

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA-01-
INSTITUT D'AERONAUTIQUE ET ETUDES SPATIALES



MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Exploitation Aéronautique

THEME:

**LE DEPLACEMENT DU VOR/DME BSA ET LA CREATION DES PROCEDURES
D'APPROCHE AUX INSTRUMENT VOR/DME PISTES 15, 22 ET 33 DE
L'AERODROME DE BOU SAADA**

Réalisé par :

M. MAKEFAL Juba

M. ATTOUT Salah Eddine

Encadré par:

M.MOKHBAT Akram

Mme. DRARENI Fatima

Blida, Juin 2025

RÉSUMÉ

Ce projet porte sur le déplacement du VOR/DME BSA à l'issue de la nouvelle piste conçue, ainsi que sur la conception des procédures d'approche aux instruments VOR/DME pour les QFU 15, 22 et 33 de l'aérodrome de Bou Saâda.

Après une phase de développement manuel (calculs et tracés), ces procédures ont été modélisées à l'aide du système PANS-OPS (Géo TITAN), conformément aux instructions du document OACI 8168, volume II.

Mots clés : Procédure d'approche aux instruments, VOR/DME, DAAD, Attente VOR/DME , Création, norme OACI, Géo TITAN

ABSTRACT

This project focuses on relocating the BSA VOR/DME following the construction of the newly designed runway, as well as on designing VOR/DME instrument approach procedures for QFUs 15, 22, and 33 at Bou Saâda aerodrome.

After a manual development phase (calculations and plotting), these procedures were modeled using the PANS-OPS (Géo TITAN) system in accordance with the instructions of ICAO Document 8168, Volume II.

Keywords: Instrument Approach Procedure, VOR/DME, DAAD, VOR/DME Waiting, Creation, ICAO Standard, GeoTITAN

ملخص

هذا المشروع يتناول نقل جهاز VOR/DME BSA عقب إنشاء المدرج الجديد، بالإضافة إلى تصميم إجراءات الاقتراب بالأجهزة VOR/DME لمسارات QFU 15 و 22 و 33 في مطار بوسعادة.

بعد مرحلة التطوير اليدوي (الحسابات والرسم)، تم نمذجة هذه الإجراءات باستخدام نظام PANS-OPS (Géo TITAN)، وفقاً لتعليمات الوثيقة ICAO 8168، المجلد الثاني.

الكلمات المفتاحية : إجراءات الاقتراب بالأجهزة ، الإنشاء ، VOR/DME ، GeoTITAN

REMERCEMENTS

Tout d'abord, nous remercions Dieu de nous avoir accordé la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur, M. MOKHBAT Akram, pour son soutien constant, ses précieux conseils et son accompagnement.

On exprime nos sincères remerciements à Mme DRARENI FATIMA pour son aide, ces suggestions ainsi que sa disponibilité.

Nous adressons également nos sincères remerciements à l'ensemble de nos enseignants, qui nous ont transmis le savoir et les compétences nécessaires pour mener à bien ce travail.

Ce projet de fin d'études a été une expérience à la fois enrichissante et formatrice, et nous sommes profondément reconnaissants envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à son aboutissement.

TABLES DES MATIÈRES

RÉSUMÉ

REMERCIEMENTS

TABLES DES MATIÈRES

LISTES DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

ABRÉVIATION

GLOSSAIRE

INTRODUCTION 1

1 GENERALITES SUR LA CONCEPTION DES PROCEDURES

D'APPROCHES AUX INSTRUMENTS..... 2

1.1 Introduction..... 2

1.2 Procédures d'approches aux instruments 2

1.2.1 Définition 2

1.2.2 Principe d'élaboration d'une procédure d'approche..... 2

1.2.3 Les types de procédures d'approches aux instrument 3

1.3 Différentes phases d'une procédure Classique..... 4

1.3.1 L'arrivée 5

1.3.2 Procédure d'attente :..... 7

1.3.3 Le segment d'approche initial..... 20

1.3.4 Le segment d'approche intermédiaire 23

1.3.5 Le segment final..... 24

1.3.6 Le segment d'approche interrompue 27

1.4 Procédure d'approche indirect (manoeuvre à Vue)..... 32

1.4.1 La manoeuvre à vue Libre (MVL) 32

1.4.2 La manoeuvre à vue imposée (MVI) 34

1.5. Conclusion :..... 36

2 Étude de l'existant 38

2.1 Introduction 38

2.2 Généralité sur l'aérodrome de Bou Saâda	38
2.2.1 Situation géographique de Bou Saâda.....	39
2.3 Infrastructure liée à l'aérodrome de Bou Saâda	41
2.3.1 Les pistes.....	41
2.3.2 Les voies de circulation	43
2.3.3 Le parking avions	43
2.4 Les instruments de radionavigation	43
2.5 Installation de télécommunications des services de la circulation aérienne	45
2.6 Les obstacles autour de l'aérodrome	45
2.7 Les zones à statut particulier	46
2.8 Les procédures d'approches aux instrument existantes	48
2.9 Les circuits d'attente existants	48
2.10 Conclusion	48
3 CONCEPTIONS DES PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS	
VOR/DME RWY15 RWY22 et RWY33	50
3.1. Introduction	50
3.2. Choix de site VOR BSA	50
3.2.1. Etude des Variantes proposées	50
3.3. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 22 : ...	54
3.3.1. L'Arrivée	54
3.3.2. L'Attente	56
3.3.4. Le segment d'approche initial	65
3.3.5. Le segment d'approche intermediaire	66
3.3.6. Le segment d'approche final	68
3.3.7. Le segment d'approche interrompue	70
3.4. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 15	82
3.4.1. L'Attente	82
3.4.2. Les scénarios développés	87
3.4.3. Le segment d'approche initial	91
3.4.4. Le segment d'approche intermediaire	93

3.4.5. Le segment d'approche final	95
3.4.6. Le segment d'approche interrompue	97
3.5. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 33 ..	104
3.5.1. Scénario 01.....	104
3.5.2. Scénario 02.....	110
3.5.3. Le segment d'approche initial Cat A/B	114
3.5.4. Segment d'approche intermédiaire Cat A/B	118
3.5.5. Le segment d'approche final cat A/B :.....	119
3.5.6. Le segment d'approche initial Cat C/D :	123
3.5.7. Segment d'approche intermédiaire Cat C/D	126
3.5.8. Le segment d'approche final Cat C/D.....	128
3.5.9. Segment d'approche interrompue	130
3.6. MANOEUVRE A VUE LIBRE (Conception manuelle)	137
3.6.1. Calcul du rayon Rc.....	137
3.6.2. Détermination de l'altitude minimal de sécurité	139
3.7. Les minimas opérationnels d'aérodrome (MOA).....	140
3.8 La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 22 sur le system Géo TITAN	143
3.8.1. L'arrivée:	144
3.8.2. L'Attente.....	147
3.8.3. Segment d'approche initial	148
3.8.4. Segment d'approche intermédiaire.....	150
3.8.5. Segment d'approche finale	151
3.8.6. Segment d'approche interrompue	152
3.9. La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 15 sur le system Géo TITAN	157
3.9.1. L'Attente.....	157
3.9.2. Segment d'approche initial	158
3.9.3. Le segment d'approche intermédiaire	160

3.9.4. Le segment d'approche finale (FAF/SDF)	161
3.9.5. Le segment d'approche finale (SDF/MAPt)	162
3.9.6. Segment d'approche interrompue	163
3.10. La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 33 sur le system Géo TITAN	165
3.10.1. L'Attente.....	166
3.10.2. Le segment d'approche initial.....	168
3.10.3. Segment d'approche intermédiaire.....	171
3.10.4. Segment d'approche finale.....	172
3.10.5. Segment d'approche interrompue	173
3.11. Manœuvre a vue libre (Conception automatique)	175
3.12. Conclusion.....	179

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

ANNEXES

APPENDICES

RÉFÉRENCES

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Vue de profil d'une NPA	3
Figure 1-2 : Vue de profil d'une PA ou APV	4
Figure 1-3 : Vue de profil d'une PA ou APV	4
Figure 1-4 : Les segments d'une procédure d'approche classique	4
Figure 1-5 : exemple d'une MSA basée sur un VOR/DME	5
Figure 1-6 : Orientation des secteurs	6
Figure 1-7 : attente	7
Figure 1-8 : : Forme et terminologie de l'attente	8
Figure 1-9 : Types d'attente	9
Figure 1-10 : les secteurs d'entrée dans une attente	10
Figure 1-11 : L'influence de la vitesse indiquée sur la protection de l'attente	12
Figure 1-12 : Température en regard de l'altitude	13
Figure 1-13 : : L'altitude maximale de l'attente	14
Figure 1-14 : : L'influence de Zp max sur la protection de l'attente	14
Figure 1-15 : Exemple d'un gabarit d'attente	16
Figure 1-16 : Les paramètres d'attente VOR/DME	18
Figure 1-17 : Exemple de procédure VOR/DME en rapprochement de l'installation	18
Figure 1-18 : Zones tampons d'une attente	19
Figure 1-19 : : Procédure d'inversion	20
Figure 1-20 : Aire de protection d'un segment d'approche initiale rectiligne radioguidé	21
Figure 1-21 : Aire de protection d'un segment d'approche initiale curviligne radioguidé	21
Figure 1-22 : Interface entre aire primaire et secondaire d'approche initiale et de procédures d'inversion	22
Figure 1-23 : Aire de protection du segment d'approche intermédiaire	23
Figure 1-24 : les critères d'approche directe non dans l'axe	24
Figure 1-25 : Repère de descente en finale (SDF)	25
Figure 1-26 : Protection du segment final (avec FAF)	26
Figure 1-27 : Protection du segment final (sans FAF)	26
Figure 1-28 : Segment d'approche interrompue	28
Figure 1-29 : Virage amorcé à une altitude/hauteur désignée (TNA/H)	29
Figure 1-30 : Virage amorcé à un point désigné (TP)	29
Figure 1-31 : Approche interrompue avec virage et retour vers l'installation	30
Figure 1-32 : Aire de protection d'un virage au Mapt	31
Figure 1-33 : Exemple d'une protection MVL	33
Figure 1-34 : Types de trajectoires d'une MVI	35
Figure 1-35 : Aire de protection d'une MVI [3]	36
Figure 2-1 : Photo de l'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis"	39
Figure 2-2 : Photo de l'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis"	39
Figure 2-3 : Emplacement de l'aérodrome de Bou Saâda	39

Figure 2-4 : Emplacement de l'aerodrome de Bou Saada	40
Figure 2-5 : Les pistes de l'aerodrome de Bou Saada	41
Figure 2-6 : Emplacement des instruments de radionavigation	44
Figure 2-7 : Les zones à statut particulier	46
Figure 3-1 : Variante 01 du VOR BSA.....	51
Figure 3-2 : Variante 02 du VOR BSA.....	52
Figure 3-3 : Variante 03 du VOR BSA.....	53
Figure 3-4 : Secteurs MSA.....	56
Figure 3-5 : Gabarit de circuit d'attente pour Cat C	59
Figure 3-6 : Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat C	61
Figure 3-7 : Aires de protection de circuit d'attente Cat C	61
Figure 3-8 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 22	64
Figure 3-9 : Segment initial	65
Figure 3-10 : Segment intermédiaire	67
Figure 3-11 : Segment final.....	68
Figure 3-12 : Segment d'approche interrompue (TP à une distance)	76
Figure 3-13 : Segment d'approche interrompue(TP au Mapt)	79
Figure 3-14 : Gabarit de circuit d'attente pour Cat C/D.....	83
Figure 3-15 : Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat C/D	85
Figure 3-16 : Aires de protection de circuit d'attente Cat C/D	85
Figure 3-17 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 15 (VAR01)	88
Figure 3-18 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 15 (VAR02)	90
Figure 3-19 : Segment initial	91
Figure 3-20 : Segment intermédiaire	93
Figure 3-21 : Segment final.....	95
Figure 3-22 : Segment d'approche interrompue(TP au Mapt)	101
Figure 3-23 : Gabarit de circuit d'attente pour Cat C/D.....	105
Figure 3-24 : Protection d'attente RWY 33 à 13 NM de BSA.....	106
Figure 3-25 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 33	109
Figure 3-26 : Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat C/D ...	110
Figure 3-27 :Aires de protection de circuit d'attente Cat C/D.....	111
Figure 3-28 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 33 catégorie A/B	113
Figure 3-29 : Segment initial	114
Figure 3-30 : gabarit de virage de base Cat A/B	117
Figure 3-31 : Aire de protection du virage de base Cat A/B.....	117
Figure 3-32 : Segment intermédiaire	118
Figure 3-33 : Segment final.....	120
Figure 3-34 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 33 catégorie C/D.....	122
Figure 3-35 : gabarit de virage de base Cat C/D	124
Figure 3-36 : Aire de protection du virage de base Cat C/D	125

Figure 3-37 : Segment intermédiaire	126
Figure 3-38 : Segment final	128
Figure 3-39 : Segment intermédiaire d'approche interrompue	133
Figure 3-40 : Segment final d'approche interrompue	134
Figure 3-41 : Manoeuvre à vue Libre	139
Figure 3-42 : Les 4 secteurs de MSA	144
Figure 3-43 : MSA finale Secteur 1	145
Figure 3-44 : MSA finale Secteur 2	145
Figure 3-45 : MSA finale Secteur 3	146
Figure 3-46 : Paramètres d'attente RWY 22	147
Figure 3-47 : Attente RWY 22 sur GEO TITAN	148
Figure 3-48 : Paramètres de segment d'approche initial RWY 22	149
Figure 3-49 : Segment d'approche initial RWY 22	149
Figure 3-50 : Paramètres de segment d'approche intermédiaire RWY 22	150
Figure 3-51 : Segment d'approche intermédiaire RWY 22	150
Figure 3-52 : Paramètres de segment d'approche finale RWY 22	151
Figure 3-53 : Segment d'approche finale RWY 22	151
Figure 3-54 : Paramètres du segment API initiale RWY 22	152
Figure 3-55 : Segment API initiale RWY 22	152
Figure 3-56 : Paramètres du segment API intermédiaire RWY 22	153
Figure 3-57 : Segment API intermédiaire RWY 22	153
Figure 3-58 : Paramètres de virage API RWY 22	154
Figure 3-59 : Virage API finale RWY 22	154
Figure 3-60 : Etude des obstacles API RWY 22	155
Figure 3-61 : Paramètres de virage API plus tôt possible RWY 22	156
Figure 3-62 : Virage API plus tôt possible RWY 22	156
Figure 3-63 : Paramètres d'attente RWY 15	157
Figure 3-64 : Attente RWY 15 sur GEO TITAN	158
Figure 3-65 : Paramètres du segment d'approche initiale RWY 15	159
Figure 3-66 : Segment d'approche initiale RWY 15	159
Figure 3-67 : Paramètres du segment d'approche intermédiaire RWY 15	160
Figure 3-68 : Segment d'approche intermédiaire RWY 15	160
Figure 3-69 : Paramètres du segment d'approche finale (FAF/SDF) RWY 15	161
Figure 3-70 : Segment d'approche finale (FAF/SDF) RWY 15	161
Figure 3-71 : Paramètres du segment d'approche finale (SDF/MAPt) RWY 15	162
Figure 3-72 : Segment d'approche finale (SDF/MAPt) RWY 15	162
Figure 3-73 : Paramètres du segment API initiale RWY 15	163
Figure 3-74 : Segment API initiale RWY 15	163
Figure 3-75 : Paramètres du virage API finale RWY 15	164
Figure 3-76 : Virage API finale RWY 15	164
Figure 3-77 : Paramètres d'attente RWY 33	166
Figure 3-78 : Attente RWY 33 sur GEO TITAN	167
Figure 3-79 : Paramètres du segment d'approche initiales (phase en palier) RWY 33	168

Figure 3-80 : Segment d'approche initiale RWY 33.....	168
Figure 3-81 : Paramètres du virage de base Cat A/B RWY 33.....	169
Figure 3-82 : Paramètres du virage de base Cat A/B RWY 33.....	169
Figure 3-83 : Virage de base Cat A/B RWY 33	169
Figure 3-84 : paramètres du virage de base Cat C/D RWY 33.....	170
Figure 3-85 : Virage de base Cat C/D RWY 33	170
Figure 3-86 : Paramètres du segment d'approche intermédiaire RWY 33.....	171
Figure 3-87 : Segment d'approche intermédiaire RWY 33	171
Figure 3-88 : Paramètres du segment d'approche finale RWY 33.....	172
Figure 3-89 : Segment d'approche finale RWY 33	172
Figure 3-90 : Paramètres du segment API initiale RWY 33.....	173
Figure 3-91 : Segment API initiale RWY 33	173
Figure 3-92 : Paramètres du segment API intermédiaire et finale RWY 33	174
Figure 3-93 : Segment API intermédiaire et finale RWY 33.....	174
Figure 3-94 : Paramètres de MVL Cat A	175
Figure 3-95 : MVL Cat A	175
Figure 3-96 : Paramètres de MVL Cat B	176
Figure 3-97 : MVL Cat B	176
Figure 3-98 : Paramètres du MVL Cat C	177
Figure 3-99 : MVL Cat C	177
Figure 3-100 : Paramètres de MVL Cat D	178
Figure 3-101 : MVL Cat D	178

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Marge de franchissement d'obstacles	7
Tableau 1-2 : Vitesses indiquées pour la construction d'aires d'attente	12
Tableau 1-3 : Facteur de conversion	15
Tableau 1-4 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée correspondante au circuit d'attente	17
Tableau 1-5 : Marge de franchissement d'obstacles	19
Tableau 1-6 : MFO et OCH minimales pour une MVL	34
Tableau 1-7 : Demi largeur du couloir pour une MVI	35
Tableau 2-1 : Les aides de radionavigation et d'atterrissage	44
Tableau 2-2 : Les installations de télécommunication	45
Tableau 2-3 : Les obstacles d'aérodrome concernant l'aire d'approche et de décollage	45
Tableau 2-4 : Les obstacles d'aérodrome concernant l'aire de manoeuvre à vue et aérodrome	46
Tableau 2-5 : Les zones dangereuse	47
Tableau 3-1 : les paramètre d'attente Cat C	57
Tableau 3-2 : calcul du gabarit Cat C	58
Tableau 3-3 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée correspondante au circuit d'attente CAT C	60
Tableau 3-4 : Paramètres du virage interrompue	75
Tableau 3-5 : Paramètres du virage interrompue	78
Tableau 3-6 : Les paramètres du circuit de l'attente Cat C/D	82
Tableau 3-7 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée correspondante au circuit d'attente CAT C/D	84
Tableau 3-8 : Paramètres du virage interrompue	101
Tableau 3-9 : Les paramètres du circuit de l'attente Cat C/D	104
Tableau 3-10 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée correspondante au circuit d'attente CAT C/D	105
Tableau 3-11 : les paramètre de virage de base Cat A/B	116
Tableau 3-12 : calcul de gabarit de virage de base Cat A/B	116
Tableau 3-13 : les paramètre de virage de base Cat C/D	123
Tableau 3-14 : calcul de gabarit de virage de base Cat C/D	124
Tableau 3-15 : Calcul du rayon Rc	138
Tableau 3-16 : Calculs liés à la détermination de hauteur minimale de sécurité pour la MVL	139
Tableau 3-17 : les minimas de la MVL	139
Tableau 3-18 : Valeurs des RVR en fonction des MDH et des équipements (Tableau C)	141
Tableau 3-19 : Valeurs maximales et minimales de RVR (tableau D)	142
Tableau 3-20 : La visibilité minimale (VIS, tableau E)	142
Tableau 3-21 : Les minimas opérationnels d'aérodrome RWY 22	143

Tableau 3-22 : Les minimas opérationnels d'aérodrome RWY 15.....	143
Tableau 3-23 : Les minimas opérationnels d'aérodrome RWY 33.....	143

ABRÉVIATION

AD : Aérodrome.

AIP : Aeronautical Information Publication (Publication d'information aéronautique)

ALT : Altitude.

API : Approche Interrompue.

APP : Centre de contrôle d'approche.

ARP : Aérodrome Reference Point (Point de référence de l'aérodrome).

CAT : Catégorie.

CTA : Région de contrôle.

CTR : Zone de contrôle.

DAAP : Indicateur d'emplacement de l'aérodrome Illizi.

DME : Distance Measuring Equipment (Dispositif de mesure de distance).

DOC : Document.

FAF : Final Approach Fix (Repère d'approche finale).

FT : Feet (pied).

GND : Ground (sol).

H : Hauteur.

HAP : Heure d'Approche Prévues.

ILZ : Illizi.

IAC : Instrument Approach Chart (Carte d'approche et d'atterrissage aux instruments).

IAF : Initial Approach Fix (Repère d'approche initiale).

IF : Intermédiaire Approche Fix (Repère d'approche intermédiaire).

IFR : Instrument Flight Rules (Règles de vol aux instruments).

LDA : Landing distance available (Distance d'atterrissage).

MAPT : Missed Approach Point (Point d'approche interrompue).

MDA/H : Minimum descent altitude/ Height (Altitude / Hauteur minimale de descente).

MFO : Marge minimale de franchissement d'obstacle.

MOA : Minimum Opérationnel d'Aérodrome.

MOCA/H : Minimum obstacle clearance altitude/ Height (Altitude / Hauteur minimale de franchissement d'obstacles).

MSA : Minimum sector altitude (Altitude Minimale de secteur).

MSL : Mean sea level (Niveau moyen de la mer).

MVI : Manoeuvre à Vue Imposée.

MVL : Manoeuvre à Vue Libre.

N : Nord.

NDB : Non-Directionnel radio Beacon (Radiophare non directionnel).

NPA : Non Precision Approach (Approche de non-précision).

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

OBS : Obstacle.

OCA/H : Obstacle Clearance Altitude / Height (Altitude / Hauteur de franchissement d'obstacle).

PANS-OPS : Procedures For Air Navigation Services – Aircraft Operations
(Procédures pour les services de la navigation aérienne – Opérations aériennes).

PCN : Pavement classification number (numéro de classification de chaussée).

QDM : Magnetic heading (Route magnétique).

QDR : Relèvement magnétique.

QNH : Calage altimétrique requis pour lire une fois au sol l'altitude de l'aérodrome.

QFU : Magnetic orientation of runway (orientation magnétique de la piste).

RADAR: Radio Detection and Ranging.

RDL : Radiale.

RM : Route magnétique

RWY : Runway (piste).

SID : Standard Instrument Departure (Départ normalisé aux instruments).

SOC : Start Of Climb (Début de la montée).

STAR : Standard Instrument Arrival (Arrivée normalisée aux instruments).

SWY: Stopway (prolongement d'arrêt).

THR: Threshold (Seuil).

TMA : Terminal Control Area (Région de contrôle terminale).

TNA/H : Altitude/Hauteur de virage.

TP: Turning Point (Point tournant).

TWR : Aéroport Control Tower (Tour de contrôle d'aéroport).

TWY : Taxiway (voie de circulation).

TORA : Take-off run available (distance de roulement utilisable au décollage).

TODA : Take-off distance available (distance utilisable au décollage).

VIS : Visibilité.

VOR: VHF Omnidirectional Radio Range (Radiophare omnidirectionnel VHF).

VFR : Visual Flight Rules (Règles de vol à vue).

WGS: World Geodetic System.

Zp max : ALT Pression maximal

GLOSSAIRE

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 linéairement décroissante de franchissement d'obstacles est assuré.

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

Altitude/Hauteur de procédure : Altitude/hauteur spécifiée pour l'exploitation, égale ou supérieure à l'altitude/hauteur de sécurité minimale du segment, et établie pour permettre une descente stabilisée selon une pente/un angle de descente prescrit sur le segment d'approche intermédiaire/finale.

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

Altitude minimale de franchissement d'obstacle = Altitude obstacle + MFO.

MFO : Une marge de franchissement d'obstacle est associée à chaque segment, elle permet de compenser les variations d'altitude liées aux instruments, les incertitudes liées au pilotage selon la phase de vol. Elle garantit une marge entre les obstacles et l'altitude minimale de vol du segment.

Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacles (MOCA/H) : Altitude ou hauteur minimale d'un segment de vol défini, qui assure la marge de franchissement d'obstacles nécessaire.

Altitude/Hauteur minimale de descente (MDA/H) : Altitude ou hauteur spécifiée, dans une opération d'approche aux instruments ou une opération d'approche indirecte, au-dessous de laquelle une descente ne doit pas être exécutée sans la référence visuelle nécessaire.

Altitude de décision (DA) ou hauteur de décision (DH) : Altitude ou hauteur spécifiée à laquelle, au cours d'une opération d'approche aux instruments, une

approche interrompue doit être amorcée si la référence visuelle nécessaire à la poursuite de l'approche n'a pas été établie.

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

Approche indirecte : Prolongement d'une procédure d'approche aux instruments, qui prévoit des manoeuvres à vue autour de l'aérodrome avant l'atterrissage.

MOA : Les minimums opérationnels d'aérodrome sont les limites d'utilisation d'un aérodrome pour chaque décollage ou atterrissage exprimées en termes de : RVR où VIS ; et DA/H où MDA/H.

Catégories d'avions : Cinq catégories d'avions ont été établies en fonction d'une vitesse égale à 1,3 fois la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale à l'atterrissage certifiée ; ces catégories sont les suivantes :

Catégorie A — moins de 169 km/h (91 kt) VI ;

Catégorie B — 169 km/h (91 kt) ou plus, mais moins de 224 km/h (121 kt) VI ;

Catégorie C — 224 km/h (121 kt) ou plus, mais moins de 261 km/h (141 kt) VI ;

Catégorie D — 261 km/h (141 kt) ou plus, mais moins de 307 km/h (166 kt) VI ;

Catégorie E — 307 km/h (166 kt) ou plus, mais moins de 391 km/h (211 kt) VI.

Classe D : Les vols IFR et VFR sont autorisés et tous les vols sont assujettis au service du contrôle de la circulation aérienne ; les aéronefs en vol IFR sont séparés des autres aéronefs en vol IFR et ils reçoivent des informations de trafic au sujet des autres en vol VFR ; les aéronefs en vol VFR reçoivent des informations de trafic au sujet de tous les autres vols. Reçoivent des informations de trafic au sujet de tous les autres vols.

Obstacle significatif : Tout détail naturel du relief, ou tout objet fixe artificiel, à caractère permanent ou temporaire, se détachant en hauteur sur son environnement 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.

CRM : est un programme d'ordinateur qui calcule la probabilité de collision avec un obstacle pour un aéronef en approche ILS.

Distance DME : Distance oblique entre la source d'un signal DME et l'antenne de réception

Portée visuelle de piste (RVR) : Distance jusqu'à laquelle le pilote d'un aéronef placé sur l'axe de la piste peut voir les marques ou les feux qui délimitent la piste ou qui balisent son axe.

INTRODUCTION

L'aviation civile moderne s'appuie sur des procédures normalisées et précises afin de garantir la sécurité et la fluidité des opérations aériennes. Parmi ces procédures, celles d'approche aux instruments revêtent une importance capitale lorsque la visibilité est dégradée ou que l'espace aérien impose des contraintes particulières. Elles permettent aux aéronefs de se poser avec précision, en toute sécurité, même dans des conditions météorologiques limites.

L'aérodrome de Bou Saâda (DAAD), situé au cœur de la wilaya de M'Sila en Algérie, constitue un nœud essentiel pour les liaisons régionales., il joue aujourd'hui un rôle grandissant dans le développement touristique et industriel de la région.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, il est proposé de déplacer le moyen de radionavigation VOR/DME « BSA » afin d'optimiser son installation par rapport à la trajectoire d'approche des deux piste. Cette opération s'accompagne de la révision de la procédure d'approche existante pour le QFU 22, ainsi que de l'élaboration de nouvelles procédures, tant manuelles qu'automatisées, pour les QFU 15 et QFU 33 de la nouvelle piste . L'objectif est de garantir des procédures sécurisées et économiquement optimisées , en réduisant la consommation de carburant et le temps de vol.

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un stage pratique de quatres mois, effectué au sein de l'Établissement National de la Navigation Aérienne (ENNA), au sein du département Études et Développement, chargé de la conception des procédures de vol et de la gestion de l'espace aérien.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre présente les généralités sur la conception des procédures d'approche aux instruments et les référentiels utilisés. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de l'existant au niveau de l'aérodrome de Bou Saâda et à l'analyse des besoins. Le troisième chapitre expose la conception des nouvelles procédures d'approche VOR/DME pour les QFU 15, QFU 22 et QFU 33. Enfin, une conclusion viendra clore ce travail en proposant des perspectives pour l'amélioration continue des procédures.

CHAPITRE 1

1 GENERALITES SUR LA CONCEPTION DES PROCEDURES D'APPROCHES AUX INSTRUMENTS

1.1 Introduction :

Avant d'entamer toute étude, il est indispensable de maîtriser l'ensemble du sujet, aussi bien dans ses aspects généraux que techniques. Une importance particulière est accordée à la clarification des définitions et à l'explication des critères qui encadrent l'élaboration des procédures d'approche aux instruments. L'objectif de ce chapitre est de présenter une vue d'ensemble des critères qui seront mis en œuvre pour l'aérodrome de Bou Saâda.

1.2 Procédures d'approches aux instruments

1.2.1 Définition :

Série de manœuvres prédéterminées effectuées en utilisant uniquement les instruments de vol, avec une marge de protection spécifiée au dessus des obstacles, depuis le repère d'approche initiale ou, s'il y a lieu, depuis le début d'une route d'arrivée définie, jusqu'en un point à partir duquel l'atterrissage pourra être effectué, puis, si l'atterrissage n'est pas effectué, jusqu'en un point où les critères de franchissement d'obstacles en attente ou en route deviennent applicables. [1]

1.2.2 Principe d'élaboration d'une procédure d'approche :

La procédure d'approche aux instruments doit à la fois garantir la sécurité et optimiser la consommation de carburant et le temps de vol.

Sécurité : assurer une protection maximale de l'aéronef tout au long de la phase d'approche jusqu'à l'alignement final sur la piste.

Efficience économique : réduire la durée de vol pour limiter les coûts d'exploitation et minimiser les émissions de CO₂. [2]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.2.3 Les types de procédures d'approches aux instrument :

Procédure d'approche de non précision :

NPA ou approche classique, c'est une procédure d'approche aux instruments qui utilise le guidage latéral mais pas le guidage vertical, un guidage par rapport à l'axe de piste ou l'axe d'approche finale vers la piste avec éventuellement une information de distance. [3]

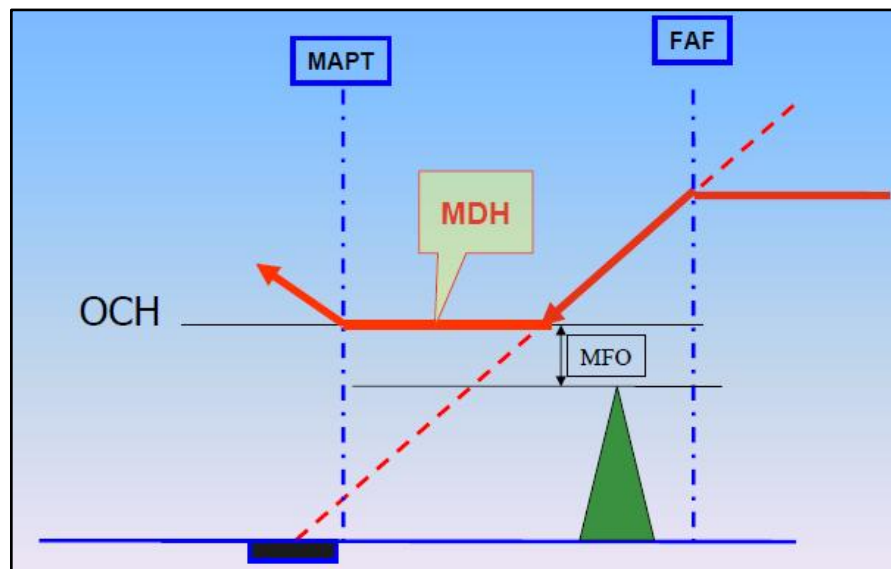


Figure 1-1 : Vue de profil d'une NPA [3]

Procédure d'approche de précision

C'est une Procédure d'approche directe et d'atterrissage aux instruments qui utilise un guidage latéral par rapport à l'axe de piste, un guidage vertical de précision vers le point de toucher des roues, et une information de distance. [3]

Procédure d'approche avec guidage vertical

C'est une Procédure qui utilise les guidages latéral par rapport à l'axe de piste, un guidage vertical précision vers le point de toucher des roues, et une information de distance mais qui ne répond pas aux spécifications établies pour les approches de précision. [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

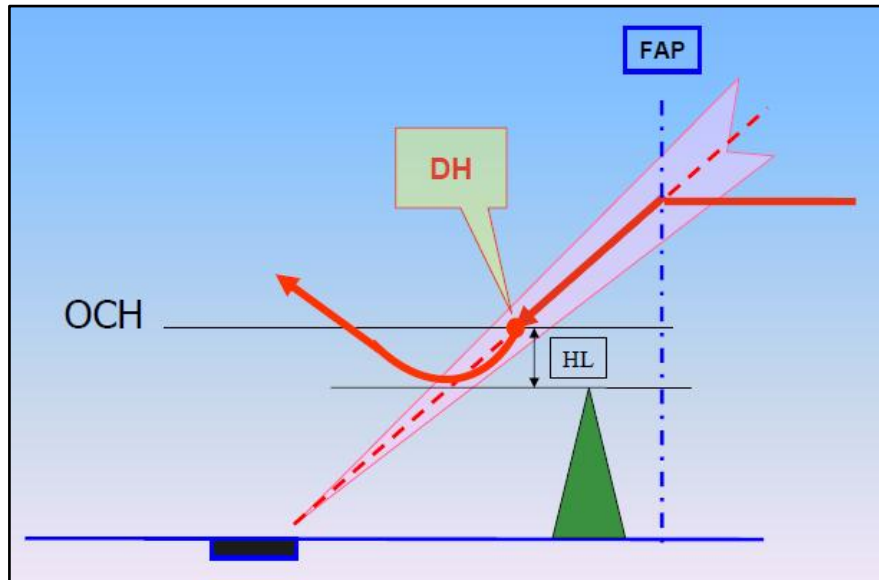


Figure 1-2 : Vue de profil d'une PA ou APV [3]

1.3 Différentes phases d'une procédure Classique

Une procédure d'approche aux instruments est constituée de 5 segments distincts : arrivée, approche initiale, approche intermédiaire, approche finale et approche interrompue. De plus, il y a lieu de prendre en compte une aire pour un tour de terrain en condition de vol à vue.

Les segments d'approche commencent et se terminent à des repères désignés. [1]

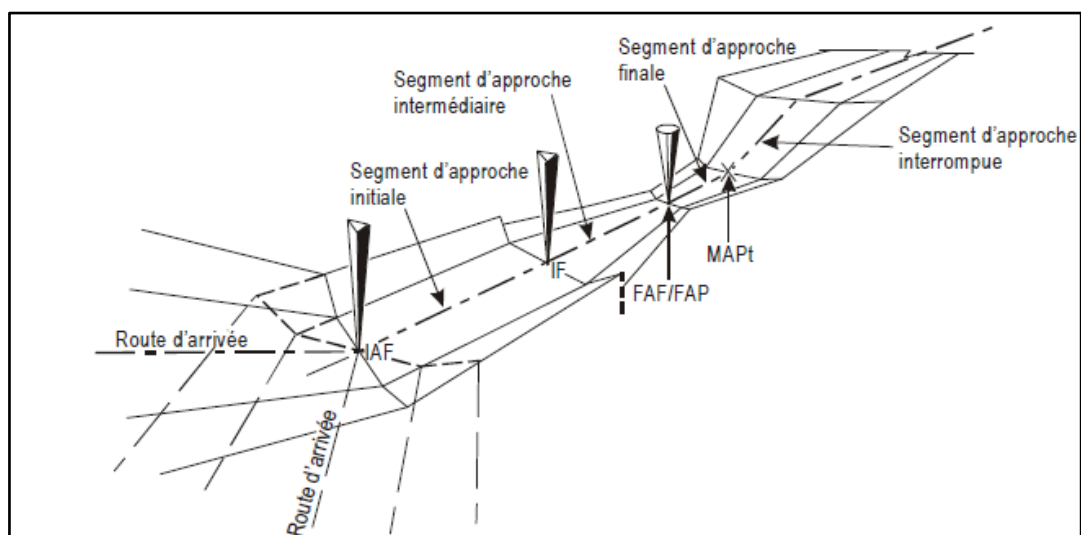


Figure 1-4 : Les segments d'une procédure d'approche classique [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.1 L'arrivée

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

1.3.1.1 Arrivées omnidirectionnelles ou par secteurs :

Des arrivées omnidirectionnelles ou par secteurs peuvent être prévues, compte tenu des altitudes minimales de secteur.

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

Dans le cas où le moyen radioélectrique est un VOR /DME, deux altitudes de sécurité peuvent être définies dans un même secteur, en utilisant l'information de distance fournie par le DME. [4]

Exemple de MSA basée sur un VOR/DME :

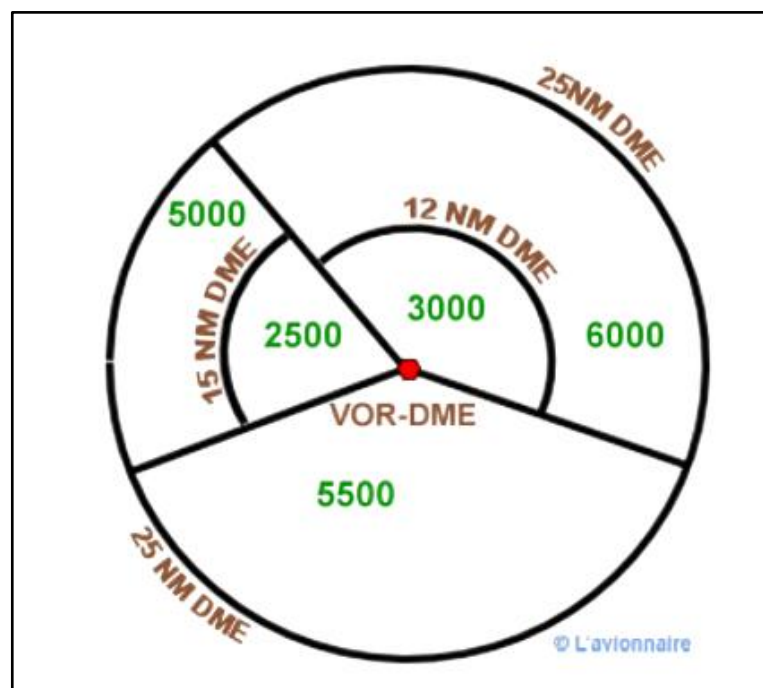


Figure 1-5 : exemple d'une MSA basée sur un VOR/DME [4]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.1.1 Orientation des secteurs :

Les secteurs devraient normalement coïncider avec les quadrants du compas. Toutefois, lorsque c'est souhaitable en raison de conditions topographiques ou autres, les limites des secteurs peuvent être choisies pour aboutir aux altitudes minimales de secteur les plus favorables. [1]

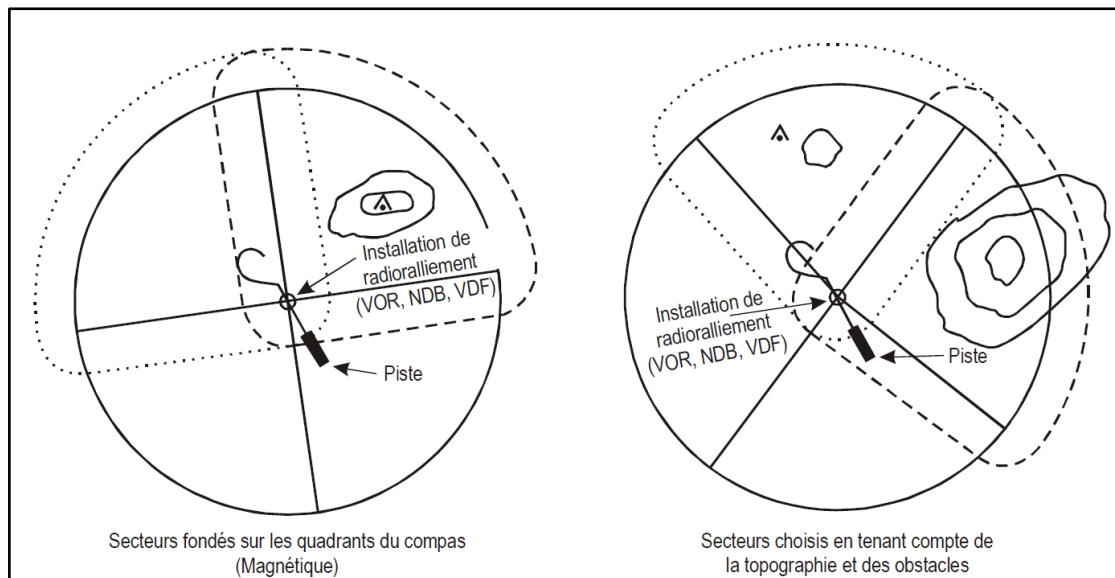


Figure 1-6 : Orientation des secteurs [1]

1.3.1.2 Altitude minimal de secteur :

Une altitude minimale s'applique dans un rayon de 25 NM du point de référence d'aérodrome (ARP)

- Pour calculer chaque altitude minimale de secteur :
- Prendre l'altitude topographique la plus haute dans le secteur dont il s'agit
- Ajouter une marge d'au moins 300 m
- Arrondir la valeur obtenue aux 50 m supérieurs, selon le cas.

Si la différence entre les altitudes de secteurs est insignifiante (de l'ordre de 100 m), une altitude minimale applicable à tous les secteurs peut être établie. [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.1.3 La marge de franchissement obstacle MFO :

Elle est généralement de l'ordre de 300m mais peut varier en fonction de l'altitude du relief

Tableau 1-1 : Marge de franchissement d'obstacles [1]

Relief	MFO
ALT < 900 m	300 m
900 m < ALT < 1500 m	450 m
ALT > 1500 m	600 m

1.3.2 Procédure d'attente :

1.3.2.1 définition :

Pour diverses raisons , un aéronef peut être amené à attendre . L'attente est donc par définition une manœuvre destinée à attendre. Elle est effectuée, lorsque c'est nécessaire, selon un circuit en hippodrome défini de la façon suivante :

- après la verticale du repère sur lequel est basé le circuit, virage de demi-tour dans le sens spécifié ;
- éloignement, pendant un temps prescrit ou éventuellement jusqu'à un point de repère secondaire ;
- virage de retour pour intercepter et suivre la trajectoire de rapprochement. [4]

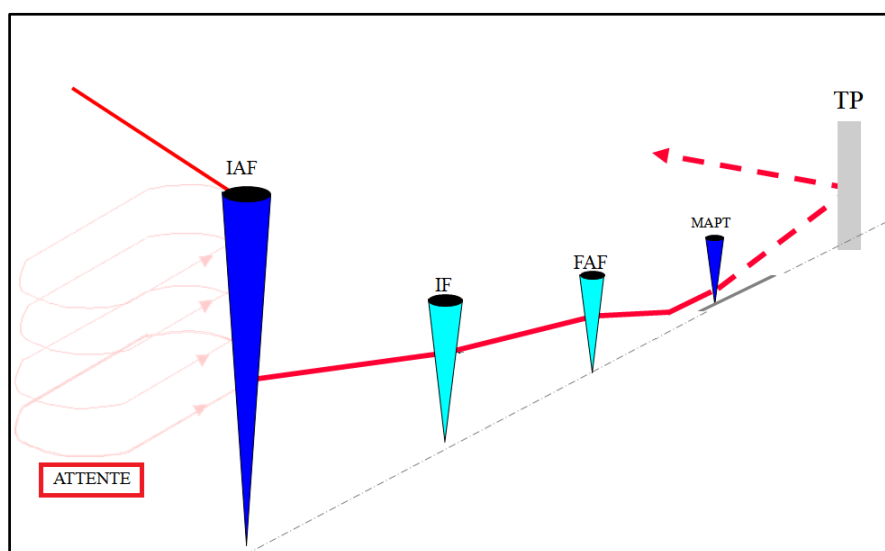


Figure 1-7 : attente [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.2.2 Forme et terminologie :

L'hippodrome d'attente est formé d'une combinaison de trajectoires :

- Rectiligne radio guidé (Branche de rapprochement).
- Rectiligne à l'estime (Branche d'éloignement).
- Curviligne à l'estime (Virages de rapprochement et d'éloignement).

La terminologie correspondante à l'attente est résumée dans la figure suivante :
[2]

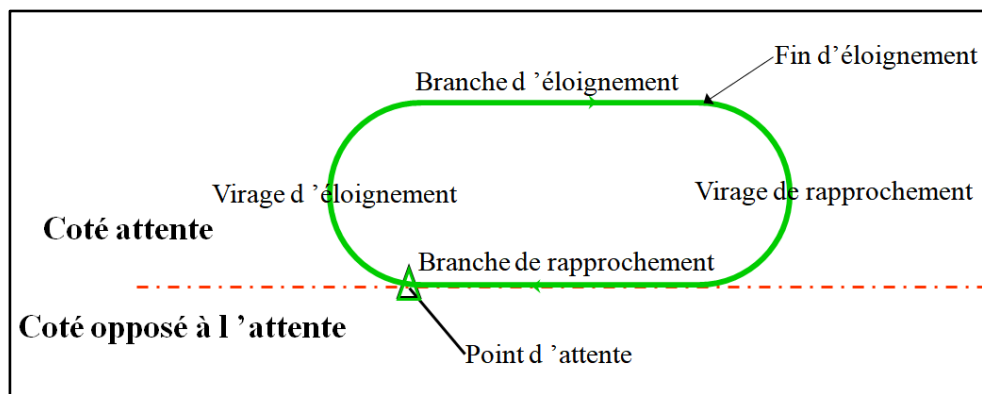


Figure 1-8 : : Forme et terminologie de l'attente [2]

1.3.2.3 Type d'attente :

Le type d'attente est déterminé en fonction de plusieurs critères, notamment :

- Le type d'éloignement :
 - Eloignement en distance (NM).
 - Eloignement en temps (minute).
- La nature du point d'attente (point de base) :
 - Vertical installation.
 - A une intersection :
 - De deux Radiales .
 - Radiale et distance DME.
 - Radiale et distance de vol (Temps). [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

➤ Les différents types d'attentes mentionnés précédemment sont résumés dans la figure suivante :

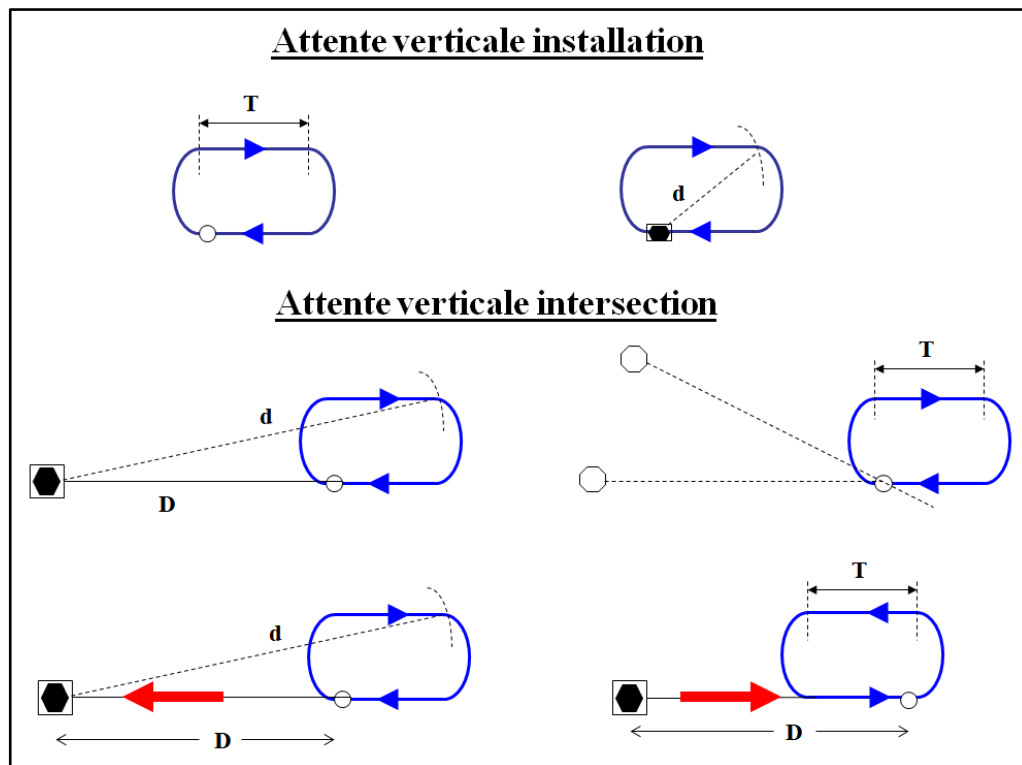


Figure 1-9 : Types d'attente [2]

1.3.2.4 Procédures d'entrée en attente :

Suivant la trajectoire de ralliement, il existe de nombreuses entrées dans le circuit d'attente, mais généralement toutes commencent par le survol du repère servant de base à l'attente en respectant une vitesse indiquée maximale (celle spécifiée pour l'attente), une altitude minimale (l'altitude minimale d'attente) et une altitude maximale (Z_p spécifiée).

L'entrée dans le circuit d'attente s'effectue selon un cap en relation avec les trois secteurs d'entrée représentés ci-dessous) avec une zone de flexibilité de 5° de part et d'autre des limites de secteur. [4]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

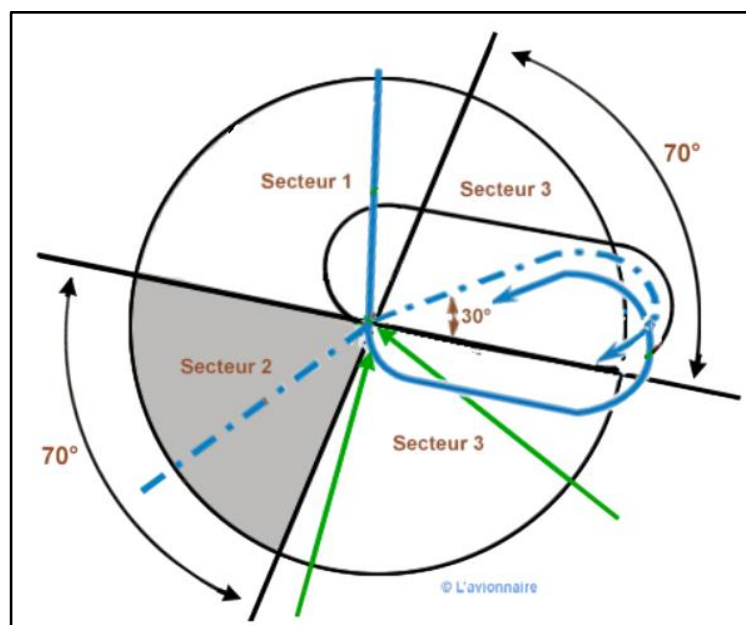


Figure 1-10 : les secteurs d'entrée dans une attente [4]

Procédure de secteur 1

À la verticale du repère , l'aéronef vire vers un cap d'éloignement (vers une trajectoire parallèle et inverse à la trajectoire de rapprochement) pour la durée ou la distance appropriées ; si la durée d'éloignement spécifiée pour l'attente est supérieure à une minute et demie , la valeur du temps d'éloignement lors de l'entrée ne doit pas dépasser une minute et demie , ou une distance limite correspondante.

Puis il vire ensuite à gauche vers le côté attente pour intercepter la trajectoire de rapprochement ou retourner au repère . [4]

Procédure de secteur 2

À la verticale du repère , l'aéronef vire vers un cap tel que la trajectoire forme un angle de 30° par rapport à la réciproque de la trajectoire de rapprochement du côté attente ;

L'aéronef vole en éloignement :

1 - pendant la période de temps appropriée si un minutage est spécifié (si la durée d'éloignement spécifiée pour l'attente est supérieure à une minute et demi , la valeur du temps d'éloignement lors de l'entrée ne doit pas dépasser une minute et demie);

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

2 - jusqu'à ce que la distance DME appropriée soit atteinte si une distance est spécifiée ;

3 - si une radiale limitative est aussi spécifiée , jusqu'à ce qu'il atteigne le premier des points suivants :

a - la radiale ;

b - la distance DME appropriée ; (le temps de vol correspondant ne doit pas correspondre à un temps de vol supérieur à une minute et demie)

Puis il vire ensuite à droite pour intercepter la trajectoire de rapprochement jusqu'au repère d'attente. [4]

Procédure de secteur 3

Si l'arrivée est pratiquement perpendiculaire au circuit après le passage de la balise 20 sec de ligne droite puis virage à droite, sinon après le survol du repère, virer à droite pour suivre le circuit d'attente. [4]

1.3.2.5 L'aire de protection d'une procédure d'attente :

La construction de l'aire de base et des aires d'entrée de la procédure se fait en deux étapes :

- La première étape : consiste à construire un gabarit selon le minutage en éloignement, la vitesse indiquée, la température et l'altitude appropriés pour une attente VOR/DME.
- La deuxième étape : consiste à tracer l'aire de base et les aires d'entrée d'une attente VOR/DME.

a) Les paramètres d'une procédure d'attente

- Minutage en éloignement : le minutage en éloignement devrait être le suivant :

une minute jusqu'à 4250 m (14 000 ft) inclusivement.

une minute et demi au-dessus de 4250 m (14 000 ft).

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

- Vitesse indiquée :

Les aires devraient être calculées et tracées en fonction de la catégorie d'aéronefs la plus rapide. Les vitesses indiquées figurant dans le tableau ci-dessous devraient être utilisées dans le calcul des aires d'attente. [1]

Tableau 1-2 : Vitesses indiquées pour la construction d'aires d'attente [1]

Niveaux ¹	Conditions normales	En turbulence
Hélicoptères : jusqu'à 1 830 m (6 000 ft) inclusivement	185 km/h (100 kt)	
jusqu'à 4 250 m (14 000 ft) inclusivement	425 km/h (230 kt) ² 315 km/h (170 kt) ⁴	520 km/h (280 kt) ³ 315 km/h (170 kt) ⁴
au-dessus de 4 250 m (14 000 ft) jusqu'à 6 100 m (20 000 ft) inclusivement	445 km/h (240 kt) ⁵	la moins élevée des deux valeurs suivantes : 520 km/h (280 kt) ou Mach 0,8 ³
au-dessus de 6 100 m (20 000 ft) jusqu'à 10 350 m (34 000 ft) inclusivement	490 km/h (265 kt) ⁵	
au-dessus de 10 350 m (34 000 ft)	Mach 0,83	Mach 0,83

1. Les niveaux du tableau ci-dessus représentent des *altitudes* ou les *niveaux de vol* correspondants, selon le calage altimétrique utilisé.
2. Lorsque la procédure d'attente est suivie du segment initial d'une procédure d'approche aux instruments promulguée à une vitesse supérieure à 425 km/h (230 kt), l'attente devrait aussi, toutes les fois que cela est possible, être promulguée à cette vitesse plus élevée.
3. Voir § 1.3.1.4 — Aéronefs en attente à 520 km/h (280 kt)/Mach 0,8.
4. Pour attentes réservées aux aéronefs des catégories A et B et aux aéronefs de la catégorie H au-dessus de 1 830 m (6 000 ft).
5. Toutes les fois que cela est possible, la vitesse de 520 km/h (280 kt) devrait être utilisée dans les procédures d'attente associées à des structures de voies aériennes.

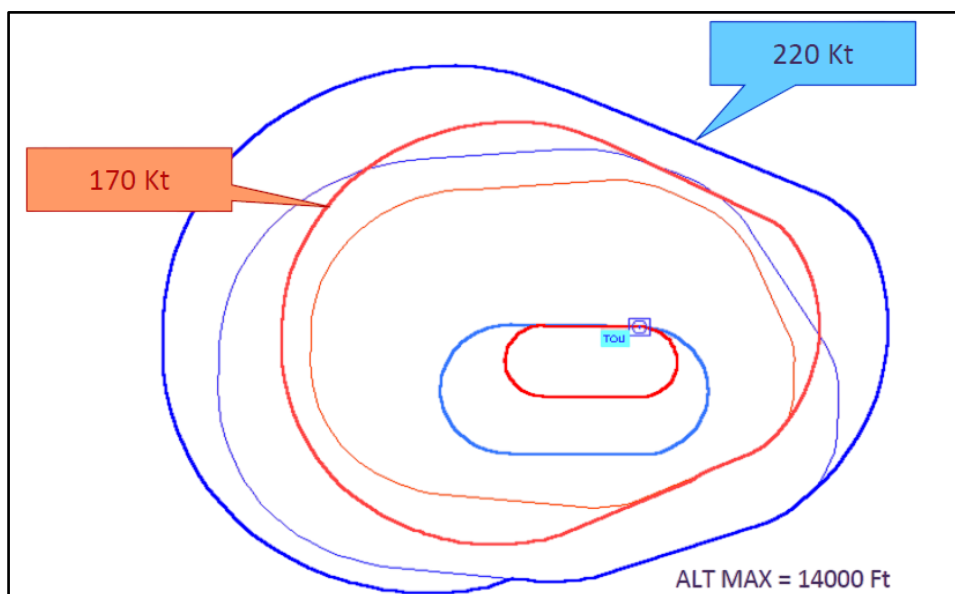


Figure 1-11 : L'influence de la vitesse indiquée sur la protection de l'attente [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

- Température :

Si des données climatologique sont disponible, la température maximale à l'intérieur de la probabilité de 95% devrait être utilisé dans les calculs . Si des données climatologiques adéquates ne sont pas disponibles, l'atmosphère type internationale (ISA), plus gradient de température 15°C , devrait être utilisée. le schéma ci-dessous représente la variation de la température en fonction de l'altitude : [1]

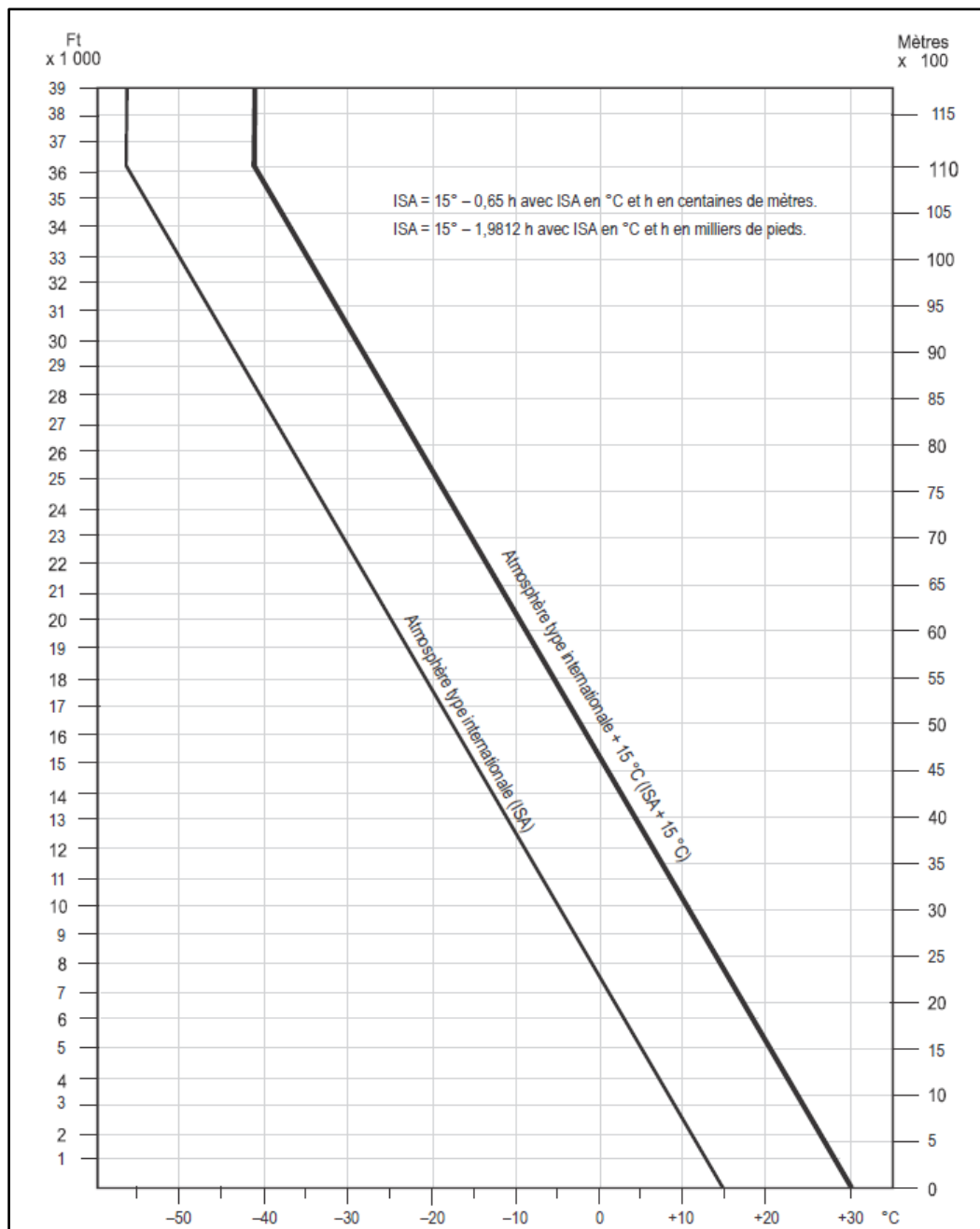


Figure 1-12 : Température en regard de l'altitude [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

-Altitude pression maximale :

L'altitude maximale de l'attente ($Z_p \text{ max}$) doit être supérieure à l'altitude minimale de secteur le plus élevé [3]

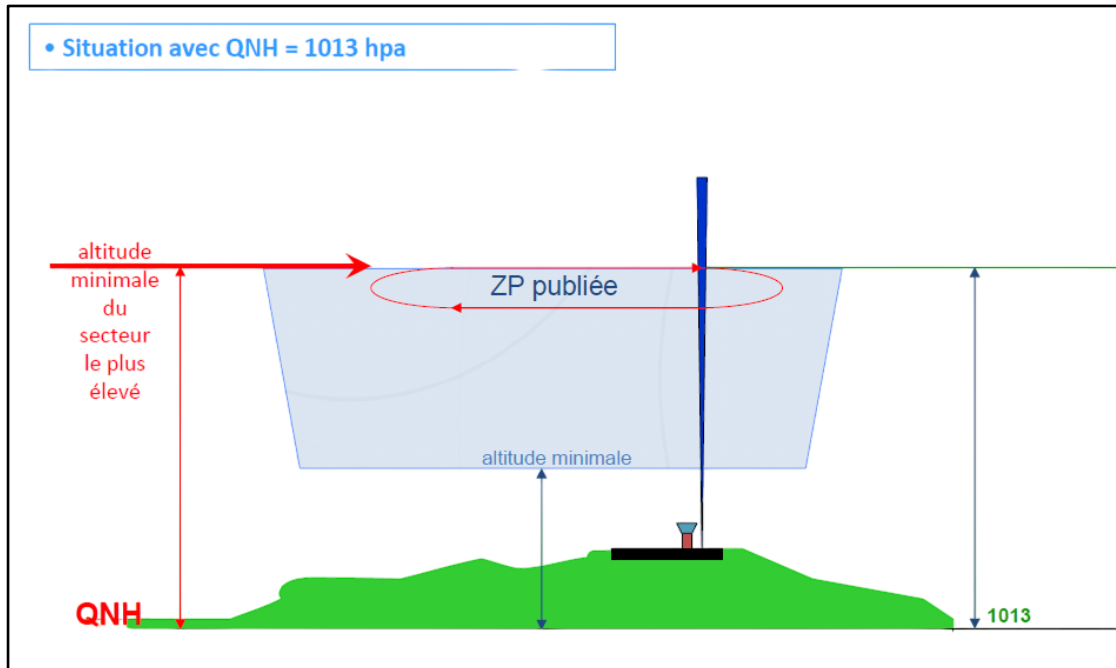


Figure 1-13 : : L'altitude maximale de l'attente [3]

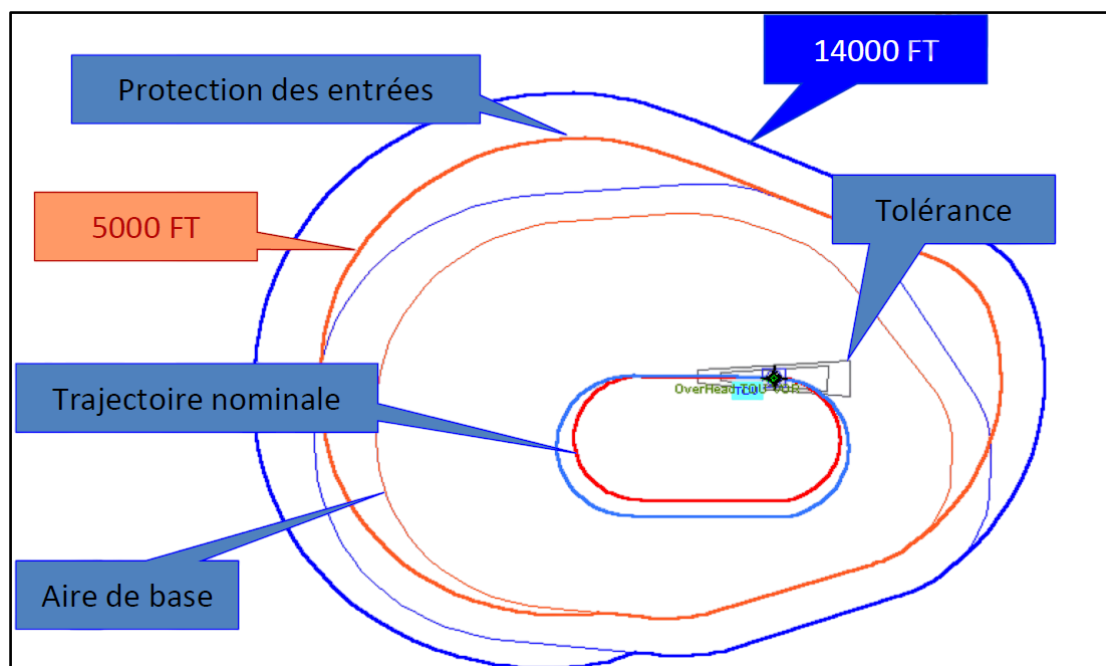


Figure 1-14 : : L'influence de $Z_p \text{ max}$ sur la protection de l'attente [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

b) Le gabarit d'attente :

Dans ce gabarit, il est tenu compte de tous les facteurs qui peuvent amener un aéronef à s'écarter du circuit nominal, à l'exception de ceux qui se rapportent à l'aire de tolérance de repère, et il est applicable à tous les types de procédures. [1]

Le facteur de conversion K :

Pour obtenir la vitesse vraie, il faut multiplier la vitesse indiqué par le facteur de conversion K correspondant à l'altitude et à la température données, le calcul du facteur K ainsi que sa vérification est indiqué ci-dessous :

$$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$$

Tableau 1-3 : Facteur de conversion [1]

<i>Altitude (mètres)</i>	<i>Facteur de conversion</i>							
	<i>ISA-30</i>	<i>ISA-20</i>	<i>ISA-10</i>	<i>ISA</i>	<i>ISA+10</i>	<i>ISA+15</i>	<i>ISA+20</i>	<i>ISA+30</i>
0	0,9465	0,9647	0,9825	1,0000	1,0172	1,0257	1,0341	1,0508
500,0	0,9690	0,9878	1,0063	1,0244	1,0423	1,0511	1,0598	1,0770
1 000,0	0,9922	1,0118	1,0309	1,0497	1,0682	1,0774	1,0864	1,1043
1 500,0	1,0163	1,0366	1,0565	1,0760	1,0952	1,1046	1,1140	1,1325
2 000,0	1,0413	1,0623	1,0830	1,1032	1,1231	1,1329	1,1426	1,1618
2 500,0	1,0672	1,0890	1,1105	1,1315	1,1521	1,1623	1,1724	1,1923
3 000,0	1,0940	1,1167	1,1390	1,1608	1,1822	1,1928	1,2032	1,2239
3 500,0	1,1219	1,1455	1,1686	1,1912	1,2135	1,2245	1,2353	1,2568
4 000,0	1,1507	1,1753	1,1993	1,2229	1,2460	1,2574	1,2687	1,2910
4 500,0	1,1807	1,2063	1,2313	1,2558	1,2798	1,2917	1,3034	1,3266
5 000,0	1,2119	1,2385	1,2645	1,2900	1,3150	1,3273	1,3395	1,3636
5 500,0	1,2443	1,2720	1,2991	1,3256	1,3516	1,3644	1,3771	1,4022
6 000,0	1,2779	1,3068	1,3350	1,3627	1,3897	1,4031	1,4163	1,4424
6 500,0	1,3130	1,3430	1,3725	1,4013	1,4295	1,4434	1,4572	1,4843
7 000,0	1,3494	1,3808	1,4115	1,4415	1,4709	1,4854	1,4998	1,5281
7 500,0	1,3873	1,4201	1,4521	1,4835	1,5141	1,5292	1,5442	1,5737

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

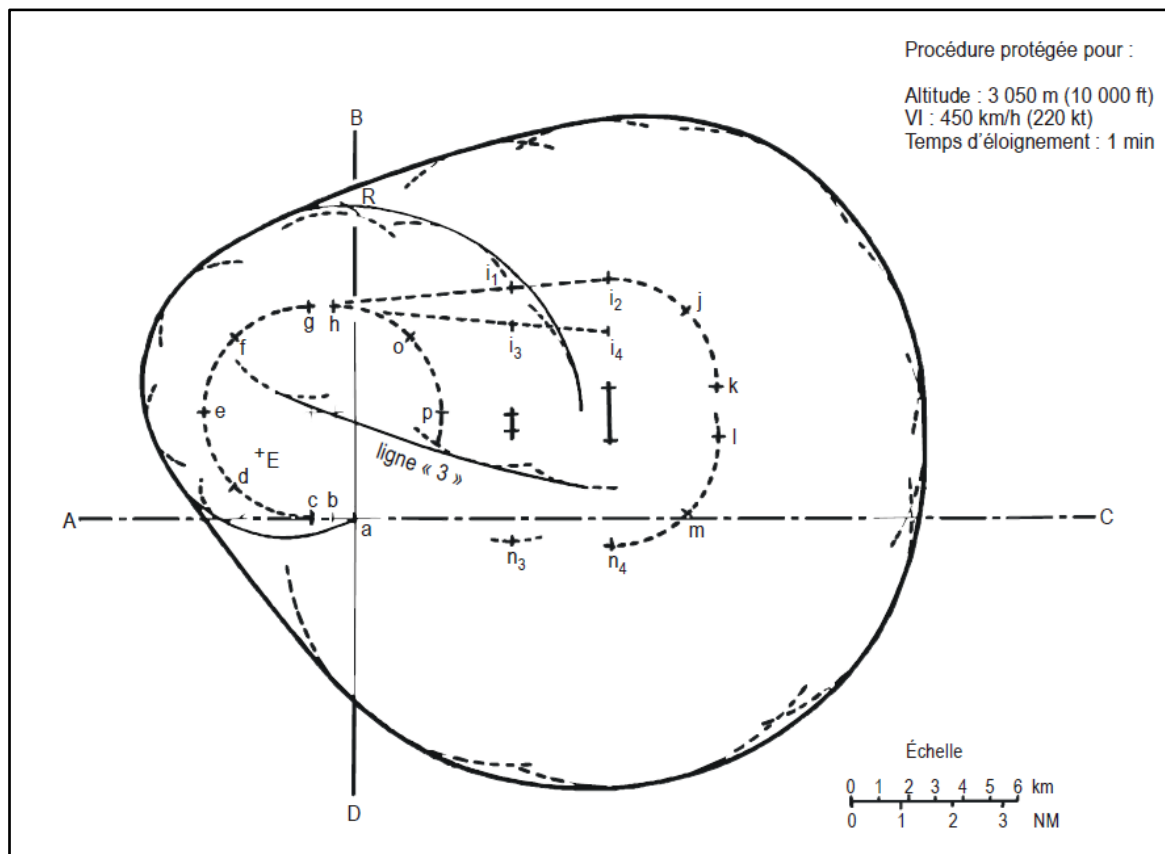


Figure 1-15 : Exemple d'un gabarit d'attente [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

c) Construction des aires de protection pour une attente radiale/distance

VOR/DME

L'aire de base et les aires d'entrées sont conçues à la base des paramètres ci-dessous :

Tableau 1-4 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée correspondante au circuit d'attente [1]

Paramètres et formules	Signification
DS	Distance horizontale
ds	Distance en éloignement
$D = \sqrt{(DS^2 + 0,027 h^2)}$	Distance oblique
$DL = \sqrt{((Ds + ds)^2 + 4 r^2 + 0,027 h^2)}$	Distance limite d'éloignement
$DL_s = \sqrt{(DL^2 - 0,027 h^2)}$	Distance limite horizontale d'éloignement
$d_1 = 0,25 + 0,0125 D$	Tolérance DME correspondant à D
$d_2 = 0,25 + 0,0125 DL$	Tolérance DME correspondant à DL

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

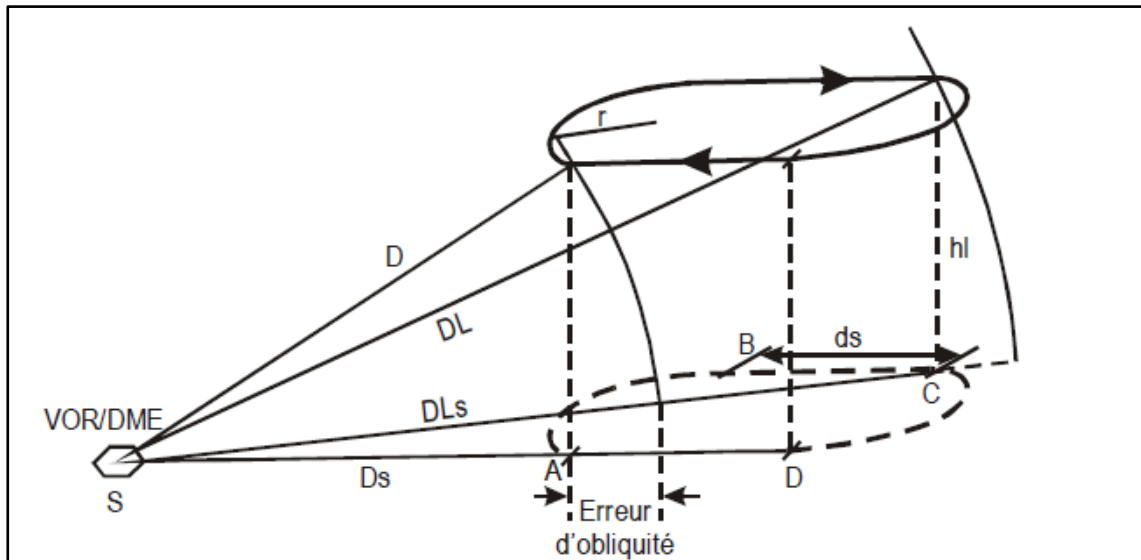


Figure 1-16 : Les paramètres d'attente VOR/DME [1]

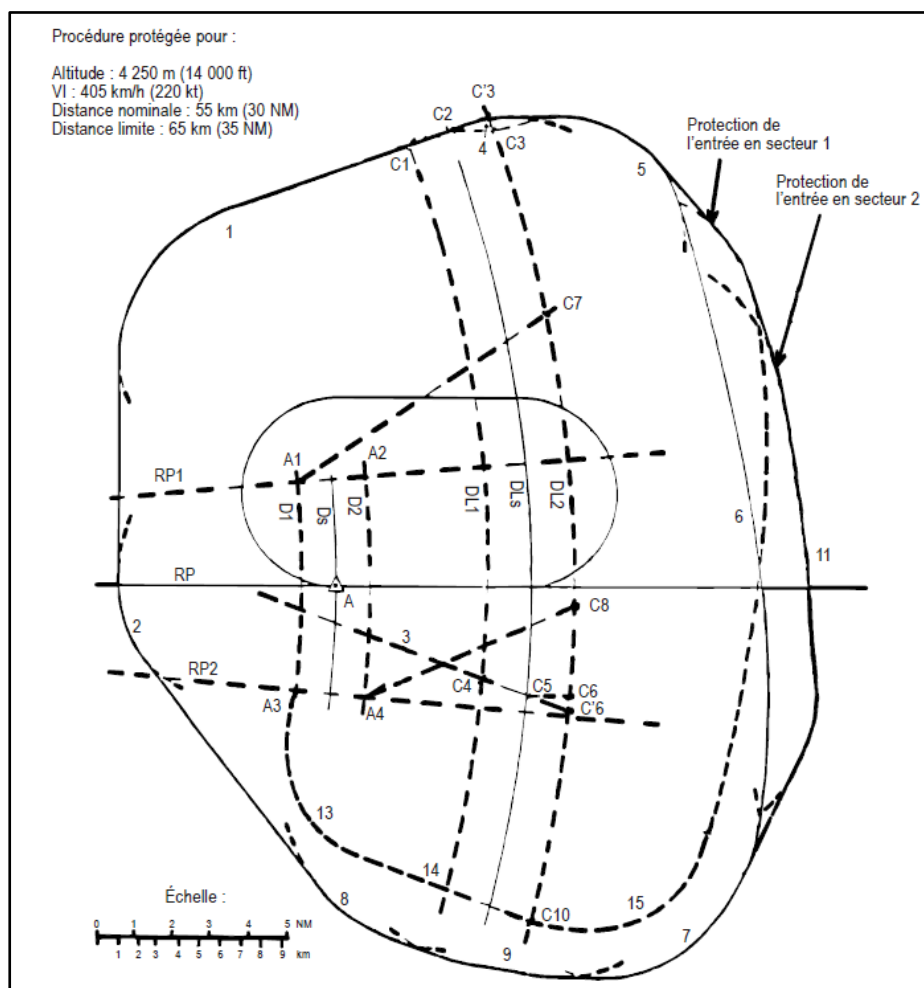


Figure 1-17 : Exemple de procédure VOR/DME en rapprochement de l'installation [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

d) Zones tampons :

Les zones tampons s'étendent sur 5 NM, à raison de 1 NM par zone, au-delà des limites de l'aire d'attente et des aires d'entrée associées, comme illustré ci-dessous. [3]

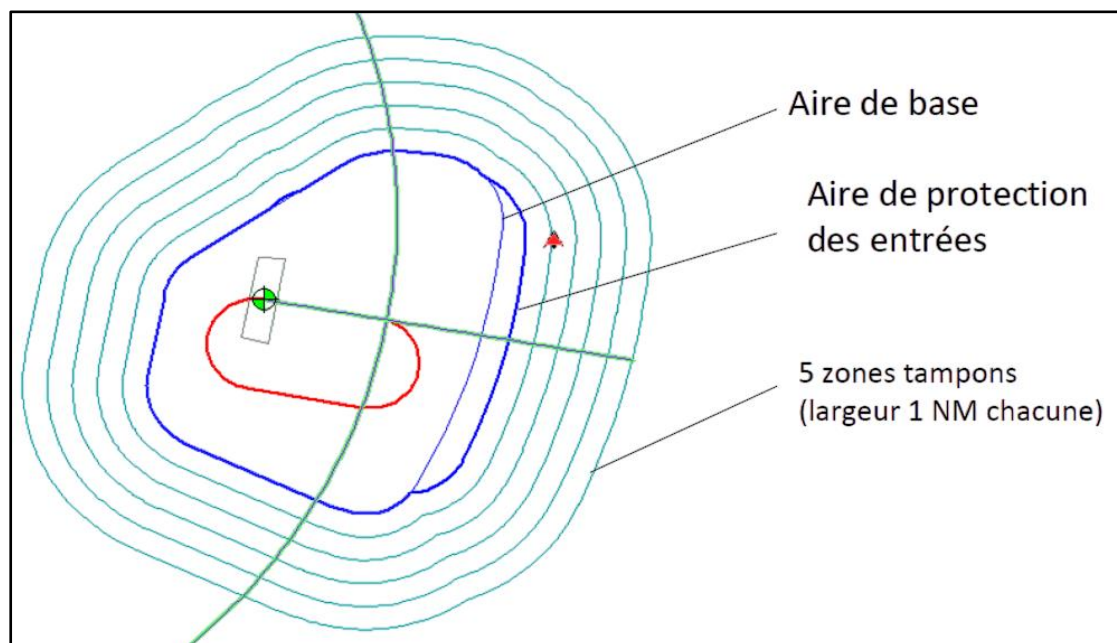


Figure 1-18 : Zones tampons d'une attente [3]

e) L'altitude minimale de l'attente :

ALTmin Attente = MAX (ALT Obs + MFO).

La marge de franchissement d'obstacles (MFO) est variable en fonction de l'aire de protection d'attente, comme indiqué ci-dessous : [1]

Tableau 1-5 : Marge de franchissement d'obstacles [1]

Aire de base + aire de protection des entrées	300 m (984 ft)
1ère zone tampon	300 m (984 ft)
2ième zone tampon	150 m (492 ft)
3ième zone tampon	120 m (394 ft)
4ième zone tampon	90 m (294 ft)
5ième zone tampon	60 m (197 ft)

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.3 Le segment d'approche initial

C'est un segment qui permet de perdre l'altitude et de présenter l'avion sur l'axe de percée, il commence à l'IAF et se termine à l'IF ou au FAF. Sa pente de descente varie entre 4% (optimum) et 8% (Maximum).

Les procédures d'inversion et les procédures en hippodrome, sont considérées comme des segments initiaux jusqu'à ce que l'aéronef soit établi sur la trajectoire d'approche intermédiaire. [4]

a) Segment d'approche initiale avec procédure en inversion :

Les procédures d'inversion servent à établir les aéronefs en rapprochement sur une trajectoire d'approche intermédiaire ou d'approche finale, à l'altitude désirée. Il y a deux types de procédure d'inversion : virages conventionnels et virages de base. Les deux consistent en une trajectoire d'éloignement suivie d'une manœuvre de virage qui inverse la direction et mène à la trajectoire de rapprochement. [4]

b) Type de procédures d'inversion :

Ci-dessous les différents types de procédures permises.

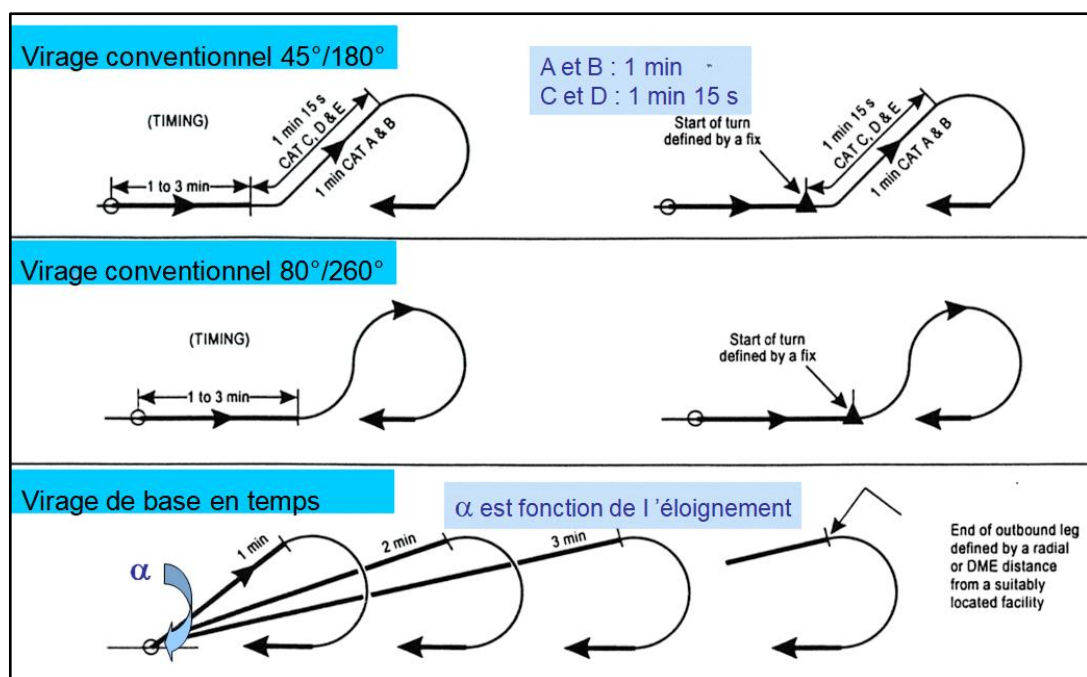


Figure 1-19 : : Procédure d'inversion [2]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.3.1 Aire de protection :

Les figures suivantes montrent l'aire de protection d'un segment d'approche initiale :

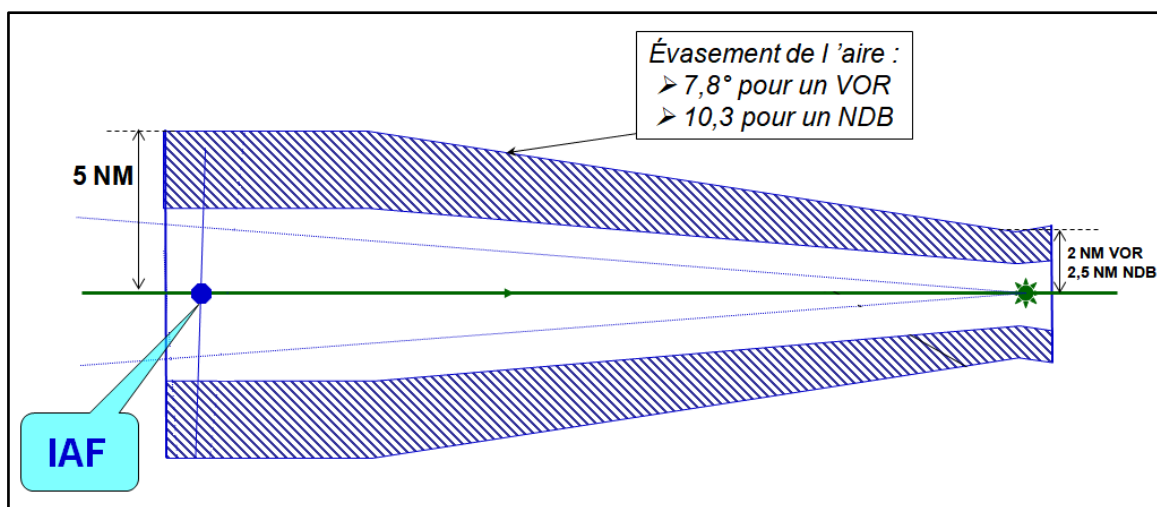


Figure 1-20 : Aire de protection d'un segment d'approche initiale rectiligne radioguidé [2]

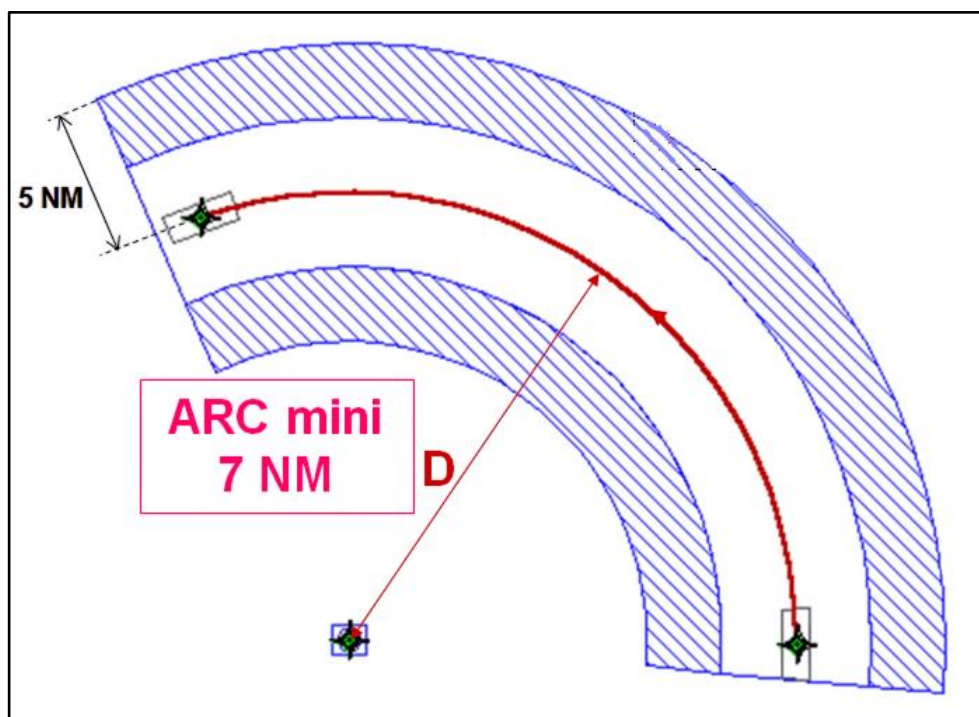


Figure 1-21 : Aire de protection d'un segment d'approche initiale curviligne radioguidé [2]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

Dans le cas où l'IAF est à moins de 21.9 NM du VOR. La largeur de l'aire de part et d'autre de la trajectoire nominale diminue linéairement depuis 5 NM à l'IAF jusqu'à 2 NM au VOR, comme indiqué dans la figure ci-dessous : [1]

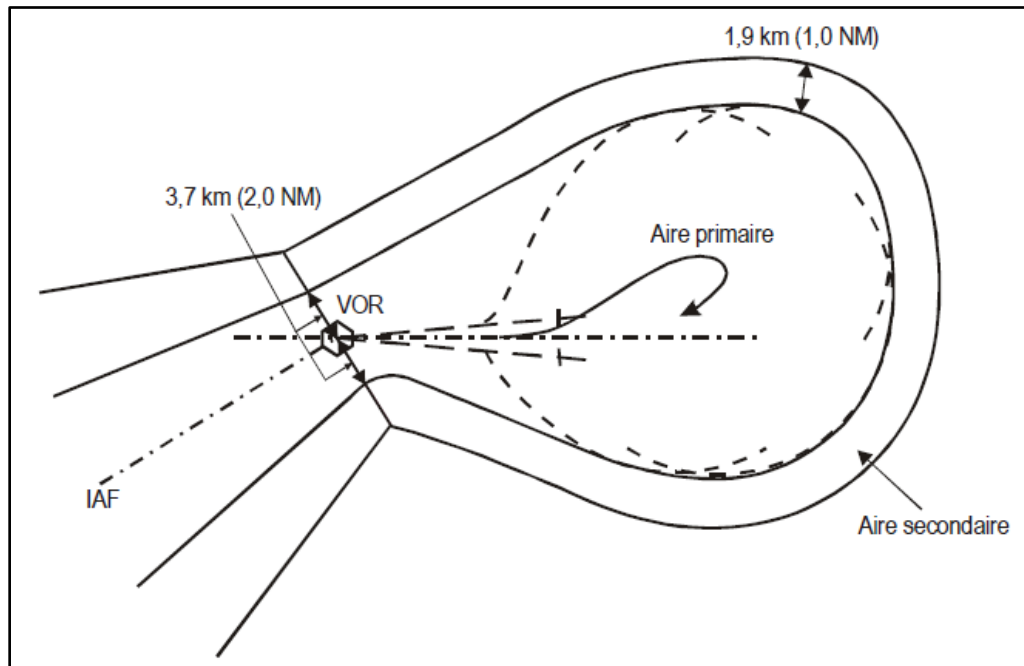


Figure 1-22 : Interface entre aire primaire et secondaire d'approche initiale et de procédures d'inversion[1]

1.3.3.2 Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacle :

$$\text{MOCA(H)} = \text{MAX (ALT(H) Obs + MFO)}$$

MFO :

- Aire primaire : égale à 300 m, mais peut être majoré jusqu'à 300m en région montagneuse.
- Aire secondaire : Linéairement décroissante.

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.4 Le segment d'approche intermédiaire :

Le segment d'approche intermédiaire assure la liaison entre l'approche initiale et finale, préparant ainsi l'aéronef pour l'approche finale. Il commence à l'IF ou à la sortie du virage, et se termine au FAF . Ce segment est facultatif.

Ce segment comprend des trajectoires rectilignes seulement, avec une distance typique comprise entre 15 NM et 5 NM (optimum à 10 NM). Il est souvent maintenu en palier, mais peut également être effectué en descente , il est recommandé de prévoir un palier de 1 NM pour les avions de CAT A/B et de 1.5 NM pour les avions de CAT C/D. [3]

1.3.4.1 Aire de protection :

La figure ci-dessous montre l'aire de protection d'une approche intermédiaire :

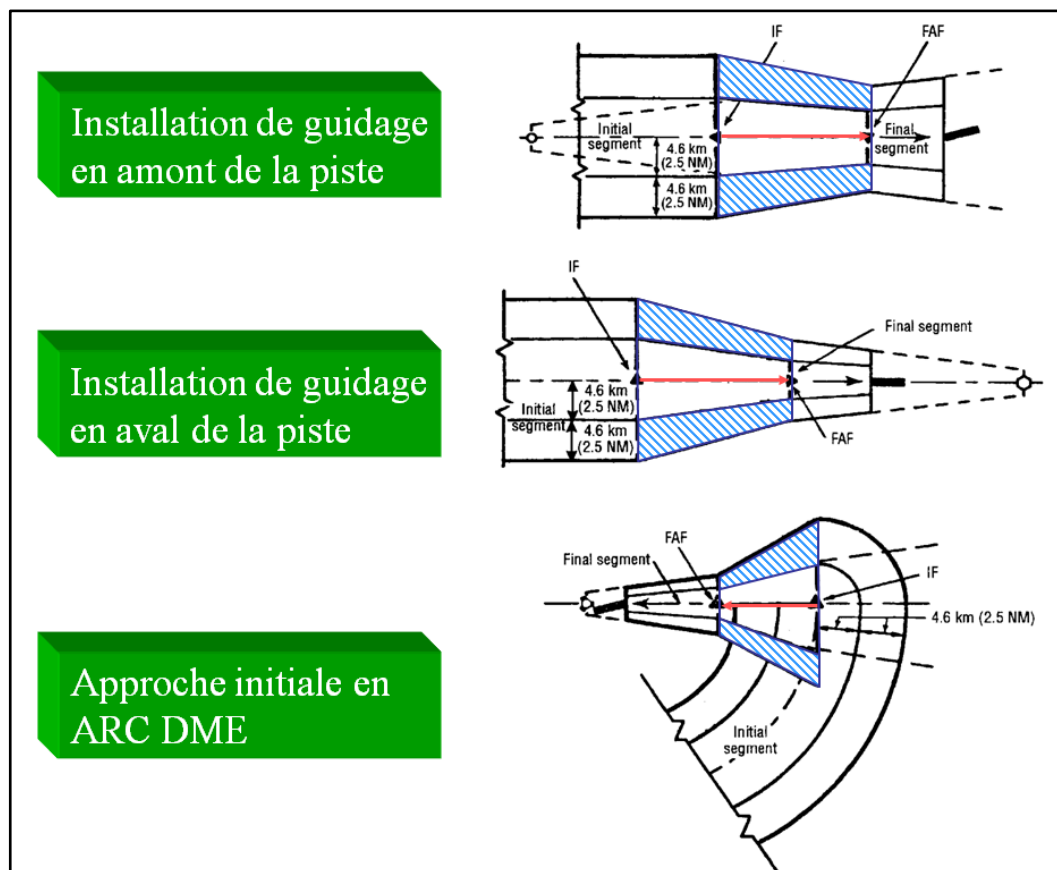


Figure 1-23 : Aire de protection du segment d'approche intermédiaire [2]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.4.2 Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacle :

$$MOCA(H) = \text{MAX} (\text{ALT}(H) \text{ Obs} + \text{MFO})$$

MFO :

Aire primaire : égale à 150 m, mais peut être majoré jusqu'à 300m en région montagneuse.

Aire secondaire : Linéairement décroissante.

1.3.5 Le segment final :

C'est dans le segment d'approche finale que c'effectuent l'alignement et la descente en vue de l'atterrissage, ce segment d'approche finale commence au repère d'approche finale et se termine au point d'approche interrompue (MAPt) et admet des trajectoires rectilignes radioguidées, mesurées typiquement entre 3NM et 10 NM (optimum à 5 NM).

Il est toujours pris en descente, avec une pente variante entre 4.3% et 6.5% pour les avions de CAT A/B, et jusqu'à 6.1% pour les avions de CAT C/D (optimum à 5.24%). [3]

1.3.5.1 Critères d'approche directe :

les critères d'approche directe non dans l'axe sont indiqués dans la figure ci-dessous :

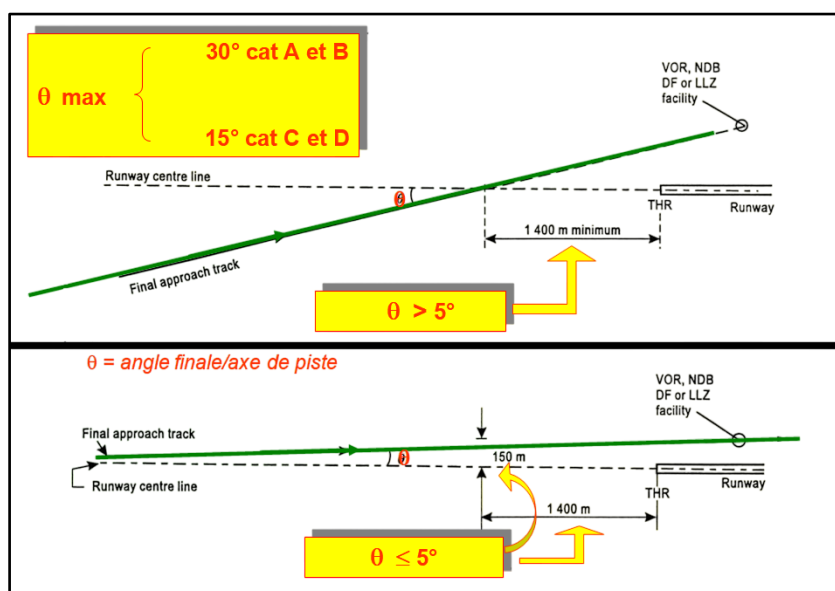


Figure 1-24 : les critères d'approche directe non dans l'axe [2]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.5.2 Repère de descente en finale :

C'est un point le long de la finale où l'altitude est clairement spécifiée, utiliser pour :

- Aider le pilote à identifier le plan de descente.
- Utile pour l'effacement d'obstacles
- Utile pour réduire l'OCH :
- Moins d'obstacle à prendre en compte
- MFO réduite

Pendant la finale 1 seul SDF est autorisé (2 si les points sont créés en utilisant une distance DME) [4]

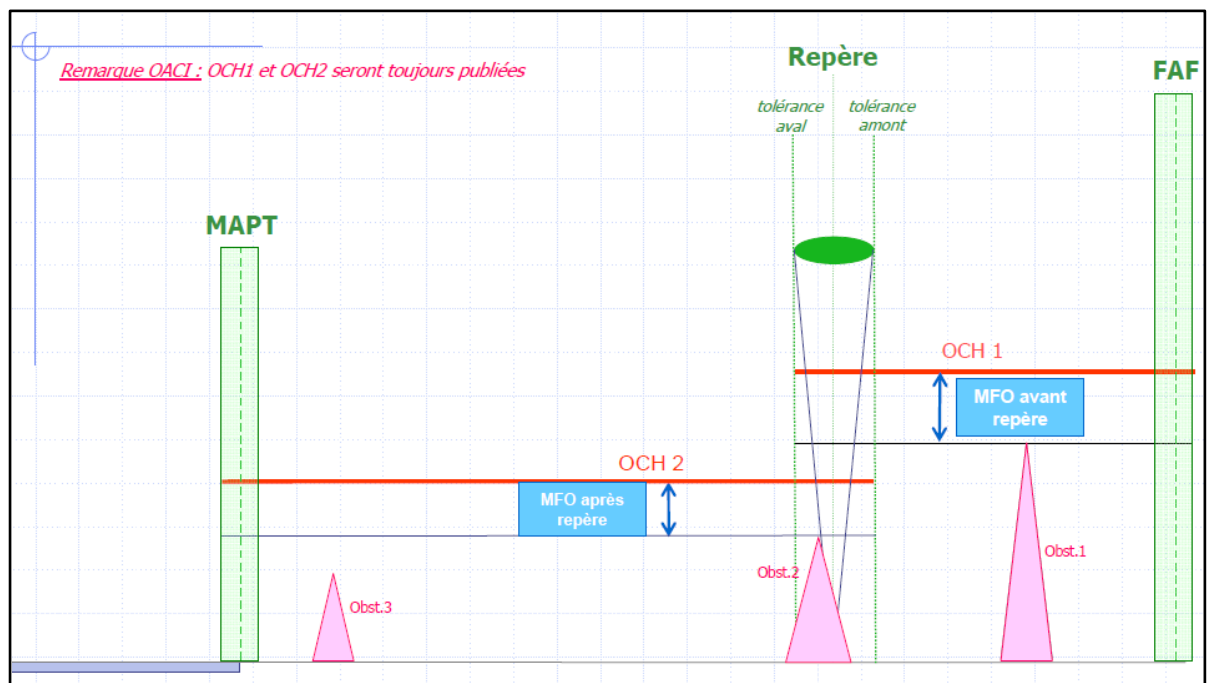


Figure 1-25 : Repère de descente en finale (SDF) [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.5.3 Aire de protection :

Procédure avec FAF :

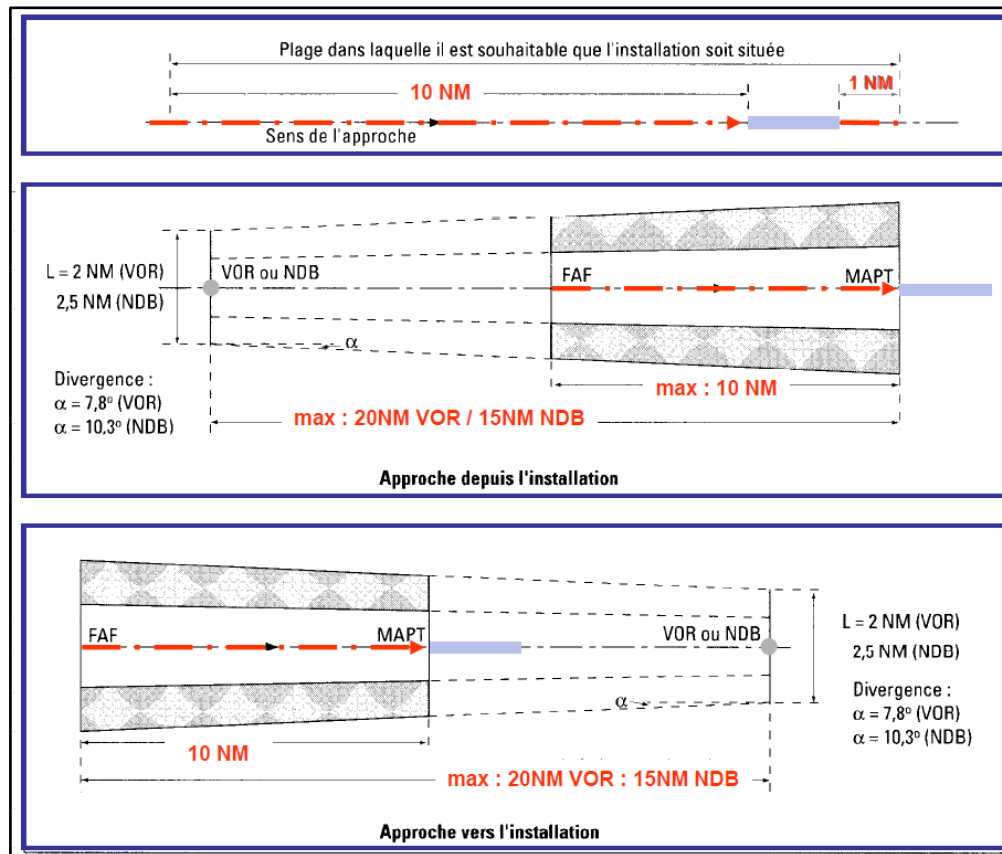


Figure 1-26 : Protection du segment final (avec FAF) [3]

Procédure sans FAF :

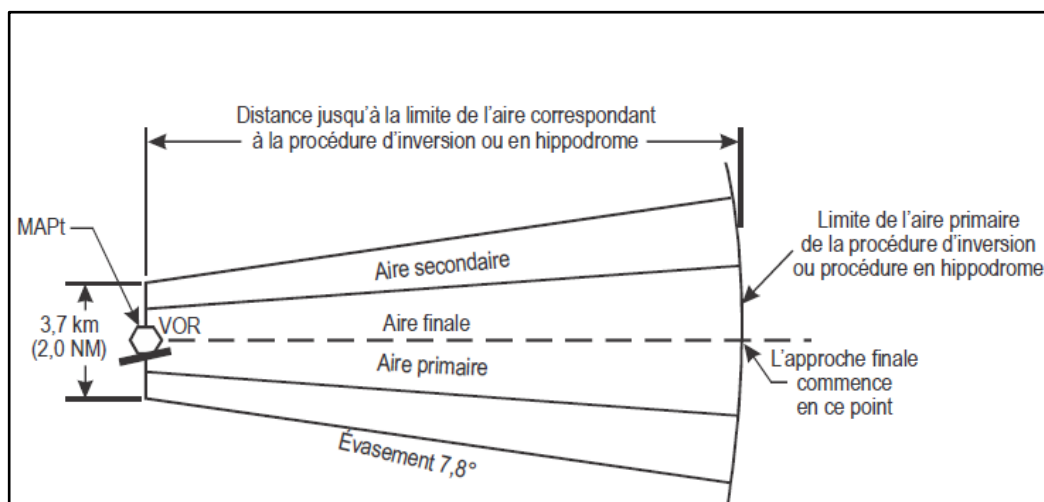


Figure 1-27 : Protection du segment final (sans FAF) [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.3.5.4 Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacle :

$$\text{MOCA(H)} = \text{MAX (ALT(H) Obs + MFO)}.$$

▪ MFO :

-Aire primaire :

- Pour une finale avec FAF la MFO est égale à 75 m,
- Pour une finale sans FAF la MFO est égale à 90 m.

-Aire secondaire : Linéairement décroissante .

1.3.6 Le segment d'approche interrompue :

Toute procédure comporte une trajectoire d 'approche interrompue utilisée lorsqu 'il s'avère impossible de poursuivre l 'approche jusqu 'à l'atterrissage. La procédure d'approche interrompue est amorcée :

- au point d'approche interrompue (MAPT) dans les procédures d'approche classique.
- à l'altitude /hauteur de décision (DA/H) dans les procédures d'approche de précision ou les approches avec guidage vertical (APV) .

La procédure d'approche interrompue se termine à une altitude /hauteur suffisante pour permettre :

- d'amorcer une autre approche ;
- ou de retourner à un circuit d'attente désigné ;
- ou de reprendre le vol de croisière. [4]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

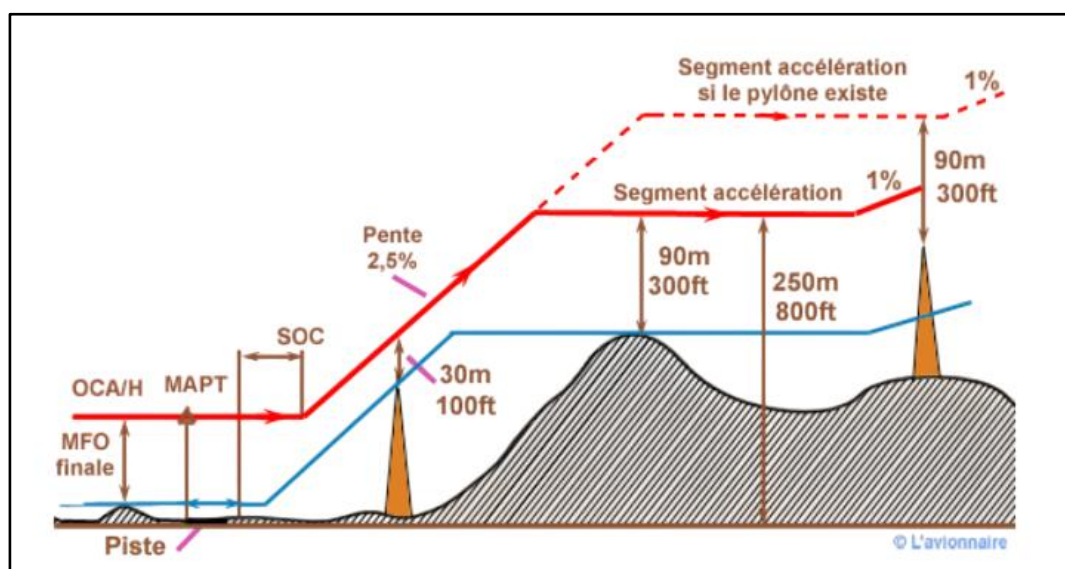


Figure 1-28 : Segment d'approche interrompue [4]

1.3.6.1 Types d'approche interrompue

a) l'approche interrompue en ligne droite :

L'approche interrompue en ligne droite inclut des virages inférieurs ou égaux à 15° , l'aire d'approche interrompue en ligne droite a une largeur, à son origine, égale à celle de l'aire d'approche finale en ce point et elle s'évase ensuite selon un angle déterminé par la précision de trajectoire de l'aide de navigation en trajectoire qui est utilisée $10,3^\circ$ pour NDB, $7,8^\circ$ pour VOR. [4]

b) l'approche interrompue avec virage :

L'approche interrompue avec virage est utilisée pour des virages de plus de 15° . Aucun virage ne doit être prescrit dans la phase initiale de l'approche interrompue.

Virage amorcé à une altitude/hauteur désignée (TNA/H)

Le virage est prescrit au moment où est atteinte une altitude spécifiée [4]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

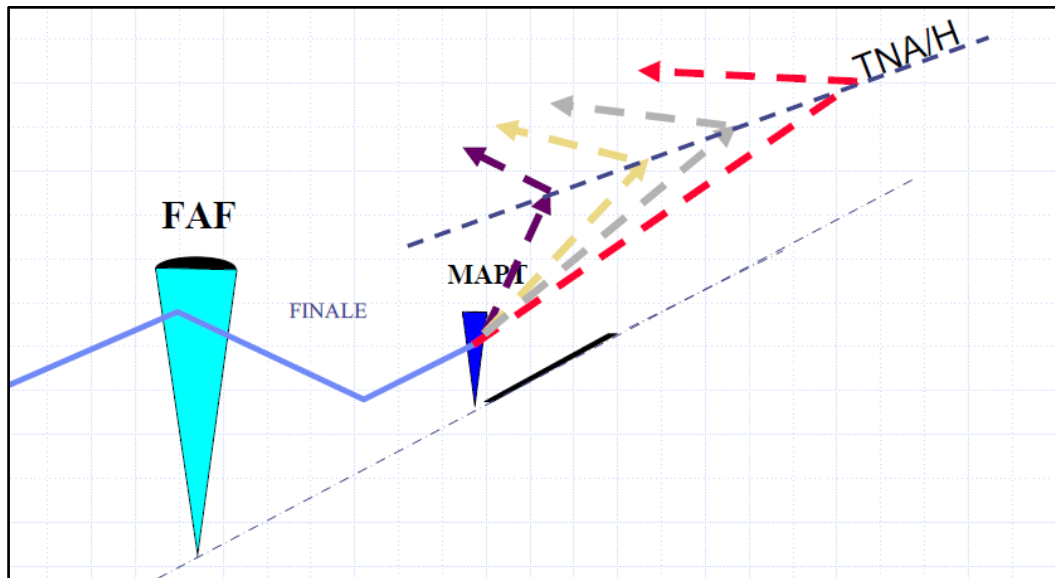


Figure 1-29 : Virage amorcé à une altitude/hauteur désignée (TNA/H) [3]

Virage amorcé à une point designé (TP)

Il est choisi afin de permettre aux aéronefs d'éviter un obstacle droit devant. Les critères d'approche interrompue en ligne droite s'appliquent jusqu'au premier TP.

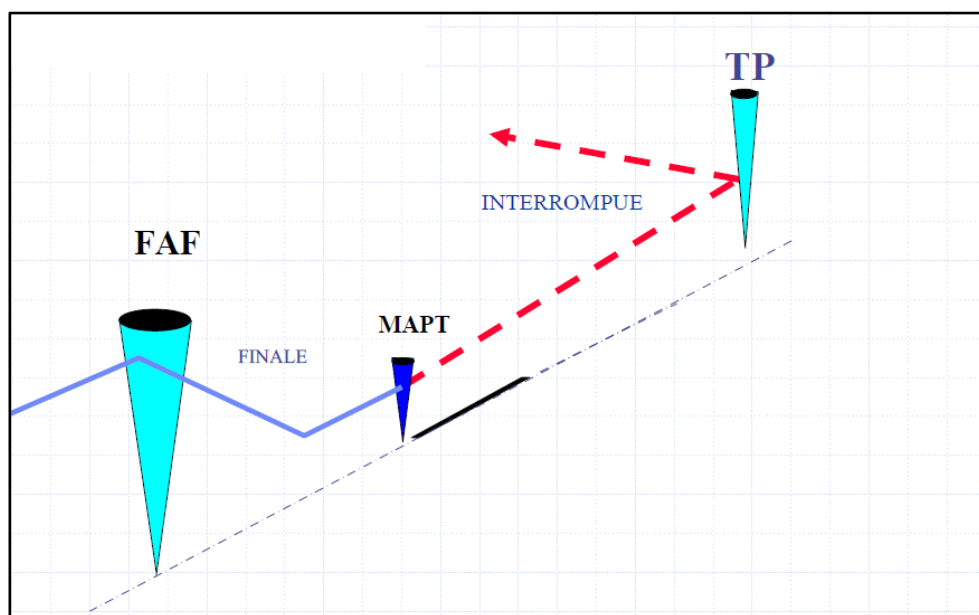


Figure 1-30 : Virage amorcé à une point designé (TP) [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

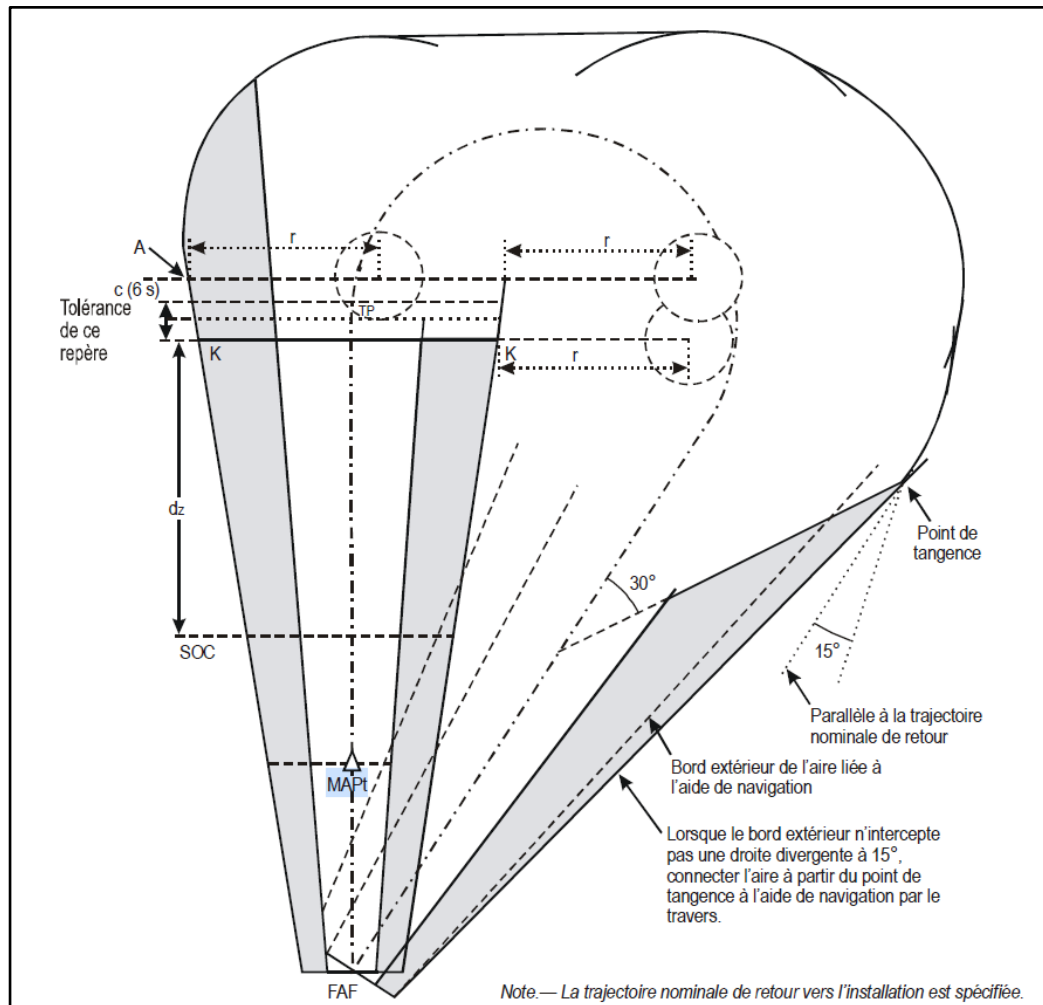


Figure 1-31 : Approche interrompue avec virage et retour vers l'installation [1]

Virage spécifié au MAPT.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de prescrire un virage d'approche interrompue au MAPT.

L'aire de virage commence au MAPT amont. Elle inclut l'aire de mise en virage. La protection du virage s'applique à partir de la limite aval de l'aire de mise en virage décalée du délai de mise en virage (3 secondes de vol à la vitesse maximale d'approche interrompue finale pour la catégorie considérée, augmentée d'une composante vent arrière de 30 nœuds). [4]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

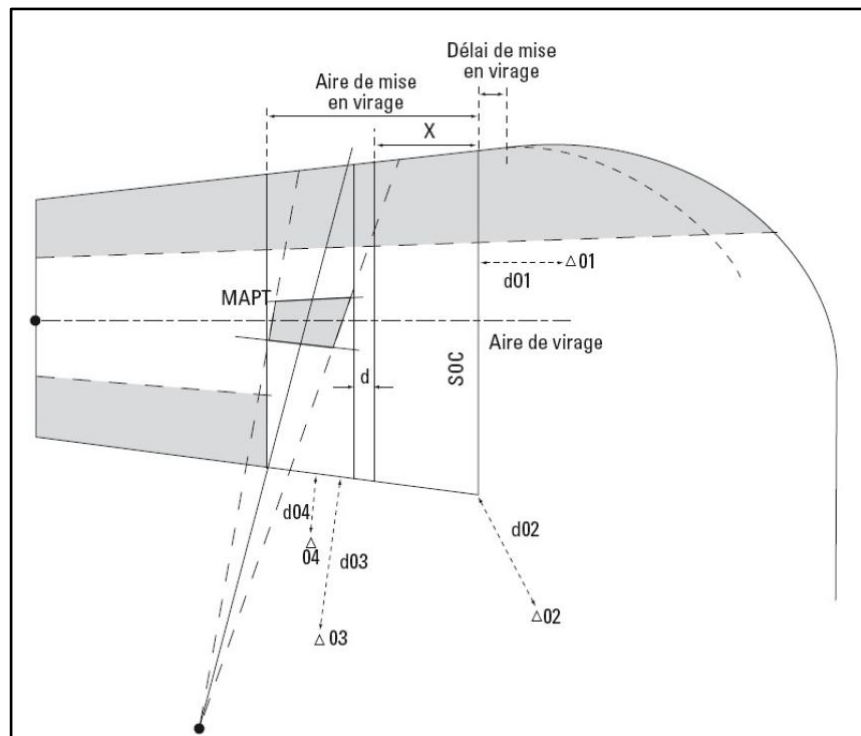


Figure 1-32 : Aire de protection d'un virage au Mapt [1]

1.3.6.1 les phases d'une approche interrompue :

a. Phase initiale :

- Commence au Mapt amont et va jusqu'au début de la montée (SOC).
- Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacle.

$$OCA(H) = \text{MAX} (ALT(H) \text{ Obs} + MFO).$$

- MFO : MFO du segment d'approche final [1]

b. Phase intermédiaire :

- Débute aux SOC jusqu'au TNA/H ou TP (d'une marge de franchissement d'obstacles de 50m (164 ft) est initialement obtenue et peut être maintenue).
- Altitude minimale de franchissement d'obstacle :

$$OCA(H) = \text{MAX} (ALT(H) \text{ Obs} + MFO).$$

- MFO : égale à 30m. [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

c. Phase finale :

Des virages commence au TNA/H ou TP amont et va jusqu'au point où sont amorcés des nouvelles approches, intercepter une radiale VOR ou suivi l'instruction de contrôle de la circulation aérienne ou un retour au vol de croisière ;

▪ Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacle.

OCA(H) = MAX (ALT(H) Obs + MFO).

▪ MFO : égale à 50m.

Remarque : Initialement l'étude effectuée pour l'approche interrompue sera avec une pente de 2.5% mais n'est au moins peut aller jusqu'aux 5% (difficulté d'un relief présente). [1]

1.4 Procédure d'approche indirect (manoeuvre à Vue)

Une manoeuvre à vue est publiée lorsque :

l'atterrissage peut s'effectuer dans une direction différente de celle de l'approche aux instruments.

l'approche finale ne peut pas être exécutée en approche directe.

des contraintes opérationnelles imposent de ne pas se poser directement sur la piste desservie par la procédure. [3]

1.4.1 La manoeuvre à vue Libre (MVL) :

manoeuvre à vue effectuée à l'issue d'une procédure d'approche aux instruments, et pour laquelle le pilote n'a pas de trajectoire à respecter, mais est supposé rester à l'intérieur des limites de l'aire de protection associée à sa catégorie d'aéronef. [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

1.4.1.1. Aire de protection :

Les dimensions de l'aire MVL varient selon la catégorie d'aéronefs. L'aire est obtenue en traçant à partir du seuil de chaque piste utilisable, un arc de cercle de rayon approprié (R_c) correspondant à la catégorie d'aéronefs la plus rapide pouvant atterrir sur cette piste, puis en menant les tangentes à ces arcs. [3]

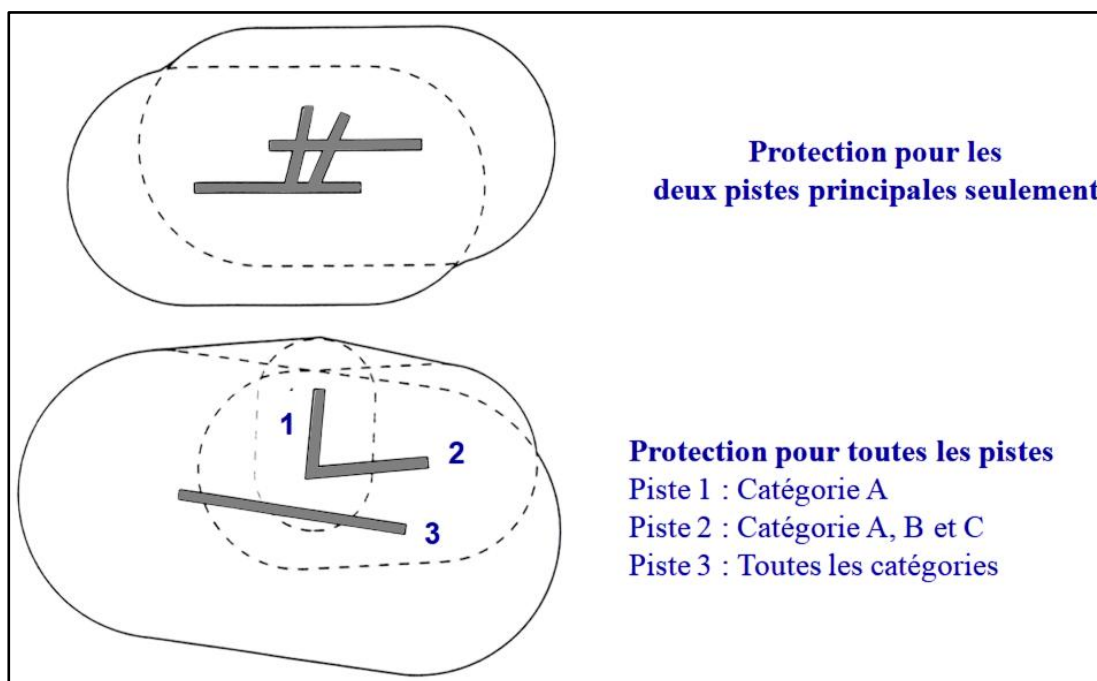


Figure 1-33 : Exemple d'une protection MVL [3]

1.4.1.2. la marge de franchissement d'obstacles (MFO) :

L'OCH de la MVL assurera la MFO minimale spécifiée par catégorie d'aéronefs au-dessus de l'obstacle le plus élevé dans l'aire de protection de la trajectoire prescrite.

Elle sera également conforme aux limites spécifiées et ne sera pas inférieure à l'OCH calculée pour la procédure aux instruments qui mène à la manoeuvre à vue. [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

Tableau 1-6 : MFO et OCH minimales pour une MVL [3]

Catégorie	MFO		OCH minimales	
	Mètres	Pieds	Mètres	pieds
A	90	300	120	400
B	90	300	150	500
C	120	400	180	600
D	120	400	210	700
E	150	500	240	800

1.4.2 La manoeuvre à vue imposée (MVI) :

Sur les aérodromes aux environs desquels existent des repères visuels parfaitement identifiables, et lorsqu'un avantage opérationnel peut en résulter, on peut définir, en plus de la manoeuvre à vue libre (MVL), une procédure de manoeuvre à vue imposée (VPT : *Visual Prescribed Track*).

La trajectoire de manoeuvre à vue imposée comprend obligatoirement une partie pour la remise des gaz. [3]

1.4.2.1 Types de trajectoires :

Différents types de trajectoires sont possibles. Il est possible d'établir un cheminement distinct pour chaque catégorie d'aéronefs, mais par souci de simplification et de clarté, il est recommandé de retenir la même trajectoire pour toutes les catégories. [3]

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

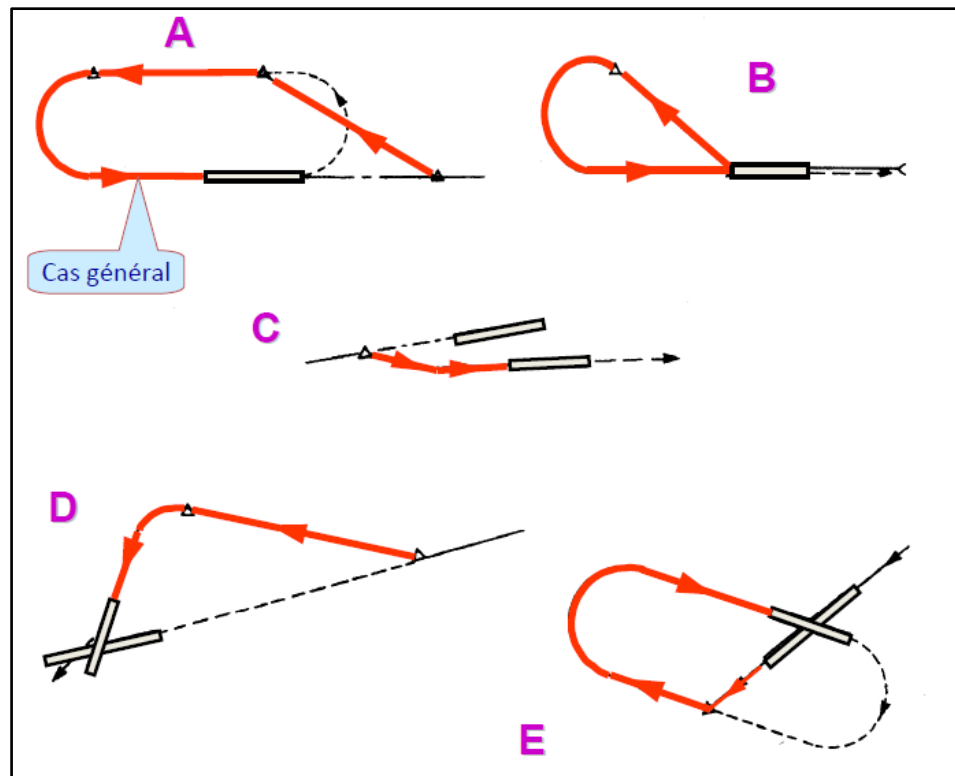


Figure 1-34 : Types de trajectoires d'une MVI [3]

1.4.2.2 Aires de protection :

- L'aire de protection VPT doit être incluse dans l'aire MVL qui doit être agrandie si nécessaire.
- Elle est basée sur un couloir de largeur constante centré sur la trajectoire nominale. [3]

Tableau 1-7 : Demi largeur du couloir pour une MVI[3]

Catégories	A	B	C	D	E
Demi-largeur Du couloir -L- (m)	1400	1500	1800	2100	2600

Chapitre 1 : Généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments

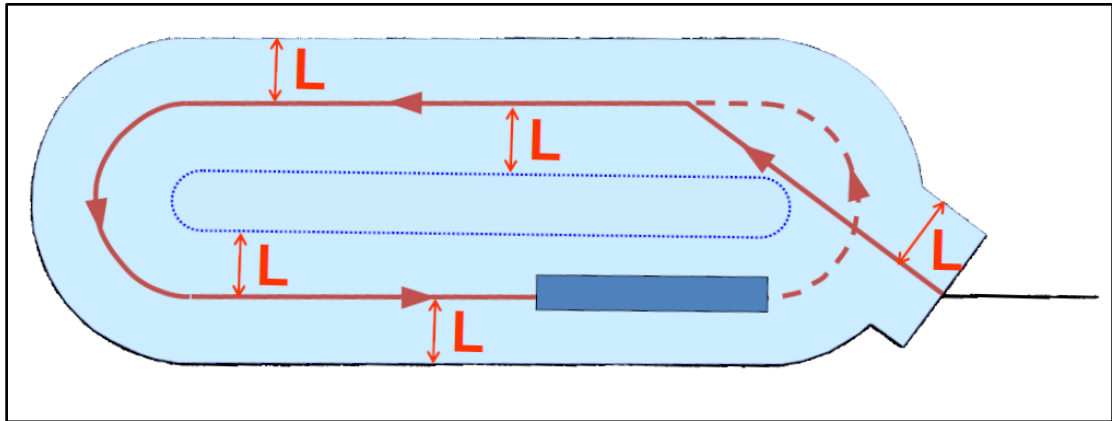


Figure 1-35 : Aire de protection d'une MVI [3]

1.5. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à l'étude des principes fondamentaux de la conception des procédures d'approche aux instruments, étape indispensable en amont du développement des procédures spécifiques à l'aérodrome d'Illizi, qui seront décrites en détail au chapitre 3.

CHAPITRE 2

2 Étude de l'existant :

2.1 Introduction :

Ce chapitre se consacre à une analyse complète de l'aérodrome de Bou Saada , incluant la collecte des données aéronautiques relatives à son espace aérien, aux obstacles naturels et artificiels, ainsi qu'aux infrastructures de radionavigation disponibles.

2.2 Généralité sur l'aérodrome de Bou Saâda :

L'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis", est un aérodrome national mixte (civil/militaire) situé à environ de 60 km du centre-ville de M'sila et à 15 Km au nord de la ville de Bou Saâda. Sa position se trouve aux portes du grand sud, à proximité de trois wilayas, à savoir Djelfa, M'Sila et Bouira

L'aéroport a été inauguré le 22 février 1984 et a connu plusieurs configurations et développements, dont le dernier en date est le projet d'une nouvelle piste principale orientée 15/33.

Sa superficie est de 86 hectares, il est en mesure d'accueillir 50.000 passagers par an. Il est classé 4D selon l'OACI et comporte deux pistes croisées 22/04 et 15/33. de nature souple, un parking avions ainsi qu'un taxiway

Sa superstructure est constituée d'une aérogare de 370m², d'une tour de contrôle, d'un bloc technique, d'une station météo, d'un bloc SSIS, d'un salon d'honneur et d'un dépôt carburant ainsi qu'un parking autos d'une capacité de 86 places. Il a été réalisé également une nouvelle base aérienne de 500 ha.

Pour l'heure, l'aéroport de Bou Saâda est exploité par des vols spéciaux, des vols militaires ainsi que des vols d'essai hélicoptère.

L'aéroport de Bou Saâda "Ain Eddis" a connu d'autres réaménagements en 2009 qui ont porté sur la réalisation d'un parking avions de 1.200m x 220m avec deux bretelles, sur le renforcement de la piste qui s'étale sur 3.000 m X 45m ainsi que sur la déviation d'un oued. [7]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada



Figure 2-1 : Photo de l'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis"

2.2.1 Situation géographique de Bou Saâda

Par rapport au territoire national:

L'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis" situé au Nord du l'Algérie. Située au sud-ouest du Hodna dans les Hauts Plateaux et distante d' Alger de 250 km par les gorges de Lakhdaria et de 237 km par les monts de Tablat. [7]



Figure 2-3 : Emplacement de l'aerodrome de Bou Saada [9]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

Par rapport à la Ville de M'sila et Bou Saâda :

L'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis" situé à environ 60 km du centre-ville de M'sila et à 15 Km au nord de la ville de Bou Saâda. Il est niché dans une région montagneuse, ce qui implique que des restrictions concernant les pentes pour les décollages et les atterrissages doivent être appliquées afin de garantir la sécurité . [6]

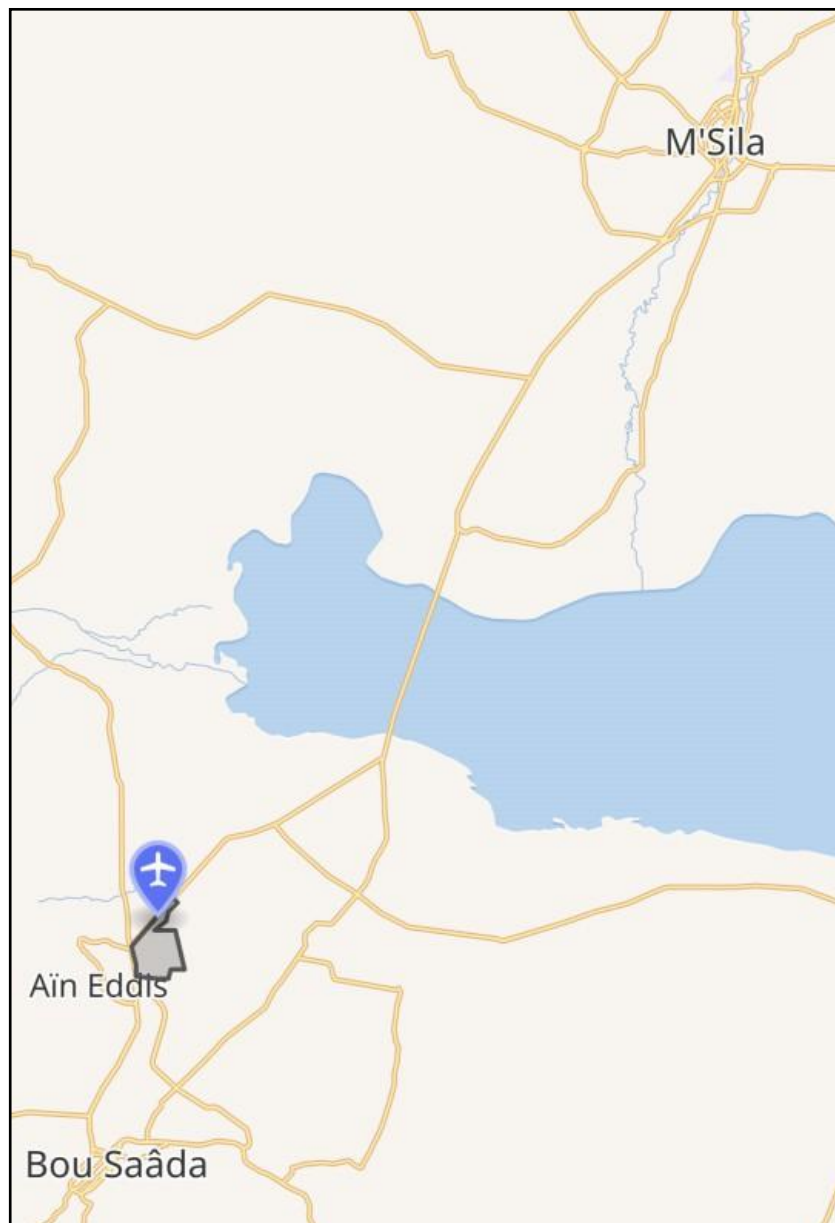


Figure 2-4 : Emplacement de l'aerodrome de Bou Saada [8]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

2.3 Infrastructure liée à l'aérodrome de Bou Saâda :

2.3.1 Les pistes

L'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis" est construit en dur ; en général le revêtement est en bitume ou composé de plaques de béton. Elles sont bordées de balises lumineuses pour être facilement repérables de nuit, ou lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises (pluie, brouillard),

La plupart des pistes servent à la fois à l'atterrissage et au décollage. Ceci suppose une organisation et une synchronisation sans faille des mouvements d'avions. L'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis" dispose de deux pistes croisées, une pist principale (15/33) et l'autre secondaire (04/22) :



Figure 2-5 : Les pistes de l'aerodrome de Bou Saada [8]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

Piste principale (15/33) :

- Dimension : 3000m x 45m.
- Dimensions de la bande : 3120m x 280m .
- Le premier seuil de la piste est dirigé à 144° et il est marqué 15 ce qui fait que le deuxième seuil est dirigé à 324° et il est marqué 33.
- Structure souple d'une longueur totale de 3000 m et une largeur de 45 m dotée de bouts bétonnés de 300 m de longueur de part et d'autre des seuils 15 et 33.
- Prolongée avec deux (02) P.O.R en structure souple de dimensions (60m x 45m).
- La piste principale est dotée par des accotements en structure souple d'une largeur de 7.50 m de part et d'autre de la chaussée.
- Taxiway N°01: en structure souple de dimensions (3280,62m x 25) doté par des accotements d'une largeur de 9.50 m de part et d'autre de la chaussée. Il assure la liaison avec la piste principale, la piste secondaire, le taxiway N°02, la bretelle N°01 et la sortie à grande vitesse. [6]

Piste secondaire (04/22) :

- Dimension : 2200m x 30m.
- Résistance (PCN) et revêtement de la piste : 300 F/B/W/T Béton bitumineux.
- Dimensions de la bande : 2520m x 280m.
- Le premier seuil de la piste est dirigé à 042° et il est marqué 04, donc le deuxième est dirigé à 222° et il est marqué 22.
- La piste possède une raquette du côté de seuil 31 afin que l'aéronef puisse faire un demi-tour lors du décollage depuis la 31 en raison d'absence de l'entrée d'une voie de circulation. [7]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

2.3.2 Les voies de circulation :

Les voies de circulation de l'aérodrome de Bou Saâda ont une largeur de 15 mètres et sont revêtues de béton bitumineux (PCN= 8 T/SIWL), ce qui garantit la résistance nécessaire pour le déplacement des aéronefs utilisant la piste principale. Le marquage des pistes et des voies de circulation comprend les marques de seuils, les marques axiales de piste, les marques de distances constantes, les marques d'identification de QFU, les marques de bord de piste, ainsi que les marques axiales des voies de circulation. [5]

2.3.3 Le parking avions :

Le parking contient neuf postes de stationnement séparés, chacun étant délimité par des traits jaunes, et comprenait également une aire d'atterrissage pour hélicoptères. [5]

2.4 Les instruments de radionavigation :

Les aides à la radionavigation situées sur l'aérodrome et dans les environs de l'aérodrome de Bou Saâda, utilisées pour guider les avions lors du décollage et de l'atterrissage et aussi lors du survol qui sont répertoriées dans le tableau ci-dessous : [5]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

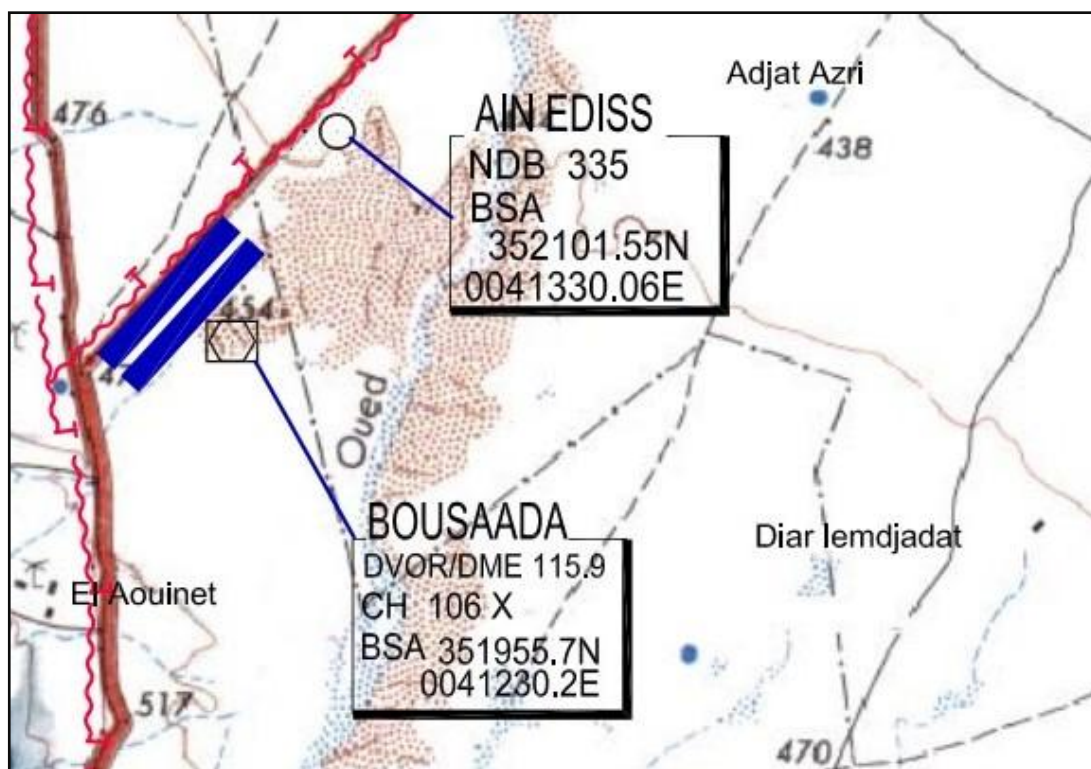


Figure 2-6 : Emplacement des instruments de radionavigation [5]

Tableau 2-1 : Les aides de radionavigation et d'atterrissage [5]

DAAD AD 2.19 RADIO NAVIGATION AND LANDING AIDS						
Type of aid, MAG VAR, Type of supported OPS (for VOR/ILS/MLS, give declination)	ID	Frequency	Hours of operation	Position of transmitting antenna coordinates	Elevation of DME Transmitting antenna	Remarks
1	2	3	4	5	6	7
DVOR/DME (1°E 2017)	BSA	115.9 Mhz (CH 106X)	H 24	351955.7N 0041230.2E	NIL	NIL
NDB	BSA	335 KHZ	H 24	352101.55N 0041330.06E	NIL	QDR 042°/1511M from THR22.

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

2.5 Installation de télécommunications des services de la circulation aérienne :

Tableau 2-2 : Les installations de télécommunication [5]

DAAD AD 2.18 ATS COMMUNICATION FACILITIES				
<i>Service designation</i>	<i>Call sign</i>	<i>Channel</i>	<i>Hours of operation</i>	<i>Remarks</i>
1	2	3	4	5
TWR	BOU SAADA TOWER	118.1-119.7 (a) Mhz	0700/1600	NIL

2.6 Les obstacles autour de l'aérodrome :

Dans l'étude deux types d'obstacles sont pris en considération :

➤ Obstacles naturels :

Les altitudes des obstacles massifs (relief naturel) sont retirées directement sur des cartes topographiques : 1/200 000 et 1/50 000

➤ Obstacles artificiels :

Antennes et pylônes :

Les différents obstacles minces et filiformes sur les aires d'approche et de décollage, et l'aire de manœuvre à vue L'aérodrome de Bou Saâda "Ain Eddis" sont résumés aux tableaux : [5]

Tableau 2-3 : Les obstacles d'aerodrome concernant l'aire d'approche et de décollage [5]

DAAD AD 2.10 AERODROME OBSTACLES					
<i>Approach and take-off areas</i>					
<i>OBST ID/ Designation</i>	<i>OBST type</i>	<i>OBST position</i>	<i>ELEV / HGT</i>	<i>Markings / Type, color</i>	<i>Remarks</i>
a	b	c	d	e	f
DAADOB0001	Mosque	351810.34N0041012.34E	580/23M	LGTD	
DAADOB0002	Building	351752.44N0041002.72E	570/15M	NIL	
DAADOB0003	Electric line HT	351912.51N0041123.27E	485/12M	Marked	
DAADOB0004	Antenna	351907.21N0041126.09E	490/15M	Marked and LGTD	
DAADOB0005	A corral	351907.36N0041123.04E	473.5/2.5M	NIL	
DAADOB0006	Mosque	352101.71N0041325.00E	470/19 M	LGTD	
DAADOB0007	NDB Antenna	352101.55N0041330.06E	460/15M	NIL	
DAADOB0008	A corral	352029.60N0041252.61E	452.5/2.5M	NIL	

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

Tableau 2-4 : Les obstacles d'aérodrome concernant l'aire de manoeuvre à vue et aerodrome [5]

Circling area and at aerodrome					
OBST ID/ Designation	OBST type	OBST position	ELEV / HGT	Markings / Type, color	Remarks
DAADOB0009	Mosque	351913.99N0041005.60E	545/23M	LGTD	
DAADOB0010	Building	351906.40N0040934.25E	577/15M	NIL	
DAADOB0011	TELECOM pylon	351748.57N0041139.00E	591/65M	Marked and LGTD	
DAADOB0012	Pylon	352108.66N0041127.11E	511/40M	Marked	
DAADOB0013	Electric line MT	352029.21N0041247.12E	465/12M	Marked	
DAADOB0014	Sentry box 1	351933.64N0041151.19E	485.5/5.5M	NIL	
DAADOB0015	Sentry box 2	351942.22N0041200.63E	475.5/5.5M	NIL	
DAADOB0016	Mirador	351923.07N0041205.16E	487.05/15.05M	NIL	
DAADOB0017	Hangar	351921.24N0041208.52E	484.2/15.2M	NIL	
DAADOB0018	Building	351842.61N0041209.32E	493.36/17.36M	NIL	
DAADOB0019	Crane	351842.78N0041211.08E	516/30M	Marked and LGTD	
DAADOB0020	pylon PRGKS	351940.74N0041218.00E	480/24M	Marked and LGTD	
DAADOB0021	pylon PRGKS	351942.42N0041219.98E	480/24M	Marked and LGTD	
DAADOB0022	pylon PRGKS	351943.98N0041221.29E	480/24M	Marked and LGTD	
DAADOB0023	Telecom Antenna	351943N 0041223E	455/15M	Marked	

2.7 Les zones à statut particulier :

L'espace aérien à statut particulier se compose de quatre zones dangereuses et une zone interdite aux alentours de l'aérodrome de Bou Saâda , Ces zones sont mentionnées en rouge dans la partie de la carte de croisière suivante : [5]

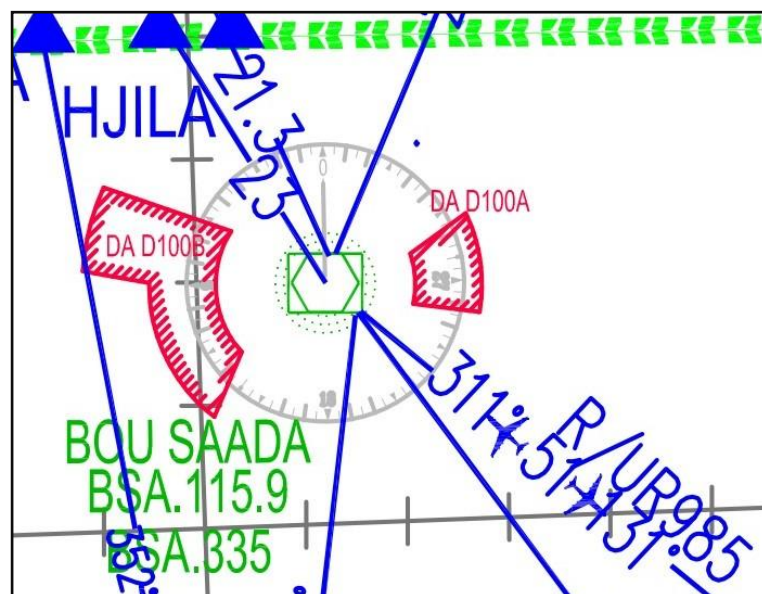


Figure 2-7 : Les zones à statut particulier [5]

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

➤ Les zones dangereuses: (aip)

Tableau 2-5 : Les zones dangereuse [5]

Zone		Activation	Limites latéraux	Limites supérieures/ Limites inférieures
BOUSAADA (ZONE EST)	DA – D100 A	H24	Two arcs of a circle radius 15 km and 25 km centred on point 351953.00N 0041216.00E, limited by line segments A - B and C - D A: 352233.57N 0042136.99E B: 352420.20N 0042751.31E C: 351749.22N 0042834.32E D: 351839.00N 0042203.10E	FL 165 / GND
BOU SAÂDA (ZONE OUEST)	DA – D100 B	H24	Arc of a circle radius 15km centred on point 351953.00N 0041216.00E, limited by the line segment A - B; -Arc of a circle radius 25km centred on point 351953.00N 0041216.00E starting in B ending in C, then a line segment C-D -Arc of a circle radius 35 KM Centred on point 351953.00N 0041216.00E starting in D and bounded by the line segment E - F : A: 351343.70N 0040549.11E B: 350937.30N 0040131.73E C: 352001.74N 0035545.87E D: 352004.60N 0034909.78E E: 352803.80N 0035124.74E F: 352323.78N 0040320.27E	FL 165 / GND

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome de Bou Saada

2.8 Les procédures d'approches aux instrument existantes :

Actuellement, l'aérodrome de Bou Saâda dispose de deux procédures d'approches aux instruments pour les catégories A/B/C : [5]

- DVOR/DME RWY 22 (cat A/B)
- DVOR/DME RWY 22 (cat C)
- NDB RWY 22 (cat A/B)

2.9 Les circuits d'attente existants :

➤ Vertical VOR/DME pour le seuil 22 : [5]

- L'orientation du circuit est : 066°/246°
- Le temps d'éloignement : 1 minute.
- Altitude minimale : 1560 m

2.10 Conclusion :

L'examen détaillé de l'état actuel de l'aérodrome de Bou Saâda, et plus particulièrement de la nouvelle piste, actuellement en cours de travaux et non encore mise en service, a mis en lumière la nécessité de relocaliser le VOR/DME afin d'assurer son utilisation optimale . Cette démarche s'accompagne de l'élaboration de nouvelles procédures d'approche aux instruments pour les deux QFU, ainsi que de la révision de la procédure existante pour le seuil 22.

CHAPITRE 3

3 CONCEPTIONS DES PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME RWY15 RWY22 et RWY33 :

3.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'élaboration, à la fois manuelle et automatisée, des procédures d'approche aux instruments VOR/DME pour les QFU 15, 22 et 33. Cette conception s'appuie sur les normes et recommandations précisées dans le document OACI 8168 "Procédures pour les services de navigation aérienne - Exploitation technique des aéronefs", volume II, relatif à l'établissement des trajectoires de vol à vue et aux instruments.

3.2. Choix de site VOR BSA :

Dans cette partie, nous allons voir les différentes variantes pour le meilleur emplacement (utilisable pour les deux pistes) du VOR/DME BSA.

3.2.1. Etude des Variantes proposées :

Selon l'étude mener par la direction de la sécurité aéronautique de l'aérodrome de Bou saada, les critères retenus pour le choix de l'emplacement du VOR/DME BSA sont :

- Les servitudes aéronautiques de dégagement.
- Les critères de conception des procédures d'approche aux instruments.
- Les servitudes radioélectriques
- La disponibilité de l'énergie électrique.
- L'aspect sécuritaire (gardinage).

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Variante 1 :

- Description du site : Le site proposé se situe dans le prolongement de l'axe de la nouvelle piste 15/33, à une distance de 310m mètres en aval du seuil 15.
- Distance par rapport la piste 15/33 est 310 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 700M
- Ses coordonnées géographiques 35°20'34"N 004°12'23"E
- Les avantages liés à cette position :



Figure 3-1 : Variante 01 du VOR BSA

Cette variante ne présente aucune contrainte vis-à-vis des servitudes aéronautiques et radioélectriques. Elle permettra de servir la piste principale 15/33 par des procédures d'approche dans l'axe. Ce site se trouve à l'intérieur de l'enceinte aéroportuaire.

• Les inconvénients liés à cette position :

Le site ne répond pas aux critères d'approche directe (OACI) pour l'exploitation de la piste secondaire 04/22 par des procédures d'approche aux instruments non dans l'axe, ce qui limitera l'exploitation de cette piste à des conditions de vol à vue.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Variante 2 :

- Description du site : Le site proposé se situe au nord de la piste secondaire 04/22, à une distance de 164 mètres perpendiculairement par rapport à l'axe de piste 04/22, à 183 mètres dans l'axe par rapport au seuil 22, et à 222 mètres dans l'axe par rapport au seuil 15.
- Distance par rapport la piste 15/33 est 170 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 164 M
- Ses coordonnées géographiques 35°20'23"N 004°12'40"E

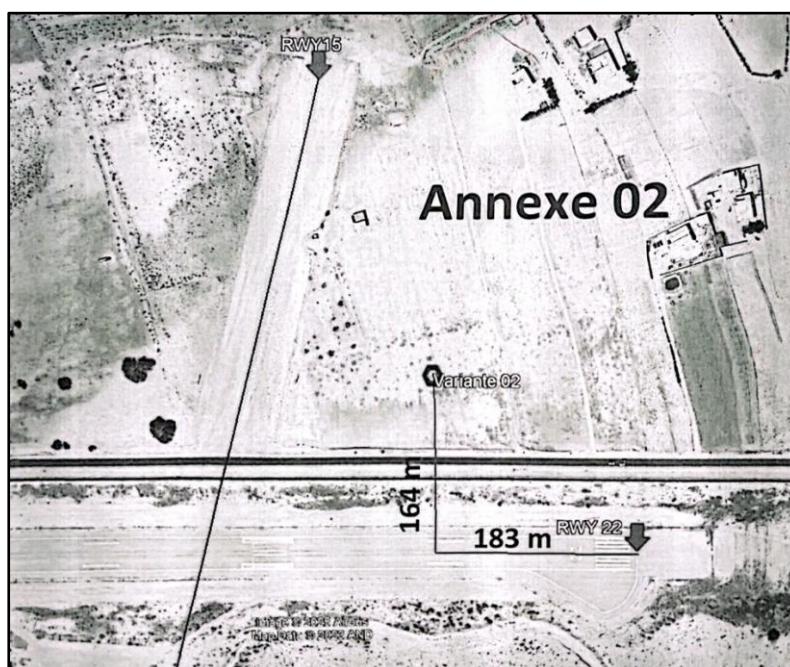


Figure 3-2 : Variante 02 du VOR BSA

• Les avantages liés à cette position :

Cette variante ne présente aucune contrainte vis-à-vis des servitudes aéronautiques et électriques de dégagement. Le site répond aux critères d'approche directe (OACI) pour l'exploitation des deux pistes 04/22 et 15/33 par des procédures d'approche aux instruments non dans l'axe. Ce site se trouve à l'intérieur de l'enceinte aéroportuaire (gardiennage assuré).

• Les inconvénients liés à cette position :

Elle ne permettra pas de servir les pistes par des procédures d'approches aux instruments dans l'axe.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Variante 3 :

- Description du site : Le site proposé se situe au sud de la piste secondaire 04/22, à une distance de 167 mètres perpendiculairement par rapport à l'axe de piste 04/22 , à 254 mètres dans l'axe par rapport au seuil 22, et à 560 mètres dans l'axe par rapport au seuil 15
- Distance par rapport la piste 15/33 est 173 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 167 M
- Ses coordonnées géographiques 35°20'14"N 004°12'48"E

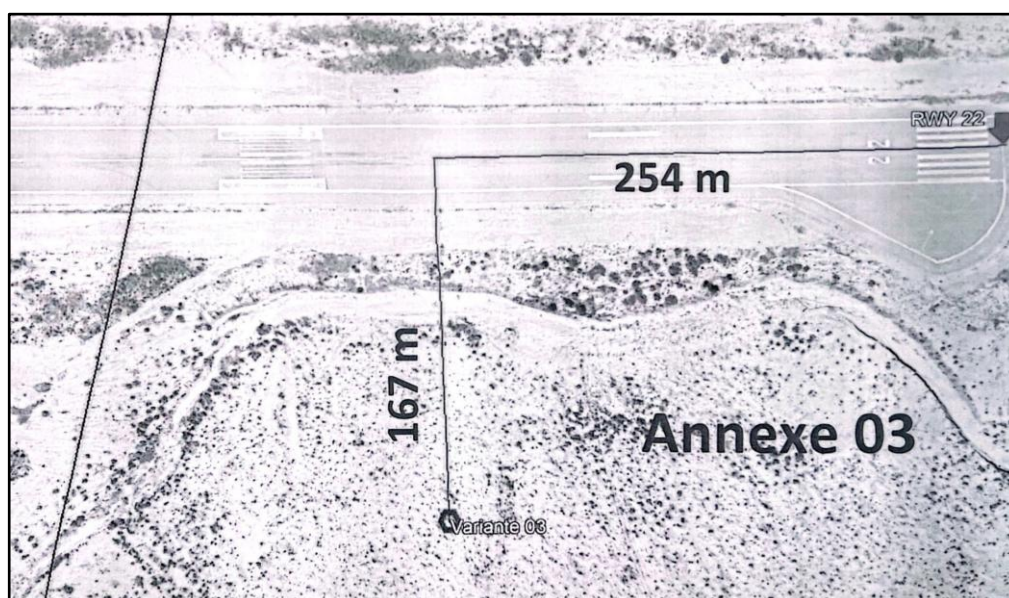


Figure 3-3 : Variante 03 du VOR BSA

• Les avantages liés à cette position :

Cette variante ne présente aucune contrainte vis-à-vis des servitudes aéronautiques et électriques de dégagement. Le site répond également aux critères d'approche directe (OACI) pour l'exploitation des deux pistes 04/22 et 15/33 par des procédures d'approche aux instruments non dans l'axe. Ce site se trouve à l'intérieur de l'enceinte aéroportuaire (gardiennage assuré).

• Les inconvénients liés à cette position :

Elle ne permettra pas de servir les pistes par des procédures d'approche aux instruments dans l'axe, et la distance par rapport au seuil 15 est de 560m .

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Le choix retenu :

Les variantes 2 et 3 sont toutes deux exploitables, mais la variante 2 offre une meilleure performance opérationnelle. En effet, la distance de l'installation par rapport aux seuils 15 et 22 est plus courte qu'avec la variante 3, ce qui permet d'améliorer la précision de l'approche pour les deux QFU.

Donc la variante 2 est le nouveau emplacement du VOR/DME BSA, ses coordonnées géographiques : 35°20'23"N 004°12'40"E

3.3. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 22 :

3.3.1. L'Arrivée :

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

La sectorisation des MSA :

Pour déterminer l'altitude minimale de secteur, selon la méthode des quadrants du compas, il faut :

- Tracer un cercle de rayon (25 +5) NM depuis l'installation du moyen radionavigation VOR/DME BSA.
- Diviser le cercle en quatre secteurs :
 - NORD/EST (QDM 180 – QDM270)
 - EST/SUD (QDM 270 – QDM 360)
 - SUD /OUEST (QDM 360 – QDM 90)
 - OUEST/NORD (QDM90 – QDM 180)
- Localiser l'obstacle le plus élevé dans chaque secteur.
- Ajouter une marge de franchissement d'obstacle MFO qui convient
- ALT obs.< à 900 m ; MFO = 300 m.
- 900m < ALT obs< 1500m; MFO = 450 m.
- ALTobs. >1500 m ; MFO = 600 m.
- Comparer les MSA des secteurs adjacents
- Détermination de nombre de secteur avec ses altitudes.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Calculs des altitudes minimales :

- Secteur 1 NORD/EST : (QDM180° - QDM270°) : $898 + 300 = 1198$ m arrondie 1200 m (3937ft)
- Secteur 2 SUD/EST : (QDM270° - QDM360°) : $1675 + 600 = 2275$ m arrondie 2300m (7546ft)
- Secteur 3 SUD/OUEST : (QDM360° - QDM 090°) : $1675 + 600 = 2275$ m arrondie 2300 m (7546ft)
- Secteur 4 NORD/ OUEST : (QDM090° - QDM180°) : $1256 + 450 = 1706$ m arrondie 1750 m (5742ft)

Analyse :

Pour chaque deux secteurs adjacents, on vérifie la condition suivante : (MSA1 - MSA2) < 100m ,si cette condition est remplie, alors les deux secteurs doivent être fusionnés.

- Secteur 1/Secteur 2 : $2300 - 1200 > 100\text{m} \Rightarrow$ deux secteurs indépendants
- Secteur 2/Secteur 3 : $2300 - 2300 < 100\text{m} \Rightarrow$ un seul secteur
- Secteur 3/Secteur 4 : $2300 - 1750 > 100\text{m} \Rightarrow$ deux secteurs indépendants
- Secteur 4/Secteur 1 : $1750 - 1200 > 100\text{m} \Rightarrow$ deux secteurs indépendants

Remarque : L'Altitude Minimum de chaque Secteur doit être arrondie à 50 m.

Commentaires :

D'après les résultats précédents, il y a trois secteurs distincts :

- Secteur 1 (QDM360° - QDM90°) $\Rightarrow$ MSA1 = 1200m (3937ft)
- Secteur 2 (QDM090° - QDM270°) $\Rightarrow$ MSA2 = 2300m (7546ft)
- Secteur 3 (QDM270° - QDM360°) $\Rightarrow$ MSA2 = 1750m (5742ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

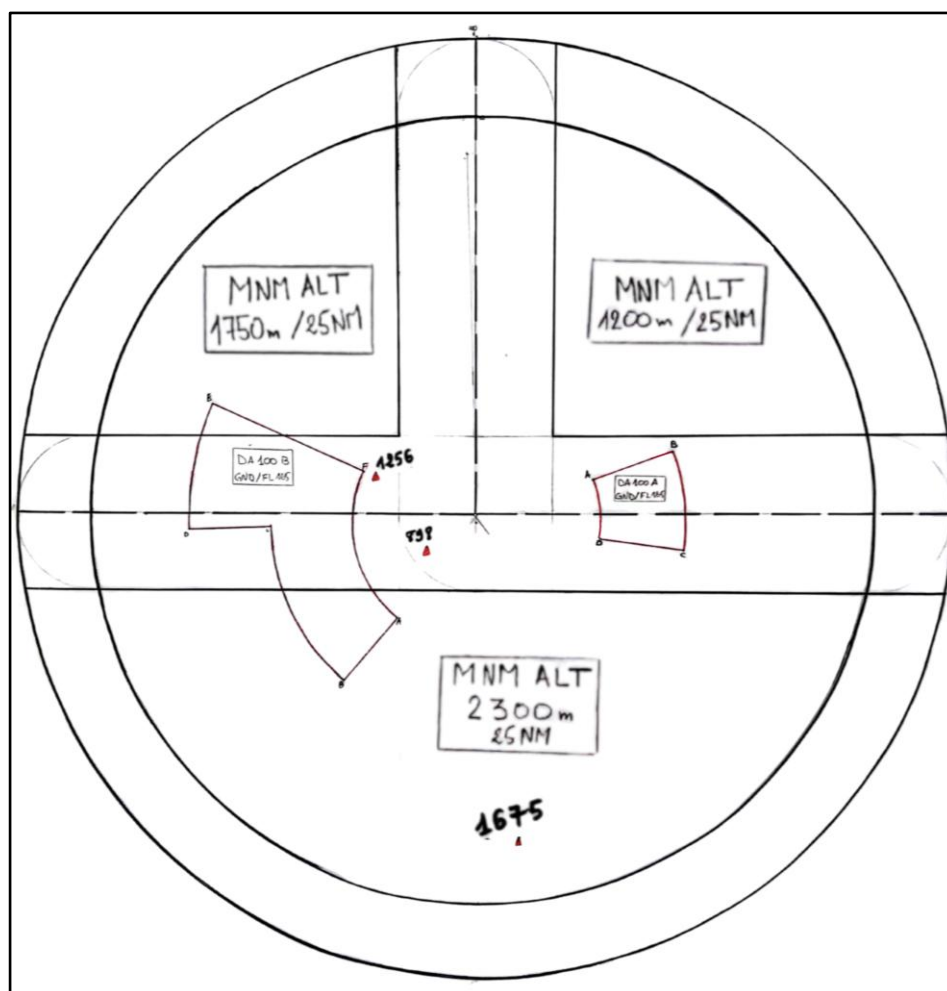


Figure 3-4 : Secteurs MSA

3.3.2. L'Attente :

3.3.2.1 Choix d'emplacement de la nouvelle attente :

Pour justifier notre choix d'emplacement de cette attente, nous nous sommes appuyés sur des critères essentiels pour la création d'une attente, notamment l'arrivée du flux du trafic aérien, l'orientation de l'atterrissage et l'évitement des zones à statuts particuliers.

Après l'étude de l'emplacement de l'attente, il a été conclu que le positionnement de cette attente soit au NORD du terrain à la limite avec la zone dangereuse DA 100A ,età l'intersection de la radial 223° et la distance de 17 NM VOR/DME BSA , Le temps d'éloignement a été fixé à 1 minute, avec une altitude spécifique de 10000 FT (3048 m).

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Construction de procédure d'attente point fixe :

La construction des aires de protection de l'attente se fait en deux étapes :

- la première étape consiste à créer un gabarit,
- la deuxième étape est de tracer l'aire de base ainsi que les aires d'entrées de l'attente VOR/DME BSA.
- la troisième étape est de tracer Zones tampons Cat C.

➤ Etape1 : Construction de gabarit de l'attente Cat C :

Calcul ISA :

- En montant chaque 1000 ft, la température diminue de 2° Altitude à l'Aérodrome est de 461 m (1513ft)

1000 ft → 2°C

1800 ft → T?

- La température correspond à 1513 ft : $T = (1513 \times 2) / 1000$; $T = 3^\circ\text{C}$;
- Température aérodrome : $T(\text{AD}) = (14,6 + 35,7) / 2 = 25,15^\circ\text{C}$;
- La température au niveau moyen de la mer (MSL) égale à 15°C ;
- La variation de la températures VAR : $\text{VAR} = 25,15^\circ - (15 - 3) = 13,15^\circ\text{C}$ arrondie 15°C ;
- La température de référence utilisée : ISA+15.

- **Les paramètres du circuit de l'attente Cat C :**

Tableau 3-1 : les paramètre d'attente Cat C

Vi (Kt)	230
Altitude (Ft)	10000
Temp (min)	1
Temperature VAR (°C)	15
Catégorie aéronefs	C

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Le tableau suivant indique les calculs liés à la construction de gabarit de l'attente :

Tableau 3-2 : calcul du gabarit Cat C

K	1,2167		
$V=K * V_i (Kt)$	206,837		
$v=V/3600$	0,057		
$R=509,26/V$	2,462		
$r=V/(62,83 * R)$	1,337	1,238	1/200000
$h=Altitude/1000$	10		
$w=2*h+47$	67		
$w'=w/3600$	0,019		
$E45 = 45w'/R$	0,340	0,315	
$t=60 * T$	60		
$L= v * t$	3,447	3,192	
$ab=5 v$	0,287	0,266	
$ac=11 v$	0,632	0,585	
$Gi1=Gi3 =(t-5) * v$	3,160	2,926	
$Gi2=Gi4 =(t+21) * v$	4,654	4,309	
$Wb=5 w'$	0,093	0,086	
$Wc=11 w'$	0,205	0,190	
$Wd=Wc+E45$	0,545	0,505	
$We=Wc+2 E45$	0,885	0,820	
$Wf=Wc+3 E45$	1,225	1,135	
$Wg=Wc+4E45$	1,565	1,449	
$Wh=Wb+4E45$	1,454	1,346	
$Wo=Wb+5E45$	1,794	1,661	
$Wp=Wb+6E45$	2,134	1,976	
$Wi1=Wi3=(t+6)*w'+4E45$	2,589	2,397	
$Wi2=Wi4=Wi1+14w'$	2,849	2,639	
$Wj=Wi2+E45$	3,190	2,954	
$Wk=Wi2+2E45$	3,530	3,269	
$Wm=Wi2+3E45$	3,870	3,584	
$Wn3=Wi1+4E45$	3,950	3,657	
$Wn4=Wi2+4E45$	4,210	3,899	
$Xe=2r+(t+15) * v + (t+26+195/R) * w'$	10,058	9,314	
$Ye=11 v * Cos20+r *$			
$(1+Sin20)+(t+15) v *$	5,311	4,918	
$Tg5+(t+26+125/R)* w'$			

**Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments
VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33**

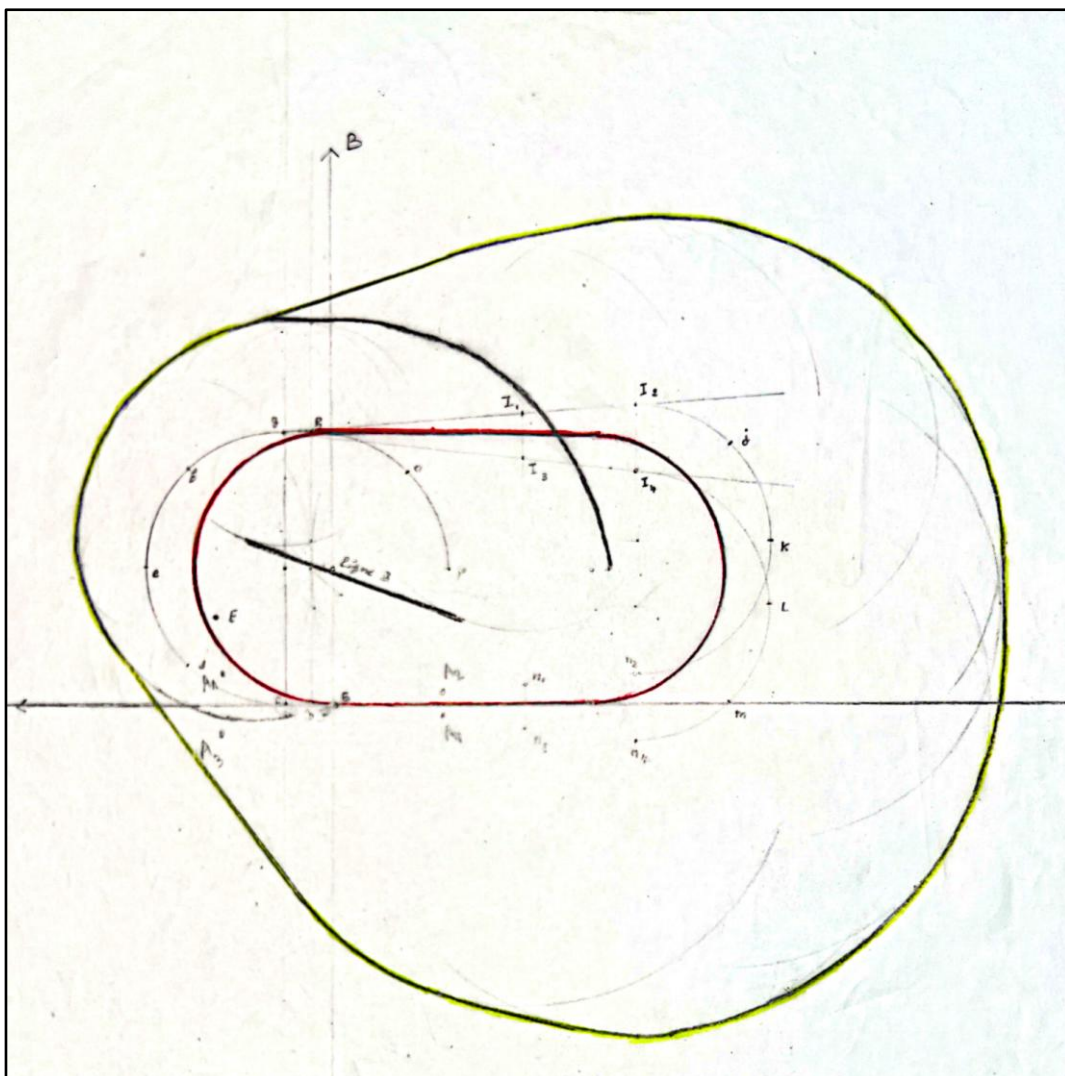


Figure 3-5 : Gabarit de circuit d'attente pour Cat C

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Étape 2 : Construction de l'aire de base et des aires d'entrées Cat C :

L'aire de base et les aires d'entrées ont été conçues à la base des calculs suivants :

Tableau 3-3 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée
correspondante au circuit d'attente CAT C

Paramètres et formules	Signification	Valeur (NM)	Valeur sur dessin (cm) échelle 1/200 000
DS	Distance horizontale	17	15.74
ds	Distance en éloignement	4.584	4.24
$D = \sqrt{(DS^2 + 0,027 h^2)}$	Distance oblique	17.08	15.82
$DL = \sqrt{((Ds + ds)^2 + 4 r^2 + 0,027 h^2)}$	Distance limite d'éloignement	22	20.37
$DL_s = \sqrt{(DL^2 - 0,027 h^2)}$	Distance limite horizontale d'éloignement	21.94	20.32
$d_1 = 0,25 + 0,0125 D$	Tolérance DME correspondant à D	0.4635	0.43
$d_2 = 0,25 + 0,0125 DL$	Tolérance DME correspondant à DL	0.525	0.49
$D_1 = Ds + d_1$		17.4635	16.17
$D_2 = Ds - d_1$		16.5365	15.31
$DL_1 = DL_s + d_2$		22.465	20.8
$DL_2 = DL_s - d_2$		21.415	19.83

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

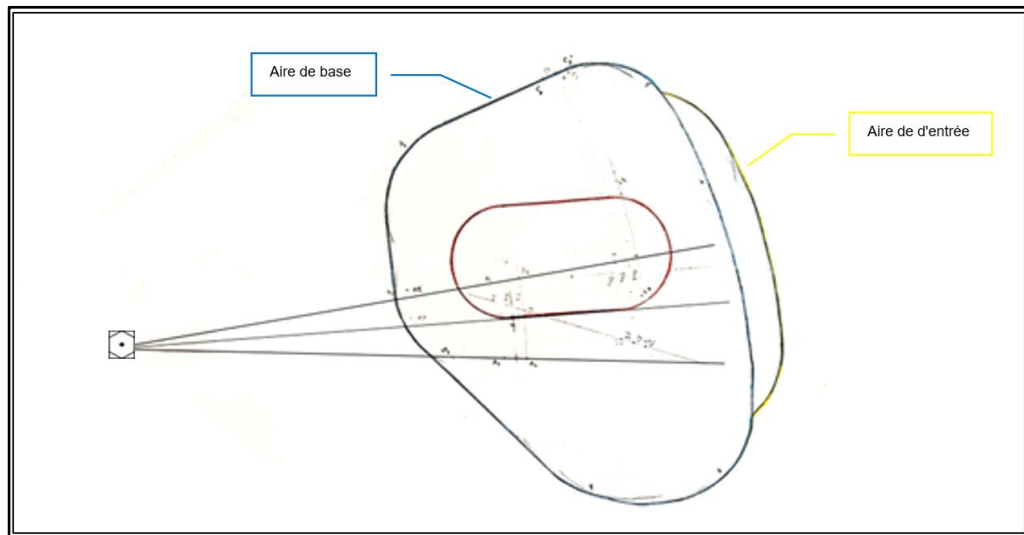


Figure 3-6 : Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat C

➤ Étape 3 : Zones tampons Cat C :

Une séparation de 1 NM est obligatoire entre chaque zone tampon.

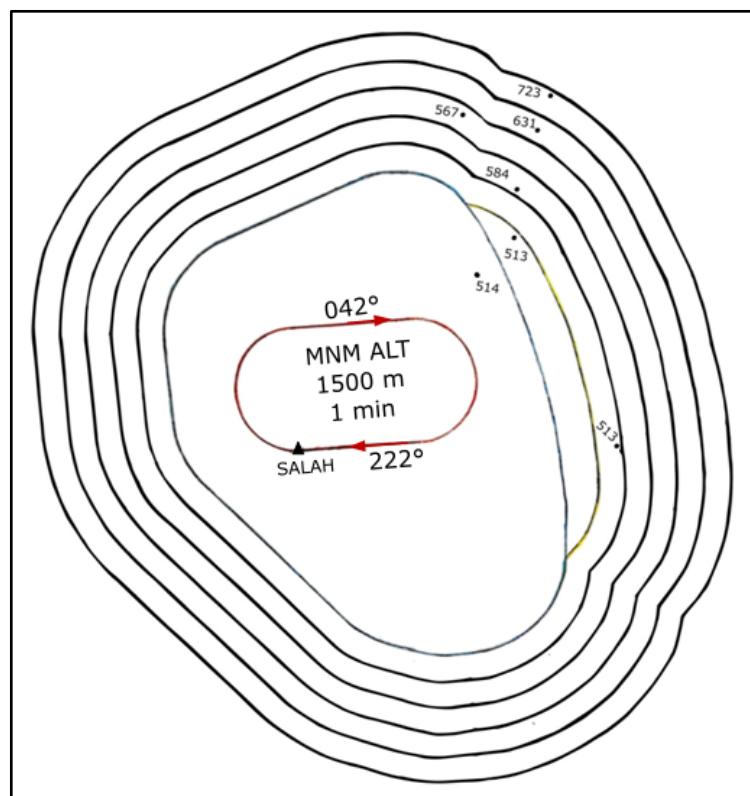


Figure 3-7 : Aires de protection de circuit d'attente Cat C

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

L'Altitude minimal de l'attente Cat C :

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : $ALT\ 1 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 514 + 300 = 814\ m\ arrondie\ 850m\ (2789ft)$
- Aire d'entrée : $ALT\ 2 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 513 + 300 = 813\ m\ arrondie\ 850m\ (2789ft)$
- Zone tampon 1 : $ALT\ 3 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 471 + 300 = 771m\ arrondie\ 800m\ (2625ft)$
- Zone tampon 2 : $ALT\ 4 = ALT\ obs.\ pénalisant + 50\% MFO$
 $= 584 + 150 = 734m\ arrondie\ 750m\ (2461ft)$
- Zone tampon 3 : $ALT\ 5 = ALT\ obs.\ pénalisant + 40\% MFO$
 $= 567 + 120 = 687m\ arrondie\ 700m\ (2297ft)$
- Zone tampon 4 : $ALT\ 6 = ALT\ obs.\ pénalisant + 30\% MFO$
 $= 631 + 90 = 721\ m\ arrondie\ 750m\ (2461ft)$
- Zone tampon 5 : $ALT\ 7 = ALT\ obs.\ pénalisant + 20\% MFO$
 $= 723 + 60 = 783m\ arrondie\ 800m\ (2625ft)$. D'où :
 - $ALT\ minimal\ de\ l'attente = \max (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6, ALT7)$
 $= \max (850, 850, 800, 750, 700, 750, 800) = 850m\ (2789ft)$

Nombre des niveaux d'attente Cat C :

À partir des paramètres suivants :

- Altitude maximale d'attente : 10000 ft (3048m)
- Altitude minimale d'attente : 2789 ft (850m), arrondie à L'altitude de sécurité 1500m (4921ft) FL50
- Altitude de transition : 1560 m , cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)
- On déduit le nombre de niveaux d'attente de la manière suivante :

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Nombre des niveaux = $(Z_p \text{ max} - Z_p \text{ min}) / 1000$

Nombre des niveaux = $(10000 - 5000) / 1000 = 5$

Donc, nous avons cinq niveaux d'attente classés comme suit, du plus bas au plus haut : FL50, FL60, FL70, FL80, FL90.

3.3.3. Les scénarios développés :

$\text{Pente} = \text{Hauteur} / \text{Distance}$

Sur la base de cette relation, nous allons d'abord étudier le profil de la procédure d'approche aux instruments afin de proposer les longueurs et les pentes de chaque segment. Étant donné que le segment final est le plus crucial, nous commencerons par définir sa longueur et sa pente optimale.

➤ **Le scénario :**

○ Proposition du segment final :

- Longueur du segment : 5 NM (Optimum) avec une pente 5,24 % (3°)

- Distances (FAF–THR) = 6 NM

→ D'après ces paramètres nous avons calculé l'Altitude de repère FAF :

$$\text{Hauteur} = \text{pente} \times \text{distance} = 5,24 \% \times (6 \times 1852) = 582,36 \text{ m}$$

On a : Altitude = hauteur + altitude seuil

$$= 582,36 + 447 = 1029,36 \text{ m}$$

○ Proposition du segment intermédiaire :

- Longueur du segment : 4.9 NM

- pente du segment 0 %

→ D'après ces paramètres on a : Altitude (IF) = 1029,36

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- Proposition du segment initial IAF :

- Longueur du segment : 6 NM

- l'Altitude de repère IAF : 1500 m

→ D'après ces paramètres on calcul la pente du segment :

$$\text{Pente} = (1500 - 1029,36) / (6 \times 1852) = 4,2\%$$

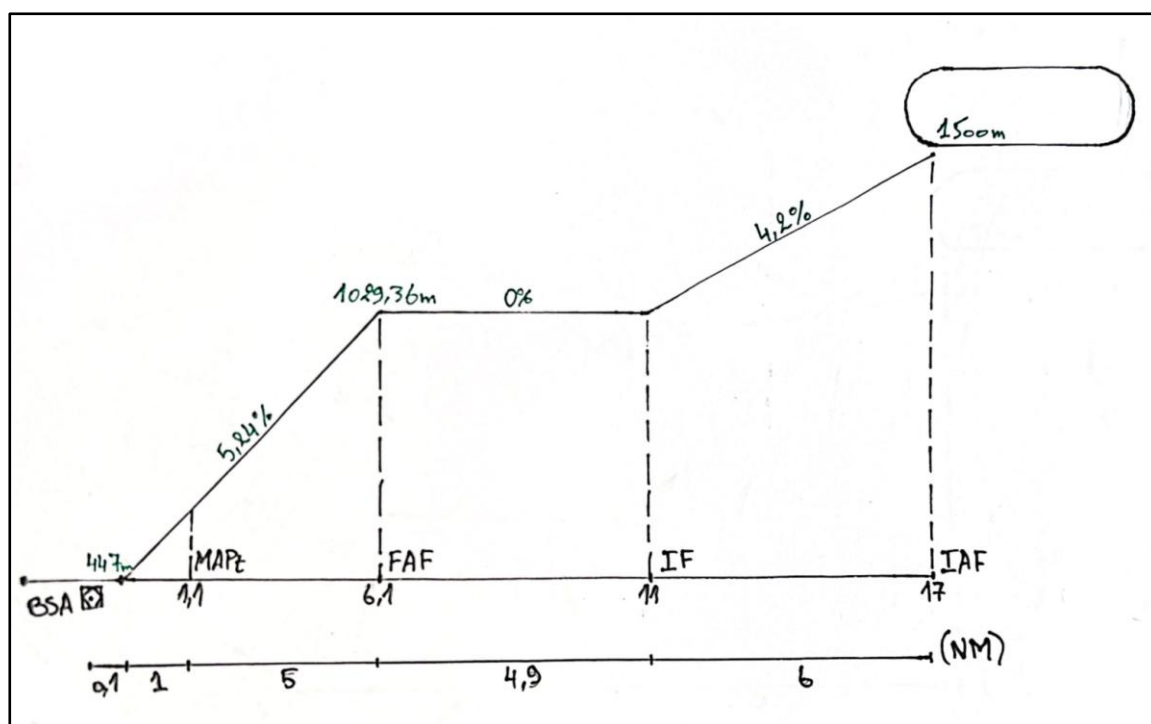


Figure 3-8 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 22

- Resultats de l'étude :

Les conditions :

- Le segment final a une longueur de 5 NM et une pente optimale de 5.24% qui est inférieure à la pente maximale admise de 6%
- Le segment intermédiaire a une longueur de 4.9 NM qui est supérieure à la longueur minimale admise de 1.5NM pour cat C/D
- Le segment initial a une pente de 4.2%, et elle se situe dans l'intervalle de 4% - 8%

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

D'après l'étude menée nous avons déduit que la longueur des segments ainsi que leurs pentes respectives sont comme suit :

Segment	Initial	Intermédiaire	Final
Longueur	6 NM	4.9 NM	5 NM
Pente	4.2%	0%	5.24%

3.3.4. Le segment d'approche initial :

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 6 NM avec une pente de descente de 4.2% reliant le repère IAF au repère IF.

a) Traçage de l'aire de protection :

5 NM de part et d'autre de la trajectoire nominale, et se divise en deux aires : aire primaire et aire secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous

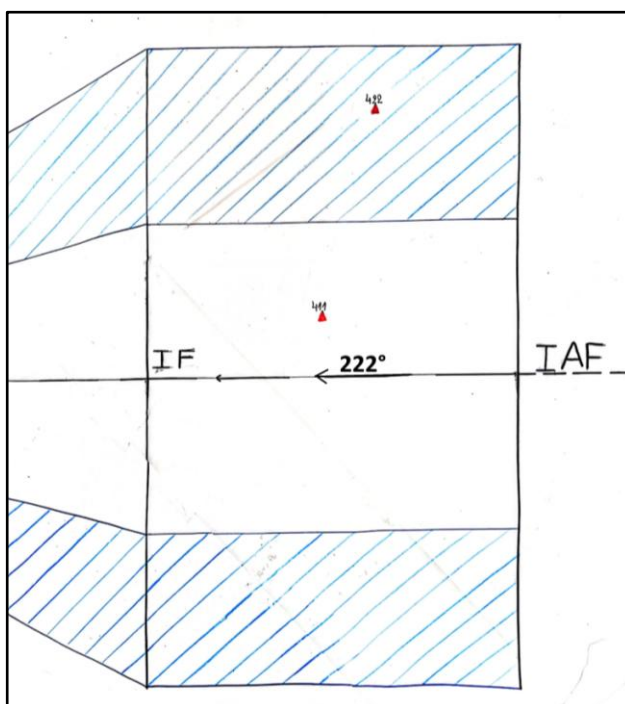


Figure 3-9 : Segment initial

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

- Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière=300

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
411 m	300 m	726 m

- Aire secondaire :

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs+végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
422 m	104,35 m	541,35 m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment intermédiaire = 726 m
- L'altitude de la procédure au segment initial :726m
- L'Altitude du début de segment (IAF) : 1500m
- L'altitude de la fin de segment (IF) : 1029,36m

3.3.5. Le segment d'approche intermediaire:

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 4.9 NM sans pente de descente, reliant le repère IF au repère FAF.

a) Traçage de l'aire de protection :

c'est la liaison entre la fin de l'aire de protection du segment initial avec celle du segment final, et se divise en deux aires : primaire et secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

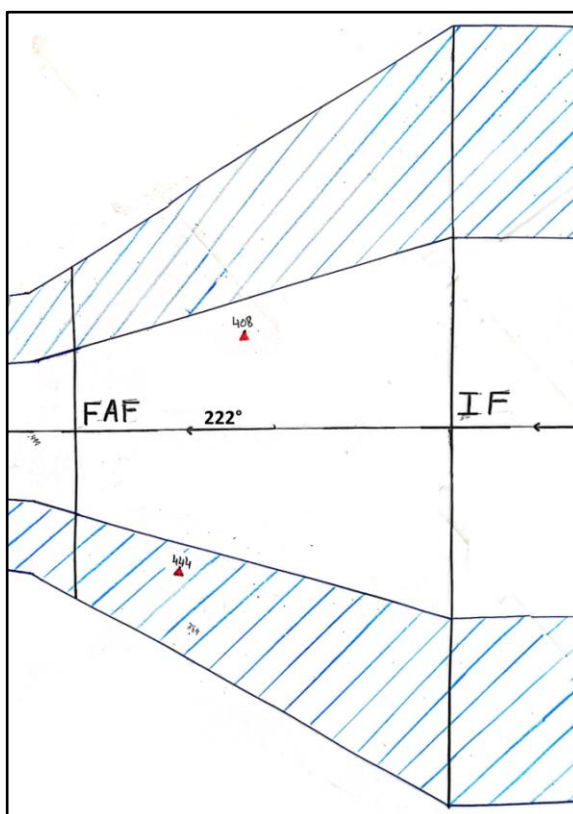


Figure 3-10 : Segment intermédiaire

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

- Aire primaire :

MFO Obs = MFO entière=150m

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
408m	150 m	573 m

- Aire secondaire :

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs+végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
444m	121 m	580 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAP, MOCAs)
- OCA du segment intermédiaire = 580 m
- L'altitude de la procédure au segment intermédiaire : 580m
- L'Altitude du début de segment (IF) : 1029,36m
- L'altitude de la fin de segment (FAF) : 1029,36m

3.3.6. Le segment d'approche final :

On a positionné le repère FAF à 6.1 NM du VOR/DME avec une pente de descente de 5.24%, ce segment débute au FAF et se termine au MAPt.

a) Traçage de l'aire de protection :

1 NM de part et d'autre de la trajectoire nominale à l'emplacement du VOR/DME puis s'évase de 7.8°, et se divise en deux aires : primaire et secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous

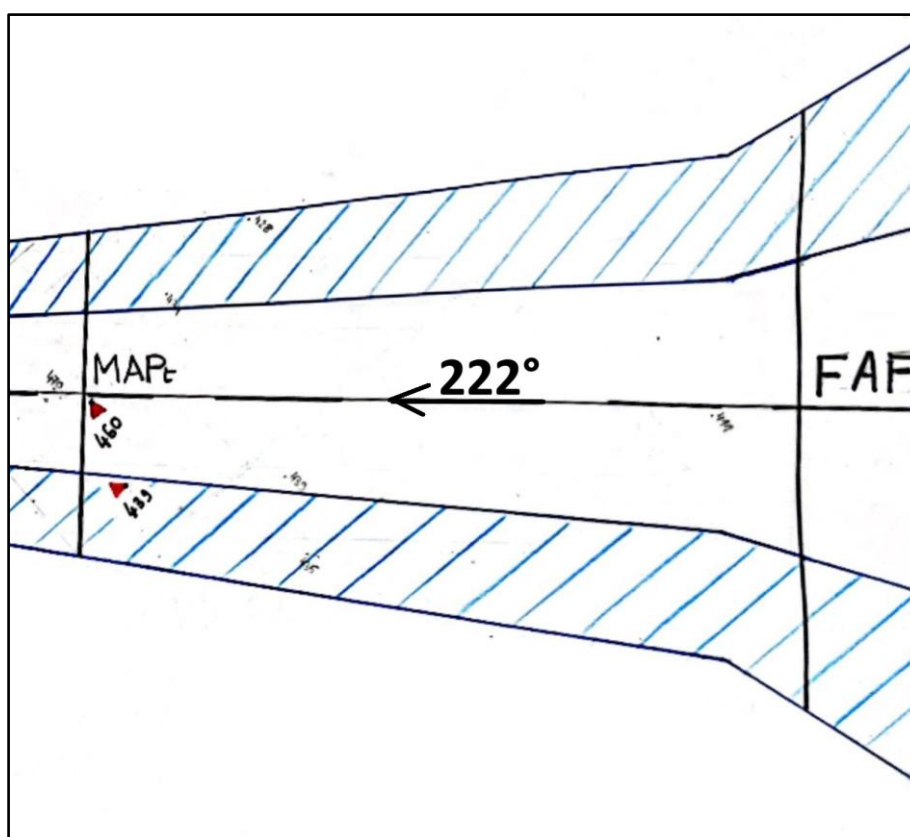


Figure 3-11 : Segment final

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

- Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière= 75m

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO + végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
460m	75 m	550 m

- Aire secondaire :

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs + végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
439m	68,19 m	522,19 m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment final= 550m
- L'altitude de la procédure au segment final : 550 m
- L'Altitude du début de segment (FAF) : 1029,36m
- L'altitude de la fin de segment (MAPt) : 550m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.3.7. Le segment d'approche interrompue :

Une procédure d'approche interrompue sera établie pour chaque approche aux instruments et spécifiera un point où la procédure commence et un point où elle se termine.

❖ Phase initiale de l'approche interrompue :

Cette phase débute au MAPt et se termine au SOC avec pente 0% et une MFO 75 m.

➤ Détermination du SOC pour CAT A/B :

SOC= La tolérance MAPt+ La distance de transition (X).

1. La tolérance MAPt= Tolérance du moyen+ une distance (d).

- Tolérance du moyen= $0,25+1,25\%*D$.

Avec (D : distance entre Mapt et DME=1.1NM)

Tolérance du moyen =0.26375 NM= 488.43m

$d(A/B) = 3S \times (VV+ V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion}$

- Détermination Vv :

$Vv = VI \text{ MAX de l'APPROCHE FINAL} \times K$

- Facteur K :

En montant chaque 1000 ft, la température diminue de 2° Altitude au MAPt est de 550 m (1804 ft)

1000 ft $\longrightarrow$ 2°C

1805ft $\longrightarrow$ T ?

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- La température correspond à 1785 ft : $T = (1805 \times 2) / 1000$; $T = 3,6^{\circ}\text{C}$
- Température aérodrome : $T(\text{AD}) = (14,6 + 35,7) / 2 = 25,15^{\circ}\text{C}$
- La température au niveau moyen de la mer (MSL) égale à 15°C
- La variation de la températures VAR : $\text{VAR} = 25,15^{\circ} - (15 - 3,6) = 13,75^{\circ}\text{C}$
arrondie 15°C
- La température de référence utilisée : **ISA+15**

Après on calcule le facteur K à partir de la formule suivante :

$$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$$

Avec $H=1804$ ft et $\text{VAR} = 15$

Donc : **$K=1.0536$**

Alors : $d(A/B) = 3S \times (130 \times 1.0536 + 10) \times (1852/3600)$;

$$d(A/B) = 3S \times (136.974 + 10) \times (1852/3600) = 226.830 \text{ m}$$

La tolérance MAPT= Tolérance du moyen+ une distance (d).

$$\text{La tolérance MAPT} = 488.43 + 226.76 = 715.295 \text{ m}$$

2. La distance de transition (X) :

$X(A/B) = 15 S \times (V_v + V \text{ vent arriéré}) \times \text{un facteur de conversion}$

$$X(A/B) = 15 s (136.974 + 10) \times (1852/3600) = 1134.2 \text{ m}$$

Donc:

$\text{SOC} = \text{La tolérance Mapt} + \text{La distance de transition (X)}$

$$\text{SOC}(A/B) = 715.295 + 1134.2 \longrightarrow \text{SOC}(A/B) = 1849.45 \text{ m}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Détermination du SOC pour CAT C

SOC= La tolérance MAPt+ La distance de transition (X).

1. La tolérance MAPT= Tolérance du moyen+ une distance (d).

- Tolérance du moyen =0.26375 NM= 488.43m.

d C = 3S × (VV+ V vent arrière) × un facteur de conversion

- Détermination Vv :

Vv = VI MAX de l'APPROCHE FINAL × k

=160*1.0536=168.583 kt

Alors: d (C) = 3S × (160*1.0536+ 10) × (1852/3600);

d (C) = 3S × (168.583 + 10) × (1852/3600) = 275.613 m

La tolérance MAPT= Tolérance du moyen+ une distance (d).

Tolérance Mapt=488.43+275.613 = 764.078 m

2. La distance de transition (X) :

X (C) = 15 S × (Vv + V vent arrière) × un facteur de conversion

X (C) = 15 s (168.583+ 10) × (1852/3600) = 1378.06 m

Donc :

SOC= La tolérance Mapt+ La distance de transition (X)

SOC (C) = 764.078+ 1378.06



SOC (C) = 2142.14 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Traitement des obstacles phase initial:

- $OCH\ FINAL \geq H\ obstacle + MFO$
- $OCH\ Final = 103\ m$
- $H\ obs. + MFO = 23 + 75 = 98\ m$
- $103\ m \geq 98\ m$; alors $OCH = 103\ m$; $OCA = 550\ m$

❖ Scénario 01 : VIRAGE A UNE DISTANCE

○ Phase intermédiaire de l'approche interrompue :

Cette phase commence au SOC et se termine au TP , désigné à une distance de 3 NM du SOC avec une pente de 2.5% et une MFO 30m

➤ Traitement des obstacles phase intermédiaire :

Dans l'air de mise en virage :

$$OCA + (dz \times 0.025) \geq ALT\ obs. + MFO$$

$$OCA + (dz \times 0.025) = 550 + (3 \times 0.025) \times 1852 = 688.9$$

$$ALT\ obs. + MFO = 885 + 30 = 915$$

$$\text{Donc : } OCA + (dz \times 0.025) < ALT\ obs. + MFO$$

$$915 \geq 688.9 \text{ ; alors :}$$

$$OCH\ 2 = H\ (obs) + MFO - \text{gain} = 423 + 30 - (3 \times 0.025) \times 1852 = 315\ m$$

$$OCH = 315\ OCA = 762\ m \text{ ;}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

○ Phase finale de l'approche interrompue :

Cette phase débute au TP (915 m) avec un virage à gauche , avec une pente de 2,5 % et une (MFO) de 50 m.

➤ Les calculs effectués pour la conception du virage :

○ Vitesse angulaire de virage (R) en degrés/secondes, se calcule comme suit:

$$R = (3\,431 \operatorname{tg} \alpha) / \pi V_v$$

$$\checkmark V_v = V_i \text{ API FINAL} * K$$

✓ Facteur K :

En montant chaque 1000 ft, la température diminue de 2° Altitude au MAPt est de 915 m (3000 ft)

1000 ft —→ 2°C

3000ft —→ T ?

- La température correspond à 3000 ft : $T = (3000 * 2) / 1000$; $T = 6^\circ\text{C}$
- Température aérodrome : $T(\text{AD}) = (14,6 + 35,7) / 2 = 25,15^\circ\text{C}$
- La température au niveau moyen de la mer (MSL) égale à 15°C
- La variation de la températures VAR : $\text{VAR} = 25,15^\circ - (15 - 6) = 16,15^\circ\text{C}$
arrondie 20°C
- La température de référence utilisée : ISA+20

La température utilisée : ISA+20 ;

$$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$$

Avec $H=3000$ ft et $\text{VAR} = 20$

Donc : **$K = 1.0818$**

Alors $V_v = 240 * 1.0818 = 259.626$ kt

- $R = (3\,431 \operatorname{tg} \alpha) / \pi V_v = (3431 * \operatorname{tg} 15^\circ) / \pi * 259.626 = 1,127^\circ/\text{s}$
- Rayon de virage (r) à un angle désigné d'inclinaison latérale

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

$$r = (V_v / (20 \cdot \pi \cdot R)) = 259.626 / 20 \cdot \pi \cdot 1 = 3,666 \text{ NM}$$

- C (temps de réaction du pilote 3s et délai mise en virage 3s)

$$C = (3s + 3s) \cdot (TAS + 30 \text{ kt}) = 6s \cdot (259.626 + 30) \cdot (1852/3600) = 0,483 \text{ NM}$$

Tableau 3-4 : Paramètres du virage interrompue

Catégorie C	
Paramètre [1]	Valeurs
Vitesse indiqué (VI)	240 kt
Vitesse vrai (VV)	259.626 kt
Angle de virage	124°
C	0,483 NM
Vitesse angulaire (R)	1,127 °/s
Inclinaison	15°
Rayon du virage (r)	3,666 NM
Effet du vent (E)	0.665NM
Effet du vent (E 90)	0.665 NM
$\sqrt{(r^2 + E90^2)}$	3.726 NM
r + E90	4.331 NM
r + 2E90	4.997 NM

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Les aires de protections de ce segment pour la catégorie d'aéronef C/D sont schématisées comme suit :

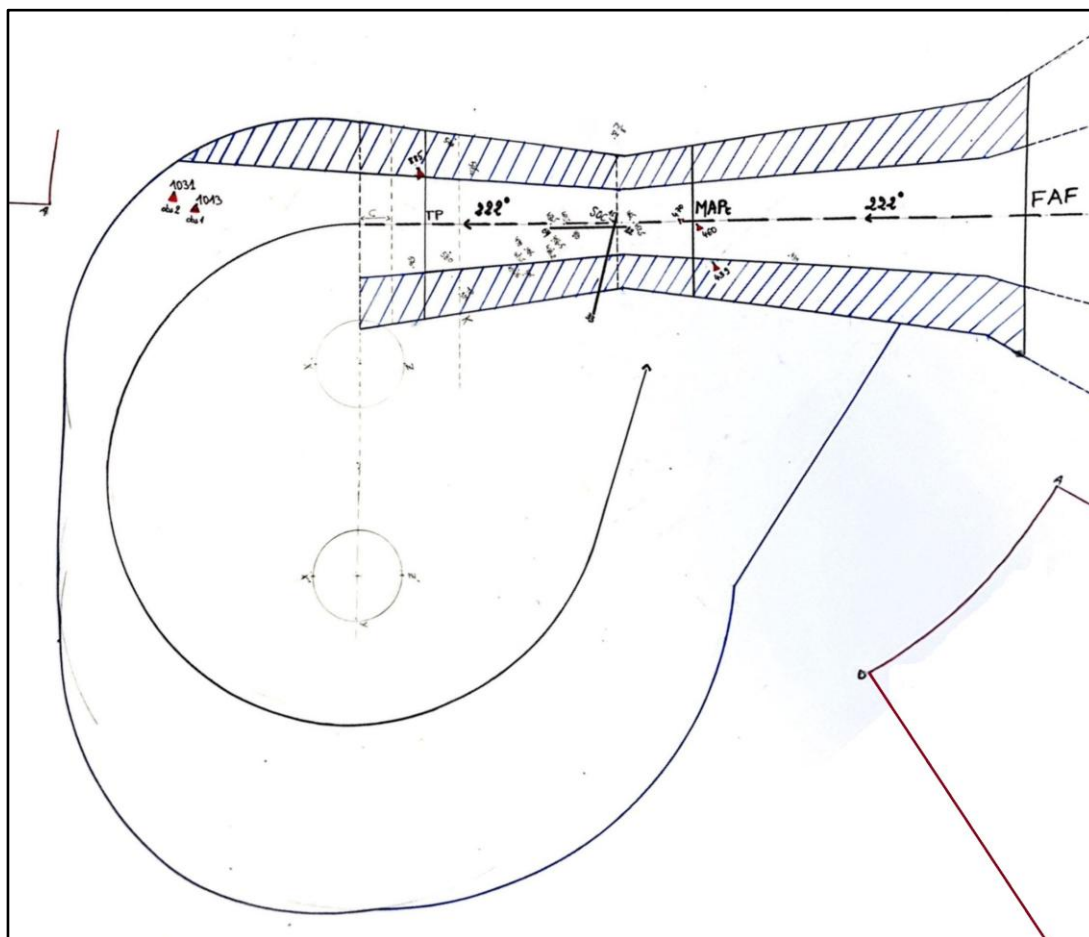


Figure 3-12 : Segment d'approche interrompue (TP à une distance)

➤ Traitement des obstacles phase interrompue:

$$ALT(Tp) + (dis\ obs1. \times 0.025) \geq ALT\ obs2. + MFO$$

$$915 + (3.428 \times 0.025) \times 1852 \geq 1013 + 50$$

$$ALT(Tp) + (dz \times 0.025) = 915 + (3.428 \times 0.025) \times 1852 = 1073.7$$

$$ALT\ obs. + MFO = 1013 + 50 = 1063$$

$$\text{Donc : } ALT(Tp) + (dz \times 0.025) > ALT\ obs. + MFO$$

$$1073.7 \geq 1063; \text{ alors } OCH = 315 \text{ OCA} = 762 \text{ m}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

$$\text{ALT(TNA)} + (\text{dis obs1.} \times 0.025) \geq \text{ALT obs2.} + \text{MFO}$$

$$\text{ALT(TNA)} + (\text{dz} \times 0.025) = 915 + (3.7661 \times 0.025) \times 1852 = 1089.4 \text{ m}$$

$$\text{ALT obs.} + \text{MFO} = 1031 + 50 = 1081 \text{ m}$$

$$\text{Donc : OCA} + (\text{dz} \times 0.025) > \text{ALT obs.} + \text{MFO}$$

$$1089.4 \text{ m} \geq 1081 \text{ m}; \text{ alors } \text{OCH} = 315 \text{ OCA} = 762 \text{ m}$$

Selon cette variante de segment d'approche interrompue, l'altitude minimale de la procédure d'approche VOR/DME RWY 22 :

$$\text{OCH} = 315$$

$$\text{OCA} = 762 \text{ m}$$

❖ **Scénario 02 :** (VIRAGE AU PLUTOT POSSIBLE AUMAPt)

○ Phase finale :

Cette phase débute au SOC (2142.14 m) avec un virage à gauche à une limitation de vitesse de 220 kt , avec une pente de 2,5 % et une (MFO) de 50 m.

Les calculs effectués pour la conception du virage :

- Vitesse angulaire de virage (R) en degrés/secondes, se calcule comme suit:

$$R = (3\,431 \text{ tg } \alpha) / \pi V_v$$

$$\checkmark V_v = V_i \text{ API FINAL} \times K$$

✓ Facteur K :

La température utilisée : ISA+15 :

$$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$$

Avec H=1804 ft et VAR = 15

Donc : **K= 1.0536**

$$\text{Alors } V_v = 220 \times 1.0536 = 231.802 \text{ kt}$$

$$\text{○ } R = (3\,431 \text{ tg } \alpha) / \pi V_v = (3431 \times \text{tg} 15^\circ) / \pi \times 231.802 = 1,262 \text{ }^\circ/\text{s}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- Rayon de virage (r) à un angle désigné d'inclinaison latérale

$$r = (V_v / (20 \cdot \pi \cdot R)) = 231.802 / 20 \cdot \pi \cdot 1 = 2.922 \text{ NM}$$

- C (temps de réaction du pilote 3s et délai mise en virage 3s)

$$C = (3s + 3s) \cdot (TAS + 30 \text{ kt})$$

$$= 6s \cdot (231.802 + 30) \cdot (1852 / 3600) = 0.436 \text{ NM}$$

Tableau 3-5 : Paramètres du virage interrompue

Catégorie C	
Paramètre [1]	Valeurs
Vitesse indiqué (VI)	220 kt
Vitesse vrai (VV)	231.802 kt
Angle de virage	124°
C	0,436 NM
Vitesse angulaire (R)	1,262 °/s
Inclinaison	15°
Rayon du virage (r)	2.922 NM
Effet du vent (E)	0.594 NM
Effet du vent (E 90)	0.594 NM
$\sqrt{(r^2 + E90^2)}$	2.982 NM
r + E90	3.516 NM
r + 2E90	4.111 NM

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

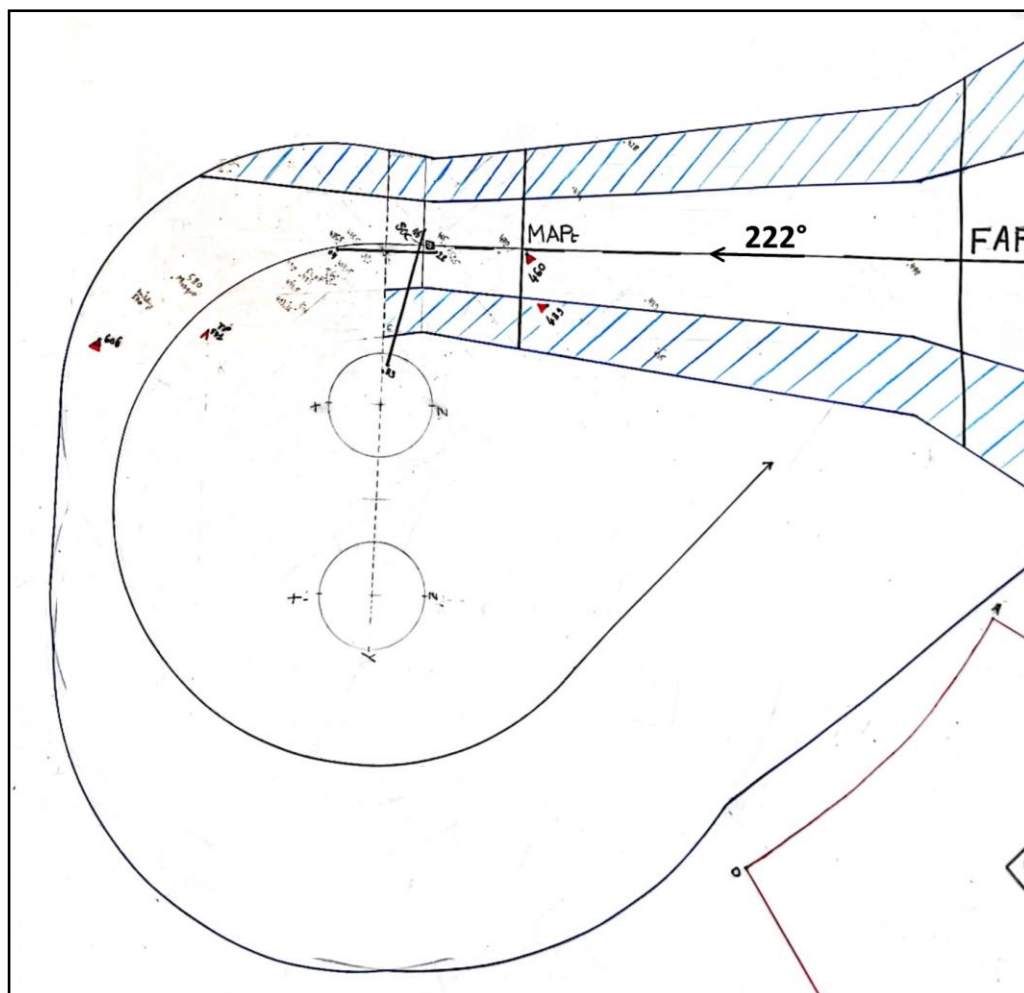


Figure 3-13 : Segment d'approche interrompue(TP au Mapt)

➤ Traitement des obstacles phase finale :

$$OCA + (dis\ obs1. \times 0.025) \geq ALT\ obs2. + MFO$$

$$550 + (3.428 \times 0.025) \times 1852 \geq 1013 + 50$$

$$OCA + (dz \times 0.025) \geq ALT\ obs. + MFO$$

$$OCA + (dz \times 0.025) = 550 + (2.672 \times 0.025) \times 1852 = 674m$$

$$ALT\ obs. + MFO = 591 + 50 = 641m$$

$$674m > 641m$$

$$\text{Donc : } OCA + (dz \times 0.025) > ALT\ obs. + MFO$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

; alors OCH= 103 m OCA = 550 m

$OCA + (dis\ obs1. \times 0.025) \geq ALT\ obs2. + MFO$

$550 + (3.7661 \times 0.025) \times 1852 \geq 1031 + 50$

$OCA + (dz \times 0.025) \geq ALT\ obs. + MFO$

$OCA + (dz \times 0.025) = 550 + (3.21 \times 0.025) \times 1852 = 699\ m$

$ALT\ obs. + MFO = 606 + 50 = 656\ m$

$699\ m > 656\ m$

Donc : $OCA + (dz \times 0.025) > ALT\ obs. + MFO$

alors OCH= 103 m OCA = 550 m

Commentaire :

Cette deuxième variante d'approche interrompue sera retenue comme la procédure à publier pour la piste 22,

car :

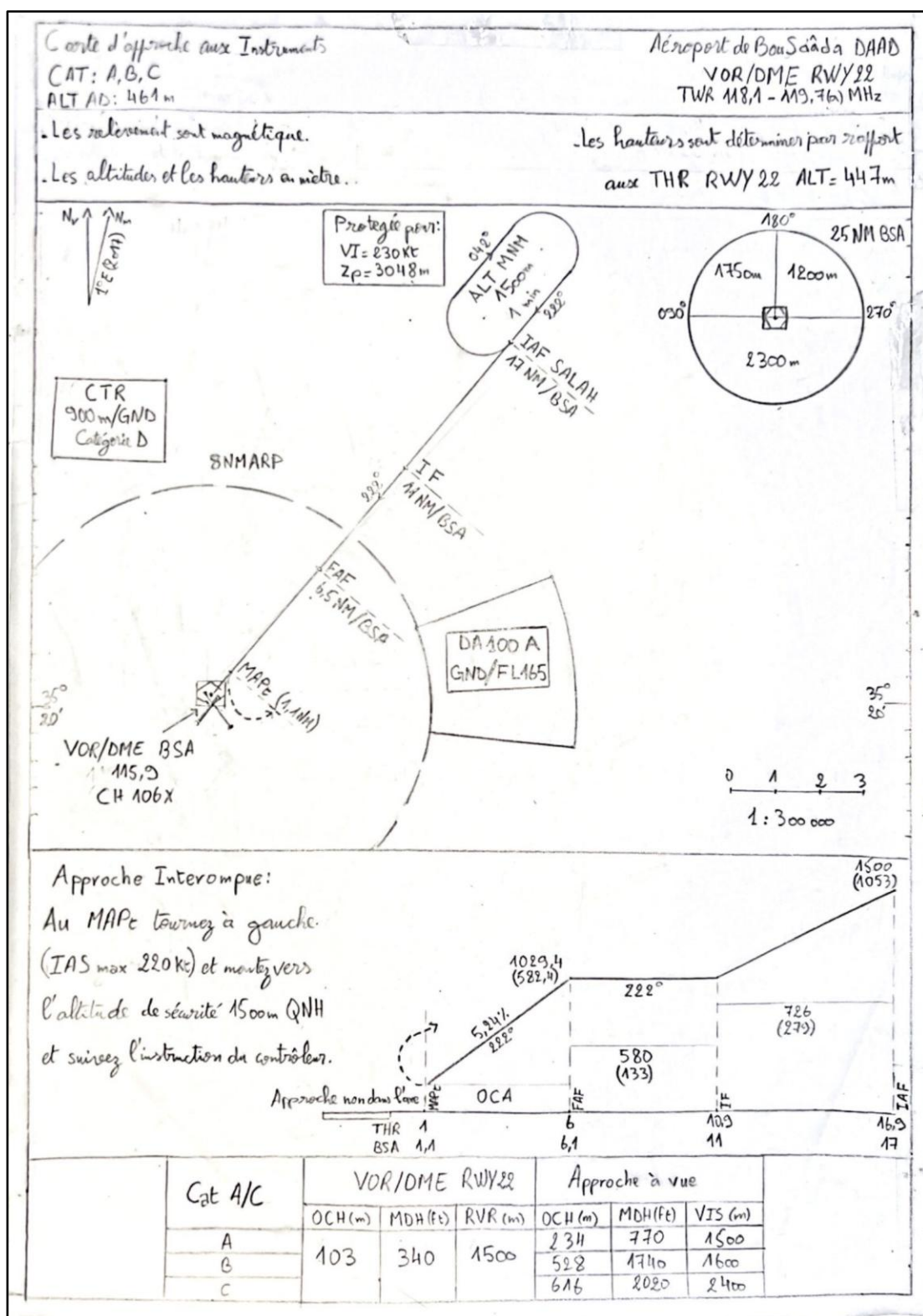
$OGCH\ (variante\ 01) > OGCH\ (variante\ 02)$

Donc l'altitude minimal de la procédure d'approche VOR/DME RWY 22 :

OCA = 550 m ; OCH= 103 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 22



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.4. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 15 :

3.4.1. L'Attente :

Choix d'emplacement de la nouvelle attente :

Pour justifier notre choix d'emplacement de cette attente, nous nous sommes appuyés sur des critères essentiels pour la création d'une attente, notamment l'arrivée du flux du trafic aérien, l'orientation de l'atterrissage et l'évitement des zones à statuts particuliers.

Après l'étude de l'emplacement de l'attente, il a été conclu que le positionnement de cette attente soit au NORD du terrain à la limite avec la zone dangereuse DA 100B, et à l'intersection de la radial 143° et la distance de 19 NM VOR/DME BSA , Le temps d'éloignement a été fixé à 1 minute, avec une altitude spécifique de 10000 FT (3048 m).

Construction de procédure d'attente point fixe :

La construction des aires de protection de l'attente se fait en deux étapes :

- la première étape consiste à créer un gabarit, on utilise le meme gabarit que l'attente du RWY 22.
- la deuxième étape est de tracer l'aire de base ainsi que les aires d'entrées de l'attente VOR/DME BSA.

Les paramètres du circuit de l'attente Cat C/D :

Tableau 3-6 : Les paramètres du circuit de l'attente Cat C/D

Vi (Kt)	230
Altitude (Ft)	10000
Temp (min)	1
Temperature VAR (°C)	15
Catégorie aéronefs	C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Étape1 : Utilisation du gabarit d'attente Cat C/D :

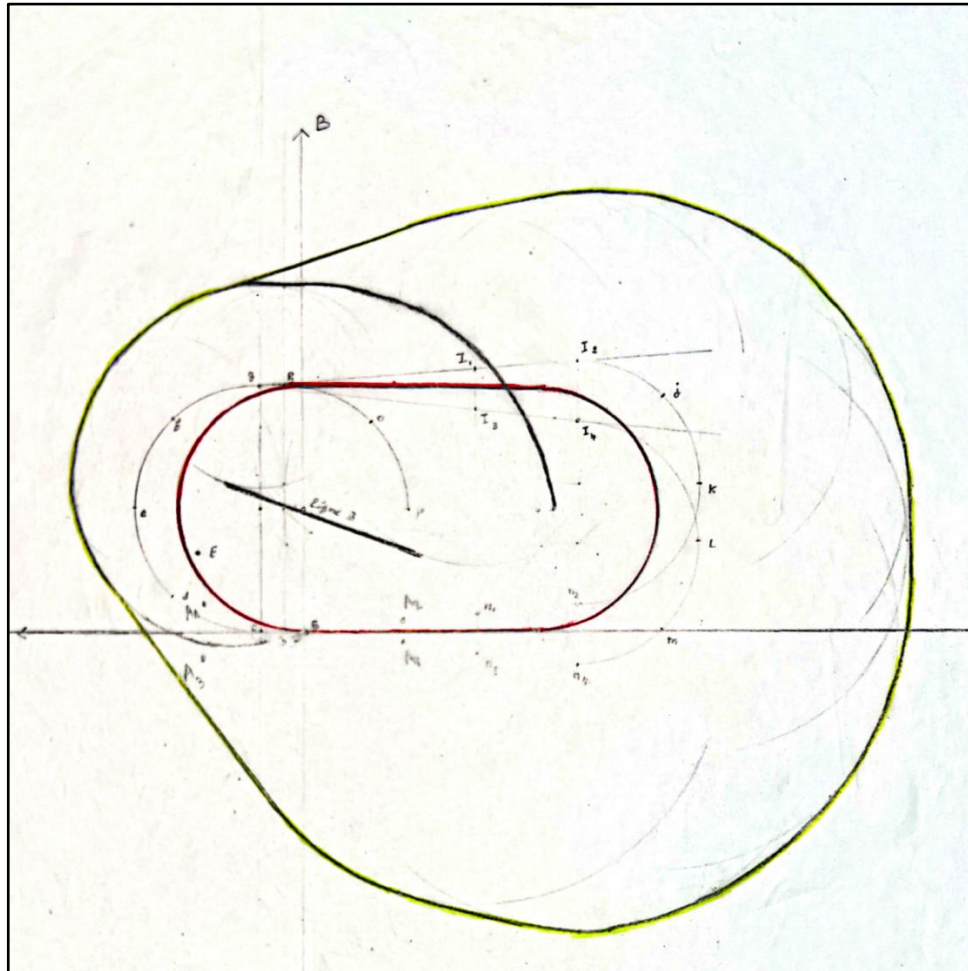


Figure 3-14 : Gabarit de circuit d'attente pour Cat C/D

➤ Étape 2 : Construction de l'aire de base et des aires d'entrées Cat C/D :

L'aire de base et les aires d'entrées ont été conçues à la base des calculs suivants :

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Tableau 3-7 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée
correspondante au circuit d'attente CAT C/D

Paramètres et formules	Signification	Valeur (NM)	Valeur sur dessin (cm) échelle 1/200 000
DS	Distance horizontale	19	17.59
ds	Distance en éloignement	4.584	4.25
$D = \sqrt{DS^2 + 0,027 \, hl^2}$	Distance oblique	19.072	17.66
$DL = \sqrt{(Ds + ds)^2 + 4 \, r^2 + 0,027 \, hl^2}$	Distance limite d'éloignement	24	22.22
$DL_s = \sqrt{DL^2 - 0,027 \, hl^2}$	Distance limite horizontale d'éloignement	23.94	22.17
$d_1 = 0,25 + 0,0125 \, D$	Tolérance DME correspondant à D	0.4884	0.45
$d_2 = 0,25 + 0,0125 \, DL$	Tolérance DME correspondant à DL	0.55	0.51
$D_1 = Ds + d_1$		19.4884	18.04
$D_2 = Ds - d_1$		18.5116	17.14
$DL_1 = DL_s + d_2$		24.49	22.68
$DL_2 = DL_s - d_2$		23.39	21.66

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

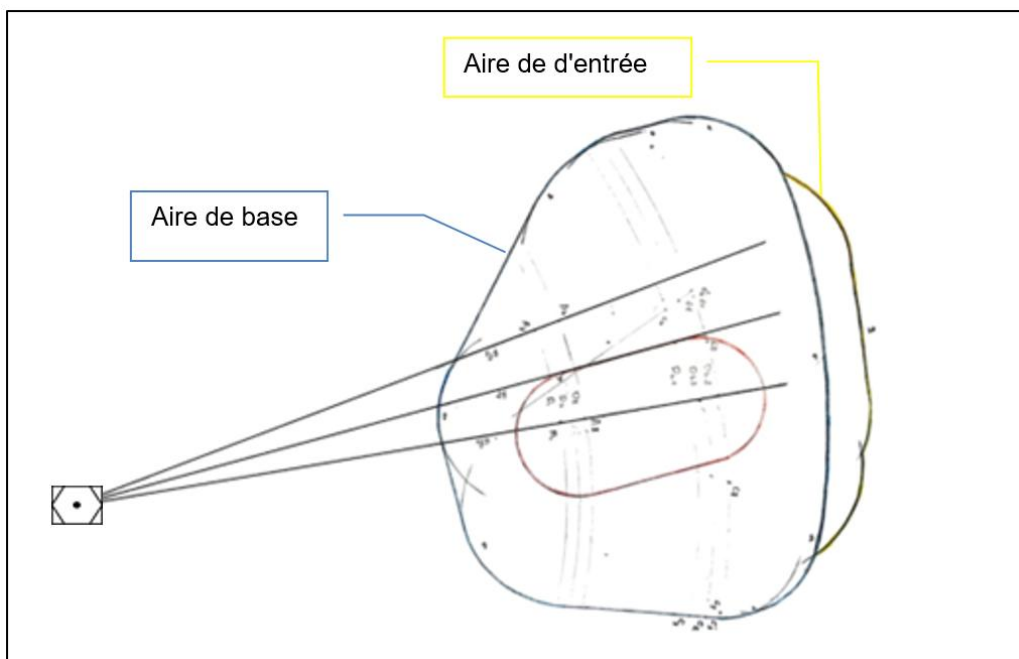


Figure 3-15 : Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat C/D

❖ Les zones tampons Cat C/D:

Une séparation de 1 NM est obligatoire entre chaque zone tampon.

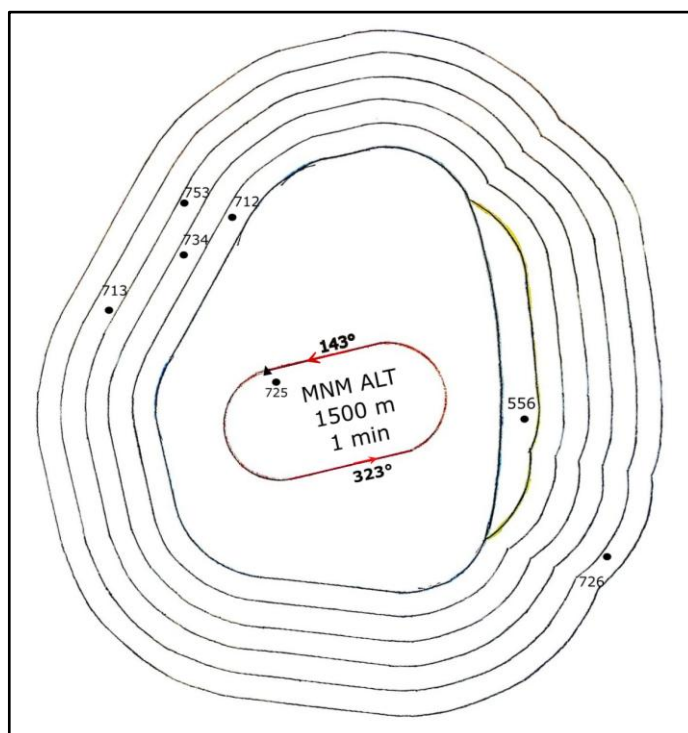


Figure 3-16 : Aires de protection de circuit d'attente Cat C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ L'Altitude minimal de l'attente Cat C/D :

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : $ALT\ 1 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 725 + 300 = 1025\ m\ arrondie\ 1050m\ (3445ft)$
- Aire d'entrée : $ALT\ 2 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 556 + 300 = 856\ m\ arrondie\ 900m\ (2953ft)$
- Zone tampon 1 : $ALT\ 3 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 712 + 300 = 1012m\ arrondie\ 1050m\ (3445ft)$
- Zone tampon 2 : $ALT\ 4 = ALT\ obs.\ pénalisant + 50\% MFO$
 $= 734 + 150 = 884m\ arrondie\ 900m\ (2953ft)$
- Zone tampon 3 : $ALT\ 5 = ALT\ obs.\ pénalisant + 40\% MFO$
 $= 753 + 120 = 773m\ arrondie\ 800m\ (2625ft)$
- Zone tampon 4 : $ALT\ 6 = ALT\ obs.\ pénalisant + 30\% MFO$
 $= 713 + 90 = 803\ m\ arrondie\ 850m\ (2789ft)$
- Zone tampon 5 : $ALT\ 7 = ALT\ obs.\ pénalisant + 20\% MFO$
 $= 726 + 60 = 786m\ arrondie\ 800m\ (2625ft).$

D'où :

$ALT\ minimal\ de\ l'attente = \max (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6, ALT7) = \max (1050, 900, 1050, 900, 800, 850, 800) = 1050m\ (3445ft)$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ Nombre des niveaux d'attente Cat C :

À partir des paramètres suivants :

- Altitude maximale d'attente : 10000 ft (3048m)
- Altitude minimale d'attente : 3445 ft (1050m), arrondie à L'altitude de sécurité 1500m (4921ft) FL50
- Altitude de transition : 1560 m, cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)
- On déduit le nombre de niveaux d'attente de la manière suivante :

Nombre des niveaux = $(Z_p \text{ max} - Z_p \text{ min}) / 1000$ Nombre des niveaux = $(10000 - 5000) / 1000$

Donc, nous avons cinq niveaux d'attente classés comme suit, du plus bas au plus haut : FL50, FL60, FL70, FL80, FL90.

3.4.2. Les scénarios développés :

$$\text{Pente} = \text{Hauteur} / \text{Distance}$$

Sur la base de cette relation, nous allons d'abord étudier le profil de la procédure d'approche aux instruments afin de proposer les longueurs et les pentes de chaque segment. Étant donné que le segment final est le plus crucial, nous commencerons par définir sa longueur et sa pente optimale.

- Scénario 1 :

- Proposition du segment final :

- Longueur du segment : 5.88 NM avec une pente de 5,24 % (3°)

- Distances (FAF–THR) = 6.88 NM

→ D'après ces paramètres nous avons calculé l'Altitude de repère FAF :

$$\text{Hauteur} = \text{pente} \times \text{distance} = 5,24 \% \times (6.88 \times 1852) = 668 \text{ m}$$

On a : Altitude = hauteur + altitude seuil

$$\text{ALT (FAF)} = 668 + 449 = 1117 \text{ m}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- **Proposition du segment intermédiaire :**

- Longueur du segment : 5 NM

- pente du segment 0 %

→ D'après ces paramètres on a : Altitude (IF) = 1117 m

- **Proposition du segment initial IAF :**

- Longueur du segment : 7 NM

- l'Altitude de repère IAF : 1500 m

→ D'après ces paramètres on calcul la pente du segment :

$$\text{Pente} = (1500 - 1117) / (7 \times 1852) = 2.9\%$$

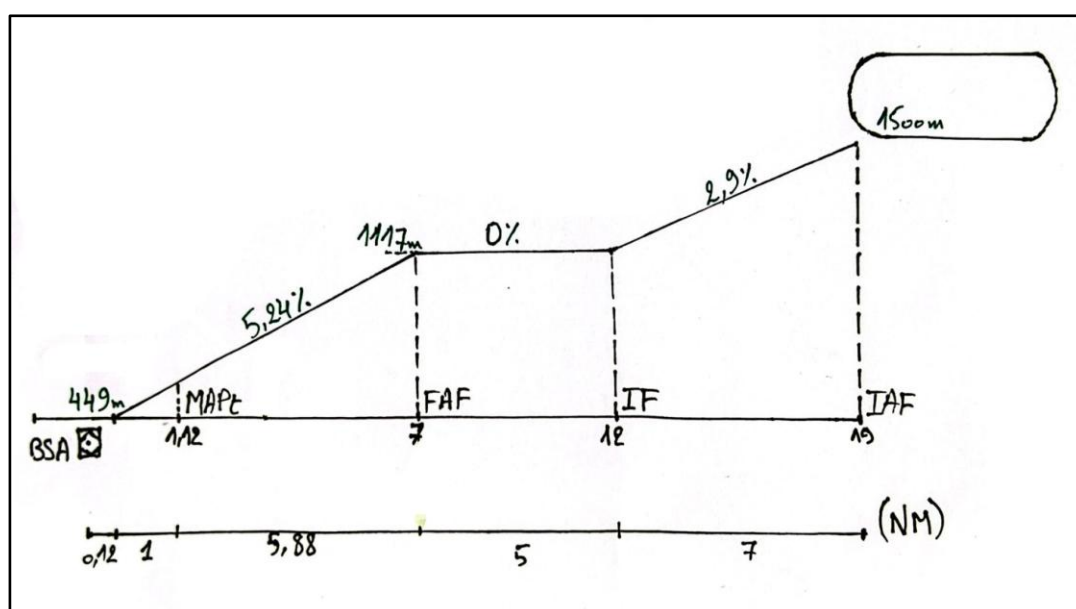


Figure 3-17 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 15 (VAR01)

- **Resultats de l'étude :**

Vu que la pente du segment initial est de 2.9% elle est inférieure à l'intervalle recommandé de 4% à 8% , donc on propose une autre variante à étudier.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- **Scénario 2 :**

- **Proposition du segment final :**

- Longueur du segment : 5.88 NM avec une pente de 5,24 % (3°)

- Distances (FAF–THR) = 6.88 NM

- D'après ces paramètres nous avons calculé l'Altitude de repère FAF :

$$\text{Hauteur} = \text{pente} \times \text{distance} = 5,24 \% \times (6.88 \times 1852) = 668 \text{ m}$$

On a : Altitude = hauteur + altitude seuil

$$= 668 + 449 = 1117 \text{ m}$$

- **Proposition du segment intermédiaire :**

- Longueur du segment : 7 NM

- pente du segment 0 %

- D'après ces paramètres on a : Altitude (IF) = 1117 m

- **Proposition du segment initial IAF :**

- Longueur du segment : 5 NM

- l'Altitude de repère IAF : 1500 m

- D'après ces paramètres on calcul la pente du segment :

$$\text{Pente} = (1500 - 1117) / (5 \times 1852) = 4.13\%$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

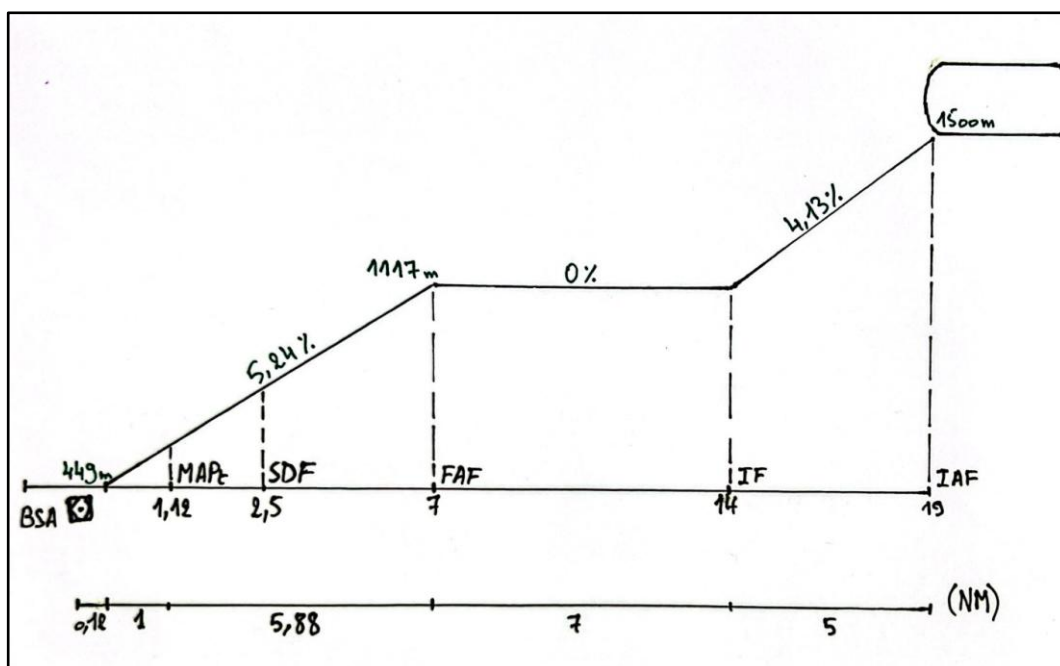


Figure 3-18 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 15 (VAR02)

○ Resultats de l'étude :

Les conditions :

- Le segment final a une longueur de 5.88 NM et une pente optimale de 5.24% qui est inférieure à la pente maximale admise de 6%
- Le segment intermédiaire a une longueur de 7 NM qui est supérieure à la distance minimale admise de 1.5NM pour cat C/D
- Le segment initial a une pente de 4.13%, et elle se situe dans l'intervalle de 4% - 8%

→D'après l'étude menée nous avons déduit que la longueur des segments ainsi que leurs pentes respectives sont comme suit :

Segment	Initial	Intermédiaire	Final
Longueur	5 NM	7 NM	5.88 NM
Pente	4.13%	0%	5.24%

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.4.3. Le segment d'approche initial :

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 5 NM avec une pente de descente de 4.13% reliant le repère IAF au repère IF.

a) Traçage de l'aire de protection :

5 NM de part et d'autre de la trajectoire nominale, et se divise en deux aires : aire primaire et aire secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous :

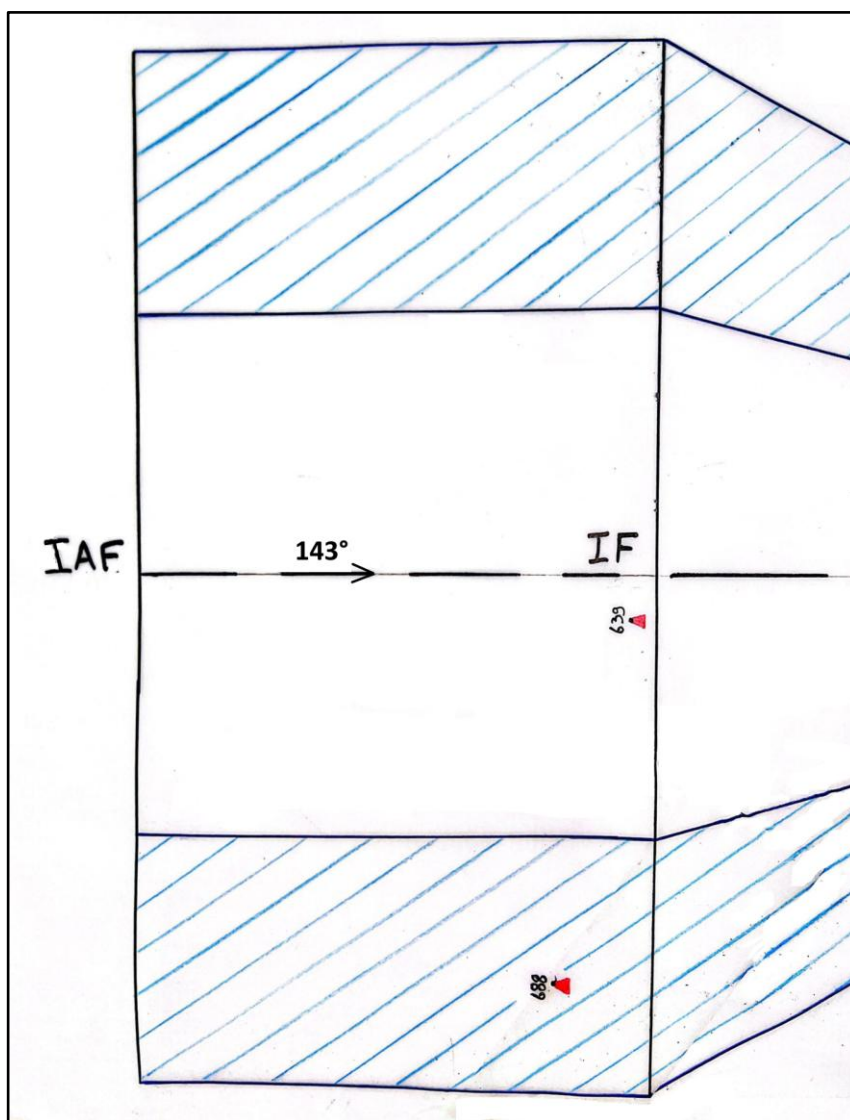


Figure 3-19 : Segment initial

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

○ Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière= 300

MOCaP = Alt obs. pénalisant + MFO + végétation

Obstacle	MFO	MOCaP
639 m	300 m	954

○ Aire secondaire :

MFO Obs. = $(D2/D1) \times$ MFO entière

MOCAs = Alt obs. pénalisant + MFOs + végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
688 m	150 m	853

- OCA du segment c'est le MAX (MOCaP, MOCAs)
- OCA du segment initial= **954 m**
- L'altitude de la procédure au segment initial: 954 m
- L'Altitude du début de segment (IAF) : 1500 m
- L'altitude de la fin de segment (IF) : 1117 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.4.4. Le segment d'approche intermédiaire :

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 7 NM sans pente de descente, reliant le repère IF au repère FAF.

a) Traçage de l'aire de protection :

c'est la liaison entre la fin de l'aire de protection du segment initial avec celle du segment final, et se divise en deux aires : primaire et secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous

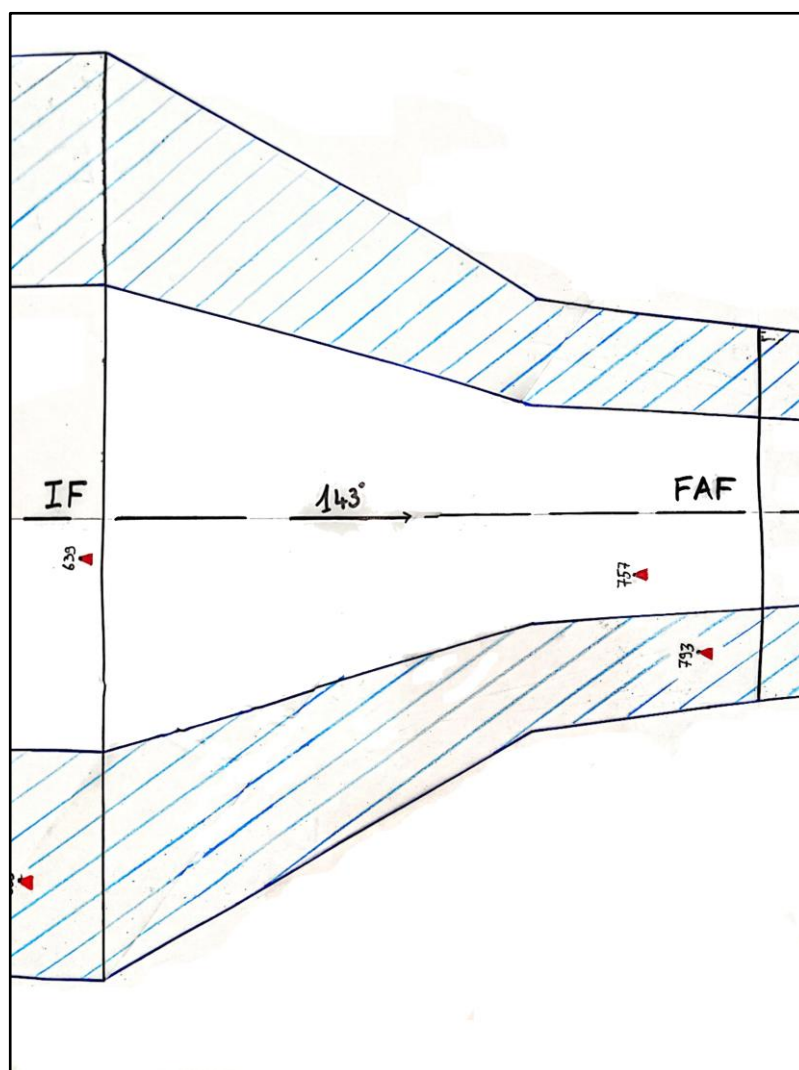


Figure 3-20 : Segment intermédiaire

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

○ Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière=150

MOCA p = Alt obs. pénalisant + MFO + végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
757 m	150 m	922 m

○ Aire secondaire :

MFO Obs. = $(D2/D1) \times$ MFO entière

MOCAs = Alt obs. pénalisant + MFOs + végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
793 m	89.19 m	897,19 m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment intermédiaire = **922 m**
- L'altitude de la procédure au segment intermédiaire : 922 m
- L'Altitude du début de segment (IF) : 1117 m
- L'altitude de la fin de segment (FAF) : 1117 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.4.5. Le segment d'approche final :

On a positionné le repère FAF à 7 NM du VOR/DME avec une pente de descente de 5.24%, ce segment débute au FAF et se termine au MAPt, on a ajouter un repère SDF à 2.5 NM du VOR/DME

a) Traçage de l'aire de protection :

1 NM de part et d'autre de la trajectoire nominale à l'emplacement du VOR/DME puis s'évase de 7.8°, et se divise en deux aires : primaire et secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous

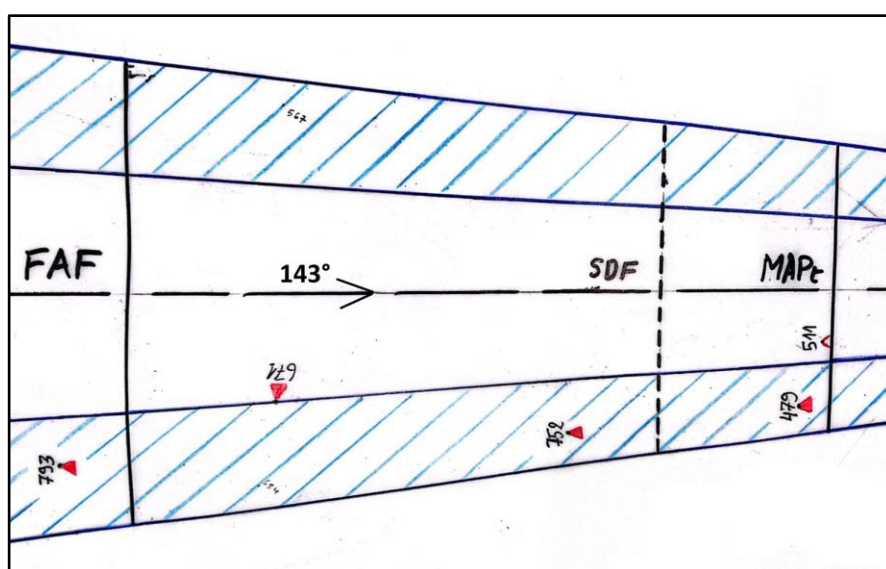


Figure 3-21 : Segment final

b) Détermination de l'altitude minimale de segment (FAF/SDF):

○ Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière= 75m

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
671 m	75 m	776 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

○ Aire secondaire :

MFO Obs. = $(D2/D1) \times \text{MFO entière}$

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs +végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
752m	31.13 m	798.13m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment **final(jusqu'au SDF) = 798.13 m**
- L'altitude de la procédure au segment final(jusqu'au SDF) : **798.13 m**

c) Détermination de l'altitude minimale de segment (SDF/Mapt):

« sdf à 2.5NM de BSA) :

○ Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière= 75m

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
511 m	75 m	601

○ Aire secondaire :

MFO Obs. = $(D2/D1) \times \text{MFO entière}$

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs +végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
479 m	56.25 m	550.25m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment final = 601 m
- L'altitude de la procédure au segment final: 601 m
- L'Altitude du début de segment (FAF) : 1117 m
- L'altitude de la fin de segment (MAPt) : 601 m

3.4.6. Le segment d'approche interrompue :

Une procédure d'approche interrompue sera établie pour chaque approche aux instruments et spécifiera un point où la procédure commence et un point où elle se termine. Cette procédure est amorcée au Mapt et comprend trois phases : initiale, intermédiaire et finale.

➤ **Phase initiale de l'approche interrompue :**

Cette phase débute au MAPT et se termine au SOC avec pente 0% et une MFO 75 m

- **Détermination du SOC pour CAT A/B :**

SOC= La tolérance MAPt+ La distance de transition (X).

1. La tolérance MAPt= Tolérance du moyen+ une distance (d).

- Tolérance du moyen= $0,25 + 1,25\% \cdot D$.

Avec (D : distance entre Mapt et DME=1.12NM)

Tolérance du moyen = $0.264 \text{ NM} = 488.928\text{m}$

- $d \text{ A/B} = 3S \times (VV + V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion}$

✓ Détermination Vv :

$Vv = VI \text{ MAX de l'APPROCHE FINAL} \times K$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Facteur K :

En montant chaque 1000 ft, la température diminue de 2° Altitude au mapt est de 601 m (1972 ft)

1000 ft → 2°C

1972ft → T ?

- La température correspond à 1791 ft : $T = (1972 \times 2) / 1000$; $T = 3,95^\circ\text{C}$;
- Température aéroport : $T(\text{AD}) = 25,15^\circ\text{C}$;
- La température au niveau moyen de la mer (MSL) égale à 15°C ;
- La variation de la températures VAR : $\text{VAR} = 25,15^\circ - (15 - 3,95) = 14,1^\circ\text{C}$ arrondie à 15°C ;
- La température de référence utilisée : **ISA+15**

Après on calcule le facteur K à partir de la formule suivante :

$$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,0019 \text{ 8H}]^{0,5} \div (288 - 0,00198\text{H})^{2,628}$$

Avec $H=1972$ ft et $\text{VAR} = 15$

Donc : **$K=1.0563$**

Alors : $d \text{ A/B} = 3S \times (130 \times 1.0563 + 10) \times (1852/3600)$;

$$d \text{ A/B} = 3S \times (137.319 + 10) \times (1852/3600) = 227.363 \text{ m}$$

La tolérance MAPt= Tolérance du moyen+ une distance (d).

$$\text{La tolérance MAPt} = 488.928 + 227.363 = 716.291 \text{ m}$$

2. La distance de transition (X) :

$X \text{ A/B} = 15 S \times (V_v + V \text{ vent arriéré}) \times \text{un facteur de conversion}$

$$X \text{ A/B} = 15 s (137.319 + 10) \times (1852/3600) = 1136.81 \text{ m}$$

Donc:

SOC= La tolérance Mapt+ La distance de transition (X)

$$\text{SOC A/B} = 716.291 + 1136.81 \longrightarrow \text{SOC A/B} = 1853.1 \text{ m}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- Détermination du SOC pour CAT C/D :

SOC= La tolérance MAPt+ La distance de transition (X).

1. La tolérance MAPt= Tolérance du moyen+ une distance (d).

- Tolérance du moyen =0.264 NM= 488.928m.

- d C/D = 3S × (Vv+ V vent arrière) × un facteur de conversion

✓ Détermination Vv :

$V_v = V_I \text{ MAX de l'APPROCHE FINAL} \times k$

$=185 \times 1.0563 = 195.416 \text{ kt}$

Alors: $d \text{ (C/D)} = 3S \times (185 \times 1.0523 + 10) \times (1852/3600);$

$d \text{ (C/D)} = 3S \times (194.676 + 10) \times (1852/3600) = 317.025 \text{ m}$

La tolérance MAPt= Tolérance du moyen+ une distance (d).

Tolérance MAPt=488.928+317.025 =805.953 m

2. La distance de transition (X) :

$X \text{ (C/D)} = 15 S \times (V_v + V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion}$

$X \text{ (C/D)} = 15 s (195.416 + 10) \times (1852/3600) = 1585.13 \text{ m}$

Donc :

SOC= La tolérance MAPt + La distance de transition (X)

$SOC \text{ (C/D)} = 805.953 + 1585.13 \quad \longrightarrow \quad SOC \text{ (C/D)} = 2391.08 \text{ m}$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Traitement des obstacles phase initial :

- OCA FINAL $\geq$ Alt obstacle + MFO

- OCA Final = 601 m

- Alt obs. + MFO = 465 + 75 = 540 m

- 601 m $\geq$ 540 m ; alors OCH = 152 m ; OCA = 601 m

➤ **Phase finale de l'approche interrompue:**
(VIRAGE AU PLUTOT POSSIBLE, MAPt)

Cette phase débute au SOC (2391.08 m /BSA) avec un virage à gauche à une limitation de vitesse de 210 kt, avec une pente de 2,5% et une (MFO) de 50m.

Les calculs effectués pour la conception du virage :

○ Vitesse angulaire de virage (R) en degrés/secondes, se calcule comme suit:

$$R = (3\,431 \operatorname{tg} \alpha) / \pi V_v$$

$$\checkmark V_v = V_i \text{ API FINAL} * K$$

La température utilisée : ISA+15 :

$$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$$

Avec H=1972 ft et VAR = 15

Donc : **K= 1.0563**

$$\text{Alors } V_v = 210 * 1.0563 = 221.824 \text{ kt}$$

$$R = (3\,431 \operatorname{tg} \alpha) / \pi V_v = (3431 * \operatorname{tg} 15^\circ) / \pi * 221.824 = 1,319 \text{ }^\circ/\text{s}$$

○ Rayon de virage (r) à un angle désigné d'inclinaison latérale

$$r = (V_v / (20 * \pi * R)) = 221.824 / (20 * \pi * 1) = \textbf{2.676 NM}$$

○ C (temps de réaction du pilote 3s et délai mise en virage 3s)

$$C = (3s + 3s) * (TAS + 30 \text{ kt}) = 6s * (221.824 + 30) * (1852/3600) = \textbf{0.420 NM}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Tableau 3-8 : Paramètres du virage interrompue

Catégorie C	
Paramètre [1]	Valeurs
Vitesse indiqué (VI)	210 kt
Vitesse vrai (VV)	221.824 kt
Angle de virage	124°
C	0,420 NM
Vitesse angulaire (R)	1,319 °/s
Inclinaison	15°
Rayon du virage (r)	2.676 NM
Effet du vent (E)	0.569 NM
Effet du vent (E 90)	0.569NM
$\sqrt{(r^2 + E90^2)}$	2.736 NM
r + E90	3.245 NM
r + 2E90	3.813 NM

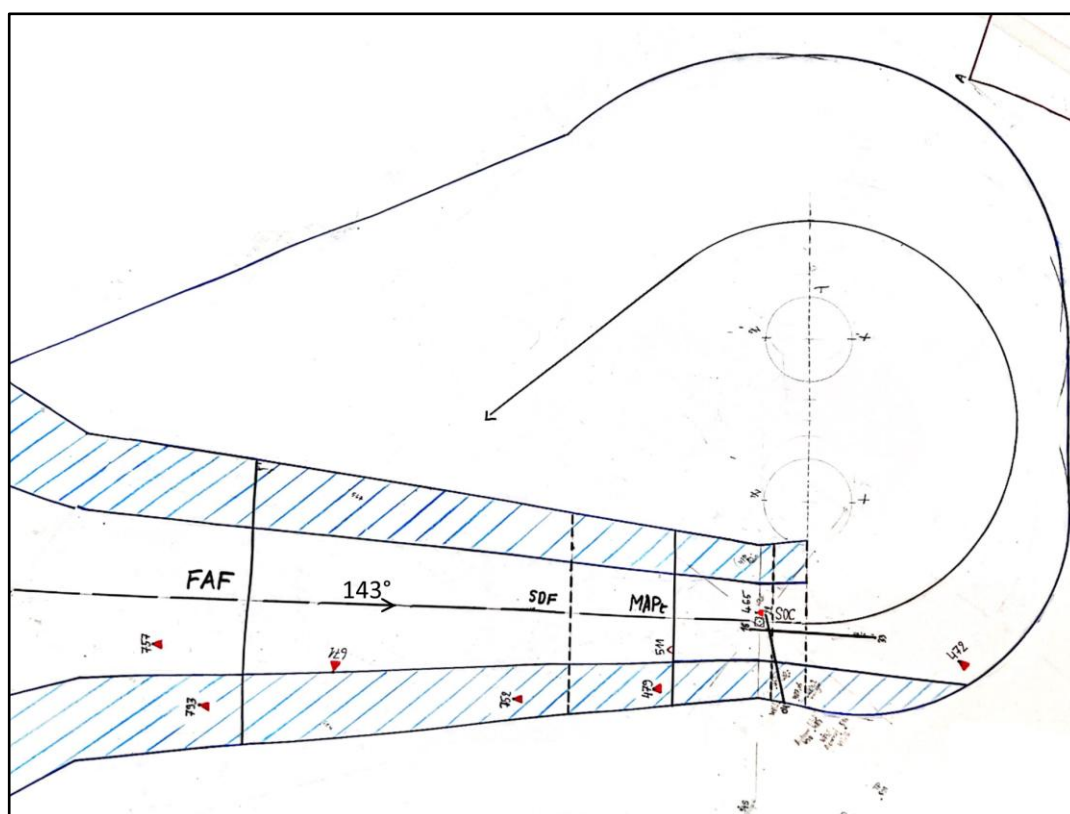


Figure 3-22 : Segment d'approche interrompue(TP au Mapt)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Traitement des obstacles phase finale de l'approche interrompue:

$$\text{OCA} + (\text{dz} \times 0.025) \geq \text{ALT obs.} + \text{MFO}$$

$$\text{OCA} + (\text{dz} \times 0.025) = 601 + (2.37 \times 0.025) \times 1852 = 711$$

$$\text{ALT obs.} + \text{MFO} = 472 + 50 = 522\text{m}$$

Donc : $\text{OCA} + (\text{dz} \times 0.025) > \text{ALT obs.} + \text{MFO}$

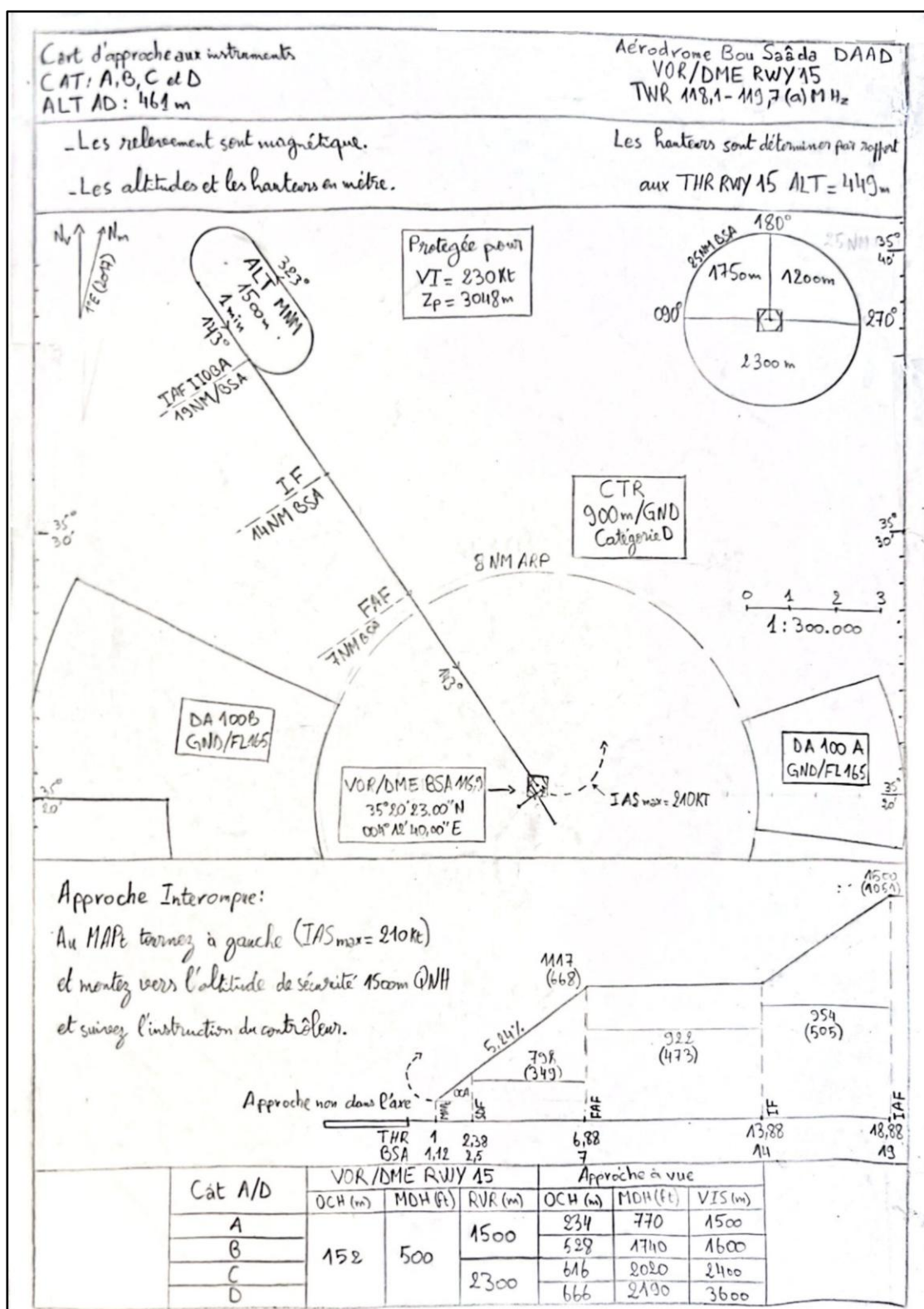
$$711\text{m} \geq 522\text{ m} ; \text{ alors } \text{OCH} = 152\text{m} \quad \text{OCA} = 601\text{m}$$

L'OCA final de la procédure d'approche VOR/DME QFU 15 :

- OCA = 601m
- OCH = 152m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ La conception manuelle de la carte de la procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 15 :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5. Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 33 :

3.5.1. Scénario 01 : l'Attente à l'intersection de la radial 325° et la distance de 13 NM:

Choix d'emplacement de la nouvelle attente :

Pour justifier notre choix d'emplacement de cette attente, nous nous sommes appuyés sur des critères essentiels pour la création d'une attente, notamment l'arrivée du flux du trafic aérien, l'orientation de l'atterrissage et l'évitement des zones à statuts particuliers.

Après l'étude de l'emplacement de l'attente, il a été conclu que le positionnement de cette attente soit au SUD du terrain à la limite avec la zone dangereuse DA 100A ,età l'intersection de la radial 325° et la distance de 13 NM VOR/DME BSA , Le temps d'éloignement a été fixé à 1 minute, avec une altitude spécifique de 10000 FT (3048 m).

Construction de procédure d'attente point fixe :

La construction des aires de protection de l'attente se fait en deux étapes :

- la première étape consiste à créer un gabarit, on utilise le meme gabarit que l'attente du RWY 22.
- la deuxième étape est de tracer l'aire de base ainsi que les aires d'entrées de l'attente VOR/DME BSA.

Les paramètres du circuit de l'attente Cat C/D :

Tableau 3-9 : Les paramètres du circuit de l'attente Cat C/D

Vi (Kt)	230
Altitude (Ft)	10000
Temp (min)	1
Temperature VAR (°C)	15
Catégorie aéronefs	C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Etape1 : Utilisation du gabarit d'attente Cat C/D :

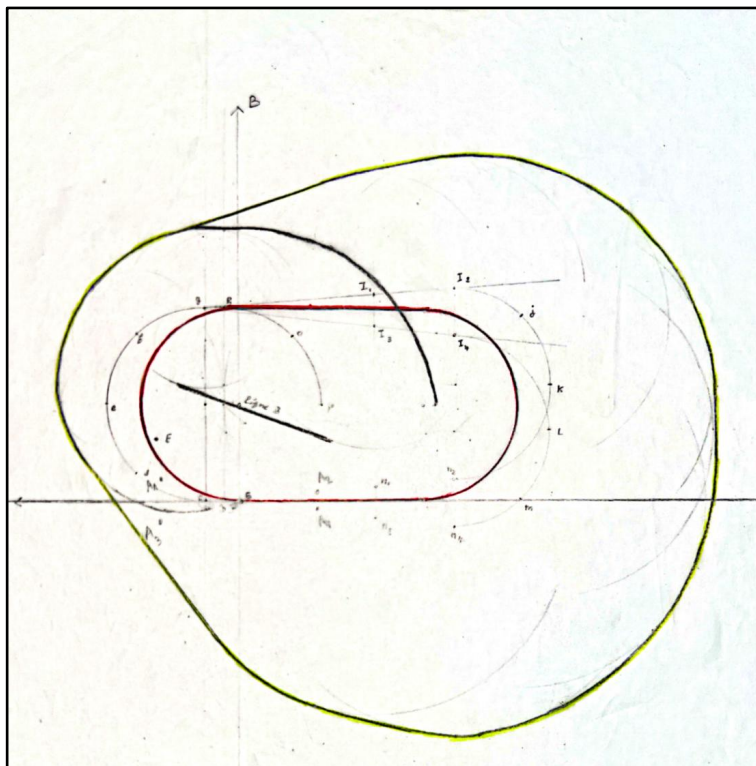


Figure 3-23 : Gabarit de circuit d'attente pour Cat C/D

➤ Étape 2 : Construction de l'aire de base et des aires d'entrées Cat C/D :

L'aire de base et les aires d'entrées ont été conçues à la base des calculs suivants :

Tableau 3-10 : Calculs liés à la construction de l'aire de base et des aires d'entrée correspondante au circuit d'attente CAT C/D

Paramètres et formules	Signification	Valeur (NM)	Valeur sur dessin (cm) échelle 1/200 000
DS	Distance horizontale	13	12,04
ds	Distance en éloignement	4.584	4,24
$D = \sqrt{DS^2 + 0,027 \, hl^2}$	Distance oblique	13.104	12,13
$DL = \sqrt{(Ds + ds)^2 + 4 \, r^2 + 0,027 \, hl^2}$	Distance limite d'éloignement	18	16,67

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

$DL_s = \sqrt{(DL^2 - 0,027 \text{ hl}^2)}$	Distance limite horizontale d'éloignement	17.924	16,60
$d_1 = 0,25 + 0,0125 D$	Tolérance DME correspondant à D	0.4138	0,38
$d_2 = 0,25 + 0,0125 DL$	Tolérance DME correspondant à DL	0.475	0,44
$D_1 = D_s + d_1$		13.4138	12,42
$D_2 = D_s - d_1$		12.5862	11,65
$DL_1 = DL_s + d_2$		18.399	17,04
$DL_2 = DL_s - d_2$		17.449	16,16

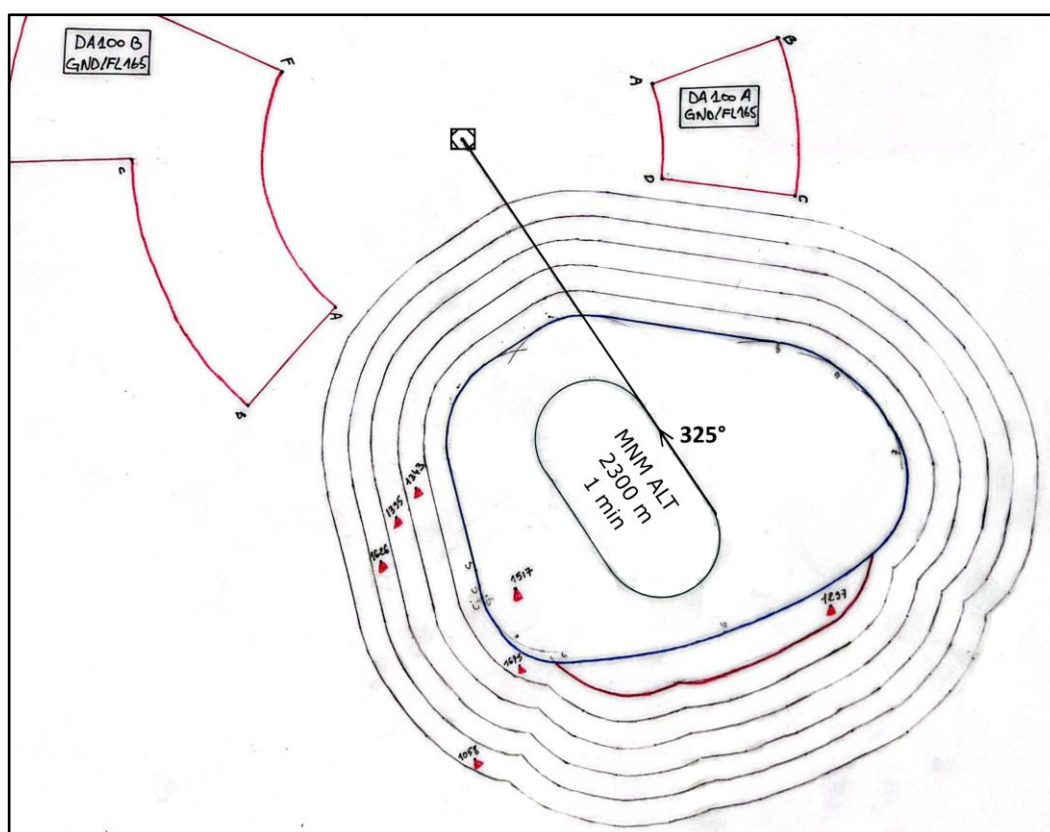


Figure 3-24 : Protection d'attente RWY 33 à 13 NM de BSA

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ L'Altitude minimal de l'attente Cat C/D :

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : $ALT\ 1 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 1517 + 300 = 1817\ m$
- Aire d'entrée : $ALT\ 2 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 1297 + 300 = 1597\ m$
- Zone tampon 1 : $ALT\ 3 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 1675 + 600 = 2275\ m$
- Zone tampon 2 : $ALT\ 4 = ALT\ obs.\ pénalisant + 50\% MFO$
 $= 1343 + 150 = 1493\ m$
- Zone tampon 3 : $ALT\ 5 = ALT\ obs.\ pénalisant + 40\% MFO$
 $= 1395 + 120 = 1515\ m$
- Zone tampon 4 : $ALT\ 6 = ALT\ obs.\ pénalisant + 30\% MFO$
 $= 1626 + 180 = 1806\ m$
- Zone tampon 5 : $ALT\ 7 = ALT\ obs.\ pénalisant + 20\% MFO$
 $= 1058 + 60 = 1118\ m$

D'où :

$$\begin{aligned} ALT\ minimal\ de\ l'attente &= \max (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6, ALT7) \\ &= \max (1817, 1597, 2275, 1493, 1515, 1806, 1118) = 2275m \end{aligned}$$

Alors l'altitude minimale de l'attente est de 2300 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ Les scénarios développés :

$$\text{Pente} = \text{Hauteur/Distance}$$

Sur la base de cette relation, nous allons d'abord étudier le profil de la procédure d'approche aux instruments afin de proposer les longueurs et les pentes de chaque segment. Étant donné que le segment final est le plus crucial, nous commencerons par définir sa longueur et sa pente optimale.

- **Scénario 1 :**

- **Proposition du segment final :**

- Longueur du segment : 5 NM avec une pente de 5,24 % (3°)

- Distances (FAF–THR) = 6.5 NM

→ D'après ces paramètres nous avons calculé l'Altitude de repère FAF :

$$\text{Hauteur} = \text{pente} \times \text{distance} = 5,24 \% \times (5 \times 1852) = 485.2$$

On a : Altitude = hauteur + altitude seuil

$$= 485.2 + 461 = 946.2 \text{ m}$$

→ D'après ces paramètres on a : Altitude (FAF) = 946.2 m

- **Proposition du segment intermédiaire :**

- Longueur du segment : 1.5 NM

- pente du segment 0 %

→ D'après ces paramètres on a : Altitude (IF) = 946.2 m

- **Proposition du segment initial IAF :**

- Longueur du segment : 5 NM

- l'Altitude de repère IAF : 2300 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

→ D'après ces paramètres on calcul la pente du segment :

$$\text{Pente} = (2300 - 946.2) / (7 * 1852) = 14.62\%$$

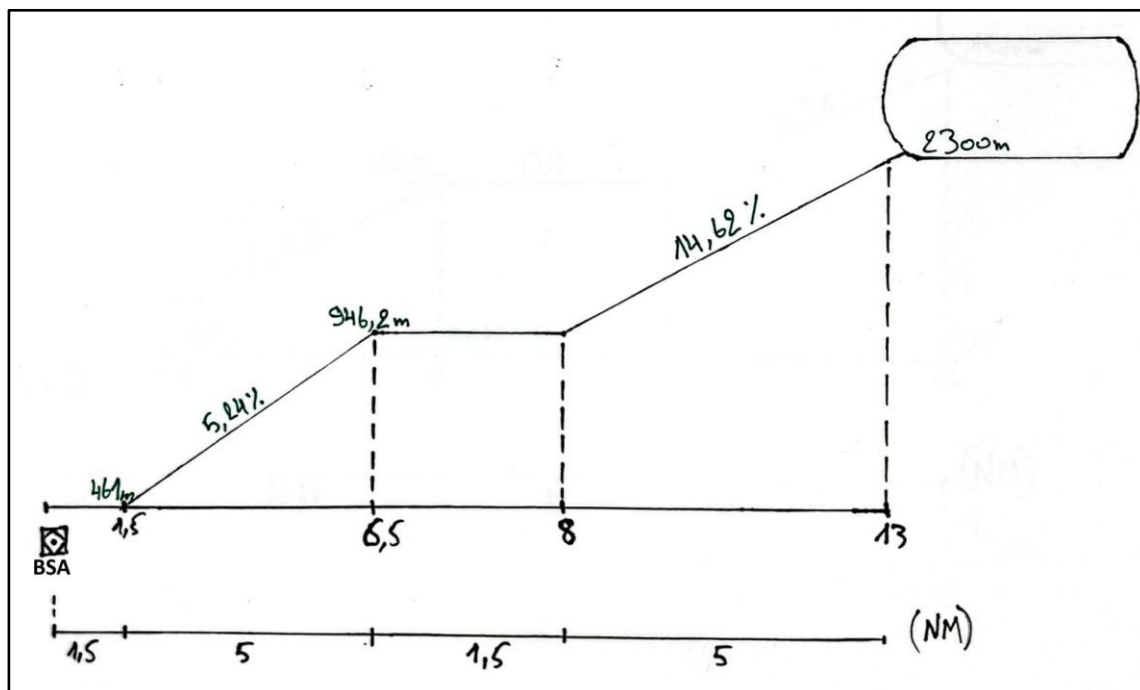


Figure 3-25 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 33

○ Résultats de l'étude :

Vu que la pente du segment initial est de 14.62% elle dépasse de loin la pente maximale autorisé de 8% ;

Donc **cette proposition d'attente n'est pas admissible**

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.2. Scénario 02 : Attente à l'intersection de la radial 143° et la distance de 19 NM (attente piste 15) :

❖ Choix d'emplacement de la nouvelle attente :

Pour justifier notre choix d'emplacement de cette attente, nous nous sommes appuyés sur des critères essentiels pour la création d'une attente, notamment l'arrivée du flux du trafic aérien, l'orientation de l'atterrissage et l'évitement des zones à statuts particuliers.

Après l'étude , il a été conclu d'exploiter l'attente de la piste 15 au profit de la piste 33 , soit au NORD du terrain, à l'intersection de la radial 143 ° et la distance de 19 NM VOR/DME BSA , Le temps d'éloignement a été fixé à 1 minute, avec une altitude spécifique de 10000 FT (3048 m).

❖ L'aire de base et les aires d'entrées Cat C/D :

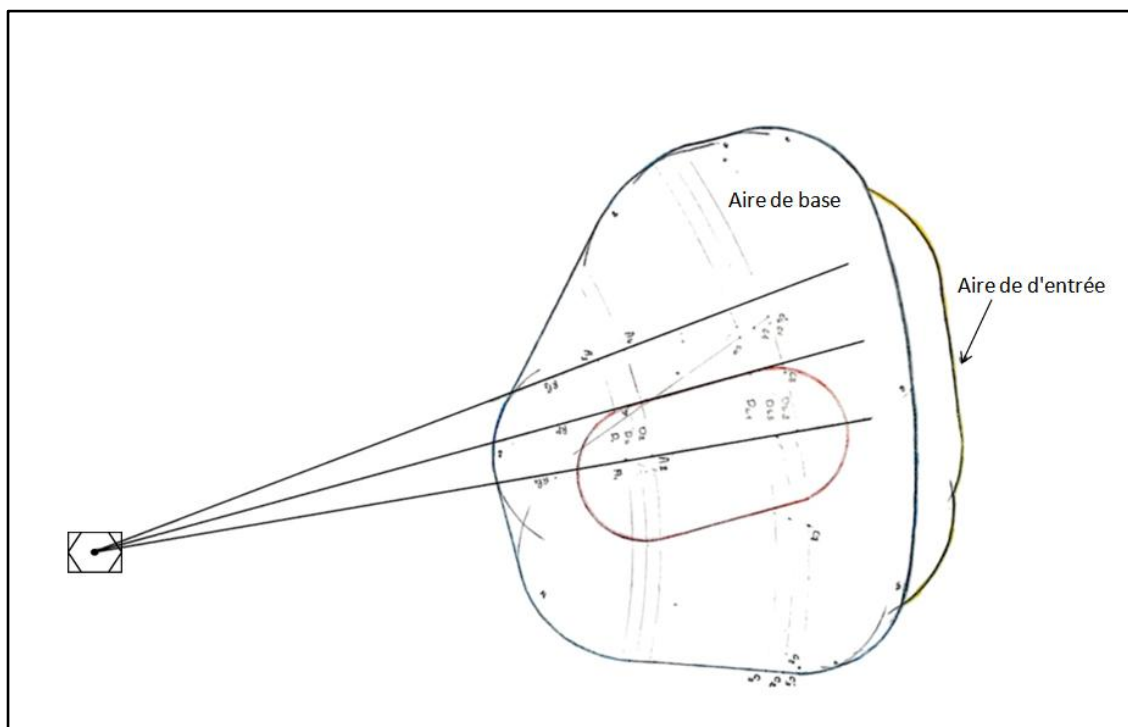


Figure 3-26 : Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ Les Zones tampons Cat C/D:

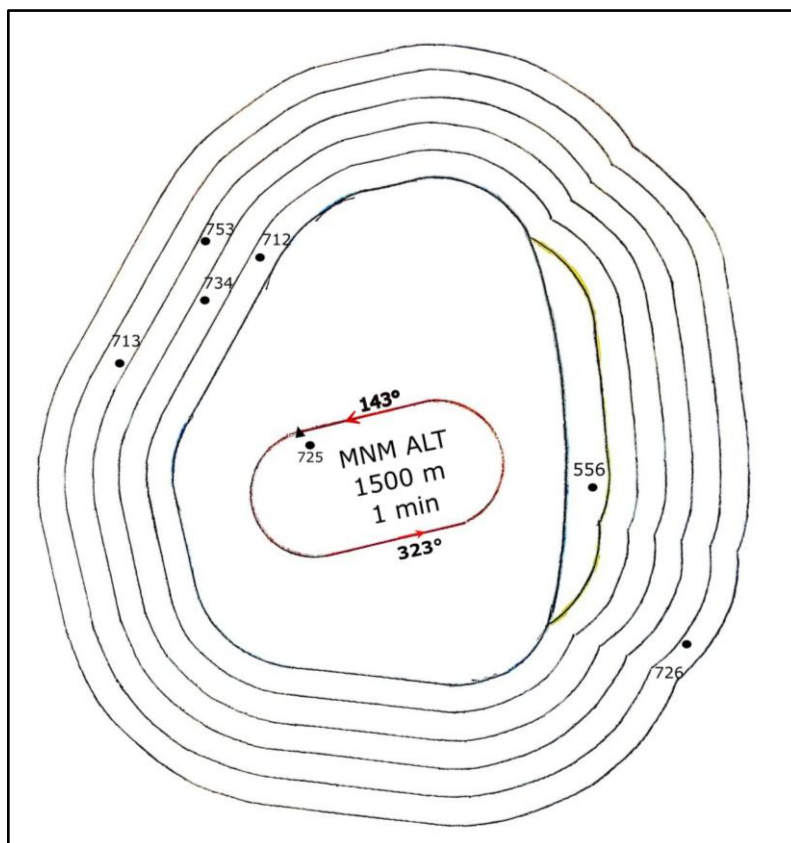


Figure 3-27 :Aires de protection de circuit d'attente Cat C/D

❖ Nombre des niveaux d'attente Cat C/D :

À partir des paramètres suivants :

- Altitude maximale d'attente : 10000 ft (3048m)
- Altitude minimale d'attente : 3445 ft (1050m), arrondie à L'altitude de sécurité 1500m (4921ft) FL50
- Altitude de transition : 1560 m cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)

On déduit le nombre de niveaux d'attente de la manière suivante :

$$\begin{aligned}\text{Nombre des niveaux} &= (Z_p \text{ max} - Z_p \text{ min}) / 1000 \\ &= (10000 - 5000) / 1000\end{aligned}$$

Donc, nous avons cinq niveaux d'attente classés comme suit, du plus bas au plus haut : FL50, FL60, FL70, FL80, FL90.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ Les scénarios développés catégorie A/B :

$$\text{Pente} = \text{Hauteur} / \text{Distance}$$

Sur la base de cette relation, nous allons d'abord étudier le profil de la procédure d'approche aux instruments afin de proposer les longueurs et les pentes de chaque segment. Étant donné que le segment final est le plus crucial, nous commencerons par définir sa longueur et sa pente optimale.

○ Proposition du segment final :

- Longueur du segment : 5 NM avec une pente de 5,24 % (3°)
- Distances (FAF–THR) = 6.5 NM

→ D'après ces paramètres nous avons calculé l'Altitude de repère FAF :

$$\text{Hauteur} = \text{pente} \times \text{distance} = 5,24 \% \times (5 \times 1852) = 485.2 \text{ m}$$

On a : Altitude = hauteur + altitude seuil

$$= 485.2 + 461 = 946.2 \text{ m}$$

○ Proposition du segment intermédiaire :

- Longueur du segment : 3 NM
- Ce segment sera établi en :
 - Une descente de 2 NM avec une pente de 5.2%
 - Et un Palier de 1 NM avec une pente de 0%
- On calcule l'altitude du repère IF :

$$\text{Hauteur} = 5.2\% \times (2 \times 1852) = 193 \text{ m}$$

$$\text{On a : Altitude (IF)} = \text{hauteur} + \text{Alt FAF} = 193 + 946.2$$

→ D'après ces paramètres on a : Altitude (IF) = 1139 m

○ Proposition du segment initial :

- Longueur du segment : 28.5 NM
- Ce segment sera établi en :
 - Un palier de 19 NM avec une pente de 0% depuis l'IAF jusqu'au vertical du VOR/DME BSA

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- Et Un virage de base d'une distance d'éloignement de 9.5NM depuis BSA.
- L'altitude de repère IAF : 1500 m

→ D'après ces paramètres on calcul la pente du segment :

$$\text{Pente} = (1500 - 1139) / (9.5 \times 1852) = 2\%$$

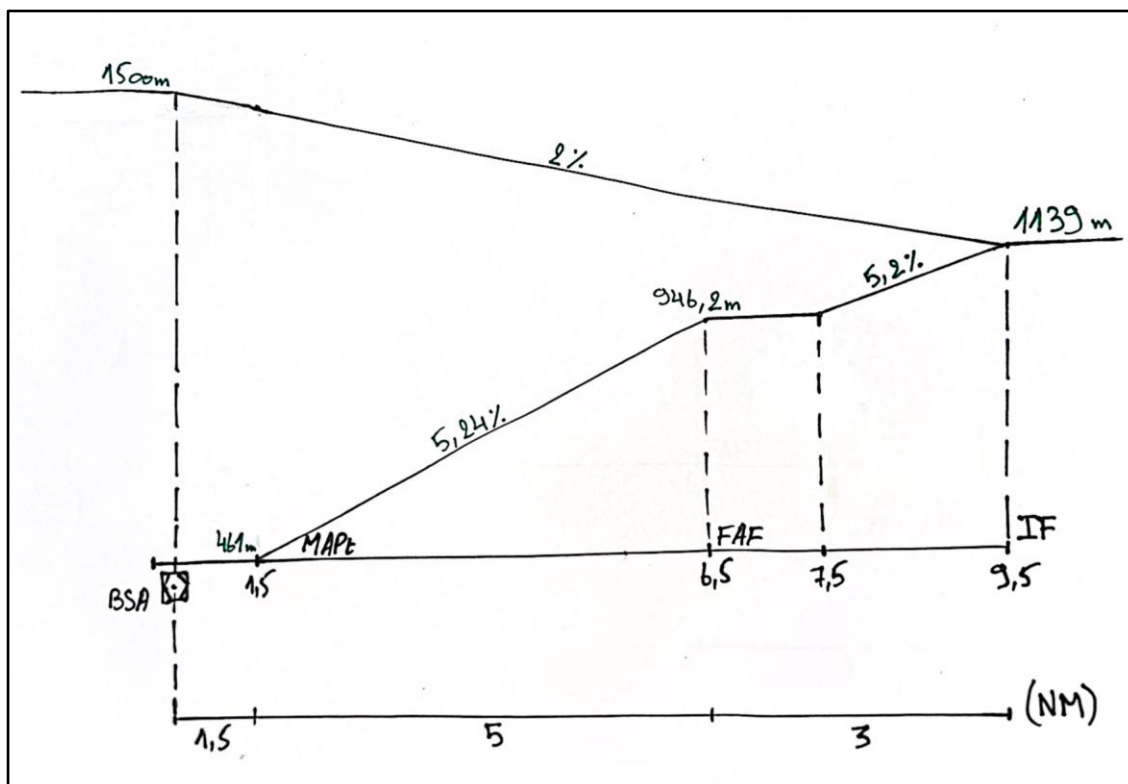


Figure 3-28 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 33 catégorie A/B

○ Résultats de l'étude :

Les conditions :

- Le segment final a une longueur de 5 NM et une pente optimale de 5.24% qui est inférieure à la pente maximale admise de 6%
- Le segment intermédiaire a une longueur en palier de 1 NM qui est la distance minimale admise pour la catégorie A/B
- Le segment initial a une pente de 2%, et elle est inférieure à la pente maximale admise 8%

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

→D'après l'étude menée nous avons déduit que la longueur des segments ainsi que leurs pentes respectives sont comme suit :

Segment	Initial		Intermédiaire		Final
	palier	Eloignement	Descente	palier	
Longueur	19 NM	9.5 NM	2 NM	1 NM	5 NM
Pente	0 %	2 %	5.2%	0 %	5.24%

3.5.3. Le segment d'approche initial Cat A/B :

Le segment d'approche initial commence à l'IAF, qui se trouve à l'intersection de la radiale 143° et la distance de 19 NM du BSAC. A partir de ce point, l'aéronef quitte l'attente et suit une trajectoire en palier jusqu'à la vertical de l'installation VOR/DME BSA, puis amorce sa descente en suivant la radiale du virage de base jusqu'au point IF.

3.5.3.1. Aire de protection du segment en ligne droite :

La largeur de l'aire de part et d'autre de la trajectoire nominale diminue linéairement depuis 5NM à l'IAF jusqu'à 2NM à la vertical VOR/DME.

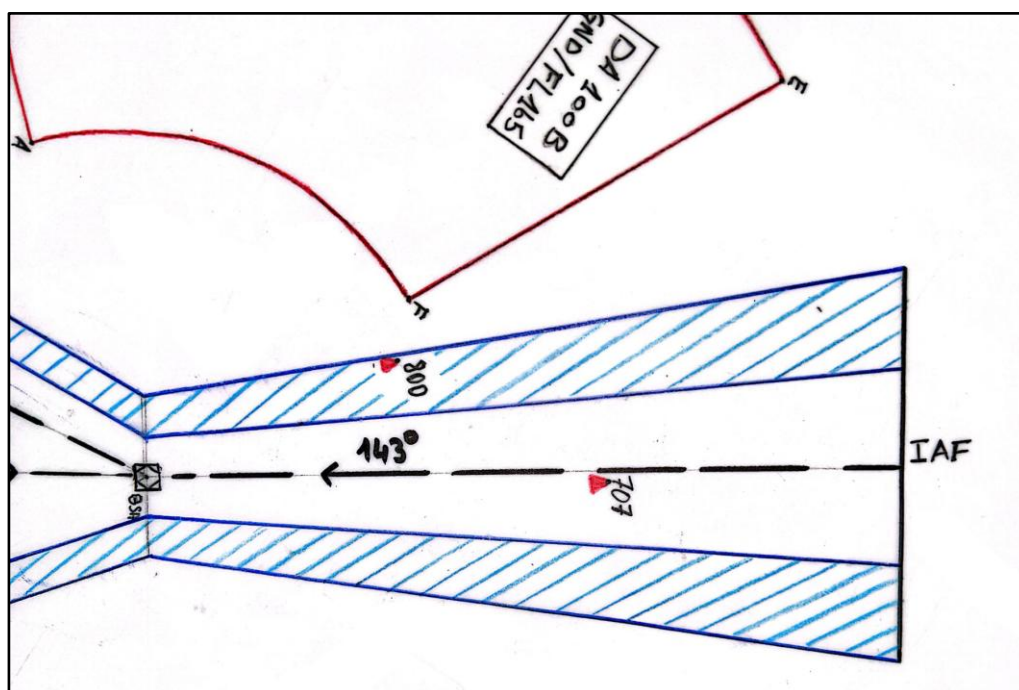


Figure 3-29 : Segment initial

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.3.2. Altitude minimale du segment d'approche initiale (phase en palier) :

❖ Détermination de l'altitude minimale de segment :

- **Aire primaire :**

MFO Obs. = MFO entière= 300

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
707 m	300 m	1022m

- **Aire secondaire :**

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs+végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
800 m	32.2m	847.2m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment initial= **1022 m**
- L'altitude de la procédure au segment initial (jusqu'à la vertical VOR/DME : 1022 m
- L'Altitude du début de segment (IAF) : 1500 m
- L'altitude à la vertical BSA : 1500 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.3.3. Aire de protection de virage de base Cat A/B :

Se fait en deux étapes :

➤ **Etape 01 : construction du gabarit de virage de base Cat A/B :**

Construction du gabarit de virage de base, qui prend en compte tous les facteurs susceptibles d'amener un aéronef à s'écarter de sa trajectoire nominale, à l'exception de ceux définissant l'aire de tolérance du début du virage d'éloignement. Le tableau suivant indique les calculs liés à la construction de gabarit d'attente :

Tableau 3-11 : les paramètres de virage de base Cat A/B

Vi (Kt)	170
Altitude (Ft)	5000
Temp (min)	3,0
Temperature VAR (°C)	20
Catégorie aéronefs	A/B

Tableau 3-12 : calcul de gabarit de virage de base Cat A/B

K	1,1153		
V=K * Vi (Kt)	189,608		
v=V/3600	0,053		
R=509,26/V	2,686		
r=V/(62.83 * R)	1,124	1,040	
h=5300/1000	5		
w=(2*h)+47	57,000		
w'=w/3600	0,016		
E= w'/R	0,006	0,005	
φ°	13,561		
t=60 * T	180		
L= v * t	9,500	8,797	
ab1=ab3=(t-5)(v-w')-zN	6,282	5,817	
ab2=ab4=(t+21)(v+w')+zN	13,973	12,939	
wd=wg=50E	0,295	0,273	1/200000
we=wf=wh=100E	0,590	0,546	
wi=190E	1,120	1,037	
wj=235E	1,385	1,283	
Dérive d(°) =arcsin(w/V)	17,495		
N3l=11v	0,579	0,536	
wl=11w'	0,174	0,161	
wm=wl+50E	0,469	0,434	
wn=wl+100E	0,764	0,707	

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

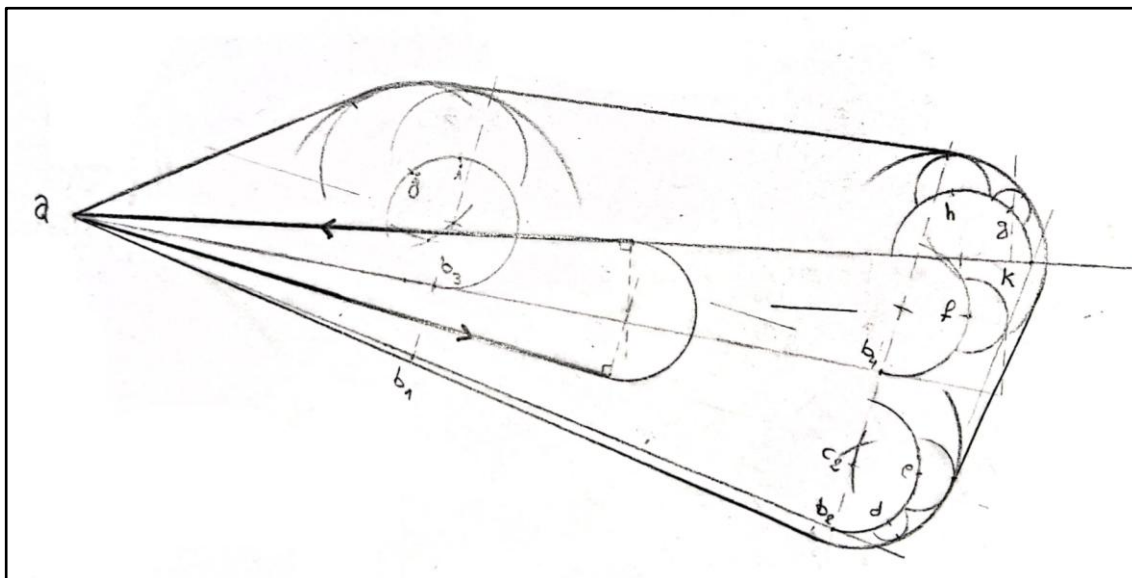


Figure 3-30 : gabarit de virage de base Cat A/B

➤ Etape 02 : Tracé de l'aire de protection du virage de base Cat A/B :

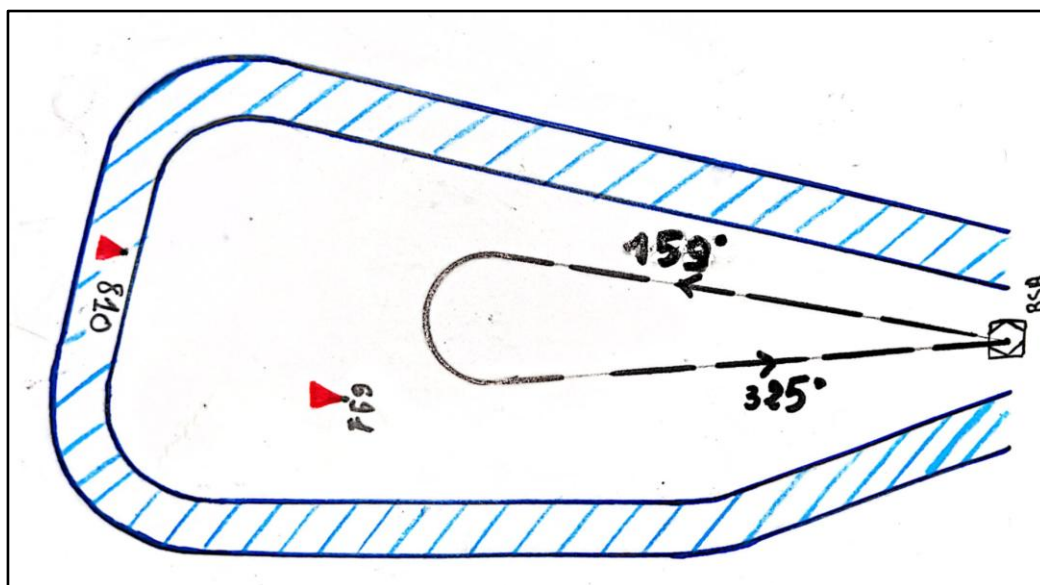


Figure 3-31 : Aire de protection du virage de base Cat A/B

3.5.3.4. Altitude minimale du segment d'approche initial Cat A/B :

L'altitude minimale du segment d'approche initiale dépend des obstacles présents dans l'aire primaire et l'aire secondaire. Par conséquent, nous avons calculé l'altitude minimale de la manière suivante en prenant en compte l'altitude de l'attente qui est l'altitude du début de segment initiale (1500 m) :

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

✓ Aire Primaire :

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO = 691 +300 = 991 m

✓ Aire secondaire :

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO = 810+(0.6/0.9)*300 = 1010 m

D'où : L'altitude minimale du segment initial (A/B) = 1010 m

3.5.4. Segment d'approche intermédiaire Cat A/B :

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 3NM établie en deux phases : une descente de 2NM avec une pente de 5.24% et un palier de 1NM sans pente, il commence à l'IF et se termine au FAF.

a) Traçage de l'aire de protection :

C'est la liaison entre la fin de l'aire de protection du segment initial et celle du segment final, et elle se divise en deux aires : primaire et secondaire.

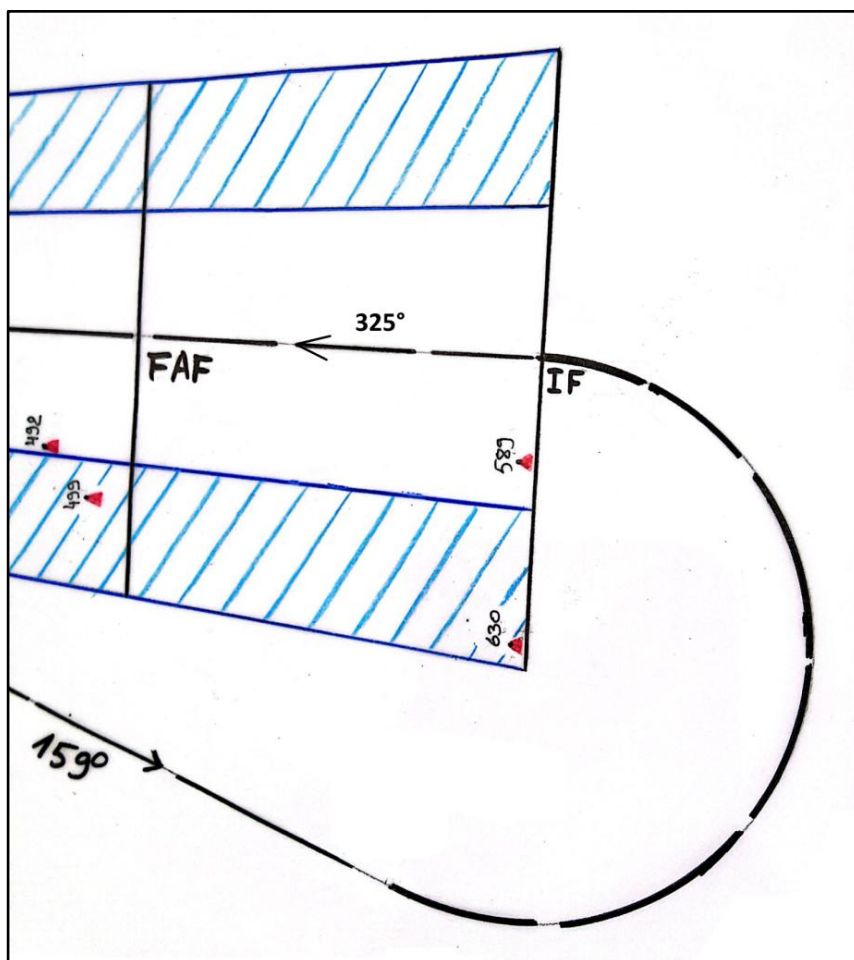


Figure 3-32 : Segment intermédiaire

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment Catégorie A/B :

- Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière=150

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
589 m	150 m	754 m

- Aire secondaire :

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs+végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
630 m	18.3 m	663.3 m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment intermédiaire = **754 m**
- L'altitude de la procédure au segment intermédiaire : 754 m
- L'Altitude du début de segment (IF) (Cat A/B) : 1139 m
- L'altitude de la fin de segment (FAF) :946.2 m

3.5.5. Le segment d'approche final cat A/B :

On a positionné le repère FAF à 6.5 NM du VOR/DME BSA avec une pente de descente de 5.24%, ce segment débute au FAF et se termine au MAPt.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

a) Traçage de l'aire de protection :

1 NM de part et d'autre de la trajectoire nominale à l'emplacement du VOR/DME puis s'évase de 7.8°, et se divise en deux aires : primaire et secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous :

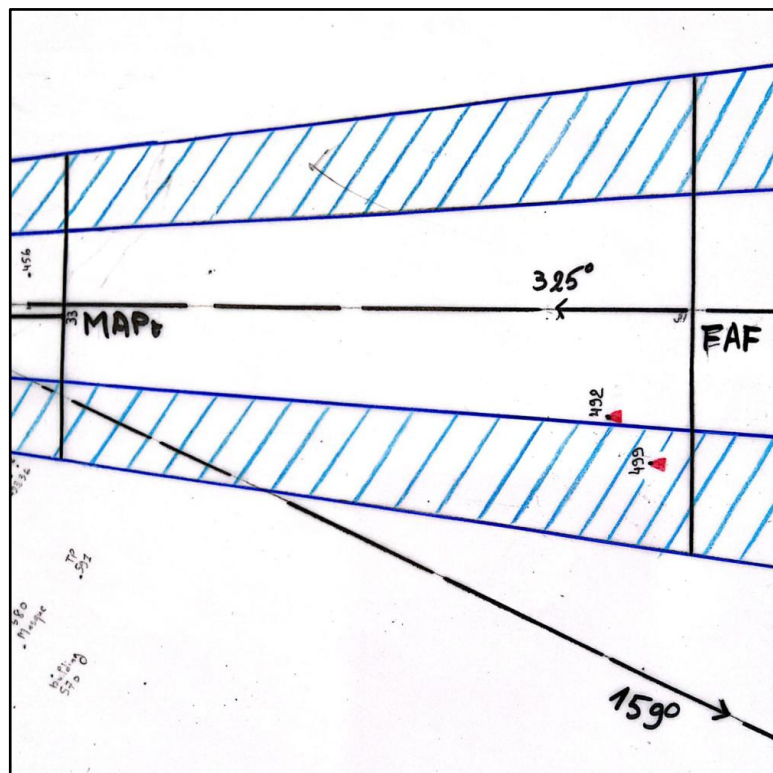


Figure 3-33 : Segment final

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

– Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière= 75m

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
492m	75 m	582m

– Aire secondaire :

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs +végétation

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Obstacle	MFO	MOCAs
499 m	51.4 m	565.4m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAP, MOCAs)
- OCA du segment final = **582m**
- L'altitude de la procédure au segment final : 582m
- L'Altitude du début de segment (FAF) : 946.2 m
- L'Altitude du fin de segment (MAPt) : 582m

❖ Les scénarios développés catégorie C/D :

○ Proposition du segment final :

- Longueur du segment : 5 NM avec une pente de 5.6 % (3.2°)
- Distances (FAF–THR) = 6.5 NM

→ D'après ces paramètres nous avons calculé l'Altitude de repère FAF :

$$\text{Hauteur} = \text{pente} \times \text{distance} = 5,6 \% \times (5 \times 1852) = 519 \text{ m}$$

$$\text{On a : Altitude} = \text{hauteur} + \text{altitude seuil} = 519 + 461 = 980 \text{ m}$$

○ Proposition du segment intermédiaire :

- Longueur du segment : 3 NM
- Ce segment sera établi en :
 - Une descente de 1.5 NM avec une pente de 5.2%
 - Et un Palier de 1.5 NM avec une pente de 0%
- On calcule l'altitude du repère IF :

$$\text{Hauteur} = 5.2\% \times (1.5 \times 1852) = 144 \text{ m}$$

$$\text{On a : Altitude (IF)} = \text{hauteur} + \text{Alt FAF}$$

$$\text{Altitude (IF)} = 144 + 980$$

→ D'après ces paramètres on a : Altitude (IF) = 1124 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- **Proposition du segment initial :**
 - Longueur du segment : 28.5 NM
 - Ce segment sera établi en :
 - Un palier de 19 NM avec une pente de 0% depuis l'IAF jusqu'au vertical du VOR/DME BSA
 - Et Un virage de base d'une distance d'éloignement de 9.5NM depuis BSA.
 - L'altitude de repère IAF : 1500 m

→ D'après ces paramètres on calcul la pente du segment :

$$\text{Pente} = (1500 - 1124) / (9.5 * 1852) = 2.13\%$$

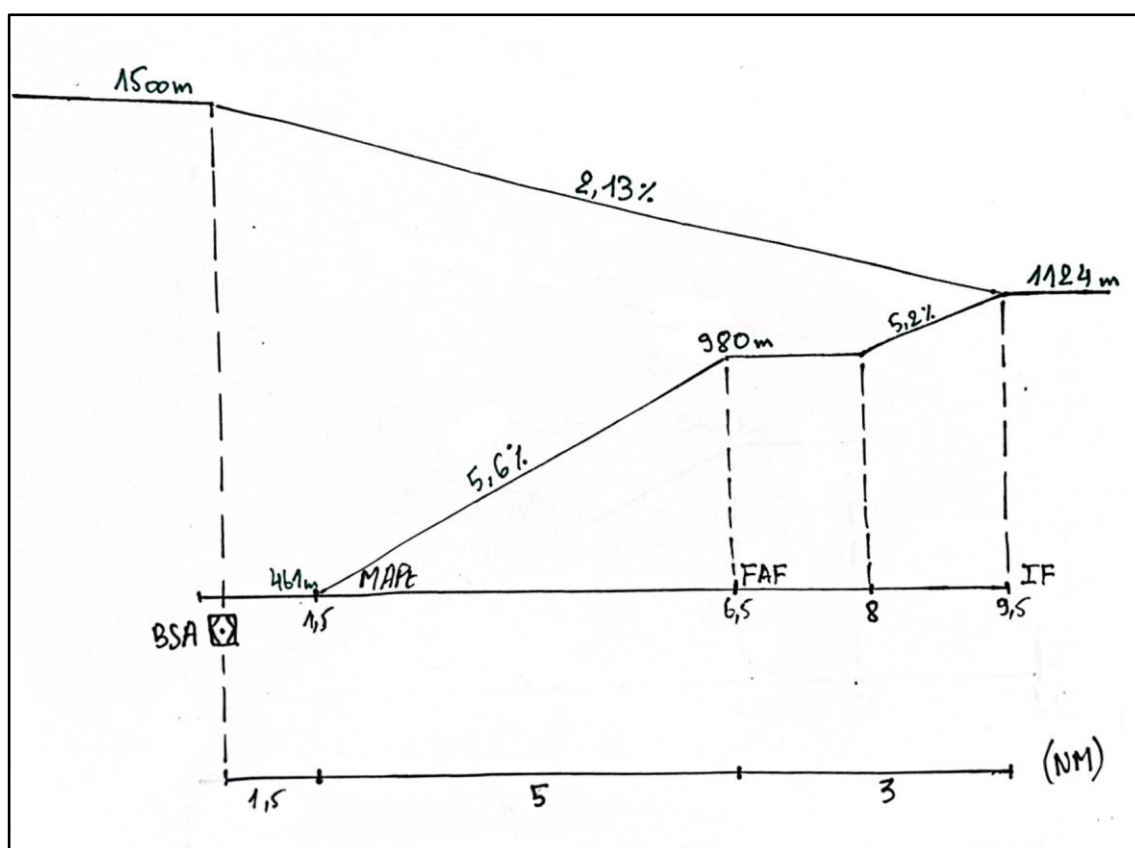


Figure 3-34 : vue de profil de la procédure d'approche classique RWY 33 catégorie C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

○ Resultats de l'étude :

Les conditions :

- Le segment final a une longueur de 5 NM et une pente de 5.6% qui est inferieur à la pente maximale admise de 6%
- Le segment intermediaire a une longueur en palier de 1.5 NM qui est la distance minimale admise pour LA catégorie C/D
- Le segment initial a une pente de 2.13%, et elle est inferieur à la pente maximale admise 8%

→D'après l'étude menée nous avons déduit que la longueur des segments ainsi que leurs pentes respectives sont comme suit :

Segment	Initial		Intermédiaire		Final
	palier	Eloignement	Descente	palier	
Longueur	19 NM	9.5 NM	1.5 NM	1.5 NM	5 NM
Pente	0 %	2.13 %	5.2%	0 %	5.6%

3.5.6. Le segment d'approche initial Cat C/D :

a) Aire de protection de virage de base Cat C/D :

Tableau 3-13 : les paramètre de virage de base Cat C/D

Vi (Kt)	230
Altitude (Ft)	5000
Temp (min)	2,2
Temperature VAR (°C)	20
Catégorie aéronefs	C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Tableau 3-14 : calcul de gabarit de virage de base Cat C/D

K	1,1153		
$V=K * V_i (Kt)$	256,529		
$v=V/3600$	0,071		
$R=509,26/V$	1,985		
$r=V/(62.83 * R)$	2,057	1,904	1/200000
$h=5300/1000$	5		
$w=(2*h)+47$	57,000		
$w'=w/3600$	0,016		
$E= w'/R$	0,008	0,007	
φ°	24,822		
$t=60 * T$	133		
$L= v * t$	9,500	8,797	
$ab1=ab3=(t-5)(v-w')-zN$	6,934	6,421	
$ab2=ab4=(t+21)(v+w')+zN$	13,618	12,610	
$wd=wg=50E$	0,399	0,369	
$we=wf=wh=100E$	0,798	0,739	
$wi=190E$	1,515	1,403	
$wj=235E$	1,874	1,736	
Dérive $d(^\circ) = \arcsin(w/V)$	12,838		
$N3l=11v$	0,784	0,726	
$wl=11w'$	0,174	0,161	
$wm=wl+50E$	0,573	0,531	
$wn=wl+100E$	0,972	0,900	

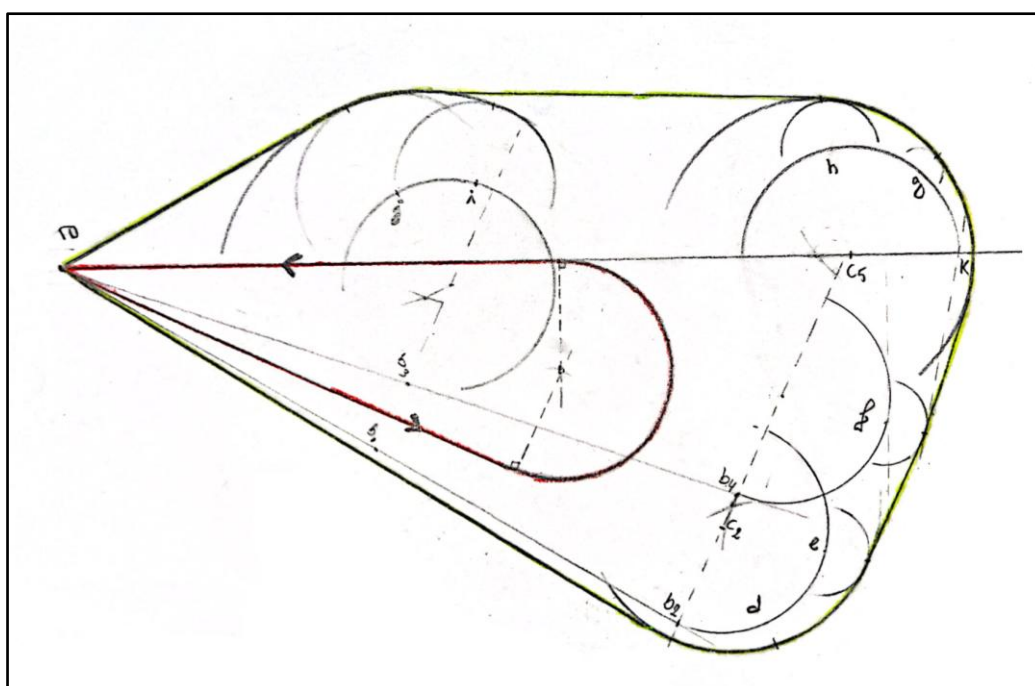


Figure 3-35 : gabarit de virage de base Cat C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

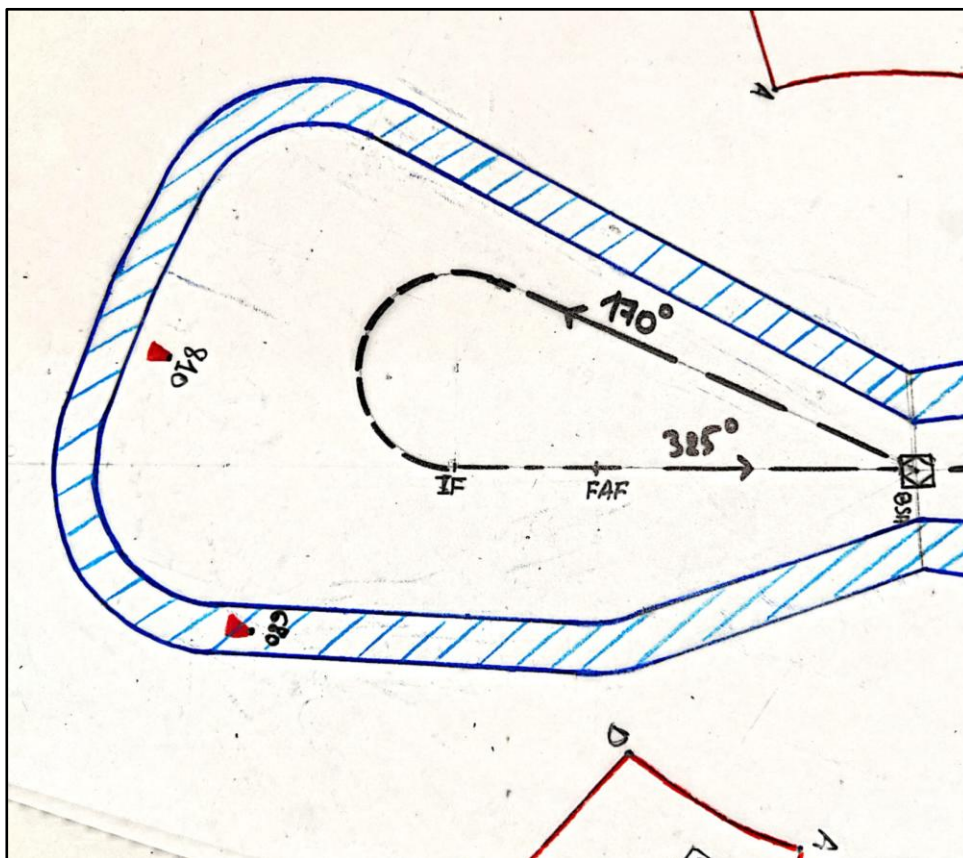


Figure 3-36 : Aire de protection du virage de base Cat C/D

b) Altitude minimale du segment d'approche initial Cat C/D :

L'altitude minimale du segment d'approche initiale dépend des obstacles présents dans l'aire primaire et l'aire secondaire. Par conséquent, nous avons calculé l'altitude minimale de la manière suivante:

✓ Aire Primaire :

$$\text{ALT min} = \text{ALT obs. Pénalisant} + \text{MFO}$$

$$\text{ALT min} = 810 + 300 = 1110 \text{ m}$$

✓ Aire secondaire :

$$\text{ALT min} = \text{ALT obs. Pénalisant} + \text{MFO}$$

$$\text{ALT min} = 680 + (0.4/0.9) * 300 = 814 \text{ m}$$

D'où : L'altitude minimale du segment initial (C/D) = 1110 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.7. Segment d'approche intermédiaire Cat C/D :

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 3NM établie en deux phases : une descente de 1.5 NM avec une pente de 5.4% et un palier de 1.5NM sans pente, il commence à l'IF et se termine au FAF.

a) Traçage de l'aire de protection :

C'est la liaison entre la fin de l'aire de protection du segment initial et celle du segment final, et elle se divise en deux aires : primaire et secondaire.

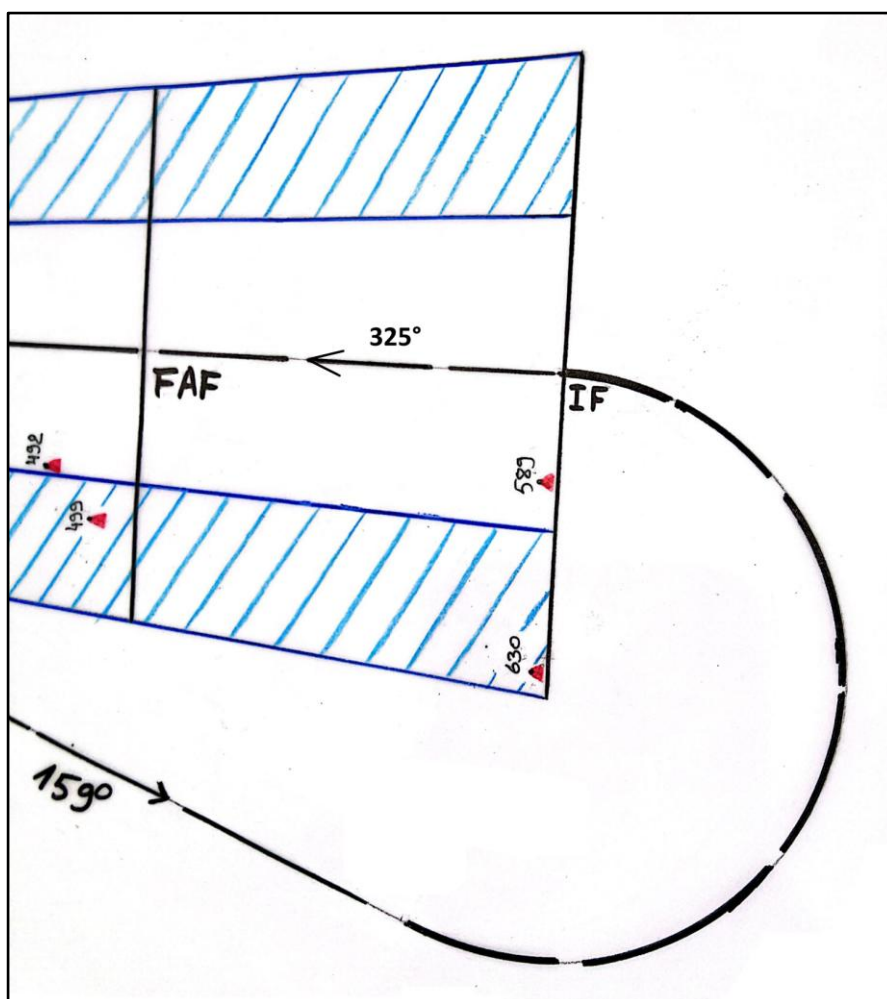


Figure 3-37 : Segment intermédiaire

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment Catégorie C/D :

- Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière=150

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
589 m	150 m	754 m

- Aire secondaire :

MFO Obs. = $(D2/D1) \times$ MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs+végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
630 m	18.3 m	663.3 m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment intermédiaire = **754 m**
- L'altitude de la procédure au segment intermédiaire : 754 m
- L'Altitude du début de segment (IF) (Cat C/D) : 1124 m
- L'altitude de la fin de segment (FAF) : 980 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.8. Le segment d'approche final Cat C/D:

On a positionné le repère FAF à 6.5 NM du VOR/DME BSA avec une pente de descente de 5.6%, ce segment débute au FAF et se termine au MAPt.

a) Traçage de l'aire de protection :

1 NM de part et d'autre de la trajectoire nominale à l'emplacement du VOR/DME puis s'évase de 7.8°, et se divise en deux aires : primaire et secondaire. Les aires de protection de ce segment sont illustrées ci-dessous :

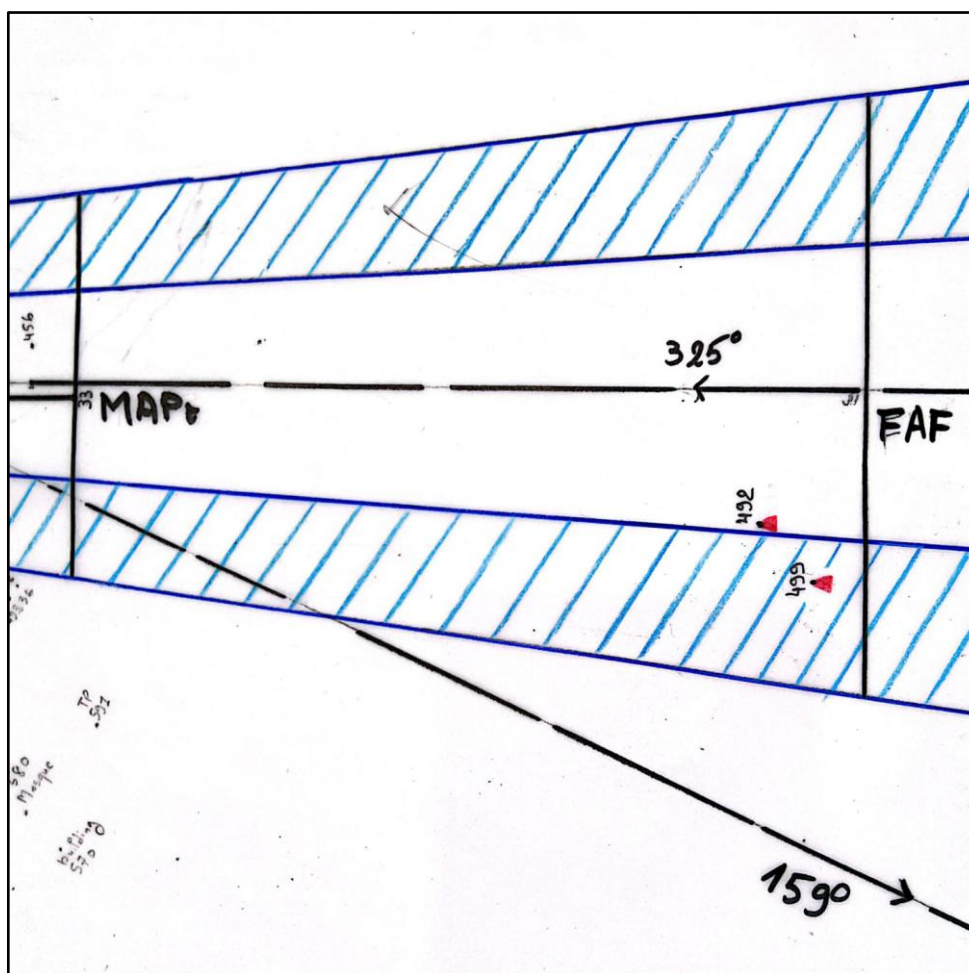


Figure 3-38 : Segment final

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

- Aire primaire :

MFO Obs. = MFO entière= 75m

MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+végétation

Obstacle	MFO	MOCAp
492m	75 m	582m

- Aire secondaire :

MFO Obs. = (D2/D1) x MFO entière

MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs +végétation

Obstacle	MFO	MOCAs
499 m	51.4m	565.4m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAp, MOCAs)
- OCA du segment final= **582m**
- L'altitude de la procédure au segment intermédiaire : 582m
- L'Altitude du début de segment (FAF) : 980m
- L'Altitude du fin de segment (MAPt) : 582m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.9. Segment d'approche interrompue :

Une procédure d'approche interrompue sera établie pour chaque approche aux instruments et spécifiera un point où la procédure commence et un point où elle se termine. Cette procédure est amorcée au Mapt et comprend trois phases : initiale, intermédiaire et finale.

3.5.9.1. Phase initiale de l'approche interrompue :

Cette phase débute au MAPT et se termine au SOC avec pente 0% et une MFO 75 m.

❖ Détermination du SOC pour CAT A/B :

SOC= La tolérance MAPt+ La distance de transition (X).

1. La tolérance MAPt = Tolérance du moyen+ une distance (d).

• Tolérance du moyen= $0,25 + 1,25\% \cdot D$.

Avec (D : distance entre MAPt et DME=1.5NM)

Tolérance du moyen = $0.26875 \text{ NM} = 497.725 \text{ m}$

• d A/B = $3S \times (VV + V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion}$

✓ Détermination Vv :

$Vv = VI \text{ MAX de l'APPROCHE FINAL} \times k$

Facteur K :

En montant chaque 1000 ft, la température diminue de 2° Altitude au mapt est de 582 m (1910 ft)

1000 ft $\longrightarrow$ 2°C

1910 ft $\longrightarrow$ T ?

La température correspond à 1785 ft : $T = (1910 \cdot 2) / 1000$; $T = 3,82^\circ\text{C}$

Température aéroport : $T(AD) = 25,15^\circ\text{C}$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

La température au niveau moyen de la mer (MSL) égale à 15°C

La variation de la températures VAR : $VAR = 25,15^\circ - (15 - 3,82) = 13,97^\circ \text{C}$
arrondie 15°C

La température de référence utilisée : **ISA+15**

Après on calcule le facteur K à partir de la formule suivante :

$$K = 171233 \times [(288 \pm VAR) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$$

Avec H=1910 ft et VAR = 15

Donc : **K=1.0553**

Alors : $d A/B = 3S \times (130 \times 1.0553 + 10) \times (1852/3600)$;

$$d A/B = 3S \times (137.192 + 10) \times (1852/3600) = 227.166 \text{ m}$$

La tolérance MAPT= Tolérance du moyen+ une distance (d).

$$\text{La tolérance MAPT} = 497.725 + 227.166 = 724.891 \text{ m}$$

2. La distance de transition (X) :

$X A/B = 15 S \times (V_v + V \text{ vent arriéré}) \times \text{un facteur de conversion}$

$$X A/B = 15 s (137.192 + 10) \times (1852/3600) = 1135.83 \text{ m}$$

Donc :

SOC= La tolérance Mapt+ La distance de transition (X)

$$\text{SOC A/B} = 724.891 + 1135.83 \longrightarrow \text{SOC A/B} = 1860.72 \text{ m}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ Détermination du SOC pour CAT C/D :

SOC= La tolérance MAPt+ La distance de transition (X).

1. La tolérance MAPt= Tolérance du moyen+ une distance (d).

- Tolérance du moyen =0.26875 NM= 497.725m
- $d\ C = 3S \times (VV + V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion}$

✓ Détermination Vv :

$Vv = VI \text{ MAX de l'APPROCHE FINAL} \times k$

$=185 \times 1.0553 = 195.234 \text{ kt}$

Alors: $d\ (C) = 3S \times (185 \times 1.0553 + 10) \times (1852/3600)$;

$d\ (C) = 3S \times (195.234 + 10) \times (1852/3600) = 316.745 \text{ m}$

La tolérance MAPt = Tolérance du moyen+ une distance (d).

Tolérance MAPt =497.725+316.745 = 814.470 m

2. La distance de transition (X) :

$X\ (C) = 15\ S \times (Vv + V \text{ vent arrière}) \times \text{un facteur de conversion}$

$X\ (C) = 15\ s\ (195.234 + 10) \times (1852/3600) = 1583.72 \text{ m}$

Donc :

SOC= La tolérance Mapt+ La distance de transition (X)

$SOC\ (C) = 814.470 + 1583.72 \longrightarrow \text{SOC (C) = 2398.19 m}$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

➤ Traitement des obstacles phase initial:

- OCA FINAL $\geq$ Alt obstacle + MFO
- OCA Final = 122 m
- Alt obstacle + MFO = 456 + 75 = 531 m
- 582 m $\geq$ 531 m ; alors OCH = 121 m ; OCA = 582 m

3.5.9.2. Phase intermédiaire de l'approche interrompue :

Cette phase commence au SOC et se termine au point SA désigné à une altitude de 3500 ft à 9.8 Nm du VOR/DME BSA avec une pente de 2.5% et une MFO 30m

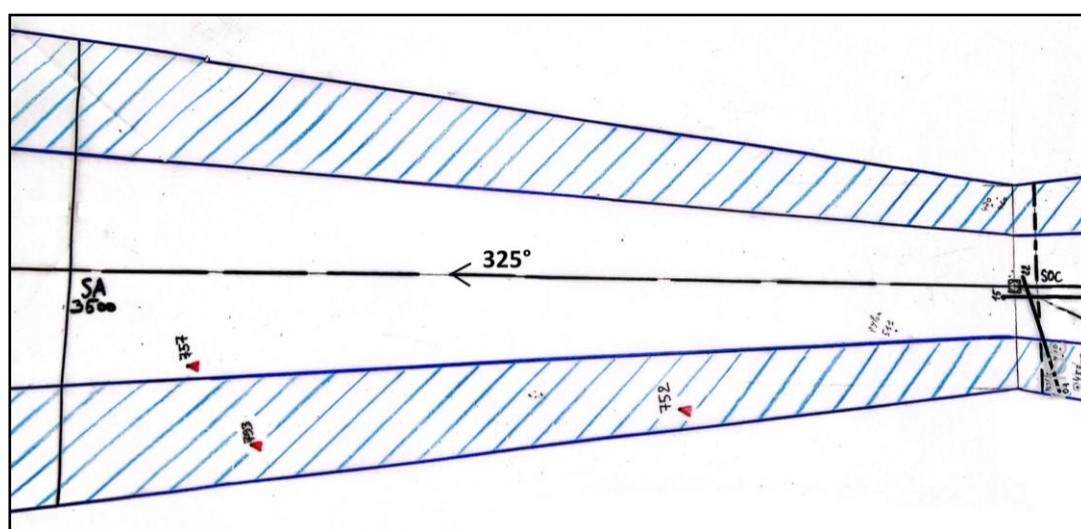


Figure 3-39 : Segment intermédiaire d'approche interrompue

➤ Traitement des obstacles phase intermédiaire:

$$OCA + (dz \times 0.025) \geq ALT \text{ obs.} + MFO$$

$$OCA + (dz \times 0.025) = 582 + (3.24 \times 0.025) \times 1852 = 732$$

$$ALT \text{ obs.} + MFO = 752 + (0.75/2.7) \times 30 = 760$$

$$\text{Donc : } ALT \text{ obs.} + MFO > OCA + (dz \times 0.025)$$

760 $\geq$ 732 ; alors le nouvel OCH :

$$OCH = H (\text{obs}) + MFO - \text{gain} = 291 + (0.75/2.7) \times 30 - (3.24 \times 0.025) \times 1852 = 150\text{m}$$

$$OCH = 150 \text{ m ; } OCA = 611.$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.5.9.3. Phase finale de l'approche intermédiaire :

Cette phase débute au point SA désigné à une altitude de 3500 ft est se termine au point SA désigné à 5000 ft, avec une pente de 2,5 % et une (MFO) de 50 m.

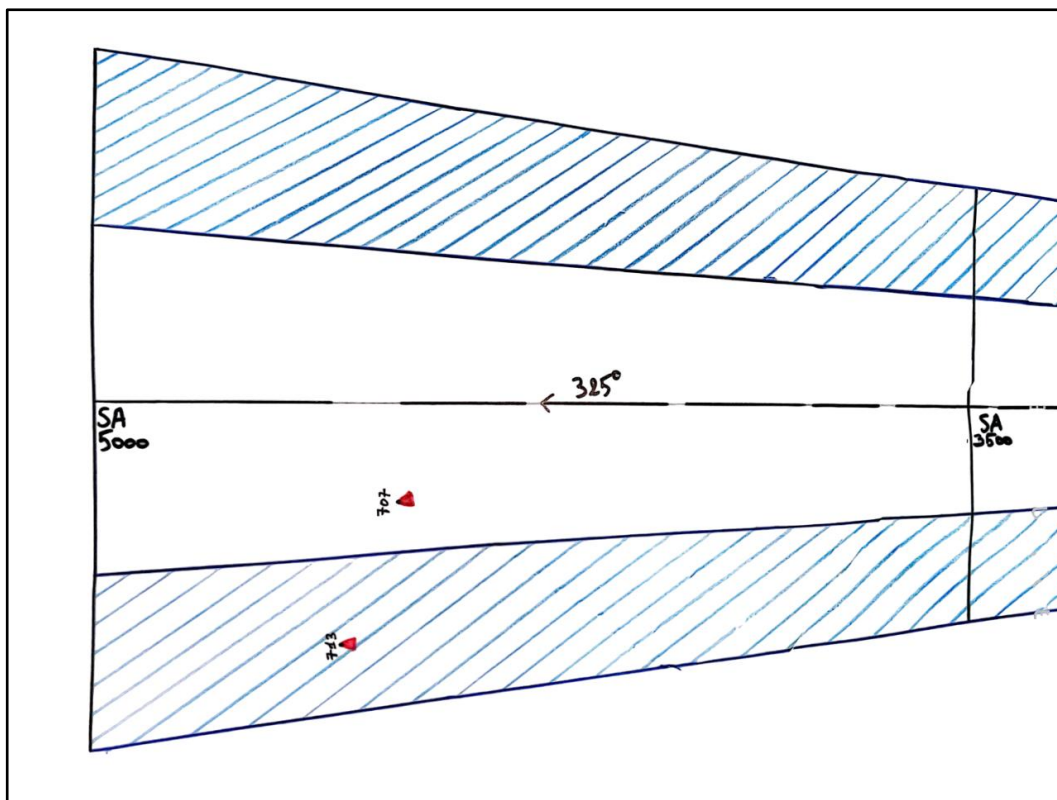


Figure 3-40 : Segment final d'approche interrompue

➤ **Traitement des obstacles Phase finale :**

$$\text{ALT (SA)} + (\text{dz} \times 0.025) \geq \text{ALT obs.} + \text{MFO}$$

$$\text{ALT (SA)} + (\text{dz} \times 0.025) = 1067 + (6 \times 0.025) \times 1852 = 1344.8 \text{ m}$$

$$\text{ALT obs.} + \text{MFO} = 707 + 50 = 757 \text{ m}$$

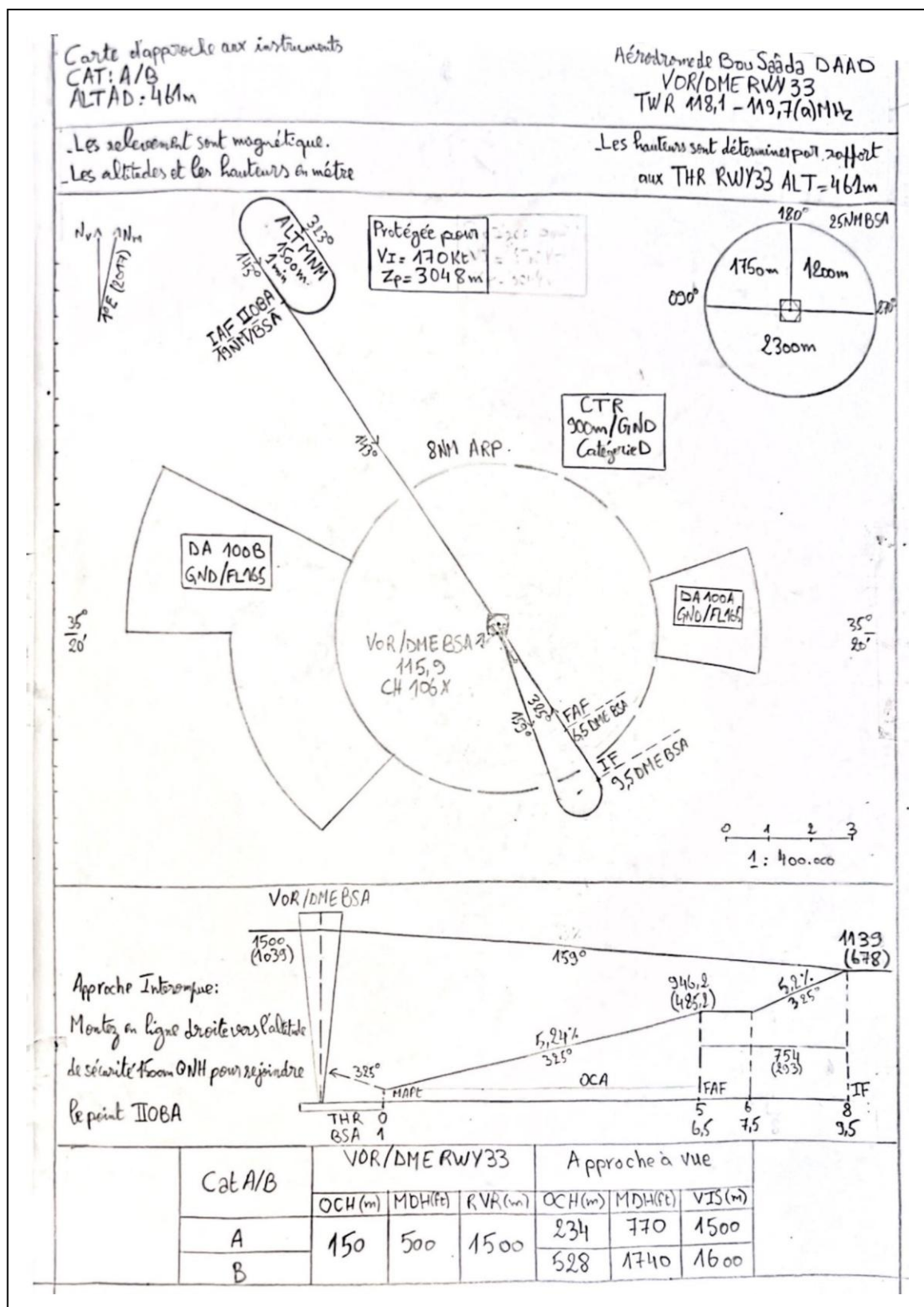
$$1344.8 \text{ m} \geq 757 \text{ m};$$

$$\text{Donc : ALT (SA)} + (\text{dz} \times 0.025) > \text{ALT obs.} + \text{MFO}$$

$$\text{Alors OCH} = 150 ; \text{OCA} = 611 \text{ m.}$$

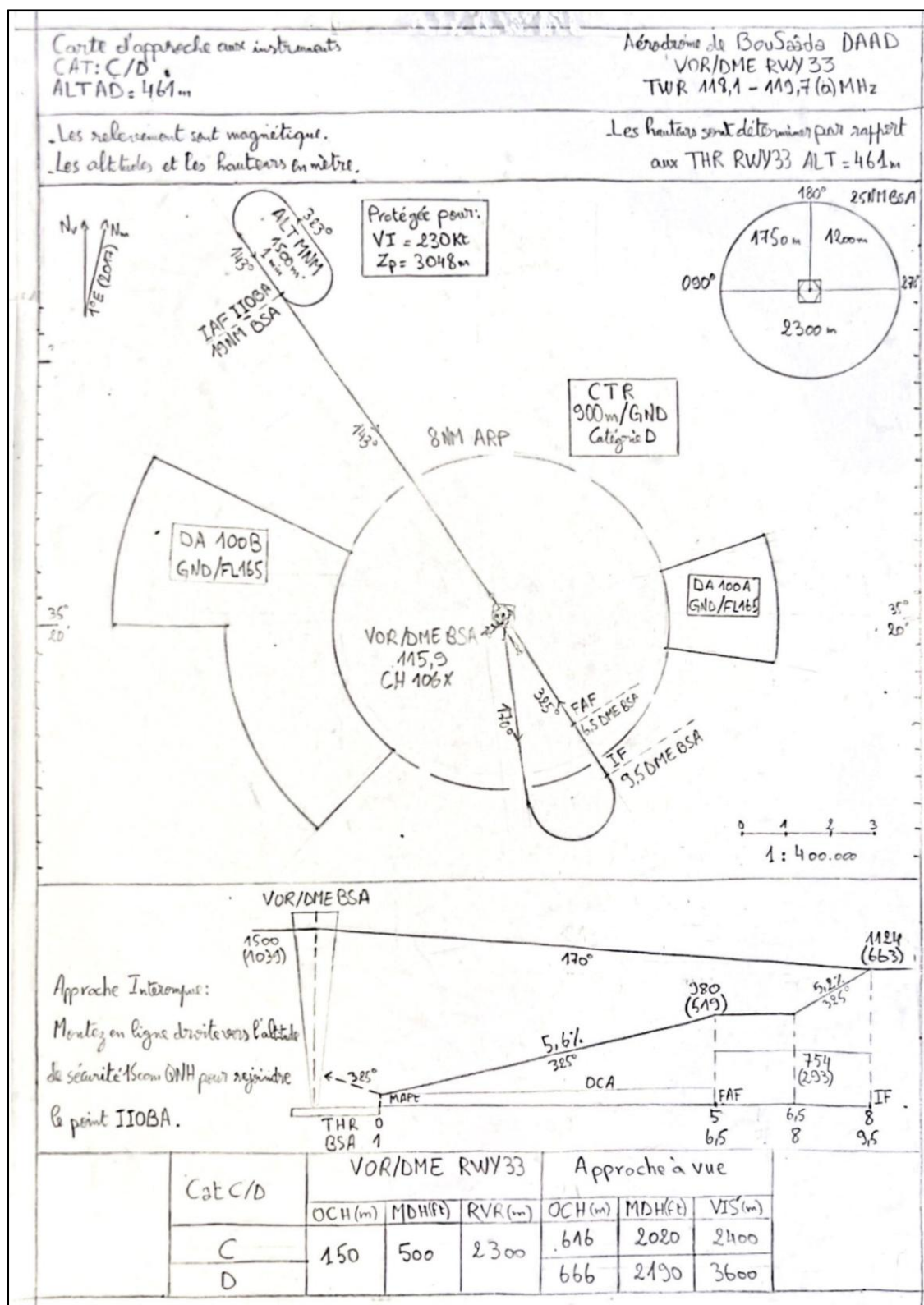
Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ La conception manuelle de la carte de la procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 33 Cat A/B :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

- ❖ La conception manuelle de la carte de la procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 33 Cat C/D :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.6. MANOEUVRE A VUE LIBRE (Conception manuelle) :

Une approche indirecte (MVL) a été établie où le pilote n'est pas tenu de suivre une trajectoire prédéfinie, mais doit rester à l'intérieur de l'aire de protection associée à sa catégorie d'aéronef (CAT A/B/C/D).

3.6.1. Calcul du rayon Rc :

Les aires de protection dépendent du rayon Rc et varient selon la catégorie d'aéronef. Ce rayon est calculé comme suit : Le rayon

$RC = 2 \times \text{Le rayon du virage (r)} + \text{Le segment rectiligne d'alignement(S)}$

✓ Le rayon du virage (r) = $V_v / (20\pi R)$

✓ Le segment rectiligne d'alignement dépend catégorie d'aéronef

✓ La Vitesse angulaire (R) = $(3431 \text{ tg } \alpha) / \pi V_v$

✓ La vitesse déduite de la vitesse indiquée, en considérant une altitude de vol égale à l'altitude de l'aérodrome +1000 ft et une température égale à ATI + 15°

✓ Vent : 25 kt pendant tout le virage

✓ Inclinaison : 20°

$V_v = V_i \text{ pour chaque catégorie } * K$

Facteur K :

La température utilisée : ISA+15

$K = 171233 \times [(288 \pm \text{VAR}) - 0,00198H]^{0,5} \div (288 - 0,00198H)^{2,628}$

H=766 m (2513ft) VAR=15

K = 1.065

$V_v = V_i * K + 25 \text{kt} = 110 * 1.065 + 25 = 142.15 \text{ kt}$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Calcul du rayon Rc pour CAT A :

$$R = (3431 \operatorname{tg} \alpha) / \pi V_v = (3431 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) / (\pi \cdot 142.15) = 2.796^\circ/\text{s}$$

$$r = V_v / (20 \cdot \pi \cdot R) = (142.15) / (20 \cdot \pi \cdot 3) = 0.809 \text{ NM}$$

$$R_c = (2 \cdot 0.809) + 0.3 = 1.918 \text{ NM}$$

--- Les calculs de Rc pour toutes les catégories des aéronefs sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3-15 : Calcul du rayon Rc

Cat	S (Nm)	Vi (Kt)	K	Vv (Kt)	R (°/s)	r (NM)	Rc (Nm)	1/50 000
A	0,300	110,000	1,065	142,142	2,796	0,809	1,9179	7,10
B	0,400	135,000	1,065	168,765	2,355	1,140	2,6808	9,93
C	0,500	180,000	1,065	216,687	1,834	1,880	4,2599	15,78
D	0,600	205,000	1,065	243,310	1,634	2,370	5,3406	19,78

Ces aires de protection sont illustrées dans la figure ci-dessous :

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments

VOR/DME RWY15 RWY22 et RWY 23

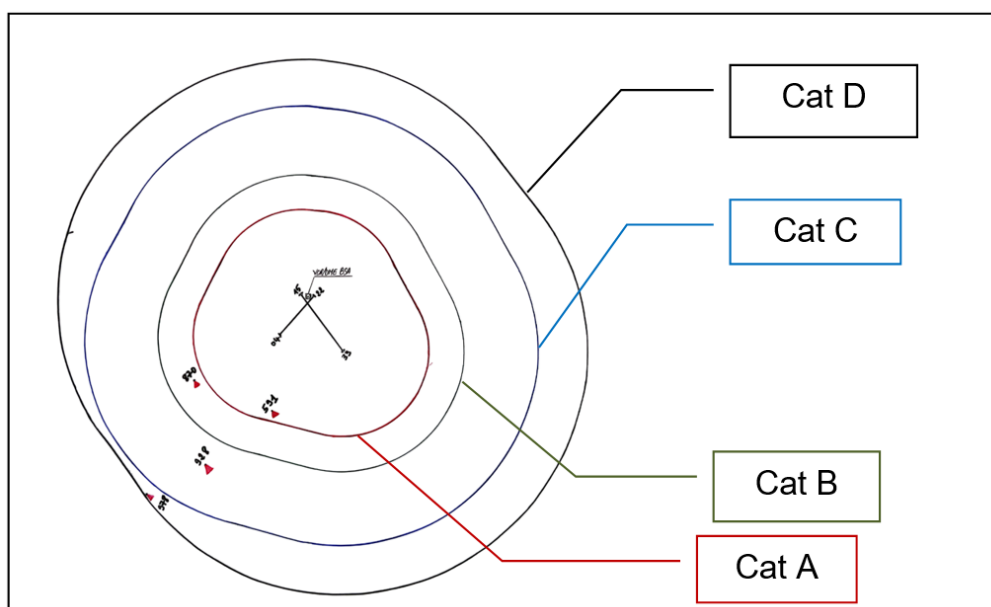


Figure 3-41 : Manoeuvre à vue Libre

3.6.2. Détermination de l'altitude minimal de sécurité :

Tableau 3-16 : Calculs liés à la détermination de hauteur minimale de sécurité pour la
MVL

	Alt Obstacle (m)+ végétation	MFO (m)	OCA (m)	OCH (m)
CAT A	591	90	681	234
CAT B	885	90	975	528
CAT C	943	120	1063	616
CAT D	993	120	1113	666

Tableau 3-17 : les minimas de la MVL

Cat d'A/C	OCH(m)	MDH (ft)
CAT A	234	770
CAT B	528	1740
CAT C	616	2020
CAT D	666	2190

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.7. Les minimas opérationnels d'aérodrome (MOA) :

Les limites d'utilisation de l'aérodrome de Bou Saada pour chaque décollage et atterrissage sont exprimées en termes de visibilité (VIS), portée visuelle de piste (RVR) et hauteur minimale de décision (MDA/H). Ces derniers sont déterminés en prenant en compte les paramètres suivants : catégorie d'aéronef, balisage (longueur de la rampe d'approche), OCA/H (hauteur de l'obstacle d'approche directe et indirecte), ainsi que les conditions météorologiques (RVR, VIS et QNH).

- Le type de balisage a l'aérodrome de Bou Saada : PAS DE RAMPE D'APPROCHE
- Détermination des valeurs de RVR :
 - La détermination des valeurs de RVR repose sur l'utilisation conjointe des deux tableaux C et D (DOC 8168)
 - Dans un premier temps, le tableau C est utilisé pour obtenir une première valeur de RVR.

Trois cas se présentent alors :

- Si cette valeur de RVR est comprise entre les valeurs MNM et MAX obtenues à partir du tableau D, c'est la valeur à publier ;
- Si cette valeur de RVR est inférieure à la valeur MNM obtenue à partir du tableau D, c'est la valeur MNM du tableau D qui doit être publiée ;
- Si cette valeur de RVR est supérieure à la valeur MAX obtenue à partir du tableau D, c'est la valeur MAX du tableau D qui doit être publiée

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Tableau 3-18 : Valeurs des RVR en fonction des MDH et des équipements (Tableau C)

DH ou MDH (pieds – ft)	RVR (mètres-m)			
	Équipement en aides lumineuses			
	Installations complètes	Installations intermédiaires	Installations De base	Pas de ligne d'approche
	Voir 2.3 pour RVR inférieures à 750 m			
200 à 210	550	750	1000	1200
211 à 220	550	800	1000	1200
221 à 230	550	800	1000	1200
231 à 240	550	800	1000	1200
241 à 250	550	800	1000	1200
251 à 260	600	800	1000	1300
261 à 280	600	900	1000	1300
281 à 300	650	900	1100	1400
301 à 320	700	1000	1200	1400
321 à 340	800	1100	1300	1500
341 à 360	900	1200	1400	1600
361 à 380	1000	1300	1500	1700
381 à 400	1100	1400	1600	1800
401 à 420	1200	1500	1700	1900
421 à 440	1300	1600	1800	2000
441 à 460	1400	1700	1900	2100
461 à 480	1500	1800	2000	2200
481 à 500	1500	1800	2100	2300
501 à 520	1600	1900	2100	2400
521 à 540	1700	2000	2200	2400
541 à 560	1800	2100	2300	2500
561 à 580	1900	2200	2400	2600
581 à 600	2000	2300	2500	2700
601 à 620	2100	2400	2600	2800
621 à 640	2200	2500	2700	2900
641 à 660	2300	2600	2800	3000

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments

Tableau 3-19 : Valeurs maximales et minimales de RVR (tableau D)

Aides utilisées/ conditions	RVR (mètres - m)	Catégories d'aéronefs			
		A	B	C	D
ILS, MLS, GLS, PAR, APV (approches respectant les conditions 1)	MNM	Valeurs du tableau C			
	MAX	1500	1500	2400	2400
ILS, MLS, GLS, PAR, APV (approches ne respectant pas les conditions 1)	MNM	Valeurs du tableau C			
	MAX				
NDB, NDB/DME, VOR, VOR/DME, LOC, LOC/DME, VDF,SRE, RNAV/LNAV (approches respectant les conditions 2)	MNM	750	750	750	750
	MAX	1500	1500	2400	2400
NDB, NDB/DME, VOR, VOR/DME, LOC, LOC/DME, VDF,SRE, RNAV/LNAV (approches ne respectant pas les conditions 2 ou avec DH ou MDH supérieure ou égale à 1200 ft)	MNM	1000	1000	1200	1200
	MAX	Valeurs minimales ci-dessus ou valeurs du tableau C, lorsqu'elles sont supérieures à la valeur minimale.			

HP_juillet 2011

38

Détermination des valeurs de VIS en utilisant le tableau E (Doc 8168) :

Tableau 3-20 : La visibilité minimale (VIS, tableau E)

	Catégories d'avion			
	A	B	C	D
MDH (ft)	400	500	600	700
VIS (m)	1500	1600	2400	3600

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Tableau 3-21 : Les minimas opérationnels d'aérodrome RWY 22

CAT A/C	VOR/DME RWY 22			Approche a vue		
	OCH (m)	MDH (ft)	RVR(m)	OCH (m)	MDH (ft)	VIS (m)
CAT A	103	340	1500	234	770	1500
CAT B				528	1740	1600
CAT C				616	2020	2400

Tableau 3-22 : Les minimas opérationnels d'aérodrome RWY 15

CAT A/D	VOR/DME RWY 15			Approche a vue		
	OCH (m)	MDH (ft)	RVR(m)	OCH (m)	MDH (ft)	VIS (m)
CAT A	152	500	1500	234	770	1500
CAT B			1500	528	1740	1600
CAT C			2300	616	2020	2400
CAT D			2300	666	2190	3600

Tableau 3-23 : Les minimas opérationnels d'aérodrome RWY 33

CAT A/D	VOR/DME RWY 33			Approche a vue		
	OCH (m)	MDH (ft)	RVR(m)	OCH (m)	MDH (ft)	VIS (m)
CAT A	150	500	1500	234	770	1500
CAT B			1500	528	1740	1600
CAT C			2300	616	2020	2400
CAT D			2300	666	2190	3600

3.8 La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 22 sur le system Géo TITAN :

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

La conception des procédures avec des logiciels spécialisés permet en effet de minimiser les incertitudes qui peuvent influencer les minima de la procédure VOR/DME, tout en permettant de gagner du temps et d'assurer une plus grande précision.

3.8.1. L'arrivée:

Sectorisation en utilisant les quadrants de compas:

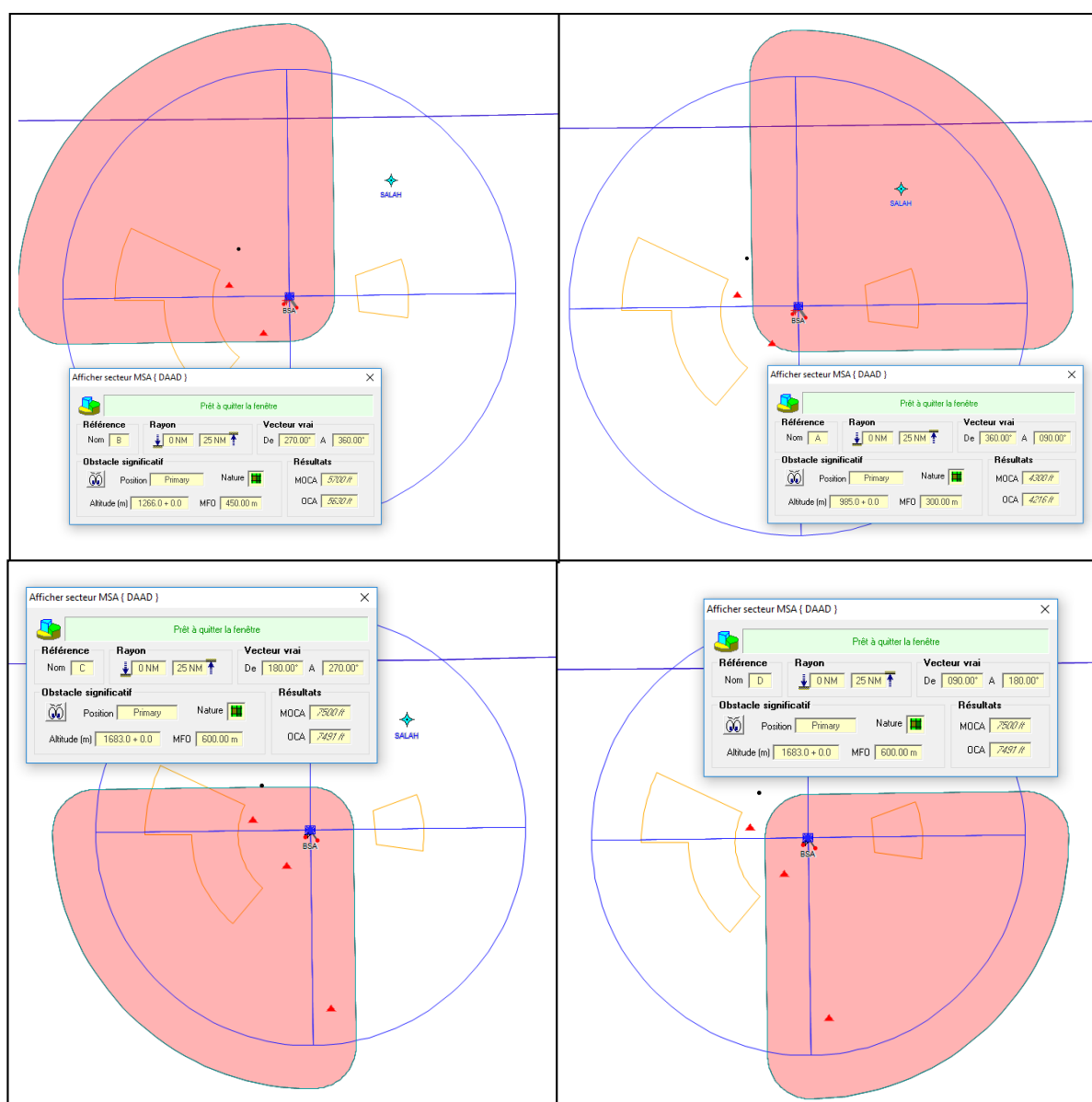


Figure 3-42 : Les 4 secteurs de MSA

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Secteur1 (QDM000°- QDM 090°) =>MSA1= 1200m(3937ft)

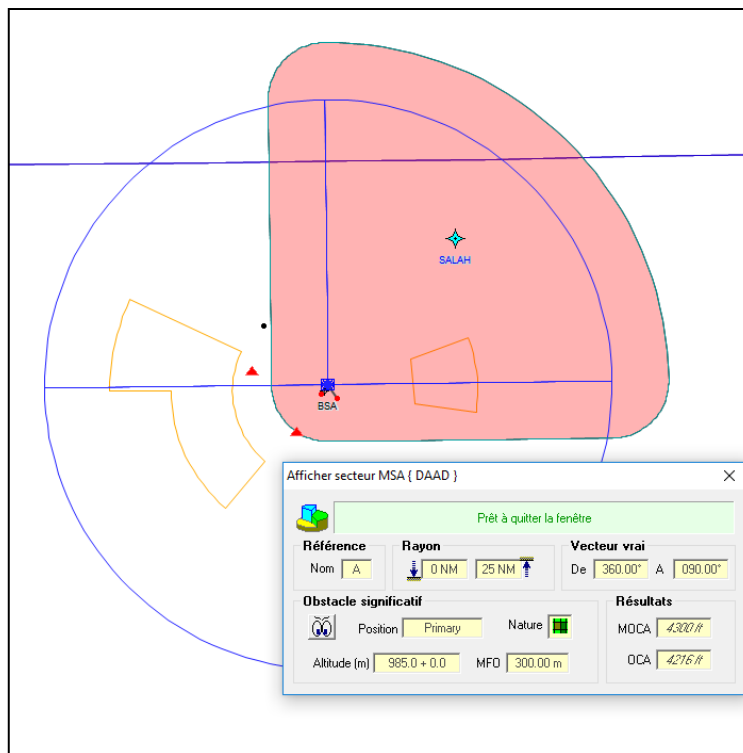


Figure 3-43 : MSA finale Secteur 1

Secteur 2(QDM 090° -QDM 270°)=>MSA2= 2300m(7546ft)

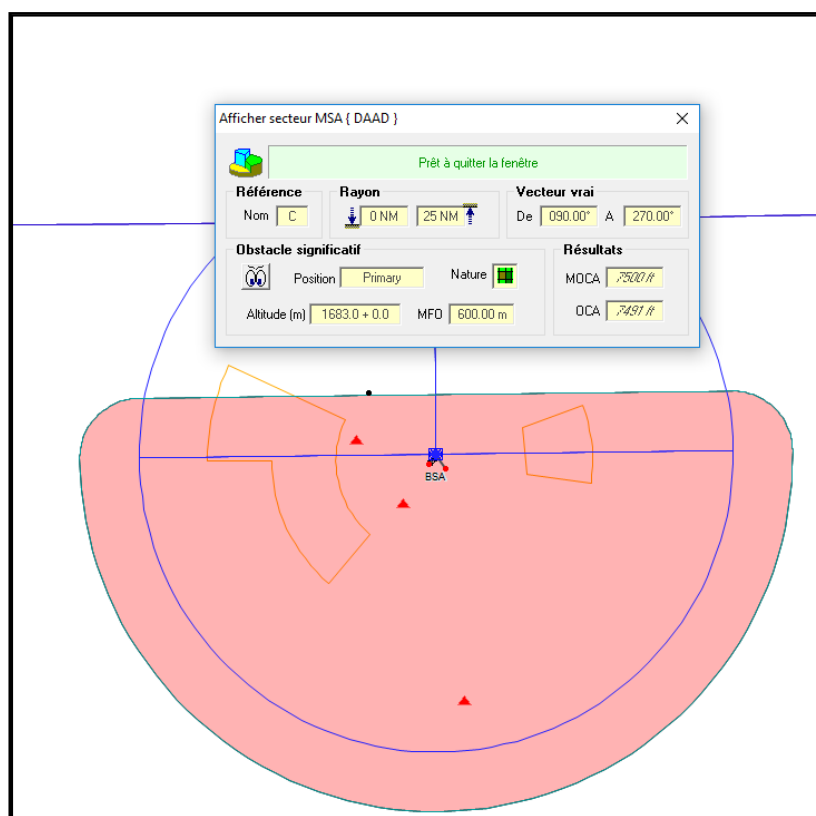


Figure 3-44 : MSA finale Secteur 2

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Secteur 3(QDM 270° -QDM 360°)=>MSA2= 1750m(5742ft)

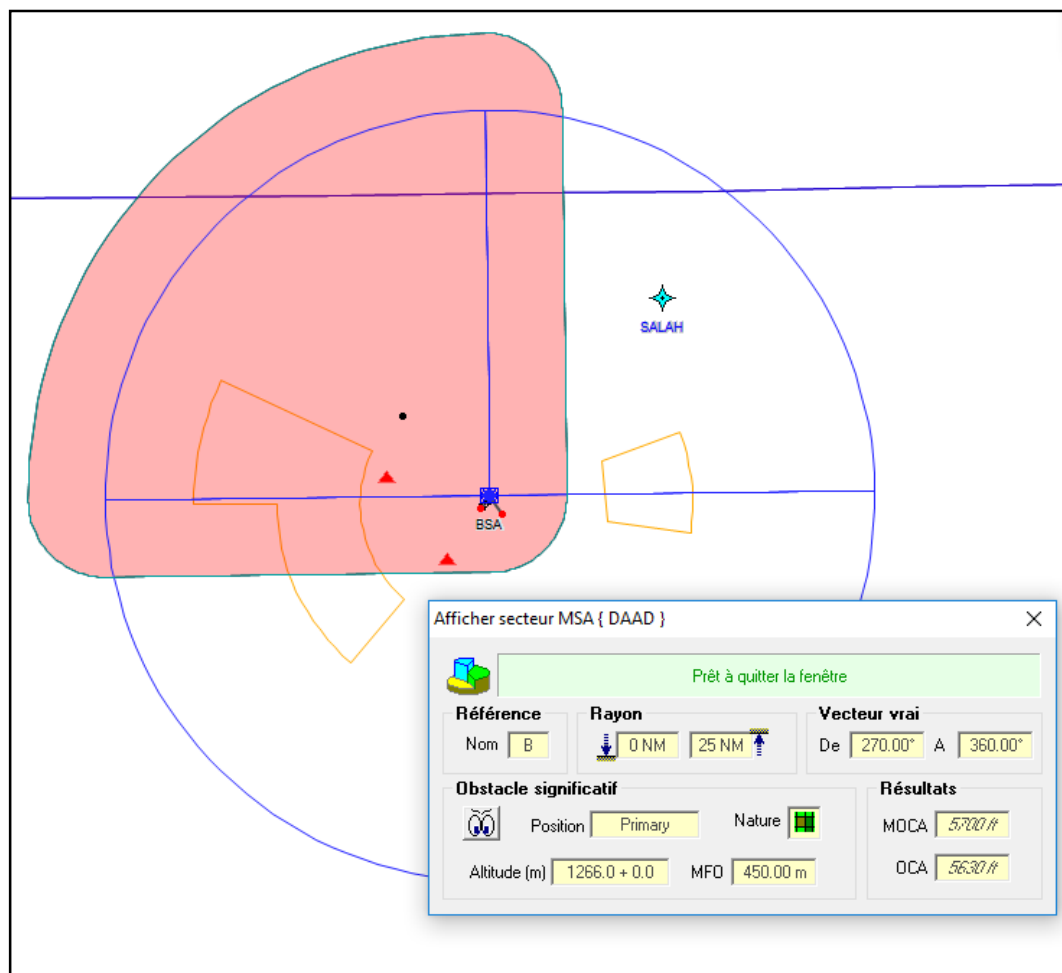


Figure 3-45 : MSA finale Secteur 3

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.8.2. L'Attente :

Pour concevoir notre attente sur le système PANS-OPS, il suffit d'introduire les données liées à l'attente :

Repère d'attente: SALAH au 042°/16 NM VOR/DMEBSA ;

-Zp max= 10000ft(3048 m);

Alt min attente =5000ft (1500m) ;

Alt obs. pénalisant =576m; MFO = 300m

Afficher attente conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification
Nom HLDG 230 Kt 10000 ft 22.0 NM

Définition
Attente verticale Intersection

Paramètres
ICAO
OACI

Catégorie
D
A

IAS
230 kt
90 kt

Eloignement
(Sec)
(Nm) 22.0 depuis BSA VORDME

Rapprochement
222.13°
Vecteur de garde Vecteur vrai (*)

Protection
10000 ft

Virage
25°

Entrées
Omnidirectionnelles
All Secteur1 Secteur2 Secteur3
All E1 E2 E3 E4 E5
All E1 E2 E3 E4

Marge
0.00 m
HOC 300.00 m

Obstacle pénalisant
Position Buffer area Nature
Altitude (m) 576.0 + 0.0 MFO 300.00 m

Résultats
PA 5000 ft
MOCA 2900 ft
OCA 2875 ft

Message(s)
1
8

Figure 3-46 : Paramètres d'attente RWY 22

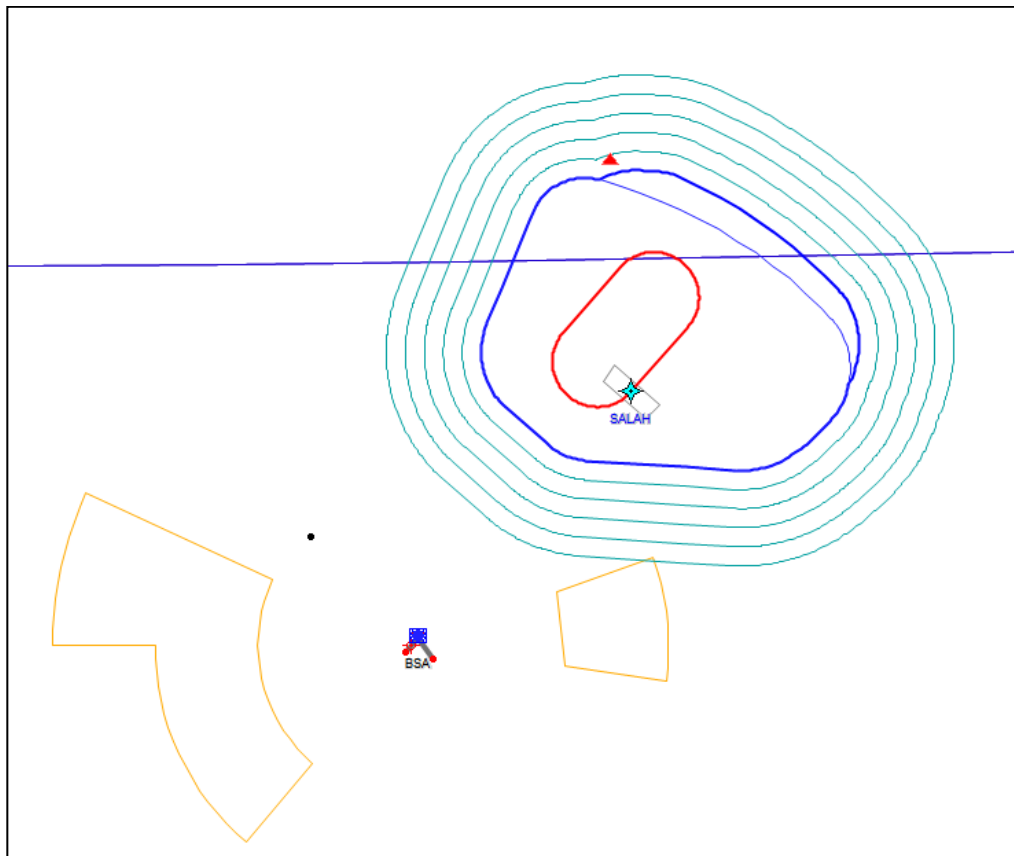


Figure 3-47 : Attente RWY 22 sur GEO TITAN

3.8.3. Segment d'approche initial :

- Début de segment : SALAH.
- Fin de segment : IF, ce repéré se trouve au 042° / 11 NM

VOR/DME BSA

- Alt obs pénalisant = 442m ; MFO= 300m
- MOCA initiale = 762 m (2500 ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Afficher segment d'approche conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom SEG INITIALE RWY 22		Définition Type de segment Initial	
Paramètres ICAO OACI	Catégorie C A	IAS 240 kt 90 kt	Information de guidage Mode de guidage Info 1 BSA VORDME 042.00° Info 1 alone Info 2
Début de segment SALAH (N) BSA VORDME 042.00° / 17.00 NM		Fin de segment IF (N) BSA VORDME 042.00° / 11.00 NM	
Marge 0.00 m 300.00 m		Protection Max 5000 ft	Sens du vol
Bandes secondaires Découpage 16 Δ MOC 18.75 m		Nominal 222.13° 6.00 NM	
Obstacle pénalisant Position Primary Nature Altitude (m) 442.0 + 0.0 MOC 300.00 m		Résultats PA 3400 ft MOCA 2500 ft OCA 2435 ft	Message(s) 0 5

Figure 3-48 : Paramètres de segment d'approche initial RWY 22

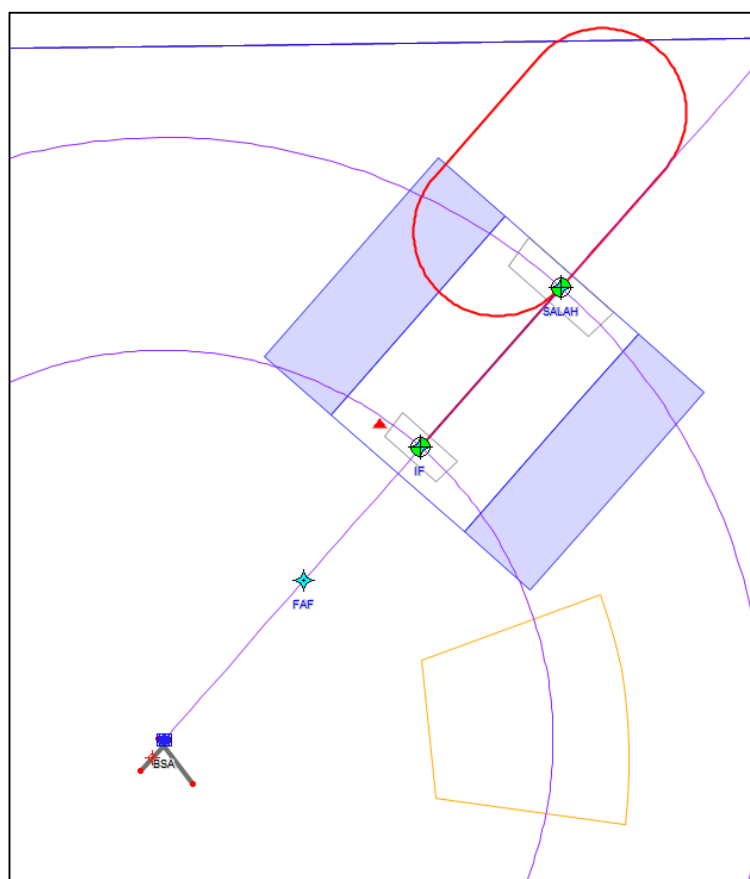


Figure 3-49 : Segment d'approche initial RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.8.4. Segment d'approche intermédiaire :

- Début de segment : IF ;
- Fin de segment : FAF, ce repéré se trouve à 042° / 6.1 NM du VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 442 m ; MFO=150 m
- MOCA intermédiaire = 610 m (2000 ft)

Afficher segment d'approche conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom Int IF FAF		Définition Type de segment NPA Inter alike final	
Paramètres ICAO OACI	Catégorie C A	IAS 240 kt 90 kt	Information de guidage Mode de guidage Info 1 BSA VORDME 042.00° Info 1 alone Info 2
Début de segment IF (N) BSA VORDME 042.00° / 11.00 NM		Fin de segment FAF (N) BSA VORDME 042.00° / 6.10 NM	
Marge 0.00 m 150.00 m		Protection Max 3500 ft	Sens du vol
Bandes secondaires Découpage 16 Δ MOC 9.38 m		Nominal 222.09° 4.90 NM	Résultats PA 3400 ft MOCA 2000 ft OCA 1943 ft
Obstacle pénalisant Position Secondary Nature Altitude (m) 442.0 + 0.0 MOC 150.00 m		Message(s) 1 5	

Figure 3-50 : Paramètres de segment d'approche intermédiaire RWY 22

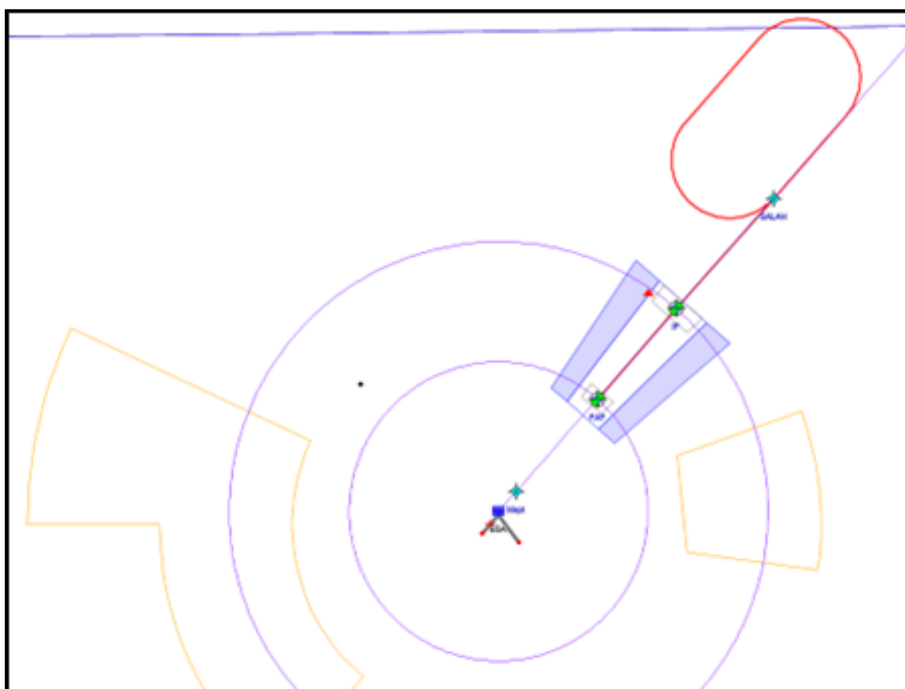


Figure 3-51 : Segment d'approche intermédiaire RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.8.5. Segment d'approche finale :

- Début de segment: FAF
- Fin de segment: MAPt, ce repéré se trouve à 042° / 6.1 NM du VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 455 m + 15m ; MFO= 75 m
- MOCA finale = 545.3 m (1789 ft)

Figure 3-52 : Paramètres de segment d'approche finale RWY 22

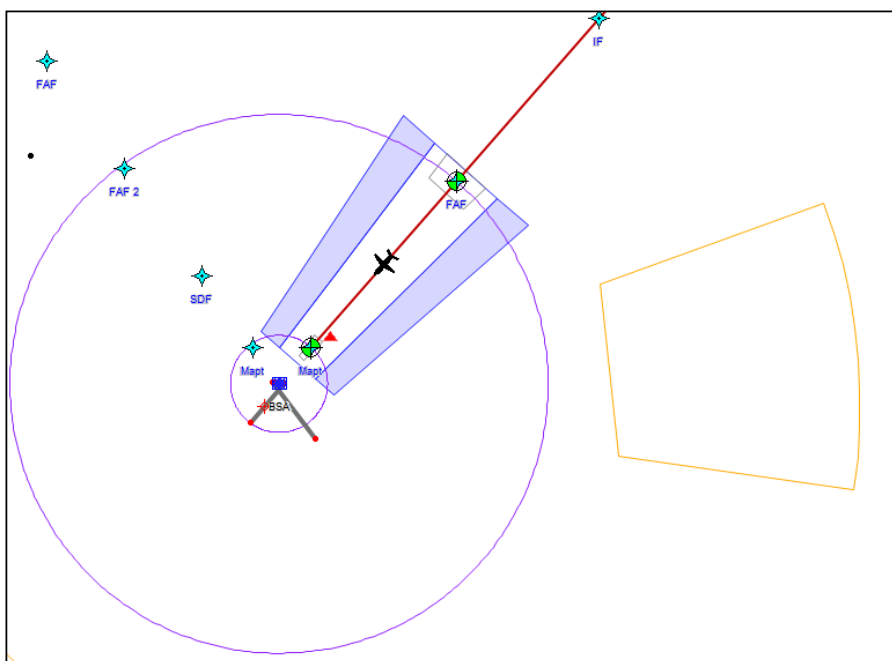


Figure 3-53 : Segment d'approche finale RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.8.6. Segment d'approche interrompue :

1er Scénario :

3.8.6.1. API INITIALE :

- Début de segment :MAPt ;
- Fin de segment : SOC à 2142.14 m VOR/DME BSA ;
- OCA API initiale = 558.4 m (1832 ft).

Créer segment d'API initiale { DAAD }

Prêt à créer le segment d'approche conventionnelle

Paramètres

ICAO Tail 10 Kt

Catégorie

C A

IAS

160 kt 70 kt

Protection

Finale classique 3500 ft API initiale 3500 ft

OCA d'API 1832 ft

Début de segment (MAPt)

Mapt

(N) BSA VORDME 042.00° / 1.10 NM

Fin de segment (SOC)

SOC 3500° (Mapt)

BSA VOR 222.00° / SOC

Fichier MNT et marge

bousaada A1

75.00 m 15.00 m

OCA/H courante

OCA 1832 ft OCH 366 ft

Bandes secondaires

Découpage 16 Δ MFO 4.69 m

Resultats

Etat Message(s)

Créer Exit

Figure 3-54 : Paramètres du segment API initiale RWY 22

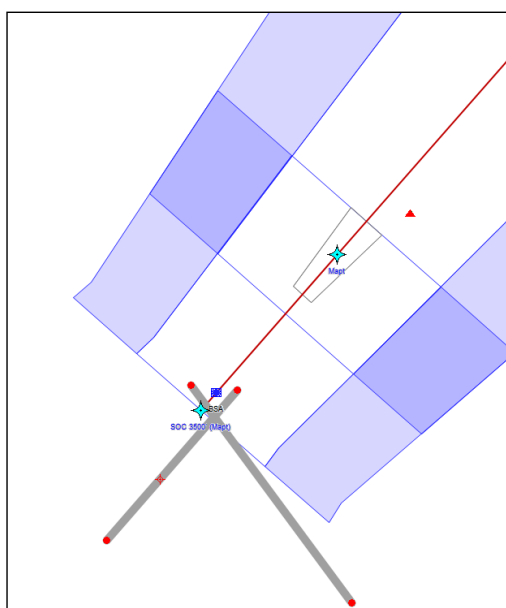


Figure 3-55 : Segment API initiale RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.8.6.2. API INTERMÉDIAIRE :

- Début de segment : SOC ;
- Fin de segment : jusqu'à TP, une distance de 3 NM BSA
- OCA API intermédiaire = 765 m (2510 ft).

Créer segment d'API intermédiaire { DAAD }

Prêt à créer le segment d'approche conventionnelle

Paramètres	Categorie	IAS	Protection	Information
ICAO Tail 30 Kt	C A	240 kt	Protection API intermédiaire Max 3000 ft	Z 2944 ft Δ Z 434 ft

Début de segment (SOC)	Fin de segment (TP)
SOC 3500' (Mapt) BSA VOR 222.00° / SOC	TP (N) BSA VORDME 222.00° / 3.00 NM

Fichier MNT et marge	Bandes secondaires
bousaada A1 30.00 m 15.00 m	Découpage 16 Δ MFO 1.88 m

OCA/H courante	Résultats	Message(s)
OCA 2510 ft OCH 1044 ft	Statut ✓	0 INFO 3

Calculer Scan Créer Exit

Figure 3-56 : Paramètres du segment API intermédiaire RWY 22

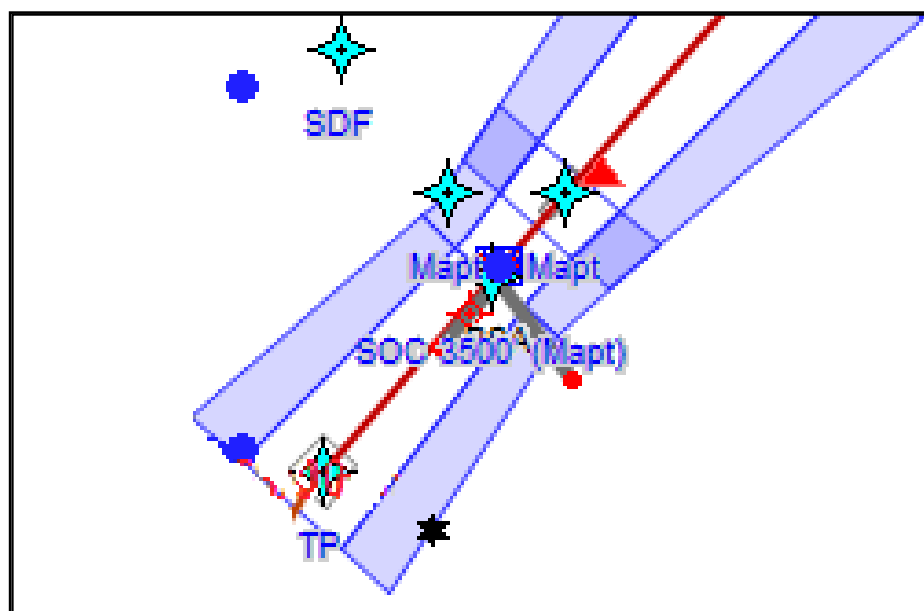


Figure 3-57 : Segment API intermédiaire RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.8.6.3. API FINAL :

- Début de segment : TP
- Fin de segment: Suivez l'instruction de contrôleur.
- OCA API final = 765 m (2510 ft)

Créer spirale de vent { DAAD }

Prêt à exécuter

Identification Nom: Spiral 240 kt 3000 ft 15°		Paramètres spirale Route initiale (°T): 222.00 Délai Inclinaison (s): 3 Délai de réaction (s): 3	
Point départ Lat.: 35°17'27.249"N Lon.: 004°11'43.503"E		Paramètres vent ☐ OACI ☐ France ☒ Statistique (kt): 30	
Paramètres avion IAS (kt): 240 Altitude (ft): 3000 Température: ISA + 20°C Vent: 15° Dérive: 6.65°		Apparence Changer Copier ☒ Lien automatique	
Représentation graphique (°) Amplitude Route vraie Début: 180.00 048.65°T Fin: 232.76 355.89°T			

Figure 3-58 : Paramètres de virage API RWY 22

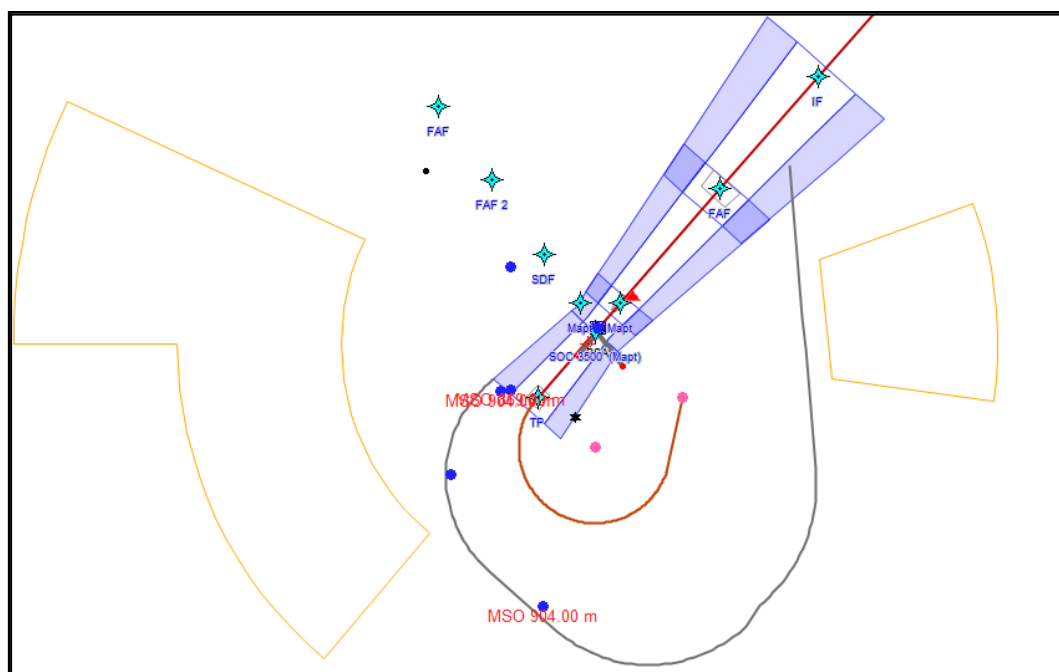


Figure 3-59 : Virage API finale RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Etude des obstacles :

$$ALT(Tp) + (dis\ obs1. \times 0.025) \geq ALT\ obs2. + MFO$$

$$915 + (3.428 \times 0.025) \times 1852 \geq 1013 + 50$$

$$ALT(Tp) + (dz \times 0.025) = 915 + (3.428 \times 0.025) \times 1852 = 1073.7$$

$$ALT\ obs. + MFO = 1013 + 50 = 1063$$

$$\text{Donc : } ALT(Tp) + (dz \times 0.025) > ALT\ obs. + MFO$$

$$1073.7 \geq 1063; \text{ alors } OCH = 315 \text{ OCA} = 762 \text{ m}$$

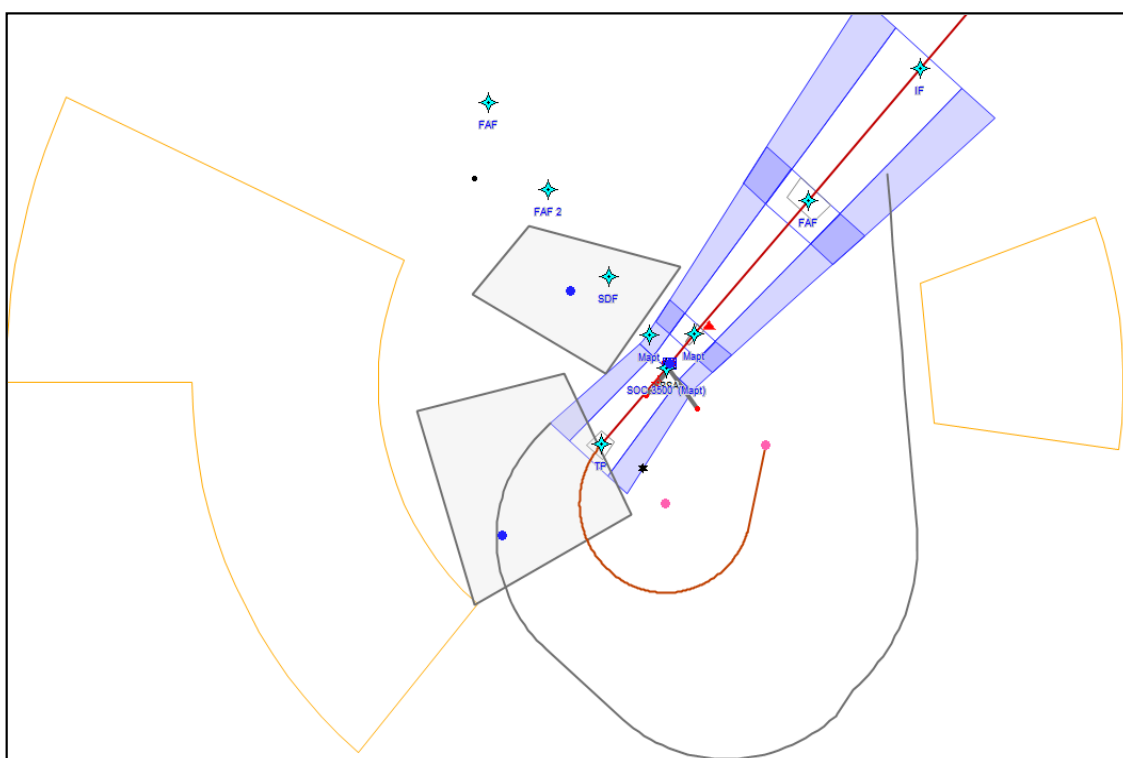


Figure 3-60 : Etude des obstacles API RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

2ème Scénario (Virage plus tôt possible):

Au MAPt tournez à gauche (IAS max 220 kt) et montez vers l'altitude de sécurité 1500m QNH et suivez l'instruction de contrôleur.

Figure 3-61 : Paramètres de virage API plus tot possible RWY 22

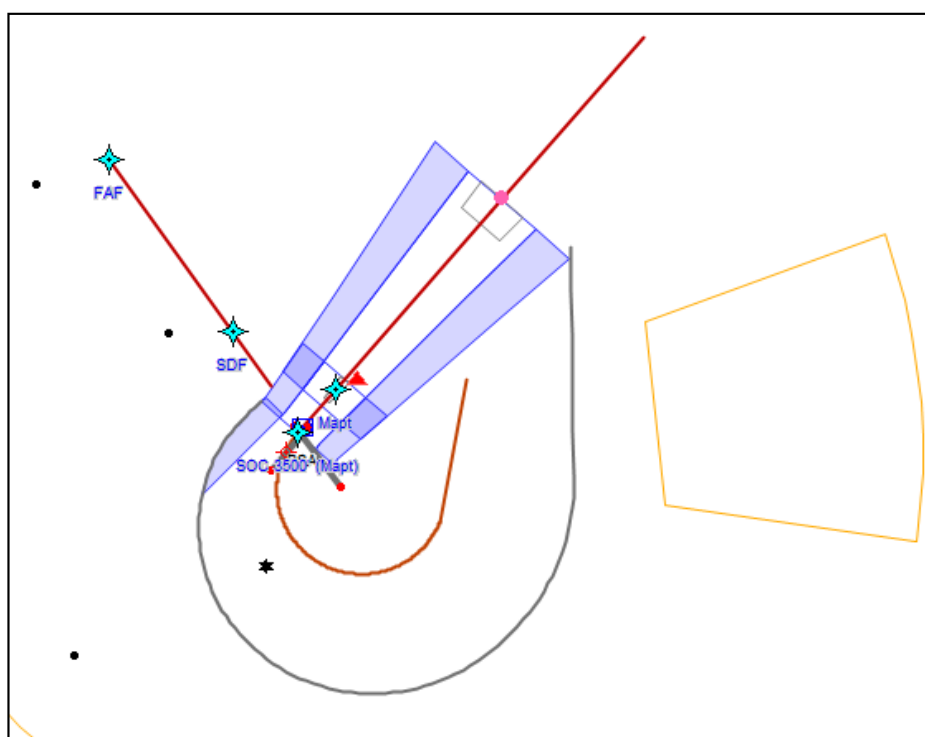


Figure 3-62 : Virage API plus tot possible RWY 22

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.9. La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 15 sur le system Géo TITAN :

3.9.1. L'Attente :

Pour concevoir notre attente sur le système PANS-OPS, il suffit d'introduire les données liées à l'attente :

Repèred'attente:IIOBAau 325°/19 NM VOR/DMEBSA ;

-Zp max= 10000ft(3048 m);

Altminattente =5000ft (1500m) ;

Altobs. pénalisant=723m; MFO = 300m

Afficher attente conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification
Nom: HLDG 230 Kt 10000 ft 24.0 NM

Paramètres
ICAO
OACI

Catégorie
D
A

IAS
230 kt
90 kt

Eloignement
(Sec)
(Nm) 24.0 depuis BSA VORDME

Protection
10000 ft

Virage
25°

Marge
0.00 m
300.00 m

Obstacle pénalisant
Position: Buffer area Nature:
Altitude (m) 723.0 + 0.0 MFO 300.00 m

Définition
Attente verticale Intersection

Point de base
IIOBA
(R) BSA VORDME 325.00° / 19.00 NM

Rapprochement
144.87°
Vecteur de garde Vecteur vrai (°)

Entrées
Omnidirectionnelles
All Secteur1 Secteur2 Secteur3
All E1 E2 E3 E4 E5
All E1 E2 E3 E4

Resultats
PA 5000 ft
MOCA 3400 ft
OCA 3357 ft

Message(s)
1
8

Figure 3-63 : Paramètres d'attente RWY 15

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

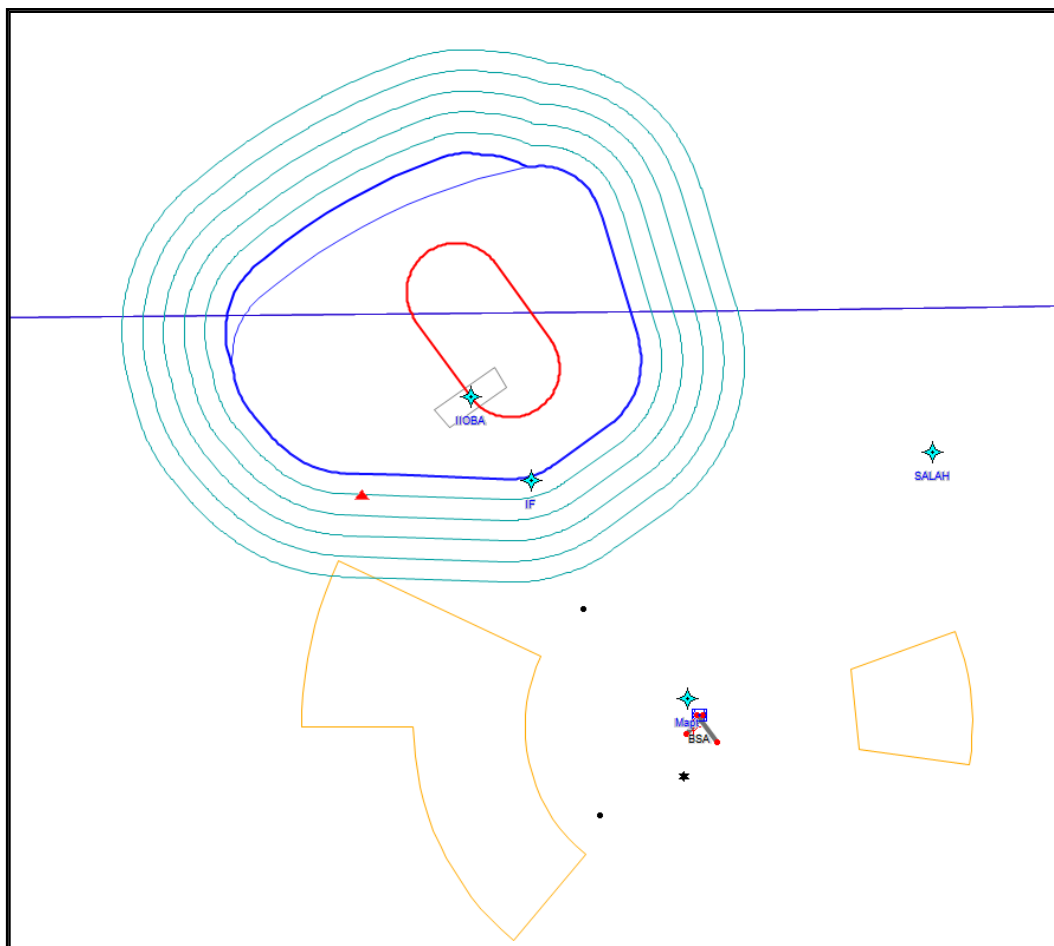


Figure 3-64 : Attente RWY 15 sur GEO TITAN

3.9.2. Segment d'approche initial :

- Début de segment : IIOBA.
- Fin de segment : IF, ce repéré se trouve au 325° / 14 NM

VOR/DME BSA

- Alt obs pénalisant = 713m ; MFO= 300m
- MOCA initiale = 1036 m (3400 ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Afficher segment d'approche conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom: SEG INITIALE RWY 15		Définition Type de segment: Initial	
Paramètres ICAO: [] OACI: []	Catégorie D: [] A: []	IAS 250 kt: [] 90 kt: []	Information de guidage Mode de guidage: Info 1: BSA VORDME 325.00° Info 1 alone: [] Info 2: []
Début de segment IIOBA (N) BSA VORDME 325.00° / 19.00 NM		Fin de segment IF (N) BSA VORDME 325.00° / 14.00 NM	
Marge 0.00 m 300.00 m		Protection Max: 5000 ft	
Bandes secondaires Découpage: 16 Δ MOC: 18.75 m		Nominal 144.87° 5.00 NM	
Obstacle pénalisant Position: Primary Nature: [] Altitude (m): 713.0 + 0.0 MOC: 300.00 m		Résultats PA: 3700 ft MOCA: 3400 ft OCA: 3324 ft	
		Message(s) 0 5	

Figure 3-65 : Paramètres du segment d'approche initiale RWY 15

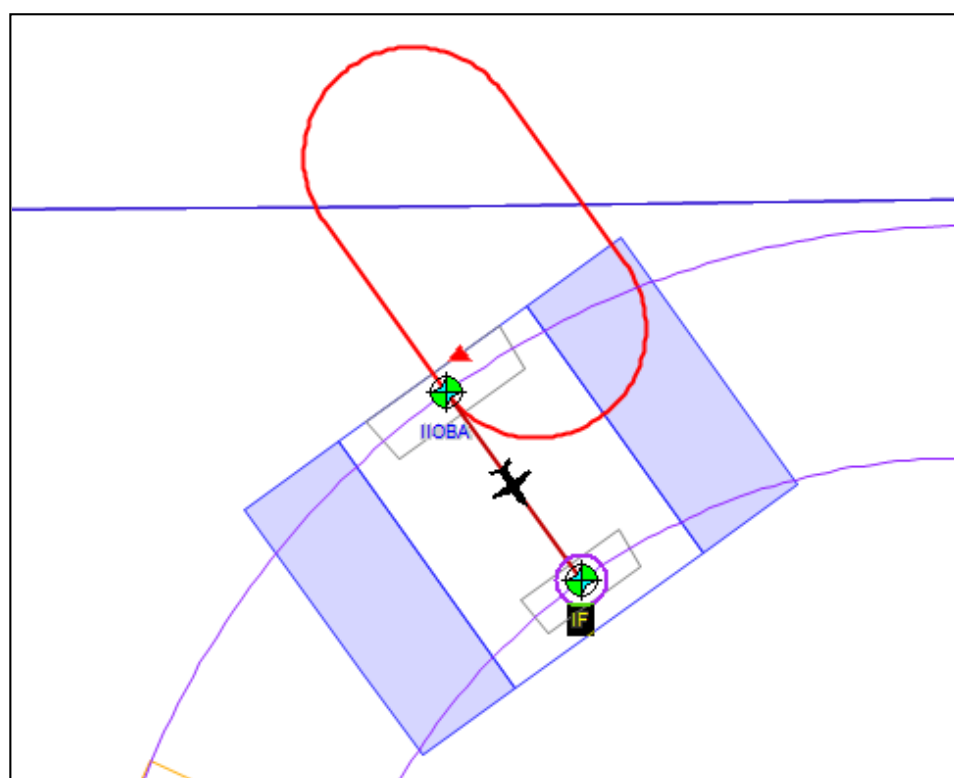


Figure 3-66 : Segment d'approche initiale RWY 15

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.9.3. Le segment d'approche intermédiaire :

- Début de segment : IF ;
- Fin de segment : FAF, ce repère se trouve à 325° / 7 NM du VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 756 m ; MFO=150 m
- MOCA intermédiaire = 914 m (3000 ft)

Afficher segment d'approche conventionnelle (DAAD)

Prêt à quitter la fenêtre

Identification		Définition	
Nom : SEG INTER		Type de segment : NPA Inter alike final	
Paramètres	Catégorie	IAS	Information de guidage
ICAD	D	250 kt	Mode de guidage : Info 1 : BSA VORDME 325.00°
OACI	A	90 kt	Info 1 alone : Info 2 :
Début de segment		Fin de segment	
IF		FAF	
(N) BSA VORDME 325.00° / 14.00 NM		(N) BSA VORDME 325.00° / 7.00 NM	
Marge		Protection	
0.00 m		Max : 4000 ft	
Bandes secondaires		Sens du vol	
Découpage : 16		144.90°	
Obstacle pénalisant		Nominal	
Position : Primary		7.00 NM	
Altitude (m) : 756.0 + 0.0		Résultats	
MOC : 150.00 m		PA : 3700 ft	
		MOCA : 3000 ft	
		OCA : 2973 ft	
		Message(s)	
		0	
		5	

Figure 3-67 : Paramètres du segment d'approche intermédiaire

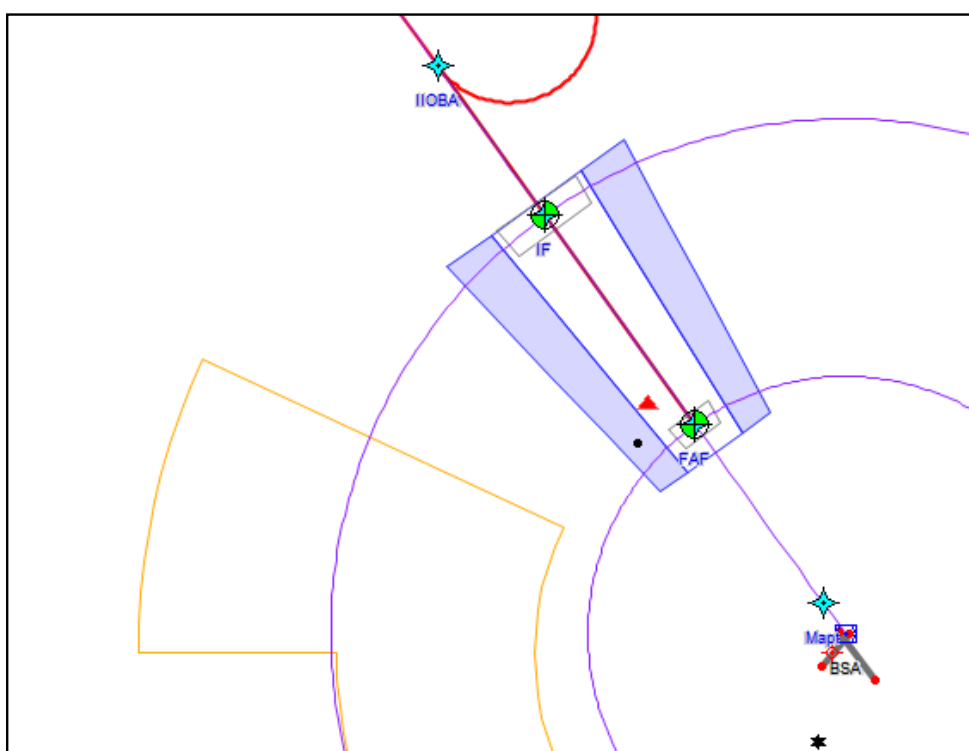


Figure 3-68 : Segment d'approche intermédiaire RWY 15

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.9.4. Le segment d'approche finale (FAF/SDF) :

- Début de segment : FAF
- Fin de segment : SDF, ce repéré se trouve à 325° / 2.5 NM du VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 754 m + 15m ; MFO= 37.5 m
- MOCA finale = 806.5 m (2646 ft)

Afficher segment d'approche conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom Fin FAF SDF		Définition Type de segment NPA Final	
Paramètres ICAO QACI	Catégorie D A	IAS 185 kt 70 kt	Information de guidage Mode de guidage Info 1 BSA VORDME 325.00° Info 1 alone Info 2
Début de segment FAF (N) BSA VORDME 325.00° / 7.00 NM		Fin de segment SDF (N) BSA VORDME 325.00° / 2.50 NM	
Marge 15.00 m 75.00 m		Protection Max 4000 ft	Sens du vol
Bandes secondaires Découpage 16 Δ MOC 4.69 m		Nominal 144.95° 4.50 NM	Résultats PA 2646 ft MOCA 2646 ft OCA 2646 ft
Obstacle pénalisant Position Secondary Nature Altitude (m) 754.0 + 15.0 MOC 37.50 m		Message(s) 0 5	

Figure 3-69 : Paramètres du segment d'approche finale (FAF/SDF) RWY 15

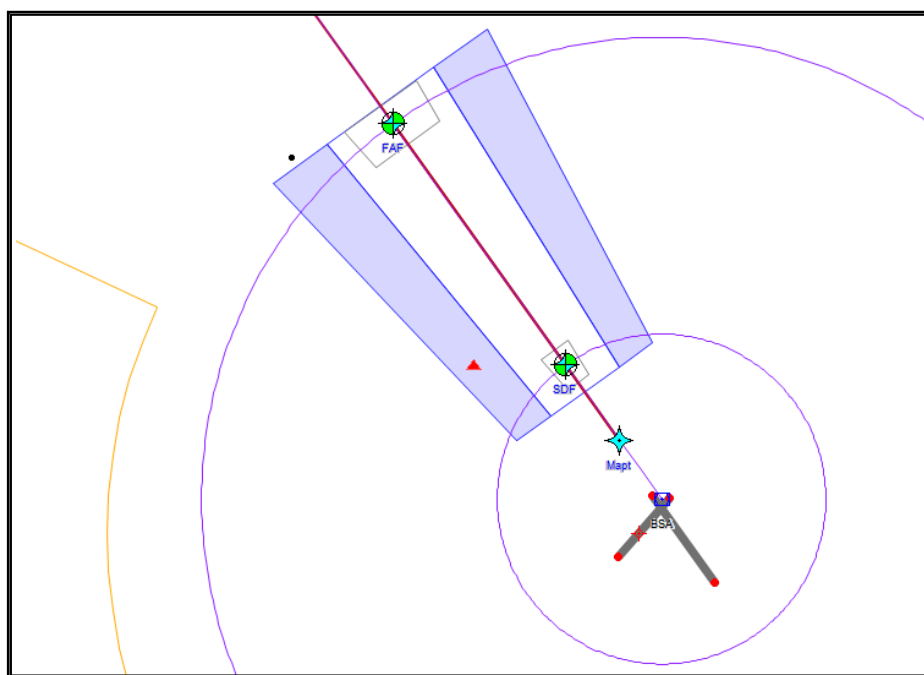


Figure 3-70 : Segment d'approche finale (FAF/SDF) RWY 15

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.9.6. Segment d'approche interrompue :

1er Scénario :

3.9.6.1. API INITIALE :

- Début de segment : MAPt ;
- Fin de segment : SOC à 2142.14 m VOR/DME BSA ;
- OCA API initial = 558.4 m (1832 ft).

Figure 3-73 : Paramètres du segment API initiale RWY 15

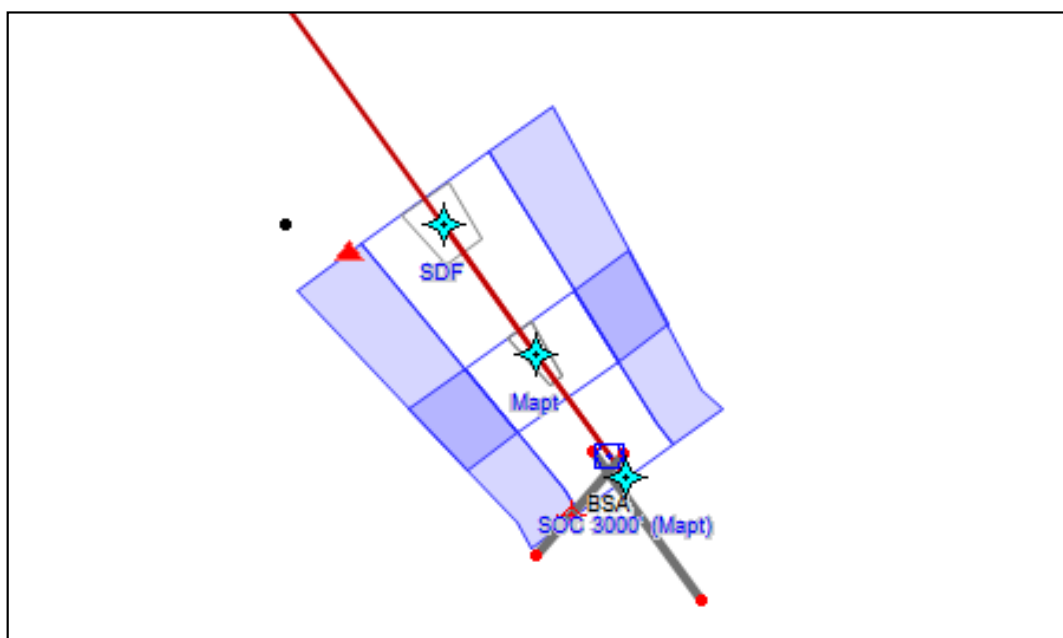


Figure 3-74 : Segment API initiale RWY 15

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.9.6.2. API FINAL :

- Début de segment : TP
- Fin de segment : Suivez l'instruction de contrôleur.
- OCA API final = 765 m (2510 ft)

Figure 3-75 : Paramètres du virage API finale RWY 15

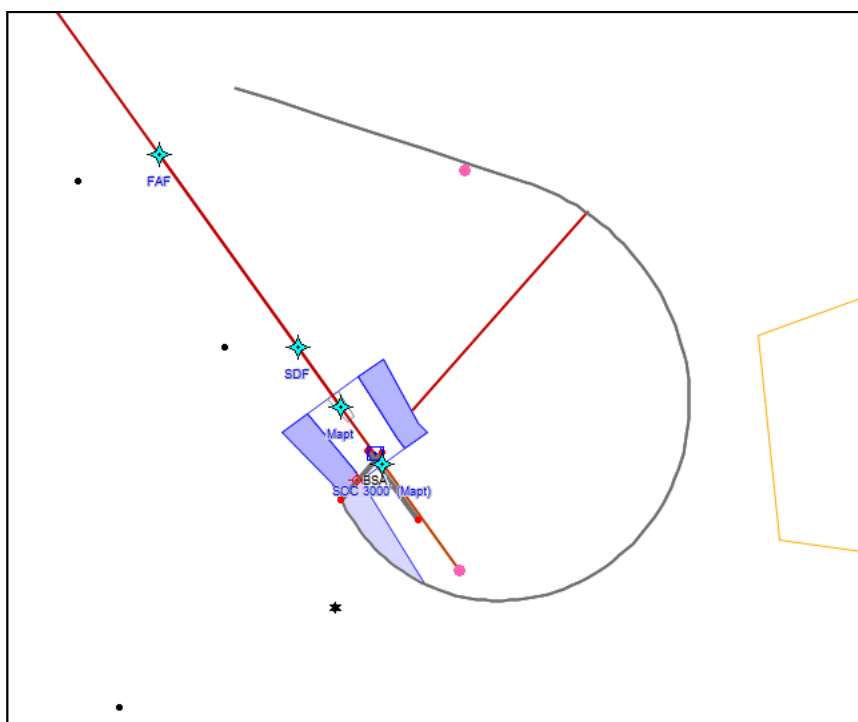
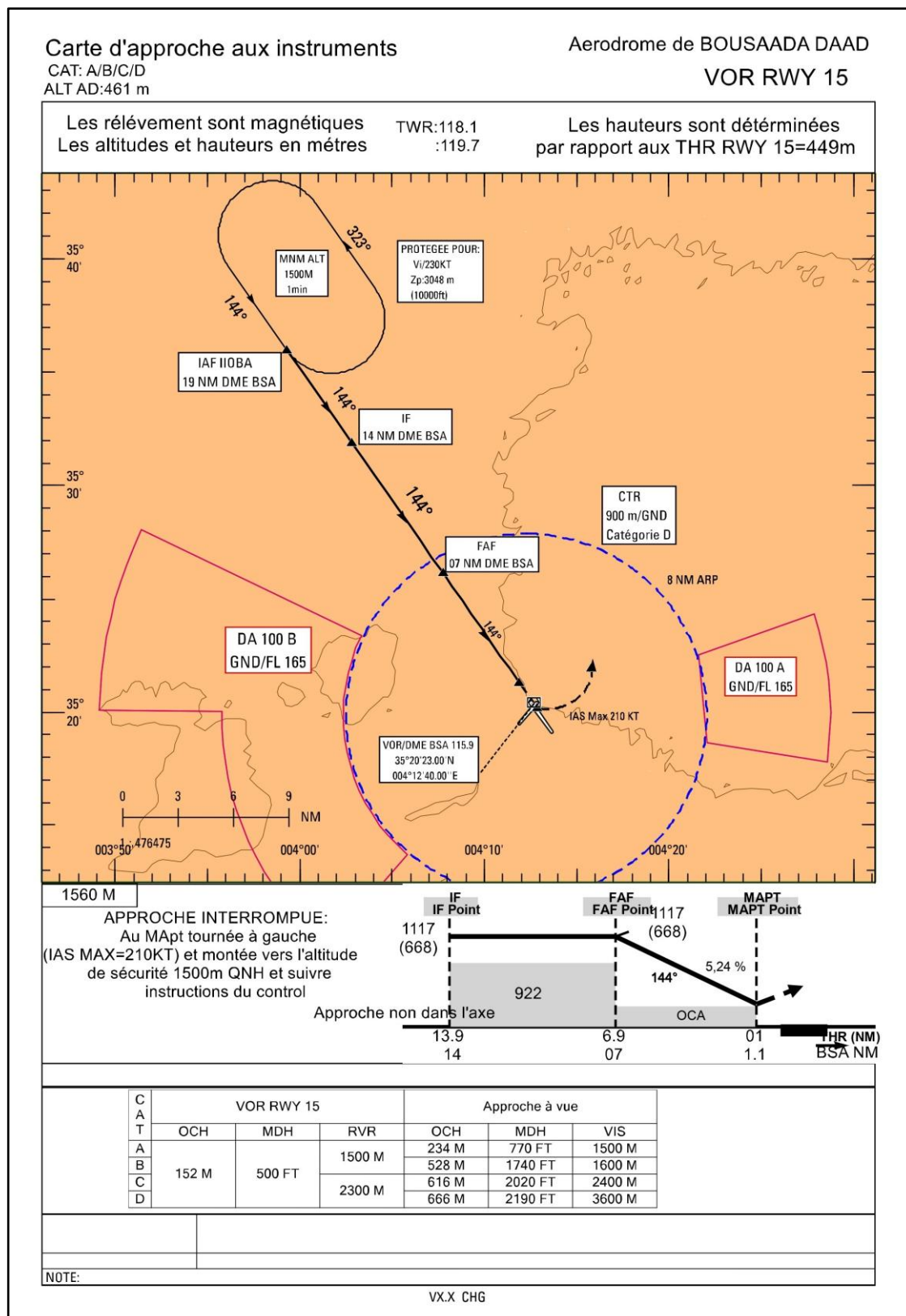


Figure 3-76 : Virage API finale RWY 15

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

❖ La conception automatique de la carte d'approche aux instruments VOR/DME RWY 15 :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.10. La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 33 sur le system Géo TITAN :

3.10.1. L'Attente :

Pour concevoir notre attente sur le système PANS-OPS, il suffit d'introduire les données liées à l'attente :

Repèred'attente:IIOBA au 325°/19 NM VOR/DME BSA ;

-Zp max= 10000ft(3048 m);

Altminattente =5000ft (1500m) ;

Altobs. pénalisant=723m; MFO = 300m

Afficher attente conventionnelle { DAAD } X

Prêt à quitter la fenêtre

Identification
Nom HLDG 230 Kt 10000 ft 24.0 NM

Définition
Attente verticale Intersection

Paramètres
ICAO
OACI

Catégorie
D
A

IAS
230 kt
90 kt

Point de base
IIOBA
(R) BSA VORDME 325.00° / 19.00 NM

Eloignement
(Sec)
(Nm) 24.0 depuis BSA VORDME

Rapprochement
144.87°
Vecteur de garde Vecteur vrai (°)

Protection
10000 ft

Virage
25°

Entrées
Omnidirectionnelles
All Secteur1 Secteur2 Secteur3
All E1 E2 E3 E4 E5
All E1 E2 E3 E4

Marge
0.00 m
MOC 300.00 m

Obstacle pénalisant
Position Buffer area Nature
Altitude (m) 723.0 + 0.0 MFO 300.00 m

Resultats
PA 5000 ft
MOCA 3400 ft
OCA 3357 ft

Message(s)
1
8

Figure 3-77 : Paramètres d'attente RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

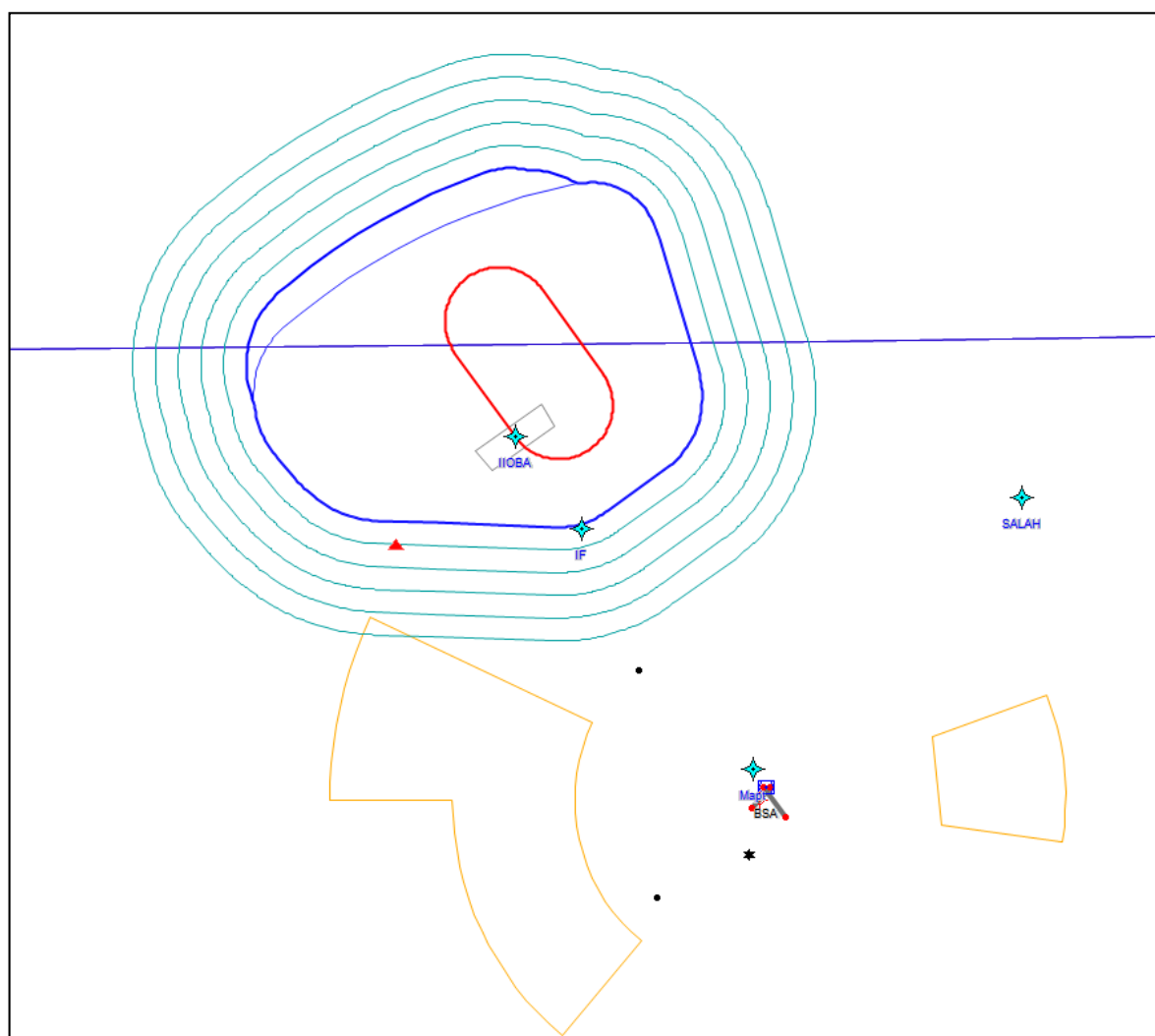


Figure 3-78 : Attente RWY 33 sur GEO TITAN

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.10.2. Le segment d'approche initial :

segment d'approche initiale (phase en palier) :

- Début de segment : IIOBA.
- Fin de segment : Vertical VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 1263 m ; MFO= 225 m
- MOCA initiale = 1494 m (4900 ft)

Créer segment d'approche conventionnelle

Prêt à créer le segment d'approche conventionnelle

Identification

Nom: Ini IIOBA BSA VORDME

☒ Nom automatique

Paramètres

ICAO

DACL

Catégorie

D

A

IAS

250 Kt

90 Kt

Information de guidage

Mode de guidage: Info 1 BSA VORDME 325.00°

Info 1 alone

Info 2

Début de segment

IIOBA

(N) BSA VORDME 325.00° / 19.00 NM

Fin de segment

BSA VORDME

Over BSA VORDME

Marge

☒ 0.00 m

0.00 m

MFO 450.00 m

Bandes secondaires

Découpage: 16

MFO: 28.13 m

Obstacle pénalisant

bousaada A1

Position: Secondary

Nature

Altitude (m): 1263.0 + 0.0

MFO: 225.00 m

Protection

5000 ft

Sens du vol

☒ ☐

Nominal

144.87°

19.00 NM

Résultats

PA: 4900 ft

MOCA: 4900 ft

OCA: 4882 ft

Message(s)

0

5

Calculer

OCA

Créer

Exit

Figure 3-79 : Paramètres du segment d'approche initiales (phase en palier) RWY 33

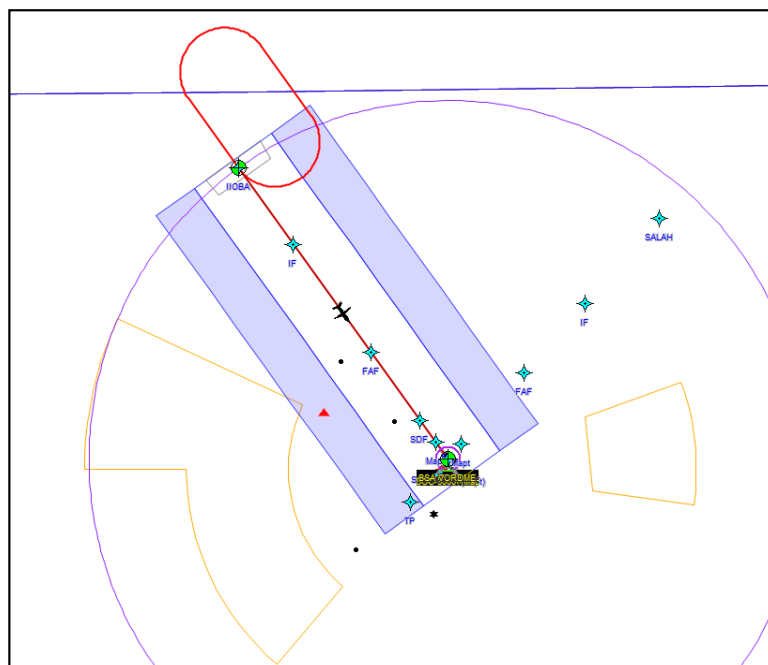


Figure 3-80 : Segment d'approche initiale RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Segment d'approche initiale (virage de base Cat A/B) :

- Début de segment : Vertical VOR/DME BSA.
- Fin de segment : IF, ce repère se trouve au 326° / 9.5 NM VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 750 m ; MFO= 281.25 m
- MOCA initiale = 1036 m (3400 ft)

Afficher virage de base (DAAD)

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom BSTN BSA 326.00° 9.50 NM (SR)		Emetteur de départ Indicatif BSA VORDME	Information de retour Vecteur vrai de retour 326.00° BSA VORDME
Paramètres ICAO OACI	Catégorie B A	IAS 140 kt 90 kt	Fin d'éloignement (Nm) 9.5 NM BSA VORDME
Nominal IAS 140 kt 25°	Protection Max 5000 ft	Emetteur de retour BSA VORDME	
Information d'éloignement 155.96° BSA VORDME		Marge 0.00 m 300.00 m	
Obstacle pénalisant Position Secondary Nature Altitude (m) 750.0 + 0.0 MFO 281.25 m		Bandes secondaires Découpage 16 Δ MFO 18.75 m	
		Résultats PA 3400 ft MOCA 3400 ft OCA 3384 ft	Message(s) 4 7

Figure 3-81 : Paramètres du virage de base Cat A/B RWY 33

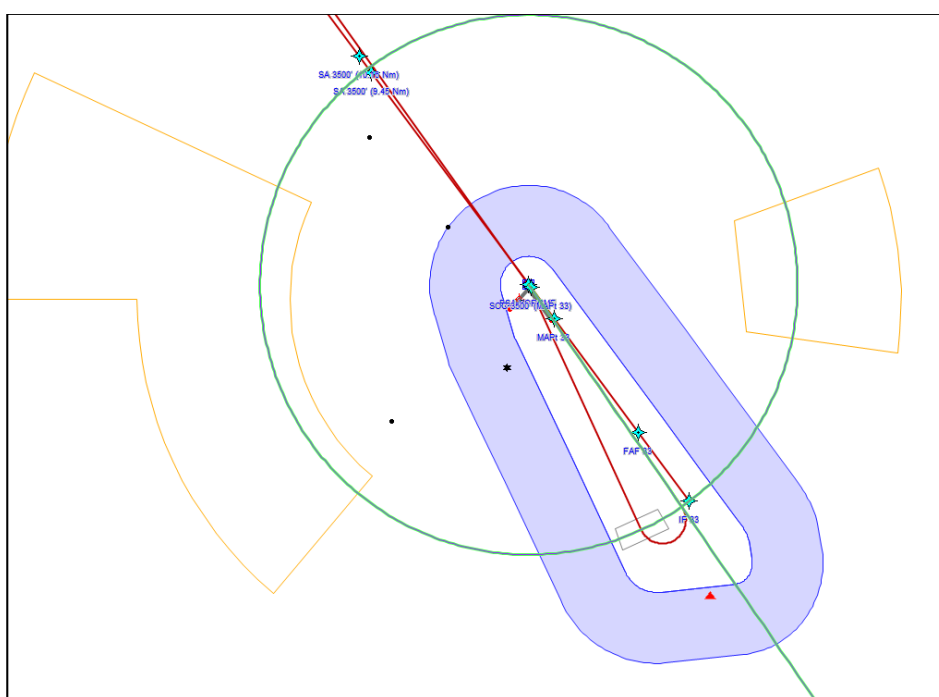


Figure 3-83 : Virage de base Cat A/B RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Segment d'approche initiale (virage de base Cat C/D) :

- Début de segment : Vertical VOR/DME BSA.
- Fin de segment : IF, ce repère se trouve au 144° / 9.5 NM VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 805 m ; MFO= 300 m
- MOCA initiale = 1128 m (3700 ft)

Afficher virage de base (DAAD)

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom BSTN BSA 324.00° 9.50 NM (SR)		Emetteur de départ Indicatif BSA VORDME	Information de retour Vecteur vrai de retour 324.00° BSA VORDME
Paramètres ICAO OACI	Catégorie D C	IAS 220 kt 160 kt	Fin d'éloignement de 9.5 NM BSA VORDME
Nominal IAS 220 kt 25°	Protection Max 5000 ft	Emetteur de retour BSA VORDME	
Construction Mode Mode K		Marge 0.00 m 300.00 m	
Information d'éloignement 166.29° BSA VORDME		Bandes secondaires Découpage 16 Δ MFO 18.75 m	
Obstacle pénalisant Position Secondary Nature Altitude (m) 805.0 + 0.0 MFO 300.00 m		Résultats PA 4100 ft MOCA 3700 ft OCA 3626 ft	Message(s) 1 7

Figure 3-84 : paramètres du virage de base Cat C/D RWY 33

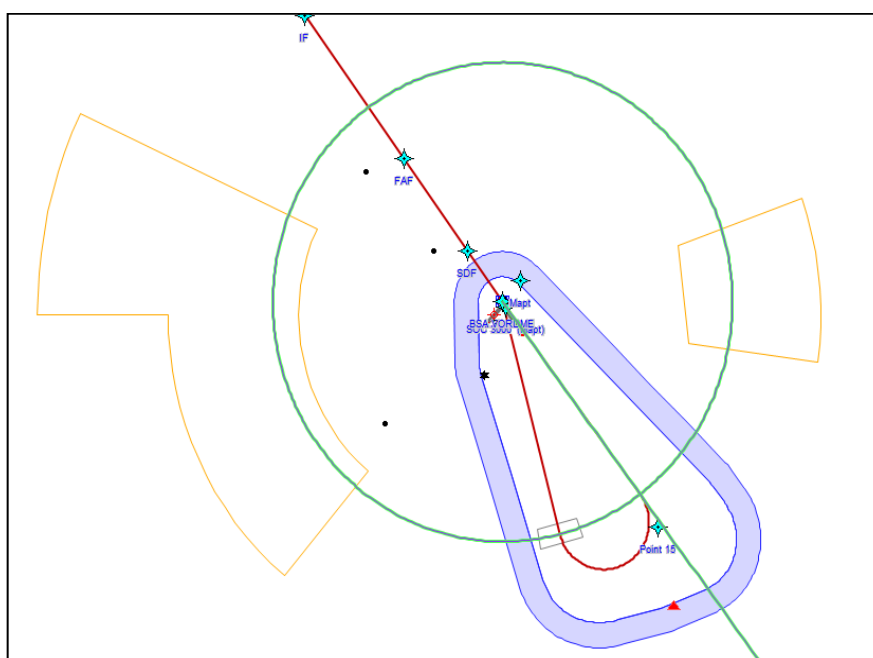


Figure 3-85 : Virage de base Cat C/D RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.10.3. Segment d'approche intermédiaire :

- Début de segment: IF ;
- Fin de segment: FAF, ce repère se trouve à 144° / 6.5 NM du VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 623 m ; MFO=150 m
- MOCA intermédiaire = 792 m (2600 ft)

Afficher segment d'approche conventionnelle (DAAD)

Prêt à quitter la fenêtre

Identification Nom : SEG INTER 33		Définition Type de segment : NPA Inter alike final	
Paramètres ICAO : OACI :	Catégorie D : C :	IAS 250 kt 160 kt	Information de guidage Mode de guidage : Info 1 : BSA VORDME 144.00° Info 1 alone : Info 2 :
Début de segment IF 33 (N) BSA VORDME 144.00° / 9.50 NM		Fin de segment FAF 33 (N) BSA VORDME 144.00° / 6.50 NM	
Marge 0.00 m 150.00 m		Protection Max : 3500 ft	Sens du vol
Bandes secondaires Découpage : 16 Δ MOC : 9.38 m		Nominal 324.07° 3.00 NM	
Obstacle pénalisant Position : Secondary Nature : Altitude (m) : 623.0 + 0.0 MOC : 150.00 m		Résultats PA : 3100 ft MOCA : 2600 ft OCA : 2537 ft	Message(s) 1 5

Figure 3-86 : Paramètres du segment d'approche intermédiaire RWY 33

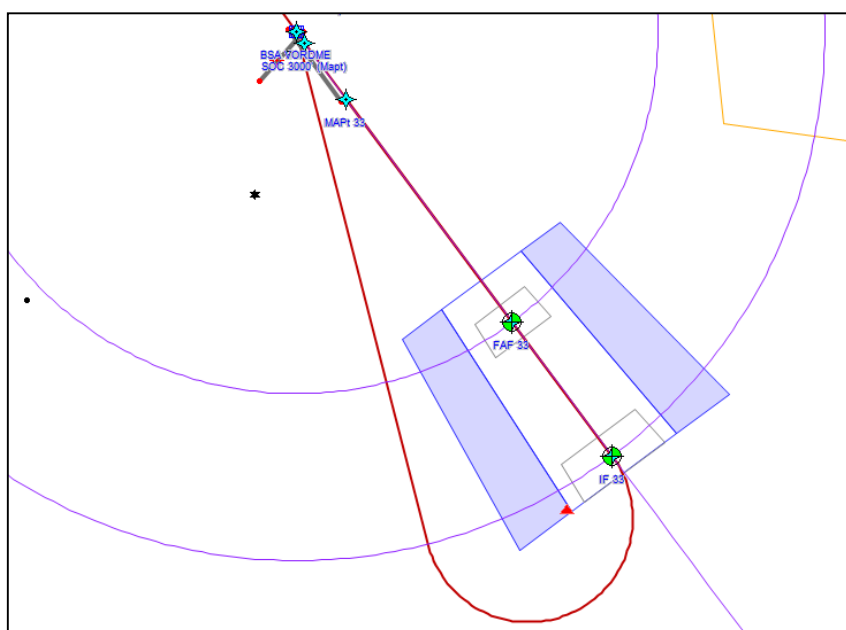


Figure 3-87 : Segment d'approche intermédiaire RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.10.4. Segment d'approche finale :

- Début de segment: FAF
- Fin de segment: MAPt , ce repère se trouve à 042° / 6.1 NM du VOR/DME BSA
- Alt obs pénalisant = 506 m + 15m ; MFO= 75 m
- MOCA finale = 596 m (1956 ft)

Afficher segment d'approche conventionnelle { DAAD }

Prêt à quitter la fenêtre

Identification		Définition	
Nom: SEG FINAL 33		Type de segment: NPA Final	
Paramètres	Catégorie	IAS	Information de guidage
ICAO	D	185 kt	Mode de guidage: Info 1 BSA VORDME 144.00°
OACI	A	70 kt	Info 1 alone
Début de segment		Fin de segment	
FAF 33		MAPt 33	
(N) BSA VORDME 144.00° / 6.50 NM		(N) BSA VORDME 144.00° / 1.50 NM	
Marge		Protection	
15.00 m		Max 3500 ft	
Bandes secondaires		Nominal	
Découpage 16		324.04°	
MOC 4.69 m		5.00 NM	
Obstacle pénalisant		Résultats	
Position: Primary		PA 1956 ft	
Altitude (m): 506.0 + 15.0		MOCA 1956 ft	
MOC 75.00 m		OCA 1956 ft	
		Message(s)	
		0	
		5	

Figure 3-88 : Paramètres du segment d'approche finale RWY 33

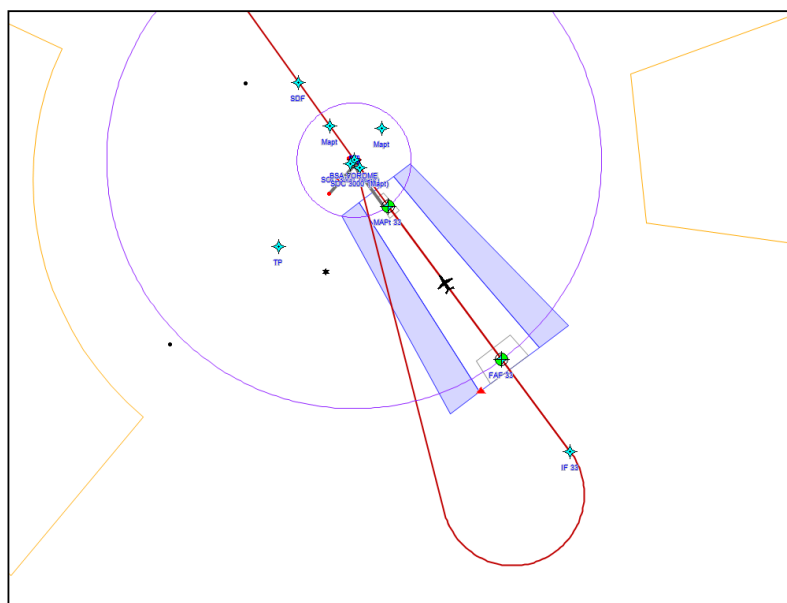


Figure 3-89 : Segment d'approche finale RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.10.5. Segment d'approche interrompue :

3.10.5.1. API INITIALE :

- Début de segment : MAPt ;
- Fin de segment : SOC à 3500 m VOR/DME BSA ;
- OCA API initiale = 596 m (1956 ft).

Créer segment d'API initiale { DAAD }

Prêt à créer le segment d'approche conventionnelle

Paramètres	Catégorie	IAS	Protection
ICAO	D	185 kt	Finale classique 3500 ft
Tail 10 Kt	A	70 kt	OCA d'API 1956 ft

Début de segment (MAPt)
MAPt 33
(N) BSA VOR/DME 144.00° / 1.50 NM

Fin de segment (SOC)
SOC 3500' (MAPt 33)
BSA VOR 144.00° / SOC

Fichier MNT et marge
bousaada A1
75.00 m
15.00 m

OCA/H courante
OCA 1956 ft
OCH 442 ft

Bandes secondaires
Découpage 16
Δ MFO 4.69 m

Résultats
Etat ☒

Message(s)
0
INFO 2

Calculer Scan Créer Exit

Figure 3-90 : Paramètres du segment API initiale RWY 33

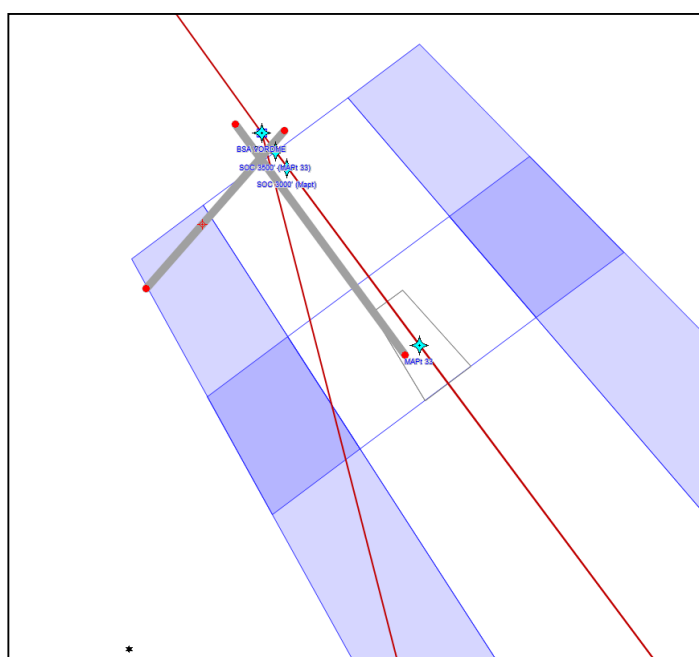


Figure 3-91 : Segment API initiale RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.10.5.2 API INTERMÉDIAIRE ET FINAL :

- Début de segment: SOC à 3500 m VOR/DME BSA ;
- Fin de segment : SA 3500' a 9.45 NM VOR/DME BSA ;
- OCA API final = 629 m (2065 ft) .

Créer segment d'API intermédiaire { DAAD }

Prêt à créer le segment d'approche conventionnelle

Paramètres	Categorie	IAS	Protection	Information
ICAO	D	265 kt	Protection API intermédiaire	Z 3500 ft
Tail 30 Kt	A		Max 4000 ft	Δ Z 1435 ft

Début de segment (SOC)	Fin de segment (TP)
SOC 3500' (MAPt 33)	SA 3500' (9.45 Nm)
BSA VOR 144.00° / SOC	BSA VOR 324.00° / 3500 ft

Fichier MNT et marge	Bandes secondaires
bousaada A1	Découpage 16 Δ MFO 1.88 m
30.00 m	
15.00 m	

OCA/H courante	Résultats	Message(s)
OCA 2065 ft	Statut ✓	0
OCH 551 ft		INFO 3

Figure 3-92 : Paramètres du segment API intermédiaire et finale RWY 33

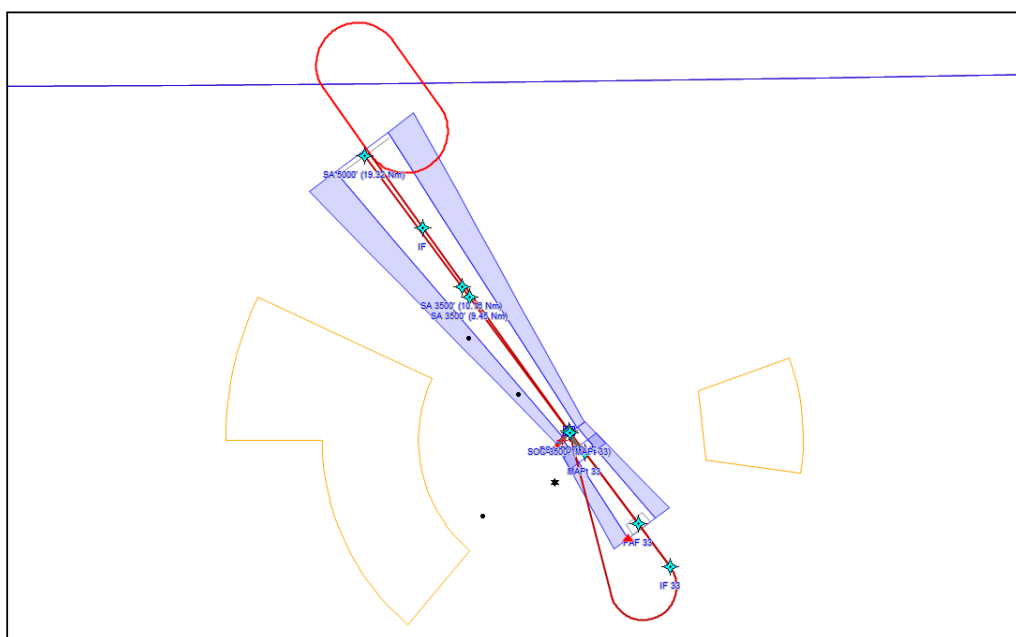


Figure 3-93 : Segment API intermédiaire et finale RWY 33

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.11. Manœuvre a vue libre (Conception automatique) :

Les aéronefs de catégorie A

- Alt obs pénalisant = 593 m, MFO=90 m
- MOCA = 698 m (2291 ft)

Figure 3-94 : Paramètres de MVL Cat A

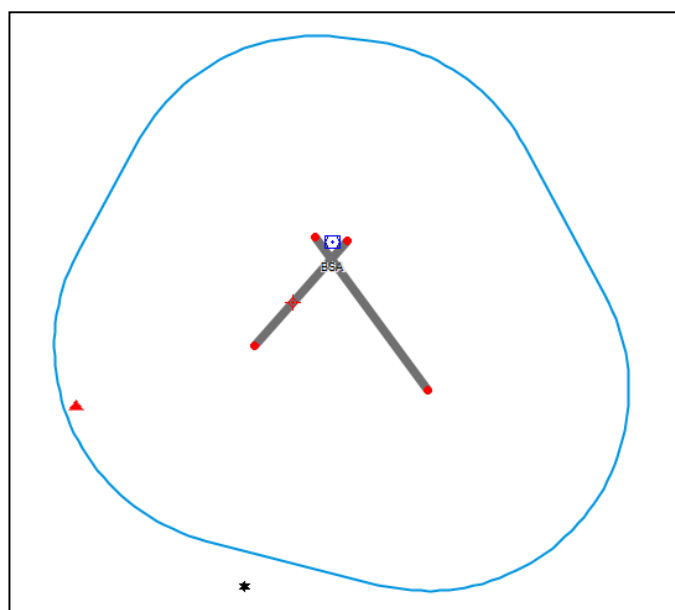


Figure 3-95 : MVL Cat A

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Les aéronefs de catégorie B

- Alt obs pénalisant = 893 m, MFO=90 m

-OCA = 998 m (3275 ft)

Piste(s) choisie(s)	Longueur	Catégorie	IAS
☒ 04 / 22	2203 m	Max B	Max 135 Kt
☒ 15 / 33	3001 m	Max B	Max 135 Kt
☐ ...	...	Max	Max
☐ ...	...	Max	Max

Figure 3-96 : Paramètres de MVL Cat B

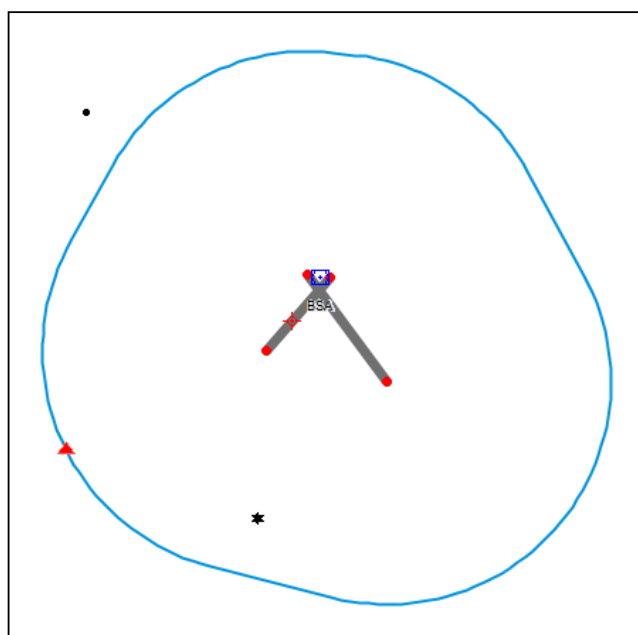


Figure 3-97 : MVL Cat B

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Les aéronefs de catégorie C

- Alt obs pénalisant = 985 m, MFO=90 m

-MOCA = 1120 m (3675 ft)

Figure 3-98 : Paramètres du MVL Cat C

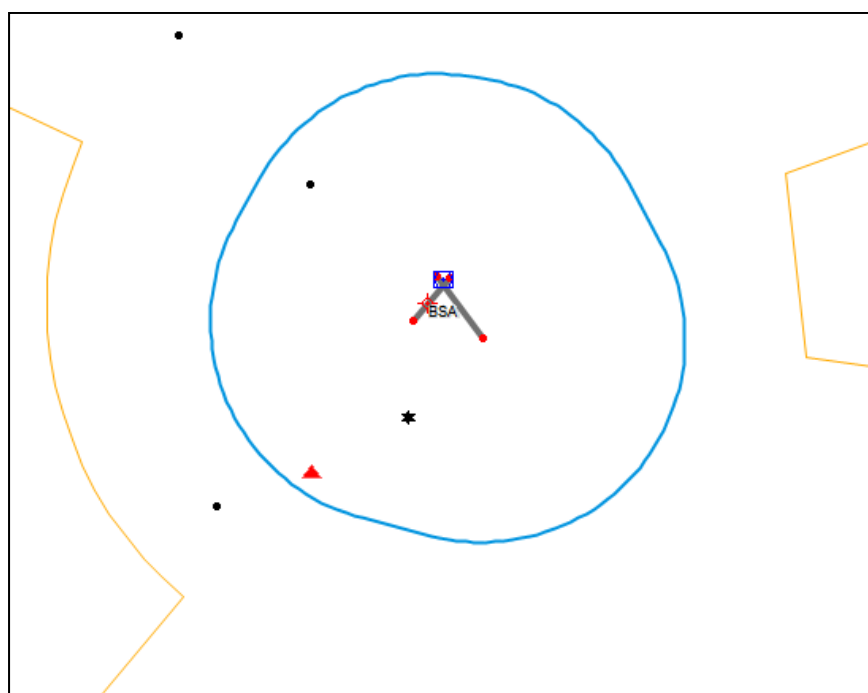


Figure 3-99 : MVL Cat C

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

Les aéronefs de catégorie D

- Alt obs pénalisant = 1035 m, MFO=120 m

-MOCA = 1170 m (3839 ft)

Piste(s) choisie(s)	Longueur	Catégorie	IAS
☒ 04 / 22	2203 m	Max D	Max 205 Kt
☒ 15 / 33	3001 m	Max D	Max 205 Kt
☐ ...	...	Max	Max
☐ ...	...	Max	Max

Figure 3-100 : Paramètres de MVL Cat D

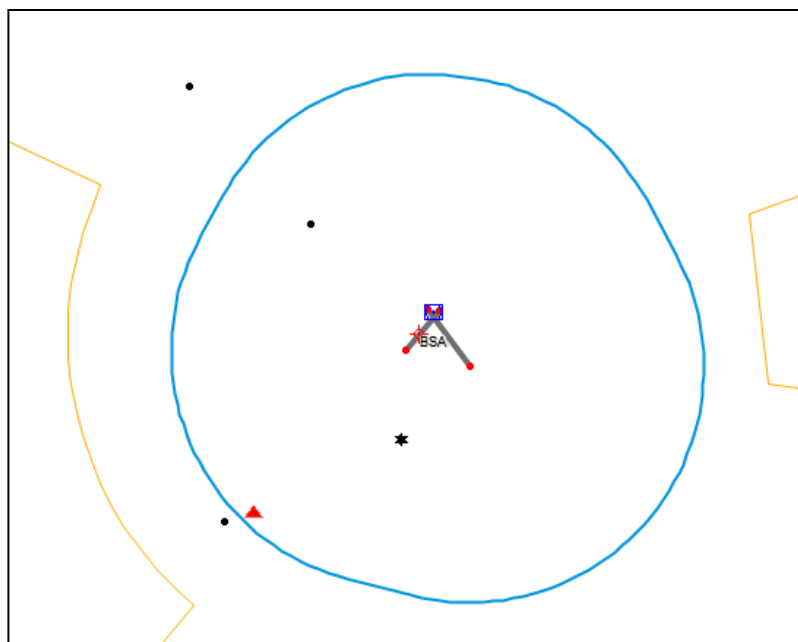


Figure 3-101 : MVL Cat D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY15, RWY22 et RWY 33

3.12. Conclusion :

Suite à l'élaboration manuelle et automatisée des procédures d'approche VOR/DME pour les QFU 15, 22 et 33, les résultats obtenus montrent une forte concordance entre les deux méthodes. Cette similarité souligne la pertinence de l'automatisation comme méthode de référence pour la conception des procédures : elle permet non seulement de réduire significativement les délais de réalisation, mais aussi de diminuer les incertitudes et d'améliorer la précision des calculs .

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La réalisation de ce mémoire nous a permis d'appliquer concrètement les connaissances acquises durant notre formation, tout en relevant les défis inhérents à l'élaboration des procédures d'approche aux instruments. Ces difficultés trouvent principalement leur origine dans la complexité et les spécificités géographiques de l'aérodrome de Bou Saâda, caractérisé par un terrain accidenté et la proximité de zones à statut particulier.

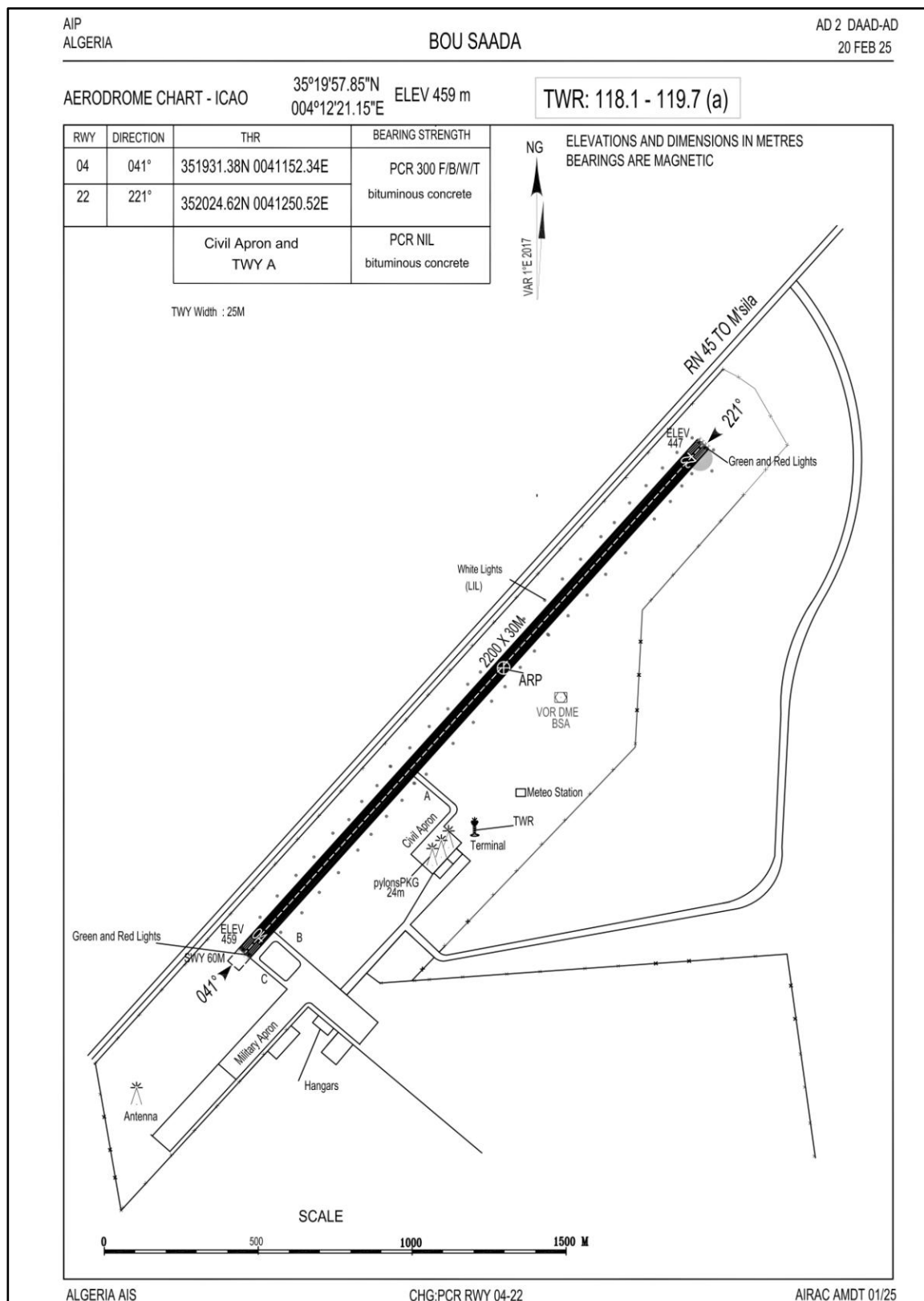
Dans le cadre du développement de la navigation aérienne à cet aérodrome, nous avons étudié le déplacement du VOR/DME afin de l'exploiter pour des approches directes, tant pour la piste existante que pour la nouvelle piste en cours de réalisation. Notre travail a consisté en la révision de la procédure d'approche aux instruments existante pour le seuil 22, ainsi qu'en l'élaboration des procédures pour les seuils 15 et 33 de la nouvelle piste. Les zones dangereuses et le relief accidenté entourant l'aérodrome de Bou Saâda ont constitué des contraintes majeures et nous ont conduits à proposer plusieurs scénarios, dont le plus optimal a été retenu.

La concordance entre les résultats issus de la méthode manuelle et ceux obtenus grâce à l'automatisation met en évidence la pertinence de cette dernière comme approche de conception privilégiée. En effet, l'automatisation contribue à réduire les délais de développement, à limiter les marges d'incertitude et à améliorer la précision des calculs.

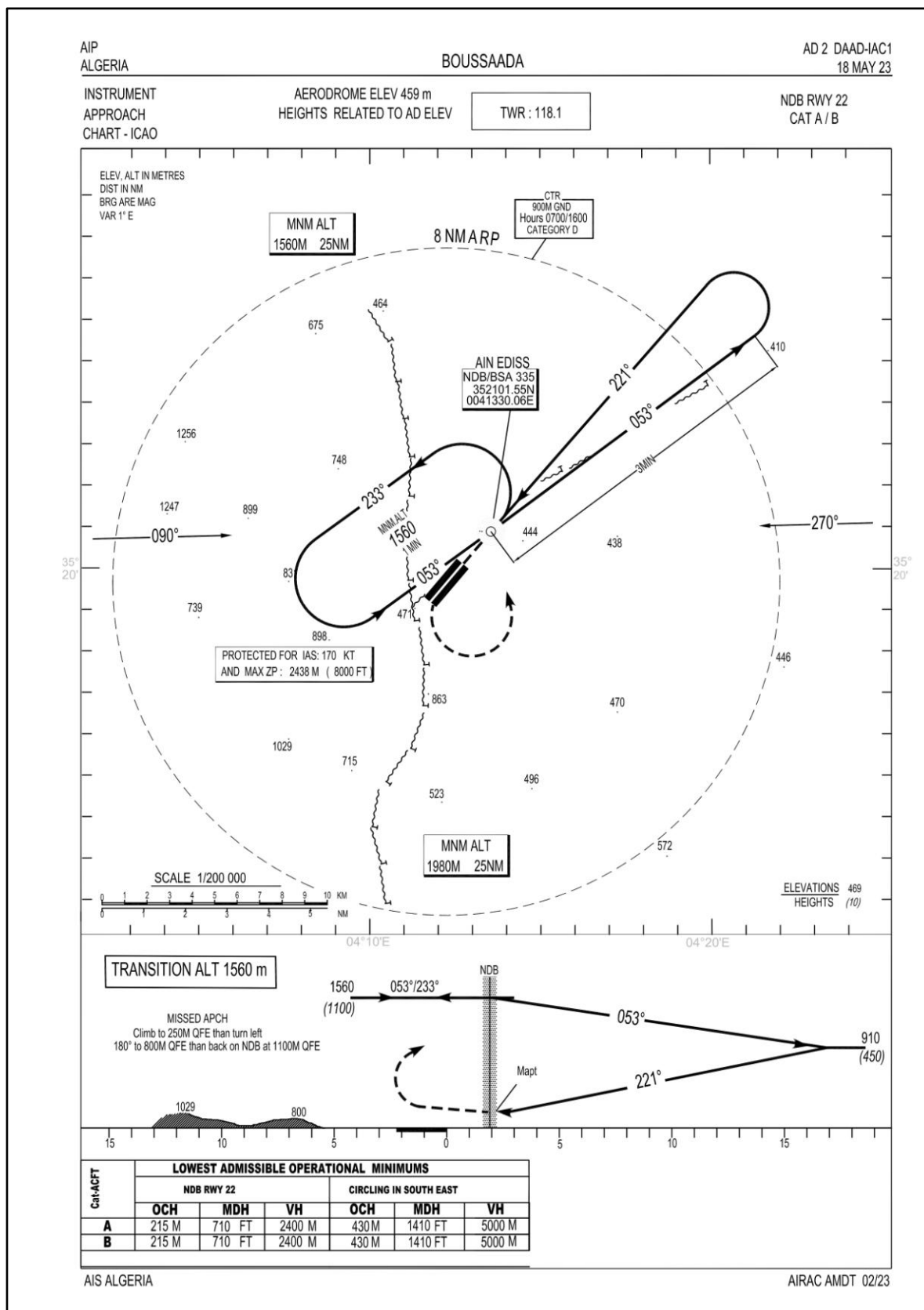
En perspective, l'adoption de procédures d'approche de précision après l'implantation d'un ILS, ainsi que la mise en place d'un plan de navigation basé sur les performances (PBN), sont envisagées pour surmonter les limitations actuelles dues aux obstacles et au relief environnant. Ce projet apporte ainsi des évolutions majeures pour l'aérodrome de Bou Saâda, répondant à ses besoins opérationnels présents et futurs.

ANNEXES

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION LA CARTE D'AERODROME DE BOU SAADA



ANNEXE 2 : LES PROCEDURES EXISTANTS DANS L'AERODROME DE BOU SAADA



AIP
ALGERIA

BOUSSAADA

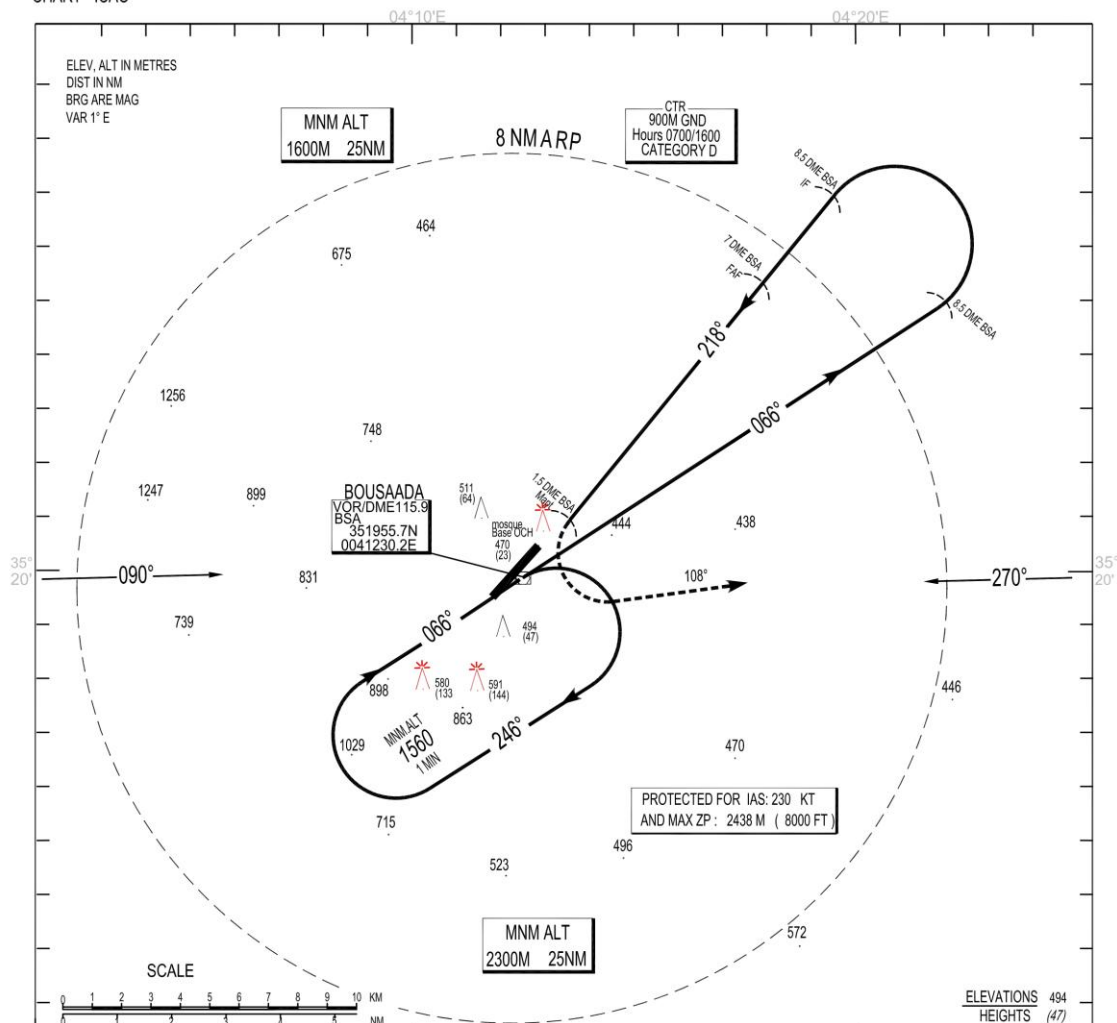
AD 2 DAAD-IAC2
18 MAY 23

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 459 m
HEIGHTS RELATED TO
THR RWY 22- ELEV 447 m

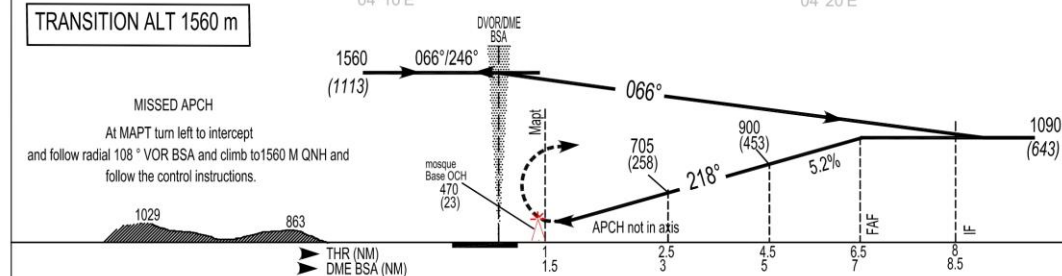
TWR : 118.1

VOR/DME RWY 22
CAT C



TRANSITION ALT 1560 m

MISSED APCH
At MAPT turn left to intercept
and follow radial 108° VOR BSA and climb to 1560 M QNH and
follow the control instructions.



ACFT CAT	LOWEST ADMISSIBLE OPERATIONAL MINIMUMS					
	DVOR/DME RWY 22			CIRCLING IN SOUTH EAST		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
C	135 M	450 FT	2100 M	620 M	2040 FT	5000 M

AIS ALGERIA

AIRAC AMDT 02/23

AIP
ALGERIA

BOUSSAADA

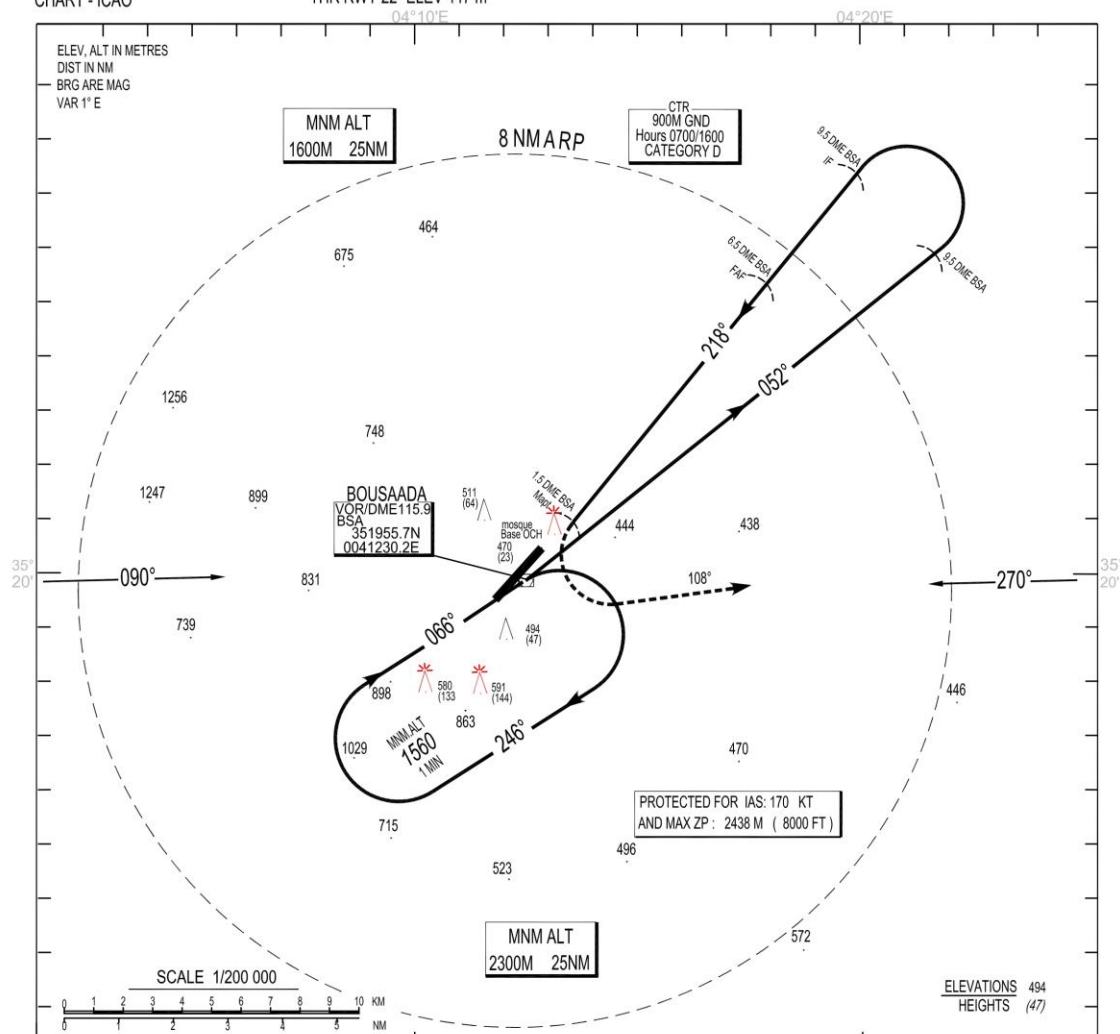
AD 2 DAAD-IAC3
18 MAY 23

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 459 m
HEIGHTS RELATED TO
THR RWY 22- ELEV 447 m

TWR : 118.1

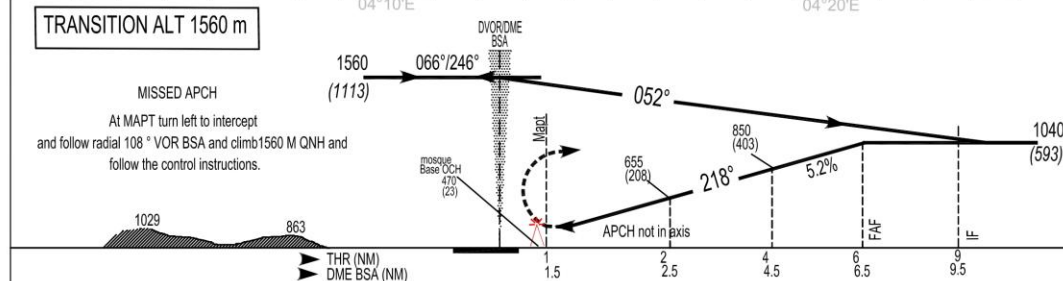
VOR/DME RWY 22
CAT A / B



TRANSITION ALT 1560 m

MISSED APCH

At MAPT turn left to intercept
and follow radial 108° VOR BSA and climb 1560 M QNH and
follow the control instructions.



LOWEST ADMISSIBLE OPERATIONAL MINIMUMS

ACFT CAT	DVOR/DME RWY 22			CIRCLING IN SOUTH EAST		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
A	135 M	450 FT	2100 M	240M	790 FT	3600 M
B	135 M	450 FT	2100 M	425M	1400 FT	5000 M

AIS ALGERIA

AIRAC AMDT 02/23

ANNEXE 3 : CARTE D'APPROCHE A VUE AERODROME DE BOU SAADA

AIP
ALGERIA

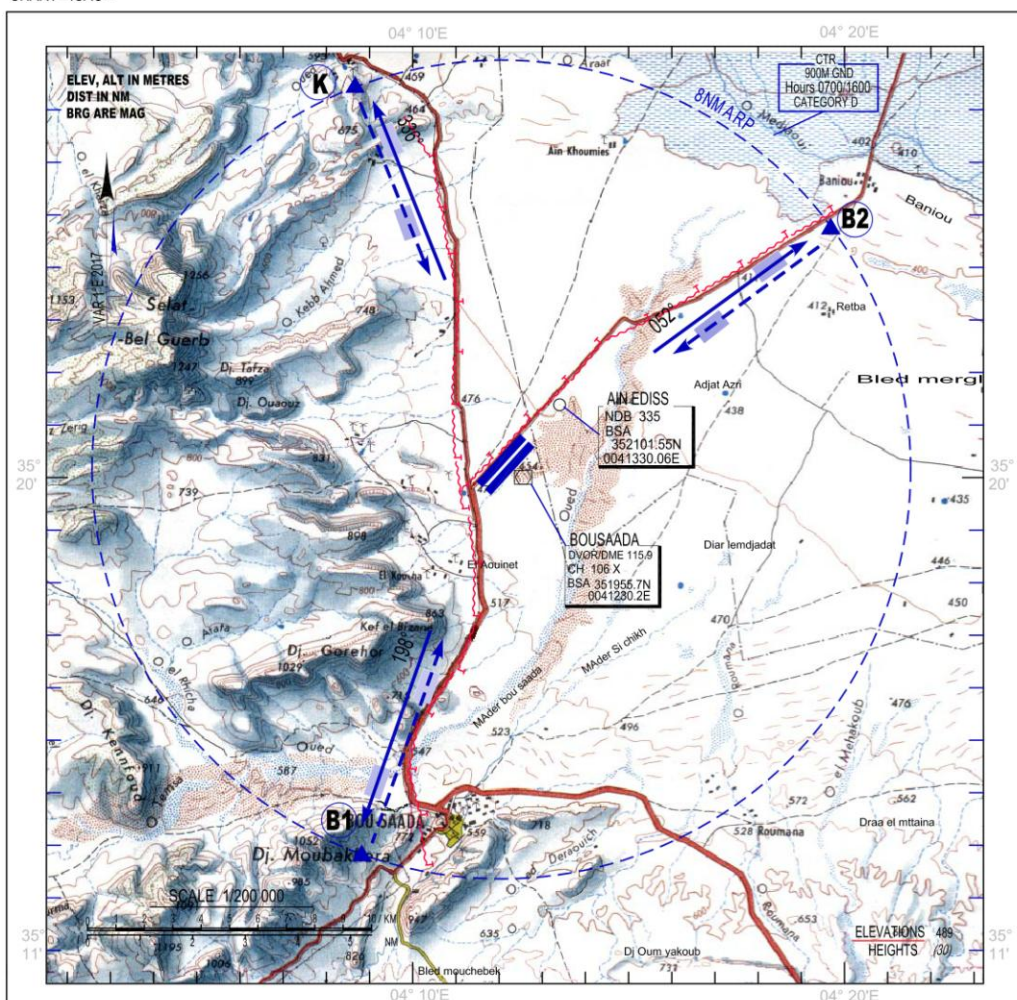
BOUSAADA

AD 2 DAAD -VAC1
18 MAY 23

VISUAL
APPROACH
CHART - ICAO -

AERODROME ELEV 459 m
HEIGHTS RELATED TO AD ELEV

TWR : 118.1



NOTES:

(1) RWY parallel to departmental road and High Tension line

(2) VFR Paths:

---> ARRIVALS
— DEPARTURES

(B1) South BOU SAADA CITY 198°

(B2) East BANIOU 052°

(K) North AIN KHERMAM 336°

AIS ALGERIA

AIRAC AMDT 02/23

APPENDICES

APPENDICES

1. Introduction :

Le stage pratique de mon projet fin d'étude fut réalisé au sein de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne (E.N.N.A) au niveau de direction d'exploitation de la navigation aérienne (D.E.N.A) et plus précisément au niveau du Départements de la Circulation Aérienne (D.C.A) au Service d'Etude et de Développement (S.E.D), le responsable sur la conception des procédures pendant 4 mois.

2. Présentation de l'ENNA :

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne (E.N.N.A.) est un établissement qui assure le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'état ; Placé sous la tutelle du ministère des Transports, il a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. Il est chargé en outre du contrôle et du suivi des appareils en vol ainsi que de la sécurité aérienne. Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne, l'ENNA collabore avec des institutions nationales et internationales :

- ☐ Ministère des Transports.
- ☐ Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) ;
- ☐ ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar ;
- ☐ EUROCONTROL: Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne.
- ☐ École Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse (ENAC) ;
- ☐ Université Saad Dahlab /Département de l'Aéronautique de Blida (IAB).

3. Mission de l'ENNA :

Les principales missions de l'établissement sont les suivants :

- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation en vol et au sol des aéronefs, l'implantation des aéroports et les installations relevant de sa mission ;
- Dans le cadre de sa mission, participer à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aéroports et établir les plans des servitudes aéronautiques et radioélectriques en coordination avec les autorités concernées. Veiller à leur application ;
- Assurer l'installation et la maintenance des moyens de télécommunications, de radionavigation
- Le contrôle de trafic aérien national et international partant, arrivant ou transitant l'espace aérien algérien ;
- Assurer la sécurité de la navigation dans l'espace aérien national (relevant de la compétence de l'Algérie) ainsi qu'au-dessus et aux abords des aéroports ouverts à la Circulation Aérienne Publique (C.A.P) ;
- Diffuser l'information aéronautique et météorologique (en vol et au sol) nécessaires à la navigation aérienne ;
- La gestion des services de sauvetage et de lutte contre les incendies au niveau des plates- formes aéroportuaires.
- Il participe au lancement des opérations de recherche et de sauvetage et les actions de prévention en matière de sécurité avec les autorités concernées conformément à la réglementation en vigueur ;
- Contribuer à l'effort du développement de recherches appliquées dans les techniques de navigation aérienne ;
- Diffuser ou retransmettre au plan international les messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.
- Calibrer les moyens de communication, de radionavigation et de surveillance au moyen de l'avion laboratoire.

4. Organisation de l'ENNA :

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

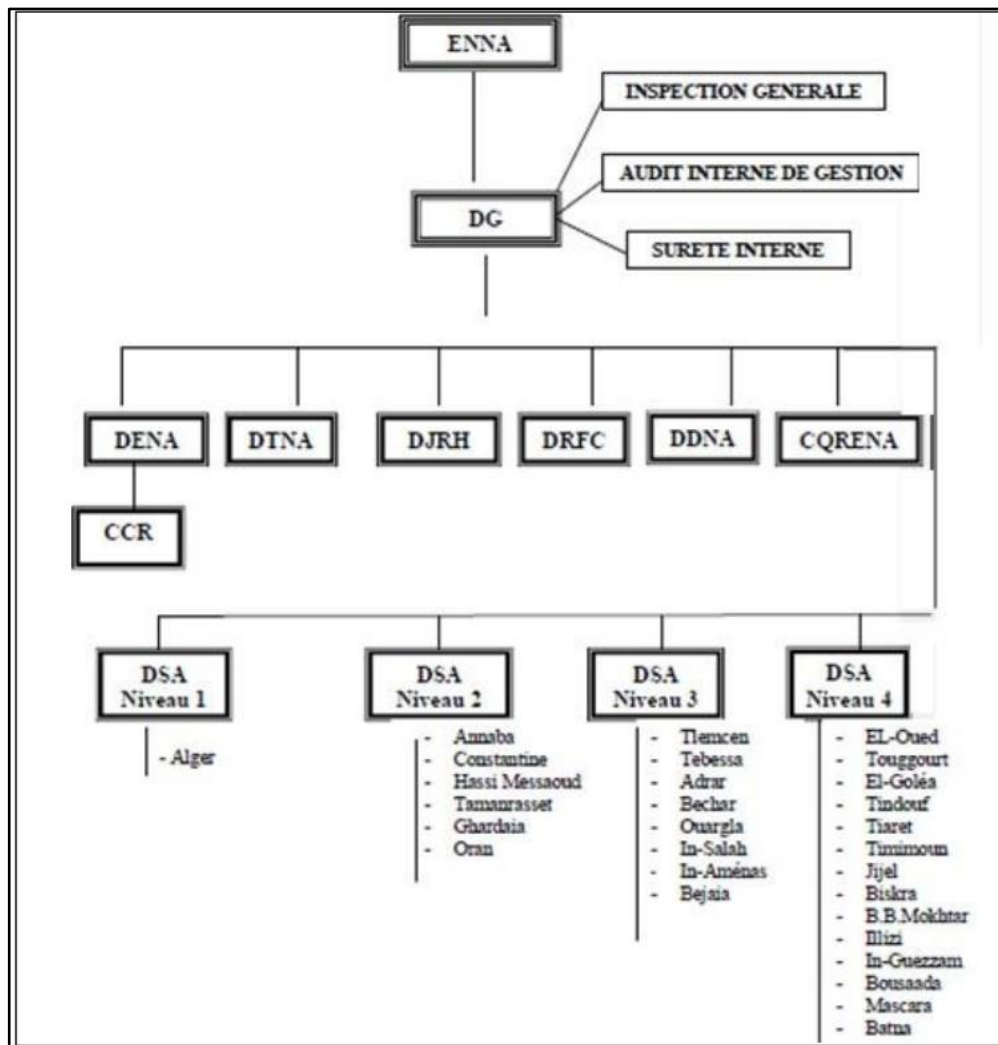


Figure 1 : Organisation De l'ENNA

- DDNA : Direction de Développement de la Navigation Aérienne ;
- DENA : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne ;
- DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne ;
- DRFC : Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité ;
- DJRH : Direction Juridique et Ressources Humaines ;
- CQRENA: Centre de Qualification de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.

5. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA :

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

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

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

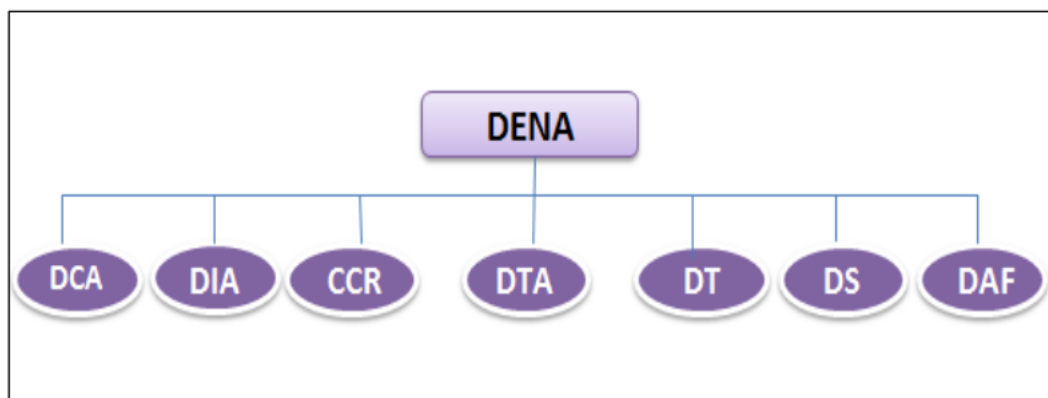


Figure2: Organisation de la DENA

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

6. Le Département de la Circulation Aérienne DCA :

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

- Service Études et Développement (SED).
- Service Contrôle et Coordination (SCC).

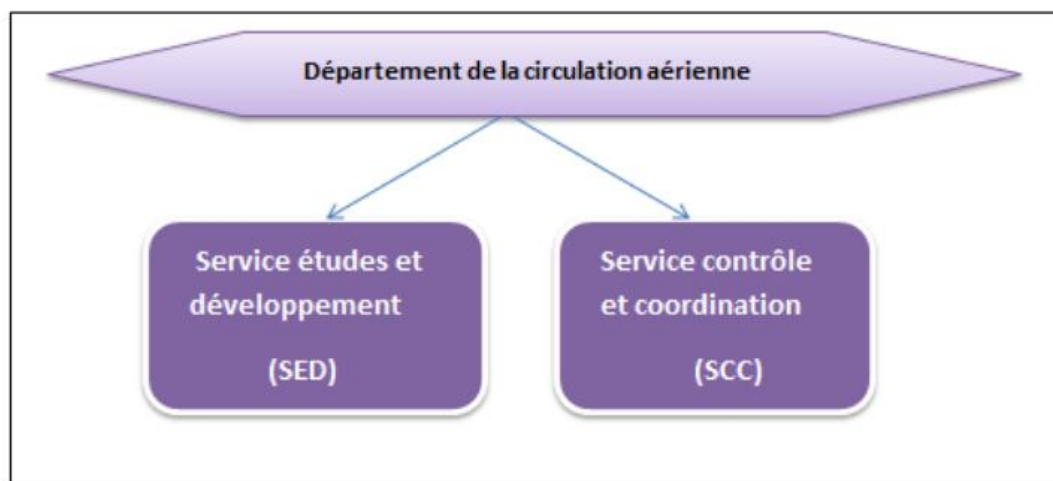


Figure3: Organisation de DCA

Le Service Études et Développement (SED) :

Il est chargé des tâches suivantes :

- Élaboration des plans des servitudes aéronautique de dégagement des aérodromes ;
- Étude des obstacles à la navigation aérienne ;
- Élaboration des cartes d'obstacles d'aérodromes ;
- Étude des schémas de la circulation aérienne ;
- La conception de procédures de départs et d'arrivées aux instruments (SID, STAR) pour les services de contrôle d'approche ;
- La conception des procédures d'approches aux instruments (classiques, précision et à vue) pour l'ensemble des aérodromes ;
- Mise à jour de l'AIP Algérie selon les informations aéronautique émanant de DSA des aérodromes ;
- Analyses des anomalies d'exploitation émanant des compagnies aériennes et les centre de contrôles et aérodromes ;
- Examens des dossiers de l'homologation des pistes des aérodromes ;
- Missions de choix de site pour l'installation et déplacements des moyens de radionavigation ;
- Élaboration des manuels d'exploitation des services de la circulation aérienne ;
- Participation à la mise en œuvre du SGS au niveau des aérodromes et du CCR.

Service Contrôle et Coordination (SCC) :

Le service est chargé des fonctions suivantes :

- La tenue à jour de fichier informatisé « l'État des Aérodromes » relatif à l'exploitation de l'ensemble des aérodromes sur le territoire national ;

- Il est chargé d'analyser des anomalies d'exploitation dans l'espace aérien relatives aux avis d'incidents, accidents, comptes rendus d'irrégularité d'exploitation (AIR PROX, réclamation, déroutement, alertes, procédures et infractions) concernant les aéronefs et leurs équipages ;
- La mise à jour et la tenue de la réglementation en vigueur sur le plan international (OACI) ;
- Il veille à l'application de la réglementation internationale concernant le service de sauvetage et de la lutte contre l'incendie au niveau des aérodromes et notamment le maintien en vigueur de la catégorie requise (OACI) appliqué au service SSLI ;
- Il représente la DENA auprès des services de recherche et de sauvetage des aéronefs en détresse (SAR).
- L'inspection technique de tous les aérodromes sur le territoire national conformément à la réglementation internationale de l'aviation civile et l'instruction de la DACM.
- Il est chargé d'autres missions relatives à l'exploitation des aérodromes confiés par la DENA.

7. Conclusion :

Le stage pratiqué à l'ENNA m'a permis de comprendre le rôle et la fonction de chaque département notamment le département de la circulation aérienne au sein duquel j'ai pu acquérir une certaine expérience en matière de conception de procédure.

GÉOTITAN [6] :

GéoTITAN, est un logiciel expert dédié à la création et la gestion des procédures aériennes. Il permet la création des trajectoires IFR pour l'approche et en route pour les applications de navigation conventionnelle et RNAV dans un environnement SIG (Système d'Information Géographique). Géo TITAN : est basé sur les critères des documents suivant :

- ICAO DOC 8168-OPS/611,
- ICAO DOC 9613,
- ICAO DOC 9905,
- Recueil PRO REC PRO / INS 350 DIRCAM,
- OTAN AATCP 1E.

Le cœur du logiciel est régulièrement mis à jour avec de nouvelles fonctionnalités au moins une fois par an.

Géo TITAN : offre une automatisation effective pour la création de procédures au travers d'outils puissants comme :

- ✓ Utilisation d'une base de données de référence pour fournir les données aéronautiques,
- ✓ Calculs automatiques utilisant les lignes géodésiques pour toutes les phases de vol,
- ✓ Calcul et affichage des aires de protections,
- ✓ Calcul des altitudes minimales de vol et OCA,
- ✓ Contrôle permanent des actions de créations vis-à-vis de la réglementation,
- ✓ Outils de création d'aires via des gabarits,
- ✓ Localisation dans le système de coordonnées WGS-84,
- ✓ Utilisation d'un SIG (Géo Concept) pour assurer :
 - La gestion et l'affichage des données aéronautiques: aérodromes, obstacles, espaces aériens, etc...
 - La gestion des fichiers de modèles numériques de terrain et images rasters.
 - La création et la gestion d'objets de type vecteur dans les fichiers de travail comme les routes, cheminements, limites d'états, espaces aériens, etc...

RÉFÉRENCES :

- 1.** OACI ; Organisation de l'Aviation Civile Internationale, DOC 8168 « Exploitation technique des aéronefs », 7^{ème} édition 2020, Volume II -Construction des procédures de vol à vue et de vol aux instruments-, Partie I Section 4 : Procédure d'approche.
- 2.** USDB ; université SAAD DAHLEB BLIDA, IAES ; institue d'aéronautique et des études spatiales, Cours PAN-OPS, Mme Drareni 2021.
- 3.** Document ENAC « IPD1-F cours module 2 2013-1 », concept généraux et procédures classique.
- 4.** Site web : <https://www.lavionnaire.fr> (25-06-2025)
- 5.** SIA, Service d'Informations Aéronautique, AIP, Publication d'Information Aéronautique- Algérie (AIP- Algérie), 2025.
- 6.** ENNA ; Établissement Nationale de Navigation Aérienne, DENA ; Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne, DCA ; Département de la Circulation Aérienne,
- 7.** Site web : <https://aeroports-egsa-alger.dz/fr/1.html> (03-07-2025)
- 8.** Site web : <https://earth.google.com/> (25-06-2025)
- 9.** Site web : <https://fr.wikipedia.org> (25-06-2025)
- 10.** Annexe 14 de l'OACI « Cartes aéronautiques », 11^{ème} édition 2009,
Chapitre 11: Carte d'approche aux instruments.
- 11.** Mémoire de master en aéronautique, Melle. MEZIANE Chaima, Spécialité en exploitation en aéronautique, Thème CRÉATION ET RÉVISION DES PROCÉDURES D'APPROCHES AUX INSTRUMENTS POUR L'AERODROME DE CONSTANTINE POUR LA PISTE 16/34, promo 2024.