

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université De Blida

Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales



Mémoire
De Fin D'études

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER en
Aéronautique

Thème

Étude d'impact des nouveaux obstacles sur le schéma de
circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger
(Les départs)

Option

Exploitation Aéronautique

Fait par :

Mr. BAZEMMAL Slimane
Mr. BOUHAREB Hamza Amine

Dirigé par :

Mr. ELALOUANI
Mr. DRIUCHE

Promotion 2015

REMERCIEMENT

Je remercie le bon Dieu le tout puissant d'avoir guidé mes pas vers les portes du savoir tout en illuminant notre chemin, et de nous avoir accordé la foi et la force, secret de l'achèvement de notre travail dans des bonnes conditions.

On remercie chaleureusement notre promoteur Monsieur : DRIOUECHE pour ces conseils judicieux et ces orientations précieuses durant l'élaboration du présent mémoire.

D'après cette période de travail on tient à remercier aussi notre encadreur Monsieur ELALOUANI Mohamed pour leur soutien ainsi leur temps qui nous a offert à fin terminer ce travaille

L'ensemble des enseignants de l'IAES de BLIDA qui nous ont encadrés durant nos années d'études.

Tous les responsables de la direction du centre universitaire de BLIDA.

Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles nous ont fait vivre durant ces six mois au sein de l'établissement National de la Navigation Aérien (Direction de la Circulation Aérienne) et on site parmi : Monsieur DJAATOUF, Monsieur DERRADJI, ...

Ainsi que l'ensemble du personnel de DCA D'ALGER pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ces quatre mois et on site parmi : Mme Ilham, Mme Aicha, Monsieur Walid, Monsieur Aziz, ...

Messieurs les membres de jury qui nous ferons l'honneur de juger notre travail.

Merci

Dédicace

*Je dédie ce travail en exprimant ma gratitude et mon amour à mes **chers parents** pour leur soutien moral et matériel.*

Que DIEU leurs donne une longue vie et un parfait état de santé.

*A mon grand frère **Brahim, Moussa et Lokmane** et à toute la famille **BAZEMMAL** ainsi que la famille **BENGA***

*A mon binôme **Hamza amine** et ça famille **BOUCHAREB***

A mes amis

A mes amis de la promo 2015

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail

BAZEMMAL Slimane

Dédicace

*Je dédie ce travail en exprimant ma gratitude et mon amour à mes **chers parents** pour leur soutien moral et matériel.*

Que DIEU leurs donne une longue vie et un parfait état de santé.

*A mon petit-fils **MAHDI***

*A mon grand frère **Adel***

A mes sœurs

*A mon binôme **Slimane** et ça Famille **BAZEMMAL***

A mes amis

A mes amis de la promo 2015

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail

Résumé:

Le schéma de circulation de l'aérodrome d'Alger a reconçu des nouvelles modifications en raison de la présence des nouveaux obstacles au voisinage de l'aérodrome, y compris le minaret « Djamaa EL Djazzair, ainsi que la raffinerie d'Alger qui présentent un danger pour la sécurité aérienne.

D'après cela, nous avons reconstruire des nouveaux départs pour l'aérodrome d'Alger en tenant compte de ces nouveaux obstacles, selon les normes et les pratiques recommandées par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

Abstract:

The flow diagram for the airport of Algiers has designed new changes due to the presence in new obstacles in the vicinity of the aerodrome, including the minaret "Djamaa EL Djazzair and the Algiers refinery that poses a threat to aviation safety.

From this we rebuild new departure for Algiers airport taking into account these new obstacles, according to the standards and practices recommended by the Organization of International Civil Aviation.

:

سير الجوية الجزائر العاصمة بتغيرات حديثة نظرا لوجود حواجز جديدة في المنطقة
(الكبير لك مصفاة الجزائر) مما يسبب خطر لسلامة الطيران.

وبهذا قمنا بإعادة هيكلة مسارات جديدة لمطار الجزائر العاصمة بأخذ بعين الاعتبار هذه الحواجز الجديدة وفقا لمخطط المعايير و الممارسات الموصى بها من طرف منظمة الطيران المدني الدولي.

SOMMAIRE

<i>Remerciement</i>	<i>I</i>
<i>Dédicace</i>	<i>II</i>
<i>Résumé</i>	<i>IV</i>
<i>Sommaire</i>	<i>V</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>VIII</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>XI</i>
<i>Les Acronymes</i>	<i>XII</i>
<i>Introduction générale</i>	<i>1</i>

Chapitre I : Généralité sur les procédures de départ

<i>I.1. Introduction</i>	<i>2</i>
<i>I.2. Définitions des expressions</i>	<i>2</i>
<i>I.3. Définition des logiciels</i>	<i>4</i>
<i>I.4. Définition de l'organisation</i>	<i>6</i>
<i>I.5. Positionnement des seilles des pistes par rapport à l'ARP</i>	<i>7</i>
<i>I.6. Positionnement des moyennes radionavigations par rapport à l'ARP</i>	<i>9</i>
<i>I.7. Positionnement des obstacles par rapport à l'ARP</i>	<i>11</i>
<i>I.8. Historique de l'ENNA</i>	<i>13</i>
<i>I.9. Présentation de l'ENNA</i>	<i>13</i>
<i>I.9.1. Les missions principales de l'ENNA</i>	<i>14</i>
<i>I.9.2. L'organisation de l'ENNA</i>	<i>15</i>
<i>I.9.3. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DNA)</i>	<i>16</i>
<i>I.9.4. Principaux projet réalisé par L'ENNA</i>	<i>17</i>
<i>I.9.4.1. Projet IEBA</i>	<i>17</i>
<i>I.9.4.2. Projet TRAFCA</i>	<i>17</i>
<i>I.9.5. Sectorisation de l'espace aérien en Algérie</i>	<i>18</i>
<i>I.9.6. Les différentes zones de l'espace aérien</i>	<i>19</i>
<i>I.9.7. Réseau des routes</i>	<i>19</i>
<i>I.9.7.1. Route ATS domestique</i>	<i>19</i>
<i>I.9.7.2. Routes RNAV</i>	<i>20</i>
<i>I.9.8. Établissement de gestion de service aéroportuaire (EGSA)</i>	<i>21</i>

Chapitre II : Présentation du schéma de circulation aérienne actuelle

II.1.Introduction	22
II.2. Les différents schémas de circulation aérienne global de l'aérodrome d'Alger actuel	22
II.3.Interprétation des schémas de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger	23
II.3.1.Départs normalisés aux instruments (SID1,SID2,SID3)	23
II.3.1.1.Départ normalisé aux instruments (SID1)	24
II.3.1.2.Départ normalisé aux instruments(SID2)	24
II.3.1.3.Départ normalisé aux instruments (SID3)	24
II.3.2.Départs normalisés aux instruments (SID4,SID5).....	25
II.3.2.1.Départ normalisé aux instruments(SID4)	26
II.3.2.2.Départ normalisé aux instruments (SID5)	26
II.3.3.Départ normalisé aux instruments(SID6)	27
II.3.4.Départs normalisés aux instruments (SID7,SID8,SID9)	28
II.3.4.1.Départ normalisé aux instruments(SID7)	29
II.3.4.2.Départ normalisé aux instruments (SID8)	29
II.3.4.3.Départ normalisé aux instruments(SID9)	29
II.4.Impacts des nouveaux obstacles sur les départs d'Alger	30

Chapitre III : Impact des obstacles sur le schéma de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger

IV.PARTIE 1 : LES PROCÉDURES DE DÉPART CONVENTIONNELLE POUR L'AÉRODROME D'ALGER

III.1.1. Introduction	31
III.1.2. Critères généraux pour les procédures de départ.....	31
III.1.3.Principe de conception	31
III.1.3.1.Départ en ligne droite	31
III.1.3.2.Départ avec virage	32
III.1.4.Les Repères	33
III.1.4.1.Repère pour « VOR » ou « NDB » avec « DME ».....	33
III.1.4.2.Tolérance des repères :	34
iii.1.4.2.1. Tolérance de vor :	34
iii.1.4.2.2. Tolérance de ndb :	35
III.1.5.Construction des départs pour l'aérodrome d'Alger Houari-Boumediene :	36
III.1.5.1.Construction de virage à un point de 400ft au minimum :	36
iii.1.5.1.1. Paramètre de virage	37
III.1.5.1.2.Calcul de rayon de virage.....	37

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Généralité sur les procédures de départ aux instruments

Figure I.1 : Surface de logiciel AUTOCAD	4
Figure I.2 : surface de logiciel DEMETER	5
Figure I.3 : surface de logiciel SERVAERO	5
Figure I.4 : surface de logiciel EARTHGOOGLE	6
Figure I.5 : l'ARP	7
Figure I.6 : Distance entre piste 092° et l'ARP	7
Figure I.7 : Distance entre piste 272° et l'ARP	8
Figure I.8 : Distance entre piste 053° et l'ARP	8
Figure I.9 : Distance entre piste 233° et l'ARP	9
Figure I.10 : Distance entre le moyen DVOR/DME(SDM) et l'ARP	9
Figure I.11 : Distance entre le moyen DVOR/DME(ALR) et l'ARP	10
Figure I.12 : Distance entre le moyen NDB(SMR) et l'ARP	10
Figure I.13 : Distance entre le moyen BNA (NDB) et l'ARP	11
Figure I.14 : Distance entre l'obstacle 01 et l'ARP	11
Figure I.15 : Distance entre l'obstacle 02 et l'ARP	12
Figure I.16 : Distance entre l'obstacle 03 et l'ARP	12
Figure I.17 : Distance entre l'obstacle 04 et l'ARP	13
Figure I.18 : Service de secours (gauche) et l'approche d'aérodrome (droite)	14
Figure I.19 : l'organigramme de l'organisation de l'ENNA	15
Figure I.20 : Le CCR (gauche) et le radar (droite)	16
Figure I.21 : Organigramme de la DENA	16
Figure I.22 : La carte de sectorisation de l'espace aérien d'Alger	19
Figure I.23 : Route ATS domestique utilisée par les aéronefs civils	20
Figure I.24 : Route ATS domestique utilisée par les aéronefs pour la desserte ou le transit	20
Figure I.25 : Une route RNAV	20

Chapitre II : Présentation du schéma de Circulation aérienne actuel de l'aérodrome d'Alger

Figure II.1 : Carte de départ normalisé aux instruments (SID) -OACI	22
Figure II.2 : Carte de JEPPSEN de DAAG / ALG pour SID1, SID2, SID3	23
Figure II.3 : Carte de JEPPSEN de DAAG / ALG pour SID4, SID5	25
Figure II.4 : Carte de JEPPSEN de DAAG / ALG pour SID6	27
Figure II.5 : Carte de JEPPSEN de DAAG / ALG pour SID7, SID8, SID9	28
Figure II.6 : Distance entre seuil de piste 09 et les deux obstacles (le minaret et La torche de la raffinerie 120)	30

CHAPITRE III : Impacte des nouveaux obstacles sur le schéma de circulation aérienne de l'Aérodrome d'Alger

Figure III.1 : Départ en ligne droite (installation en arrière)	32
Figure III.2 : Positionnement de plus de deux DME-DME	33
Figure III.3 : Aire de tolérance de repère à la verticale d'un VOR	35
Figure III.4 : Aire de tolérance de repère à la verticale d'un NDB	35
Figure III.5 : Début de construction de limite extérieure	39
Figure III.6 : Construction de limite extérieure de virage	40
Figure III.7 : Protection de limite intérieure de virage	41
Figure III.8 : Altitude verticale obstacle	42
Figure III.9 : Types de waypoint	47
Figure III.10 : Départ en ligne droite (installation en arrière)	47
Figure III.11 : 1 ^{er} point RNAV WP FLY-OVER	48
Figure III.12 : Longueur Minimale du 1 ^{er} segment FLY-BY WP	49
Figure III.13 : 2 ^{eme} point RNAV WP FLY-BY	50
Figure III.14 : 3 ^{eme} point RNAV WP FLY-OVER (virage à gauche)	51
Figure III.15 : Virage à 90° suivie d'un TF vers la gauche	52
Figure III.16 : 4 ^{eme} point RNAV WP FLY-OVER (virage à gauche)	53
Figure III.17 : Virage à un FLY-OVER suivi d'un DF vers gauche	54
Figure III.18 : 3 ^{eme} point RNAV WP FLY-OVER (virage à droit)	55
Figure III.19 : Virage à 90° suivie d'un TF vers la droite	56
Figure III.20 : 4 ^{eme} point RNAV WP FLY-OVER (virage à droit)	58
Figure III.21 : Virage à un FLY-OVER suivi d'un DF vers la droite	58
Figure III.22 : Faible angle de virage — méthode d'arcs circulaires	60
Figure III.23 : Fusion de segments de largeur différente	60

CHAPITRE IV : Démonstration de logiciel DEMETER et la simulation

Figure IV.1 : Distance de stabilisation entre deux WP	61
Figure IV.2 : Transition entre WP(1) FLYOVER et WP(2) FLY BY	63
Figure IV.3 : Codage des procédures	64
Figure IV.4 : Trackbetween Fixes (TF)	67
Figure IV.5 : Direct to Fix (DF)	68

Figure IV.6 : Course to Fix (CF)	68
Figure IV.7 : Course to Altitude (CA)	69
Figure IV.8 : Course to Altitude (CA)	70
Figure IV.9 : La couverture horizontale du moyen	73
Figure IV.10 : La couverture verticale du moyen	73
Figure IV.11 : Couverture horizontale de la trajectoire RNAV dans le rayon de 15NM	74
Figure IV.12 : L'aire de protection de la trajectoire RNAV	75
Figure IV.13 : Positionnement des deux stations DME (ALR et SDM)	75
Figure IV.14 : La couverture de deux DME jusqu'à 10000ft	76
Figure IV.15 : La couverture de deux DME jusqu'à 60000ft	76

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : Généralité sur les procédures de départ aux instruments

Tableau I.1: Sectorisation de l'espace aérien	18
--	----

CHAPITRE III : Impacte des nouveaux obstacles sur le schéma de circulation aérienne de l'Aérodrome d'Alger

Tableau III.1: Les paramètres de virage	41
Tableau III.2: Paramètre de 2eme WP	49
Tableau III.3: Paramètre de virage à gauche	51
Tableau III.4 : Paramètre de 2eme virage à gauche	53
Tableau III.5: Paramètre de virage à droit	55
Tableau III.6 : Paramètre de 4eme WP à droite	55

CHAPITRE IV : Démonstration de logiciel DEMETER et la simulation

Tableau IV.1: waypoint Codés selon l'ARINC	62
Tableau IV.2: waypoint Codés avec la carte procédure	62
Tableau IV.3: Path-Terminator pour la trajectoire RNAV	65
Tableau IV.4 : Path-Terminator pour toutes les trajectoires	66
Tableau IV.5: Séquence de code parcours-extrémité	69
Tableau IV.6 : code parcours-extrémité (données requises)	71
Tableau IV.7 : Codage de la trajectoire RNAV	72

A

AMSL	Au-dessus de niveau moyen de la mer
ARP	Point de référence d'aérodrome
ATC	Control de la circulation aérienne
ATS	Service de la circulation aérienne
ATT	Tolérance d'écart longitudinal

D

DER	Extrémité départ de la piste
DME	Dispositif de mesure de distance

F

FL	Niveau de vol
FMC	Ordinateur de gestion de vol
FTE	Erreur technique de vol
FTP	Point de seuil fictif
FTT	Tolérance technique de vol

I

IFP	Procédure de vol aux instruments
IFR	Règle de vol aux instruments
IMC	Condition météorologiques de vol aux instruments
ISA	Atmosphère type international

M

MSA	Altitude minimale de secteur
MSD	Distance minimale de stabilisation
MSL	Niveau moyen de la mer

N

NDB	Radiophare non directionnel
-----	-----------------------------

O

OAS	Surface d'évaluation d'obstacles
OCS	Surface de franchissement d'obstacle
OFZ	Zone dégagée d'obstacle
OLS	Surface d'identification d'obstacles

P

PBN	Navigation fondée sur les performances
PDG	Pente de calcul de procédure

Liste des acronymes

R

RNAV	Navigation de surface
R	Taux de virage
RNP	Qualité de navigation requise
RSS	Racine carrée de la somme des carrés

S

SA	Air de sécurité
SOC	Début de montée
ST	Tolérance de calcul du système

T

TA/H	Virage à une altitude/hauteur
TP	Point de virage

V

VI	Vitesse indiquée
VOR	Radiophare omnidirectionnel VHF
VV	Vitesse vraie

W

WD	Distance du point de cheminement
----	----------------------------------

X

XTT	Tolérance d'écart latéral
-----	---------------------------

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre des modifications du schéma de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger et suite à la présence des nouveaux obstacles aux abords de cet aérodrome notamment (le minaret « Djamaa EL Djazzair » et la Raffinerie d'Alger) qui présentent un danger pour la sécurité aérienne, il s'avère nécessaire de trouver des solutions techniques pour ce schéma notamment les procédures de départs aux instruments qui sont touchés par ces modifications, nos solutions sont comme suit :

1) Garder le même schéma de circulation (les mêmes procédures de départs) et imposer des pentes ATS pour survoler les dites obstacles.

2) Proposition des nouvelles procédures de départ qui sont les procédures de départ RNAV (DME-DME) (mettre des points de cheminement de telle façon qu'on évitera le survol de ces obstacles ou au moins ressortir les dites obstacle des trajectoires nominales des procédures qui sont impactés par ces obstacles. Les stations DME prises en compte sont ALR et SDM.

Notre travail sera organisé comme suit :

– Introduction

– Chapitre I : Généralité sur les procédures de départ aux instruments.

– Chapitre II : Présentation du schéma de circulation aérienne actuel de l'aérodrome d'Alger

– Chapitre III : Impact des obstacles sur le schéma de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger.

– Chapitre IV : Démonstration de logiciel DEMETER et la simulation.

– Conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur les procédures de départ

<i>I.1. Introduction.....</i>	<i>2</i>
<i>I.2.Définitions des expressions</i>	<i>2</i>
<i>I.3.Définition des logiciels.....</i>	<i>4</i>
<i>I.4.Définition de l'organisation.....</i>	<i>6</i>
<i>I.5. Positionnement des seilles des pistes par rapport à l'ARP.....</i>	<i>7</i>
<i>I.6. Positionnement des moyennes radionavigationspar rapport à l'ARP</i>	<i>9</i>
<i>I.7. Positionnement des obstaclespar rapport à l'ARP</i>	<i>11</i>
<i>I.8. Historique de l'ENNA</i>	<i>13</i>
<i>I.9. Présentation de l'ENNA</i>	<i>13</i>
<i>I.9.1. Les missions principales de l'ENNA</i>	<i>14</i>
<i>I.9.2. L'organisation de l'ENNA</i>	<i>15</i>
<i>I.9.3. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne(DENA)</i>	<i>16</i>
<i>I.9.4. Principaux projet réalisé par L'ENNA</i>	<i>17</i>
<i>I.9.4.1.Projet IEBA.....</i>	<i>17</i>
<i>I.9.4.2.Projet TRAFCA.....</i>	<i>17</i>
<i>I.9.5. Sectorisation de l'espace aérien en Algérie.....</i>	<i>18</i>
<i>I.9.6. Les différentes zones de l'espace aérien</i>	<i>19</i>
<i>I.9.7. Réseau des routes.....</i>	<i>19</i>
<i>I.9.7.1. Route ATS domestique.....</i>	<i>19</i>
<i>I.9.7.2. Routes RNAV.....</i>	<i>20</i>
<i>I.9.8. Établissement de gestion de service aéroportuaire(EGSA)</i>	<i>21</i>

1.1. Introduction

Avant toute étude, il est important d'avoir une connaissance globale sur le sujet traité du point de vue général et technique. Ce chapitre a pour rôle de cerner plusieurs approches concernant les procédures de départ. Nous commencerons par des définitions utiles à notre travail. Un plus grand intérêt est consacré aux définitions des termes relié à la conception des procédures de départs notamment procédure de départ en conventionnel et procédure de départ RNAV (DME-DME), une partie de ce chapitre qui traite le positionnement des moyennes radionavigations, des seilles de piste et des obstacles seront données à la fin de ce chapitre.

1.2. Définitions des expressions

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

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

L'aire de mise en virage : C'est une aire dans laquelle l'aéronef exécute une montée en ligne droite afin d'atteindre la MOC requise avant le commencement d'un virage [90 m (295 ft)].

L'aire de virage : est l'aire dans laquelle l'aéronef est considéré comme étant en virage.

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

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

Un départ est dit en ligne droit : lorsque la trajectoire initiale fait un angle maximal de 15° avec le prolongement de l'axe de piste.

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

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

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

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

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

Zone dégagée d'obstacles (OFZ) : Espace aérien situé au-dessus de la surface intérieure d'approche, des surfaces intérieures de transition, de la surface d'atterrissage interrompu et de la partie de la bande de piste limitée par ces surfaces, qui n'est traversé par aucun obstacle fixe, à l'exception des objets légers et frangibles qui sont nécessaires pour la navigation aérienne.

Concept PBN : La PBN est un des éléments habilitants d'un concept d'espace aérien, dont les communications, la surveillance ATS et l'ATM sont aussi des éléments essentiels.

Le concept de navigation fondée sur les performances (PBN) s'appuie sur l'utilisation d'un système de navigation de surface (RNAV).

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

- 1) l'infrastructure d'aides à la navigation ;
- 2) la spécification de navigation ;

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

- 3) l'application de navigation.

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

Les départs RNAV (DME-DME) : Les pilotes d'avions sans GPS, utilisant des capteurs DME/DME sans données d'IRU, ne peuvent pas utiliser leur système RNAV avant que l'avion ait une couverture DME adéquate. Le fournisseur de services de navigation aérienne (ANSP) s'assurera qu'une couverture DME adéquate est disponible sur chaque SID(DME/DME) RNAV à une altitude acceptable. Les parcours initiaux de la SID peuvent être définis sur la base d'un cap.

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

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

La surface d'identification d'obstacles (OIS) : C'est une surface inclinée qui sert à identifier les obstacles dans l'aire de départ. Dans le cas des départs en ligne droite, l'origine de l'OIS est à 5 m (16 ft) au-dessus de la DER. Dans le cas des départs omnidirectionnels, plusieurs OIS sont envisagées.

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

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

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

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

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

1.3. Définition des logiciels

Logiciel AutoCAD :

C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire: industrie, système, cartographie et topographie, électronique, électrotechnique (schémas de câblage), architecture, urbanisme et mécanique.

Il permet en particulier de faire des projections et donc de représenter un objet 3D sous forme de plan.

Par ailleurs, il a une flopée d'options permettant d'utiliser des composants standards (ou non) et de sortir une liste des composants nécessaire à la fabrication d'un objet.

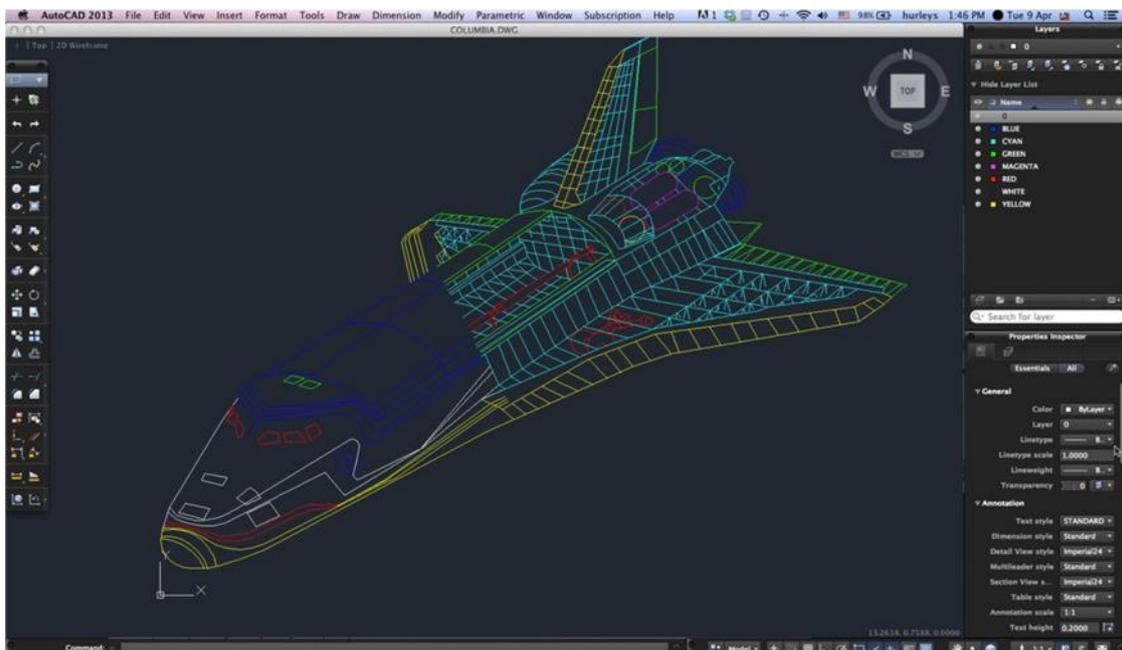


Figure I.1 : Surface de logiciel AUTOCAD

Logiciel DEMETER :

DEMETER c'est un logiciel technique a des paramètres de configuration qui sont utilisées au cours de l'exécution du programme concernant : minimales, maximales et les valeurs par défaut pour être utilisé sur Les opérations et les calculs Déméter.

Il fonction à partir d'une base de donnée bien défini pour permettre avoir des couvertures précise pour des moyennes radionavigations.

Il existe un moyen aussi pour simuler des obstacles sur les résultats des calculs.

Logiciel DEMETER peut connaître les différentes hauteurs de terrain près de un point pour la création ou le positionnement des aides à la navigation.

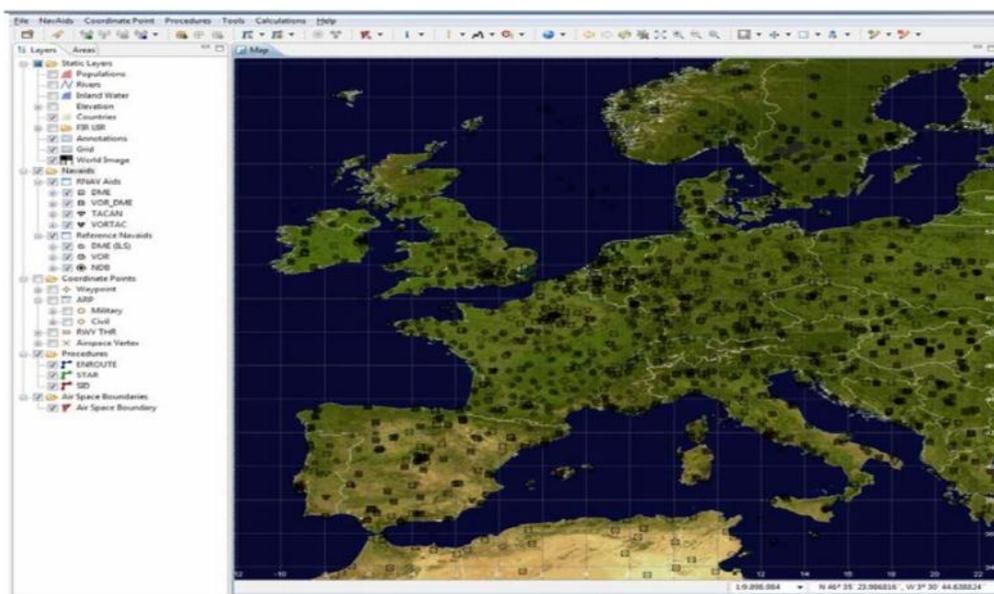


Figure I.2 : surface de logiciel DEMETER

Logiciel SERVAERO :

C'est un logiciel technique qui permet de calculer la distance entre deux points à partir des coordonnées des deux points géographique.

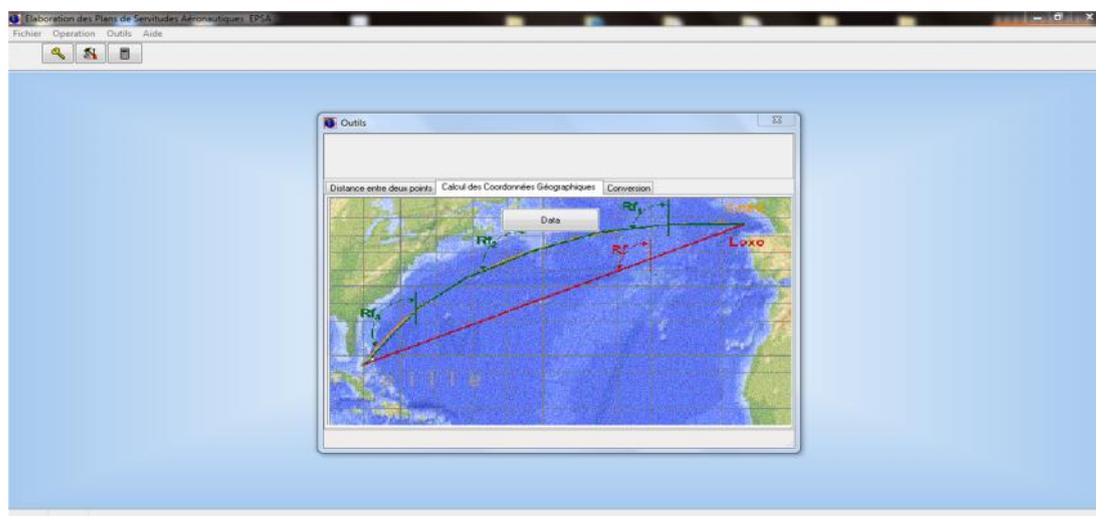


Figure I.3 : surface de logiciel SERVAERO

Logiciel Google Earth :

Google Earth est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Anciennement produit par Keyholeinc., alors d'accès payant, ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix.

Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises. Ainsi un habitant d'une métropole peut localiser son restaurant préféré, obtenir une vue en 3D des immeubles de la métropole, alors que la résolution des photos d'une bonne partie de la Terre est très faible.

La couverture, d'après Google, devrait s'améliorer rapidement. La modélisation en 3 dimensions des constructions, initialement réalisée à l'aide du logiciel SketchUp, est maintenant créée automatiquement à l'aide d'algorithmes utilisant pour une part les prises de vues Street View et des données d'altitude.

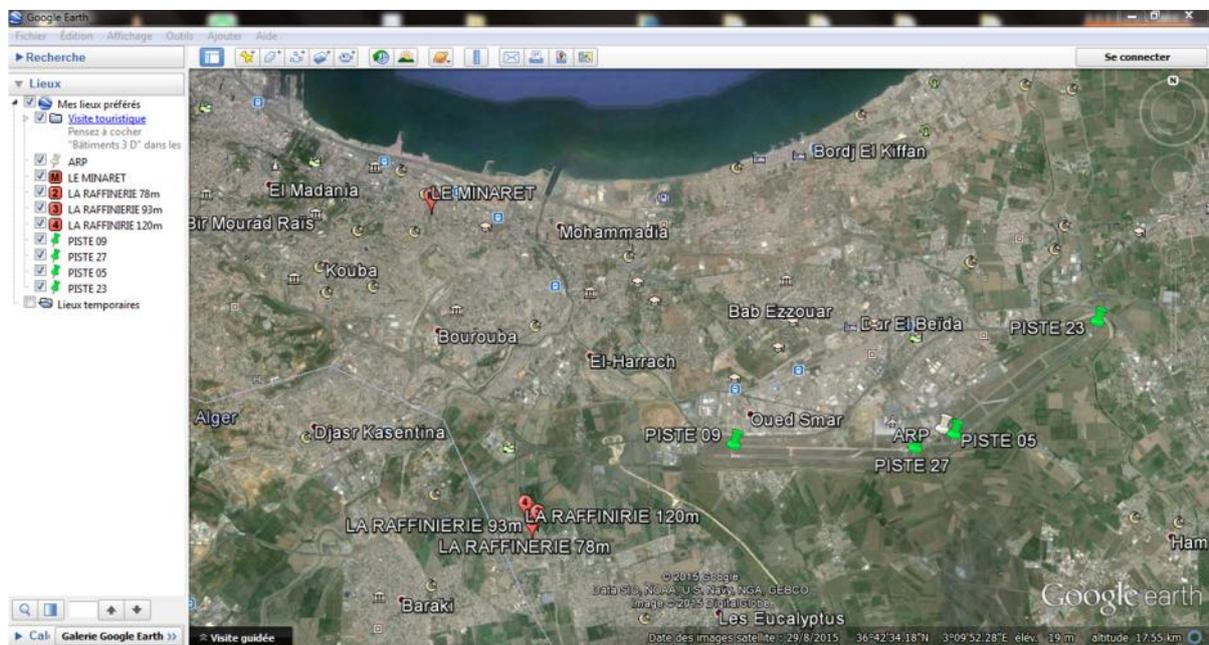


Figure I.4 : surface de logiciel EARTHGOOGLE

1.4. Définition de l'organisation

Eurocontrol :

Eurocontrol ou Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne est une organisation intergouvernementale européenne, fondée en 1963, dont le siège est situé à Bruxelles.

Sa mission est d'harmoniser et d'unifier la gestion de la navigation aérienne en Europe, en promouvant un système uniforme pour les usagers civils et militaires, dans des conditions de sécurité maximale tout en minimisant les coûts et les impacts environnementaux.

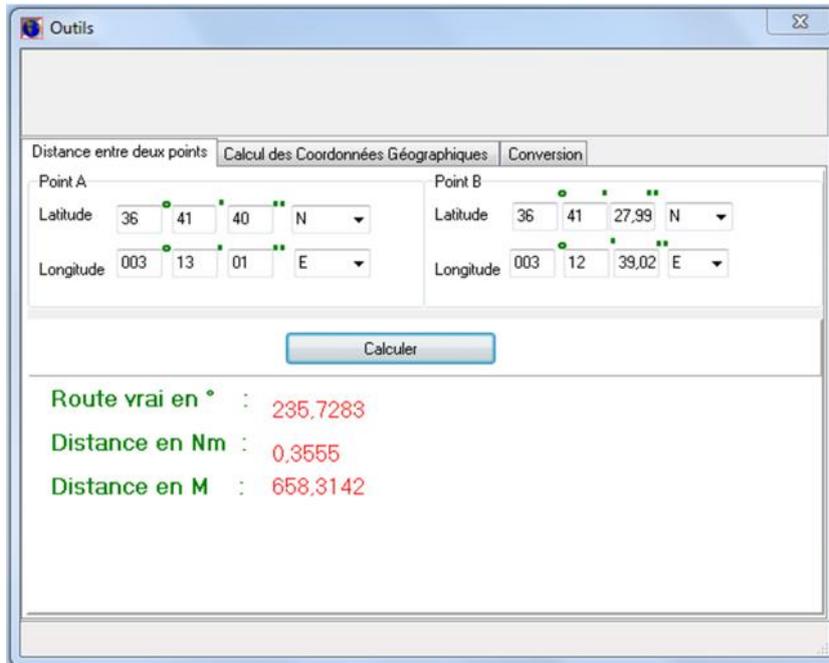


Figure I.7 : Distance entre piste 272° et l'ARP

Piste05 (053°) :

Latitude : 36°41'36,43"N
 Longitude : 003°13'10,22"E
 Route Vrai en (°) : 115,7755
 Distance en (NM) : 0,1368
 Distance en (M) : 253,4089

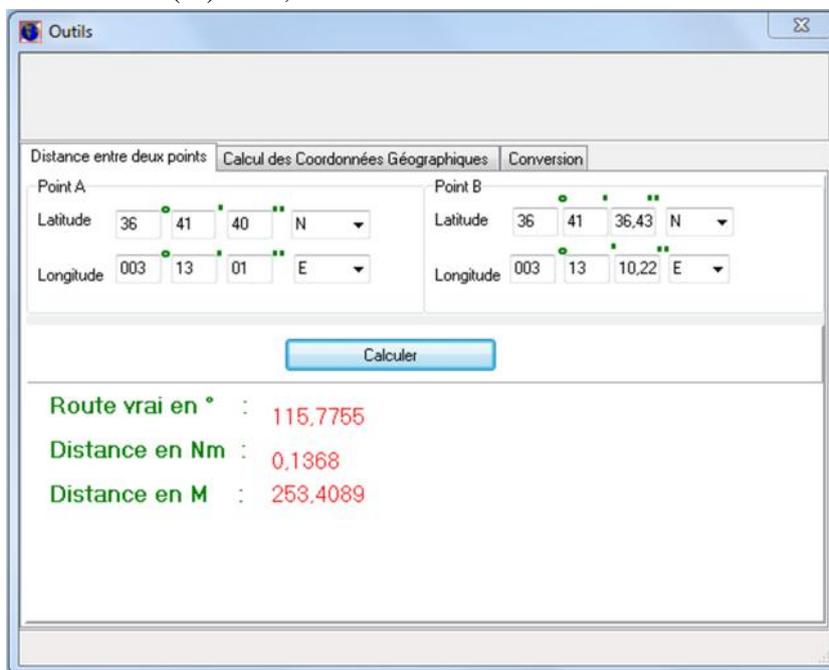


Figure I.8 : Distance entre piste 053° et l'ARP

Piste23 (233°) :

Latitude : 36°42'47,75"N
 Longitude : 003°15'07,09"E
 Route Vrai en (°) : 56,1704
 Distance en (NM) : 2,0282

Distance en (M) : 3756,2865

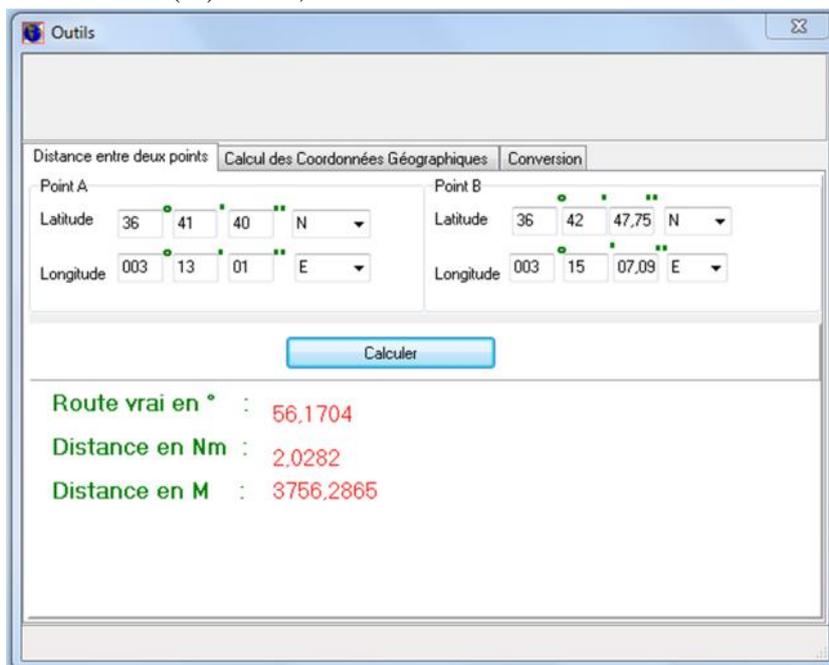


Figure I.9 : Distance entre piste 233° et l'ARP

I.6. Positionnement des moyennes radionavigations par rapport à l'ARP

SDM (DVOR/DME) :

Latitude: 36°37'47,69"N
 Longitude : 002°58'21,50"E
 Route Vrai en (°) : 251,7743
 Distance en (NM) : 12,3795
 Distance en (M) : 22926,8915

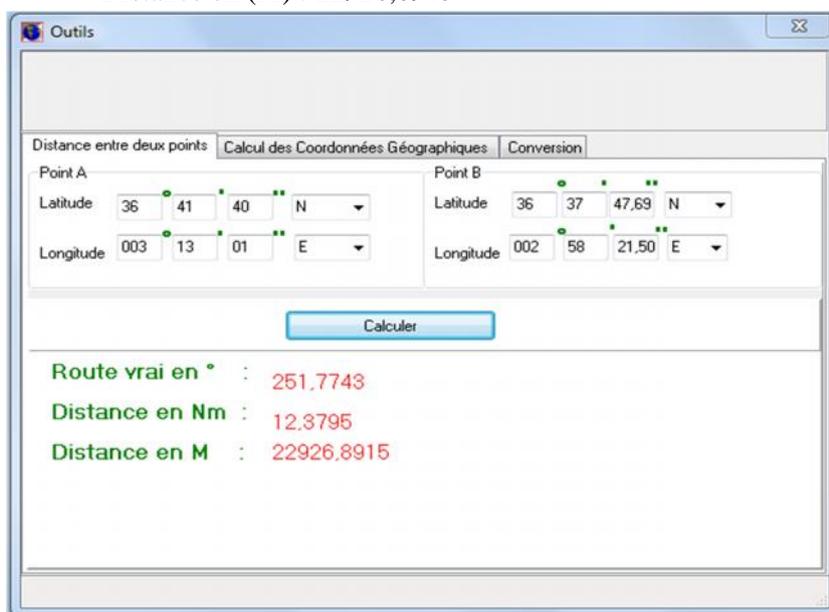


Figure I.10 : Distance entre le moyen DVOR/DME(SDM) et l'ARP

ALR (DVOR/DME) :

Latitude : 36°41'27,59"N
 Longitude : 003°12'55,73"E
 Route Vrai en (°) : 198,8043

Distance en (NM) : 0,2185

Distance en (M) : 404,6538

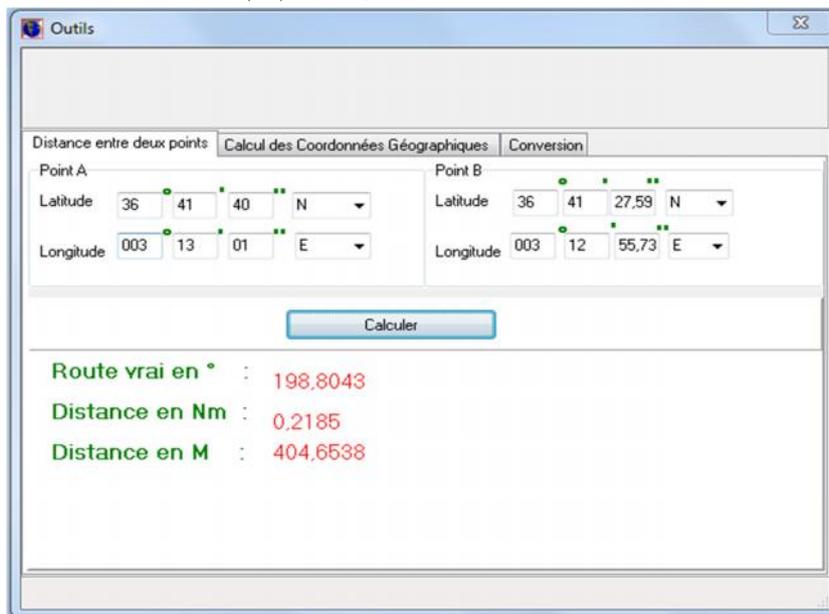


Figure I.11 : Distance entre le moyen DVOR/DME(ALR) et l'ARP

SMR (NDB) :

Latitude : 36°41'34,39"N

Longitude : 003°05'23,54"E

Route Vrai en (°) : 269,1238

Distance en (NM) : 6,1142

Distance en (M) : 11323,5418

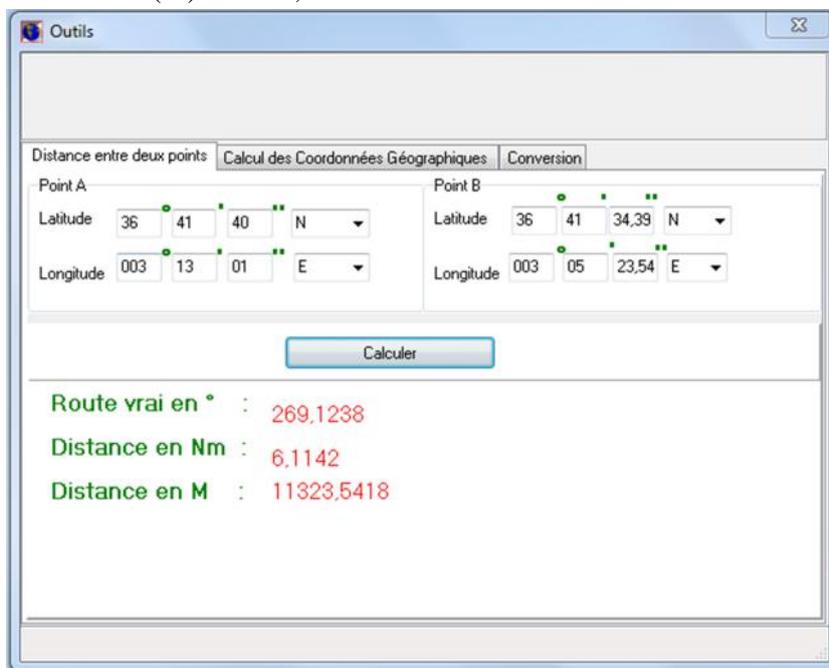


Figure I.12 : Distance entre le moyen NDB(SMR) et l'ARP

BNA(NDB) :

Latitude : 36°39'04,67"N

Longitude : 003°35'29,48"E

Route Vrai en (°) : 98,1727

Distance en (NM) : 18,2109

Distance en (M) : 3372,6759

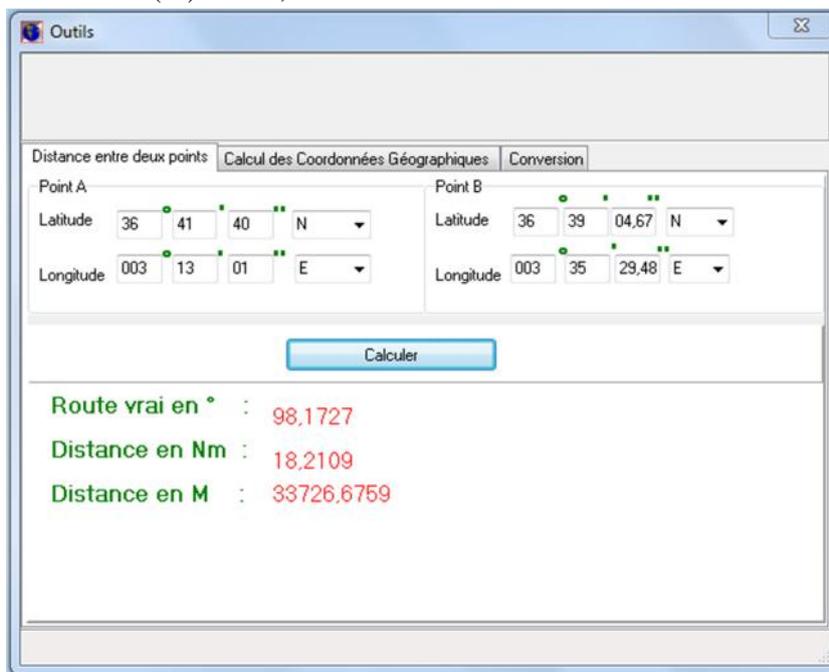


Figure I.13 : Distance entre le moyen BNA (NDB) et l'ARP

I.7. Positionnement des obstacles par rapport à l'ARP

L'obstacle 01 : (Le MINARET de la Grande mosquée d'Alger) :

Latitude : 36°44'8,62"N

Longitude : 003°08'16,99"E

Route Vrai en (°) : 303,1363

Distance en (NM) : 4,5314

Distance en (M) : 8392,126

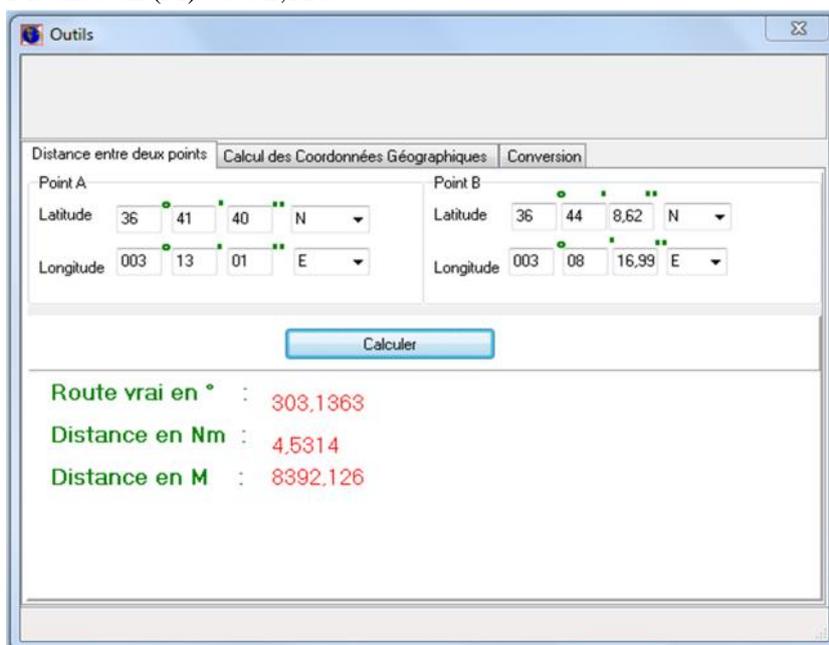


Figure I.14 : Distance entre l'obstacle 01 et l'ARP

L'obstacle 02 : (Raffinerie de 78m) :

Latitude : 36°40'38,7821"N

Longitude : 003°07'37,5935"E

Route Vrai en (°) : 256,7186
Distance en (NM) : 4,4412
Distance en (M) : 8225,1662

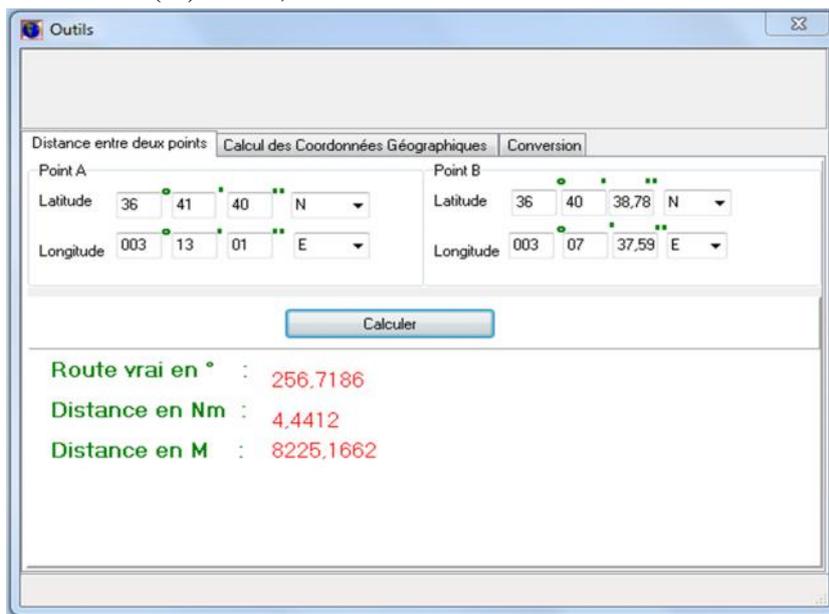


Figure I.15 : Distance entre l'obstacle 02 et l'ARP

L'obstacle 03 : (Raffinerie de 93m) :
Latitude : 36°40'44,9383"N
Longitude : 003°07'42,0197"E
Route Vrai en (°) : 257,852
Distance en (NM) : 4,3609
Distance en (M) : 8076,3768

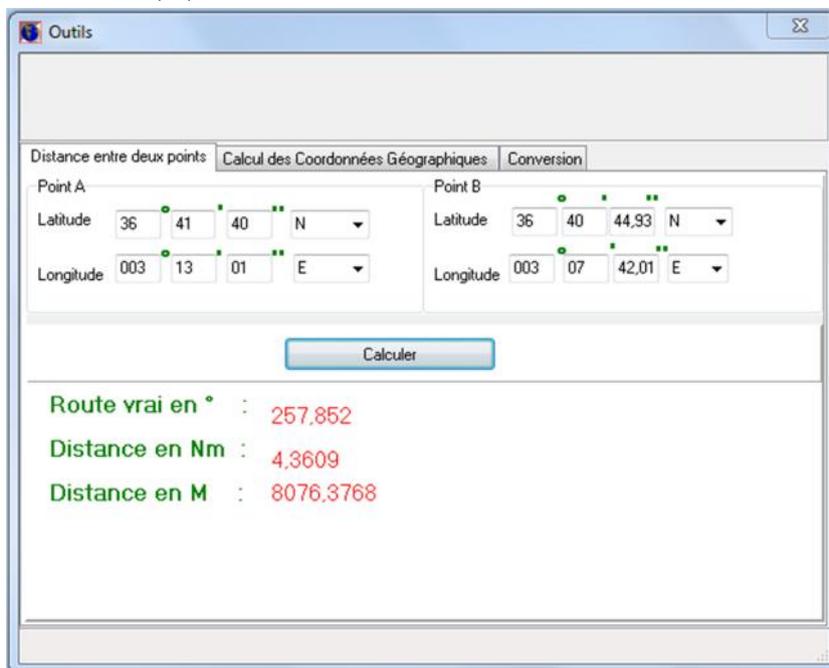


Figure I.16 : Distance entre l'obstacle 03 et l'ARP

L'obstacle 04 : (Raffinerie de 120m) :
Latitude : 36°40'50,8978"N
Longitude : 003°07'32,1799"E
Route Vrai en (°) : 259,4514

Distance en (NM) : 4,4703

Distance en (M) : 8278,911

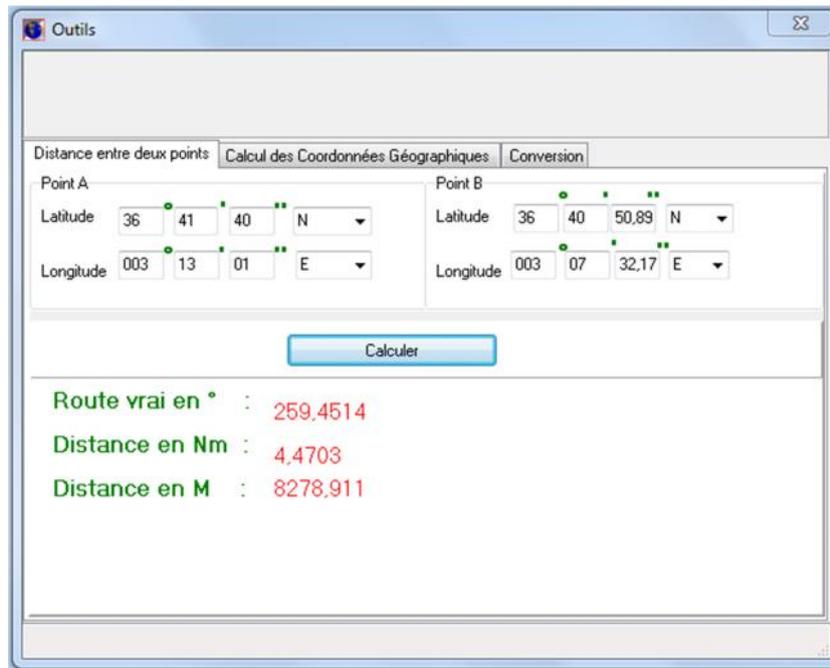


Figure I.17 : Distance entre l'obstacle 04 et l'ARP

1.8. Historique de l'ENNA

Depuis l'indépendance, cinq organismes ont été chargés de la gestion de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie : Organisation de la Gestion de la sécurité aéronautique (**OGSA**), Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (**ONAM**), Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (**ENEMA**), Entreprise Nationale de l'Exploitation de la Sécurité Aéronautique(**ENESA**) et Etablissement National de la Navigation Aérienne(**ENNA**).

L'Organisation de la Gestion de la sécurité aéronautique (**OGSA**) a été créée en 1962 jusqu'à 1968, Le 1er Janvier 1968 l'**OGSA** a été remplacée par l'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (**ONAM**) et puis ce dernier a été remplacé en 1969 par l'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (**ENEMA**), Le 07 mai 1983, on a remplacé la dénomination "**ENEMA**" par l'Entreprise Nationale de l'Exploitation de la Sécurité Aéronautique (**ENESA**), on a même modifié et réaménagé les structures de cette dernière en la séparant de la section météorologique en 1976 et juridiquement en 1983, au 18 mai 1991 l'Entreprise Nationale de l'Exploitation et de la sécurité aéronautique (**ENESA**) a connu une transformation dans sa nature juridique pour devenir un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (**EPIC**) caractérisé par son autonomie financière , avec le nouveau nom: Etablissement National de la Navigation Aérienne (**ENNA**).

1.9. Présentation de l'ENNA

L'**ENNA** est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du ministre des transports, chargé de l'exploitation et de la sécurité du transport aérien en Algérie. L'établissement opère pour le compte et au nom de l'état, en coordination avec les

autorités concernées et les institutions intéressées, il a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne.



Figure I.18 : Service de secours (gauche) et l'approche d'aérodrome (droite)

L'an 2008 l'entreprise étatique a présenté un chiffre d'affaire d'environ 5841.2 Millions de dinars et englobe un effectif de plus de 3000 au total. D'autre part l'établissement est doté d'un ensemble d'équipements de télécommunication et de radio navigation de point regroupant des stations émetteur/récepteur, VHF haute fréquence ainsi que des stations VOR, DME, ILS, NDB et Radiogoniométrie. En outre elle assure une surveillance du territoire algérien par l'intermédiaire de 5 radars de route et un radar d'approche.

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne et de participation à des réunions internationales l'ENNA collabore avec des institutions nationales et internationales, à l'échelle :

Nationale :

- Ministère des transports (direction de l'aviation civile et de la météo) ;
- Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales ;
- ESDAT (Ecole Supérieure de la Défense Aérienne du Territoire).

Internationale :

- OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) ;
- AEFMP (organisation régionale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc et Portugal) ;
- ASECNA (Agence pour la sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar) ;
- EUROCONTROL (Organisation Européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne) ;
- ENAC (Ecole Nationale de l'Aviation Civile à Toulouse).

1.9.1. Les missions principales de l'ENNA

Les missions principales de l'ENNA sont :

- ✓ Assurer le contrôle et la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la CAP (Circulation Aérienne Public) ;
- ✓ Contrôler la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant sous son espace aérien, qu'ils soient en survol, au départ et à l'arrivée sur les aérodromes ;

- ✓ Assurer l'installation et la maintenance des moyens de télécommunication, de radionavigation, les aides à l'atterrissage, les aides visuelles et des équipements d'annexes ;
- ✓ Veillez au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation en vol et au sol des aéronefs, à l'implantation des aérodromes et aux installations relevant de sa mission ;
- ✓ Participer à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aérodromes ainsi que les plans de servitudes aéronautique et radioélectriques et veillez à leur application en coordination avec les autorités concernées ;
- ✓ Donner l'information aéronautique en vol et au sol et diffuser les informations météorologiques nécessaires à la navigation arienne ;
- ✓ Assurer le service de sauvetage et de lutte contre les incendies sur les plates-formes aéronautiques ;
- ✓ Concentrer, diffuser ou retransmettre au plan international les messages d'intérêt aéronautique ou météorologique ;
- ✓ Contribuer à l'effort de développement en matière de recherches appliquées dans les techniques de la navigation aérienne ;
- ✓ Calibrer les équipements de communication de radionavigation et de surveillance au moyen de l'avion laboratoire.

I.9.2. L'organisation de l'ENNA

L'organisation de l'entreprise National de la Navigation Aérienne est structuré selon l'organigramme suivant :

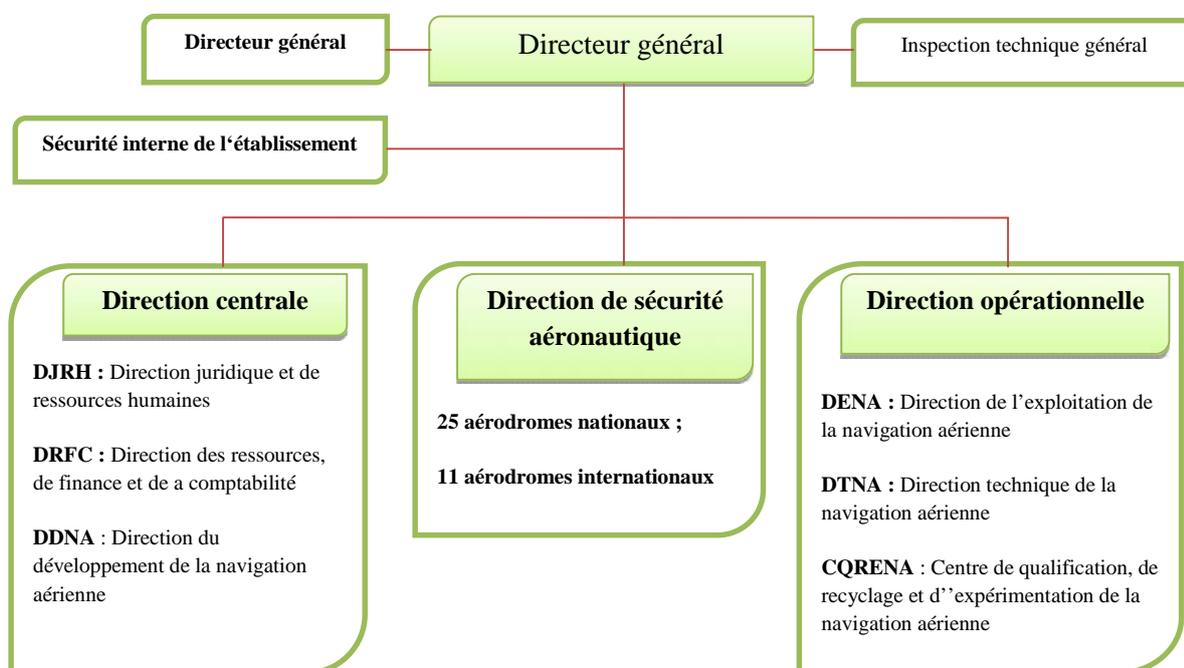


Figure I.19 : l'organigramme de l'organisation de l'ENNA

Les directions centrales se regroupent dans la **DJRH**, **DRFC** et la **DDNA** pour la représentation juridique de l'entreprise et la gestion des ressources humaines, la gestion des

ressources financières et la comptabilité ainsi le développement de la navigation aérienne respectivement.

La **DENA** s'occupe de la direction opérationnelle, elle se charge essentiellement de l'exploitation de la navigation aérienne, la **DTNA** qui assure la direction technique de la navigation aérienne ainsi que le **CQRENA** qui s'occupe de la qualification et du recyclage du personnel technique de la navigation aérienne.

Les services de la circulation aérienne dans les espaces voisins des aéroports assurent le contrôle d'approche. Dans ces espaces peuvent évoluer des avions au départ, qui souhaitent monter, des avions à l'arrivée, qui souhaitent descendre et des avions en transit qui souhaitent maintenir leur altitude, le service de contrôle doit ainsi assurer la comptabilité du trafic en VFR ou IFR.



Figure I.20 : Le CCR (gauche) et le radar (droite)

I.9.3. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne(DENA)

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne contient six départements et un Centre de Contrôle Régional.



Figure I.21 : Organigramme de la DENA

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

1.9.4. Principaux projet réalisé par L'ENNA

1.9.4.1. Projet IEBA

Ce projet a été confié à un groupement ex **ENEL** (Alger) et Siemens (Allemagne), cette dernière société ayant été choisie sur la base de l'étude effectuée préalablement par son bureau d'études et une consultation internationale lancée pour la réalisation Le projet **IEBA** a été classé d'importance nationale par décret 93/270 du 10/11/93. Ce projet est constitué de Phase l'étude et réalisation des balisages lumineux des deux pistes d'atterrissage avec les sous stations d'énergie et un centre de contrôlePhase2Aménagement de la distribution électrique (juillet 1998 - Décembre 2005).

1.9.4.2. Projet TRAFCA

Un des objectifs affichés par le Plan National de la Navigation Aérienne ou **PNNA** de 1989 est d'accroître la capacité et les performances du système de navigation aérienne algérien Pour y parvenir un projet de modernisation de l'espace aérien (**TRAFCA**) a été lancé en 1993.

Les objectifs du projet TRAFCA :

- ✓ améliorer la sécurité de la circulation aérienne ;
- ✓ augmenter la capacité de gestion du trafic aérien ;
- ✓ fournir des outils afin d'assister le contrôleur et d'augmenter la capacité de ce secteur;
- ✓ alléger le volume de travail du contrôleur ;
- ✓ assurer l'intégrité des données ;
- ✓ visualisation intelligente des données de trafic aérien ;
- ✓ réduire la charge des canaux vocaux ;
- ✓ prévoir et réguler le trafic aérien.

Ce projet est constitué de deux parties; **SYRAL** (Système Radar Algérien) pour la partie Radar et **SAACTA** (Système Algérien Automatisé de Contrôle du Trafic Aérien); pour la partie système cette partie comprend également l'équipement et la mise en œuvre d'un centre de qualification pour les besoins de perfectionnement et de recyclage pour le personnel technique de la navigation Aérienne

La partie SYRAL Cette partie comprend principalement la couverture radar de la partie Nord et des Hauts Plateaux de la région d'information de vol d'Alger, par l'acquisition et la mise en service de cinq stations radar secondaires d'une portée de 450 Km. Ces dernières seront installées à Alger, Oran, Annaba, El Bayadh et El Oued et a noter que la station d'Alger comporte un radar primaire complanté avec le secondaire.

La partie **SAACTA** Cette partie du projet **TRAFCA** a porté sur :

- ✓ L'acquisition, l'installation et la mise en service d'équipements pour les besoins du Centre de Contrôle Régional d'Alger (ainsi que des approches des aéroports d'Alger, Oran, Annaba et de Constantine) constitués de systèmes de traitement de

données Radar corrélées avec les données plan de vol, des pupitres d'exploitation, de systèmes, de gestion, des communications téléphonie, de radio et des systèmes d'enregistrement des données ;

- ✓ la mise en œuvre de l'ADS dans la partie sud de la **FIR** Alger (dans une seconde phase) ;
- ✓ la réalisation d'un **CQRENA** (Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne) doté d'équipements pédagogiques : simulateurs de contrôle de trafic aérien pour l'aérodrome et pour le contrôle en route, des laboratoires techniques, un système de développement software. Ce centre permettra en outre, de qualifier le personnel technique chargé de l'exploitation du système **TRAFCA** ainsi que sa maintenance.

1.9.5. Sectorisation de l'espace aérien en Algérie

L'Algérie par son emplacement géographique dans le continent Afrique se trouve au carrefour du trafic aérien EST/OUEST et NORD/SUD, cet emplacement stratégique lui permet d'occuper la place d'un partenaire incontournable dans les grandes rencontres qu'organise l'OACI (Organisation de l'Aviation Civil International) et dont elle est membre depuis 1963. Comme toute espace aérien soumis aux lois de la circulation aérienne.

L'espace aérien algérien est composé d'une seule région d'information de vol (FIR), a l'intérieure de cette FIR quatre classes d'espaces sont utilisées actuellement, A, D, F et G, cette FIR a été divisé en sept secteurs.

Ces secteurs sont classés comme indiqué dans le tableau suivant :

Secteur	Classe	Limite Inférieur	Limite Supérieur
ALGER TMA Centre Espace Supérieur	A	FL245	FL445
ALGER TMA Centre Espace Inférieur	D	450 mètre GND/MSL	FL245
Secteur NORD/EST	D	450 mètre GND/MSL	FL450
Secteur NORD/OUEST	D	450 mètre GND/MSL	FL450
Secteur SUD/Centre	F	GND/MSL	UNL
Secteur SUD/EST	F	GND/MSL	UNL
Secteur SUD/OUEST	F	GND/MSL	UTA
Secteur SUD/SUD	G	GND/MSL	UTA

Tableau I.1 : Sectorisation espace aérien

Les secteurs sont séparés par des lignes vertes d'après la carte de croisière suivante :

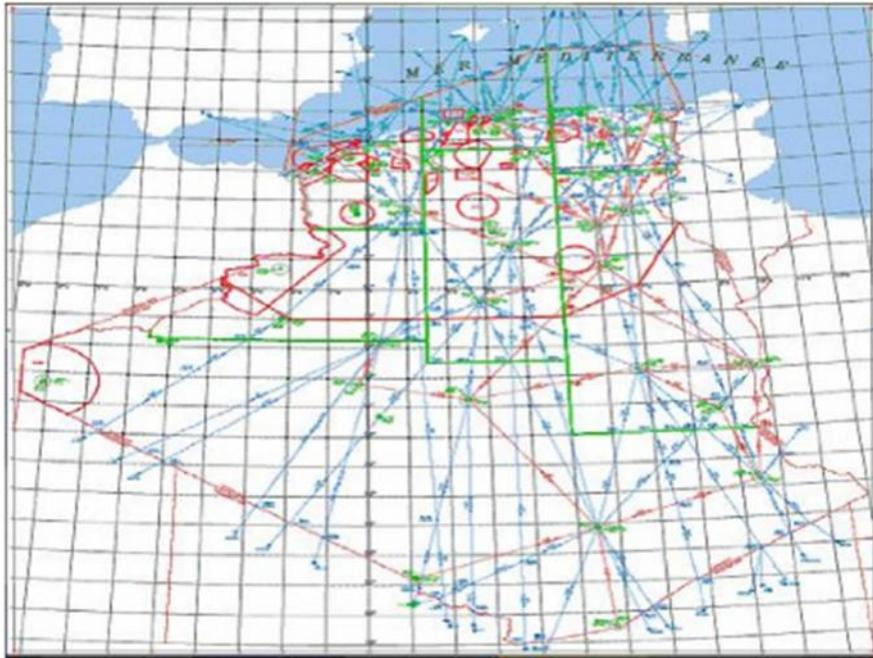


Figure I.22 : La carte de sectorisation de l'espace aérien d'Alger

1.9.6. Les différentes zones de l'espace aérien

Tout espace dans lequel l'évolution d'aéronef peut pour une raison ou une autre interdite ou réglementée, soit temporairement ou permanence tout espace dans lequel un danger potentiel à l'évolution des aéronefs subsiste est classé selon les trois types de zone comme par l'OACI.

- Zones interdites (P) : Espace aérien de dimension définie, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un état dans les limites du quel le vol des aéronefs est interdit ;
- Zones réglementées (R) : Espace aérien de dimension définie au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un état dans les limites duquel le vol des aéronefs est subordonné à certaine condition spécifiées ;
- Zones dangereuses (D) : Espace aérien de dimension définie, à l'intérieur duquel des activités dangereuses pour le vol des aéronefs peuvent se dérouler pendant des périodes spécifiées.

Chaque zone dans l'espace aérien algérien est affectée d'une appellation composée de lettre de nationalité (DA)- suivie d'une lettre indiquant le type et le numéro de la zone.

1.9.7. Réseau des routes

1.9.7.1. Route ATS domestique

Route ATS domestique est une voie aérienne utilisée par les aéronefs civils entre de aéroport algériens. Elle est caractérisée par la lettre (J) suivie d'un chiffre pour les routes inférieures et (UJ) pour les routes supérieures.

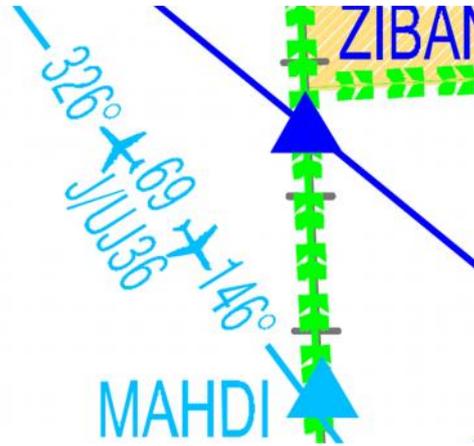


Figure I.23 :Route ATS domestique utilisée par les avions civils

Autres routes ATS :

Les autres routes **ATS** sont des chemins utilisés par les avions pour la desserte de l'Algérie ou le transit dans l'espace algérien.

Ces routes sont caractérisées par les lettres A, B, G ou R suivies d'un chiffre pour les routes inférieures, et UA, UB, UR suivies d'un chiffre pour les routes supérieures.

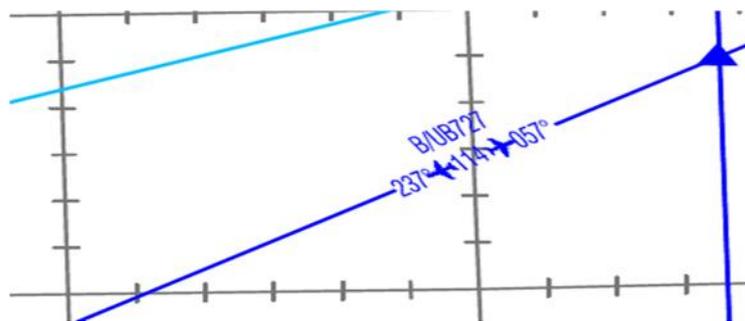


Figure I.24 : Route ATS domestique utilisée par les avions pour la desserte ou le transit

I.9.7.2. Routes RNAV

Une route **RNAV** est une voie aérienne utilisée par les avions civils avec une méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites des possibilités d'une aide autonome ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

Une route **RNAV** en Algérie est caractérisée par les lettres UN, UM, suivies d'un chiffre.

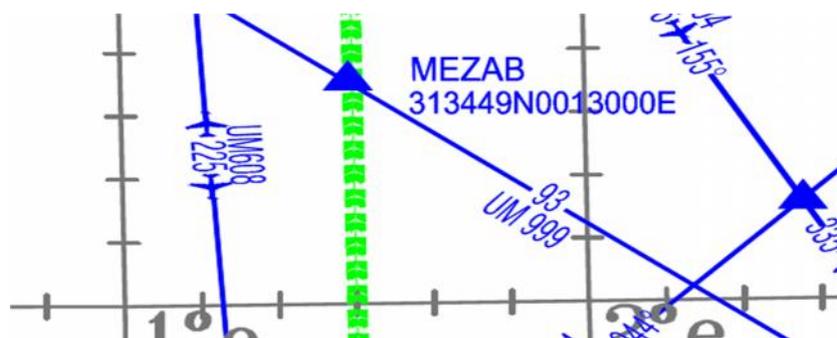


Figure I.25: Une route RNAV

1.9.8. Établissement de gestion de service aéroportuaire(EGSA)

Les Établissements de gestion de services aéroportuares (**EGSA**) sont en Algérie des établissements publics à caractère industriel et commercial (**EPIC**) responsables de la gestion, de l'exploitation et du développement des aéroports algériens.

Les Établissements de gestions de services aéroportuares :

- EGSA/Alger ;
- EGSA/Oran ;
- EGSA/Constantine.

sont issus d'une restructuration intervenue en 1983 au sein de l'**ENEMA**, (Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique) devenu **ENESA**, puis **ENNA** en 1991, qui vit alors sa mission, à l'origine la gestion de l'ensemble des activités aéroportuares et météorologiques, s'articuler exclusivement autour de la sécurité et à la navigation aérienne, se séparant d'abord des activités extra-aéronautiques de prestation de services et de gestion commerciale ou d'exploitation des infrastructures aéroportuares et des aéroports, ensuite de l'activité météorologique.

Cette restructuration donna naissance à la création de la direction centrale des aéroports (**DCA**), sous la tutelle de la compagnie Air-Algérie, vers laquelle furent transférés à titre transitoire, et à l'exclusion des services météorologiques, les personnels et l'ensemble des activités ainsi détachées de l'**ENEMA**, en attendant la mise en œuvre des structures appropriées.

Chapitre II : Présentation du schéma de Circulation aérienne actuel de l'aérodrome d'Alger

<i>II.1.Introduction</i>	22
<i>II.2. Les différents schémas de circulation aérienne global de l'aérodrome d'Alger actuel</i>	22
<i>II.3.Interprétation des schémas de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger</i>	23
<i>II.3.1.Départs normalisés aux instruments (SID1,SID2,SID3)</i>	23
<i>II.3.1.1.Départ normalisé aux instruments (SID1)</i>	24
<i>II.3.1.2.Départ normalisé aux instruments(SID2)</i>	24
<i>II.3.1.3.Départ normalisé aux instruments (SID3)</i>	24
<i>II.3.2.Départs normalisés aux instruments (SID4,SID5)</i>	25
<i>II.3.2.1.Départ normalisé aux instruments(SID4)</i>	26
<i>II.3.2.2.Départ normalisé aux instruments (SID5)</i>	26
<i>II.3.3.Départ normalisé aux instruments(SID6)</i>	27
<i>II.3.4.Départs normalisés aux instruments (SID7,SID8,SID9)</i>	28
<i>II.3.4.1.Départ normalisé aux instruments(SID7)</i>	29
<i>II.3.4.2.Départ normalisé aux instruments (SID8)</i>	29
<i>II.3.4.3.Départ normalisé aux instruments(SID9)</i>	29
<i>II.4.Impactes des nouveaux obstacles sur les départs d'Alger</i>	30

II.1.Introduction

Le schéma de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger est structuré en 9 SID pour fournir une sécurité optimale à tous les aéronefs qui y évoluent.

II.2. Les différents schémas de circulation aérienne global de l'aérodrome d'Alger actuel

Le schéma de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger est doté de 09 SID sont répartis comme suit :

- 06SID en direction vers le Nord
- 03 SID en direction vers le Sud

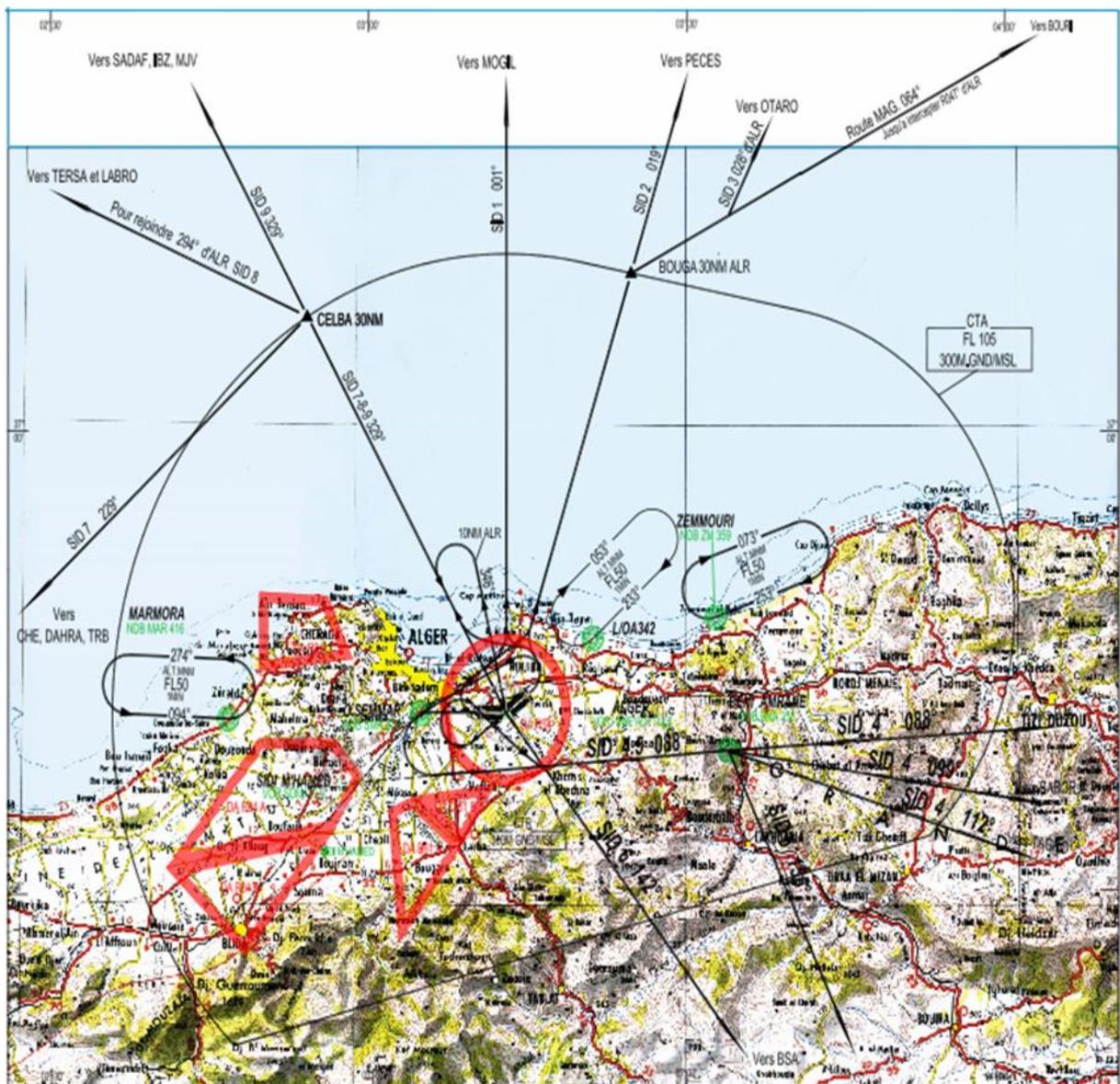


Figure II.1 : Carte de départ normalisé aux instruments (SID) -OACI

II.3. Interprétation des schémas de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger

II.3.1. Départs normalisés aux instruments (SID1, SID2, SID3)

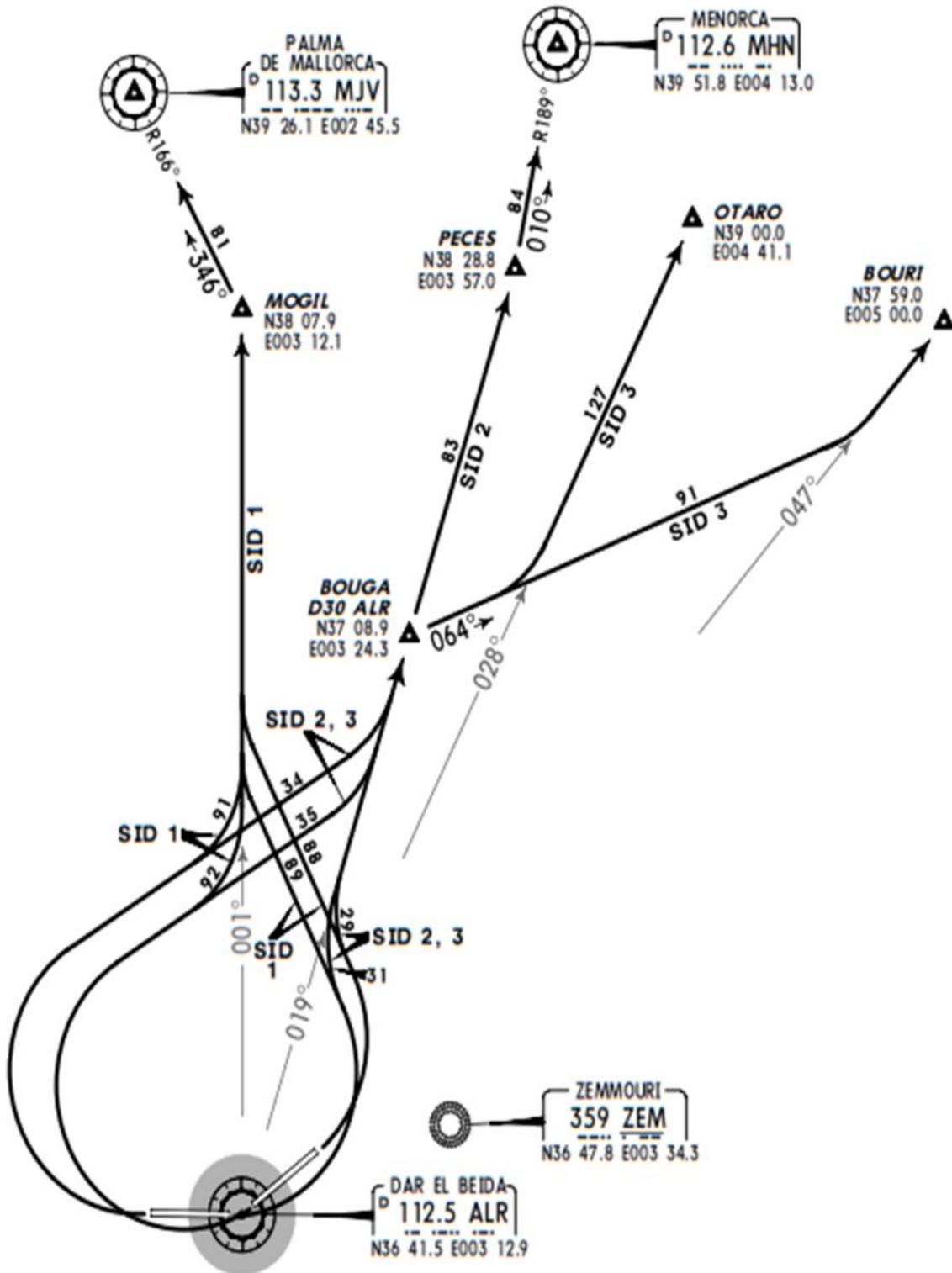


Figure II.2 : Carte de JEPPESEN de DAAG / ALG pour SID1, SID2, SID3

II.3.1.1. Départ normalisé aux instruments (SID1)

Code: SID 1 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: MOGIL MJV

Cheminement:

Après décollage virer à droite, intercepter et suivre R001 ALR vers MOGIL puis MJV.

Après décollage virer à gauche pour intercepter et suivre R001 ALR vers MOGIL.

II.3.1.2. Départ normalisé aux instruments (SID2)

Code: SID 2 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: PECES MHN

Cheminement:

Après décollage virer à droite, intercepter et suivre R019 ALR sur PECES puis MHN

Après décollage virer à gauche pour intercepter et suivre R019 ALR sur PECES puis MHN

II.3.1.3. Départ normalisé aux instruments (SID3)

Code: SID 3 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: OTARO BOURI

Cheminement:

Après décollage virer à droite pour intercepter et suivre R019 ALR à 30NM virer à droite pour rejoindre R028 ALR vers OTARO ou R047 ALR vers BOURI.

Après décollage virer à gauche pour intercepter et suivre R019 ALR à 30NM virer à droite RM064 pour rejoindre R028 ALR vers OTARO ou R047 ALR vers BOURI.

II.3.2. Départs normalisés aux instruments (SID4, SID5)

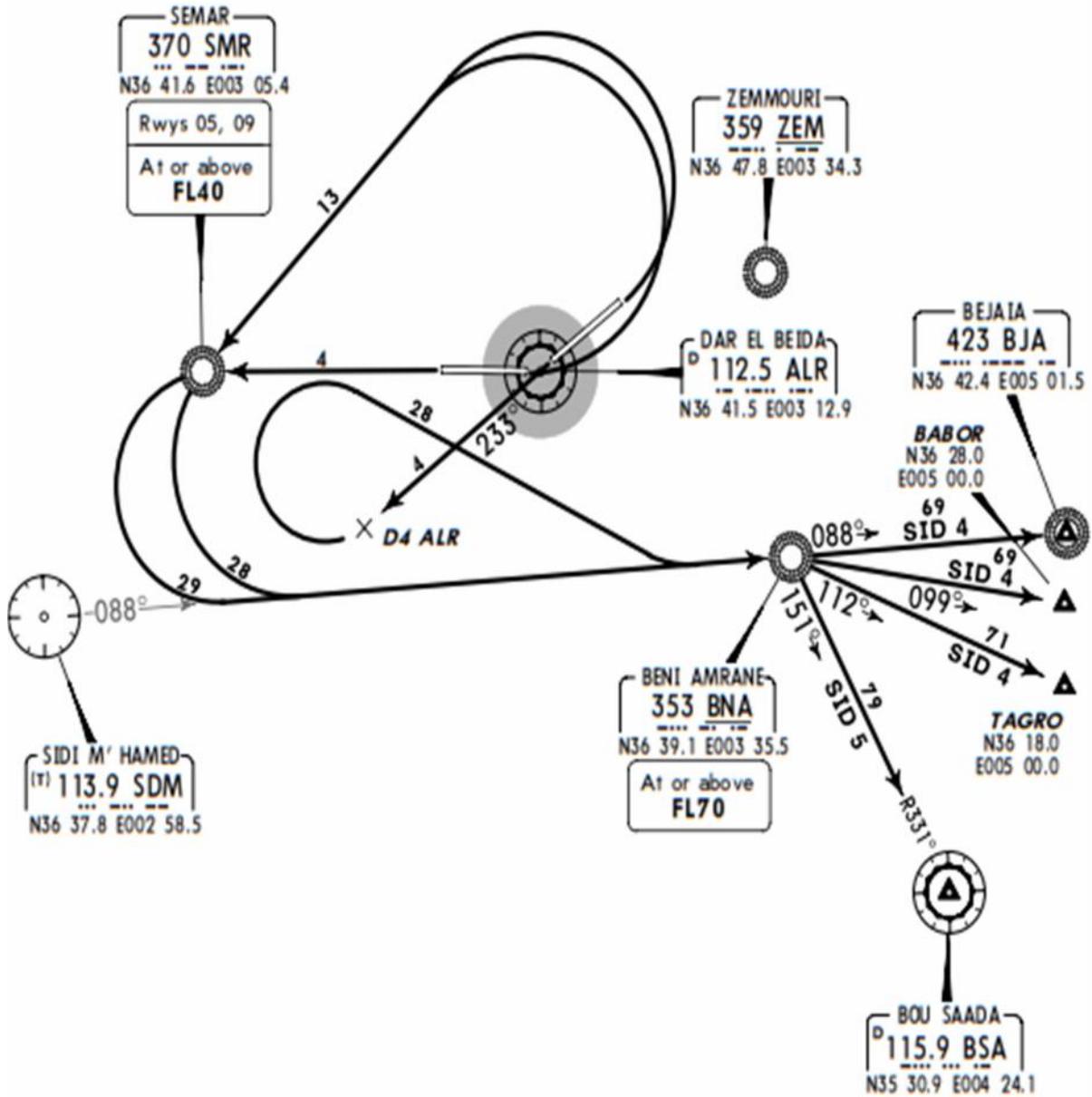


Figure II.3 : Carte de JEPPSEN de DAAG / ALG pour SID4, SID5

II.3.2.1. Départ normalisé aux instruments (SID4)

Code: SID 4 RWYS 27 RWYS 23 RWYS 05/09

Point de sortie: BJR BABOR ou TAGRO

Cheminement:

Après décollage maintenir axe de piste jusqu'au passage SMR puis virer à gauche pour intercepter et suivre R088 SDM vers BNA, passer BNA FL70 minimum, puis route BJA BABOR ou TAGRO.

Après décollage maintenir axe de piste jusqu'au passage ALR, s'éloigne sur R233 ALR à une distance de 4NM virer à droite pour intercepter et suivre R088 SDM vers BNA passer BNA FL70 minimum puis route vers BJA, BABOR ou TAGRO.

Après décollage, virer à gauche procéder vers SMR, passer sur SMR FL 40 minimum, puis intercepter et suivre R088 SDM vers BNA passer BNA FL70 minimum, puis route vers BJA, BABOR ou TAGRO.

II.3.2.2. Départ normalisé aux instruments (SID5)

Code: SID 5 RWYS 27 RWYS 23 RWYS 05/09

Point de sortie: BSA

Cheminement:

Après décollage maintenir axe de piste jusqu'au passage SMR puis virer à gauche pour intercepter et suivre R088 SDM vers BNA, passer BNA FL70 minimum, puis route vers BSA.

Après décollage maintenir axe de piste jusqu'au passage ALR, s'éloigner sur R233 ALR à une distance de 4NM virer à droite pour intercepter et suivre R088 SDM vers BNA passer BNA FL70 minimum puis route vers BSA.

Après décollage, virer gauche procéder vers SMR, passer sur SMR FL 40 minimum, puis intercepter et suivre R088 SDM vers BNA, passer BNA FL70 minimum, puis route vers BSA.

II.3.3. Départ normalisé aux instruments (SID6)

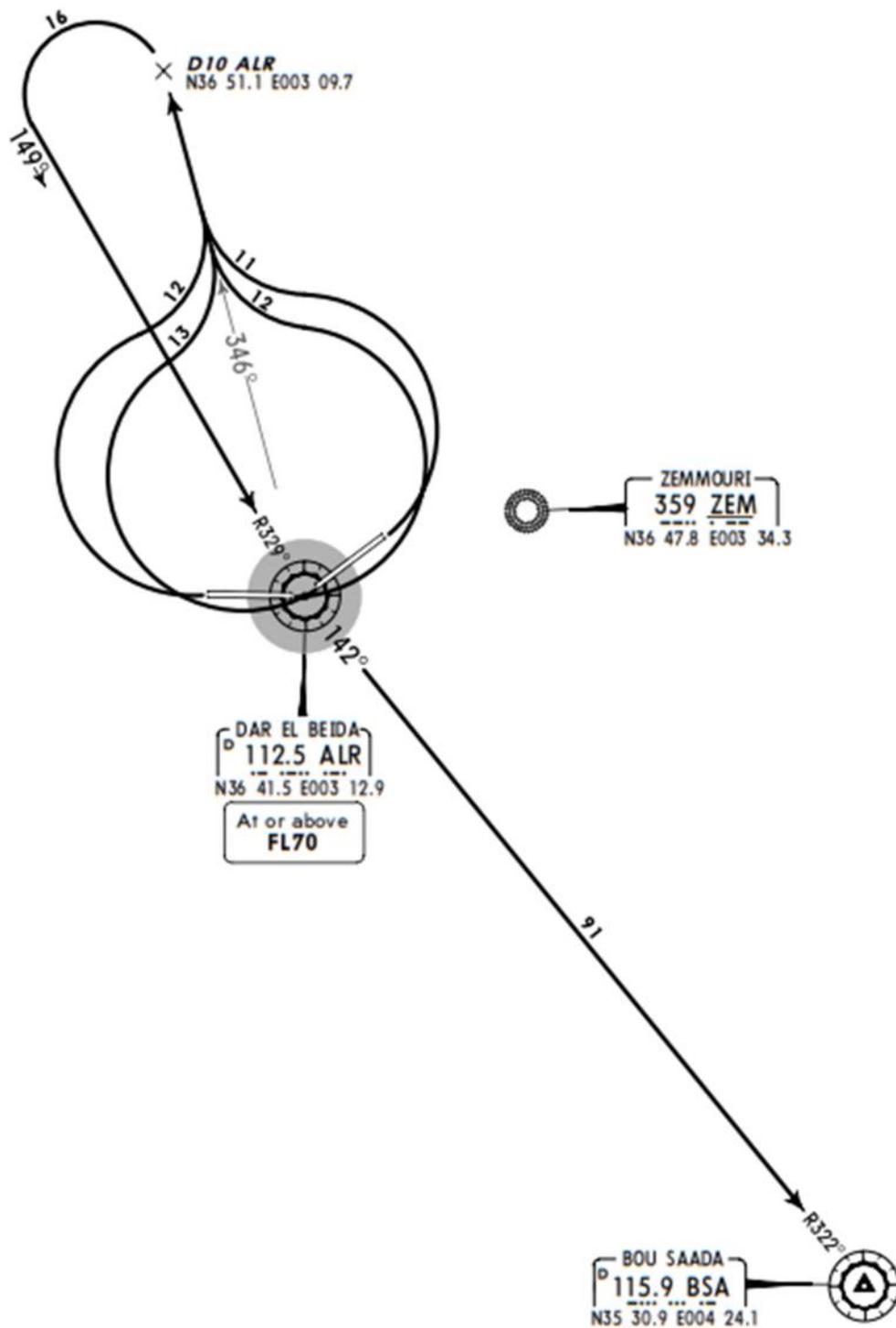


Figure II.4 : Carte de JEPPESEN de DAAG / ALG pour SID6

Code: SID 6 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: BSA

Cheminement:

Après décollage virer à droite pour intercepter et suivre R346 ALR, à 10NM virer à gauche pour revenir sur R329 vers ALR, passer ALR FL70 minimum, puis route sur BSA sur R142 ALR vers BSA.

Après décollage virer à gauche pour intercepter et suivre R346 ALR, à 10NM virer à gauche pour revenir sur R329 ALR vers, passer ALR FL70 minimum, puis rejoindre R142 ALR vers BSA.

II.3.4.Départs normalisés aux instruments (SID7, SID8, SID9)

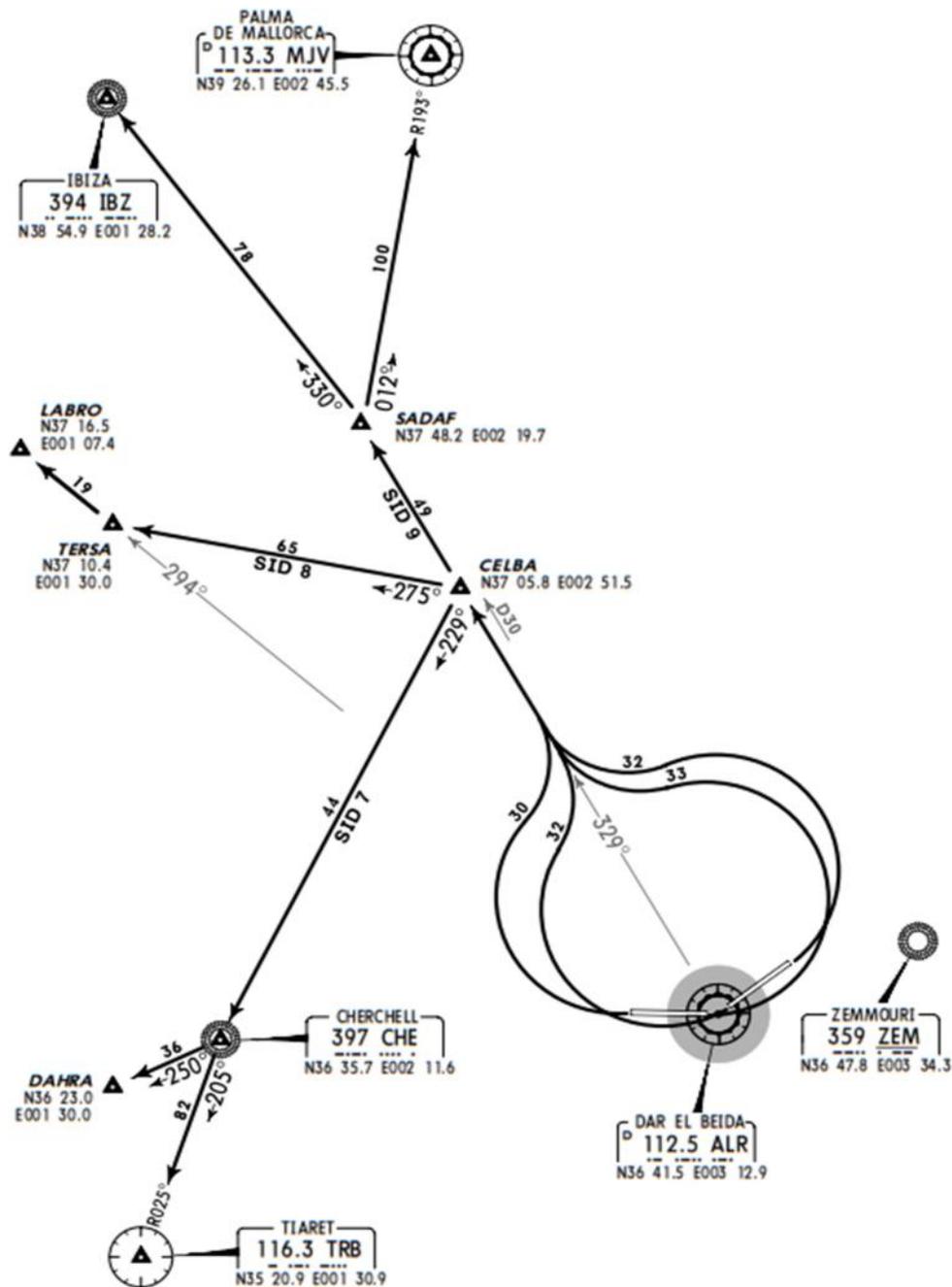


Figure II.5 : Carte de JEPPESEN de DAAG / ALG pour SID7, SID8, SID9

II.3.4.1. Départ normalisé aux instruments (SID7)

Code: SID 7 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: CHE

Cheminement:

Après décollage virer à droite, intercepter et suivre R329 à CELBA (30NM) ALR virer à gauche sur CHE vers DAHRA ou TRP.

Après décollage virer à gauche pour intercepter et suivre R329 à CELBA (30NM) ALR virer à gauche sur CHE vers DAHRA ou TRB.

II.3.4.2. Départ normalisé aux instruments (SID8)

Code: SID 8 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: LABRO

Cheminement:

Après décollage virer à droite, intercepter et suivre R329 à CELBA (30NM) ALR virer à gauche pour rejoindre R294 ALR vers TERSA puis LABRO.

Après décollage virer à gauche pour intercepter et suivre R329 à CELBA (30NM) ALR virer à gauche pour rejoindre R294 ALR vers TERSA puis LABRO.

II.3.4.3. Départ normalisé aux instruments (SID9)

Code: SID 9 RWYS 23/27 RWYS 05/09

Point de sortie: SADAF IBZ ou MJV

Cheminement:

Après décollage virer à droite, intercepter et suivre R329° ALR en route vers SADAF puis IBZ ou MJV.

Après décollage, virer à gauche pour intercepter et suivre R328° ALR en route vers SADAF puis IBZ ou MJV.

II.4. Impacts des nouveaux obstacles sur les départs d'Alger

Le minaret :

- Le minaret d'Alger est un obstacle qui fait partie de la grande mosquée d'Alger situé à 5,66km au seuil de piste 09 au Nord de la piste 09/27.
- Ses coordonnées géographiques en WGS84 :

Latitude : 36°44'8,62"N

Longitude : 003°08'16,99"E

Altitude au sommet : 264m

La torche de la raffinerie 120 :

- La torche de la raffinerie est un obstacle situé à 4,23km au seuil de piste 09 au Sud de la piste 09/27.
- Les coordonnées géographiques en WGS84 :

Latitude : 36°40'50,8978"N

Longitude : 003°07'32,1799"E

Altitude au sommet : 120m

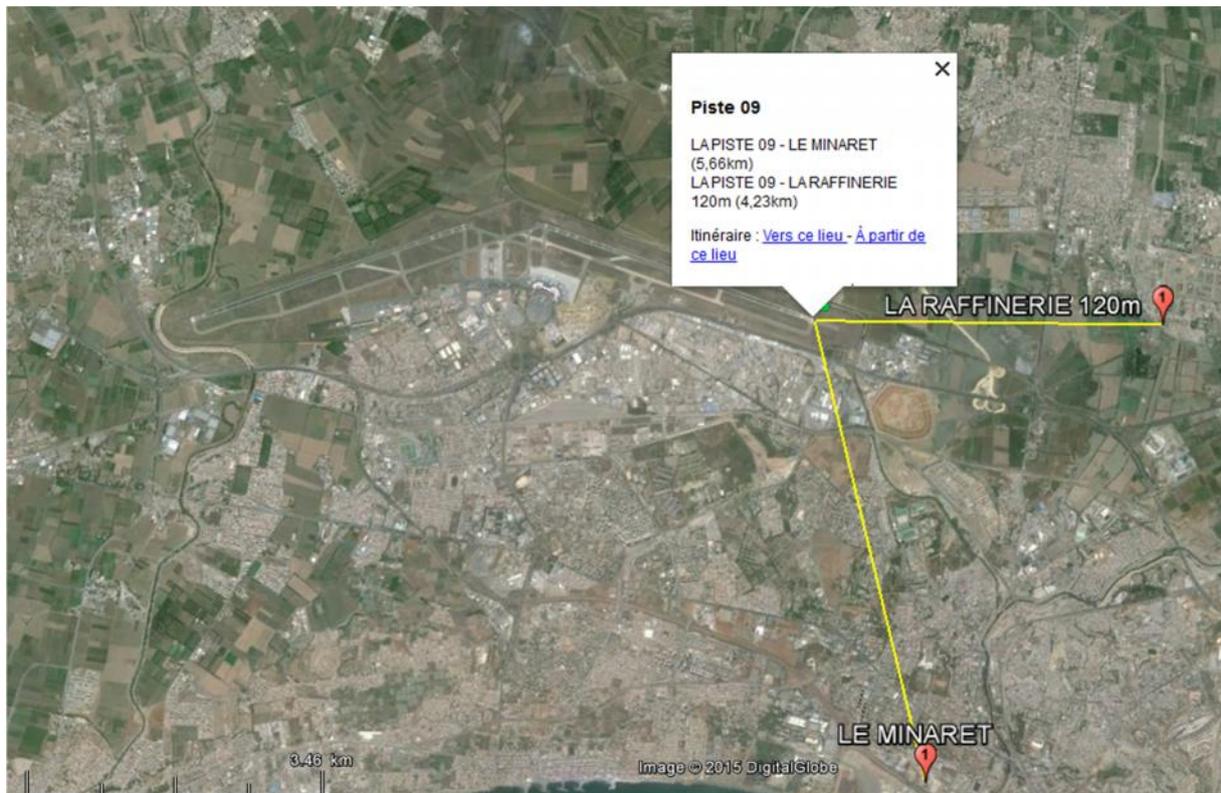


Figure II.6 : Distance entre seuil de piste 09 et les deux obstacles (le minaret et La torche de la raffinerie 120)

Chapitre III : Impact des obstacles sur le schéma de circulation aérienne de l'aérodrome d'Alger

IV.PARTIE 1 : LES PROCÉDURES DE DEPART CONVENTIONNELLE POUR L'AERODROME D'ALGER

III.1.1. Introduction.....	31
III.1.2. Critère généraux pour les procédures de départ.....	31
III.1.3.Principe de conception.....	31
III.1.3.1.Départ en ligne droite.....	31
III.1.3.2.Départ avec virage.....	32
III.1.4.Les Repère.....	33
III.1.4.1.Repère pour « VOR » ou « NDB » avec « DME ».....	33
III.1.4.2.Tolérance des repères :.....	34
iii.1.4.2.1. Tolérance de vor :.....	34
iii.1.4.2.2. Tolérance de ndb :.....	35
III.1.5.Construction des départs pour l'aérodrome d'Alger Houari-Boumediene :.....	36
III.1.5.1.Construction de virage à un point de 400ft au minimum :.....	36
iii.1.5.1.1. Paramètre de virage.....	37
III.1.5.1.2.Calcul de rayon de virage.....	37
III.1.5.1.3.Construction de la limite extérieure de virage.....	38
III.1.5.1.4.Construction de limite intérieure de virage.....	41
III.1.5.1.5.Etude des obstacles.....	42
III.1.5.2.Le virage verticale du SMR :.....	44
III.1.5.2.1.Calcul de la hauteur verticale SMR:.....	44
III.1.5.2.2.Calcul de rayon de virage :.....	44
III.1.5.2.3. Construction de la procédure du repère de position NDB :.....	45
IV. PARTIE 2 : LA CONCEPTION DE LA PROCEDURE DEPART RNAV (DME-DME) POUR L'AERODROME D'ALGER H.BOUUMEDIEN	
III.2.1. Introduction :.....	46
III.2.2. Critère généraux :.....	46
III.2.3.Méthode de positionnement RNAV :.....	46
III.2.4. Trajectoires RNAV (Waypoints) :.....	46
III.2.5.RNAV1 :.....	47
III.2.6. Conception des départs RNAV:.....	47
III.2.7. Méthode de fusion des aires :.....	59
III.2.7.1. Méthode des ARCs circulaire :.....	59
III.2.7.2. Fusion des aires aux interfaces entre deux phases de vol :.....	60

III.PARTIE 1 : LES PROCEDURES DE DEPART CONVENTIONNELLE POUR L'AERODROME D'ALGER :

III.1.1. Introduction

Une procédure de départ conçue conformément à la présente partie prévoit une marge de franchissement d'obstacles Immédiatement après le décollage, jusqu'à ce que l'aéronef intercepte un segment en route et qui incluent, sans s'y limiter, des routes de départ normalisé et les procédures correspondantes, comme elles peut aussi être requise pour des motifs de contrôle de la circulation aérienne, de gestion de l'espace aérien et d'autre raisons (par exemple atténuation du bruit) et il se peut que la route ou procédure de départ ne soit pas déterminée uniquement en fonction des impératifs de franchissement d'obstacles.

Les procédures de départ devraient être élaborée en consultation avec les exploitants, l'ATC et les autres parties concernées et pour chaque piste d'aérodromes ou il est prévu d'effectuer des départs aux instruments, une procédure de départ sera établie et promulguée.

Toute procédure de départ devrait être conçue pour être si possible utilisable par toutes les catégories d'aéronefs. Si les départs sont limités à certaines catégories, la carte de départ identifiera clairement les catégories dont il s'agit.

III.1.2. Critère généraux pour les procédures de départ

Les critères de la présente section sont destinés à fournir aux équipages de conduite ainsi qu'aux autres catégories de personnel technique d'exploitation une analyse, du point de vue opérationnel, des paramètres et critères utilisés dans la conception de procédures de départ aux instruments. Ils comprennent, sans toutefois s'y limiter, les routes de départ normalisé aux instruments (SID) et les procédures associées.

III.1.3.Principe de conception

Procédure de départ commence à la DER pour assurer une marche minimale de franchissement d'obstacle et se termine jusqu'au le premier point de la phase en-route.

Les départs peuvent être conçus comme départ en ligne droite ou départs avec virage.

III.1.3.1.Départ en ligne droite

a) départ en ligne droite sans guidage sur trajectoire :

1) départ sans ajustement de trajectoire ;

- 2) départ avec ajustement de trajectoire (point d'ajustement de trajectoire non spécifié);
 - 3) départ avec ajustement de trajectoire (point d'ajustement de trajectoire spécifié) ;
- b) départ en ligne droite avec guidage sur trajectoire :
- 1) installation en avant ou en arrière ;
 - 2) avec décalage (trajectoire en parallèle/trajectoire en décalage/trajectoire sécante).

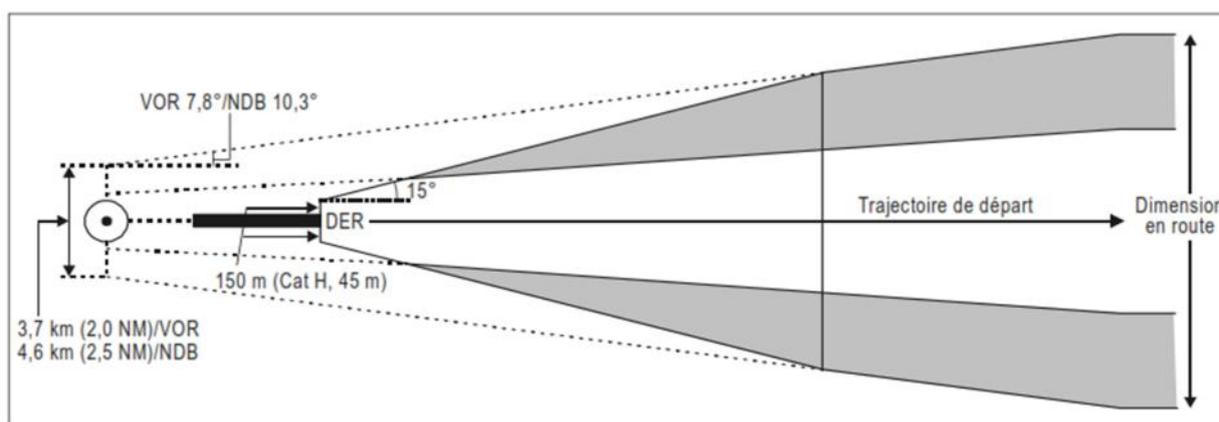


Figure III.1: Départ en ligne droite (installation en arrière)

Un départ en ligne droite peut permettre un virage de 15° ou moins, L'aéronef maintiendra la direction de la piste jusqu'à ce qu'il atteigne une hauteur minimale de 120 m (394 ft) au-dessus de la piste avant de commencer un virage.

III.1.3.2. Départ avec virage

- a) Virage à une altitude/hauteur
- b) Virages en un point de virage désigné

Le vol en ligne droite est présupposé jusqu'à ce que soit atteinte une hauteur d'au moins 120 m (394 ft) au-dessus de l'altitude de la DER. Il n'est pas prévu de départs avec virage qui nécessitent un virage à moins de 120 m (394 ft) au-dessus de l'altitude de la DER.

Si l'emplacement et/ou la hauteur d'obstacles empêchent de construire des départs avec virage qui respectent le critère de hauteur minimale de virage, les procédures de départ devraient être élaborés localement en consultation avec les exploitants concernés.

NB : -l'aérodrome d'Alger est basé sur les départs avec virage à 400ft uniquement.

- pas de virage avant 400ft.

III.1.4. Les Repère

III.1.4.1. Repère pour « VOR » ou « NDB » avec « DME »

Les repères VOR/DME sont déterminés par des informations de radiale et de distance fournies normalement par des installations ayant des antennes coïmplantées d'azimut et de DME.

Cependant, s'il est nécessaire d'envisager un repère VOR/DME déterminé par des installations distinctes, le repère n'est jugé satisfaisant que si les angles sous-tendus par les installations au repère aboutissent à une aire de tolérance de repère acceptable.

La précision de DME est égale à $\pm \{0,46 \text{ km (0,25 NM)} + 1,25 \% \text{ de la distance jusqu'à l'antenne}\}$.

Cette valeur est le total RSS (Racine carrée de la somme des carrés) de la précision minimale, de la tolérance du dispositif de contrôle et de la tolérance technique de vol ; ces deux derniers facteurs sont si minimes qu'ils sont complètement dominés par la valeur plus grande de l'équipement embarqué.

Comme on peut déterminer la position de l'aéronef d'après deux DME ou plus.

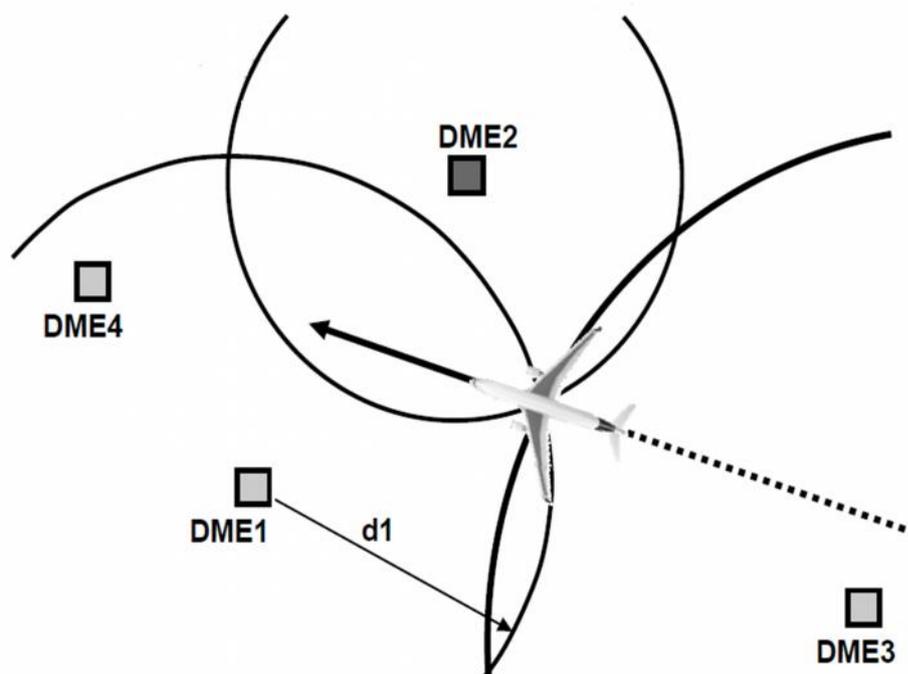


Figure III.2: Positionnement de plus de deux DME-DME

III.1.4.2. Tolérance des repères :

La tolérance de repère est une distance qui détermine l'acceptabilité opérationnelle du repère qui est mesurée le long de la trajectoire nominale et par rapport à la position du repère nominal.

La tolérance de repère est définie par les intersections de la trajectoire nominale avec la première limite et la dernière limite de l'aire de tolérance de repère, mesurées le long de la trajectoire nominale. La tolérance s'exprime en une valeur positive ou négative autour du repère nominal.

La précision d'utilisation de système est basée sur un calcul de racine carrée de la somme des carrés, à partir des tolérances suivantes :

- a) tolérance du système au sol ;
- b) tolérance du système récepteur embarqué ;
- c) tolérance technique de vol.

III.1.4.2.1. Tolérance de VOR :

L'aire de tolérance de repère à la verticale d'un VOR est basée sur la coupe circulaire horizontale du cône inversé d'ambiguïté au-dessus de l'installation, ayant son sommet à l'installation et un demi-angle de cône (α) de 50° .

La pénétration dans le cône est censée être réalisée avec une précision de $\pm 5^\circ$ par rapport à la trajectoire de rapprochement prescrite.

À partir des points de pénétration, la trajectoire à travers le cône est censée être réalisée avec une précision de $\pm 5^\circ$.

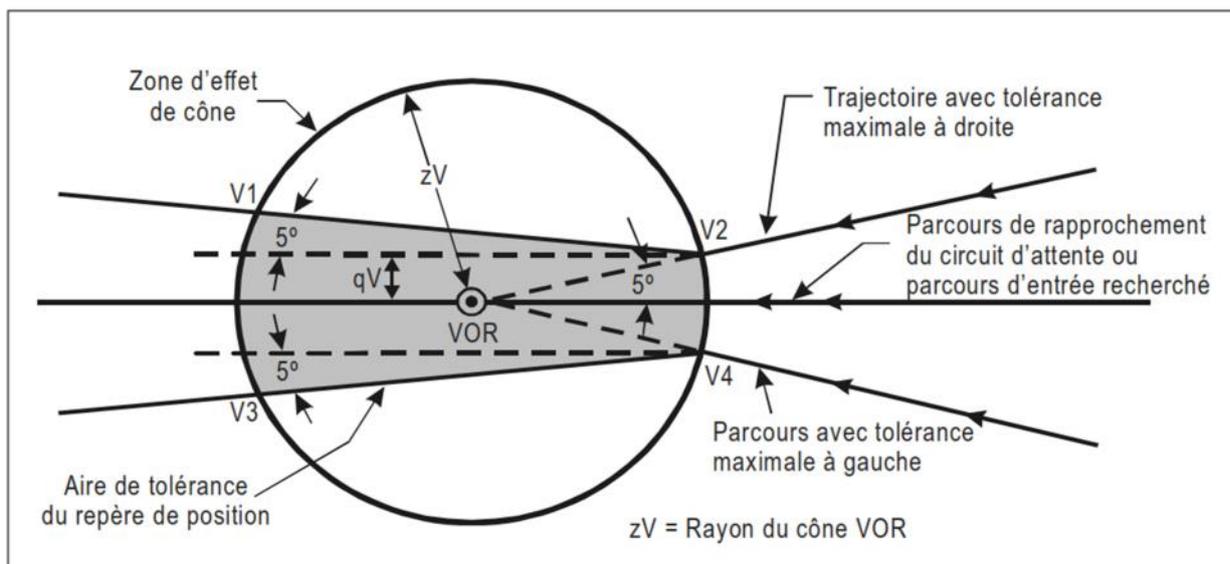


Figure III.3: Aire de tolérance de repère à la verticale d'un VOR

Iii.1.4.2.2. Tolérance de NDB :

L'aire de tolérance de repère à la verticale d'un NDB est basée sur la coupe circulaire horizontale du cône inversé d'ambiguïté au-dessus de l'installation, ayant son sommet à l'installation et un demi-angle de cône de 40°.

La pénétration dans le cône est censée être réalisée avec une précision de $\pm 15^\circ$ par rapport à la trajectoire de rapprochement prescrite.

À partir des points de pénétration, la trajectoire à travers le cône est censée être réalisée avec une précision de $\pm 5^\circ$.

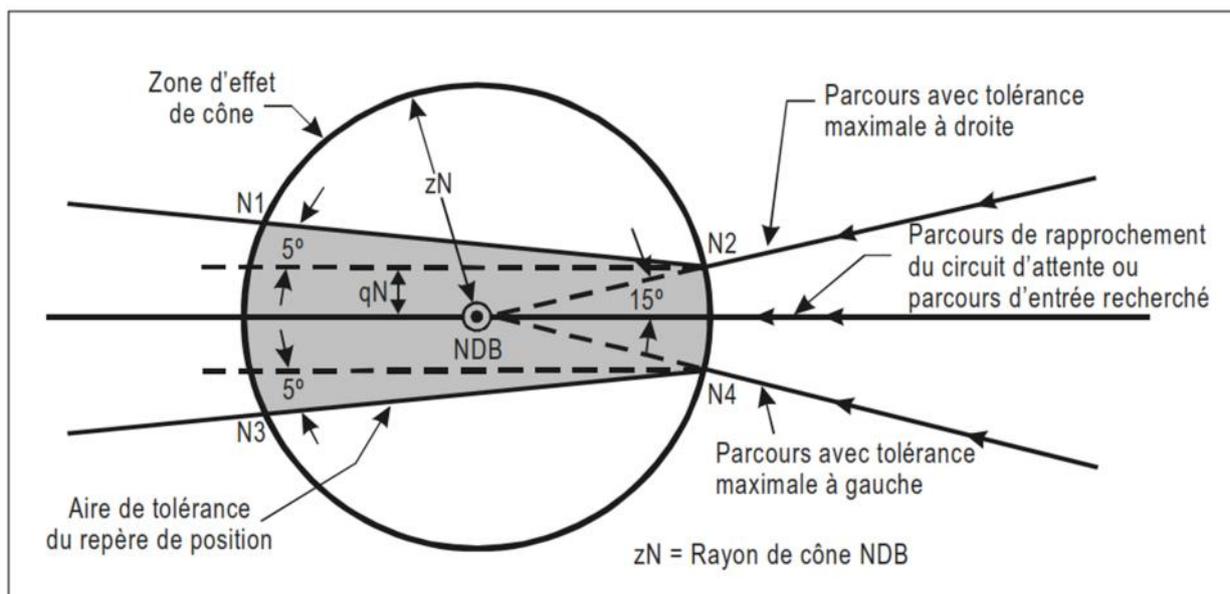
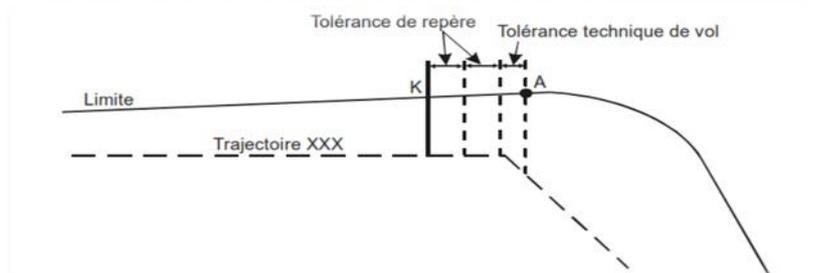


Figure III.4: Aire de tolérance de repère à la verticale d'un NDB

III.1.5. Construction des départs pour l'aérodrome d'Alger Houari-Boumediene :

Pour la construction des départs, le constructeur suit plusieurs règles pour définir l'aire primaire et l'aire secondaire sur le bord intérieur du virage, la limite de l'aire primaire commence à la ligne K.



Les bords de l'aire primaire et des aires secondaires sont raccordés avec leurs homologues dans les sections suivantes. Pour les raccordements, les règles ci-après s'appliquent :

- a) si le point de raccordement est hors de l'aire de protection associée à la section suivante, la limite converge avec la trajectoire nominale après le virage sous un angle égal à la moitié de l'angle de virage (A/2) ;
- b) si le point de raccordement est à l'intérieur de l'aire de protection associée à la section suivante, la limite diverge de la trajectoire nominale sous un angle de 15 degrés.

III.1.5.1. Construction de virage à un point de 400ft au minimum :

Le virage à 400ft au minimum désigné est choisi pour permettre à l'aéronef d'éviter un obstacle situé droit devant. Les critères de départ en ligne droite s'appliquent jusqu'au premier point de virage.

Les aires prises en compte dans la conception de départs avec virage se définissent comme :

- a) l'aire de mise en virage :
 - Dans le cas des avions, l'aire de mise en virage commence à un point situé à 600 m du début de la piste et si la carte de départ interdit des virages avant la DER, l'aire de mise en virage commence à la DER.
 - L'aire de mise en virage se termine au point de virage ou il peut être défini par la première tolérance de repère du repère de point de virage (virage en un point de virage désigné) ; ou par la position à laquelle la PDG atteint l'altitude/hauteur de virage spécifiée.
- b) l'aire de virage :
 - L'altitude/hauteur maximale admissible d'un obstacle dans l'aire de virage peut se calculer de la façon suivante :

$$\text{Altitude/hauteur maximale d'obstacle} = TNA/H + d_o \times PDG - MOC.$$

ou:

- TNA : Altitude/hauteur de virage
- PDG : Pente de calcul de procédure
- MOC : Marge minimale de franchissement d'obstacle
- d_o : Distance entre l'obstacle et la tolérance amont du repère

III.1.5.1.1. Paramètre de virage

- Altitude (h) de virage 1000ft
- Vent : si on dispose de données statiques sur le vent alors on va prendre le vent maximum qui est 95% et si on ne dispose pas des données statique sur le vent alors le vent omnidirectionnel de 56km/h (30kt)
- Température : ISA+15°
- Vitesse indiqué (IAS) :291,5kt
- Vitesse vraie (TAS) : 154,904m/s
- Tolérance technique de vol :
 - * 3s pour la réaction du pilot
 - * 3s pour la mise en inclinaisonLa tolérance au total est 6s
- Tolérance de repère : appropriée pour le type de repère comme c'est indiqué dans la partie (III.4-2/Tolérance de repère à la verticale d'une station)
- Angle d'inclinaison latérale : 15°

III.1.5.1.2. Calcule de rayon de virage

Le rayon de virage pour une procédure de départ avec virage, est $R = \max (R_i; R_c)$, tel que :

$$R_i = \frac{TAS^2}{g \times tg(\alpha)}$$

d'où :

R_i : Rayon de virage

TAS : la vitesse vrai de départ ; ou $TAS = IAS \times K$

IAS: la vitesse indiqué (voir annexe2)

Selon la réglementation la vitesse de calcule pour les procédures de départ est la vitesse

Vitesses maximales approche interrompue finale augmenter à 10 %,

Donc :

$$IAS = 265 + (10\% \times 265) = 291,5 \text{ kt}$$

K ; facteur de conversion (voir annexe1)

g : la constante d'accélération de gravité ;

α : Angle d'inclinaison 15°.

$$R_c = \frac{TAS}{C}$$

Donc :

$$TAS = 291,5 \times 1,033 = 301,12 \text{ kt} = \mathbf{154,91 \text{ m/s}}$$

$$R_i = \frac{154,91}{9,81 \times \text{tg}(15^\circ)} = \frac{154,91^2}{2,628} = \mathbf{9129,30 \text{ m}}$$

$$R_c = \frac{TAS}{C} = \frac{154,91}{0,0524} = \mathbf{2956,30 \text{ m}}$$

Le rayon de virage est de 9129,30 m

Calcul de la distance de TP/seuil :

$$3,3 \% = \frac{H}{D} \Rightarrow D = \frac{H}{3,3\%} = \frac{121,95}{3,3\%} = \mathbf{3695,491 \text{ m}}$$

Calcul de l'effet de vent (E_{90}) :

$$E_{90} = \frac{\pi R_i}{2 TAS} V_w$$

Avec :

V_w : La vitesse du vent 30 kt

Donc :

$$E_{90} = \frac{\pi \times 9129,30}{2 \times 154,91} \times 15,43 = \mathbf{1428,38 \text{ m}}$$

III.1.5.1.3. Construction de la limite extérieure de virage

La limite extérieur commence a un point k qui est définie par l'intersection d'une droite perpendiculaire à la trajectoire nominale et commence par la tolérance amant du repère

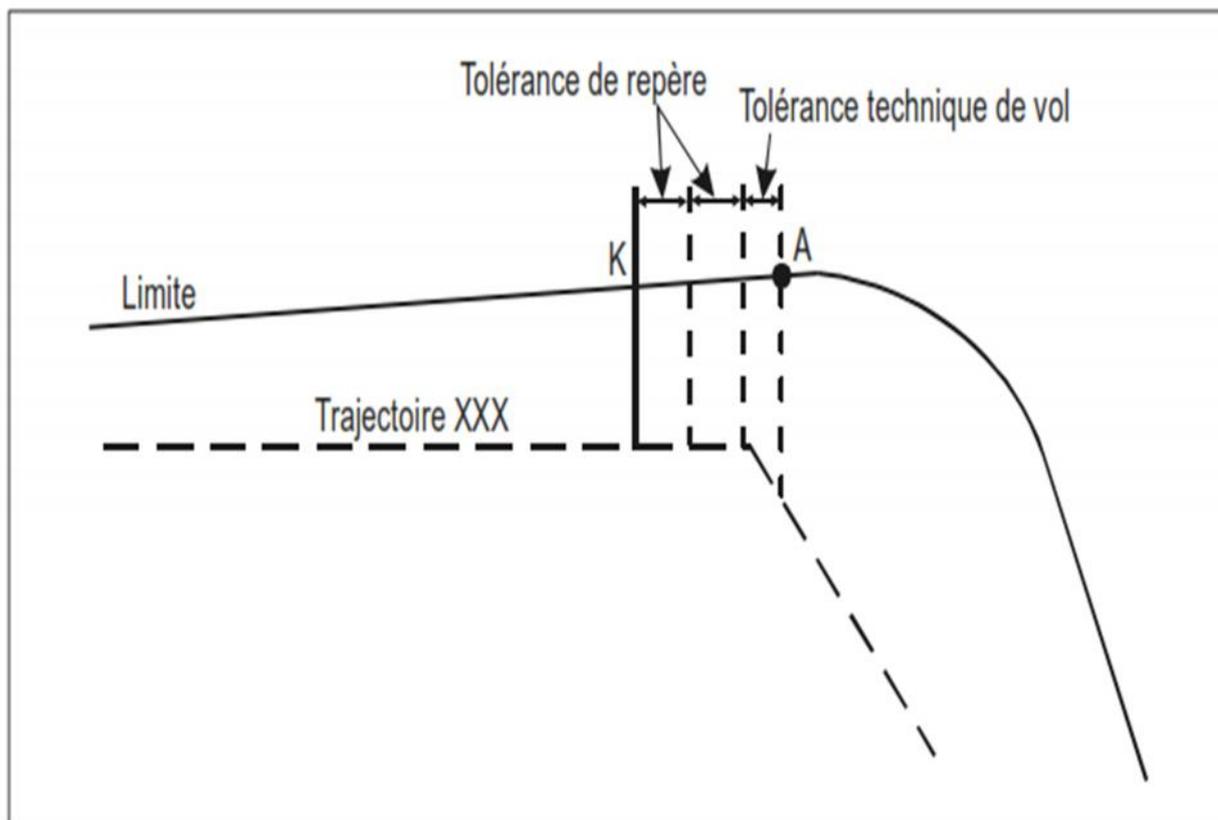


Figure III.5: Début de construction de limite extérieure

Pour dessiner la limite extérieure de virage on va suivre les instructions suivantes

1. Commencer au point A sur le bord extérieur de l'aire.
2. À une distance r du point A, par le travers de la trajectoire de vol nominale, construire un cercle de rayon E .
3. À partir du point X, tracer un arc ayant le rayon suivant : $\sqrt{R^2 + E^2}$
C'est là que commence la limite pour les virages compris entre 0 et 90 degrés.
4. Commencer au point A' sur le bord intérieur du virage.
5. À une distance r du point A', par le travers de la trajectoire de vol nominale, construire un deuxième cercle de rayon E .
6. À partir du point X', tracer un arc ayant le rayon suivant : $\sqrt{R^2 + E^2}$, C'est là que se termine la limite pour les virages compris entre 0 et 90 degrés.
7. Raccorder les deux arcs décrits aux étapes 3 et 6 ci-dessus.
8. À partir du point Y, tracer un arc ayant le rayon suivant : $R + E$
Cela prolonge la limite pour les virages compris entre 90 et 180 degrés.
9. À partir du point Z, tracer un arc ayant le rayon suivant : $R + 2E$, Cela prolonge la limite pour les virages compris entre 180 et 270 degrés.

Ou :

$$R = 9129,30 \text{ m}$$

$$E = 1428,38 \text{ m}$$

$$R + E = 10557.68 \text{ m}$$

$$R + 2E = 11986.06 \text{ m}$$

$$\sqrt{R^2 + E^2} = 9240.37 \text{ m}$$

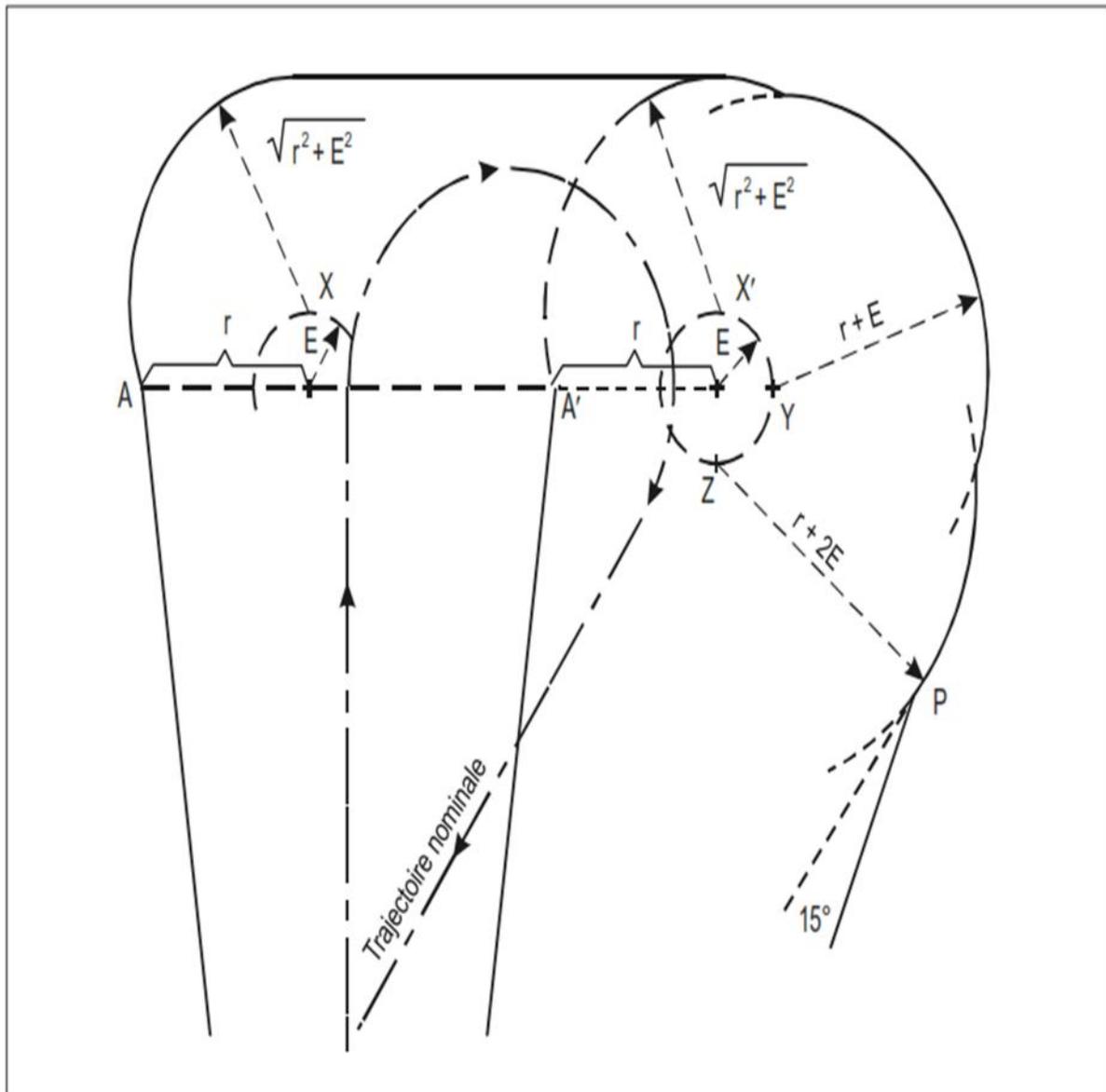


Figure III.6: Construction de limite extérieure de virage

III.1.5.1.4. Construction de limite intérieure de virage

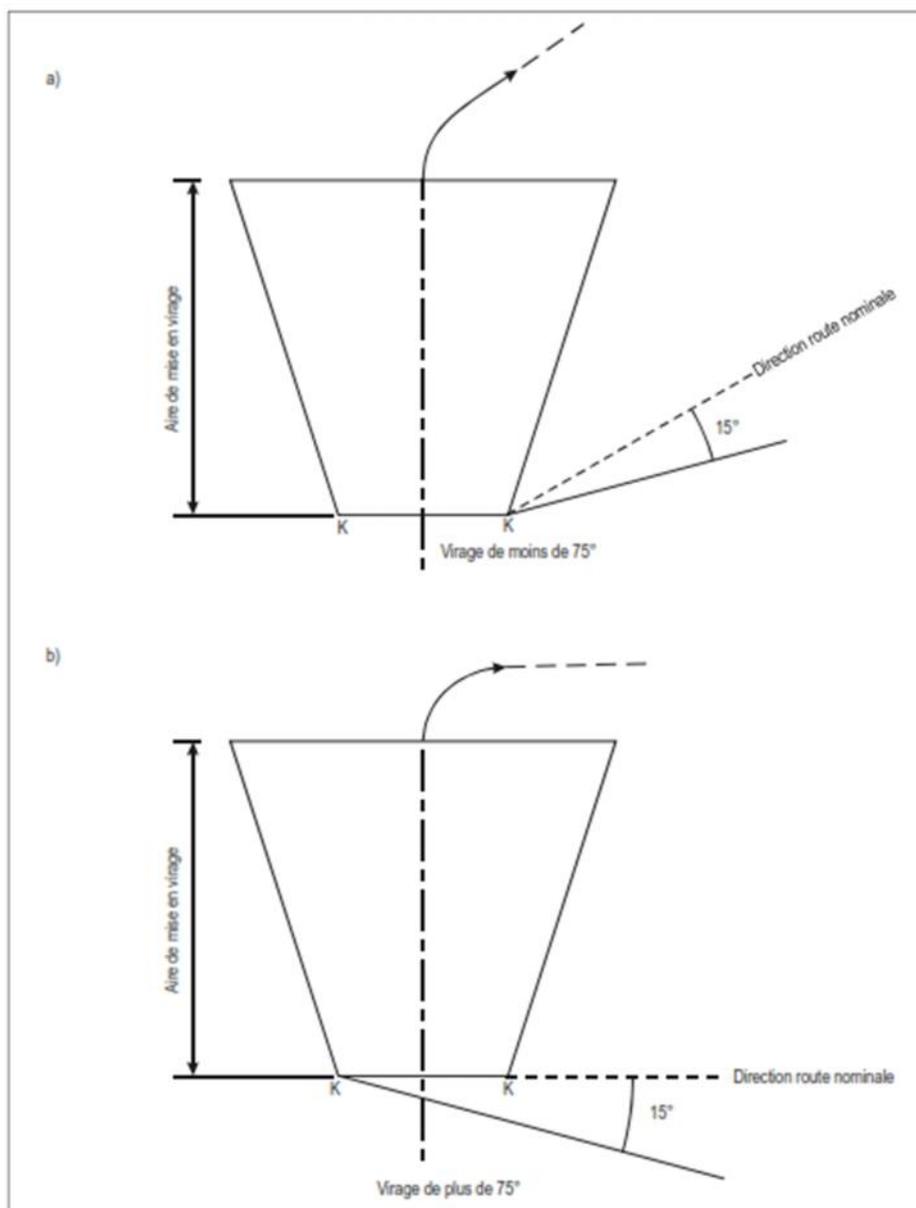


Figure III.7: Protection de limite intérieure de virage

Tableau III.1: Les paramètres de virage

ISA	ISA+15
Altitude	400ft
K	1,033
TAS	301,12 kt = 154,91 m/s
Inclinaison	15°
Rayon	Ri = 9129,30 m
Vw	30kt = 15,43m/s
Délais de réaction + mise en virage	3s+3s = 6s
E₉₀	1428,38 $\frac{3m/s}{5s}$

III.1.5.1.5. Etude des obstacles

Etude d'obstacle/plan OIS :

a) Air de mise en virage :

Un obstacle dans l'aire de virage sera pris en compte s'il traverse une pente de 2,5 % qui commence à la limite de l'aire de mise en virage, à une hauteur de 90 m (295 ft) au-dessus de l'altitude de la DER. La pente se calcule sur la base de la distance la plus courte entre la limite de l'aire de mise en virage et l'obstacle.

$$2,5\% = \frac{H}{D} \Rightarrow H = 2,5\% \times D + 5\text{ m} + 17\text{ m}$$

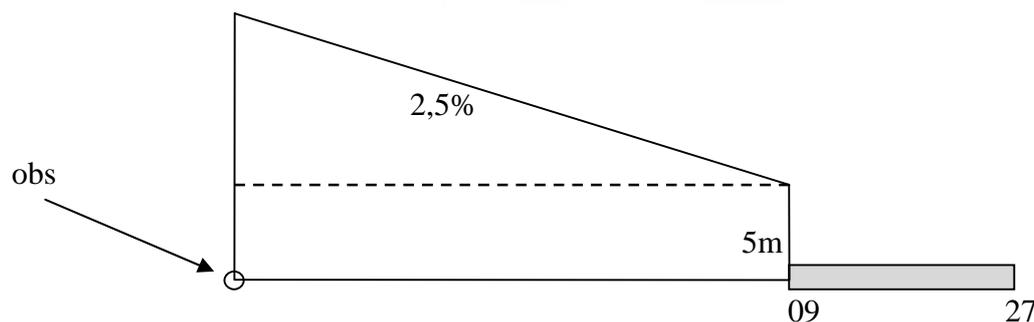


Figure III.8 : Altitude verticale obstacle

Les obstacles qui rentrent dans l'étude : obstacle de 78m, 93m et 120m

La distance des obstacles/ au seuil de piste(09):

$$D(1)78/09 = 5,75\text{cm} \times 50000 = 2875,00\text{cm}$$

$$D(2)93/09 = 7,45\text{cm} \times 50000 = 372500\text{cm}$$

$$D(3)120/09 = 7,9\text{cm} \times 50000 = 395000\text{cm}$$

Altitudes d'avion au niveau des obstacles avec une pente de 2,5% :

$$Alt_{(a/c)obs(1)} = 0.025 \times 2875 + 5 + 17 = 93,87$$

$$Alt_{(a/c)obs(2)} = 0.025 \times 3725 + 5 + 17 = 115,125$$

$$Alt_{(a/c)obs(3)} = 0.025 \times 3950 + 5 + 17 = 120,75$$

Comparaison des altitudes :

$$OIS_{78} = 93,78\text{ m} > Alt_{obs(1)} = 78\text{m}$$

$$OIS_{93} = 115,125\text{ m} > Alt_{obs(2)} = 93\text{m}$$

$$OIS_{120} = 120,75 > Alt_{obs(3)} = 120\text{m}$$

Les 3 obstacles ne percent pas les surfaces OIS

b) Air de virage:

Les obstacles qui rentrent dans l'étude : le minaret (274 m), la torche de 78m et 120m

Altitude de l'aéronef vertical des obstacles avec une pente de 3,3% :

1cm = 500m (échelle de la carte topographie)

$$\begin{aligned} \text{Obs(1)} \quad \text{Alt}_{(a/c)} &= (d_r + d_0) \times 500 \times 0,033 + 5 + 17 \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= (7,2 + 7,5) \times 500 \times 0,033 + 5 + 17 \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= 264,55 \text{ m} \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= 867,724 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Obs(2)} \quad \text{Alt}_{(a/c)} &= (d_r + d_0) \times 500 \times 0,033 + 5 + 17 \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= (7,2 + 0,9) \times 500 \times 0,033 + 5 + 17 \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= 155,65 \text{ m} \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= 510,532 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Obs(3)} \quad \text{Alt}_{(a/c)} &= (d_r + d_0) \times 500 \times 0,033 + 5 + 17 \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= (7,2 + 0,9) \times 500 \times 0,033 + 5 + 17 \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= 264,55 \text{ m} \\ \text{Alt}_{(a/c)} &= 510,532 \text{ ft} \end{aligned}$$

Comparaison de l'ALT_(A/C) avec ALT_(OBS) +MFO:

MFO est le max entre [90 ; $(d_r + d_0) \times 0,8\%$]

$$\begin{aligned} \text{MFO (Obs(1))} &= (7,2 + 7,5) \times 0,8\% \\ \text{MFO (Obs(1))} &= 58,8 \text{ m} < 90 \text{ m} \\ \text{MFO (Obs(2))} &= (7,2 + 0,9) \times 0,8\% \\ \text{MFO (Obs(2))} &= 32,4 \text{ m} < 90 \text{ m} \\ \text{MFO (Obs(3))} &= (7,2 + 0,9) \times 0,8\% \\ \text{MFO (Obs(3))} &= 32,4 \text{ m} < 90 \text{ m} \end{aligned}$$

Obs(1): $264,55 \text{ m} < (274 + 90) \text{ m} \rightarrow$ L'avion perse l'obstacle

Obs(2): $155,65 \text{ m} > (93 + 90) \text{ m} \rightarrow$ L'avionne perse pas l'obstacle

Obs(3): $264,55 \text{ m} < (120 + 90) \text{ m} \rightarrow$ L'avion perse l'obstacle

PENTE CORRESPONDANTE :

$$\begin{aligned} \text{Obs (1)} \rightarrow \text{Alt} \left(\frac{a}{c} \right) &= \text{Alt}_{(obs)} + \text{MFO} \\ (d_r + d_0) \times P + 5 + 17 &= 274 + 90; (P : \text{c'est la pente correspondante}) \\ P &= \frac{342}{7350} = 0,0465 \\ \mathbf{P} &= \mathbf{4,7\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Obs(3)} \rightarrow \text{Alt}_{(a/c)} &= \text{Alt}_{(obs)} + \text{MFO} \\ (d_r + d_0) \times P + 5 + 17 &= 120 + 90; (P : \text{c'est la pente correspondante}) \\ P &= \frac{188}{4050} \approx 0,0464 \\ \mathbf{P} &= \mathbf{4,6\%} \end{aligned}$$

a) Calcule de la marche de franchissement d'obstacles dans l'aire de virage :

La marge minimale de franchissement d'obstacles dans l'aire de virage est la plus grande des deux valeurs suivantes [(90m (295ft))] et [0.008 (dr + do)]

$$d_{o1} = 3,3 \text{ cm}; d_{r2} = 7,4 ; 0.008 (d_r + d_o) = 0.008(3,3 + 7,4) = 42,8 < 90$$

$$d_{o1} = 2,85 \text{ cm}; d_{r2} = 7,9 ; 0.008 (d_r + d_o) = 0.008(2,85 + 7,9) = 43 < 90$$

La marche de franchissement de l'obstacle est 90

Calcule de tolérance de repère (TP):

$$TP = \pm[0,25NM + 1,25\% \times D]$$

D : c'est la distance entre ALR et le point TP

$$D = 7600\text{cm} = 4,1\text{NM}$$

$$TP = \pm[0,25\text{NM} + 1,25\% * 4,1] = \pm 0,3\text{NM}$$

Donc la tolérance de repère TP = 0,3NM

III.1.5.2.Le virage verticale du SMR :

III.1.5.2.1.Calcule de la hauteur verticale SMR:

$$3,3\% = \frac{ALT}{D}$$

$$alt = tg3,3 \times D + 5\text{m} + 17\text{m}$$

$$alt = 0,033 \times 14,14 \times 500 + (5 + 17) (m)$$

$$alt = 255,31 \text{ m}$$

$$alt = 837,41\text{ft}$$

III.1.5.2.2.Calcule de rayon de virage :

$$TAS = V_i \times K = 291,5 \times K$$

D'où :

V_i : vitesse indiqué

K :(voir annexe1)

$$\left. \begin{array}{l} 0 \rightarrow 1.0257 \\ 1000 \rightarrow 1.0411 \end{array} \right\} k(837,41) = k(1000)$$

Donc :

$$TAS = 291,5 \times 1,0411 \approx 303,48\text{kt}$$

$$R_i = \frac{(303,48 \times \frac{1852}{3600})^2}{9,81 \times tg15} = 9272,9016\text{m}$$

$$R_c = \frac{TAS}{C} = \frac{303,48}{0,0524} = 5791,603\text{m}$$

Donc le rayon de virage est 9303,27m

Calcul de l'effet de vent (E_{90}):

$$E_{90} = \frac{\pi \times 9272,9016}{312,2472} \times 15,43 = 1438,8405m$$

III.1.5.2.3. Construction de la procédure du repère de position NDB :

Traçage du cercle :

$$Z_n = h \times \text{tg}(40^\circ); [Z_n \text{ (km)}, h \text{ (km)}]$$

Z_n : rayon de cône de NDB SMR

H : hauteur d'avion au niveau de moyen SMR

Calcul de la hauteur (h):

$$\begin{aligned} 3.3\% &= \frac{h}{D} \\ h &= 0.033 \times 7210 \\ h &= 237.93 \text{ m} \end{aligned}$$

Donc :

$$Z_n = 199.6469 \text{ m}$$

Tolérances technique de vol : mise en virage (3s) +délais de réaction (3s)

Donc

$$\begin{aligned} D &= (TAS + V_w) \times (3s + 3s) \\ D &= (303,48 + 30) \times \frac{1852}{3600} \times (3 + 3)s = 1029,3416 \text{ m} \end{aligned}$$

III. PARTIE 2 : LA CONCEPTION DE LA PROCEDURE DEPART-RNAV POUR L'AERODROM D'ALGER H. BOUMEDIEN

III.2.1. Introduction :

Les itinéraires normalisés de départ (SID) RNAV sont établis et définis de la manière suivante : un "départ initial" conventionnel débutant à l'extrémité de la piste de départ (DER) et se terminant à un repère conventionnel spécifié (uniquement en navigation conventionnelle) puis une "phase de raccordement" uniquement RNAV 1 se poursuivant jusqu'au point de rejoincte de le réseau « En-Route ».

III.2.2. Critère généraux :

La conception de la procédure RNAV traite des éléments (XTT, ATT et demi-largeur d'aire) qui sont nécessaires à la construction des procédures de vol aux instruments.

Tous les points de RNAV doit se trouvé à l'intérieur de 15NM par-rapport à l'ARP

III.2.3. Méthode de positionnement RNAV :

Le système RNAV identifie le prochain waypoint (point de cheminement) et il sélection 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 la route, etc... Ces données sont affichées sur la 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.

III.2.4. Trajectoires RNAV (Waypoints) :

La navigation RNAV s'effectue par cheminement de WP en WP

Les waypoints sont définis pour indiquer :

- Les points significatifs de la procédure (TP,)
- Les points tournants
- Les contraintes d'altitude et de vitesse
- Les points de report ATC

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

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

Il existe deux types de waypoint pour deux trajectoires :

- Fly-over waypoint : c'est un point de cheminement à survoler
- Fly-by waypoint : c'est un point de cheminement par le travers-préféré

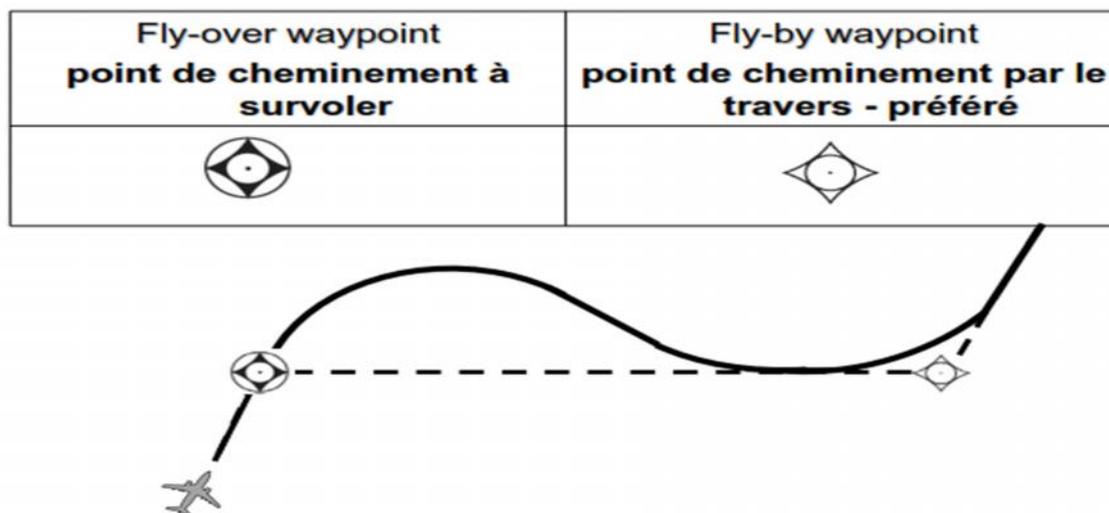


Figure III.9 : types de waypoint

III.2.5.RNAV1 :

RNAV1 est typiquement utilisé en zone terminale et en environnement radar ou une flotte importante des aéronefs répondent aux exigences RNAV1

Routes ATS de type RNAV1 est requérant une précision de 1NM pendant 95% du temps de vol

Les opérations RNAV1 sont principalement mises en œuvre en environnement radar mais utilisables en environnement radar

Pas de NOTAM RNAV1 émis par le SIA mais le pilot dispose des NOTAM DME

Procédure d'extraction à établir par les exploitants afin de couvrir une perte de système RNAV

III.2.6. Conception des départs RNAV:

1) Positionnement de la piste

Pour les départs 09, un évasement de 15° qui commence d'une distance de 150m par rapport au seuil de la piste, un départ avec une pente exigé de 4,6% pour éviter les obstacles qui perse les surfaces OIS

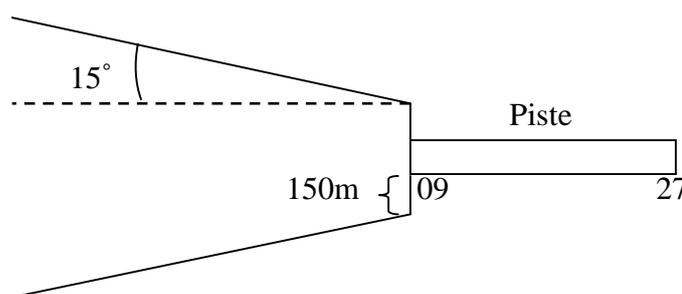


Figure III.10 : Départ en ligne droite (installation en arrière)

2) Création du 1^{er} point RNAV WP FLY-OVER :

Chaque étude d'une procédure de départ et basée sur une vitesse de départ, la vitesse proposée pour cette étude est de 240 kt tel que :

$$TAS = IAS \times K$$

d'où :

K : facteur de conversion (voir annexe1)

donc :

$$TAS=240 \times 1,0411=249,864 \text{ kt}$$

Le premier point WAYPOINT se trouve à la verticale du seuil 09

Le tableau si dessous est utilisé pour dessiner tous les points de cheminement RNAV1 qui situer à l'intérieure d'un cercle de rayon de 15 NM à partir de la ARP

Les valeurs de XTT, ATT, et demi largeur sont prise du tableau (voir annexe 3, annexe 4)

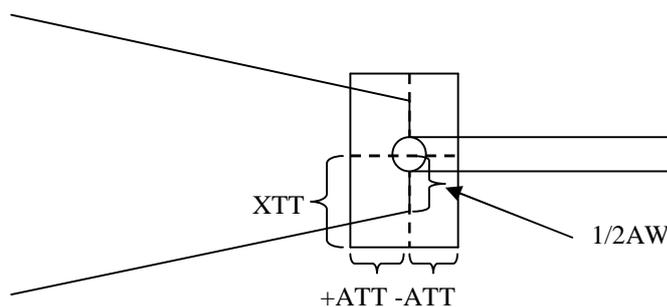


Figure III.11 : 1^{er} point RNAV WP FLY-OVER

3) Création du 2^{eme} point RNAV WP FLY-BY :

Les paramètres des tolérances des WP et les largeurs des aires de protection :

Tableau III.2: Paramètre de 2^{eme} WP

WP	Distance de l'ARP	ATT (m)	XTT (m)	½ AW (NM)	½ AW (m)
1 ^{er} WP FO	<15NM	1,13	1,46	1,68	3111,36
2 ^{eme} WP FB		1,13	1,46	1,68	3111,36
3 ^{eme} WP FO		1,13	1,46	1,68	3111,36
RW09		1,13	1,46	1,68	3111,36

Longueur minimale du 1^{er} segment :

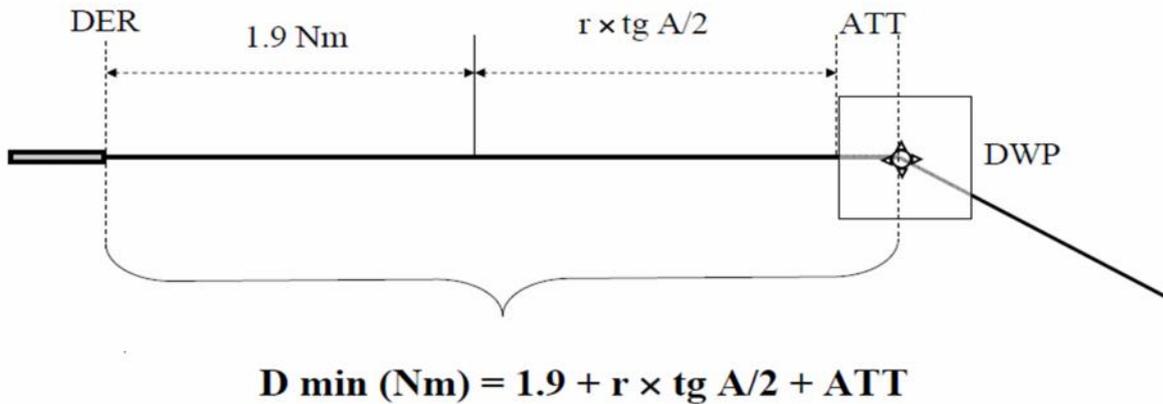


Figure III.12 : Longueur Minimale du 1^{er} segment FLY-BY WP

* $D_{min(1000ft)}(NM) = 1,9 + r \times \text{tg}\left(\frac{A}{2}\right) + ATT$

Ou:

r : Rayon de virage = 6285,833m

A = 90°

ATT = Tolérance d'écart longitudinal (voir annexe 3, annexe 4)

Donc :

$D_{min(1000ft)}(m) = 1,9 \times 1852 + 6285,8335 \times \text{tg}\left(\frac{90}{2}\right) + 1130$

$D_{min(1000ft)}(m) = 10934,6335 \text{ m}$

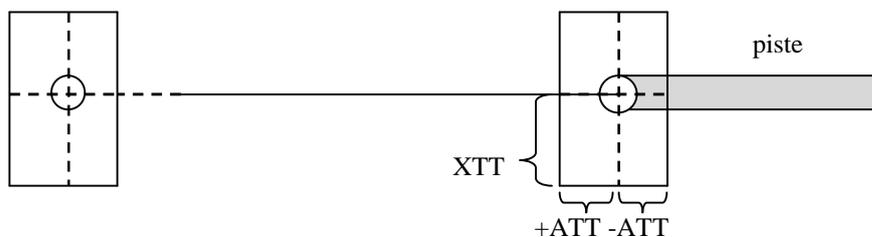


Figure III.13 : 2^{eme} point RNAV WP FLY-BY

4) Création du 3^{ème} point RNAV WP FLY-OVER :

La longueur minimale entre le 2^{ème} WP FB et le 3^{ème} WP FO la distance minimale de stabilisation

a-1) Création du 3^{ème} après virage à gauche :

* Calcule de l'altitude au niveau de 3^{ème} WP :

$$TAS = 249,864 \text{ kt}$$

$$\text{Pente} = 4,6\%$$

$$0,046 = \frac{H}{D}$$

$$ALT = d \times 0,046 + 5 + 17$$

$$ALT = (d_1 + d_2) \times 0,046 + 5 + 17$$

$$ALT = 26300 \times 0,046 + 5 + 17 = 1200 \text{ m}$$

* Paramètre de virage à gauche :

$$\text{Anticipation} : A = 90^\circ$$

Rayon de virage :

$$Ri = \frac{TAS^2(m/s)}{9,81 \times tg(15^\circ)} = 6285,833 \text{ m}$$

$$\text{Angle d'anticipation} : 90^\circ$$

Distance d'anticipation:

$$R \times \text{tag} \left(\frac{A}{2} \right) = 6285,833 \text{ m}$$

$$KK' = -ATT - R \times \text{tag} \left(\frac{A}{2} \right)$$

$$KK' = -7415,833$$

$$SS' = +ATT + C - R = -3712,8164 \text{ m}$$

$$SS' = -4772,213$$

$$\text{Effet de vent} : Ew = 1184,6397 \text{ m}$$

$$C = (TAS + V_w) \times (5+6)s = 1443,0166 \text{ m}$$

Tableau III.3 : Paramètre de virage à gauche

WP	3
TYPE	FO
XTT (m)	1,46
ATT (-m)	1,13
IAS (kt)	240
Altitude (ft)	1000
TAS (m/s)	249,864
Angle d'anticipation (°)	117
Inclinaison (°)	15
Rayon de virage (m)	6285,833
Vitesse du vent Vw (kt)	30
Distance (m) Délai de réaction à TAS +Vw	1443,0166
Point de virage au plus tôt : ligne (KK') (m)	-7415,833
Point de virage au plus tard : ligne (SS') (m)	-3712,8164
Effet de vent pour 90° de virage : Ew (m)	1184,6397

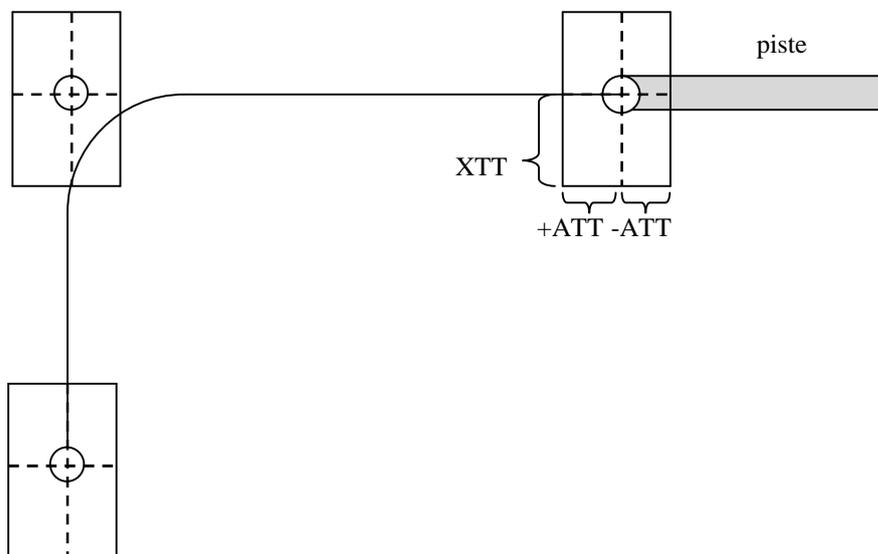


Figure III.14: 3^{ème} point RNAV WP FLY-OVER (virage à gauche)

Tableau III.4 : Paramètre de 2eme virage à gauche

WP	4
TYPE	FO
XTT (m)	1,46
ATT (m)	1,13
IAS (kt)	240
Altitude (ft)	—
TAS (m/s)	249,864
Angle d'anticipation (°)	107
Inclinaison (°)	15
Rayon de virage (m)	6285,833
Vitesse du vent Vw (kt)	30
Distance (m) Délai de réaction à TAS +Vw	1443,0166
Point de virage au plus tôt : ligne (KK') (m)	-1130
Point de virage au plus tard : ligne (SS') (m)	2573,0166
Effet de vent pour 90° de virage : Ew (m)	1184,6397

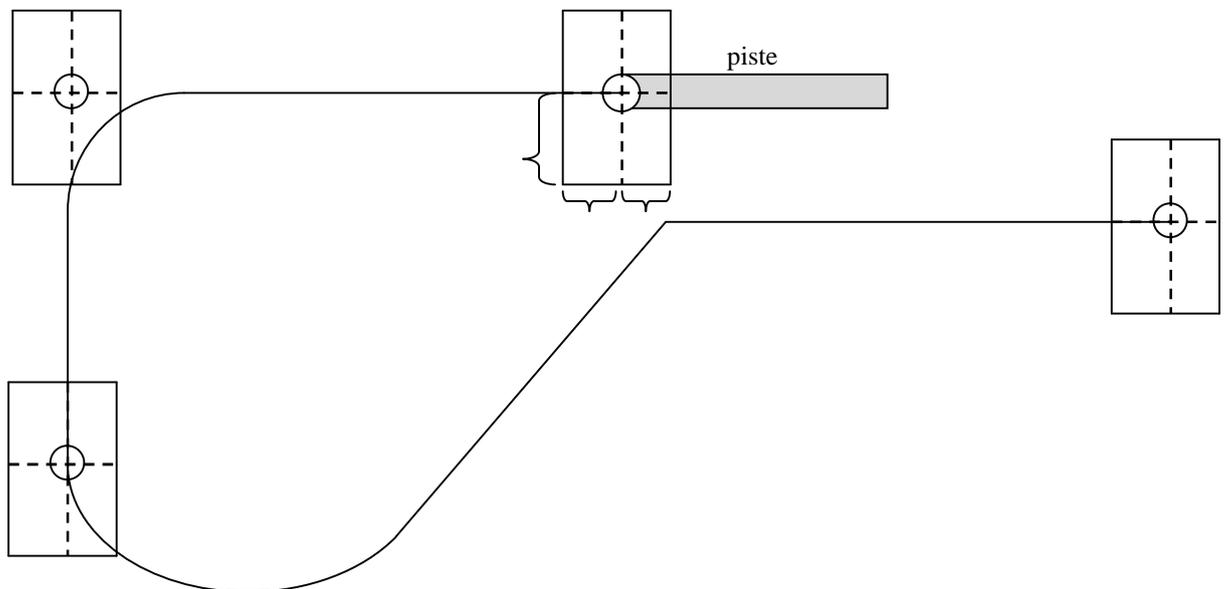


Figure III.16 : 4^{ème} point RNAV WP FLY-OVER (virage à gauche)

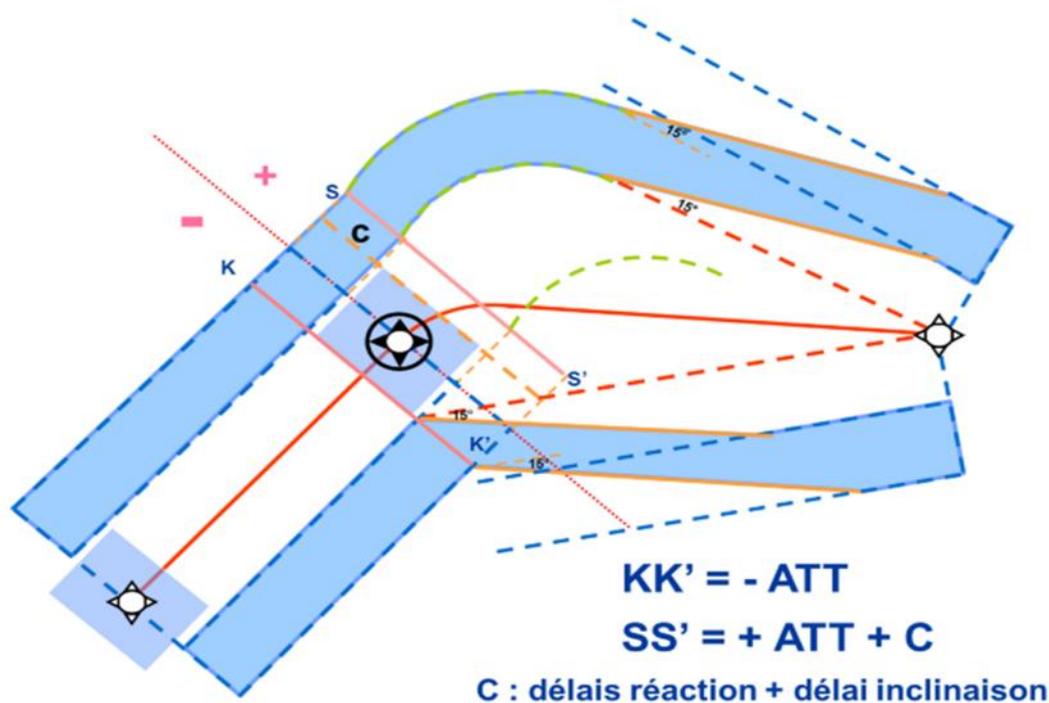


Figure III.17: Virage à un FLY-OVER suivi d'un DF vers gauche

b-1) Création du 3^{eme} WP après virage a droit :

* Calcule de l'altitude au niveau de 3^{eme} WP :

$$TAS = 249,864 \text{ kt}$$

$$\text{Pente} = 4,6\%$$

$$0.046 = \frac{H}{D}$$

$$ALT = d \times 0.046 + 5 + 17$$

$$ALT = (d_1 + d_2) \times 0.046 + 5 + 17$$

$$ALT = 26300 \times 0.046 + 5 + 17 = 1200 \text{ m (pour le point 3)}$$

* Paramètre de virage à gauche :

$$\text{Anticipation} : A = 90^\circ$$

Rayon de virage :

$$Ri = \frac{TAS^2(m/s)}{9,81 \times \text{tg}(15^\circ)} = 6285,833\text{m}$$

Angle d'anticipation : 90°

Distance d'anticipation:

$$R \times \text{tag} \left(\frac{A}{2} \right) = 6285,833\text{m}$$

$$KK' = -ATT - R \times \text{tag} \left(\frac{A}{2} \right)$$

$KK' = -7415,833$

$SS' = +ATT+C-R= - 3712,8164 \text{ m}$

$SS' = -4772,213$

Effet de vent : $E_w = 1184,6397 \text{ m}$

$C = (TAS + V_w) \times (5+6)s = 1443,0166 \text{ m}$

Tableau III.3 : Paramètre de virage à droite

WP	3
TYPE	FO
XTT (Nm)	1,46
ATT (Nm – m)	1,13
IAS (kt)	240
Altitude (ft)	1000
TAS (m/s)	249,864
Angle d'anticipation (°)	117
Inclinaison (°)	15
Rayon de virage (m)	6285,833
Vitesse du vent V_w (kt)	30
Distance (m) Délai de réaction à $TAS + V_w$	1443,0166
Point de virage au plus tôt : ligne (KK') (m)	-7415,833
Point de virage au plus tard : ligne (SS') (m)	-3712,8164
Effet de vent pour 90° de virage : E_w (m)	1184,6397

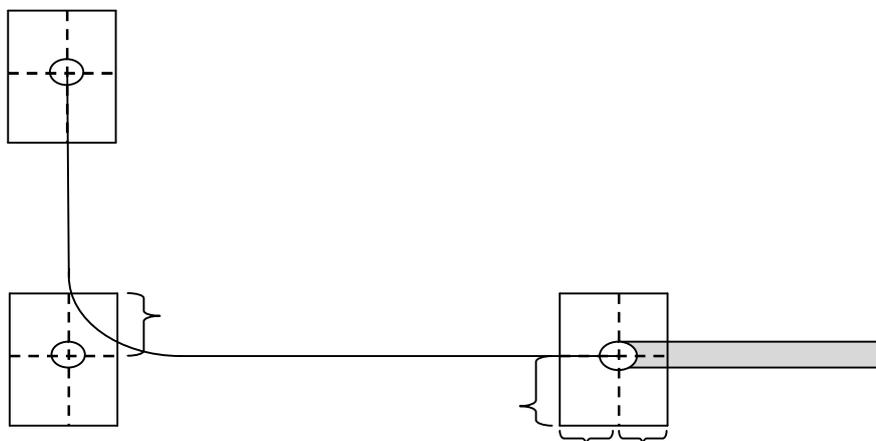


Figure III.18: 3^{ème} point RNAV WP FLY-OVER (virage à droite)

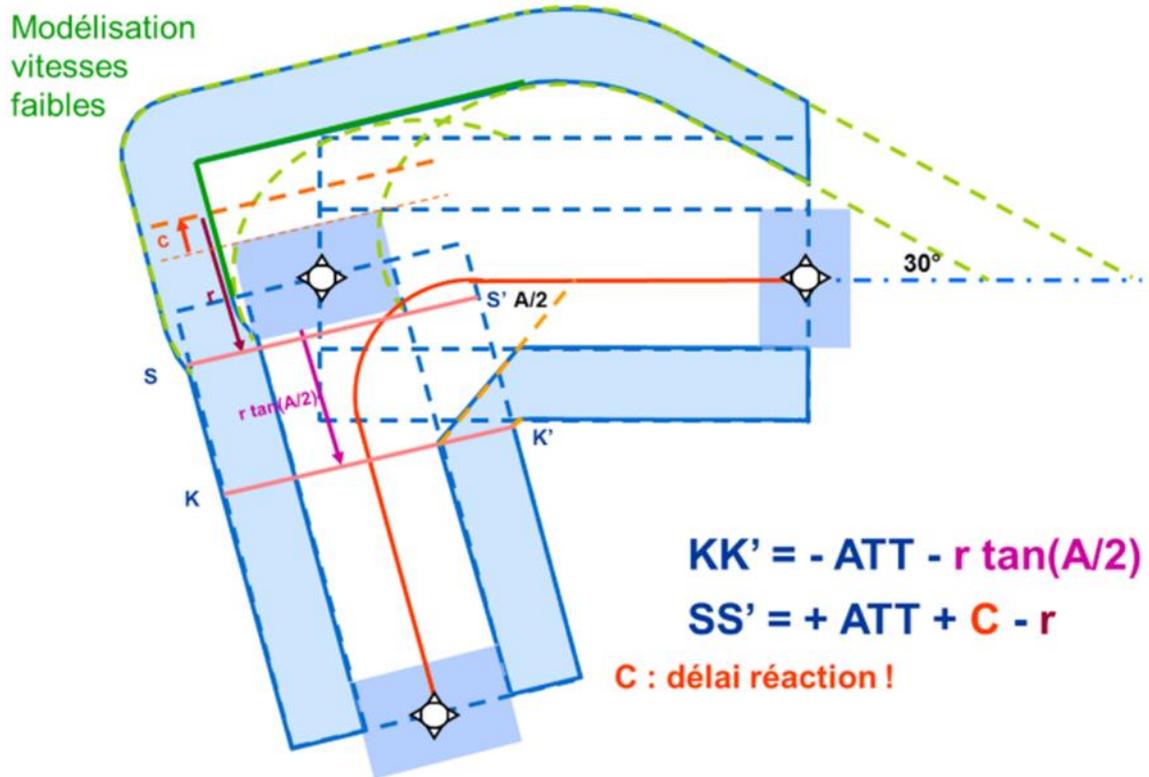


Figure III.19: Virage à 90° suivie d'un TF vers la droite

b-2) Création du 4^{ème} point RNAV WP FLY-OVER :

* Paramètre de virage à droit :

Angle d'anticipation : 60 °

Rayon de virage :

$$Ri = \frac{TAS^2(m/s)}{9,81 \times tg(15^\circ)} = \frac{249,864^2 \times \frac{A}{2}}{2,628} = 6285,833m$$

Distance d'anticipation :

$$R \times \tan\left(\frac{A}{2}\right) = 3629,1273 \text{ m}$$

$$KK' = -ATT \rightarrow KK' = -1130 \text{ m}$$

$$SS' = C \rightarrow SS' = 1443,0166 \text{ m}$$

Effet de vent : $E_w = 1185,239$

$$C = (TAS + V_w) \times (5+6)s = 1443,0166 \text{ m}$$

Tableau III.6 : Paramètre de 2eme virage à droite

WP	4
TYPE	FO
XTT (Nm – m)	1,46
ATT (Nm – m)	1,13
IAS (kt)	240
Altitude (ft)	—
TAS (m/s)	249,864
Angle d'anticipation (°)	60
Inclinaison (°)	15
Rayon de virage (m)	6285,833
Vitesse du vent Vw (kt)	30
Distance (m) Délai de réaction à TAS +Vw	1443,0166
Point de virage au plus tôt : ligne (KK') (m)	-1130
Point de virage au plus tard : ligne (SS') (m)	2573,0166
Effet de vent pour 90° de virage : Ew 107° (m)	1185,239

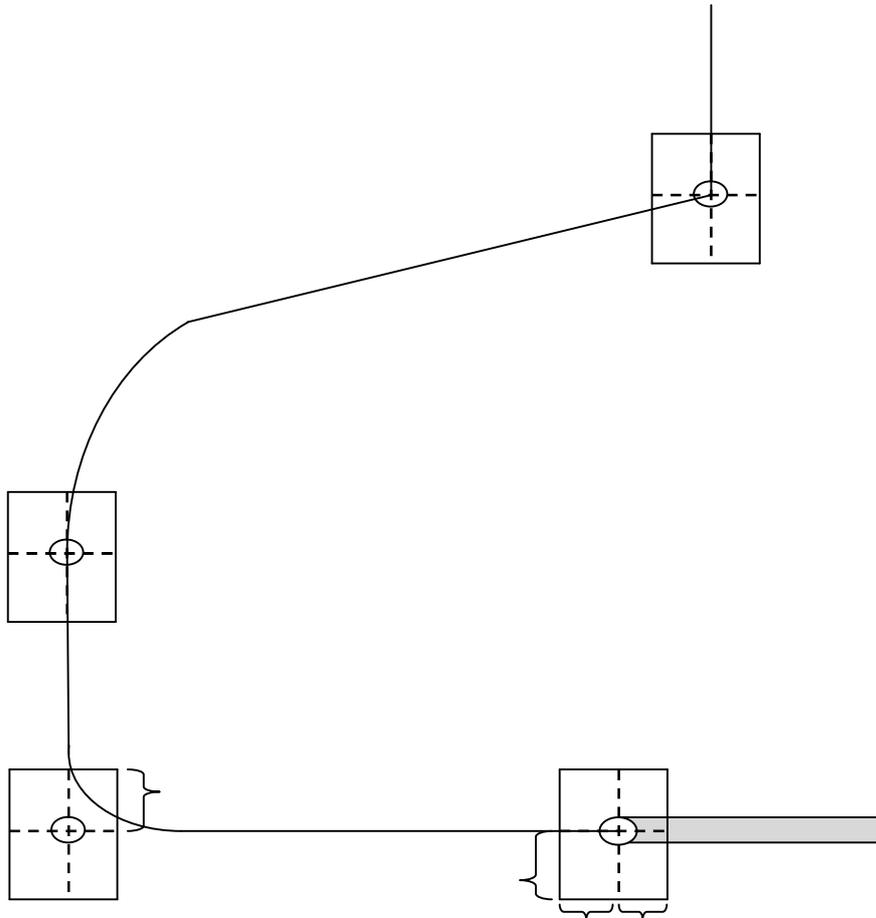


Figure III.20: 4^{ème} point RNAV WP FLY-OVER (virage à droit)

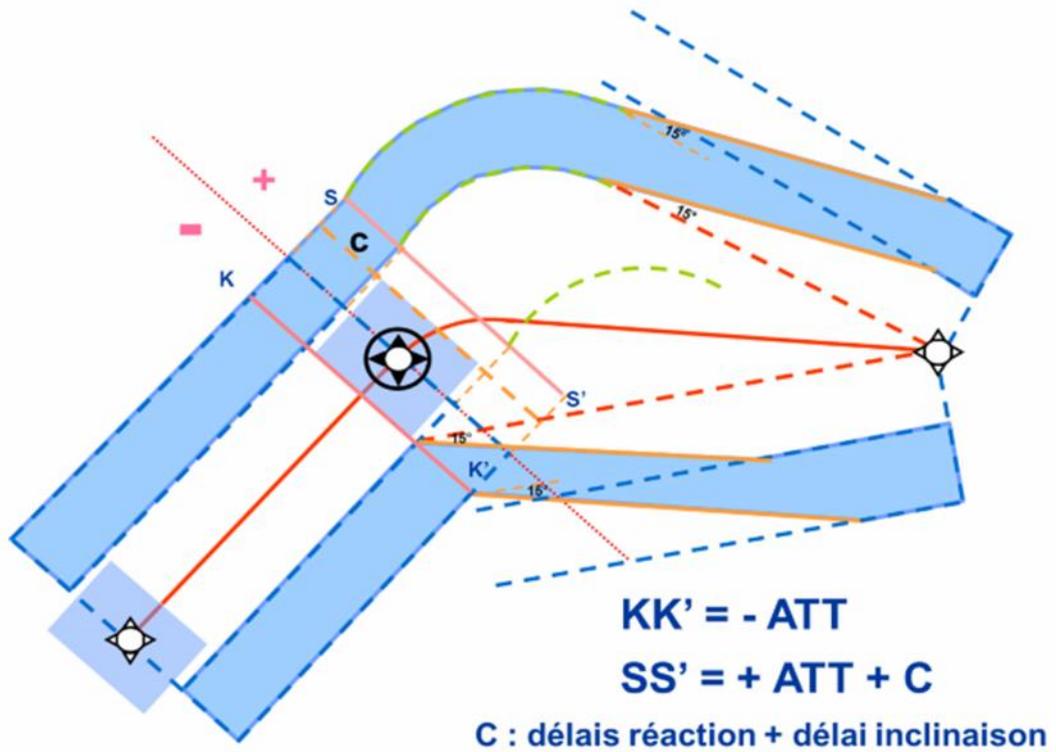


Figure III.21: Virage à un FLY-OVER suivi d'un DF vers la droite

III.2.7. Méthode de fusion des aires :

III.2.7.1. Méthode des ARCs circulaire :

1-définition de la méthode d'Arcs circulaires :

La méthode d'arcs circulaires ne s'applique que dans les segments de vol où des points de cheminement à survoler, cette méthode ne sera normalement appliquée qu'aux virages par le travers.

Toutefois, lorsqu'un virage avec survol est prévu dans un segment de départ, cette méthode de construction peut aussi être appliquée en raison du faible angle de virage.

2-Protection de la limite extérieure de virage :

Les bords extérieurs des aires primaires et secondaires du parcours précédent et du parcours suivant sont joints par des arcs circulaires. Les points à joindre sont situés sur des perpendiculaires aux parcours tracées du point de cheminement jusqu'aux bords extérieurs.

Chaque arc circulaire est centré sur le point où la bissectrice perpendiculaire à la ligne droite joignant les deux points coupe la perpendiculaire au parcours précédent.

Si les largeurs d'aire du parcours précédent et du parcours suivant sont les mêmes, le centre des arcs circulaires sera au point de cheminement.

3-Protection de la limite intérieure de virage :

La limite intérieure de virage est définie par une ligne joignant les aires primaires et secondaires avant et après le point de cheminement. Le point d'intersection du bord de l'aire primaire du parcours précédent, sur le côté intérieur du virage, avec la perpendiculaire au parcours suivant tracée à partir du point de cheminement, est relié par une ligne droite au point d'intersection du bord de l'aire primaire du parcours suivant avec la perpendiculaire au parcours précédent, tracée à partir du point de cheminement. La même méthode est appliquée pour joindre le bord des aires secondaires sur le côté intérieur du virage.

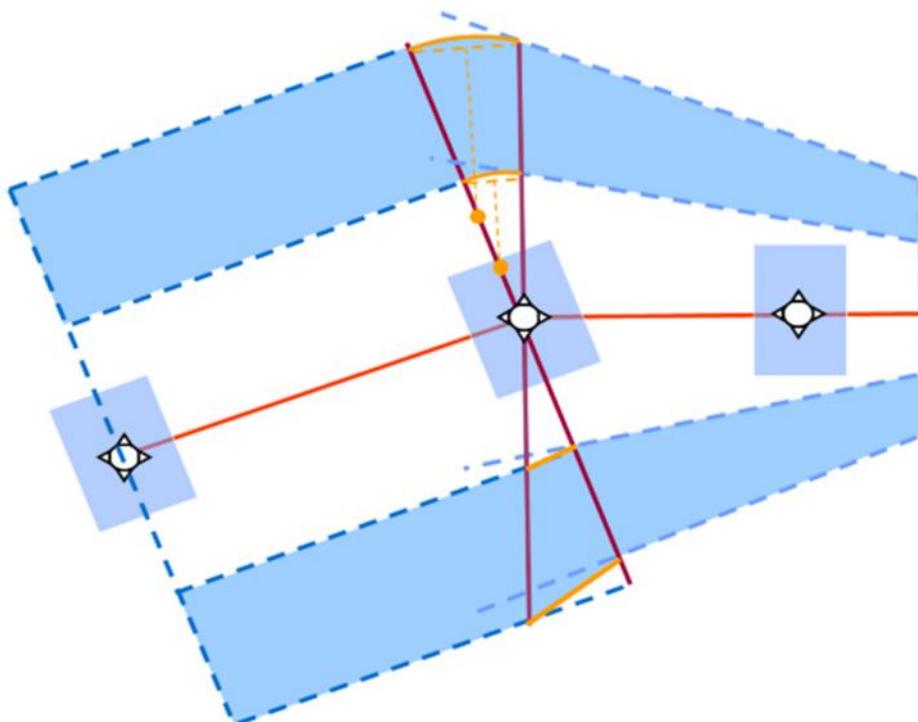


Figure III.22 : Faible angle de virage — méthode d'arcs circulaires

III.2.7.2. Fusion des aires aux interfaces entre deux phases de vol :

Lorsque la largeur de l'aire du segment suivant est supérieure à la largeur de l'aire du segment précédent, on réalise la fusion en évasant de 15° l'aire du segment précédent à la limite amont du point où la phase de vol ou la tolérance XTT change. Le bord extérieur de l'aire primaire définit la moitié de l'aire totale.

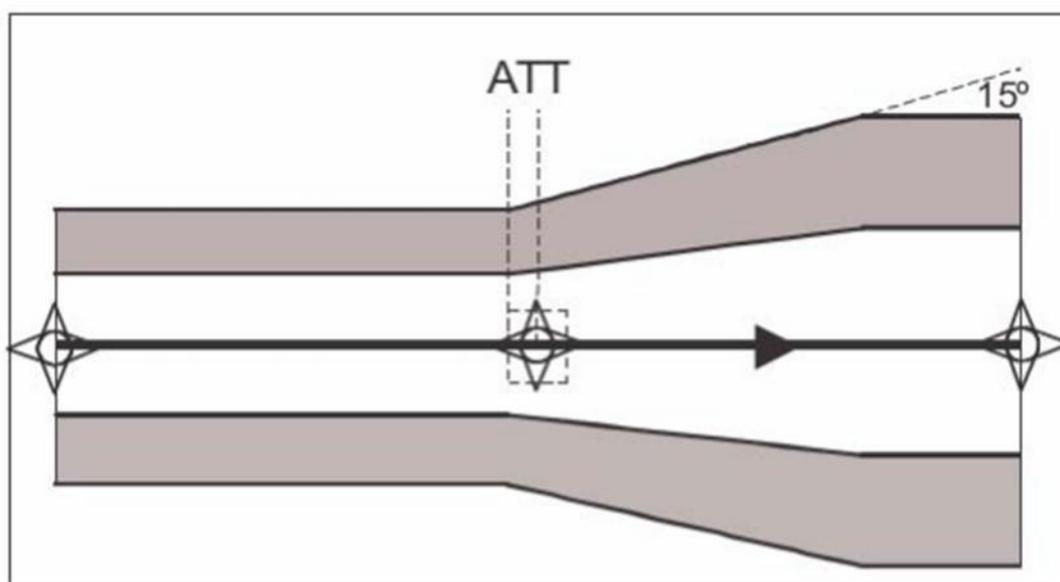


Figure III.23 : Fusion de segments de largeur différente

Chapitre IV : Démonstration de logiciel

DEMETER et la simulation

<i>IV.1. Introduction</i>	61
<i>IV.2. Généralités SUR trajectoires RNAV</i>	61
<i>IV.3. Parcours extrémité</i>	61
<i>IV.4. Transitions entre waypoints</i>	63
<i>IV.5. Codage des procédures</i>	63
<i>IV.6. Les instruments INS, IRS, GPS, FD et PA</i>	64
<i>IV.7. Codage</i>	65
<i>IV.7.1 path terminator (TP)</i>	65
<i>IV.7.2. Enchaînement des Path-Terminator</i>	69
<i>IV.8. Codage de la trajectoire RNAV</i>	72
<i>IV.9. LOGICIEL DEMETER</i>	72
<i>IV.9.1. Description de logiciel</i>	72
<i>IV.9.2. Liste des caractéristiques de DEMETER</i>	73
<i>IV.10. La Simulation de la couverture DME-DME (ALR et SDM)</i>	75

IV.1. Introduction

Comme pour tous les changements apportés au système de navigation aérienne il est nécessaire de vérifier qu'une couverture optimale de la trajectoire depuis le départ jusqu'au raccordement avec la phase suivante sur le rayon de 15NM.

IV.2. Généralités SUR trajectoires RNAV

La trajectoire RNAV s'effectue par cheminement de WP en WP qui sont défini pour indiquer les points tournants, les contraintes d'altitude et de vitesse et les points de reports.

La longueur des segments doit être suffisante pour permettre à l'aéronef de se stabiliser après un virage et d'atteindre la contrainte (altitude ou vitesse) au niveau du waypoint.

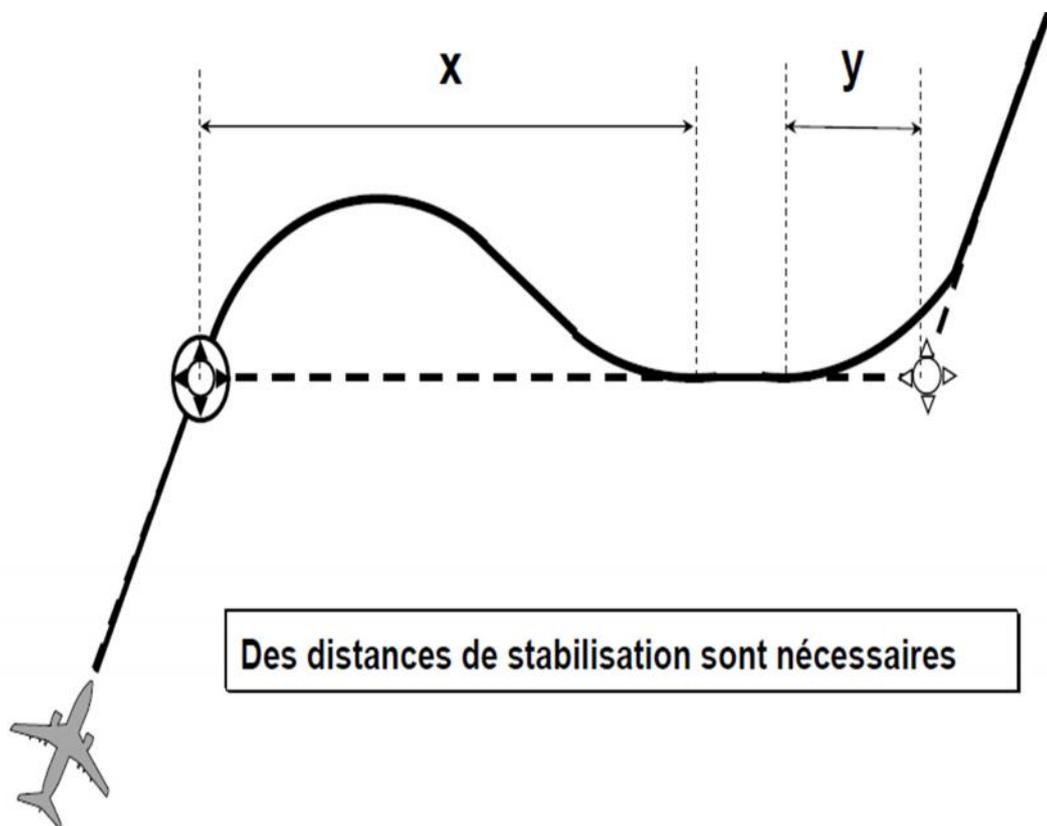


Figure VI.1 : Distance de stabilisation entre deux WP

IV.3. Parcours extrémité

Les Path-Terminator permettent de décrire les trajectoires à suivre : avant, après et entre les waypoints codés selon :

a) Un tableau de codage par l'ARINC 424 :

Tableau VI.1 : waypoint Codés selon l'ARINC 424

CA	
Définit le type de trajectoire: - Route T (Track) ou C (Course) - Direct D - Cap V	Définit la fin de la trajectoire - Point F (Fix) - Distance D - Altitude A

b) Un tableau de codage est fourni avec la carte procédure :

Tableau VI.2 : waypoint Codés avec la carte procédure

IF	Initial Fix
TF	Trackbetweenfix
RF	Radius to fix
DF	Direct to fix
FA	Fix to an altitude
CF	Cours to fix
HF	Hold to fix
HA	Hold to altitude
HM	Hold for clearance
PI	Procedurereturn to intercept
CA	Cours to altitude
CI	Cours to intercept
CD	Cours to DME arc
CR	Cours to VOR radial
FC	Cours fromfix
FD	Fix to DME arc
FM	Vectorsfromfix
AF	DME Arc to fix
VD	Heading to DME Arc
VA	Heading to altitude
VM	Heading (vectors)
VI	Heading to intercept
VR	Heading ti VOR Radial

IV.4. Transitions entre waypoints

Il peut exister plusieurs trajectoires différentes pour rejoindre un même point

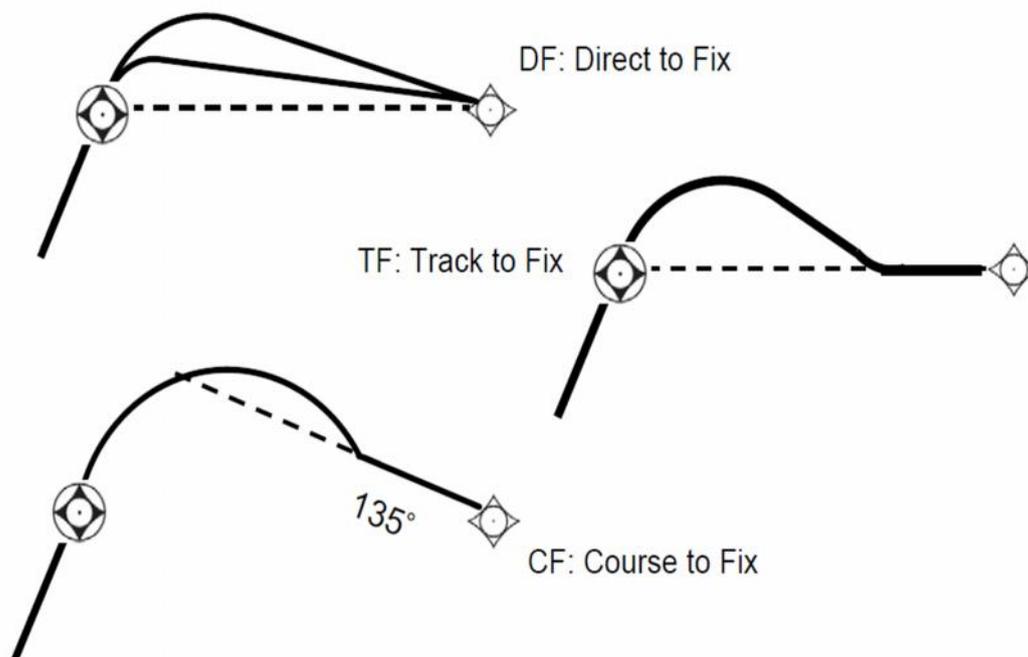


Figure VI.2 : Transition entre WP(1) FLYOVER et WP(2) FLY BY

Selon le Patht-Terminator, la trajectoire est prédictible ou non

WP1 : FLY-OVER

WP2 : FLY-BY

IV.5. Codage des procédures

Toutes les trajectoires sont codées dans les bases de données avions

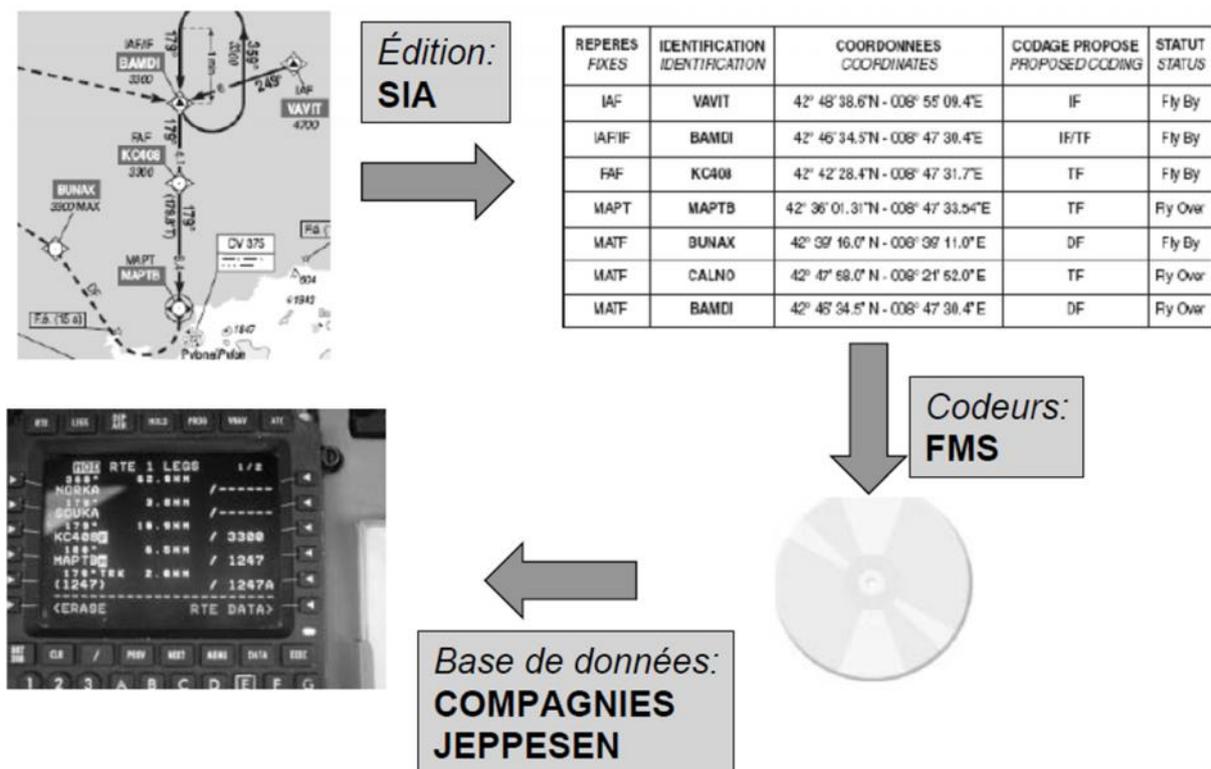


Figure VI.3 : Codage des procédures

IV.6. Les instruments INS, IRS, GPS, FD et PA

a) INS : Inertial Navigation System

Fourni la POSITION de l'aéronef en référence à une position INITIALE.

INS : Equipement des aéronefs avec une plateforme restant horizontale tout le long de vol (utilisation de gyroscopes) qui Fourni les données pour la navigation horizontale.

b) IRS : Inertial Reference System

IRS : l'ensemble des avions de lignes modernes sont dotés d'un guidage inertiel sous la forme d'une IRS (Inertial Reference System), permettant de connaître la position et toutes les données liées, couplé à un système de navigation pour le guidage, de type FMC (Flight Management Computer).

c) GPS : Global Position System

Le GPS, ainsi que les systèmes de radionavigation au sol ne sont utilisé que dans un but de recalibrer sa position du fait de la dérive inertielle du système (utilisation de gyrolaser, détectant les variations d'assiette) qui fournit des données pour la navigation horizontale et verticale.

d) FD : Directeur de vol (Flight Director)

Il fournit au pilote une aide en lui indiquant le sens et l'amplitude des manœuvres à effectuer pour amener l'avion dans une configuration de vol ou sur une trajectoire

sélectionnée. Il se présente sous la forme de moustaches sur l'horizon artificiel qu'il s'agit de faire correspondre avec la maquette de l'avion qui y figure, ou sur la forme d'une croix sur laquelle aligner le repère central représentant l'avion.

Le suivi de la trajectoire est réalisé manuellement par le pilote.

e) PA : Pilot automatique (Autopilot)

Il permet, grâce à un ensemble de servocommandes, d'asservir l'avion dans une configuration de vol (mode de base) ou sur une trajectoire donnée (mode supérieur). Ces deux systèmes partagent le ou les mêmes calculateurs. Ils fonctionnent selon trois phases : armé (le calculateur acquiert les données), capture (le calculateur indique les corrections à effectuer) et maintien (le calculateur tient les paramètres).

Le suivi de la trajectoire ne nécessite pas d'action du pilote.

IV.7. Codage

IV.7.1 path terminator (TP)

Les Path-Terminator permettent de transformer les procédures en trajectoire codé et qui est associé au P de fin de segment, il indique ainsi comment naviguer vers un point spécifique ou vers une condition de fin.

✓ Code ARINC 424 :

Tableau de Path-Terminator sont utilisés pour Définir les trajectoires RNAV.

Tableau VI.3 : Path-Terminator pour la trajectoire RNAV

Course to an Altitude	CA
Cours to afix	CF
Direct to a Fix	DF
Fix to an Altitude	FA
Fix to a Manual Termination	FM
Racetrack Cours Reversal (Alt Term)	HA
Racetrack (Single Circuit – Fix Term)	HF
Racetrack (Manual Termination)	HM
Initial Fix	IF
Track to a Fix	TF
Constant Radius to ARC	RF
Heading to an Altitude	VA
Heading to an Intercept	VI
Heading to a Manual Termination	VM

Tableau de Path-Terminator permettent de définir toutes les trajectoires.

Tableau VI.4 : Path-Terminator pour toutes les trajectoires

Arc to a fix	AF
Course to an Altitude	CA
Course to a DME	CD
Course to afix	CF
Course to an intercept	CI
Course to a Radial Termination	CR
Direct to a fix	DF
Fix to an Altitude	FA
From a fix for a Distance	FC
From a fix to a DME Distance	FD
From a fix to a Manual Termination	FM
Racetrack Cours Revers (Alt Tem)	HA
Racetrack (Single Circuit – Fix Term)	HF
Raceetrack (Manual Termination)	HM
Initial Fix	IF
Track to a fix	TF
Procédure Turn	PI
ContrantRadlus Arc	RF
Heading to an Altitude	VA
Heading to a DME Distance	VD
Heading to an intercept	VI
Heading to a Manual Termination	VM
Heading to a Radial Termination	VR

✓ Différent cas de raccordement entre deux WP :

1) TF : Track between Fixes

Naviguer vers le WP de fin, sur la route passant par les deux WP.

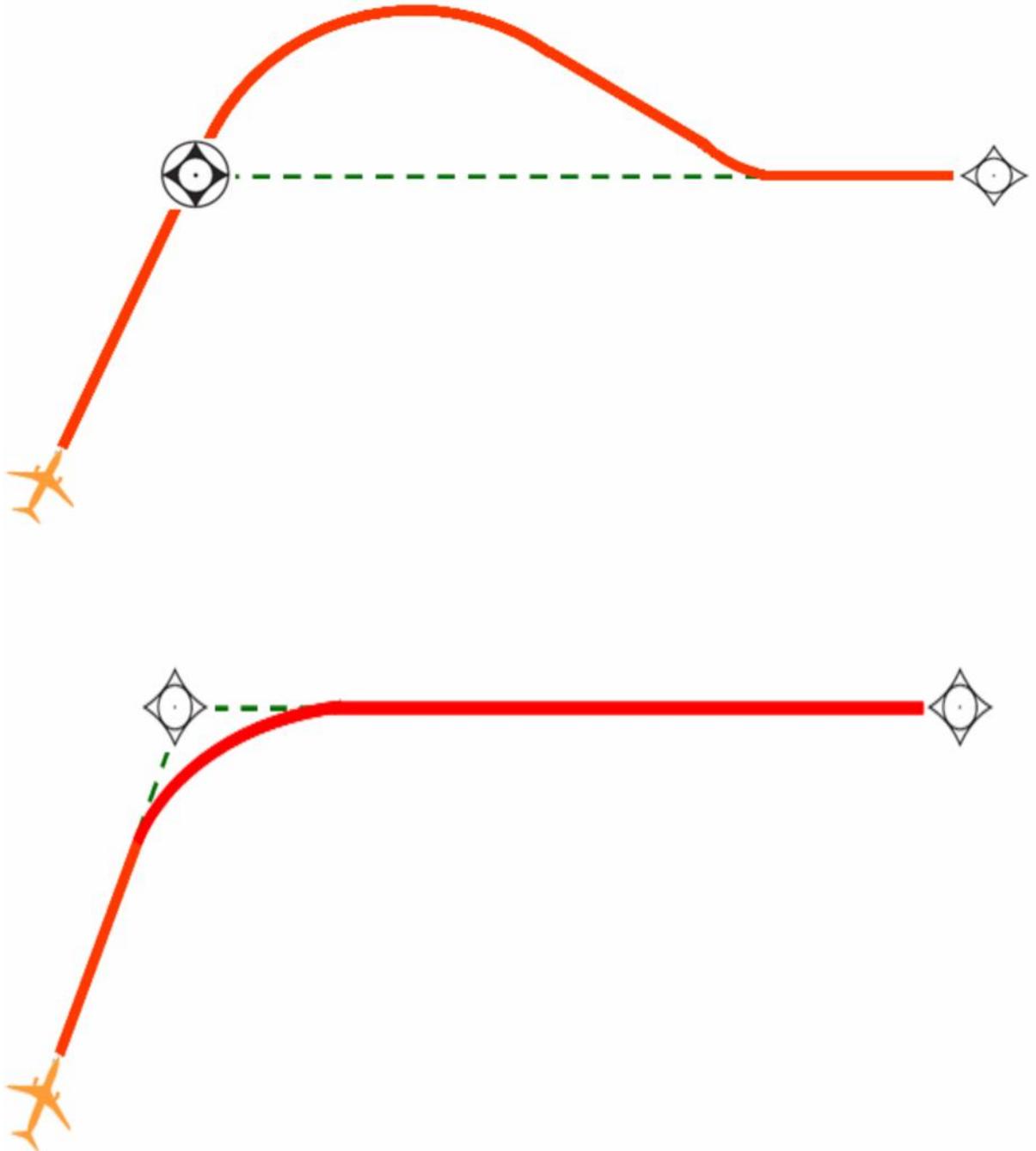


Figure VI.4 : Track between Fixes (TF)

2) DF : Direct to Fix

Naviguer directement vers le WP de fin, quelle que soit la route.

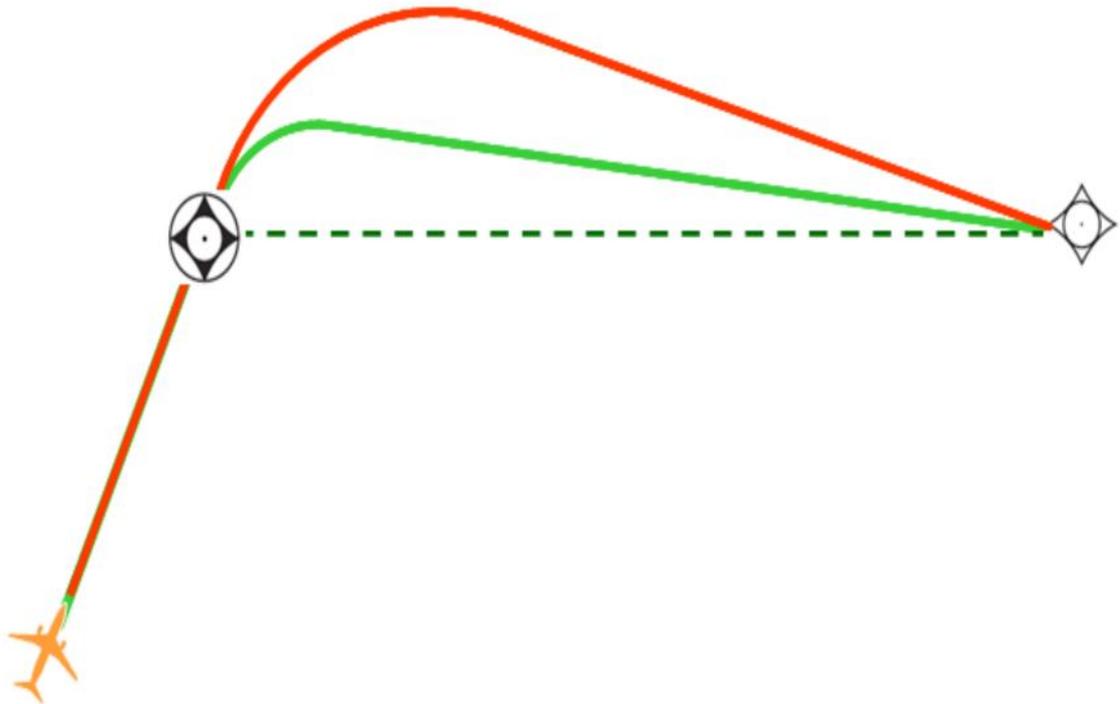


Figure VI.5 : Direct to Fix (DF)

3) CF : Course to Fix

Naviguer vers le WP de fin sur une route spécifiée.

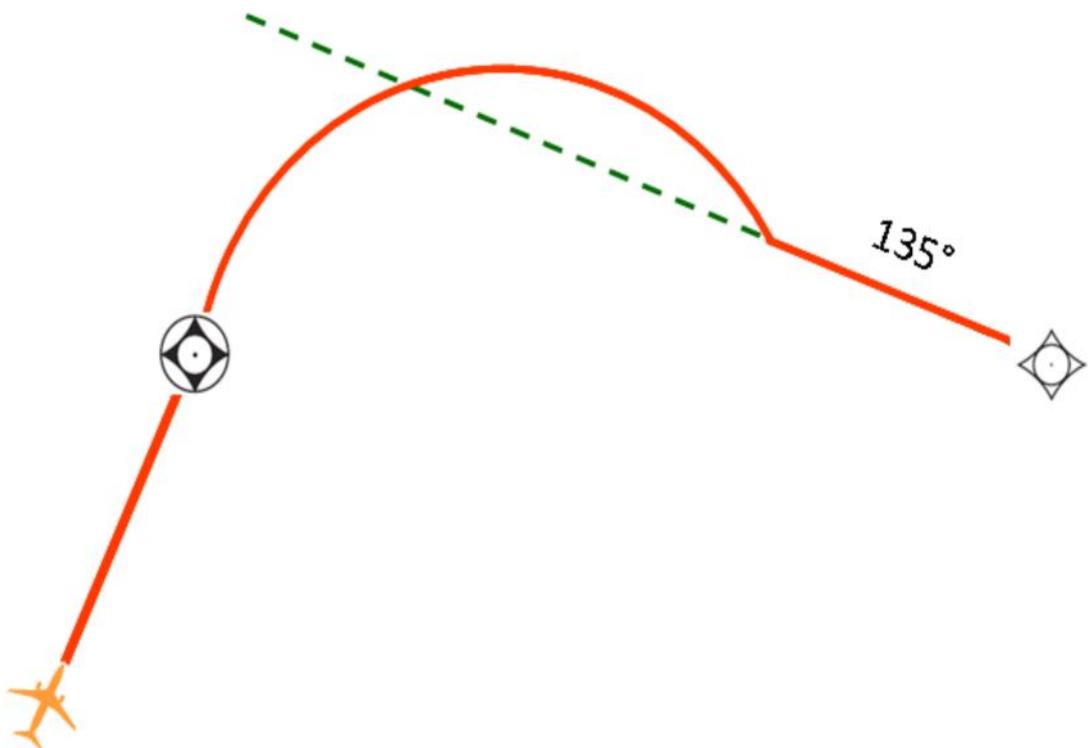


Figure VI.6 : Course to Fix (CF)

- 4) CA : Course to Altitude
 Naviguer jusqu'à une Altitude sur une route spécifiée.

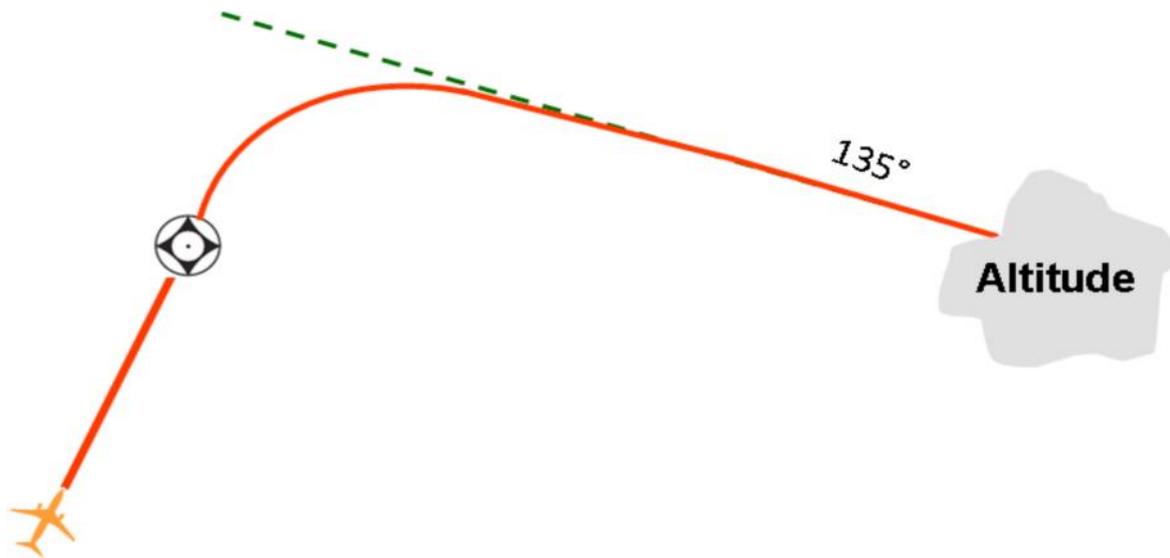


Figure VI.7 : Course to Altitude (CA)

IV.7.2. Enchaînement des Path-Terminator

Séquence de TP

- a) Tableau Séquence de code parcours-extrémité :

Tableau VI.5 : Séquence de code parcours-extrémité

		Parcours suivant											
		IF	CA	CF	DF	FA	FM	HM	RF	TF	VA	VI	VM
Parcours actuel	CA												
	CF				1								
	DF				1								
	FA												
	FM												
	HM												
	IF					2	2	2	3				
	RF												
	TF												
	VA												
	VI												
	VM												

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

Note 2- Le parcours IF n'est programmé que lorsque les contraintes d'altitude à chaque extrémité d'un parcours FA ou HM sont différentes.

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

Règles Fondamentales :

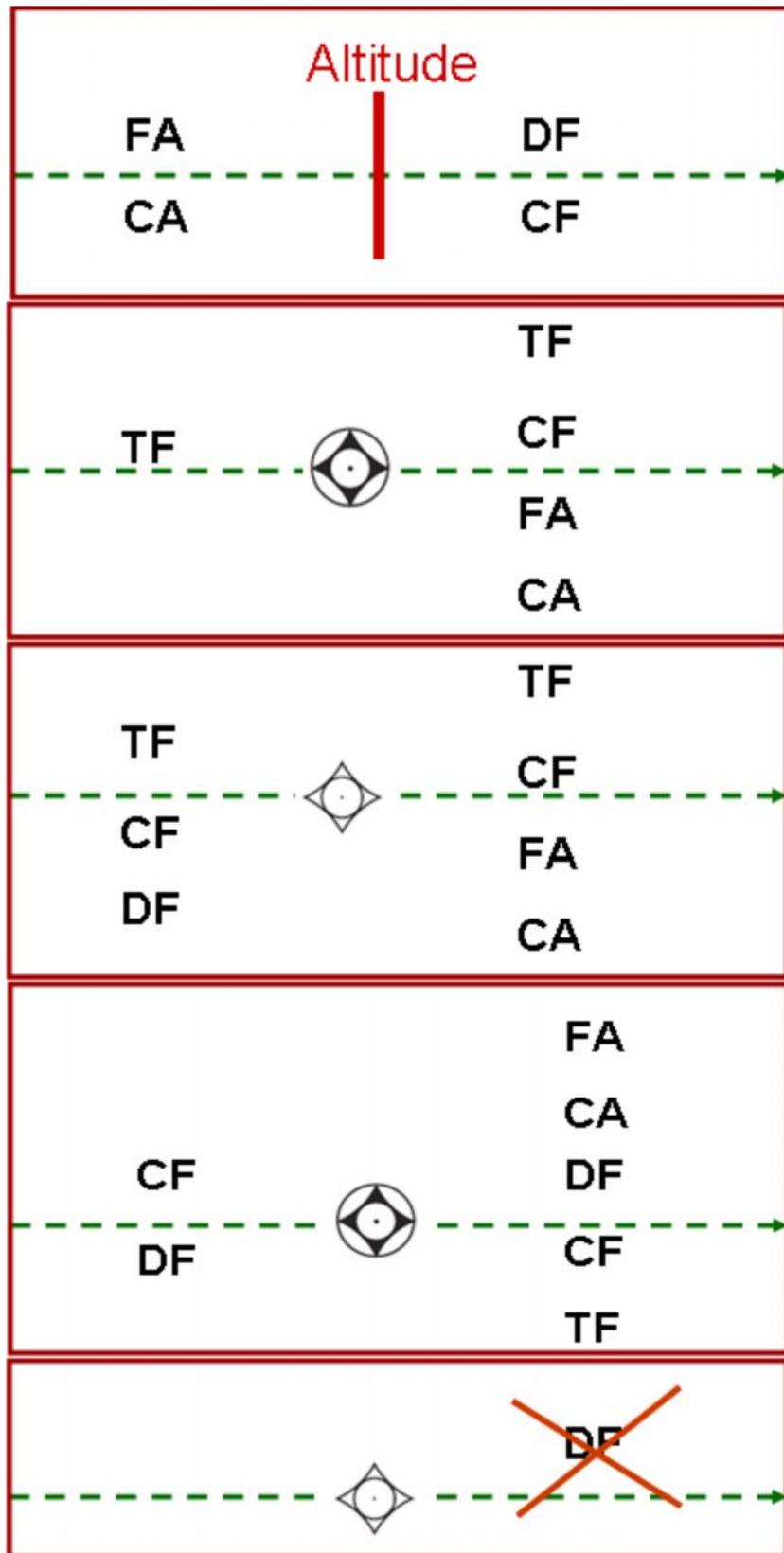


Figure VI.8 : Course to Altitude (CA)

NB :

Les types de WP et les PT ont une influence sur la trajectoire nominale.
Des informations de codage sont publiées avec les cartes de procédures.

b) Tableau Code parcours-extrémité (données requises)

Tableau VI.6 : code parcours-extrémité (données requises)

Code parcours-extrémité	Identificateur de point de cheminement	À survoler	Direction du virage	Aide de navigation recommandée	Distance par rapport à l'aide de navigation	Relèvement par rapport à l'aide de navigation	Direction magnétique	Longueur du parcours	Restriction d'altitude 1	Restriction d'altitude 2	Limite de vitesse	Angle vertical	Centre de l'arc
CA			0				✓		6		0		
CF	✓	1	0	✓	✓	✓	✓		0	0	0	0	
DF	✓	1	0	0	0	0			0	0	0		
FA	✓		0	✓	✓	✓	✓		6		0		
FM	✓		0	✓	✓	✓	✓		0		0		
HM	✓		0	0	0	0	✓	✓	0		0		
IF	✓			0	0	0			0	0	0		
RF	✓	0	✓	0		2	3	5	0	0	0	0	✓
TF	✓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VA			0				4		6		0		
VI		0	0	0			4		0	0	0		
VM	0		0				4		0		0		

Ou :

✓ = Obligatoire

0 = Facultatif

1 = Obligatoire seulement pour combinaisons CF/DF et DF/DF

2 = Trajectoire tangentielle de rapprochement

3 = Trajectoire tangentielle d'éloignement

4 = Cap et non direction

5 = Distance longitudinale

6 = Altitude (à ou au-dessus)

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

IV.8. Codage de la trajectoire RNAV

La trajectoire RNAV est codée d’après le tableau suivant :

Tableau VI.7 : Codage de la trajectoire RNAV

Repères	Identification	Coordonnées	Codage proposé	Statut
/	RWY09	36° 41' 31,42" N 003° 10' 14,88" E	TF	FLY-OVER
/	CMMUN	36° 41' 31,42" N 003° 02' 53,00" E	TF	FLY-BY
/	BN001	36° 32' 46,00" N 003° 02' 53,00" E	DF	FLY-OVER
/	BN002	36° 38' 26,00" N 003° 17' 43,00" E	TF	FLY-OVER
/	BN003	36° 38' 49,00" N 003° 31' 21,00" E	TF	FLY-OVER
/	NRD01	36° 50' 41,00" N 003° 02' 53,00" E	DF	FLY-OVER
/	NRD02	36° 54' 52,00" N 003° 13' 13,00" E	DF	FLY-OVER

IV.9. LOGICIEL DEMETER

IV.9.1. Description de logiciel

DEMETER (mesure de la distance Équipement traceur) : Est un outil qui prend en charge la mise en œuvre de la performance Basé Sur la Navigation (PBN) et la planification des infrastructures de navigation (rationalisation et de l'évolution), Il permet aux fournisseurs de services pour déterminer la infrastructure de navigation minimum nécessaire pour soutenir la B-RNAV(ou RNAV-5, en regardant VOR / DME) et P-RNAV (ou RNAV-1, par regardant DME / service de navigation DME).

DEMETER utilise un terrain de base de données pour déterminer la couverture des installations et traite les résultats en évaluant les critères RNAV selon le Manuel PBN de l'OACI.

Niveaux numériques d'élévation de terrain de données 0, 1 et 2 peuvent être traités.

Après une mise à niveau du projet 2 ans achevée en 2010 dans coordination avec les parties prenantes, DEMETER a été étendue avec un attention particulière à intégrer les processus de mise en œuvre. Il permet la visualisation des résultats de la simulation dans le cadre du fonctionnement exigences qui sont définies par les planificateurs de l'espace aérien, et soutient la planification de l'inspection du vol. L'inspection en vol au sein de la planification.

- Les meilleures données de qualité disponibles dans la base de données sont sélectionnées par l'application et utilisées pour les calculs. DEMETER est livré avec GTOPO30 et le niveau 0 DTED de données.
- Possibilité de visualiser le terrain en 2D et 3D utilisant NASA World - Vent (connexion internet requise pour se connecter à la base de données NASA World Wind).
- L'analyse du site: vue de l'horizon et de la couverture prévue
- La couverture DME-DME et de l'évaluation de la performance (paires disponibles, angle sous-tendu, la redondance et Erreur Système de navigation - NSE). VOR-DME couverture et l'évaluation de la redondance.
- Calcul de la performance de procédure donnant la redondance DME-DME long de la procédure. Le calcul prend en compte la largeur de la procédure, la vitesse de l'avion et la règle de 30 secondes.
- Rapport de couverture de procédure montrant disponibles paires DME le long de la procédure. Cette fonctionnalité prend en charge la planification des inspections de vols pour des procédures définies.
- La couverture de la procédure en profil vertical.
- La fonction d'importation de données d'inspection en vol qui permet l'affichage des paramètres mesurés et la comparaison de la couverture prévue et réalisée.
- Estimation du meilleur emplacement pour un nouveau site DME qui, avec l'infrastructure de navigation existante est d'améliorer la couverture du signal DME-DME dans une zone désignée d'intérêt.

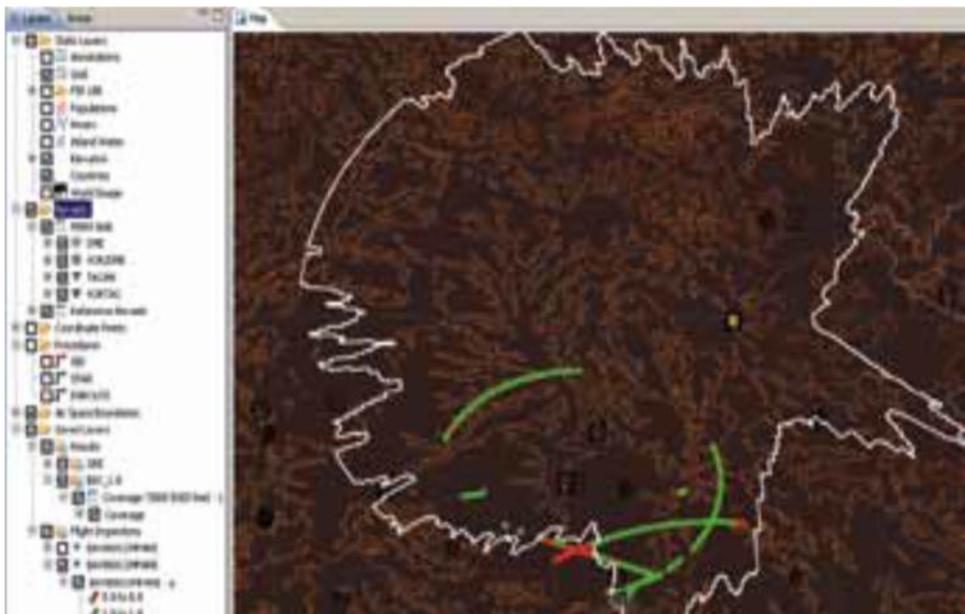


Figure VI.11 : Couverture horizontale de la trajectoire RNAV dans le rayon de 15NM

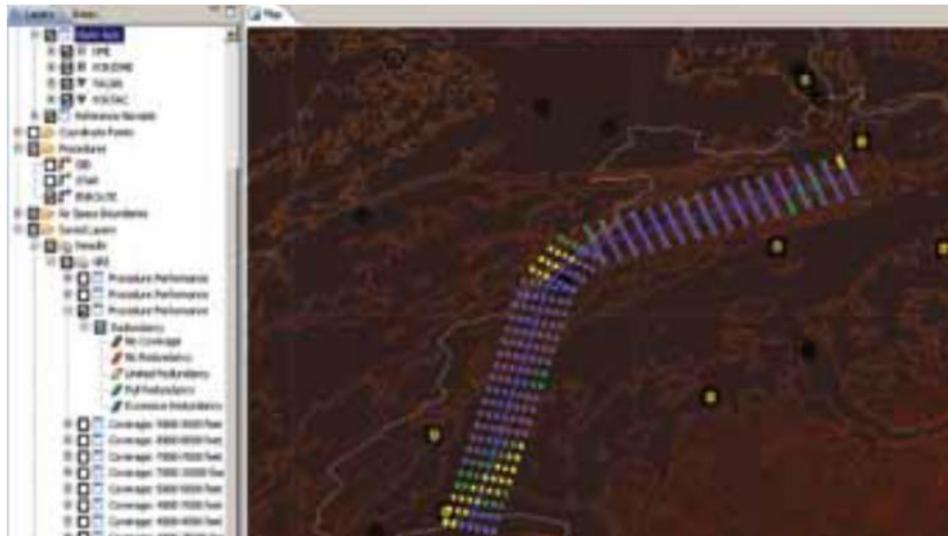


Figure VI.12 : L'aire de protection de la trajectoire RNAV

IV.10. La Simulation de la couverture DME-DME (ALR et SDM)

ALR :

Latitude : $36^{\circ}41'27,59''N$
Longitude : $003^{\circ}12'55,73''E$

SDM :

Latitude : $36^{\circ}37'47,69''N$
Longitude : $002^{\circ}58'21,50''E$

- 1) La simulation est représentée dans l'implantation des deux stations DME (ALR et SDM)

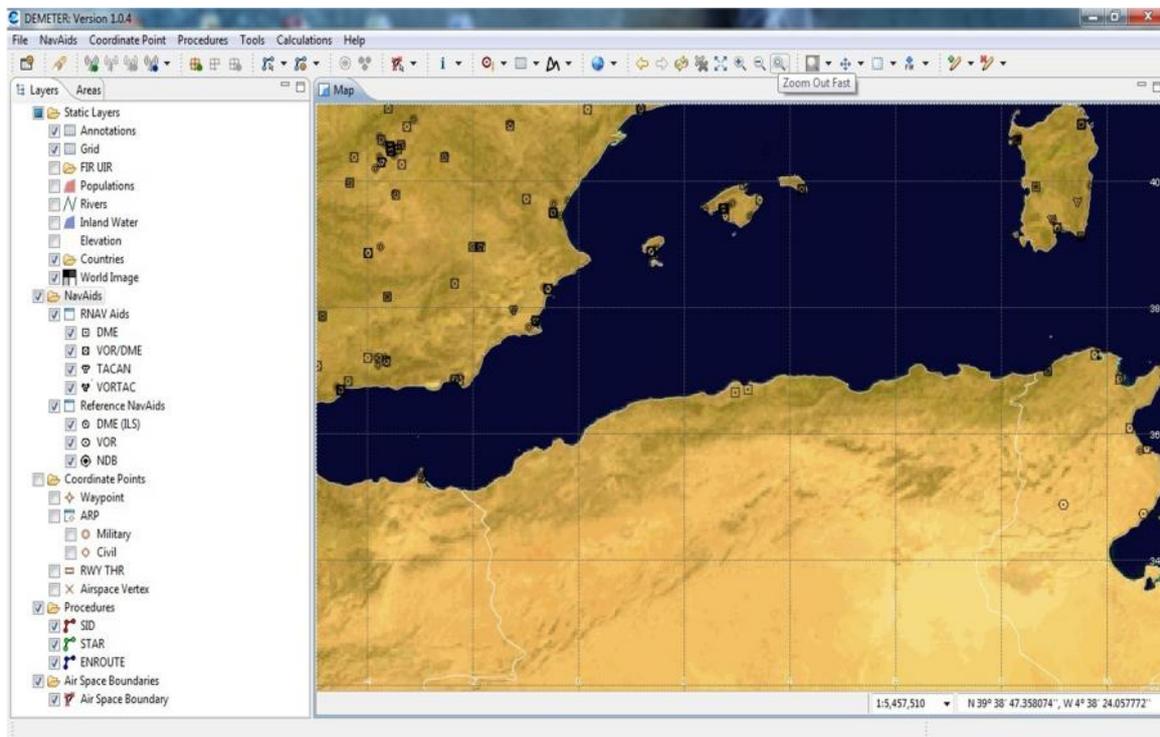


Figure VI.13 : Positionnement des deux stations DME (ALR et SDM)

2) La couverture jusqu'à 10000ft

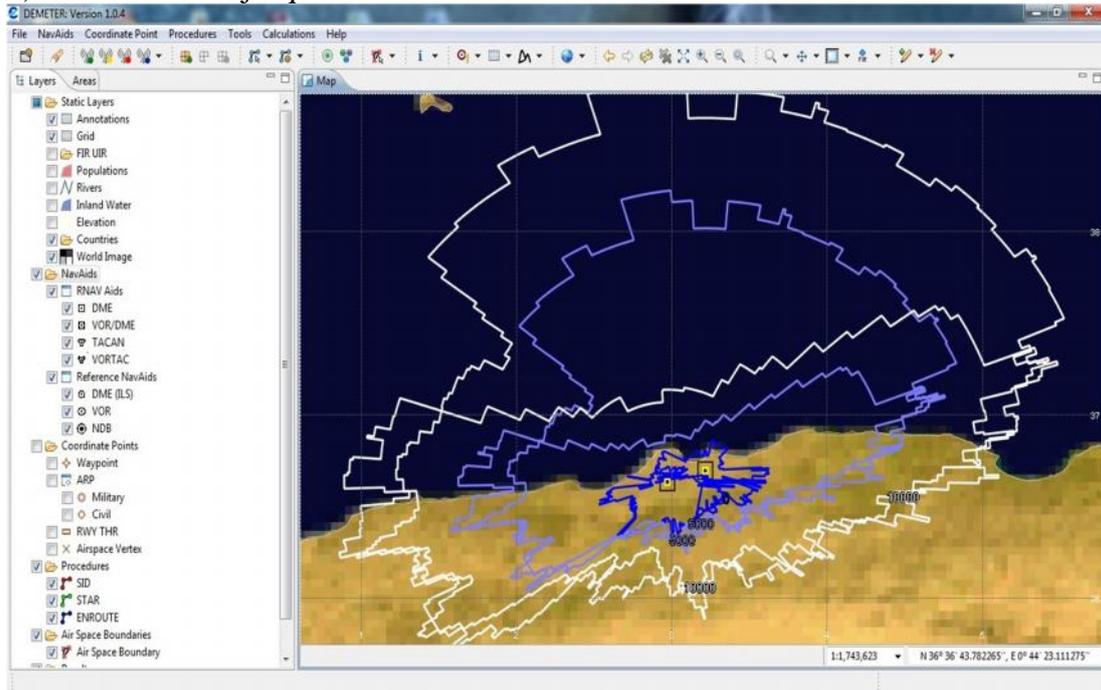


Figure VI.14 : La couverture de deux DME jusqu'à 10000ft

3) La couverture jusqu'à 60000ft

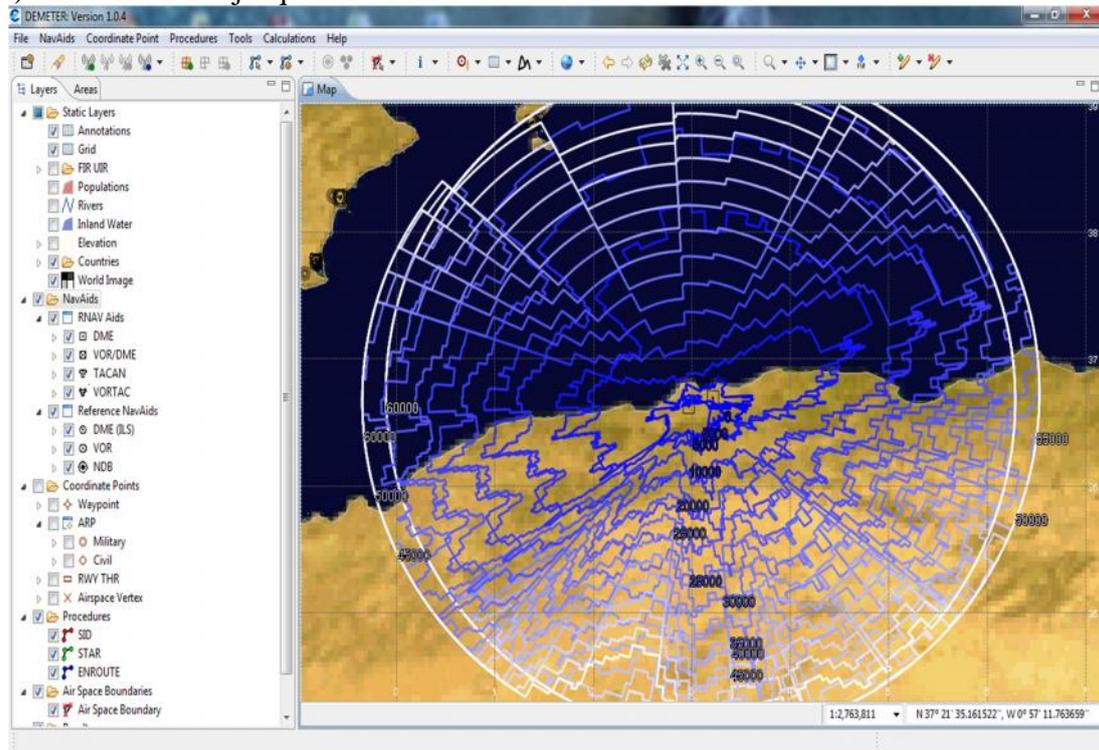


Figure VI.15 : La couverture de deux DME jusqu'à 60000ft

CONCLUSION GENERALE

La présente étude a fait ressortir que les départs aux instruments de l'aérodrome d'Alger seront modifiés comme suit :

Schéma conventionnel actuel :

Départs vers le Nord :

- Imposer une pente ATS qui permette à survoler le minaret en toute sécurité.

Départs vers le Sud :

- Interdire les avions de virer à 400ft (ajouter dans la consigne de départ de ne pas virer jusqu' à SMR).

Nouveau schéma RNAV :

- Proposition des nouveaux SID vers le Nord et le Sud RNAV (DME-DME) dans la limite de la couverture des deux DME disponibles ALR et SDM.
- La validation de ce schéma a été faite par le logiciel DEMETER.
- Les départs proposés prenant compte les points suivants :
 - ✓ Eviter de survoler les obstacles (positionner les points de cheminement afin d'éviter le survol des obstacles).
 - ✓ faire sortir les obstacles de la trajectoire Nominale.

Annexe 1 : Tableau de Facteur K

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

Pour les valeurs non normalisée, le facteur K est obtenu par interpolation

Annexe 2 : Vitesses (VI) pour les calculs de procédures, en nœuds (kt)

Catégorie d'aéronefs	Vat	Fourchette de vitesses pour l'approche initiale	Fourchette de vitesses d'approche finale	Vitesses maximales pour manœuvres à vue (approche indirecte)	Vitesses maximales approche interrompue	
					intermédiaire	finale
A	<91	90/150(110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180(140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275
H	S/O	70/120**	60/90***	5/0	90	90
CAT H (PinS)***	5/0	70/120	60/90	5/0	70 ou 90	70 ou 90

La vitesse de l'approche finale est la vitesse de l'interrompu augmenté de 10%

Annexe 3 :

XTT, ATT et demi-largeur d'aire pour RNAV DME (RNAV 1) — phases de croisière, d'arrivée, d'approche initiale/intermédiaire et de départ (km) Tableau basé sur la disponibilité de deux stations d'actualisation DME

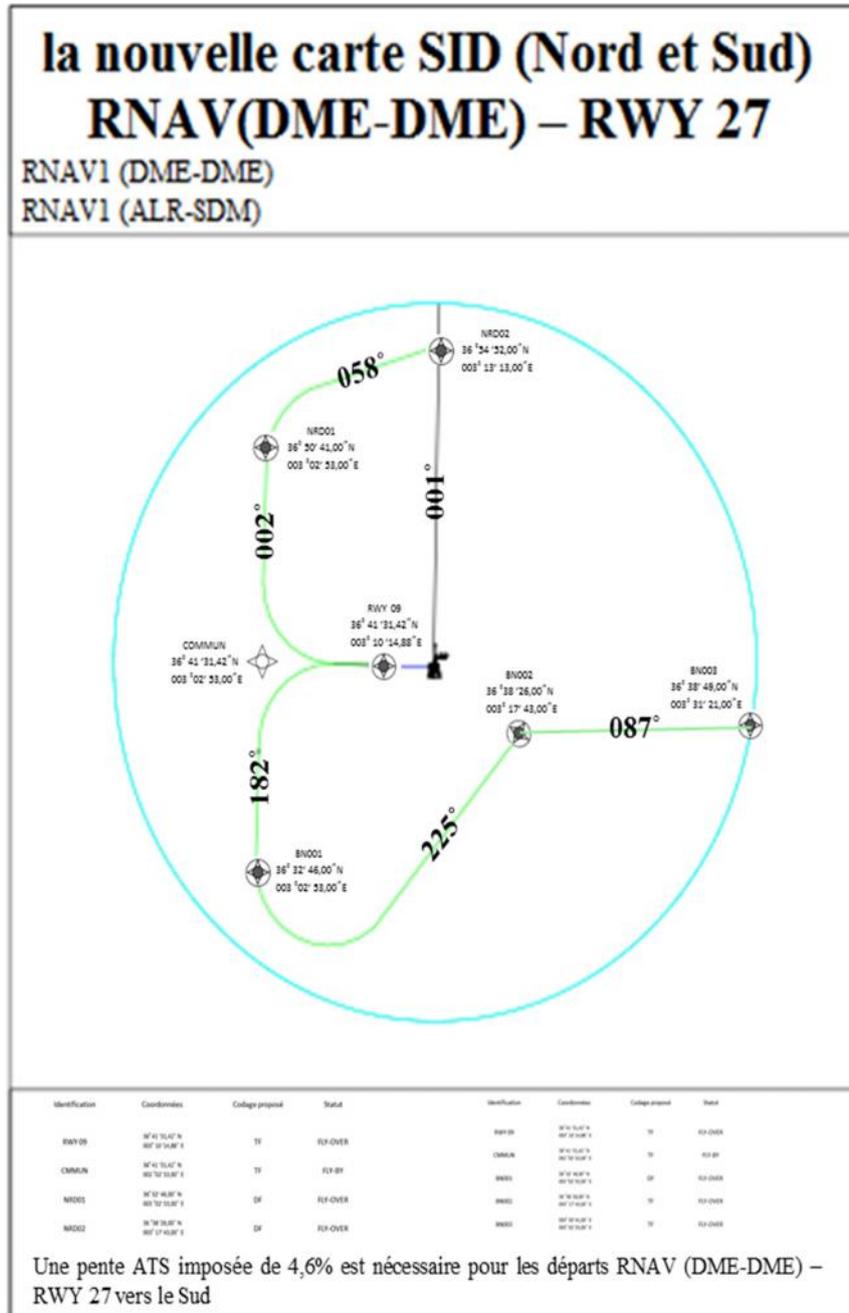
Altitude (m)	Croisière/STAR/SID (>56 km de l'ARP)			STAR/IF/IAF (<56 km de l'ARP)			SID (<28 km de la DER)			FAF		
	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W
4 500	Pour toutes les altitudes			2,29	2,09	5,29	2,29	2,09	4,36			
4 200	2,29	2,09	7,14	2,23	2,03	5,20	2,23	2,03	4,27			
3 900				2,17	1,97	5,11	2,17	1,97	4,18			
3 600				2,11	1,90	5,02	2,11	1,90	4,09			
3 300				2,05	1,83	4,93	2,05	1,83	4,00			
3 000				1,99	1,76	4,83	1,99	1,76	3,90	1,82	1,76	3,65
2 700				1,92	1,68	4,73	1,92	1,68	3,80	1,74	1,68	3,54
2 400				1,85	1,60	4,63	1,85	1,60	3,70	1,67	1,60	3,43
2 100				1,78	1,52	4,52	1,78	1,52	3,59	1,59	1,52	3,31
1 800				1,70	1,43	4,41	1,70	1,43	3,48	1,50	1,43	3,18
1 500				1,63	1,34	4,29	1,63	1,34	3,36	1,41	1,34	3,05
1 200				1,54	1,24	4,17	1,54	1,24	3,24	1,32	1,24	2,91
300-900				1,46	1,13	4,05	1,46	1,13	3,12	1,22	1,13	2,76

Annexe 4 :

XTT, ATT et demi-largeur d'aire pour opérations RNAV DME (RNAV 1) — Phases de croisière, d'arrivée, d'approche initiale/intermédiaire et de départ (NM) Tableau basé sur la disponibilité de deux stations d'actualisation DME

Altitude (ft)	Croisière/STAR/SID (>30 NM de l'ARP)			STAR/IF/IAF (<30 NM de l'ARP)			SID (<15 NM de la DER)			FAF		
	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W	XTT	ATT	½ A/W
15 000	Pour toutes les altitudes			1,24	1,13	2,85	1,24	1,13	2,35			
14 000	1,24	1,13	3,85	1,20	1,10	2,81	1,20	1,10	2,31			
13 000				1,17	1,06	2,76	1,17	1,06	2,26			
12 000				1,14	1,02	2,71	1,14	1,02	2,21			
11 000				1,11	0,99	2,66	1,11	0,99	2,16			
10 000				1,07	0,95	2,61	1,07	0,95	2,11	0,98	0,95	1,97
9 000				1,04	0,91	2,55	1,04	0,91	2,05	0,94	0,91	1,91
8 000				1,00	0,86	2,50	1,00	0,86	2,00	0,90	0,86	1,85
7 000				0,96	0,82	2,44	0,96	0,82	1,94	0,86	0,82	1,79
6 000				0,92	0,77	2,38	0,92	0,77	1,88	0,81	0,77	1,72
5 000				0,88	0,72	2,32	0,88	0,72	1,82	0,76	0,72	1,65
4 000				0,83	0,67	2,25	0,83	0,67	1,75	0,71	0,67	1,57
1 000-3 000				0,79	0,61	2,18	0,79	0,61	1,68	0,66	0,61	1,49

Annexe 5 :



- [1] : DOC 8168 de l'OACI «Exploitation technique des aéronefs »5^{ème} édition 2006, Volume II, Partie 1, Section 3 : Procédure de départ.
- [2] : DOC 8168 de l'OACI « Exploitation technique des aéronefs » 5^{ème} édition 2006, Volume II, Partie 2 : Procédure conventionnelle.
- [3] : DOC 8168 de l'OACI « Exploitation technique des aéronefs » 5^{ème} édition 2006, Volume II, Partie 3 : Procédure RNAV et procédure basées sur satellites.
- [4] :DOC 9613 de l'OACI « Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) » 3^{ème} édition 2008, Volume I, Partie A : Le concept de navigation fondée sur les performances.
- [5] : Document ENAC « Cours PANS-OPS », Module 3 –RNAV, Novembre 2011
- [6] : Document ENAC « IPD2_F », Module 3 –RNAV, juillet 2013
- [7] : Document ENAC « Exercices PANS-OPS », Module 3 –RNAV, 2013
- [8] : AIP de l'Algérie, Version 2014.
- [9] : Site internet de l'ENNA, www.enna-dz.com, Consulté juin 2015