit pas être utilisé pour une opération ou (phase de vol) donnée

✓ Disponibilité : La disponibilité du **GNSS** se caractérise par l'intervalle durant lequel, le système doit être utilisé par la navigation et au cours duquel des données de navigation fiables sont présentes.

✓ Continuité de service : la continuité du service d'un système est son aptitude à remplir sa fonction sans interruptions non prévus pendant l'opération envisagée.

✓ Couverture : un système peut avoir une couverture soit une couverture globale ou régionale et peut être indispensable pendant des périodes plus ou moins longues ou avoir des manques de satellite.

II.1.7 CONCLUSION

La navigation en se basant sur des moyens satellitaires est en plein essor.

Pour l'**OACI**, le **GNSS** et ses systèmes d'augmentations ont été mis en œuvre pour compléter voire remplacer les moyens de navigation tels que le **VOR, NDB, ILS...**

II.2 PARTIE 2 : LA NAVIGATION DE SURFACE RNAV

II.2.1 INTRODUCTION

Comme nous l'avons vu plus haut, le vol aux instruments était basé jusqu'alors sur les stations au sol, appelées communément moyens conventionnels. Le **RNAV** permet de naviguer vers n'importe quel point sans utiliser les balises au sol. Ces points, qu'ils soient virtuels ou correspondent à des balises réelles sont des points de passage : les **WAYPOINTS**. Officialisés en 1998

II.2.2 PRINCIPE DE LA NAVIGATION DE SURFACE (RNAV)[4]

La **RNAV** est une méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire dans les limites de la couverture des aides de navigation de référence ou dans les limites de possibilité d'une aide autonome ou d'une combinaison des deux.

La position est estimée à partir de capteur (ou senseurs) **GNSS**, **DME/DME** ou **VOR/DME**

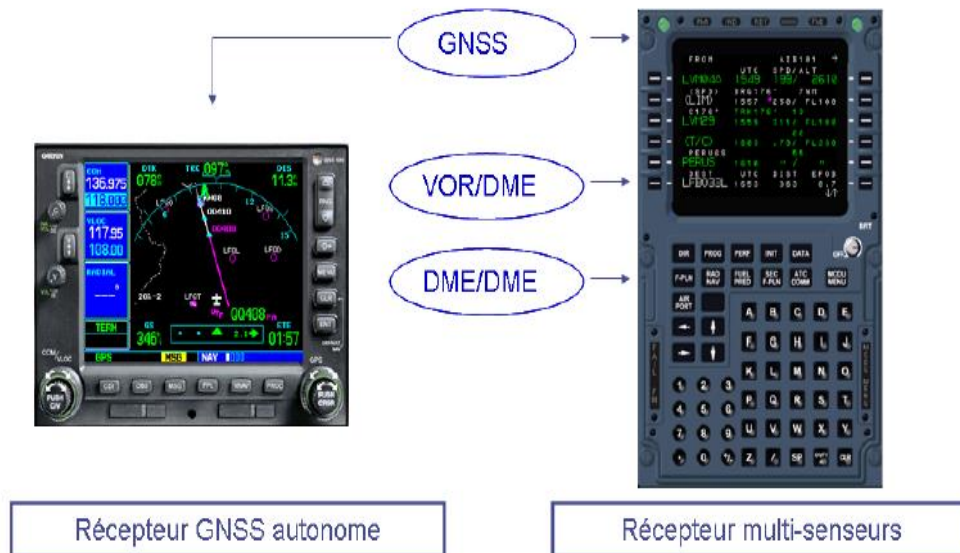


Figure II-4 : Intégration bord, senseurs de navigation.

- Intégration de bord et senseurs de navigation

La navigation est réalisée à partir de la base de donnée ou toutes les trajectoires **RNAV** y sont codées

- Le système **RNAV** :

- Identifie le prochain **waypoint** (point de cheminement)
- Sélectionne la source de navigation la plus appropriée pour calculer sa position

La fonction < Navigation > du calculateur fournit les données qui comprennent : la position de l'avion , la vitesse angle de route

Ces données sont affichés sont affichés sur le navigation display (**ND**) et /ou sur l'indicateur d'écart (**CDI**) et peuvent être données au directeur de vol (**FD**) ou alimenter l'auto pilot.

Une trajectoire **RNAV** peut être suivie manuellement.

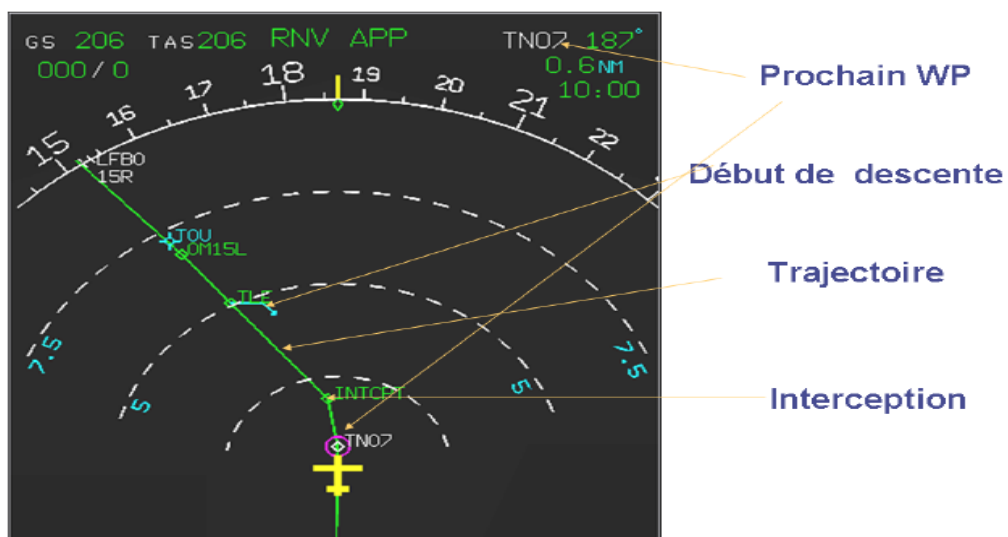


Figure II-5 : Trajectoire RNAV

II.2.2.1 LES BENEFICES DU SYSTEME RNAV [4]

Les bénéfices du système sont multiples :

- Coûts réduits (moins d'infrastructures à entretenir, déplacer ou installer)
- Flexibilité d'adaptation des procédures (pour changer une trajectoire publiée ou des).
- Précision de la position facilitant la régulation du trafic.
- Economies d'exploitation et gain de temps en volant des trajectoires plus directes.
- Des approches aux instruments autrefois irréalisables avec les moyens conventionnelles (sur un aéroport entouré de relief par exemple).

II.2.2.2 TRAJECTOIRES RNAV [4]

La navigation **RNAV** s'effectue par cheminement de waypoint en waypoint, qui sont définis pour indiquer :

- Les points significatifs de la procédure (**IAF, IF..**)
- Les points tournant
- Les contraintes d'altitudes et de vitesses
- Les points de rapport (**ATC**)

La longueur des segments doit être suffisante pour permettre à l'aéronef :

- De se stabiliser après un virage
- d'attendre la contrainte (altitude ou vitesse) au niveau du waypoint

- Waypoint
Il y a deux types de waypoints pour deux trajectoires différentes

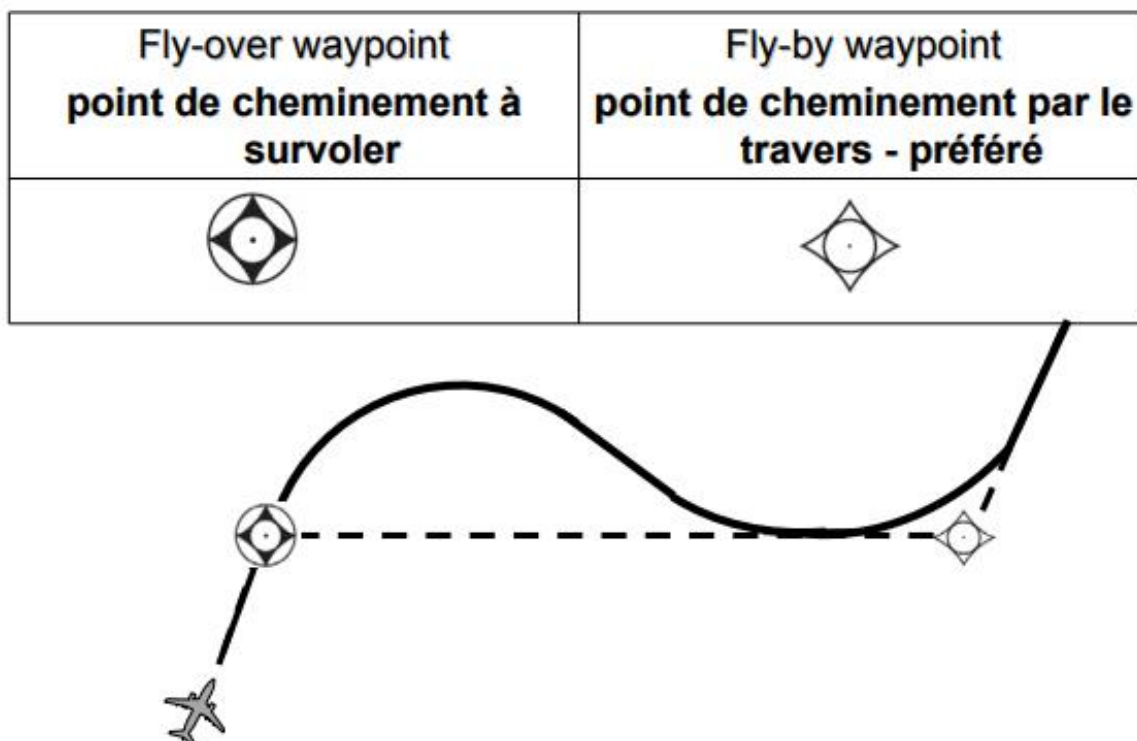


Figure II-6 : Types de waypoint

- **Tolérance d'un waypoint**

Comme nous l'avons vu plus haut, 3 critères définissent la performance qui sont la précision (TSE : l'erreur total du système), intégrité (avoir confiance dans l'information) et la continuité.

La tolérance d'un repère représente les positions des aéronefs avec une probabilité acceptable lorsqu'ils sont à la verticale du repère.

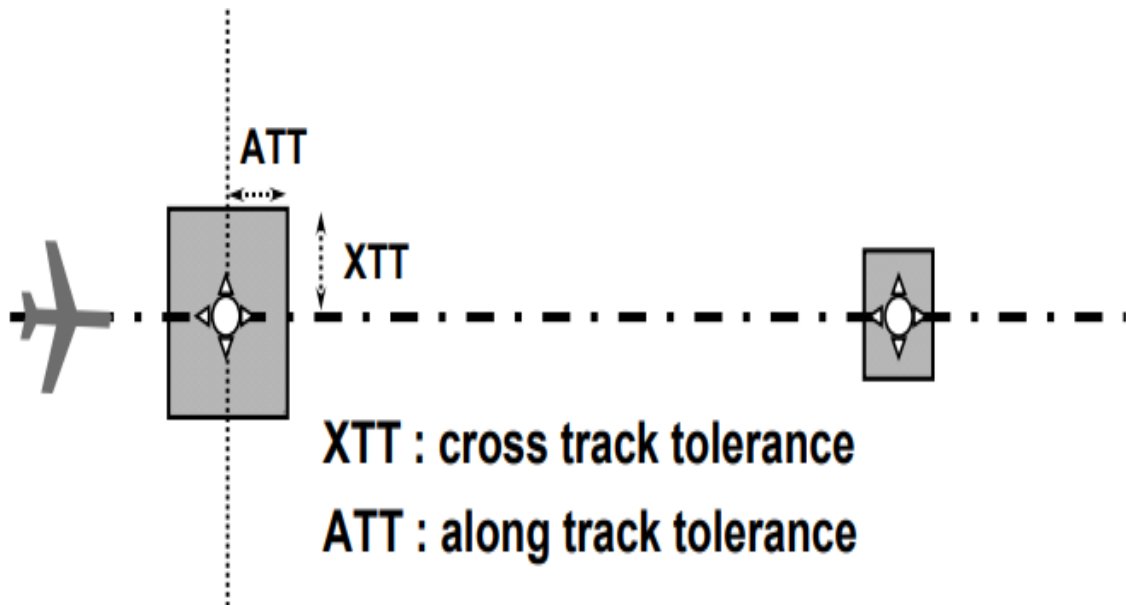


Figure II-7 : Tolérance d'un waypoint

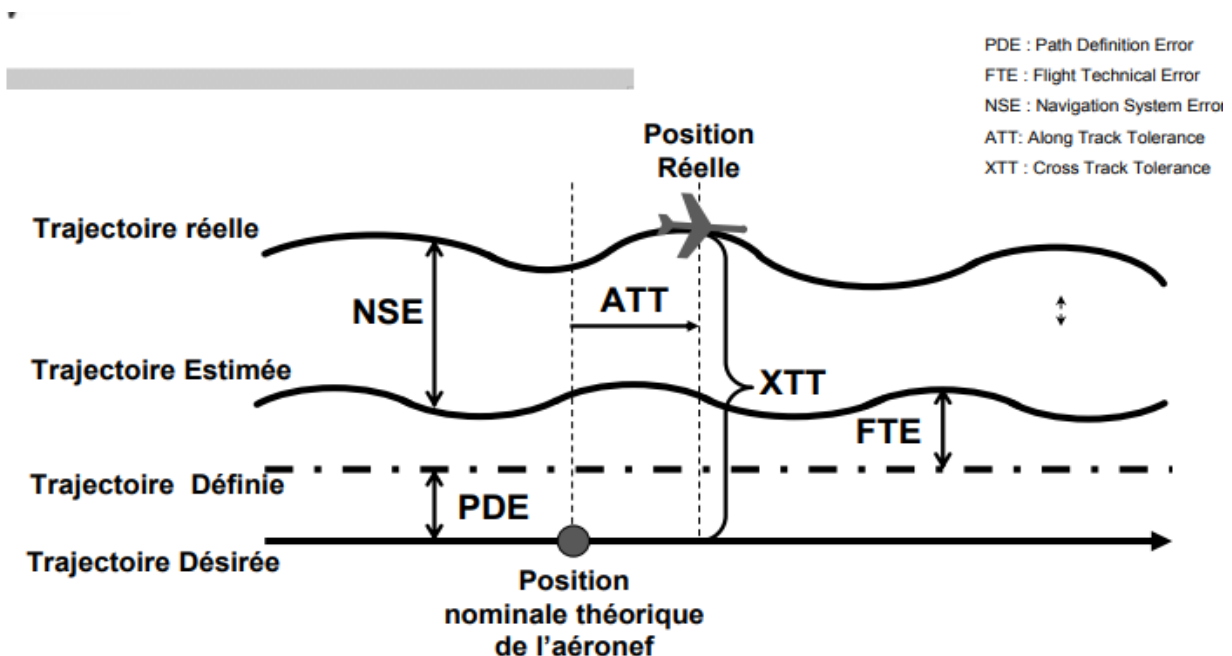


Figure II-8 : Trajectoire de l'aéronef.

II.2.3 APPROCHE RNAV (GNSS) :[10]

Une approche **RNAV (GNSS)** est une procédure publiée d'approche aux instruments qui permet de s'affranchir des moyens de radionavigation au sol (**LOC, Glide, VOR, NDB** et **DME**). Intérêt: Suppression à moyen ou à plus long terme des balises au sol avec réduction des coûts de maintenance associés.

Pour les approches **RNAV(GNSS)**, le **GNSS** (Global Navigation Satellite System) repose sur :

- Une constellation de base.
- un système de renforcement (ABAS, SBAS, ou GBAS)

On peut citer quatre types d'approches :

II.2.3.1 APPROCHE NPA RNAV

C'est une approche de non-précision (**NPA=Non-Precision Approach**) avec système de renforcement **ABAS** (Air borne Based Augmentation System). L'**ABAS** est un système d'intégrité interne au système de navigation de bord qui permet notamment de vérifier l'état des signaux reçus de la constellation satellitaire.

- Pas de guidage vertical.
- La case "**LNAV**" sur les cartes est associée à cette approche. Puisqu'il s'agit d'une approche de non précision,
- Il est défini un **FAF** (Final Approach Fix, début de l'approche finale), une **MDA** (Minimum Descent Altitude) et un **MAPt** (Missed Approach Point).
- La **MDH** (Minimum Descent Height) ne peut pas être inférieure à 300 pieds.

II.2.3.2 APPROCHE APV BARO VNAV

Les approches avec guidage vertical (**APV = Approach Procedure with Vertical guidance**) sont des approches intermédiaires entre les approches de précision et les approches de non-précision.

L'approche **APV Baro VNAV** :

- Fournit un guidage latéral identique à l'approche **NPA RNAV**
- Rajoute un guidage vertical: la trajectoire **VNAV** est codée dans le système de navigation de l'avion et la source de mesure verticale est barométrique (altimètre).
- La case "**LNAV/VNAV**" sur les cartes est associée à cette approche.
- Il est défini un **FAP** (Final Approach Point, début d'approche finale) et une **DA** (Decision Altitude)
- La **DH** (Decision Height) ne peut pas être inférieure à 250 pieds.

Attention aux erreurs atmosphériques associées aux températures : Altitude vraie/Altitude barométrique.

II.2.3.3 APPROCHE APV SBAS

Il s'agit aussi d'une approche avec guidage vertical (**APV**).

Par contre le guidage vertical n'est pas barométrique mais géométrique.

Le système de renforcement **SBAS** (Satellite Based Augmentation System) permet d'augmenter la précision et d'améliorer la disponibilité.

En Europe le système de renforcement satellitaire est **EGNOS** (European Geostationary Navigation Overlay Service).

En Amérique du Nord un autre système de renforcement satellitaire est utilisé : le **WAAS** (Wide Area Augmentation System).

L'approche **APV SBAS** :

- Fournit un guidage latéral identique à l'approche **NPA RNAV**.
- Fournit un guidage vertical
- La case "**LPV**" sur les cartes est associée à cette approche.
- Il est défini un **FAP** (Final Approach Point, début de l'approche finale) et une **DA** (Decision Altitude).
- La DH (Decision Height) ne peut pas être inférieure à 200 pieds.

II.2.3.4 APPROCHE PA RNAV

C'est une approche de précision (**PA** = Precision Approach) avec système de renforcement **GBAS** (Ground Based Augmentation System).

Le **GBAS** est un système de renforcement local (implanté sur un aéroport), et qui peut être utilisé pour plusieurs pistes. Une station **GBAS** est installée à Toulouse, aucune approche n'est encore publiée à ce jour.

Le **GBAS** devrait permettre des approches de précision catégorie I, II et III (similaires aux approches **ILS** de catégorie I, II et III) .

L'approche **PA RNAV** :

- Fournit un guidage latéral identique à l'approche **NPA RNAV**.
- Fournit un guidage vertical
- La case "**GLS**" sur les cartes sera associée à cette approche
- Il sera défini un **FAP** (Final Approach Point, début de l'approche finale) et une **DA** (Decision Altitude)
- La DH (Decision Height) en CAT I ne peut pas être inférieure à 200 pieds.

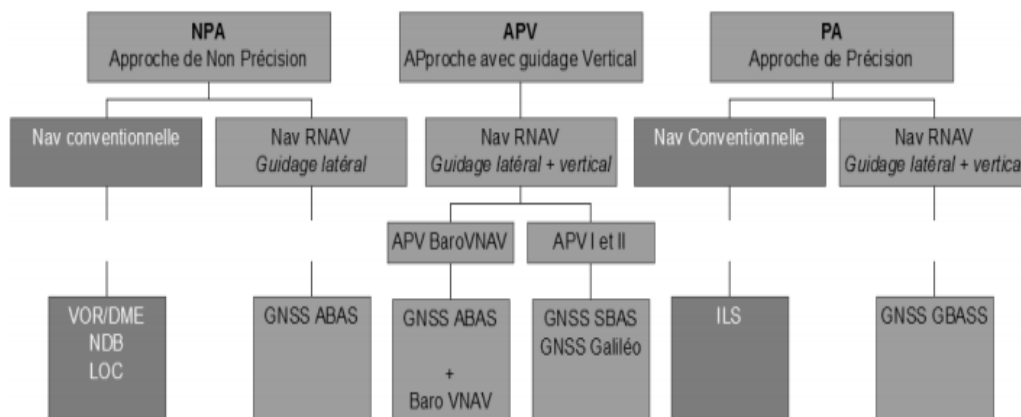


Figure II-9 : Types d'approches

II.3 CONCLUSION

La navigation de surface (**RNAV**) est une méthode de navigation qui permet de fluidifier le trafic et d'optimiser les routes .ce système a été popularisé avec le développement des systèmes de navigation par satellites.

III- CHAPITRE 3 : INFRASTRUCTURES ET SCHEMA DE CIRCULATION AERIENNE DE L'AERODROME D'ANNABA

III.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, Nous allons faire une description de l'aérodrome d'Annaba, en procédant par présenter ses infrastructures, définir son espace aérien et faire l'étude des procédures existantes dans le but d'étudier l'existant et d'en déduire ses contraintes.

III.2 INFRASTRUCTURES AEROPORTUAIRE [2]

III.2.1 DESCRIPTION DE L'AERODROME D'ANNABA

III.2.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

L'aérodrome (Rabah bitat) d'Annaba est un aéroport international qui se situe a 9km au sud de la ville d'Annaba et qui dessert la ville d'Annaba et sa région (Annaba, Skikda ,souk haras ,Guelma ,El Tarf).Son indicateur d'emplacement **OACI** est sous le code **DABB**. Son point de référence se trouve à l'intersection des **RWY** (pistes) qui a pour coordonnées 36°49'20'' nord en latitude et de 007°48'34'' en longitude ,son altitude topographique par rapport au niveau de la Mer est de 5 mètres ,sa température de référence est de 31°C et sa déclinaison magnétique est 2° E relèvement fait en 2017 .

III.2.1.2 INFRASTRUCTURES

L'aérodrome d'Annaba possède 2 pistes :

- ✓ RWY 05/23 : a un revêtement en béton bitumineux et une résistance de chaussé 46F/D/W/T pour 2290 m de longueur et 45 m de largeur.
- ✓ RWY 36/18 : à un revêtement en asphalte et une résistance de chaussé 46F/D/W/T.
- ✓ 8 voies de circulation (D,D1,D2 ,R,J,A,C,E) de 25 mètres de largeur sauf TWY 'C' qui a une largeur de 17m ,avec un revêtement en béton bitumineux et une résistance de chaussé PCN 63F/D/W/T et PCN 108 R/C/W/T pour TWY 'E'.

III.2.1.3 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES PISTES

Tableau III-1 : Caractéristiques physiques de piste

Numéro de piste	Revêtement		Dimension des RWY (m)	Résistance (PCN) et revêtement des RWY et SWY	Coordonnées Du seuil	Altitude du seuil et altitude du point le plus élevé de la TDZ de la piste de précision	
	Vrai	Mag				THR	TDZ
1	2		3	4	5	6	
05	052°	051°	2290x45	46/F/D/X/T Béton bitumineux	36°49'14.20''N 007°48'24.04'' E	4M	
23	232°	231°			36°50'00.08''N 007°49'36.72'' E	2M	
01	006°	005°	3000*45	65 F/D/W/T Asphalte	36°49'09.02''N 007°48'32.01'' E	5M	
19	186°	185°			36°50'42.41''N 007°48'46.07'' E	2M	4M
Pente de RWY-SWY		Dimensions SWY (m)	Dimension CWY (m)	Dimensions de la bande (m)		Zone dégagée d'obstacle	Observation
7		8	9	10		11	12
-0.09%		-					
+0.09%		40		2390*300			
-0.01%		-					THR01 décalé de 100M
+0.01%		-		3120*300			

III.2.1.4 DISTANCES DECLAREES DES PISTES .

Tableau III-2 : Les distances déclarées des pistes.

Désignation de la piste	TORA(m)	TODA(m)	ASDA(m)	LDA(m)	Observation
1	2	3	4	5	6
05	2290	2290	2290	2290	NEANT
23	2290	2290	2330	2290	NEANT
01	3000	3000	3000	2900	NEANT
19	3000	3000	3000	3000	NEANT

III.2.1.5 DISPOSITIF LUMINEUX D'APPROCHE ET BALISAGE LUMINEUX DE PISTE.

Tableau III-3 : Les dispositifs lumineux d'approche et balisage lumineux de piste.

ID RWY	APCH	THR Couleur	Papi/vasis	ME HT	TDZ Longueur	FEU D'AXE DE PISTE			
						Longueur	Espacement	couleur	intensité
05	-	vert	-	-	-	-	-	-	-
23	-	vert	-	-	-	-	-	-	-
01	-	vert	PAPI 3.00°	-	-	-	-	-	-
19	-	vert	PAPI 3.00°	-	-	-	-	-	-
ID RWY	Feux de bord de piste				Feu d'extrémité de piste et WBAR	Feu SWY		1	
	longeur	Espacement	Couleur	Intensité	Couleur	longeur	couleur		
05	2290 M	60M	BLANC	LIL	ROUGE	-	-		
23					ROUGE	40M	Rouge		
01	3000 M	30M	BLANC	LIL	ROUGE	-	-		
19					ROUGE	-	-		
(1) Observation : Néant.									

III.2.1.6 AIDES DE RADIONAVIGATION ET D'ATTERISSAGE :

Tableau III-4 : Les Dispositifs lumineux d'approche et balisage lumineux de piste

Type d'aide CAT d'ILS/MLS (pour VOR/ILS/MLS Indiquer déclinaison)	Identification	Fréquence	Heures De fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Altitude de l'antenne d'émission	Observation
1	2	3	4	5	6	7
VOR/DME (1°E 2005)	ANB	113.5 Mhz (CH 82X)	H24	36°49'56.80''N 007°48'52.50''E		
DME	AN	CH 34X	H24	36°48'58''N 007°48'33''E		
LLZ19/ILS CAT II (1°E 2005)	AN	109.7Mhz	H24	36°48'59.43''N 007°48'30.57''E		
GP		333.2Mhz	H24	36°50'32.78''N 007°48'40.33''E		
L	BO	392Khz	H24	36°49'04.72''N 007°48'08.79''E		

III.2.1.7 INSTALLATION DE LA TELECOMMUNICATION DES SERVICES DE LA CIRCULATION AERIENNE.

Tableau III-5 : Les installations de télécommunication des services de la circulation aérienne

Désignation du service	Indicatif d'appel	Fréquences	Heures de fonctionnement	Observations
1	2	3	4	5
TWR	ANNABA TOUR	118.7Mhz-119.7Mhz(s)	H24	Néant
APP	ANNABA APP	119.0Mhz-119.7Mhz(s)	H24	Néant

III.2.1.7.1 SERVICE DE SAUVETAGE ET DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

- Catégorie de l'aérodrome pour la lutte contre l'incendie : CAT8
- Equipement de sauvetage : CAT 8.

III.3 SCHEMA DE CIRCULATION AERIENNE

III.3.1 SECTEUR NORD –EST : CLASSIFICATION< D>

a. Limites du secteur

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

- **Limites latérales**

Ligne joignant les point (3900N 00800E-3656N00839E) puis, point d'intersection de la frontière Algéro/Tunisienne avec la cote méditerranée puis, la frontière Algéro/tunisienne jusqu'à son intersection avec le parallèle (3448N) ensuite (3448N 00500E-3900N 00800E)

- **Limites verticales**

450 m GND/MSL jusqu'à FL450 sauf dans les régions de contrôle d'Annaba et de Constantine.

b. Secteurs adjacents

Vers le nord : FIR de Marseille

Vers l'est : FIR de Tunis

Vers le sud : Secteur sud-est.

Vers l'ouest : TMA Alger

c. Aérodromes a l'intérieur du secteur nord-est

Il existe à l'intérieur de ce secteur 8 aérodromes : JIJEL, ANNABA, TEBESSA, CONSTANTINE, BATNA, BEJAIA et SETIF.

III.3.2 LES ROUTES AERIENNES RELIANT LE VOR/DME D'ANNABA :

Les axes des routes qui desservent l'aérodrome d'Annaba sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau III-6 : Les routes aériennes reliant le VOR/DME d'Annaba.

Indicatif de route Nom de points significatifs Coordonnées	Route MAG RDL VOR DIST (NM)
A/UA411 JIJEL DVOR/DME 364751.3N0055231.7 ANNABA VOR/DME 364956.80N 0074852.50E MORJA 365000N 0084000E	083°/263°39
	088°268°93
	089°269°41
UM134 PAGRE 374236N 0050000E ANNABA VOR/DME 364956.80N 0074852.50E	144
R/UR34 MOUET 390000N 0071952E Point d'entrée /sorti RVSM ANNABA VOR/DME 364956.80N 0074852.50E	169°/349°132
G/UG6 SALMA390000N 0064300E Point d'entrée /sorti RVSM ANNABA VOR/DME 364956.80N 0074852.50E DIMAO362418N 0082200 ^E Point d'entrée /sorti RVSM	158°/338° 140
	134°/314° 37
G/UG859 Constantine DVOR/DME 361735.75N 0063629.96E	240°/060° 67

III.3.3 LA ZONE DE MANŒUVRE TERMINAL (TMA)

La TMA de Annaba est déterminée dans le tableau suivant :

Tableau III-7 : Les coordonnées de la TMA Annaba

Nom Limites Latérales Limites verticales Classe d'espace aérien	Organe assurant le service	Indicatif Langues Région et conditions d'utilisation Heures de service	Fréquences et Objet	Observation
TMA ANNABA/EL Mellah -Portion de cercle de 15NM de rayon centré sur le point (364900N 0074800E) -Portion de cercle de 15NM de rayon centré sur le point (370008N 0080033E) -Les tangentes extérieures communes a ces deux cercles. FL 105 450M GND/MSL Classe de l'espace aérien D	ANNABA APPRO CHE	ANNABA APPROCHE (Fr.En) H24	119.0 Mhz-119.7 Mhz(s)	ALT.TRANSITION : 1500M

III.3.4 LES ZONES A STATUT PARTICULIER

Trois zones a statut particulier entourent la TMA de Annaba.

Tableau III-8 : Les coordonnées des zones a statut particulier

Identification, nom et limites latérales	Limites supérieures et Limites inférieures
DA-D86 ANNABA Deux arcs de cercles de rayon 60 et 90 KM centrés sur Le point : 364900N 0074800E délimités de part et d'autre par QDR 290° et 330°. Segments de droite Joignant les points A-C et B-D A : 370004.83N 0070955.56E B : 371703.41N 0072742.21E C : 370537.25N 0065051.26E D : 373105.12N 0071230.49E	FL 290 MSL
DA-D87 ANNABA Segments de droite formant un triangle joignant les points : A : 372147N 0075159E B : 374750.28N 0082153.78E C : 365750.75N 0083746.26E	FL 290 MSL
DA-D92 Segments de droite formant un polygone joignant les points : A : 370050N 0073147E B : 3705000N 0073700E C : 370900N 0072500E D : 370500N 0072100E	1000 FT MSL

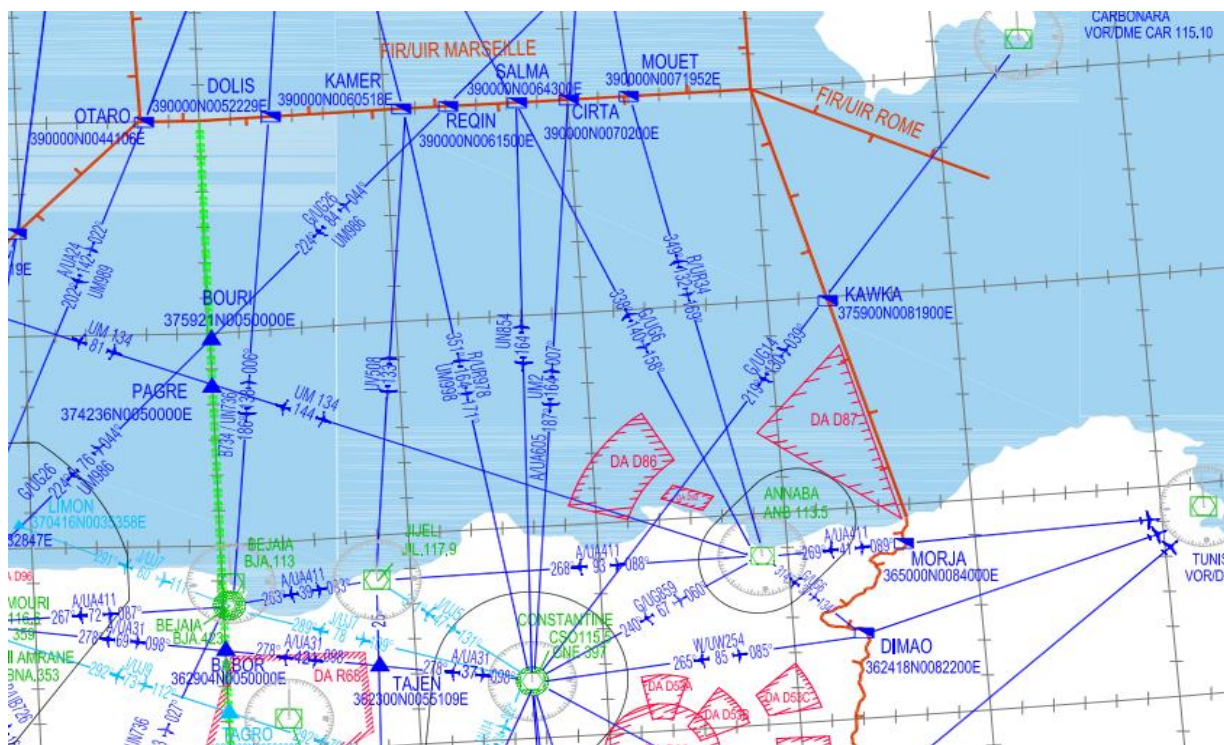


Figure III-1 : Présentation des zones a statut particulier sur la carte de croisière

L'aérodrome d'Annaba dispose de cinq procédures d'Approche aux instruments :

- Une procédure d'approche VOR RWY 18
- Une procédure d'approche VOR RWY23
- Une procédure d'approche VOR/DME RWY23
- Une procédure d'approche LOC RWY 18
- Une procédure d'approche VOR/DME-ILS/DME RWY 18

III.3.5 LA ZONE DE CONTROLE (CTR)

C'est un espace aérien contrôlé situé au-dessus d'une limite déterminée par rapport à la surface. La CTR d'Annaba est un cercle de 8 NM de rayon centré sur l'ARP allant du sol jusqu'à 450m. Pour la classification des espaces Aériens, l'aérodrome d'Annaba est classé dans la Catégorie D dont les conditions de contrôles sont :

Tableau III-9 :Les conditions de contrôle pour la classification de l'aérodrome d'Annaba

Espaces assurés par les services de la circulation aérienne	VFR spécial /IFR
Information du Trafic	IFR/VFR VFR/VFR
Statut du Vol	contrôlé
Nécessité de Clairances	oui
Obligation de Contact Radio	oui

✚ Cheminements VFR d'entrée, de sortie de la CTR

Pour les vols VFR ,il existe six point d'entrées et six points de sorties .

L'aéronef doit signaler sa position par rapport à l'un des points N1, W1,W2 ,S1 ,E1 ,E2.Se reporter en l'un des points B ou l'autorisation de rejoindre le circuit sera demandée. Ces points sont considérés comme points sorties-entrées de la CTR pour les VFR et doivent être survolés a une altitude de 300m .

VFR spéciaux : suivre les itinéraires indiqués ou sortir du circuit par W ou S.

A L'arrivée, attendre en B1 ou B3 l'autorisation du contrôle.

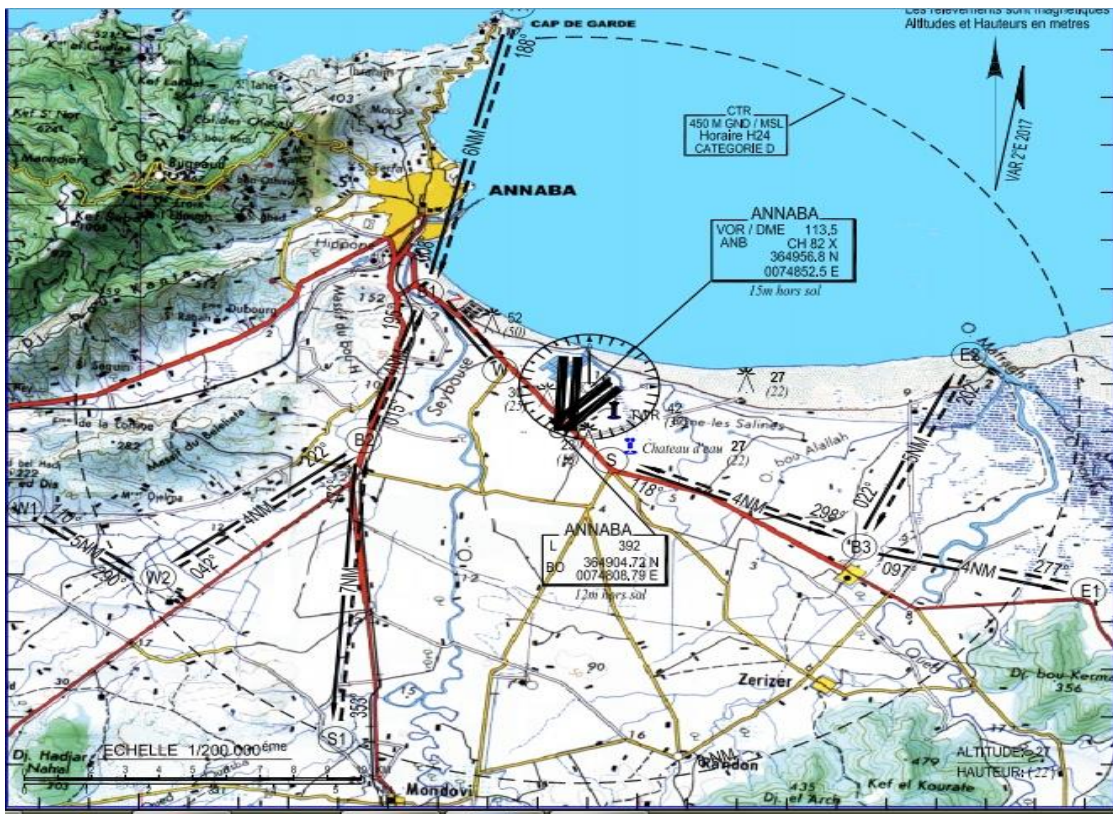


Figure III-2 : Cheminement VFR d'entrée,de sortie de la CTR

Dans l'espace aérien délégué à l'aérodrome d'Annaba sont fournis les services de contrôle, d'information et d'alerte.

✚ Les limites de l'aérodrome d'Annaba

Listes des aérodromes voisins ouverts à la circulation aérienne publique

- Aérodrome Constantine (DABC) 241°/66NM
- Aérodrome Tébessa (DABS)171°/82 NM
- Aérodrome Jijel (DAAJ)269°/93 NM
- Aérodrome Tabarka (DTKA)088°/42 NM

III.4 TYPE D'OBSTACLE DE L'AERODROME

Durant l'étude deux types d'obstacles ont été pris en considération.

III.4.1 OBSTACLES NATURELS

Les altitudes des obstacles massifs(relief naturels) sont retirés directement des cartes topographiques obtenue de l'institut national de cartographie et de télédétection(INCT) qui dispose d'une agence commercial de ventes des cartes topographiques et produits de la cartographie situé :Palais des expositions-Pins maritimes –Alger.

III.4.2 OBSTACLES ARTIFICIELLES [2]

Tableau III-10 : Les obstacles artificiels de l'aérodrome

Aire d'approche et de décollage				
1				
Piste ou aire concernée	Types d'obstacles Hauteur Marquage et balisage lumineux			Coordonnées
	Type d'obstacle	Hauteur (M)	Marquage et balisage lumineux	
a	b			c
RWY23	Antenne Locator	12	Balisé jour et nuit	364904.72N 0074808.79E 185° a 29
RWY18	Pylônes éclairage	10		
Aire de manœuvres a vue et aérodrome				Observation
2				3
Types d'obstacle, hauteur, Marquage et balisage lumineux			Coordonnées	
Type d'obstacle	Hauteur (M)	Marquage et balisage lumineux		Coordonnées
a				
TWR	37(ALT 42)	Non balisé		364922N 0074855E
Antenne GP	14(ALT19)	Balisé jour et nuit		365032.78N 0074840.33E
07 pylônes PRKG	18 (ALT 23)	Balisés jour et nuit		364912.20N 0074843.80E
				364910.90N 0074845.10E
				364909.50N 0074846.50E
				364908.70N 0074847.30E
				364907.50N 0074848.50E
				364902.40N 0074843.90E

MAT Radar	25	Balisé nuit	364928N 0074725E	
Antenne	50 (ALT 55)	Balisé jour et nuit	365120N 0074725E	
Antenne VOR/DME	09 (Alt 14)	Balisé jour et nuit	364956.80N 0074852.50E	
Château d'eau	22 (ALT 27)	Non balisé	364913N 0074852E	
Antenne	18 (ALT 23)	Balisé jour et nuit	364926.90N 0074858.8E	
Nouveau château d'eau	21(Alt 26)		364915N 0074854E	
Antenne	18 (Alt 23)	Balisé jour et nuit	364914N 0074849E	
06 pylônes PRKG	18 (ALT 21)	Balisés jour et nuit	364935.62N 0074922.44E	
			364934.05N 0074920.69E	
			364932.73N 0074918.90E	
			364931.44N 0074916.86E	
			364930.40N 0074915.19E	
			364929.30N 0074913.26 ^E	

III.5 LES STATISTIQUES DU TRAFIC

III.5.1 INTRODUCTION

L'étude de l'évolution des courants de trafic actuel se définit comme une étape importante pour l'élaboration de notre projet car ils influent sur les différents choix et mesure prise lors de la conception des procédures.

III.5.2 ANALYSE DES COURANTS DE TRAFICS AU COURS DE L'ANNEE 2019

Le but de cette analyse est de déterminer les flux principaux pour les arrivées et les départs et de l'identifier et cibler les zones de trafics denses.

Les tableaux suivants englobent les statistiques par route en provenances et à destination de l'aérodrome d'Annaba de l'année 2019.

- Les départs

Tableau III-11 : Flux de trafic (départ) de l'année 2019

mois	Statistiques des départs DABB						
	SALMA	JIL	MORJA	CSO	PEGRE	DIMAO	MOUET
01	61	127	17	24	0	1	0
02	59	108	11	24	0	0	0
03	66	162	25	28	0	0	1
04	65	152	15	23	0	0	0
05	47	116	17	15	1	0	0
06	72	146	20	19	0	0	0
07	85	172	23	26	0	2	0
08	95	162	22	27	0	0	0
09	95	156	13	23	0	0	0
10	67	89	9	21	0	0	2
11	65	142	16	25	0	0	0
12	68	167	20	27	0	0	0
%	22.8%	45.8%	5.6%	7.6%	0.02%	0.08%	0.08%

- Les arrivées

Tableau III-12 : Flux de trafic (arrivées) de l'année 2019

mois	Statistiques des arrivées vers DABB						
	SALMA	JIL	MORJA	CSO	PEGRE	DIMAO	MOUET
01	67	142	14	29	0	1	0
02	61	103	11	24	0	0	0
03	66	152	23	28	0	1	1
04	63	144	17	21	1	0	0
05	47	114	17	21	1	0	0
06	71	141	20	19	0	0	0
07	84	162	22	98	0	2	0
08	93	160	23	27	0	0	1
09	75	140	13	23	0	0	0
10	68	94	9	27	0	0	0
11	63	146	14	20	0	0	1
12	65	161	19	27	0	1	0
%	22.12%	44.6%	5.4%	9.8%	0.05%	0.10%	0.08%

III.5.3 INTERPRETATION

Nous constatons que les directions ‘ouest’ et ‘Nord’ sont les plus denses avec en moyenne 45% de **JIL**, ceci est particulièrement due à la liaison avec l'aéroport de la capital Alger, vient ensuite **SALMA** 22.12% qui représente la liaison entre l'est de l'Algérie et l'Europe

Le trafic de **CSO** occupe la 3 eme place compte tenu que cette dernière représente le passage vers le sud algérien.

Et dans la 4eme position c'est **MORJA** qui représente le point d'entrée et de sortie de la FIR ALGER coté EST.

Les autres axes sont suivis par un trafic très faible.

III.6 PROBLEMATIQUE

L'aéroport d'Annaba jouit d'une position géographique privilégiée lui procurant un trafic important. L'analyse de la situation actuelle de l'aérodrome et notamment de sa partie circulation aérienne montre que des améliorations devraient être envisagées afin d'augmenter la capacité de l'espace aérien et d'assurer la fluidité.

Les différents usagers de l'espace aérien tel que les pilotes et les contrôleurs sont confrontés à de nombreuses contraintes opérationnelles notamment :

- Le stack qui se trouve à la verticale de l'aérodrome, gêne l'évolution du trafic
- La présence des zones à statuts particuliers qui entourent la TMA notamment le chevauchement avec la zone DA D87 pénalise ainsi toute flexibilité de la circulation des aéronefs ce qui n'arrange pas la situation du trafic.
- Les contrôleurs aériens qui doivent à chaque fois assurer la séparation entre les départs et les arrivées.

III.7 CONCLUSION

Afin d'augmenter la capacité de l'espace aérien et d'assurer la fluidité et l'optimisation, nous proposons des solutions techniques qui sont des procédures en **PBN**

Nous avons vu dans ce chapitre une description détaillée de l'aérodrome d'Annaba ainsi que les statistiques de trafic permettant d'établir des scénarios pour les procédures d'approche, d'arrivées et de départ.

Il a été proposé ce qui suit :

- La conception des procédures **RNP APCH** piste 36 avec une attente à l'**IAF** situé sur la branche gauche (sud-ouest), l'**IF** et le **FAF** sont situés à 11 NM et 6NM du seuil
- L'élaboration des **STAR "RNAV 1" "RNAV5"**, pour le trafic venant du nord en reliant le point **SALMA** avec l'**IAF** via un autre point. Pour le trafic venant de l'est et du sud, on a jumelé deux arrivées en reliant les points **JIL** et **CSO** avec l'**IAF** via un nouveau point. Pour le trafic venant de l'est, on a jumelé les deux arrivées en reliant les points **MORJA** et **DIMAO** à l'**IAF** via un point intermédiaire.
- L'élaboration des **SID RNAV 1** piste 36 : les départs vers le nord seront dans l'axe jusqu'à l'interception d'un autre au point pour ensuite relier **SALMA**. Les départs vers l'est seront dans l'axe en interceptant un autre point après avoir parcouru une distance de 10NM pour ensuite relier **JIL**. Les départs vers l'est seront dans l'axe jusqu'à l'interception d'un nouveau point après avoir parcouru une distance de 1.8 NM et ensuite relier **MORJA** via un nouveau point.

IV- CHAPITRE 4 : REALISATION DES PROCEDURES PBN POUR L'AERODROME D'ANNABA

IV.1 CRITERES GENERAUX POUR LA CONCEPTION D'UNE PROCEDURE PBN [3]

IV.1.1INTRODUCTION

L'élaboration d'une procédure **PBN** nécessite la connaissance d'un ensemble de critères et paramètres de construction qui déterminent la méthode de conception en fonction du senseur utilisé (**GNSS ,VOR/DME ,DME/DME**) et de la phase de vol (Départ , Arrivée ,Approche)

IV.1.2DISTANCE MINIMAL DE STABILISATION :

Une distance minimale de stabilisation est une distance entre deux points de cheminement, c'est la distance entre le point de cheminement et le point ou la trajectoire rejoint tangentiellement la trajectoire nominale.

La distance minimale de stabilisation (**MSD**) est déterminée en fonction :

- Du type de point de cheminement (de travers ou a survoler)
- De la valeur de l'angle d'inclinaison latéral
- De la vitesse vraie

IV.1.3AIRE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE

Pour l'aire de franchissement d'obstacle, il faut prendre en compte la tolérance latéral (**XTT**) et longitudinale (**ATT**) du point de cheminement et la demi largeur de l'aire ($\frac{1}{2}A/W$) qui sont en fonction de phase de vol ,de la spécification et du type de senseur utilisé .

IV.1.4FUSION DE SEGMENTS DE LARGEURS DIFFERENTES .

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

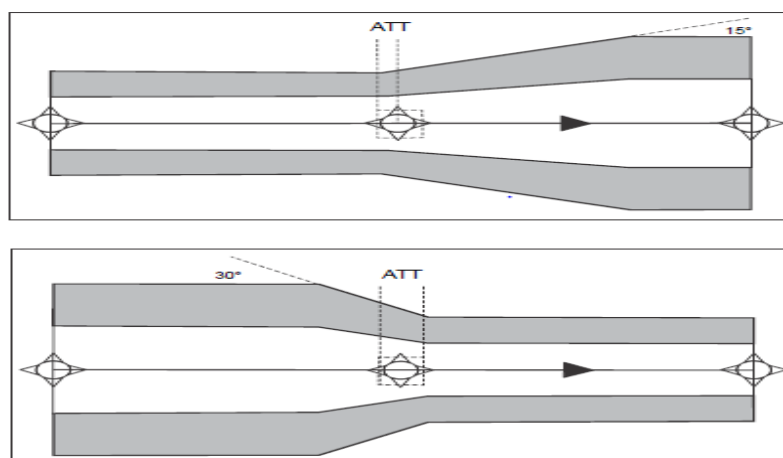


Figure IV-1 : Fusion de segments de largeurs différentes

IV.1.5 CONSTRUCTION ET PROTECTION DES VIRAGES

Il existe Trois méthodes de construction de virage, méthode d'arc circulaire, méthode de spirale de vents /cercles limitatifs, méthode de virage **RF**.

Toutes ces méthodes sont en fonction du type de virage

- Virage a un point de virage **TP**
- Virage a une altitude /hauteur **TNA/H**
- Virage suivant un rayon jusqu'à un repère /virage **RF**

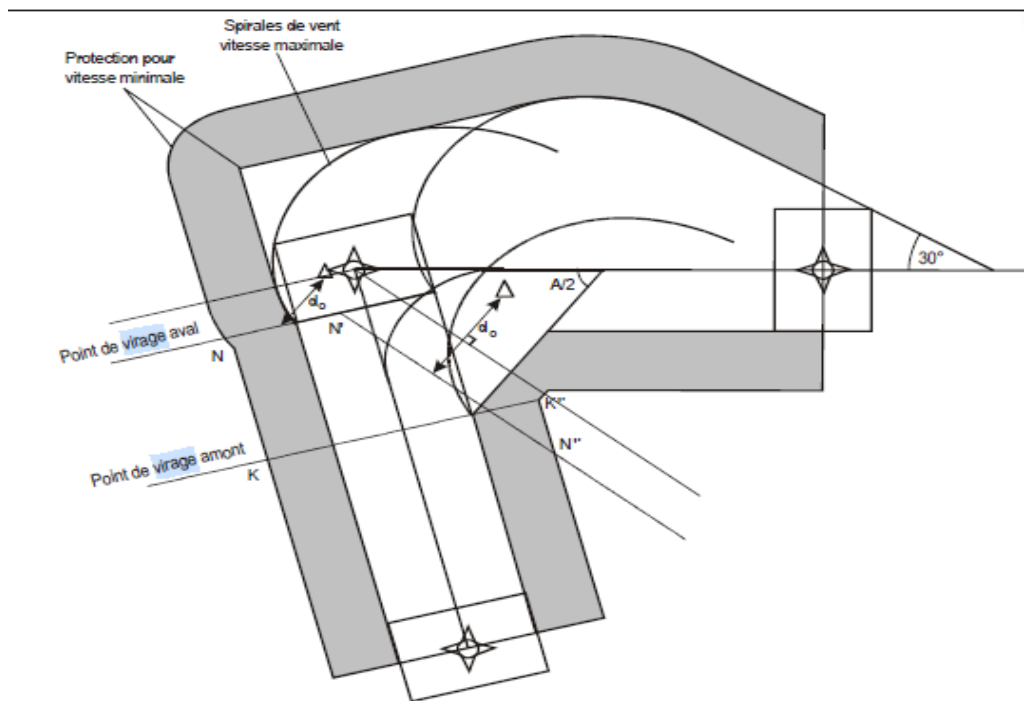


Figure IV-2 : Virage a un point de cheminement par le travers.

L'emplacement des points de virages amont et aval est en fonction du type de points de cheminement et des paramètres de virages .

Tableau IV-1 :Définition du point de virage AMONT et du point de virage AVAL

Type de point de cheminement	Critères relatifs aux points de virage amont et aval
A survoler	Amont : ATT avant le point de cheminement Aval :ATT+ temps de réaction du pilote(3s)+ délai d'angle d'inclinaison latéral (3s)
Par le travers	Amont :ATT+distance de mise en virage avant le point de cheminement AVAL : distance de mise en virage -ATT- temps de réaction du pilote (si la valeur est négative, le point est au-delà du point de cheminement) Distance de mise en virage : $r \tan(A/2)$ Ou A :le changement d'angle de la trajectoire et r :le rayon de virage

Paramètres de virage :

Les paramètres sur lesquelles sont basés les aires de virages sont les suivants :

- Altitude
- Température :ISA+15
- Vitesse vraie Vv
- Vent
- Angle d'inclinaison latéral
- Tolérance de repère
- Tolérances techniques de vol

IV.1.6 CONCLUSION

L'élaboration de toute procédure **PBN** sera faite conformément aux normes et recommandations prescrites par l'**OACI** et figurant dans le manuel d'exploitation technique des aéronefs (doc 8168 volume 2).

IV.2 ELABORATION DE LA PROCEDURE D'ATTENTE POINT FIXE

IV.2.1 INTRODUCTION

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 départs, croisières et d'approche.

IV.2.2 PARAMETRES DU CIRCUIT D'ATTENTE

$V_i(kt)=230$

Altitude(Ft)=8000

Temps(min)=1

Température VAR(c°)=20

Catégorie aéronefs= A ,B,C,D

IV.2.3 CONSTRUCTION DE L'ATTENTE

Il faut d'abord procéder par la construction du gabarit d'attente et de l'aire de base.
Les calculs liés à la construction de l'attente :

$k=1.1606$

$V=266.940kt$

$V=V/3600=0.074$

$r=V/(62.23*R)=2.227$

$h=altitude/1000=8$

$w=2*h+47=63$

$w'=w/3600=0.018$

$E_{45}=45w'/R=0.413$

$E_{90}=0.826$

$E_{135}=1.238$

$E_{180}=1.651$

$E_{225}=2.064$

$E_{270}=2.477$

$t=60*T=60$

$L=v*t=4.449$

$ab=5v=0.371$

$ac=11v=0.816$

$Gi1=Gi3=(t-5)*v=4.078$

$Gi2=Gi4=(t+21)*v=6.006$

$Wb=5w'=0.088$

$Wc=11w'=0.193$
 $Wd=Wc+E_{45}=0.605$
 $We=Wc+2E_{45}=1.018$
 $Wf=Wc+3E_{45}=1.431$
 $Wg=Wc+4E_{45}=1.844$
 $Wh=Wb+4E_{45}=1.739$
 $Wo=Wb+5E_{45}=2.151$
 $Wp=Wb+6E_{45}=2.564$
 $Wi1=Wi3=(t+6)w+4E_{45}=2.806$
 $Wi2=Wi4=Wi1+14w'=3.051$
 $Wj=Wi2+E_{45}=3.464$
 $Wk=Wl=Wi2+2E_{45}=3.877$
 $Wm=Wi2+3E_{45}=4.290$
 $Wn3=Wi1+4E_{45}=4.457$
 $Wn4=Wi2+4E_{45}=4.702$
 $Xe=2r+(t+15)*v+(t+26+195/R)*w'=13.309$
 $Ye=11v*\cos20+r*(1+\sin20)+(t+15)v*tg5+(t+26+125/R)*w'=6.893$
 $D(NM)=12$
 $ds(NM)=4.449$
 $r=2.227$
 $hl=7.512$
 $Ds(NM)=11.936$
 $DI(NM)=17.025$
 $DLs(NM)=16.980$
 $d1(NM)=0.400$
 $d2(NM)=0.463$
 $D1(NM)=11.536$
 $D2(NM)=12.336$
 $DL1(NM)=16.517$
 $DL2(NM)=17.443$

Par la suite ,on trace les 5 zones tampons de 1 NM autour du gabarit d'attente.

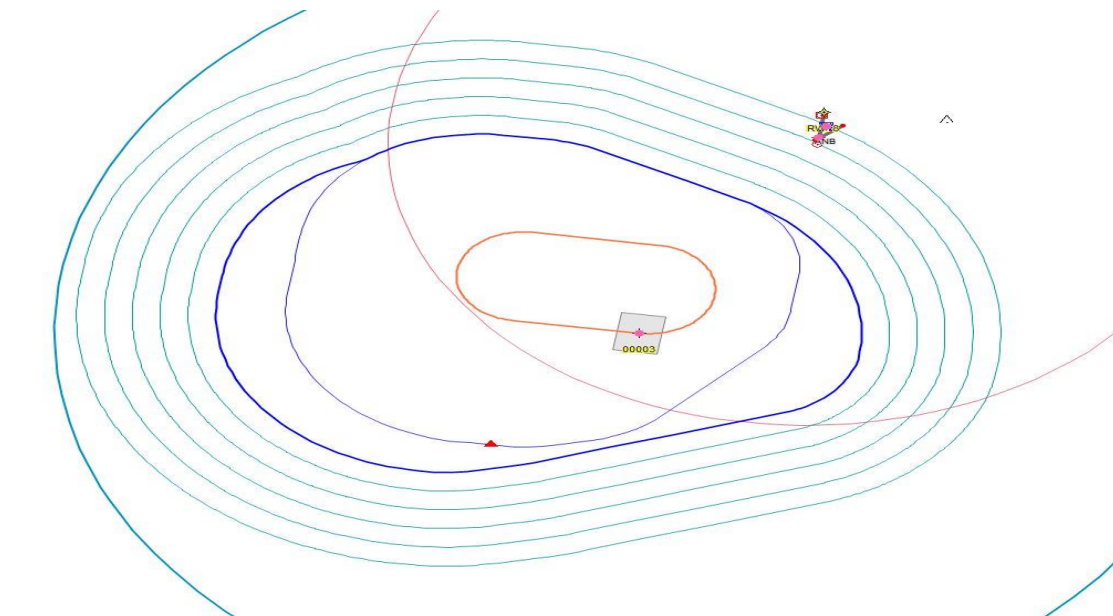


Figure IV-3 : Le dessin final du circuit d'attente

IV.2.4 ALTITUDE MINIMAL D'ATTENTE

Tableau IV-2 :MFO utilisable en attente en fonction de l'altitude d'obstacle.

ALT OBS (m)	MFO(m)
OBS<900	300M
900 <OBS< 1500	450M
OBS>1500	600M

Tableau IV-3 :MFO appliquée en attente

Attente	MFO
Aire de base et entrées	300m
Zone tampon 1(0 à 1 NM)	Coefficient 1 de la MFO appliquée dans l'aire de base 300m
Zone tampon 2 (1 à 2 NM)	Coefficient 0.5 de la MFO appliquée dans l'aire de base 150m
Zone tampon 3 (2 à 3 NM)	Coefficient 0.4 de la MFO appliquée dans l'aire de base 120m
Zone tampon 4(3 à 4 NM)	Coefficient 0.3 de la MFO appliquée dans l'aire de base 90m
Zone tampon 5 (4 à 5 NM)	Coefficient 0.2 de la MFO appliquée dans l'aire de base 60 m

D'après notre étude, l'obstacle le plus pénalisant se trouve dans la zone tampon 2 et a une altitude de 972m

$$OCA=972+450*0.5(MFO)+15m(\text{végétation})=1212 \text{ m}$$

L'altitude minimale d'attente est de 1250 m

IV.2.5 CONCLUSION

Nous avons installé le circuit d'attente sur le segment d'approche initial et va être exécuté sur un point fixe (WP) d'une distance de 12 NM par rapport au **VOR/DME** avec un temps d'éloignement d'une minute et une altitude de protection de 8000ft.

IV.3 ELABORATION DE LA PROCEDURE D'APPROCHE LNAV RNP APCH RWY 36

IV.3.1 INTRODUCTION

LNAV est une approche de Non précision qui fournit seulement le guidage latérale mais pas le guidage vertical.

Le guidage latéral est effectué en utilisant le senseur **GNSS**.

Tous les points sont déterminés par des points de cheminement de travers appart le **MAPT** qui est déterminé par un point de cheminement à survoler.

IV.3.2 PARTIE THEORIQUE [4]

IV.3.2.1 SEGMENT D'APPROCHE FINAL :

La longueur optimal du segment d'approche final est de 5NM mais ne devrait pas dépasser 10 NM
La longueur minimal du segment final et la distance entre le seuil et la piste ne seront pas inférieure a 3NM sauf pour la **CAT H**

La marge minimal de franchissement d'obstacle dans l'aire primaire est de 75 m .

La pente de descente optimal est 5.24%

IV.3.2.2 SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE :

Le segment d'approche intermédiaire devrait être aligné sur le segment d'approche final.

Le segment d'approche intermédiaire se compose en deux éléments : un élément en virage par le travers de l'**IF** et un élément rectiligne juste avant le **FAF**.

La longueur de l'élément en virage correspond à la distance de stabilisation pour l'angle de virage a l'**IF**, la longueur de la partie rectiligne est variable mais ne sera pas inférieure a 2NM.

La longueur optimale du segment d'approche intermédiaire est 5NM.

La marge minimale de franchissement d'obstacle dans l'air primaire est de 150 m.

IV.3.2.3 SEGMENT D'APPROCHE INITIAL

Le segment d'approche initial n'a pas de longueur maximal, la longueur optimal est de 5NM et la longueur minimal ne sera pas inférieure a la vitesse la plus élevée requise pour l'approche initial.

La pente de descente optimale est de 4%.

La marge minimale de franchissement d'obstacle dans l'air primaire est de 300m.

IV.3.2.4 ISEGMENT D'APPROCHE D'APPROCHEINTEROMPUE

Le point d'approche interrompu sera défini par un point de cheminement à survoler.

Pour une approche alignée sur la piste, le point d'approche interrompu sera situé au seuil ou avant le seuil .lorsque le segment final n'est pas aligné sur l'axe de piste l'emplacement optimal est

L'intersection de la trajectoire d'approche final avec le prolongement de l'axe de piste. Pour assurer le franchissement des obstacles dans l'aire d'approche interrompue, le **MAPT** peut être placé plus près du **FAF** mais pas au-delà du point où l'**OCA** coupe la trajectoire d'une pente de descente nominale de 5.2% vers la piste.

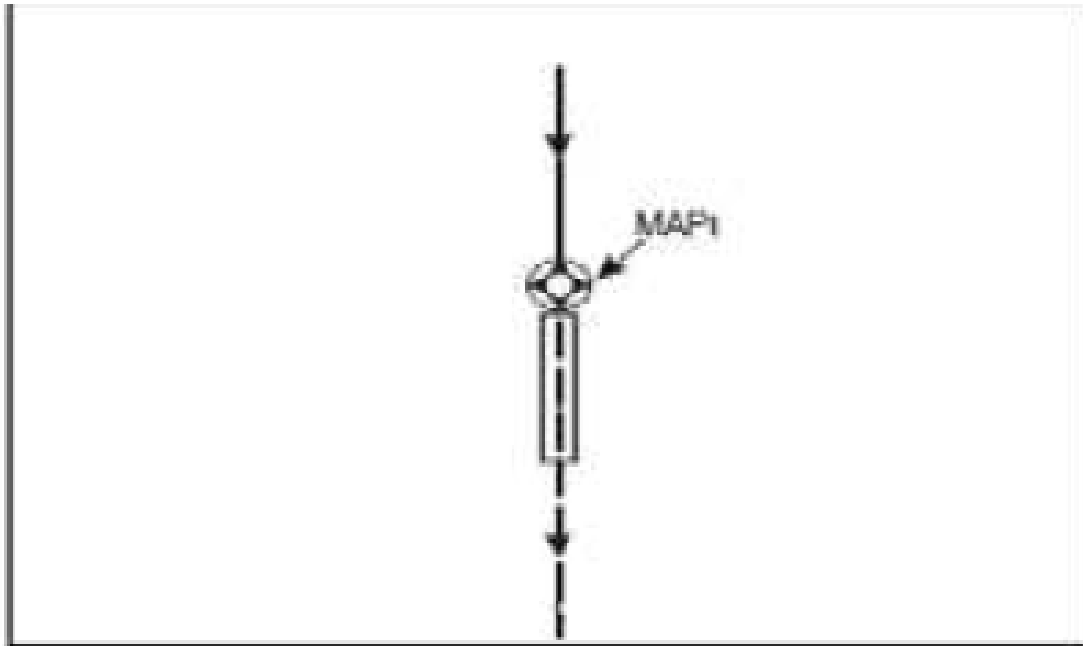


Figure IV-4 : Positionnement du MAPt pour une approche aligné sur l'axe de piste.

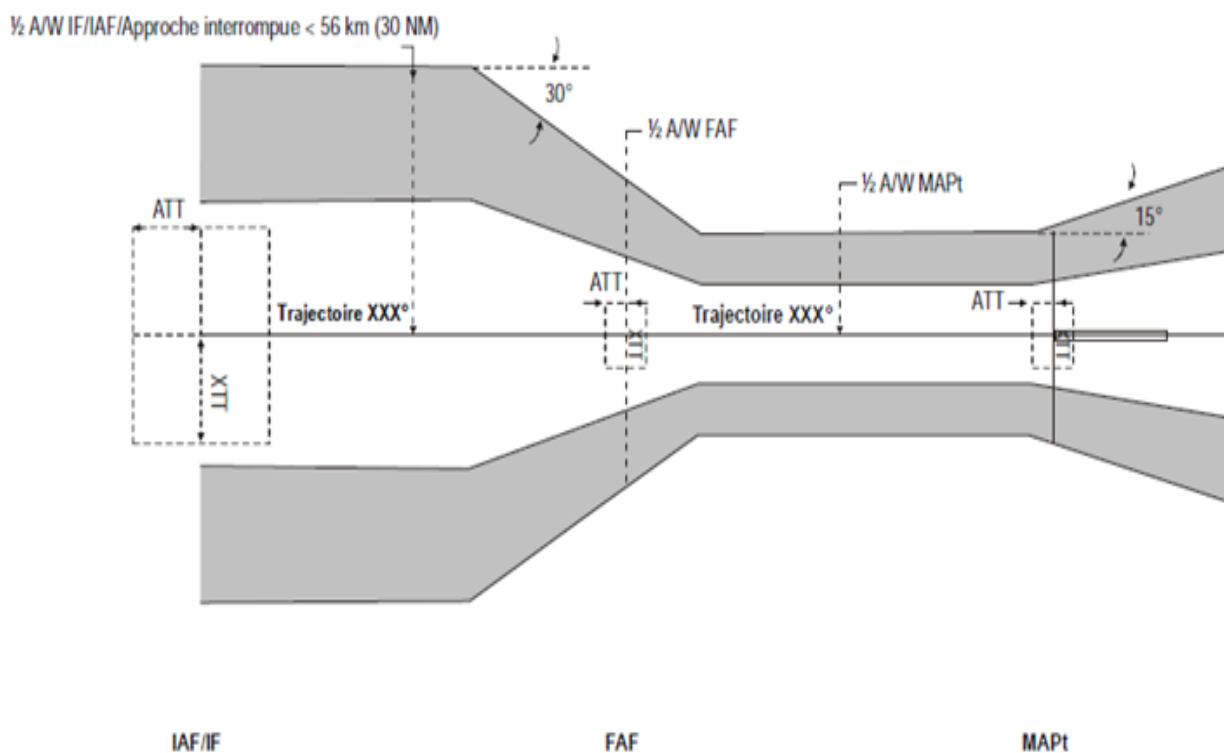


Figure IV-5 : Evasement de 15° de part et d'autre de la trajectoire d'approche interrompue

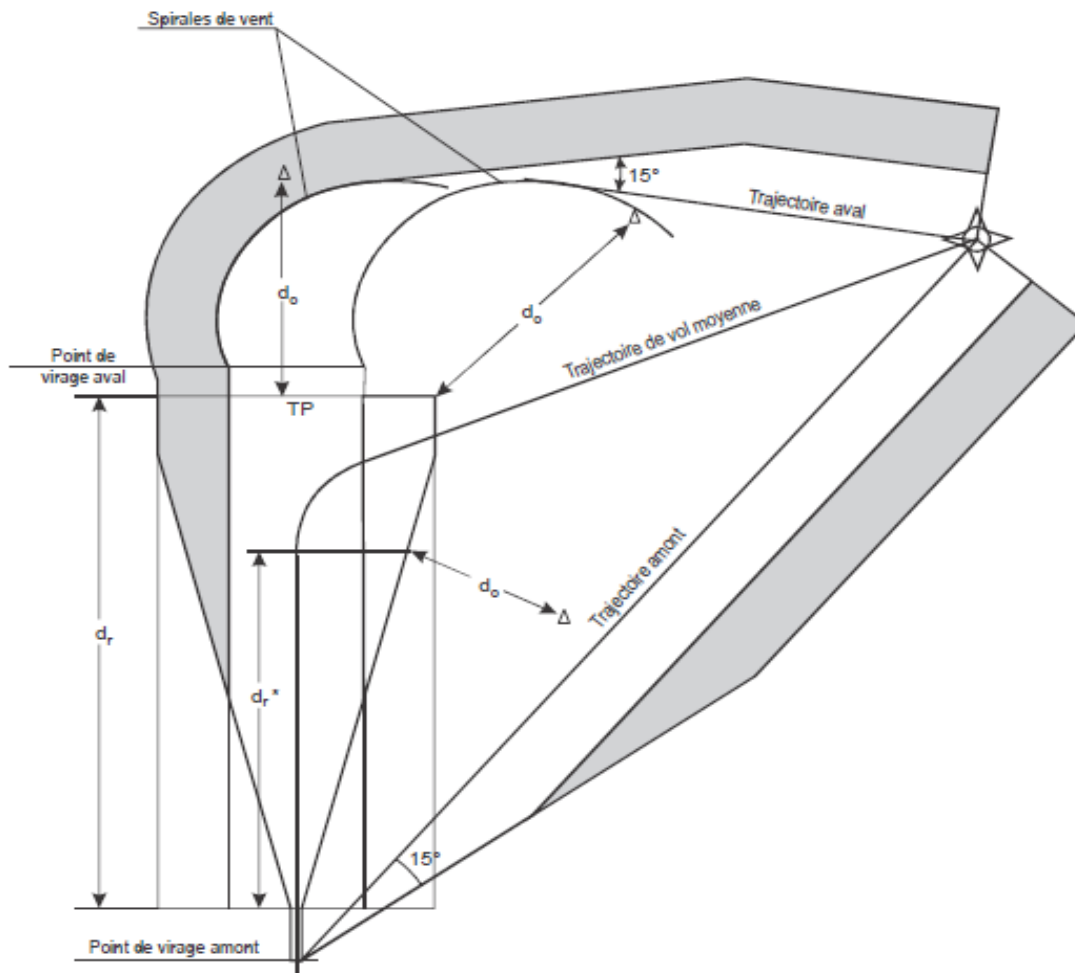


Figure IV-6 : Virage à altitude/hauteur suivi d'un parcours DF

Tableau IV-4 : XTT,ATT Et demie largeur d'aire pour la RNP APCH (NM)

IF/IAF/Approche interrompue (30NM de l'ARP)			FAF			MAPT/Approche interrompue en ligne droite initiale (LP/LPV seulement)			Approche interrompue (15 NM de l'ARP)		
XTT	ATT	½A/W	XTT	ATT	½A/W	XTT	ATT	½A/W	XTT	ATT	½A/W
1.00	0.80	2.50	0.30	0.24	1.45	1.00	0.24	0.95	1.00	0.80	2.00

Tableau IV-5 : Vitesse (VI) pour les calculs de procédures, en kilomètres l'heure (KM/H)

Catégorie d'aéronefs	V_{att}	Fourchette de vitesses pour l'approche initiale	Fourchette de vitesses pour l'approche finale	Vitesses maximales pour manœuvres a vue (approche indirecte)	Vitesses maximales pour approche interrompue	
					Intermédiaire	Finale
A	<169	165/280(205*)	130/185	185	185	205
B	169/223	220/335(260*)	155/240	250	240	280
C	261/306	295/445	215/295	335	295	445
D	307/390	345/467	240/345	380	345	490

IV.3.3PARTIE PRATIQUE

Pour la procédure **RNP APCH RWY 36** nous avons opté pour une procédure en **T** avec une attente a l'**IAF** situé sur la branche initial gauche.

IV.3.3.1 SCENARIO 1

Pente =hauteur/Distance

Sur la base de cette formule, nous allons d'abord étudier le profil de la procédure pour fixer les longueurs des segments initial, intermédiaire et final.

Nous allons commencer par fixer la longueur et la pente du segment final compte tenu de l'importance de ce dernier.

➤ Les longueurs de tous les segments sont de 5NM (Longueur optimal) et la pente optimale du segment final est de 5.24%

Distance FAF-THR=5NM

Hauteur FAF= 5*1852* 5.24%.=486.15m.

Alt FAF=485.22+15+5(Alt seuil 36)=. 506.15m

Alt IF= 505.22 m.

Alt IAF=1250m(altitude minimal d'attente)

➤ La perte d'altitude dans le segment initial :

1250-505.22=744.8m

P=744.8/5*1852=8%

D'après les normes la pente du segment initial est entre 4%(optimum) et 8%(maximum), donc nous allons diminuer le pente pour nous rapprocher le plus possible de la valeur optimal en augmentant l'altitude du l'**IF**et cela en optant pour un segment intermédiaire composé de deux parties :une partie en descente et une partie rectiligne .

IV.3.3.2 SCENARIO 2

On propose les longueurs comme suit :

La longueur du segment d'Approche final =6NM

La longueur du segment d'approche intermédiaire =5NM(le segment d'approche intermédiaire se compose d'une partie descente avec une pente de 3° et 3 NM de longueur et une partie rectiligne de 2 NM de longueur.

La longueur du segment d'approche initial=5NM

Un virage par le travers avec un angle inférieur ou égale à 90° raccordera le segment d'approche initial avec le segment d'approche intermédiaire

• Paramètres du virage

$$r_i = TAS^2/g * \tan(i) = 141.26^2 / 9.81 * 0.4663 = 4362.18m = 2.35NM$$

$$E_{90} = \pi/2 * r_i * v_w / Tas = (6832.954 / 141.472) * 15.433 = 745.64m = 0.4 NM$$

$$\text{Point de virage amont : } kk' = -ATT - r * \tan(A/2) = 0.80 - 2.33 * \tan(45) = -3.13Nm$$

$$\text{point de virage aval : } ss' = ATT + C - r * \tan(A/2) = 0.80 * 1852 + 6(141.26 + 15.4) - 2.35 * 1852 * \tan(45) = -1930.6 = -1.04 NM$$

➤ Détermination de l'altitude du FAF

$$P = h/d$$

$$h = p * d = 582.26m$$

La hauteur du FAF - 582.26m

$$\text{Alt FAF} = 582.26 + 15(RDH) + 5(\text{altitude du seuil}) = 602.26m$$

$$\text{L'altitude du FAF} = 602.26m$$

➤ La perte d'altitude dans le segment initial

$$\text{Alt IF} = 5.24\% * 3 * 1852 + 602. = 893.39m$$

$$\text{Alt IAF} = 1450m \text{ (Altitude minimal d'attente)}$$

$$1450 - 893.39 = 556.61m$$

$$P = 556.61 / 5 * 1852 = 6\%$$

Tableau IV-6 : Paramètres de la procédure

Segment	Initial	Intermédiaire	FINAL
Longueur	5N	5NM	6NM
Pente	6%	0%	5.24%

IV.3.3.2.1 TRAITEMENT DES OBSTACLES ET DETERMINATION DE L'ALTITUDE MINIMAL DE SECURITE DE CHAQUE SEGMENT D'APPROCHE

➤ Segment d'approche initial :

• Début : ATT IAF

• FIN : la ligne SS'

○ Aire primaire :

Altitude de l'obstacle : 261m

MFO =300m

OCA=576m

○ Aire secondaire :

Altitude de l'obstacle : 271m

MFO=208.7m

OCA=494m

OCA du segment initial =580m

Note :

La majoration de 15 m apporté pour les obstacles naturels

MFO obs (Aire secondaire)= (D/L)*MFO entière

D : Distance de l'obstacle de par rapport à l'air primaire.

L : Largeur de l'aire secondaire.

➤ Segment d'approche intermédiaire :

• Début : La ligne kk'

• Fin : -ATT FAF

○ Aire primaire

Altitude de l'obstacle pénalisant :268m

MFO=150m

OCA=433m

○ Aire secondaire

Altitude de l'obstacle pénalisant :388m

MFO=140.63

OCA=536.75

OCA du segment d'approche intermédiaire =540m

➤ Segment d'approche final

• Debut :ATT FAF

• Fin : Seuil de piste

○ Aire primaire

Altitude de l'obstacle pénalisant :18m

MFO=75m

OCA=93m

○ Aire secondaire

Altitude de l'obstacle pénalisant :75m

MFO=56.25m

OCA=131.25m

OCA du segment d'approche final =140m

IV.3.3.2.2 L'APPROCHE INTERROMPUE

L'approche interrompue est établie pour que le pilote puisse poursuivre la remise des gaz, elle est définie par un virage a altitude à droite (au-dessus de la mer) pour rejoindre un autre point (00009)

Pour la conception, nous avons opté pour un virage a altitude /hauteur suivie d'un parcours **DF**

Segment d'approche interrompue :

Le $mapt = OCA_{final} / \tan(3) = 2671.35m = 1.44NM$ du seuil

Soc = $15s * (v_v + w) + ATT = 15 * (98.46 + 5.14) + 444 = 1998m = 1.07NM$ du seuil

- Paramètres du virage

TNA=1000ft

Angle d'inclinaison =15°

$v_i = 200kt$

$v_v = 200 * 1.0497 = 209.94kt = 108m/s$

$r_i = TAS^2 / g * \tan(i) = 108^2 / 9.81 * 0.2679 = 4438.18 = 2.39NM$

$E_{90} = \pi/2 * r_i * v_w / Tas = (6967.94/108) * 15.433 = 995.70m = 0.5NM$

Point de virage amont : ATT avant le MAPT :0.24NM

Point de virage aval : $C = 6 * (108 + 15.4) = 6 * 123.4 = 740.4m = 0.39NM$

- Evaluation des obstacles

✚ Type d'approche interrompue : approche interrompue avec virage .

- a- Approche interrompue initial

- Début :MAPT

- Fin :SOC

- MFO :75m

- b- Approche interrompue intermédiaire

- Début : Soc

- Fin :TP

- MFO=30m

- c- Approche interrompue final

- Début : TP

- FIN :IAF

- MFO=50m

✚ Les conditions de franchissement de franchissement d'obstacle.

Il faut vérifier les deux conditions suivantes :

- Dans l'aire de mise en virage :

$OCA + (do * 2.5\%) > Altobs + 30m$

Altitude de l'obstacle : 42m

Condition : vérifiée

- Dans l'aire de virage

$Altobs < TNA/H + do * 2.5\% - 50m$

Tableau IV-7 : Les obstacles dans l'aire de virage de l'approche interrompue

ALT obstacle	condition
437m	verifiée
324m	Verifiée
556m	Verifié
437m	Verifiée
396m	Verifiée

OCA=140m

TNA=300M

dz: distance obs/soc

do: la distance la plus courte entre l'obstacle et l'aire

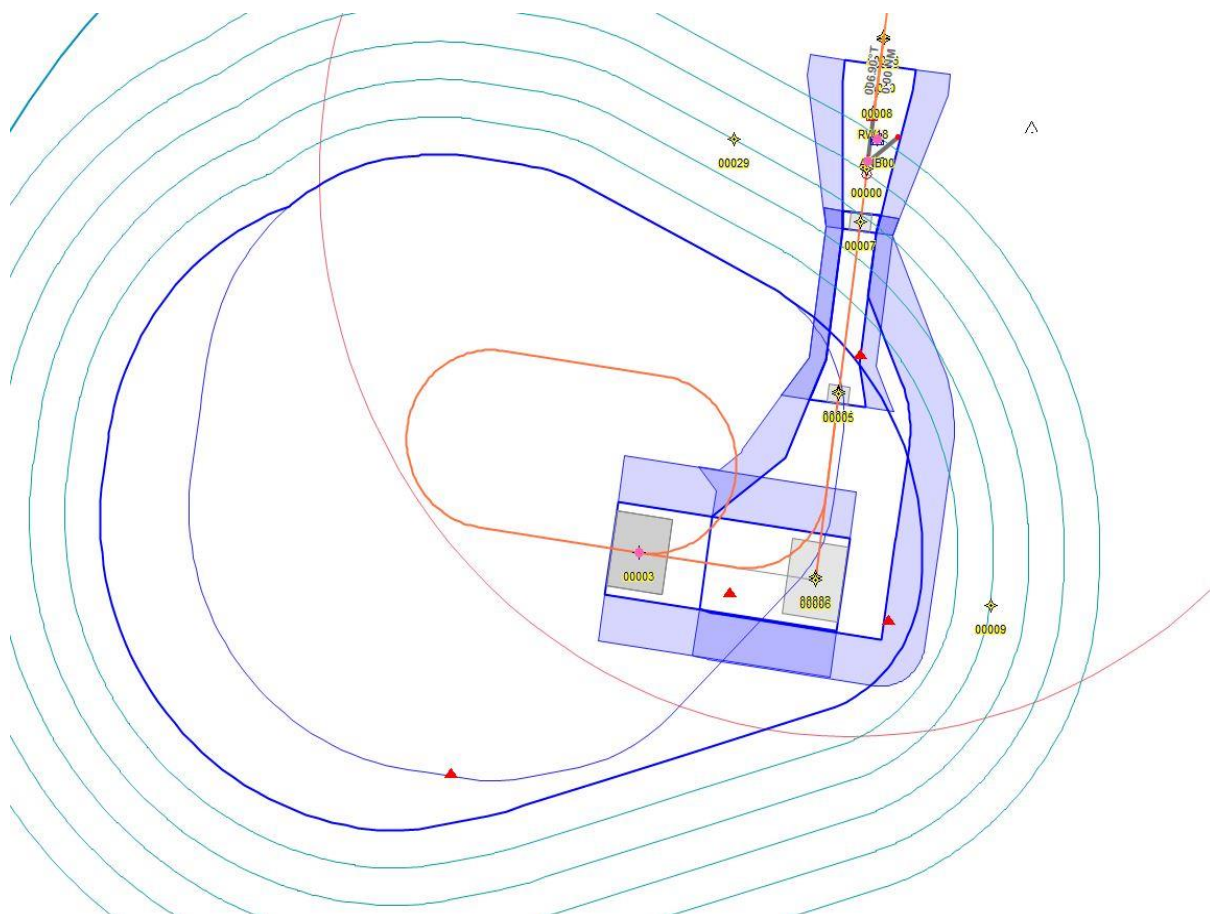


Figure IV-7 : Le dessin de la procédure d'approche

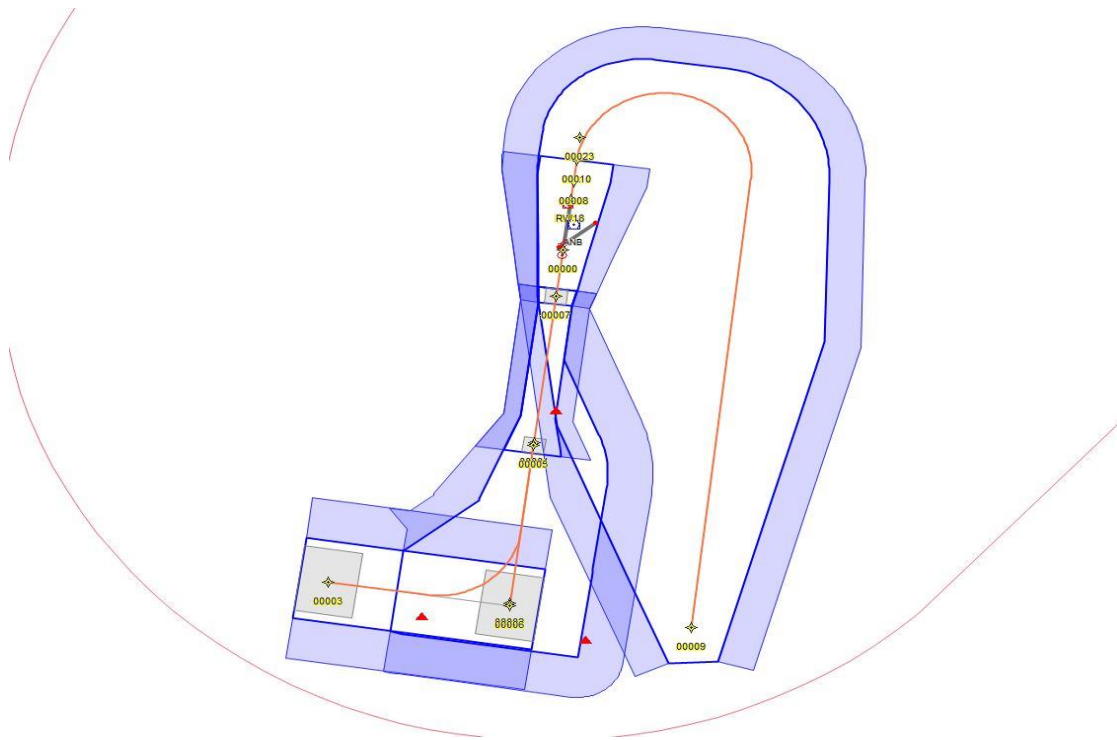


Figure IV-8 : Le dessin de l'approche interrompue

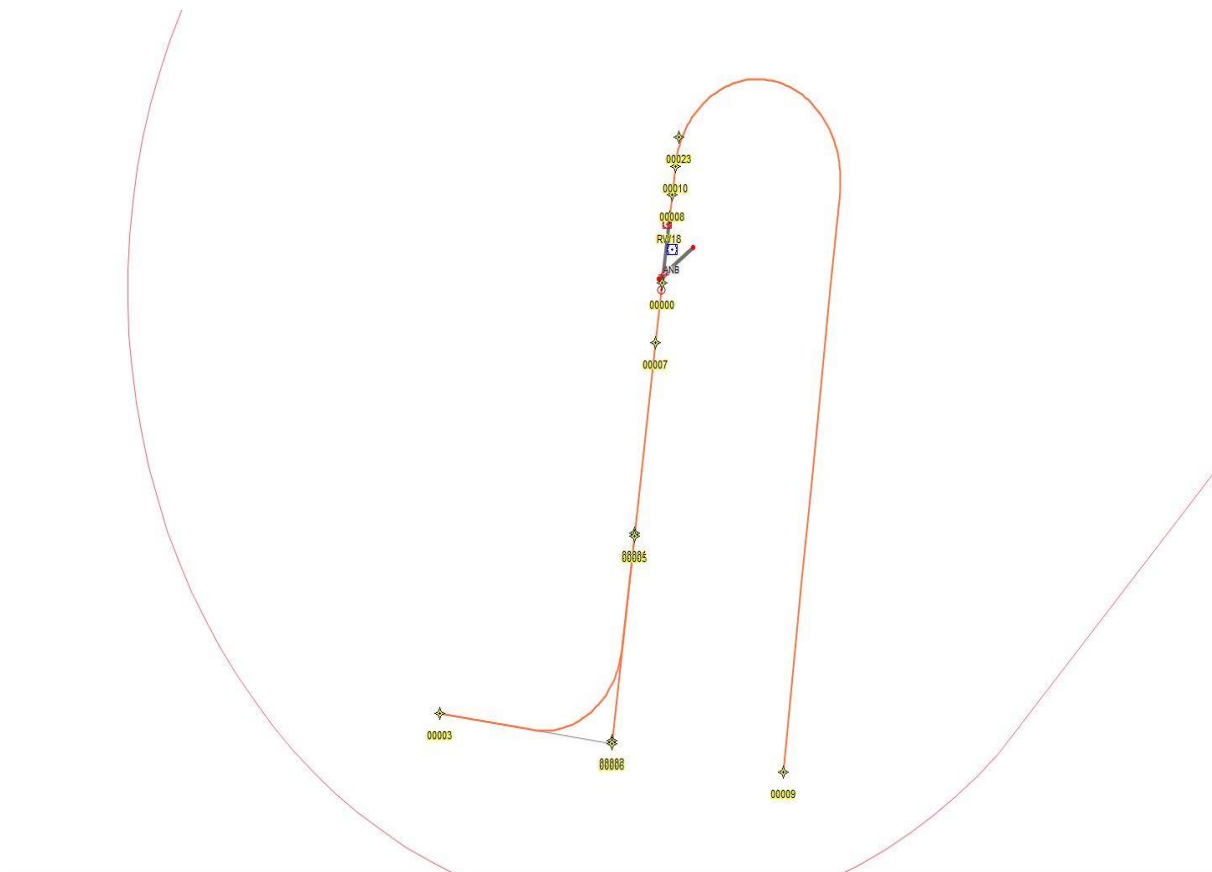


Figure IV-9 : Le schéma final de la procédure d'approche PBN

IV.3.4 CONCLUSION

La réalisation de la procédure **PBN LNAV RNP APCH** pour la piste 36 a permis de mieux optimiser le trafic et de résoudre plusieurs problèmes en appliquant une procédure en T flexible grâce aux caractéristiques de la **PBN**.

IV.4 ELABORATION DES PROCEDURES D'ARRIVEES PBN (STAR)

IV.4.1 INTRODUCTION

Une arrivée **STAR** permet la transition entre la phase en route et la phase d'approche en joignant un point significatif sur une route ATS avec un point à partir duquel commence la procédure d'approche.

IV.4.2 LA PARTIE THEORIQUE [4]

IV.4.2.1 CONCEPT GENERAUX POUR LES ARRIVEES

- Les routes d'arrivées doivent être simples et facile à comprendre.
- Une procédure d'arrivée doit être valable pour les plus grand nombre possible de catégories d'aéronefs
- Seuls les routes qui présentent un avantage opérationnel seront établies et publiées .elles devraient prendre en compte les courants locaux de trafic aérien.
- Fusion a 30 NM de L'ARP : la largeur de l'aire diminue selon un angle de 30° de part et d'autre de l'axe perpendiculaire au point où l'arc de 30NM a partir du point de référence de l'aérodrome (ARP) coupe la trajectoire nominale .

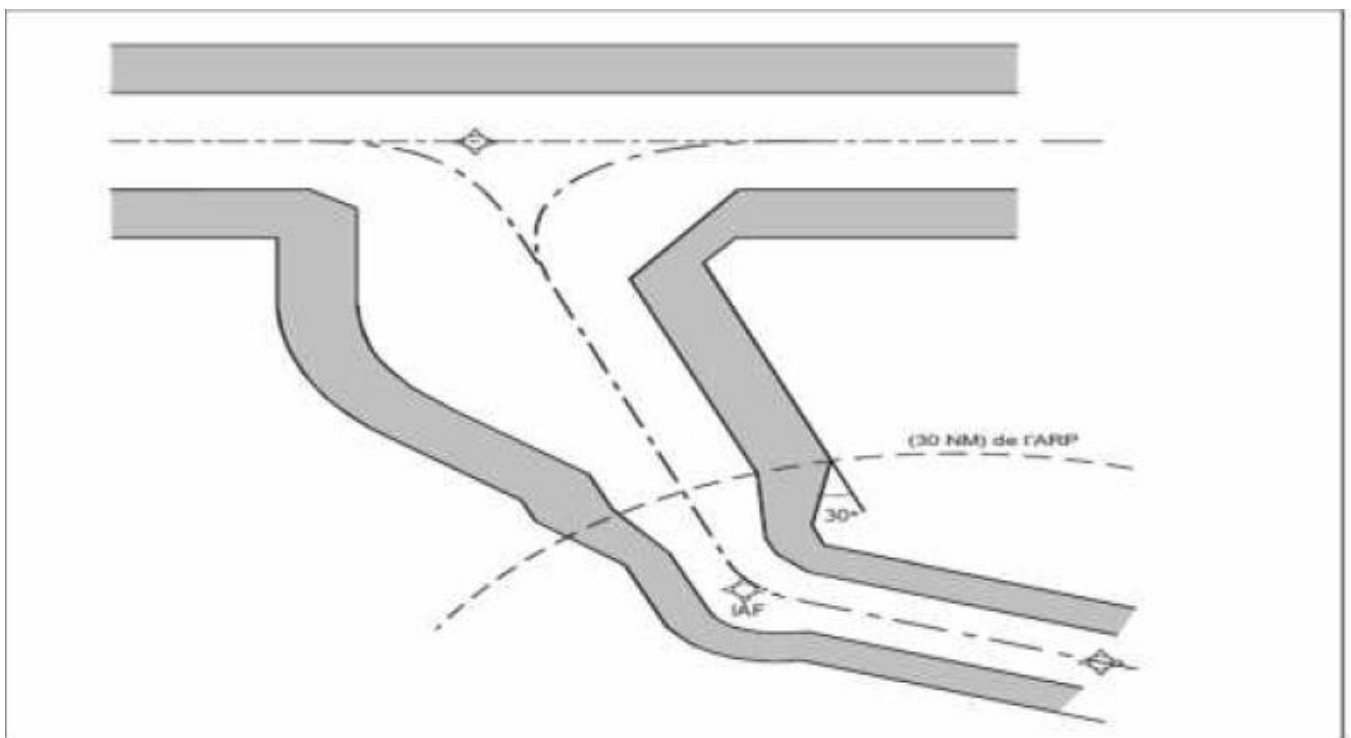


Figure IV-10 : Fusion des aires de protection a 30 NM de l'ARP

IV.4.2.2 MARGE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE

- Aire primaire : La marge de franchissement d'obstacles sera de 300m
- Aire secondaire : Il sera prévu une marge de 300 m au bord intérieur, diminuant linéairement jusqu'à zéro au bord extérieur.

IV.4.3 LA PARTIE PRATIQUE

IV.4.3.1 REDIMENSIONNEMENT DE LA TMA D'ANNABA

La TMA doit être configuré de sorte qu'elle inclut les aires de protections des procédures de départ, d'arrivée et d'attente, celle-ci doit être redimensionné a

- Portion de cercle de 15NM de rayon centré sur le point (370008N 0080033 E)
- Portion de cercle de 21 NM de rayon centré sur le point (363848.854N 0074043.339 E)
- Les tangentes extérieures communes a ces deux cercles.

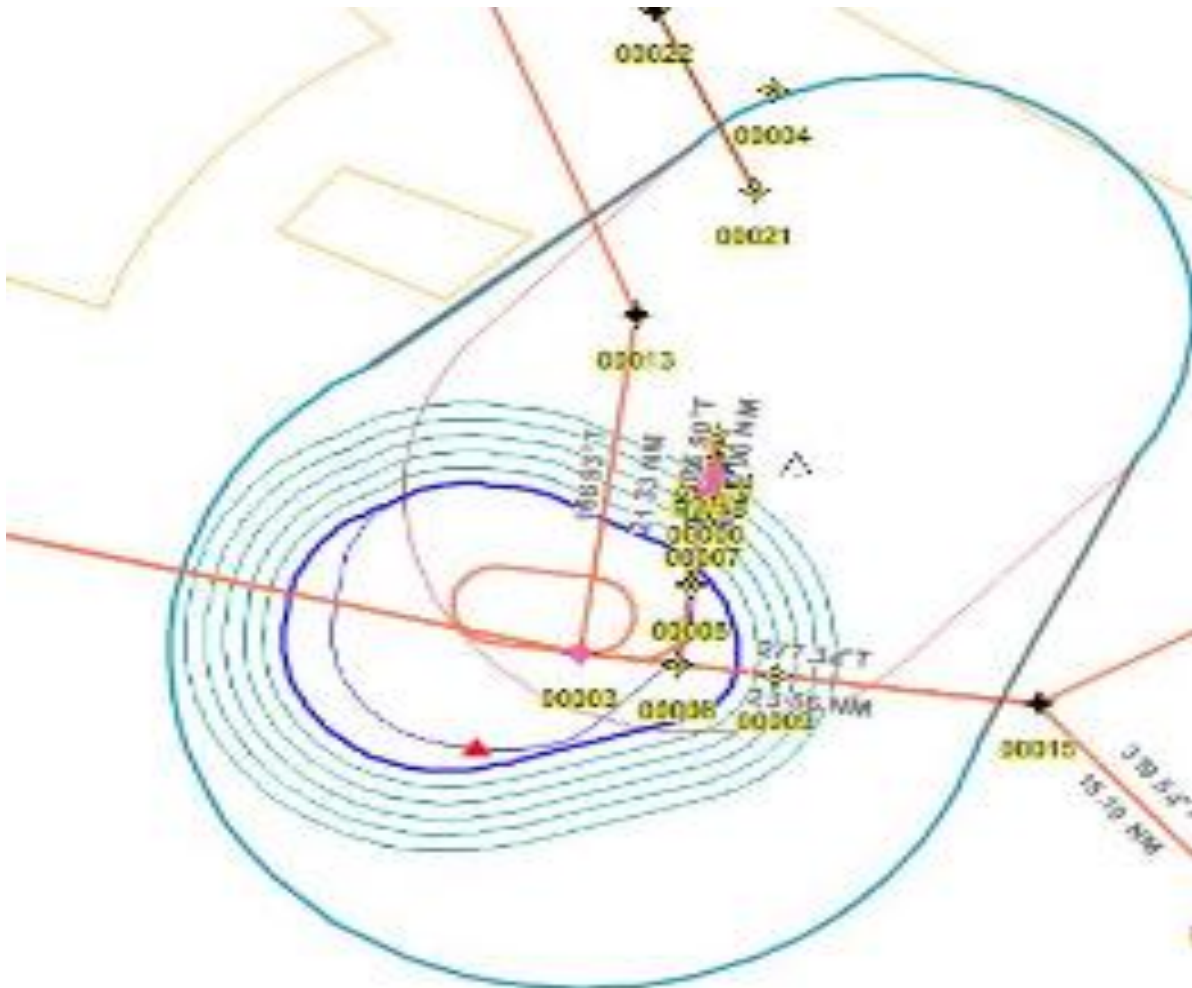


Figure IV-11 : schéma de la nouvelle TMA d'Annaba

IV.4.3.2 LES SCENARIOS ADOPTES POUR LES ARRIVEES

STAR 1 : une arrivée venant de **SALMA** rejoignant le point **GHAIDA** (00013) vers le point d'attente.

STAR 2 : des arrivées venant de **MORJA** ,**DIMAO**(l'arrivée commence a partir du point **MAYAR** (00014)) rejoignant un point de convergence **ALICIA** (00015) vers le point d'attente .

STAR 3 : des arrivées venant de **CSO**, **JIL** rejoignant un point de convergence **LINA** (00018)vers un point d'attente

IV.4.3.3 AIRE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE .

✚ Les distances depuis ARP<30 NM ,on applique la spécification RNAV 1

Tableau IV-8 : Demi -largeur, XTT, ATT pour les STAR en RNAV 1 ARP<30NM			1NM	0.8NM
	½ A/W	XTT	ATT	
2.5 NM				

✚ Les distances depuis ARP>30 NM, on applique la spécification RNAV 5

Tableau IV-9 : Demi -largeur,XTT,ATT pour les STAR en RNAV 5 ARP>30 NM

½ A/W	XTT	ATT
5.77 NM	2.51 NM	2.01NM

IV.4.3.4 LES ALTITUDES MINIMALES DE SECURITE.

Tableau IV-10 :Les OCA des segments d'arrivées

L'arrivée	OCA
De SALMA	1114M
De DIMAO	1396M
De MORJA	1122M
De Jil	1251M
De CSO	1500M

Vu que l'altitude minimale de l'arrivée ne peut être inférieure à l'altitude minimal d'attente donc les altitudes minimales retenus pour les **STAR** sont :

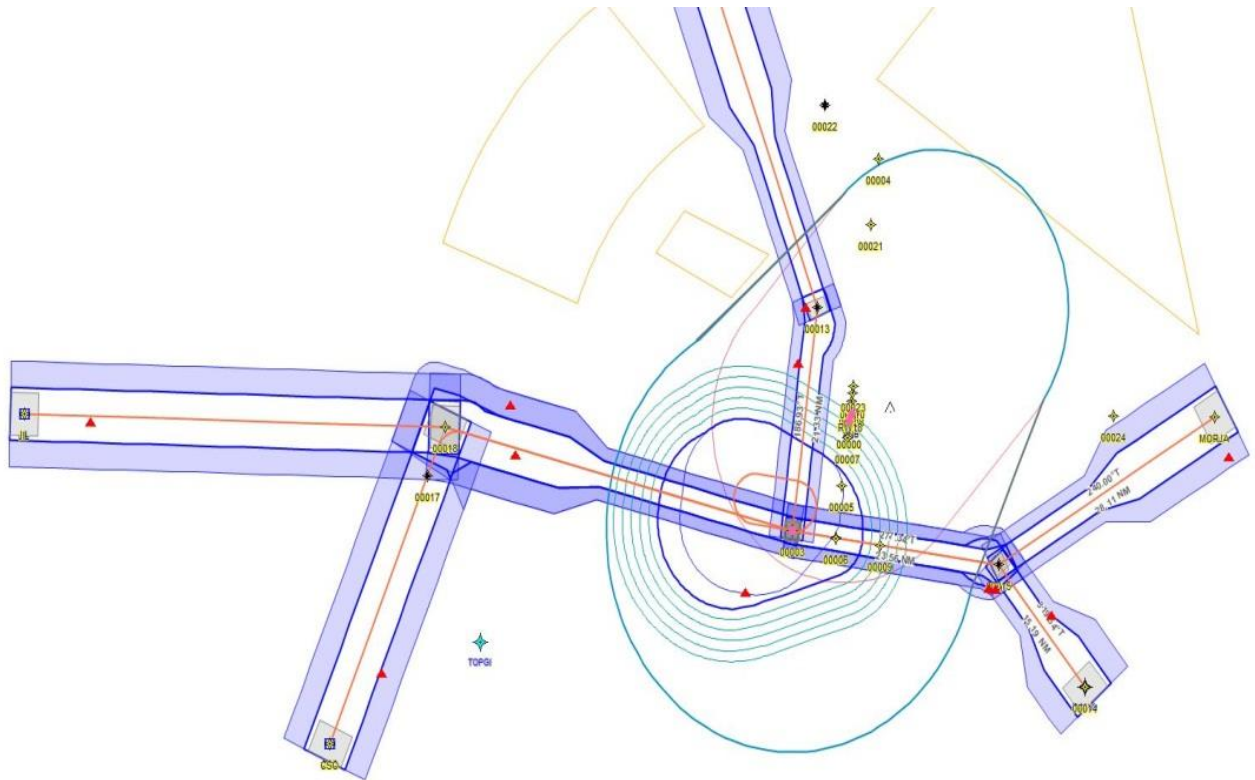


Figure IV-13 : Le dessin des STAR avec les protections de chaque segment dans la nouvelle TMA

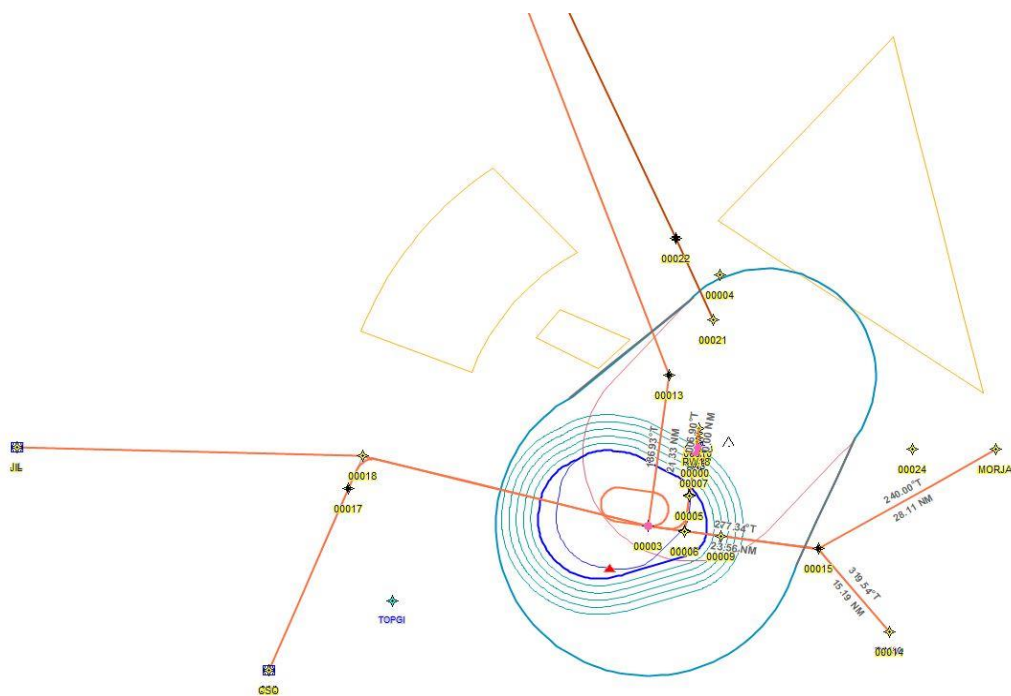


Figure IV-14 : Schéma final des STAR

IV.4.4 CONCLUSION

Grace aux caractéristiques de la **PBN**, ON a pu jumeler des arrivées ce qui permet de libérer l'espace aérien et de la augmenter la capacité du système de gestion du TRAFIC.

IV.5 ELABORATION DES PROCEDURES DE DEPART PBN (SID)

IV.5.1.1 INTRODUCTION

Une procédure de départ **SID** (Standard initial Departure) commence à l'extrémité départ de la piste ou **DER**(Departure end of Runway).qui correspond selon le cas à l'extrémité de la piste ou du prolongement dégagé(Limite déclaré pour le décollage ou **TODA**) le procédure de départ finit au premier point en –route .

IV.5.2PARTIE THEORIQUE [4]

IV.5.2.1 LES REGLES A SUIVRE POUR CONCEVOIR UNE PROCEDURE DE DEPART

- Les départs peuvent être conçus comme départs en ligne droite ou départs avec virage, avant de commencer un virage, l'aéronef maintiendra la direction de la piste jusqu'à une hauteur minimale autorisée par la phase de vol suivante.
- La pente de calcul de procédure (**PDG**) normale est de 3.3%.
- **RNAV 1** est utilisée pour appuyer des opérations **RNAV** dans le cadre des **SID**.
- Pour la construction de la largeur d'aire au début du départ, les critères généraux s'appliquent.

IV.5.2.2 TRAITEMENTS D'OBSTACLES

- Pour l'aire de mise en virage ,on compare l'altitude avion a l'altitude de l'obstacle

$Alt\ obs = Alt\ (seuil) + H + do * 2.5\%$

Do: distance entre la DER et obstacle.

- Pour l'aire de virage, on compare l'altitude avion a l'altitude de l'obstacle

Hauteur maximum d'obstacle= $PDG * (dr + do) + H - MOC$

Ou :

Do : Distance la plus courte entre l'obstacle et la ligne KK'

Dr : Distance horizontal entre la DER et la ligne KK'

PDG : pente de Calcul de procédure promulguée

H : hauteur de l'OIS a la DER(5m)

MOC : La plus grande des deux valeurs suivantes :75 m , $0.008(do + dr)$.

IV.5.3PARTIE PRATIQUE

IV.5.3.1 LES SCENARIOS ADOPTES

- Les départs vers le nord seront dans d'axe jusqu'à l'interception d'un point après avoir parcouru une distance de 17.2 NM pour rejoindre ensuite **SALMA**.
- Les départs vers l'ouest seront dans l'axe en interceptant un autre point après avoir parcouru une distance de 1.8 NM pour ensuite relier **MORJA**
- Les Départs vers l'est seront dans l'axe en interceptant un nouveau point après avoir parcouru une distance de 10 NM pour ensuite rallier un autre point et rejoindre **JIL**
Pour les 3 SID on a opté pour un virage a un point de survol suivi d'un parcours DF

IV.5.3.2 AIRE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE

Tableau IV-12 ; XTT,ATT et demi -largeur de SID

Type de waypoint	ATT	XTT	½ A/W
Wp Fly by	1 NM	0.8 NM	2 NM
Wp Fly over	1 NM	0.8 NM	2 NM

IV.5.3.3 CONSTRUCTION DES VIRAGES

✚ Paramètres de virages (Départ vers MORJA)

Le pilote doit parcourir une distance de 1.8 NM dans l'axe, intercepter le point jugo (00023) pour ensuite entamer un virage et rejoindre MORJA

Et les paramètres de ce virage sont :

$$VI=291kt$$

$$K=1.040$$

$$Vv=303.16 \text{ KT}=156m/s$$

$$r_i=9260m =5 \text{ NM}$$

- Pour les protection:

$$r =9428.7m =5.09N$$

$$E_o=1418.2m=0.8NM$$

$$Kk'=-0.8*1852=-1481.6m=-0.8NM$$

$$SS'=0.8*1852+6*(156+15.44)=2510.25m=1.35NM$$

✚ Paramètres de virages (Départ vers JIL)

le pilote doit parcourir une distance de 10NM dans l'axe ,intercepter le point Tina ,entamer un virage ,rallier le point ilyes pour rejoindre enfin **JIL**.

Et les paramètres de ce virage sont :

$$VI=220kt$$

$$K=1.0655$$

$$Vv=235.4kt=121.10m/s$$

$$r_i =5580.19m =3.01 \text{ NM}$$

- Pour les protections:

$$r =6252.6m =3.37NM$$

$$E_o=1179.3=06NM$$

$$Kk'=-0.8NM$$

$$SS'=2300.6m=1.2NM$$

✚ Paramètres de virages (Départ vers SALMA)

Le pilote doit parcourir une distance de 17.2 NM dans l'axe ,intercepter le point Ara (00021), effectuer son virage et rejoindre **SALMA**.

Et les paramètres de ce virage sont

$$VI=220kt$$

$$K=1.0341$$

$$Vv=227.5=117.03/s$$

$$r_i =5211.37 =2.8NM \text{ NM}$$

- Pour les protections:

$$r = 5368.4\text{m} = 3 \text{ NM}$$

$$E_{\theta} = 1092.75 = 0.6 \text{ NM}$$

$$Kk' = -0.8 \text{ NM}$$

$$SS' = 2276.42\text{m} = 1.22 \text{ NM}$$

IV.5.3.4 TRAITEMENT D'OBSTACLE

Pour le traitement d'obstacle, on vérifie les conditions suivantes

- Pour l'aire de mise en virage, on compare l'altitude avion a l'altitude de l'obstacle

$$\text{Alt obs} = \text{Alt (seuil)} + H + d_o * 2.5\%$$

Do: distance entre la DER et obstacle.

- Pour l'aire de virage, on compare l'altitude avion a l'altitude de l'obstacle

$$\text{Hauteur maximum d'obstacle} = \text{PDG} * (d_r + d_o) + H - \text{MOC}$$

Tableau IV-13 : traitement des obstacles des départs

Départ vers	Conditions
SALMA	Vérifié
MORJA	Vérifié
JIL	Vérifié

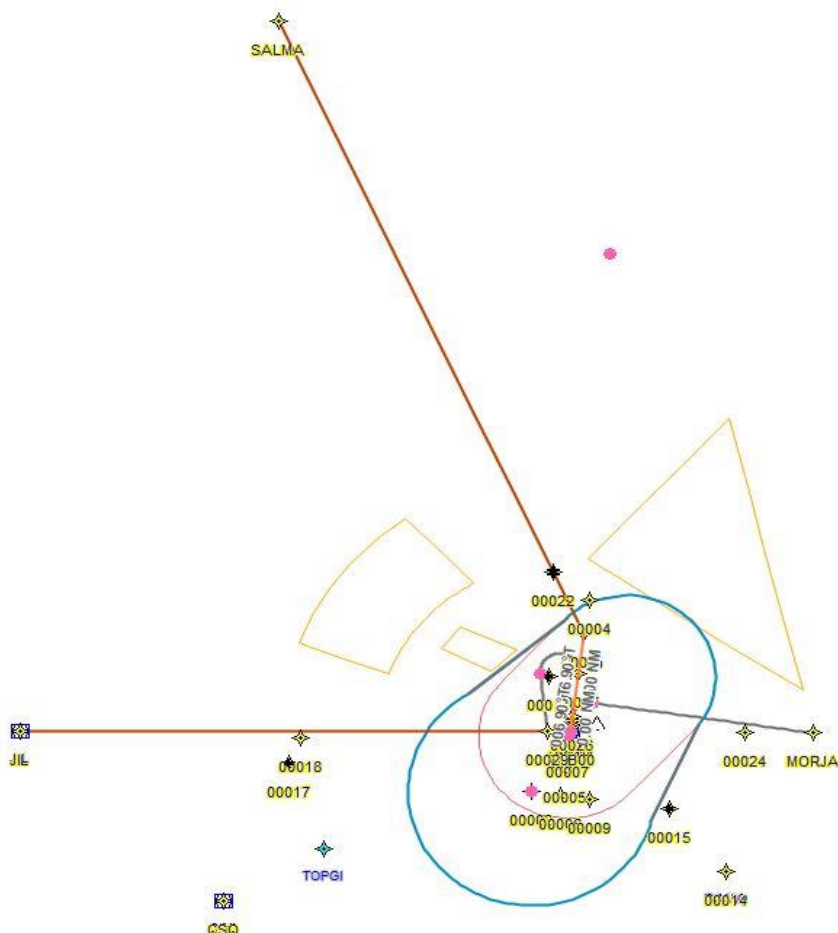


Figure IV-15 : Schéma final des SID

Lister les waypoints

Filtres Nom 25

Identification /	Commentaire	Coordonnées
00000	Coordinates	36°49'09.020"N ~ 007°48'32.010"E
00001	From WP	36°43'11.152"N ~ 007°47'38.215"E
00002	From WP	36°38'12.924"N ~ 007°46'53.435"E
00003	From WP	36°38'48.854"N ~ 007°40'43.339"E
00004	TP 25 Nm THR 36	37°14'11.013"N ~ 007°52'19.315"E
00005	FAF 2000 ft	36°43'06.699"N ~ 007°47'37.553"E
00006	IF 3000 ft	36°38'08.465"N ~ 007°46'52.836"E
00007	MAPt 525 ft	36°47'43.133"N ~ 007°48'19.088"E
00008	MAS TP	36°51'14.868"N ~ 007°48'50.959"E
00009	Coordinates	36°37'32.292"N ~ 007°53'02.835"E
00010	MAS 1000 ft	36°51'55.807"N ~ 007°48'57.127"E
00013	Coordinates	37°00'01.039"N ~ 007°43'55.262"E
00014	Coordinates	36°24'18.000"N ~ 008°22'00.000"E
00015	Coordinates	36°35'51.606"N ~ 008°09'45.820"E
00017	Coordinates	36°43'18.691"N ~ 006°49'24.023"E
00018	From WP	36°47'57.192"N ~ 006°51'43.950"E
00021	SID 3500 ft	37°07'56.617"N ~ 007°51'22.419"E
00022	Coordinates	37°19'12.540"N ~ 007°44'40.396"E
00023	SID 410 ft	36°52'37.535"N ~ 007°49'03.415"E
00024	Coordinates	36°50'01.303"N ~ 008°25'44.441"E
CSO	Over Navaid	36°17'35.990"N ~ 006°36'29.450"E
JIL	Over Navaid	36°47'51.300"N ~ 005°52'31.700"E
MORJA	Coordinates	36°50'00.000"N ~ 008°40'00.000"E
Rw18	DER 36	36°50'42.410"N ~ 007°48'46.070"E
SALMA	Coordinates	39°00'00.000"N ~ 006°43'00.000"E

IV-16 coordonnées des Waypoints

IV.5.4 CONCLUSION

Des départs avec virages ont été réalisés tout en assurant des séparations stratégiques avec les arrivées ainsi qu'une marge de franchissement d'obstacles depuis la DER jusqu'au raccordement avec la phase suivante de vol avec une séparation par rapport aux zones a statut particuliers.

V- CONCLUSION GENERALE

Grâce à la navigation fondée sur les performances **PBN**, nous avons remédiés à plusieurs contraintes opérationnelles liées à la navigation conventionnelle ce qui a permis l'optimisation du trafic aérien et l'augmentation de la capacité de l'espace aérien par la création de nouvelles trajectoires basées sur des points de cheminement.

On a pu également grâce à la position de l'attente d'augmenter la cadence d'approche et d'assurer une séparation considérable avec les zones à statuts particuliers.

Les caractéristiques de la **PBN** ont permis aussi d'assurer des séparations entre les arrivées et les départs.

Et nous avons contribué au sauvetage de la planète ,qui depuis des années fait face au réchauffement climatique du a la pollution de l'air .grâce à la navigation fondé sur les performances on a pu réduire le carburant consommé et l'émission de gaz co2.

VI- LISTE DES ACRONYMES

ACAS :Système anticollision embarqué
ADS-B :Surveillance dépendante automatique en mode diffusion
ADS-C :Surveillance dépendante automatique en mode contrat
AMASS Système de sécurité de l'aire de mouvement de l'aéroport
ANC Conférence sur la navigation aérienne
ANS : Services de navigation aérienne
ANS-SP : Fournisseur de services de navigation aérienne
APV : Approche avec guidage vertical
ASDE : Équipement aéroportuaire de détection de surface
ASMGCS : Systèmes perfectionnés de guidage et de contrôle des mouvements à la surface
ATC : Contrôle de la circulation aérienne
ATS : Services de contrôle de la circulation aérienne
ATM : Gestion de la circulation aérienne
Baro-VNAV : Navigation verticale barométrique
CDO : Opérations en descente continue
CFIT : Impact sans perte de contrôle
CNS/ATM : Communication, navigation et surveillance / Gestion de la circulation Aérienne
DARPS : Système de planification dynamique de la trajectoire de vol d'un Aéronef
DME : Équipement de mesure de la distance
FAA : Fédéral Aviation Authority (États-Unis)
FMS : Système de gestion de vol
GA : Aviation générale
GBAS : Système de renforcement au sol
GNSS : Système de navigation par satellite
GPS : Système mondial de localisation
HUD : Visualisation tête haute
IFR : Règles de vol aux instruments
ILS : Système d'atterrissage aux instruments
INS : Système de navigation par inertie
LAAS : Local Area Augmentation System
LORAN : Navigation à longue distance
LNAV : Navigation latérale
LP : Performance d'alignement de piste
LPV : Précision latérale avec guidage vertical
NDB : Radiophare non directionnel
NPA : Approche de non-précision
OACI : Organisation de l'aviation civile internationale
PA : Approche de précision
PANS-OPS : Procédures pour les services de navigation aérienne —

PBN : Navigation fondée sur les performances
RNAV : Navigation de surface
RNP : Qualité de navigation requise
RNP APCH : Qualité de navigation requise pour l'approche
RNP AR APCH : Qualité de navigation requise – Autorisation requise pour l'approche
SBAS : Système de renforcement satellitaire
SID : Départ normalisé aux instruments
SIS : Signaux électromagnétiques
STAR : Arrivée normalisée aux instruments
TBO : Opérations basées sur trajectoire
VHF : Très haute fréquence
VOR : Radiophare omnidirectionnel très haute fréquence (VHF)
VNAV : Navigation verticale
VSD : Affichage de situation verticale
WAAS : Système de renforcement à couverture étendue

DÉFINITIONS

Sont données ci-dessous, les définitions réglementaires ainsi que des commentaires et explications relatifs à ces définitions.

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

Aire secondaire : Aire définie 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. 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.

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

Altitude/hauteur de procédure : Altitude ou hauteur, spécifiée pour l'exploitation, élaborée de manière à tenir compte des contraintes de la circulation aérienne et à permettre une descente continue sur le segment d'approche finale, selon une pente/un angle de descente prescrit. Elle est obligatoirement égale ou supérieure à l'altitude/hauteur minimale de franchissement d'obstacles du segment concerné.

Altitude/ hauteur minimale de franchissement d'obstacles : Altitude/hauteur assurant la marge de franchissement requise au dessus de tous les obstacles situés dans l'aire de protection du segment de procédure considéré.

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

Commentaires : L'OCH sert de base au calcul de la hauteur minimale de descente (MDH) ou de la hauteur de Décision (DH). Ces deux valeurs MDH et DH, liées à la réglementation sur les minimums opérationnels, englobent également des considérations liées à l'utilisation et aux performances des aéronefs. Elles ne peuvent pas être inférieures à l'OCH.

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

Approche finale en descente continue (CDFA) : Technique compatible avec les procédures d'approche stabilisée, selon laquelle le segment d'approche finale d'une procédure d'approche classique aux instruments

est exécuté en descente continue, sans mise en palier, depuis une altitude/hauteur égale ou supérieure à l'altitude/hauteur du repère d'approche finale jusqu'à un point situé à environ 15 m (50 ft) au-dessus du seuil de la piste d'atterrissage ou du point où devrait débiter la manœuvre d'arrondi pour le type d'aéronef considéré.

Marge minimale de franchissement d'obstacles (MFO) : Distance verticale spécifiée, destinée à compenser pour le survol des obstacles lors d'une phase de vol aux instruments, les tolérances et les imprécisions admises dans l'évaluation de la position verticale et dans la conduite d'un aéronef.

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

Niveau de vol (FL) : Surface isobare, liée à une pression de référence spécifiée, soit 1013.2 hPa, et séparée des autres surfaces analogues par des intervalles de pression spécifiés.

Note 1 : Un altimètre barométrique étalonné d'après l'atmosphère type :

a) **calé sur le QNH**, indique l'altitude,

b) **calé sur le QFE**, indique la hauteur par rapport au niveau de référence QFE,

c) **calé sur une pression de 1013.2 hPa** peut être utilisé pour indiquer les niveaux de vol.

Note 2 : Les termes « hauteur » et « altitude » utilisés dans la note 1 ci-dessus désignent des hauteurs et des altitudes altimétriques et non géométriques.

Point d'approche interrompue (MAPT) : Point d'une procédure d'approche aux instruments (classique) auquel ou avant lequel la procédure prescrite d'approche interrompue doit être amorcée afin de garantir la marge de franchissement d'obstacles en approche interrompue.

Point de cheminement (WP) : Repère spécifié, défini par ses coordonnées géographiques (exprimées en degrés, minutes, secondes), utilisé pour définir une trajectoire RNAV.

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

Procédure en hippodrome : Procédure suivant une trajectoire nominale composée de deux demi-cercles, raccordés par deux segments de droite. Cette procédure est conçue pour permettre à l'aéronef de perdre de l'altitude sur le segment d'approche initiale et/ou le placer sur le segment en rapprochement lorsqu'il est trop difficile de lui faire amorcer une procédure d'inversion

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

Seuil de piste : Début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage. C'est l'origine de la longueur de piste utilisable pour l'atterrissage (LDA) publiée.

VII- BIBLIOGRAPHIE

- Document ENNA<<Plan d'action ENNA pour la mise en œuvre PBN (court terme)>>[1]
- Site internet de l'ENNA www.enna.dz.com .[2]
- Document OACI 8168 OPS/611<< EXPLOITATION THECNIQUE DES AERONEFS VOL II >>[3]
- Document ENAC (cours ENAC module-RNAV) , 2013[4]
- Document OACI 9613 AN/937[5]
- Document OACI <<mise en œuvre de concept PBN de l'OACI et la stratégie de navigation associé >>2013[6]
- Le site <https://fr.slideshare.net/MathieuPeyrga/cours-gnss>[7]
- mémoire de fin d'étude <<Elaboration d'un schéma de circulation en navigation en navigation basée sur la performance (PBN) pour l'aéroport AHMED BEN BELLA [8]
- Le site <https://www6.inrae.f>[9]
- Le site <http://www.acop.net/>[10]