

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 SPATIALE



MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Exploitation Aéronautique

THEME :

LA CRÉATION DES NOUVELLES PROCÉDURES D'APPROCHE
AUX INSTRUMENTS VOR/DME PISTES 22 ET 27 DE
L'AERODROME D'ILLIZI

Présenté par :

M. BENGACHOUCHE Cheikh

Encadrée par :

M. MOKHBAT Akram

Mme. DRARENI Fatima

Blida, Septembre 2024

ملخص

يهدف هذا المشروع لإنشاء إجراءات الإقتراب الجديدة باستخدام أجهزة الملاحة الجوية (VOR/DME) تم إعداد هذه الدراسة من خلال إستغلال الموقع الجديد لأجهزة VOR/DME ILZ ثم إنشاء إجراءات الإقتراب الجديدة باستخدام الأجهزة للمدرجين 27 و 22 وفقاً لمعايير منظمة الطيران المدني الدولي (OACI) في البداية، تم تطوير هذه الإجراءات يدوياً (الحسابات والرسومات). بعد ذلك، تم تحسينها باستخدام (نظام جيو تيتان) لكلمات المفتاحية :

إجراءات الإقتراب باستخدام الأجهزة. معيار. إنشاء. تركيب. الانتظار الرأسي. جيو تيتان.

VOR/DME.OACI.DAAP.

ABSTRACT

This project focuses on the development of new approach procedures for the VOR/DME RWY22 and VOR/DME RWY27 instruments at ILLIZI aerodrome.

The study was conducted to utilize the new position of the VOR/DME ILZ and to create new instrument approach procedures for the two existing runways 22 and 27 in accordance with ICAO standards. First, these procedures were manually developed (with calculations and drawings). Then, they were refined using the PANS-OPS (GeoTITAN) system.

Keywords: Instrument Approach Procedure, VOR/DME, DAAP, Vertical Installation Waiting, Creation, ICAO Standard, GeoTITAN

RÉSUMÉ

Ce projet focalise sur l'élaboration des nouvelles procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et VOR/DME RWY27 pour l'aérodrome d'ILLIZI.

L'étude a été établie afin d'exploiter la nouvelle position du VOR/DME ILZ ainsi la création des nouvelles procédures d'approche aux instruments pour les deux pistes existantes 22 et 27 conformément aux normes OACI. Tout d'abord ces procédures ont été élaborée manuellement (des calculs et des dessins). Par la suite, elles ont été perfectionnées en utilisant le système PANS-OPS (Géo TITAN).

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

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie le dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Je veux remercier mon encadreur

MOKHBAT AKRAM pour son soutien constant, ses précieux conseils et sa disponibilité. Sa guidance a grandement contribué à l'aboutissement de ce travail.

J'exprime mes sincères remerciements

Mme DRARENI FATIMA pour son aide, ces suggestions ainsi que sa disponibilité.

Je tiens également à remercier les membres du jury qui ont bien voulu lire et examiner mon travail.

Ce projet de fin d'études a été une expérience enrichissante et formatrice, et je suis reconnaissant envers toutes les personnes qui ont contribué à sa réussite.

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

*A la personne la plus chère à mon cœur, la source de mes efforts :
mon*

Frère AZZEDDINE

A mes camarades et amis

*A ma grand-mère la personne la plus idéale, que dieu te garde dans
son vaste paradis,*

*Enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à
la réalisation de ce travail.*

TABLES DES MATIÈRES

RÉSUMÉ

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

TABLES DES MATIÈRES

LISTES DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

ABRÉVIATION

GLOSSAIRE

INTRODUCTION.....	1
1 GENERALITE 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
1.3 Différentes phases d'une procédure Classique :	2
1.3.1 L'arrivée :	3
1.3.2 Procédure d'attente :	5
1.3.3 Le segment d'approche initial :	14
1.3.4 Le segment d'approche intermédiaire :	16
1.3.5 Le segment final :	17
1.3.6 Le segment d'approche interrompue :	21
1.4 Procédure d'approche indirect (manœuvre à Vue) :	23
1.4.1 Manœuvre à Vue libre (MVL) :	24
1.4.2 Manœuvre à Vue imposée (MVI) :	24
1.5 Conclusion :	25
2 ETUDE DE L'EXISTANT DE L'AERODROME D'ILLIZI.....	26
2.1 Introduction :	26
2.2 Généralité sur l'aérodrome de Illizi :	26
2.3 Situation géographique de Illizi :	28
2.4 Infrastructure liée à l'aérodrome de Illizi :	29
2.4.1 Les pistes :	30
2.4.2 Les voies de circulation :	30
2.4.3 Le parking avions :	31

2.5	Les instruments de radionavigation :.....	31
2.6	Installation de télécommunications des services de la circulation aérienne : 32	
2.7	Les obstacles autour de l'aérodrome :	32
2.8	Les zones à statut particulier :	33
2.9	Les procédures d'approches aux instrument existantes :	34
2.10	Les circuits d'attente existants :	34
2.11	La région de contrôle "CTR" de Illizi :	34
2.12	CTA Illizi/ Takhamalt Ibrahim Ghouma :.....	35
2.13	Statistique du trafic aérien :.....	35
2.14	Conclusion :	35
3	CONCEPTIONS DES PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS	
	VOR/DME RWY22 ET RWY27	36
3.1	Introduction :	36
3.2	Choix de site VOR ILZ :	36
3.2.1	Etude des Variantes proposées :.....	36
3.2.2	Les avantages liés à cette position :.....	39
	-installation sur l'aérodrome.....	39
3.3	Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 22 : .	39
3.3.1	L'Arrivée :	39
3.3.2	L'Attente :	41
3.3.3	Segment d'approche initiale :	51
3.3.4	Segment d'approche intermédiaire :.....	57
3.3.5	Segment d'approche finale :.....	58
3.3.6	Segment d'approche interrompue :	60
3.4	Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 27 : .	69
3.4.1	Choix d'emplacement de la nouvelle attente :.....	69
3.4.2	Segment d'approche initiale :	72
3.4.3	Segment d'approche intermédiaire :.....	77
3.4.4	Segment d'approche finale :.....	78
3.4.5	Segment d'approche interrompue :	80
3.5	MANOEUVRE A VUE LIBRE (MVL) :	86
3.5.1	Calcul du rayon Rc :	86
3.5.2	Détermination de l'altitude minimal de sécurité :	88
3.5.3	Les minimas opérationnels d'aérodrome (MOA) :	89

3.6	La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 22 sur le system Géo TITAN :.....	93
3.6.1	L'arrivée :.....	93
3.6.2	L'Attente :.....	95
3.6.3	Virage de base :.....	97
3.6.4	Segment d'approche intermédiaire :.....	98
3.6.5	Segment d'approche finale :.....	100
3.6.6	Segment d'approche interrompue :.....	101
3.7	La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 27 sur le system Géo TITAN :.....	107
3.7.1	L'Attente :.....	107
3.7.2	Virage de base :.....	108
3.7.3	Segment d'approche intermédiaire :.....	109
3.7.4	Segment d'approche finale :.....	111
3.7.5	Segment d'approche interrompue :.....	111
3.8	Les manœuvres à vue libre (MVL) :.....	113
3.9	Conclusion :.....	117
	CONCLUSION ET PERSPECTIVE	118
	ANNEXES	
	APPENDICES	
	RÉFÉRENCES :	

LISTES DES FIGURES

FIGURE 1-1DIFFERENTS SEGMENTS D'APPROCHE	3
FIGURE 1-2ORIENTATION DES SECTEURS	4
FIGURE 1-3ATTENTE	5
FIGURE 1-4FORME D'ATTENTE ET TERMINOLOGIE	6
FIGURE 1-5 TYPES D'ATTENTES.....	7
FIGURE 1-6LES TYPES D'ENTREES DANS UN ATTENTE VERTICALE INSTALLATION	8
FIGURE 1-7GABARIT D'ATTENTE	9
FIGURE 1-8AIRE DE BASE ET AIRE CORRESPONDANTE POUR ENTREES POUR UN ATTENTE VERTICALE VOR/DME	10
FIGURE 1-9: ZONES TAMPONS D'UNE ATTENTE	11
FIGURE 1-10PROTECTION ATTENTE/ROUTE D'ARRIVEE	12
FIGURE 1-11PROTECTION ATTENTE/DEPART	13
FIGURE 1-12: ATTENTE/ZONE A STATUT PARTICULIER	13
FIGURE 1-13ENTREE DANS UN VIRAGE DE BASE.....	14
FIGURE 1-14TYPES DES PROCEDURES D'INVERSION ET PROCEDURE EN HIPPODROME	15
FIGURE 1-15SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE	16
FIGURE 1-16AIRE DE PROTECTION DU SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE	17
FIGURE 1-17SEGMENT D'APPROCHE FINALE.....	18
FIGURE 1-18PROFIL DES NPA.....	18
FIGURE 1-19LES CRITERES D'APPROCHE DIRECT	19
FIGURE 1-20AIRE DE PROTECTION D'UNE APPROCHE FINALE AVEC FAF .	20
FIGURE 1-21AIRE DE PROTECTION D'UNE APPROCHE FINALE SANS FAF .	20
FIGURE 1-22SEGMENT D'APPROCHE INTERROMPUE	21
FIGURE 1-23MFO APPROCHE INTERROMPUE	23
FIGURE 1-24AIR DE PROTECTION D'UNE MVL.....	24
FIGURE 1-25: AIRE DE PROTECTION D'UNE MVI.....	25
FIGURE 2-1: POSITION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA D'ILLIZI.....	28
FIGURE 2-2: LA SITUATION GEOGRAPHIQUE DE L'AERODROME DE ILLIZI (GOOGLE EARTH)	29

FIGURE 2-3: LES DEUX PISTES DE L'AERODROME D'ILLIZI (GOOGLE EARTH)	29
FIGURE 2-4: VUE DE L'AERODROME D'ILLIZI (GOOGLE EARTH).....	31
FIGURE 2-5: PRESENTATION DE LA ZONE DANGEREUSE DA-D99 SUR LA CARTE DE CROISIERE	33
FIGURE 3-1: VUE DE LA VARIANTE 01 ET LEURS COORDONNEES	37
FIGURE 3-2: VUE DE LA VARIANTE 02 ET LEURS COORDONNEES	37
FIGURE 3-3: VUE DE LA VARIANTE 03 ET LEURS COORDONNEES	38
FIGURE 3-4: VUE DE LA VARIANTE 04 ET LEURS COORDONNEES	38
FIGURE 3-5: LES SECTEURS ET LEURS MSA	41
FIGURE 3-6: GABARIT DE CIRCUIT DE L'ATTENTE POUR CAT A/B	44
FIGURE 3-7: AIRE DE TOLERANCE DU REPERE DU VOR.....	45
FIGURE 3-8: AIRE DE BASE ET AIRE D'ENTREE CORRESPONDANTE AU CIRCUIT CAT A/B	45
FIGURE 3-9: AIRES DE PROTECTION DE CIRCUIT D'ATTENTE CAT A/B	46
FIGURE 3-10: GABARIT DE CIRCUIT D'ATTENTE POUR CAT C/D	49
FIGURE 3-11 : AIRE DE BASE ET AIRE ENTREE CORRESPONDANTE AU CIRCUIT CAT C/D.....	49
FIGURE 3-12: AIRES DE PROTECTION DE CIRCUIT D'ATTENTE CAT C/D	50
FIGURE 3-13: AIRE DE PROTECTION DE VIRAGE DE BASE CAT A/B.....	53
FIGURE 3-14: AIRE DE PROTECTION DE VIRAGE DE BASE CAT C/D	56
FIGURE 3-15: SEGMENT INTERMEDIAIRE.....	57
FIGURE 3-16: SEGMENT FINAL SEUIL 22	59
FIGURE 3-17: SEGMENT D'APPROCHE INTERROMPUE	65
FIGURE 3-18: AIRES DE PROTECTION DE CIRCUIT D'ATTENTE PISTE 27 CAT A/B.....	69
FIGURE 3-19: AIRES DE PROTECTION DE CIRCUIT D'ATTENTE PISTE 27 CAT C/D	71
FIGURE 3-20 : AIRE DE PROTECTION DE VIRAGE DE BASE CAT A/B.....	74
FIGURE 3-21: AIRE DE PROTECTION DE VIRAGE DE BASE CAT C/D	76
FIGURE 3-22: SEGMENT INTERMEDIAIRE.....	77
FIGURE 3-23: SEGMENT FINAL SEUIL 27	79
FIGURE 3-24: SEGMENT D'APPROCHE INTERROMPUE	85
FIGURE 3-25: MANŒUVRE A VUE LIBRE	88

FIGURE 3-26: SECTEUR 1 ET 2.....	93
FIGURE 3-27: SECTEUR 3 ET 4.....	93
FIGURE 3-28: MSA FINALE SECTEUR 1	94
FIGURE 3-29: MSA FINALE SECTEUR 2.....	94
FIGURE 3-30: ATTENTE A/B ET LEURS PARAMETRES	95
FIGURE 3-31: ATTENTE C/D ET LEURS PARAMETRES.....	96
FIGURE 3-32: VIRAGE DE BASE A/B ET LEURS PARAMETRES.....	97
FIGURE 3-33: VIRAGE DE BASE C/D ET LEURS PARAMETRES	98
FIGURE 3-34: SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE A/B ET LEURS PARAMETRES.....	99
FIGURE 3-35: SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE C/D ET LEURS PARAMETRES.....	99
FIGURE 3-36: SEGMENT D'APPROCHE FINALE A/B.....	100
FIGURE 3-37: SEGMENT D'APPROCHE FINALE C/D ET LEURS PARAMETRES	101
FIGURE 3-38: SEGMENT API INITIAL ET LEURS PARAMETRES.....	102
FIGURE 3-39: SEGMENT API INTERMEDIAIRE ET LEURS PARAMETRES...	103
FIGURE 3-40: VIRAGE API LEURS PARAMETRES.....	104
FIGURE 3-41: ATTENTE A/B/C/D ET LEURS PARAMETRES	107
FIGURE 3-42: VIRAGE DE BASE A/B ET LEURS PARAMETRES.....	108
FIGURE 3-43: VIRAGE DE BASE C/D ET LEURS PARAMETRES	109
FIGURE 3-44: SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE A/B ET LEURS PARAMETRES.....	110
FIGURE 3-45: SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE C/D ET LEURS PARAMETRES.....	110
FIGURE 3-46: SEGMENT D'APPROCHE FINALE ET LEURS PARAMETRES.	111
FIGURE 3-47: SEGMENT API INITIAL ET LEURS PARAMETRES.....	112
FIGURE 3-48: SEGMENT API INTERMEDIAIRE ET LEURS PARAMETRES...	112
FIGURE 3-49: VIRAGE API ET LEURS PARAMETRES	113
FIGURE 3-50: MVL TOUS LES CATEGORIES AERODROME D'ILLIZI	114

LISTE DES TABLEAUX

TABLE 1-1: MARGE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE	4
TABLE 1-2: DESCENTE MINIMALE AUTORISEE POUR UNE PROCEDURE D'INVERSION/HIPPODROME	16
TABLE 2-1: LES AIDES DE RADIONAVIGATION ET D'ATTERRISSAGE	31
TABLE 2-2: LES INSTALLATIONS DE TELECOMMUNICATION DE L'AERODROME DE ILLIZI	32
TABLE 2-3: OBSTACLES D'AERODROME CONCERNANT L'AIRES D'APPROCHE ET DE DECOLLAGE	33
TABLE 2-4: LES STATISTIQUES DE TRAFIC EN 2021/2022/2023.	35
TABLE 3-1: LES PARAMETRE D'ATTENTE CAT A/B	42
TABLE 3-2: CALCUL DE GABARIT CAT A/B	43
TABLE 3-3: CALCULES ASSOCIES A LA CONSTRUCTION D'AIRE DE TOLERANCE DU REPERE DE POSITION VOR	44
TABLE 3-4: MFO POUR LES DIFFERENTS ZONES DE L'ATTENTE	47
TABLE 3-5: CALCUL DE GABARIT CAT C/D	48
TABLE 3-6: LES PARAMETRE DE VIRAGE DE BASE CAT A/B	51
TABLE 3-7: CALCUL DE GABARIT DE VIRAGE DE BASE CAT A/B	52
TABLE 3-8: LES PARAMETRE DE VIRAGE DE BASE CAT C/D	54
TABLE 3-9: CALCUL DE GABARIT DE VIRAGE DE BASE CAT C/D	55
TABLE 3-10: OBSTACLE QUI TROUVE DANS L'AIR PRIMAIRE	58
TABLE 3-11: OBSTACLE QUI SE TROUVE DANS L'AIR SECONDAIRE	58
TABLE 3-12: OBSTACLE QUI TROUVE DANS L'AIR PRIMAIRE	60
TABLE 3-13: OBSTACLE QUI TROUVE DANS L'AIR SECONDAIRE	60
TABLE 3-14: PARAMETRES DE SEGMENT INITIALE ET INTERMEDIAIRE INTERROMPUE	63
TABLE 3-15: PARAMETRES DE VIRAGE INTERROMPUE	64
TABLE 3-16: CALCUL DE GABARIT DE VIRAGE DE BASE CAT A/B	73
TABLE 3-17: CALCUL DE GABARIT DE VIRAGE DE BASE CAT C/D	75
TABLE 3-18: OBSTACLE QUI TROUVE DANS L'AIR PRIMAIRE	77
TABLE 3-19: OBSTACLE QUI SE TROUVE DANS L'AIR SECONDAIRE	78
TABLE 3-20: OBSTACLE QUI TROUVE DANS L'AIR PRIMAIRE	79
TABLE 3-21: OBSTACLE QUI TROUVE DANS L'AIR SECONDAIRE	80
TABLE 3-22: PARAMETRES DE SEGMENT INITIALE ET INTERMEDIAIRE INTERROMPUE	82
TABLE 3-23: PARAMETRES DE VIRAGE INTERROMPUE	84
TABLE 3-24: CALCUL DU RAYON RC	87
TABLE 3-25: CALCULS LIES A LA DETERMINATION DE HAUTEUR MINIMALE DE SECURITE POUR LA MVL	88
TABLE 3-26: LES VALEURS DE LA MDH	89
TABLE 3-27: LES MINIMUMS OPERATIONNELS D'AERODROME	90

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 Prévüe.

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 : Manœuvre à Vue Imposée.

MVL : Manœuvre 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 manœuvres 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 entourage et considéré comme pouvant présenter un danger pour le passage des aéronefs dans le cadre de l'opération pour laquelle la procédure a été conçue.

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 moderne repose sur des procédures rigoureusement définies pour garantir la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes. Parmi celles-ci, les procédures d'approche aux instruments jouent un rôle crucial, surtout dans des conditions météorologiques où la visibilité est réduite. Ces procédures permettent aux aéronefs d'effectuer des approches stable et sécurisées, même lorsque les conditions météorologiques ne sont pas idéales.

L'aérodrome d'Illizi (DAAP), situé dans la wilaya d'Illizi au sud-est de l'Algérie, est une infrastructure essentielle pour le transport aérien dans cette région isolée du Sahara. Il sert principalement de liaison pour les vols domestiques, facilitant ainsi le transport des habitants, des travailleurs, et des touristes vers et depuis cette région riche en ressources naturelles et en patrimoine culturel. En raison de sa position stratégique, l'aérodrome d'Illizi joue un rôle clé dans le soutien aux activités industrielles, notamment l'exploration pétrolière, tout en favorisant le développement économique et touristique de la région.

Suite au future déplacement de moyen de radionavigation VOR/DME ILZ, ce présent projet se focalise sur l'élaboration des nouvelles procédures d'approches aux instruments de façon manuelle et automatique pour les (QFU 22 et QFU 27) de l'aérodrome d'Illizi. Ce projet s'inscrit dans un contexte où l'optimisation de la sécurité aérienne et l'efficacité des vols sont des enjeux majeurs pour les autorités aéroportuaires et les compagnies aériennes.

La majorité de ce travail a été réalisée dans le cadre d'un stage pratique de trois mois, effectué au sein de l'établissement nationale de la navigation aérienne (ENNA), au département de la circulation aérienne, service Étude et Développement, chargé de la conception des procédures de vol et de la gestion de l'espace aérien.

Pour se faire, le mémoire est organisé en trois chapitres, commençant par une introduction générale, suivie par le premier chapitre présentant des généralités sur la conception des procédures d'approches aux instruments. Le deuxième chapitre L'étude de l'existant de l'aérodrome d'Illizi. Le dernier chapitre s'intitule Conception des nouvelles procédure d'approche aux instruments VOR/DME seuil 22 et seuil 27. Nous terminons enfin par une conclusion et des perspectives de l'étude.

CHAPITRE 1

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

1.1 Introduction :

Avant d'entreprendre toute étude, il est essentiel d'avoir une compréhension globale du sujet traité, tant du point de vue général que technique. Une attention particulière est accordée aux définitions des termes et aux critères régissant la conception des procédures d'approche aux instruments. Ce chapitre a pour but d'expliquer les différents types de procédures d'approche utilisées pour l'aérodrome d'Ilizi

1.2 Procédures d'approches aux instruments :

1.2.1 Définition :

C'est une suite des manœuvres prédéterminées effectuées par l'aéronef en vue de l'atterrissage en utilisant uniquement les instruments de vol, tout en assurant une marge acceptable de franchissement des obstacles, depuis l'arrivée jusqu'à un point où les critères de franchissement d'obstacles en route ou en attente deviennent applicables.

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

- La procédure d'approche aux instruments doit garantir, la sécurité et l'économie de carburant et du temps.
- La sécurité implique la protection de l'aéronef pendant l'exécution de son approche pour s'établir sur la piste d'atterrissage.
- L'aspect économique est de plus en plus important, car le temps de vol coûte cher et moins d'émission du CO2.

1.3 Différentes phases d'une procédure Classique :

- ✓ La procédure d'approche aux instruments utilise uniquement les informations de guidage latéral fournies par des moyens radioélectriques tels que le VOR, NDB et DME.
- ✓ Une procédure est composée de plusieurs segments correspondant à des phases successives du vol. Les segments sont délimités par des repères (fixes), chaque phase étant délimitée par deux bornes.

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

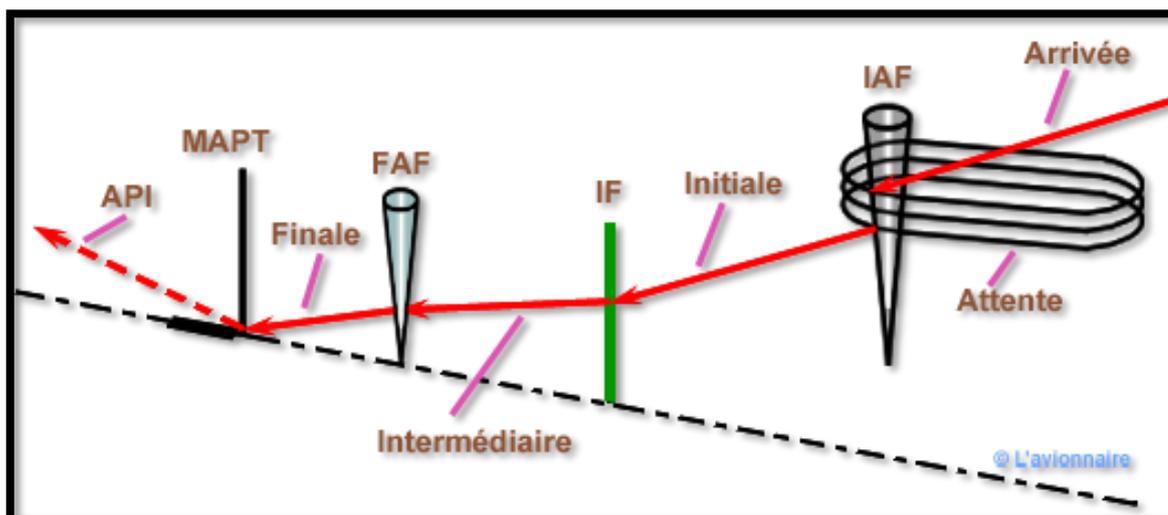


Figure 1-1: différents segments d'approche

1.3.1 L'arrivée :

Le segment d'arrivée est une transition entre la phase de croisière et l'approche, permettant de rejoindre l'IAF (Initial Approach Fix).

1.3.1.1 Altitude minimal de secteur :

- L'altitude minimale de secteur est l'altitude la plus basse pouvant être utilisée dans un secteur circulaire de 25 NM plus 5 NM de rayon, centré de préférence sur une installation radioélectrique située à l'aérodrome.
- Le calcul des MSA (Minimum Sector Altitude) prend en compte uniquement les reliefs environnants autour de l'aérodrome (A/D) et ne prend pas en considération la présence de zones à statut particulier.
- Il est recommandé que les altitudes minimales de secteur soient définies par une installation ayant une portée minimale de 46 km (25 NM).

$$MSA_i = \text{MAX} (\text{ALT obs}_i + \text{MFO})$$

- Avec l'indice i étant le numéro du secteur.

1.3.1.2 La marge de franchissement obstacle MFO :

Aire primaire : Elle est généralement de 300 m, mais peut varier en fonction du relief dans les régions montagneuses.

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

Table 1-1: marge de franchissement d'obstacle

Relief	MFO
$ALT \leq 900$ m	300 m
$900 \text{ m} \leq ALT \leq 1500$ m	450 m
$ALT \geq 1500$ m	600 m

Remarque : Après calcul, ont arrondie au multiple de 50m (100ft).

1.3.1.3 Orientation des secteurs :

Il est préférable que les limites des secteurs correspondent aux quadrants du compas ; cependant, pour des raisons topographiques ou autres, ces limites peuvent être ajustées pour obtenir les altitudes minimales de secteur les plus favorables, tout en évitant une multiplication excessive des secteurs.

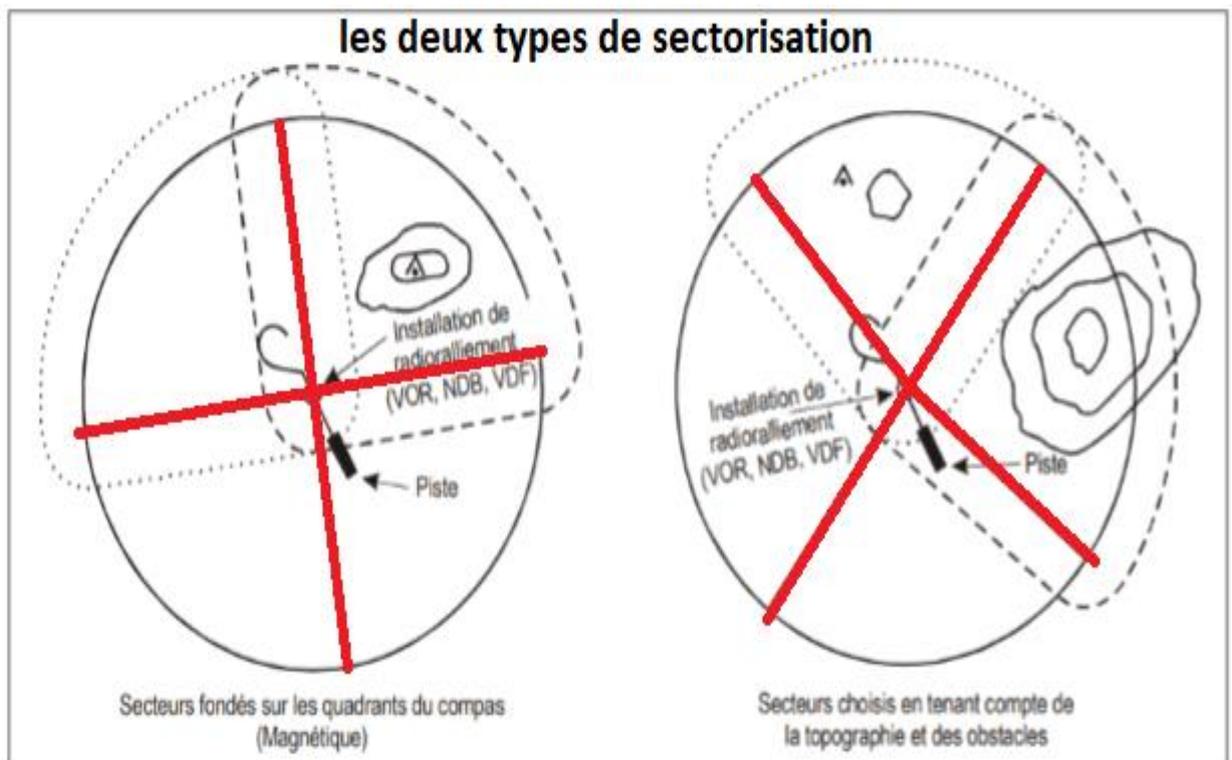


Figure 1-2 :Orientation des secteurs

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

1.3.2 Procédure d'attente :

1.3.2.1 Définition :

Une manœuvre prédéterminée exécutée par un aéronef pour rester dans un espace aérien spécifié, composée de différents niveaux de vol séparés de 1000 pieds, en attendant une autorisation d'atterrissage.

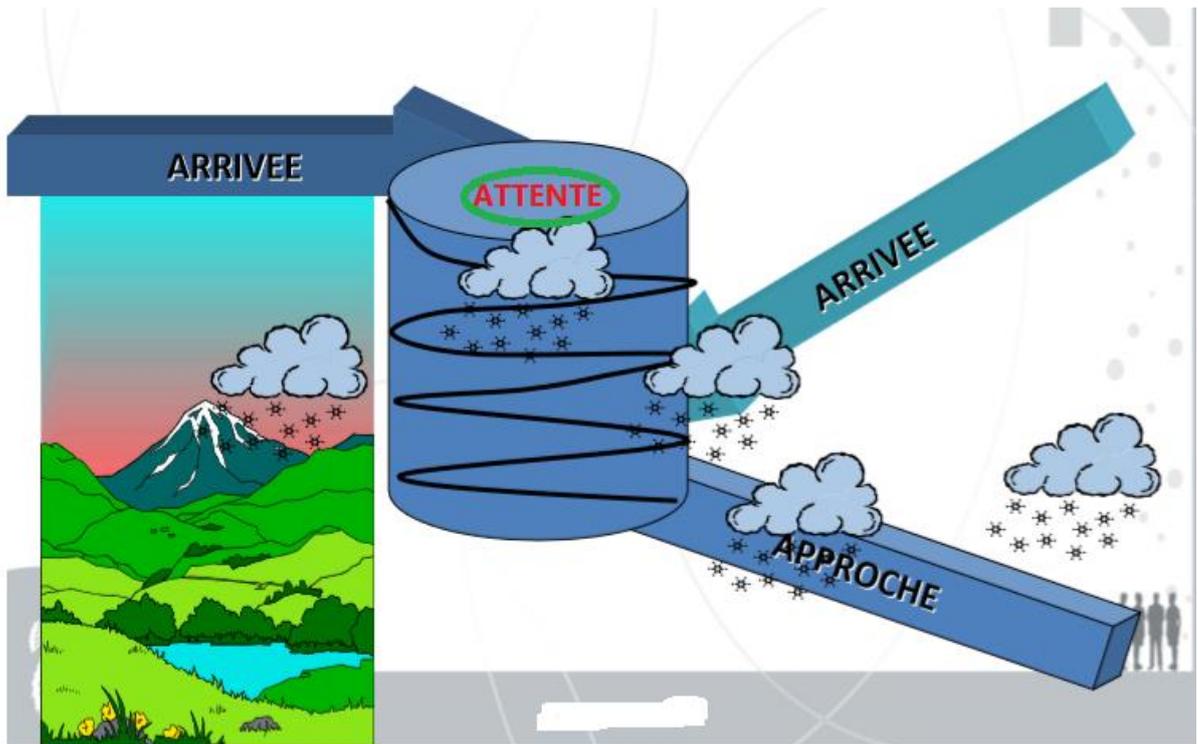


Figure 1-3 :Attente

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 :

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

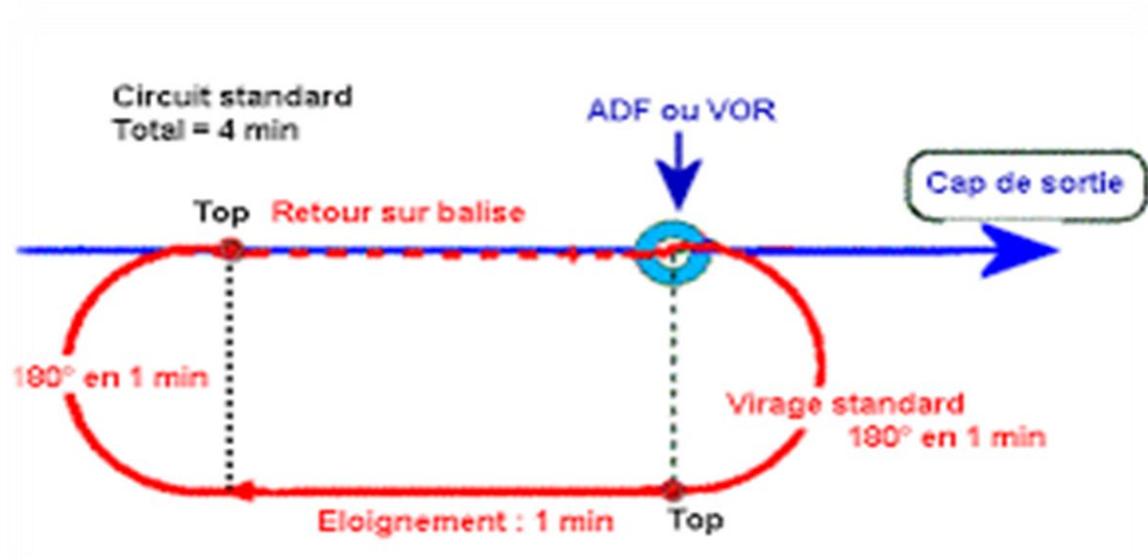


Figure 1-4 :Forme d'attente et terminologie

1.3.2.3 Type d'attente :

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

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 :
 - 2 RDL.
 - RDL / distance DME.
 - RDL / distance de vol (Temps).

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

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

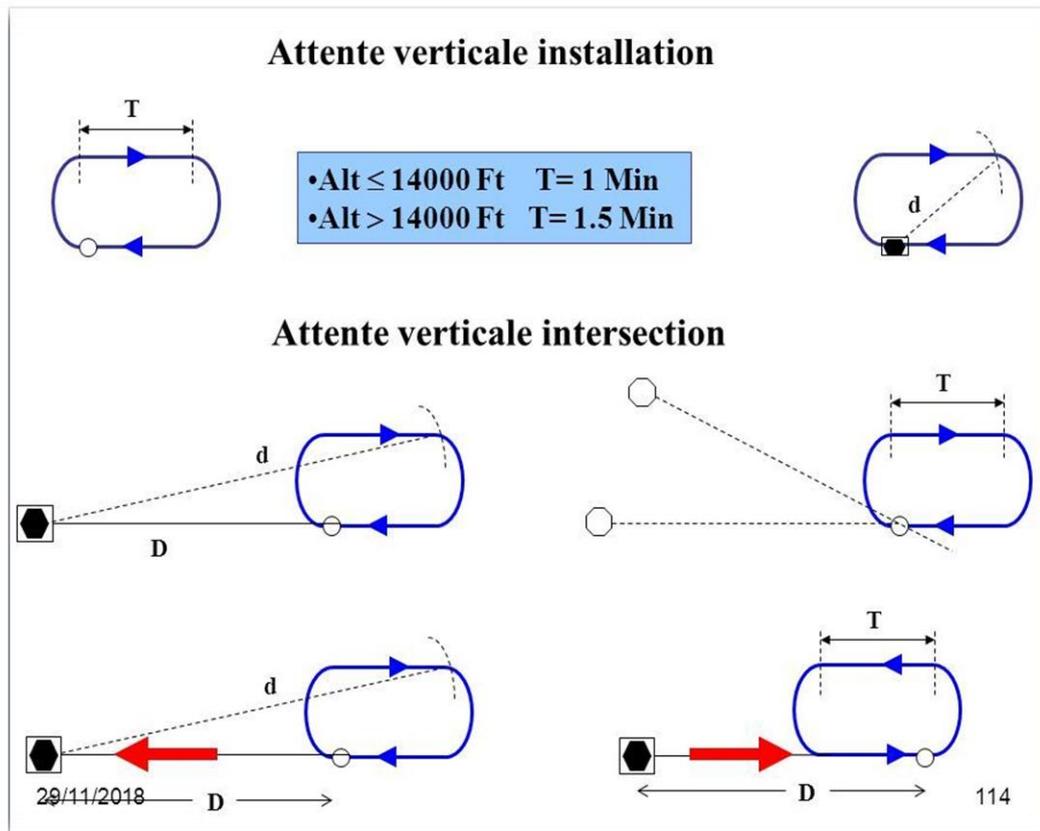


Figure 1-5 : Types d'attentes

1.3.2.4 Types entrées :

On distingue trois types d'entrées dans une attente :

- ❖ Entrée directe.
- ❖ Entrée parallèle.
- ❖ Entrée décalée.

➤ Les différentes entrées sont résumées dans la figure suivante, en fonction du type d'attente :

Secteurs d'entrées dans une attente

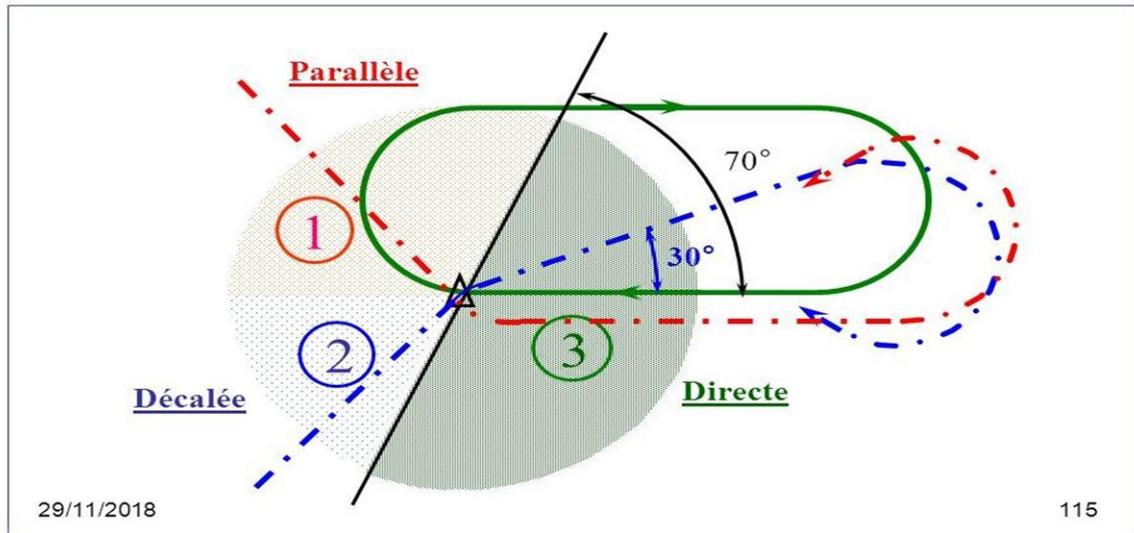


Figure 1-6 : les types d'entrées dans un attente verticale installation

1.3.2.5 Construction des aires de protections pour une attente VOR/DME :

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 pour le temps, la vitesse et l'altitude appropriés pour une attente VOR/DME.

Pour construire un gabarit d'attente VOR/DME, il faut suivre les étapes suivantes :

- ✓ Tracé du circuit nominal d'attente.
- ✓ Influence des tolérances de navigation
- ✓ Virage d'éloignement.
- ✓ Branche d'éloignement.
- ✓ Virage de rapprochement.
- ✓ Influence du vent.
- ✓ Trace final du gabarit.

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

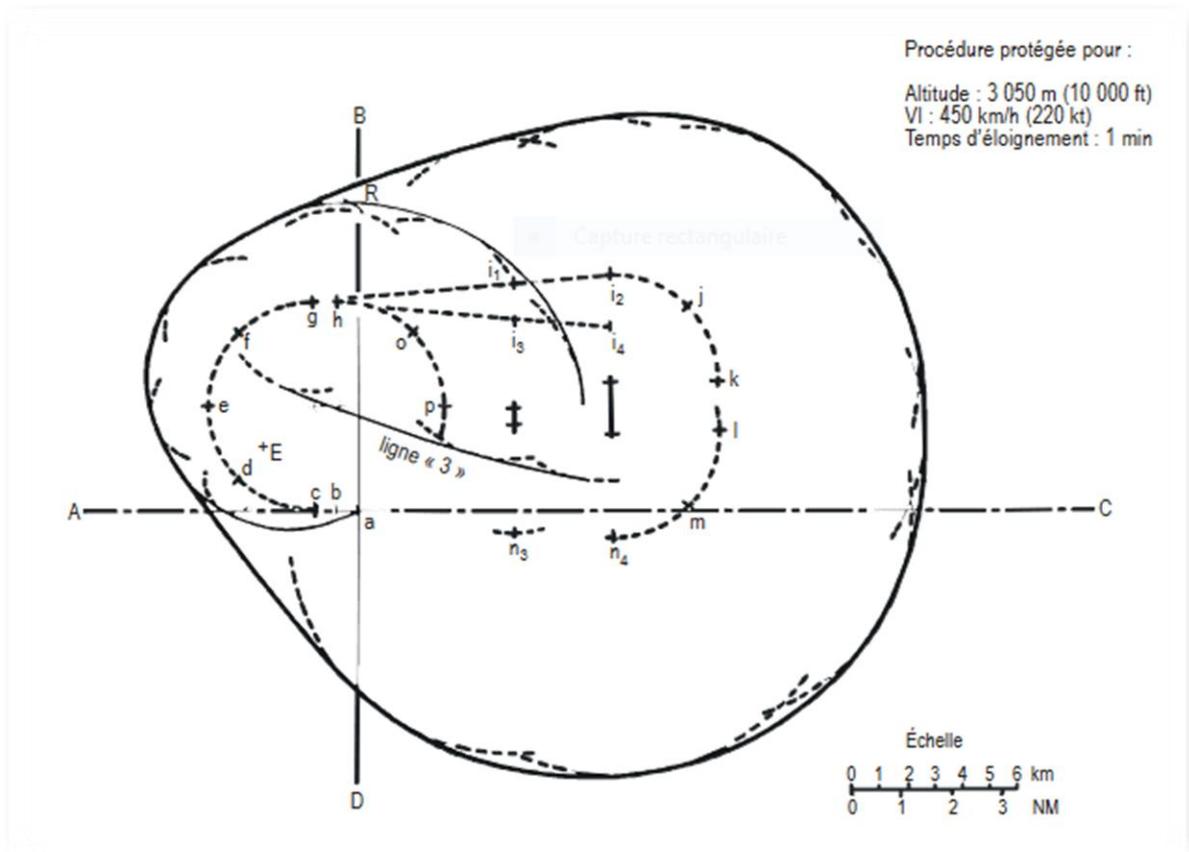


Figure 1-7 : gabarit d'attente

La deuxième étape : consiste à tracer l'aire de base et les aires d'entrée d'une attente VOR/DME :

On suivre les étapes (doc 8168) et à l'aide du gabarit conçu en première étape en traçant l'aire de base et les aires d'entrées de l'attente VOR-DME

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

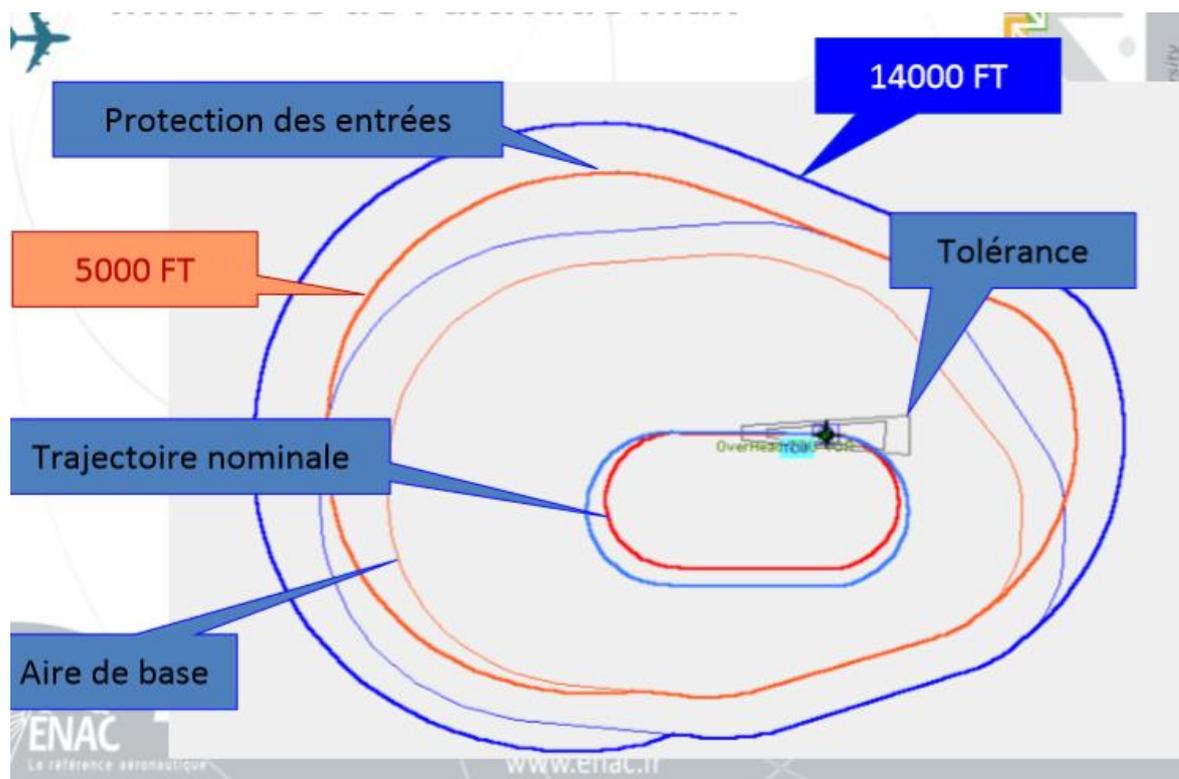


Figure 1-8 : Aire de base et aire correspondante pour entrées pour un attente verticale VOR/DME

Zones tampon :

Les zones tampons s'étendent sur 5 NM (1 NM par zone) au-delà des limites de l'aire d'attente et des aires d'entrée associées.

➤ La figure suivante illustre les 5 zones tampons d'une attente :

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

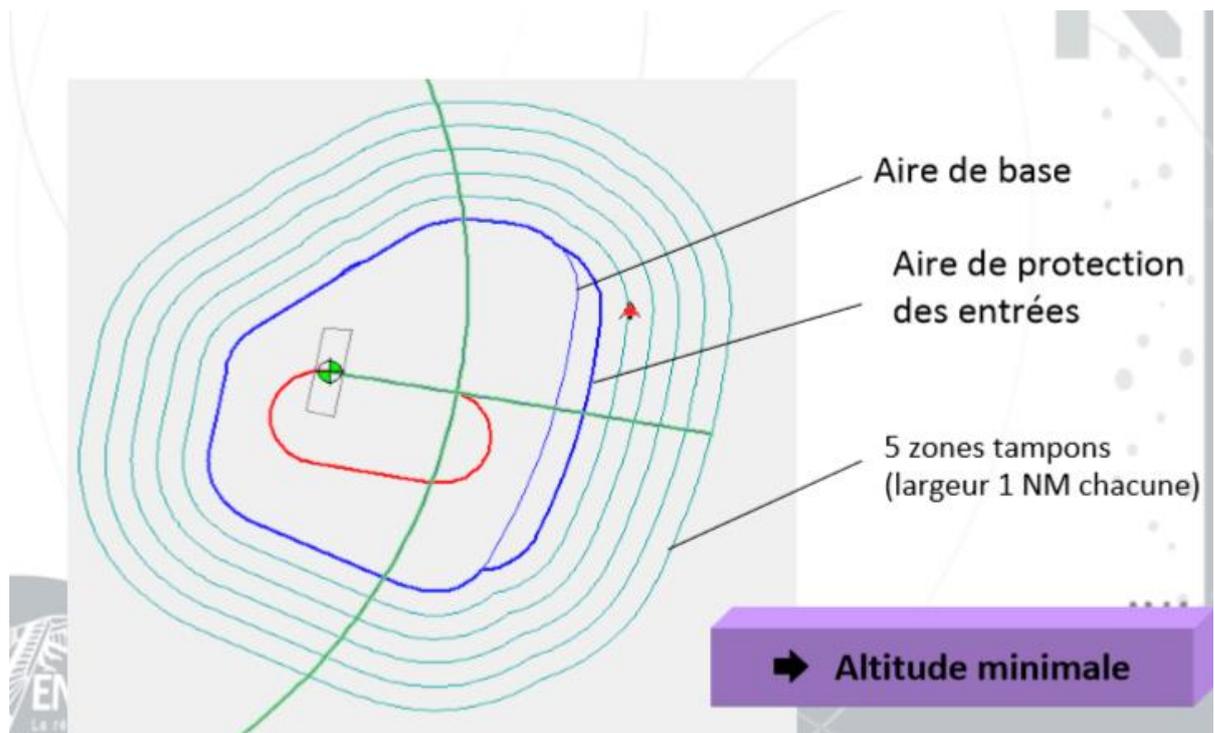


Figure 1-9: Zones tampons d'une attente

1.3.2.6 Altitude minimal d'attente :

$$ALT_{min} \text{ Attente} = \text{MAX} (ALT \text{ Obs} + \text{MFO}).$$

- La MFO est variable en fonction de l'aire de protection d'attente :
 - Aire de base : 300 m.
 - Aire d'entrée : 300 m.
 - Zone tampon 1 : 300 m.
 - Zone tampon 2 : 150 m.
 - Zone tampon 3 : 120 m.
 - Zone tampon 4 : 90 m.
 - Zone tampon 5 : 60 m.

Remarque : Après calcul, l'altitude minimale d'attente est arrondie au multiple de 50m (100 ft).

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

1.3.2.7 Les séparations stratégiques :

Les trajectoires nominales ne peuvent se rapprocher à la même altitude à moins de 5 NM, l'une de l'autre

- **Attente-Route d'arrivée ou segment initial :**

L'aire de base de l'attente et les aires de protection des entrées, calculées à l'altitude de protection majorée de 1500 pieds, ne doivent pas interférer avec l'aire de guidage de l'installation définissant la route d'arrivée ou le segment d'approche initiale.

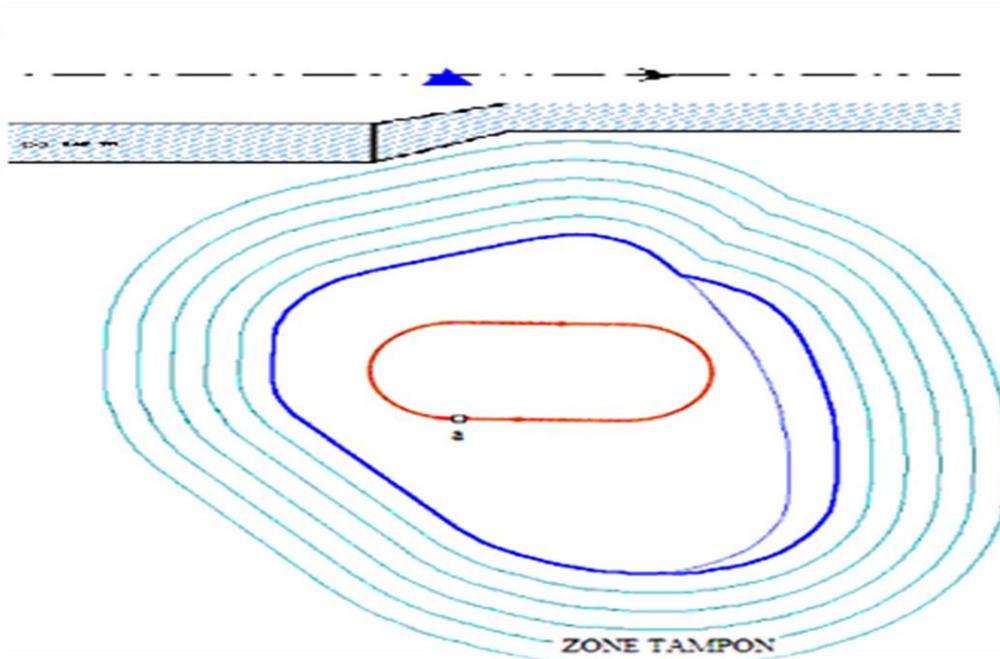


Figure 1-10 :protection Attente/Route d'arrivée

- **Attente-départ :**

L'aire de base de l'attente et les aires de protection des entrées, calculées à l'altitude de protection majorée de 1500 pieds, ne doivent pas interférer avec l'aire de guidage de l'installation définissant la route de départ.

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

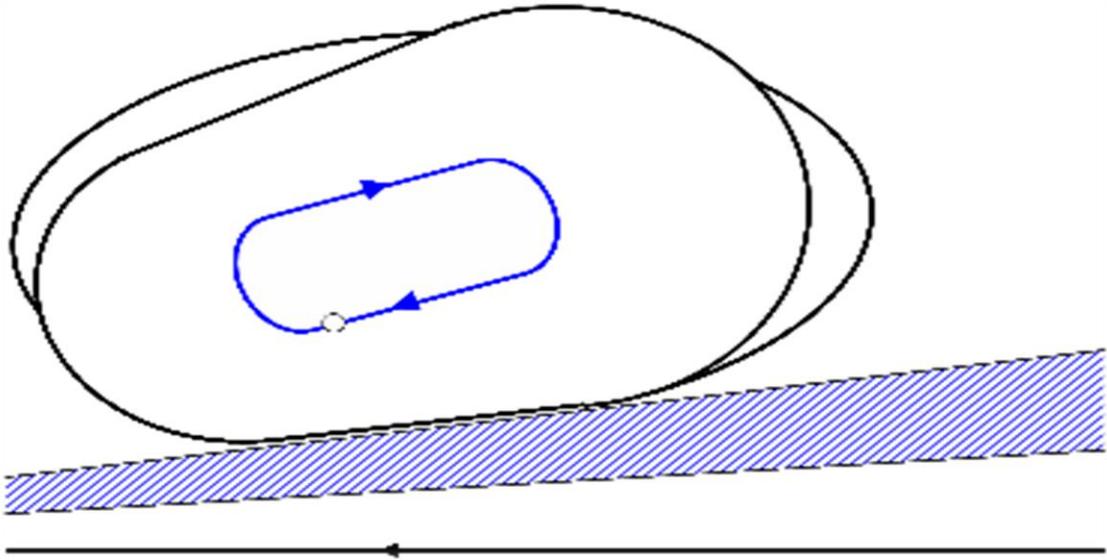


Figure 1-11 :protection Attente/départ

- **Attente - zones à statut particulier :**

La limite supérieure de la zone à statut particulier, majorée de 1500 pieds, ne doit pas interférer avec l'aire de base et les aires de protection des entrées de l'attente.

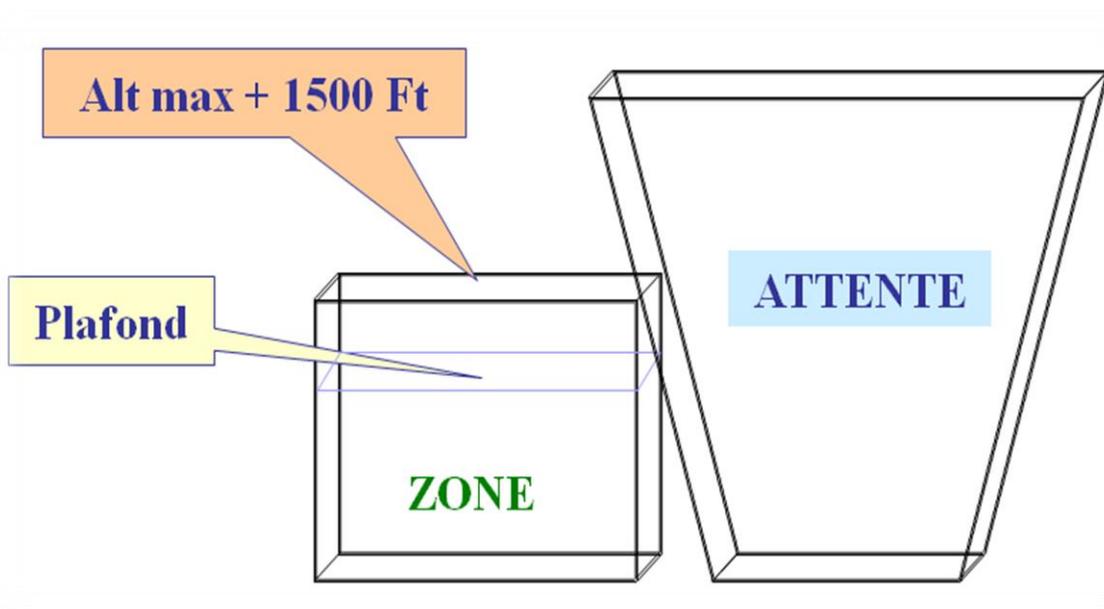


Figure 1-12: Attente/Zone à statut particulier

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

1.3.3 Le segment d'approche initial :

Définition d'une Procédure d'inversion :

Virage exécuté par un aéronef au cours de l'approche initiale, entre l'extrémité de la trajectoire d'éloignement et le début de la trajectoire d'approche intermédiaire ou finale. Ces deux trajectoires ne sont pas exactement opposées.

- Les virages conventionnels
- Les virages de base

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

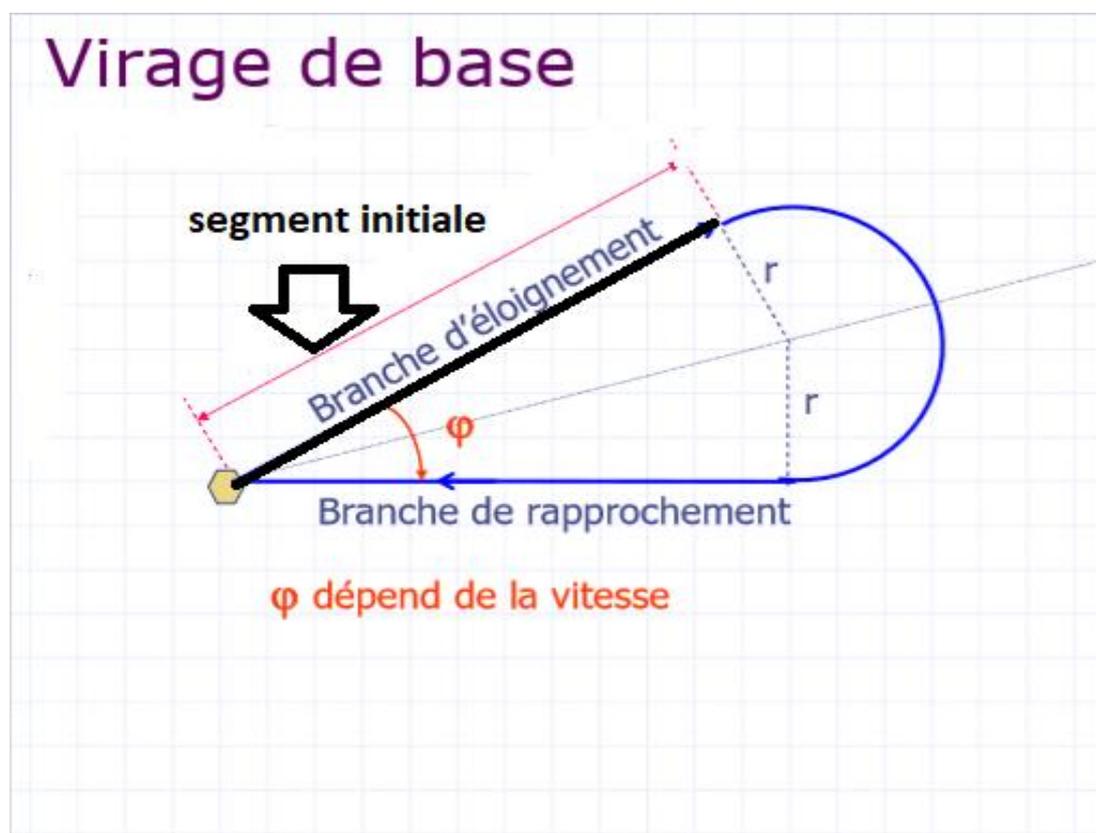


Figure 1-13 :entrée dans un virage de base

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

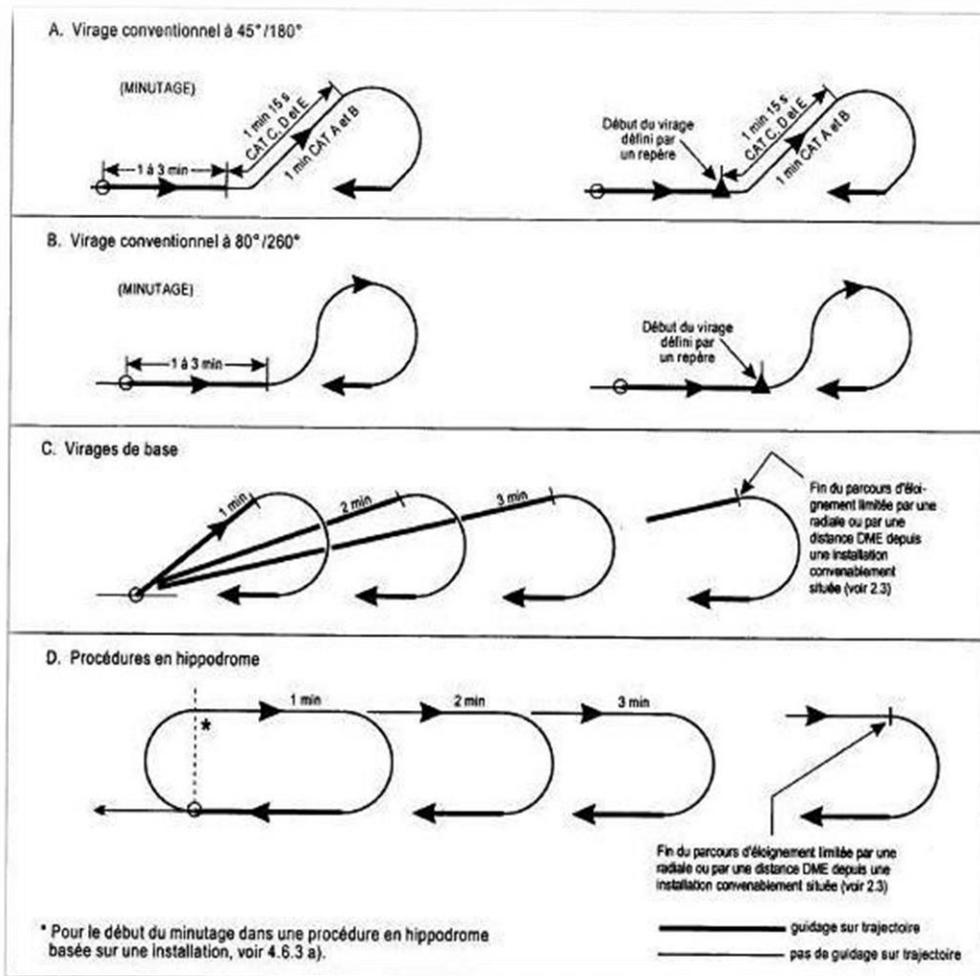


Figure 1-14 : Types des procédures d'inversion et procédure en hippodrome

Les pentes en approche initiale :

- La pente optimale à considérer en approche initiale est de 4 %. La pente maximale est de 8% et la pente minimale est de 0%
- Pour une procédure en hippodrome ou une procédure en inversion, la descente minimale autorisée est indiquée dans le tableau suivant :

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

Table 1-2: Descente minimale autorisée pour une procédure d'inversion/hippodrome

		Maximale*	Minimale*
Parcours d'éloignement	Cat A/B	245 m/min (804 ft/min)	S/O
	Cat C/D/E/H	365 m/min (1 197 ft/min)	S/O
Parcours de rapprochement	Cat A/B	200 m/min (655 ft/min)	120 m/min (394 ft/min)
	Cat H	230 m/min (755 ft/min)	S/O
	Cat C/D/E	305 m/min (1 000 ft/min)	180 m/min (590 ft/min)

* Descente maximale/minimale sur une minute de temps nominal en éloignement, en m (ft). Pour les vitesses verticales de descente maximales en relation avec un segment d'approche finale, voir Chapitre 5, § 5.3.

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 (Final Approach Fix).

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 (avec une pente maximale de 5.2%)., 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.

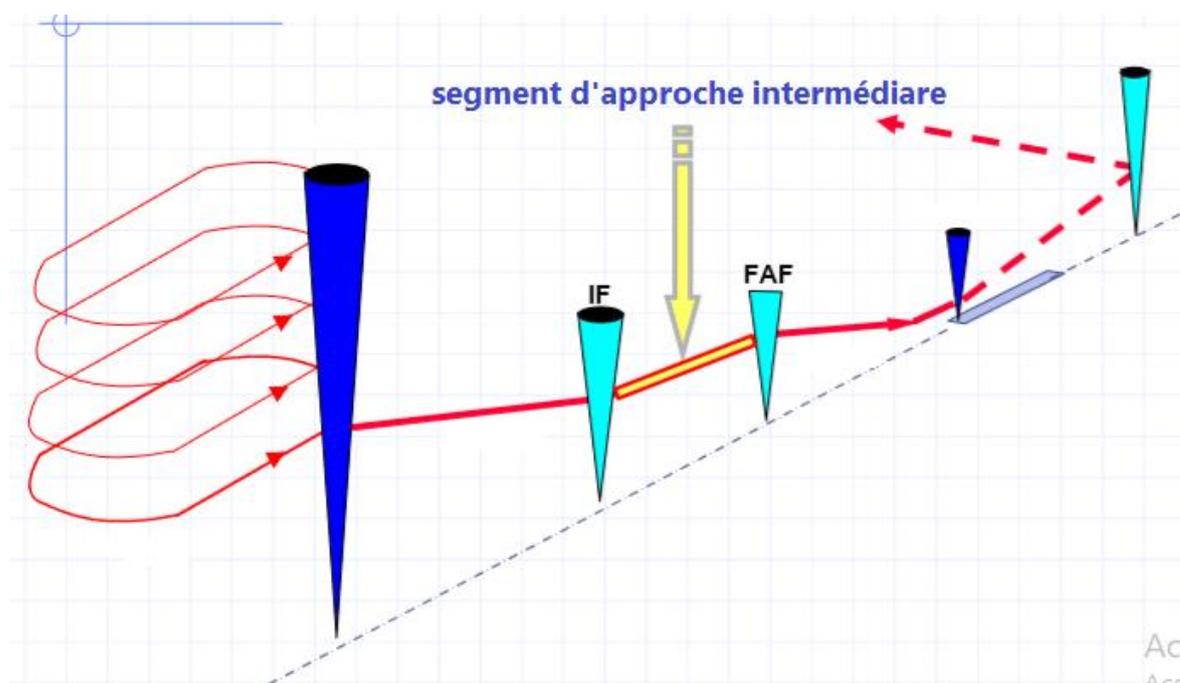


Figure 1-15 : Segment d'approche intermédiaire

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

1.3.4.1 Air de protection :

La figure suivante montre l'aire de protection standard d'une approche intermédiaire

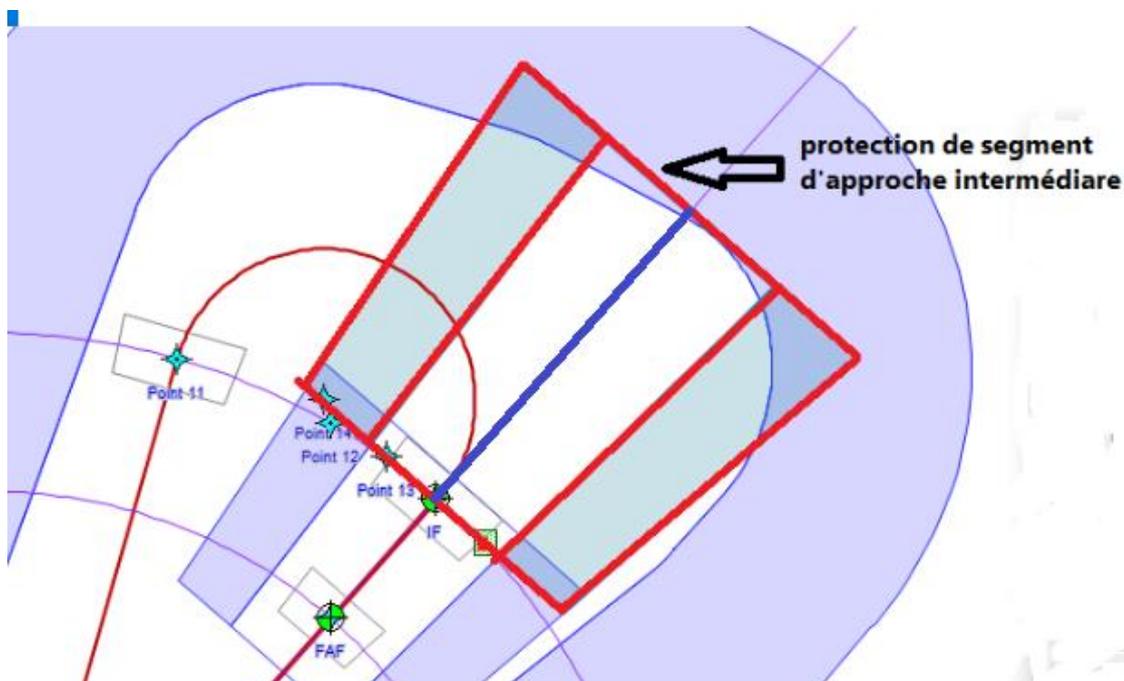


Figure 1-16 : Aire de protection du segment d'approche intermédiaire

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.

Remarque : Après calcul, on arrondit au multiple de 50m (100 ft).

1.3.5 Le segment final :

C'est dans le segment d'approche finale que s'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 variable

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

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%).

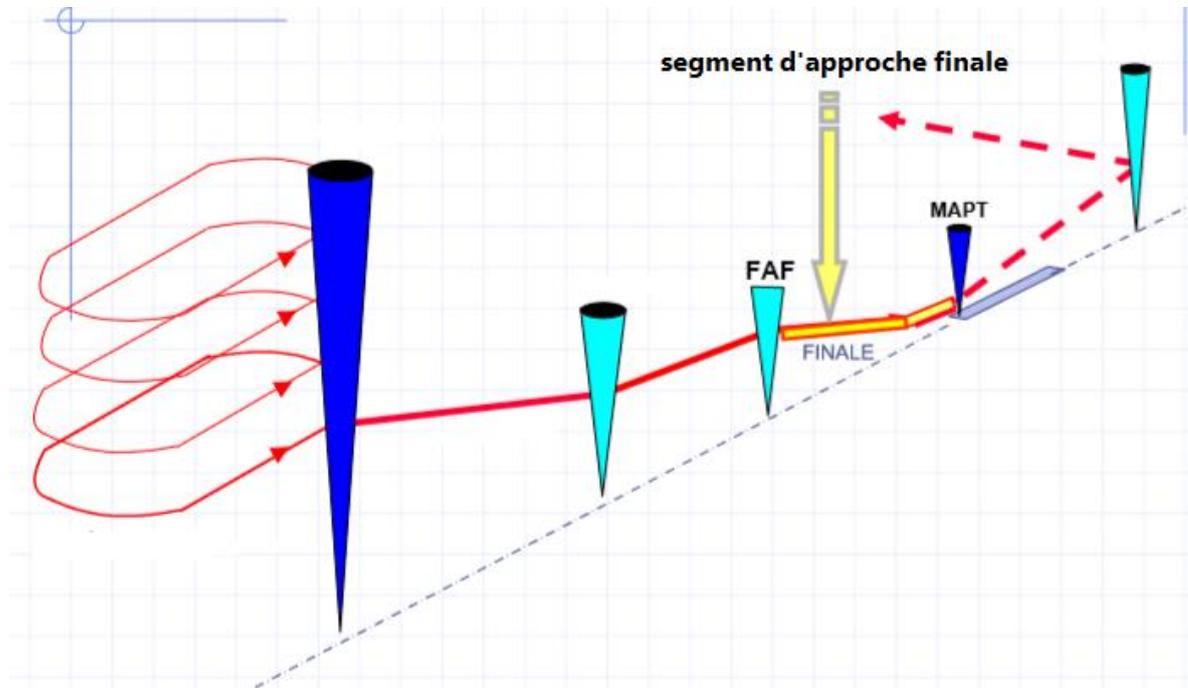


Figure 1-17 :Segment d'approche finale

Concept NPA/MDH :

Le concept de hauteur minimale de descente (MDH, MDA pour la référence en altitude) est associé aux approches de non-précision.

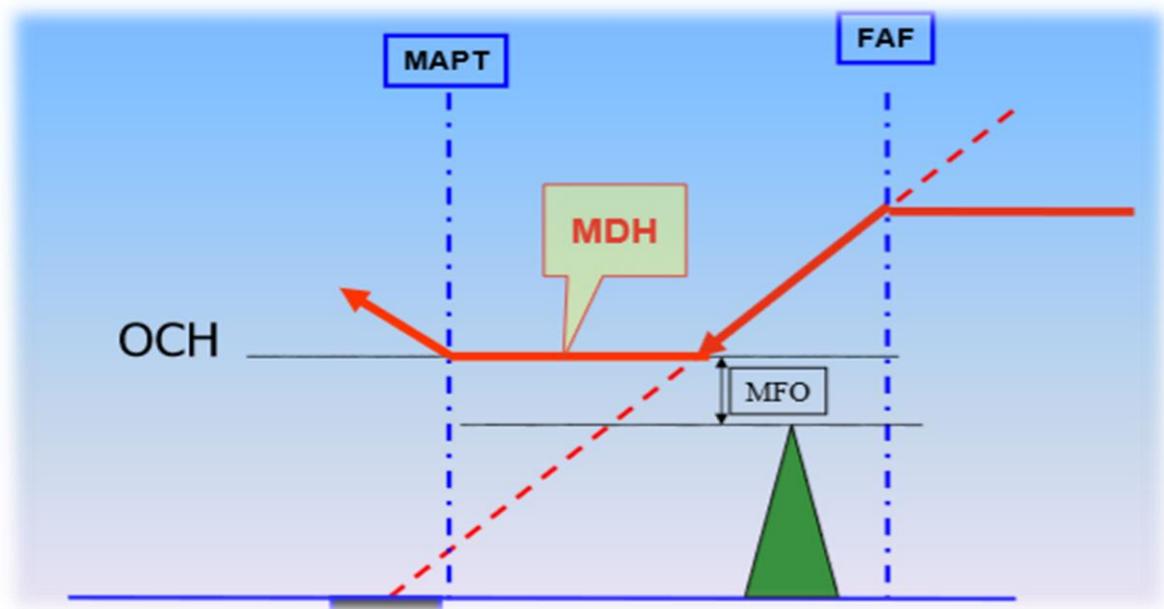


Figure 1-18 :Profil des NPA

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

- Critères d'approche indirecte :

-Les conditions pour effectuer une approche directe non dans l'axe :

Si l'angle entre l'axe de piste et le radiale VOR supérieur ou égale 5° en doit respecter les conditions de partie 1, si l'angle entre l'axe de piste et le radiale VOR supérieur ou égale 5° en doit respecter les conditions de partie 2. Dans la figure au-dessous ;

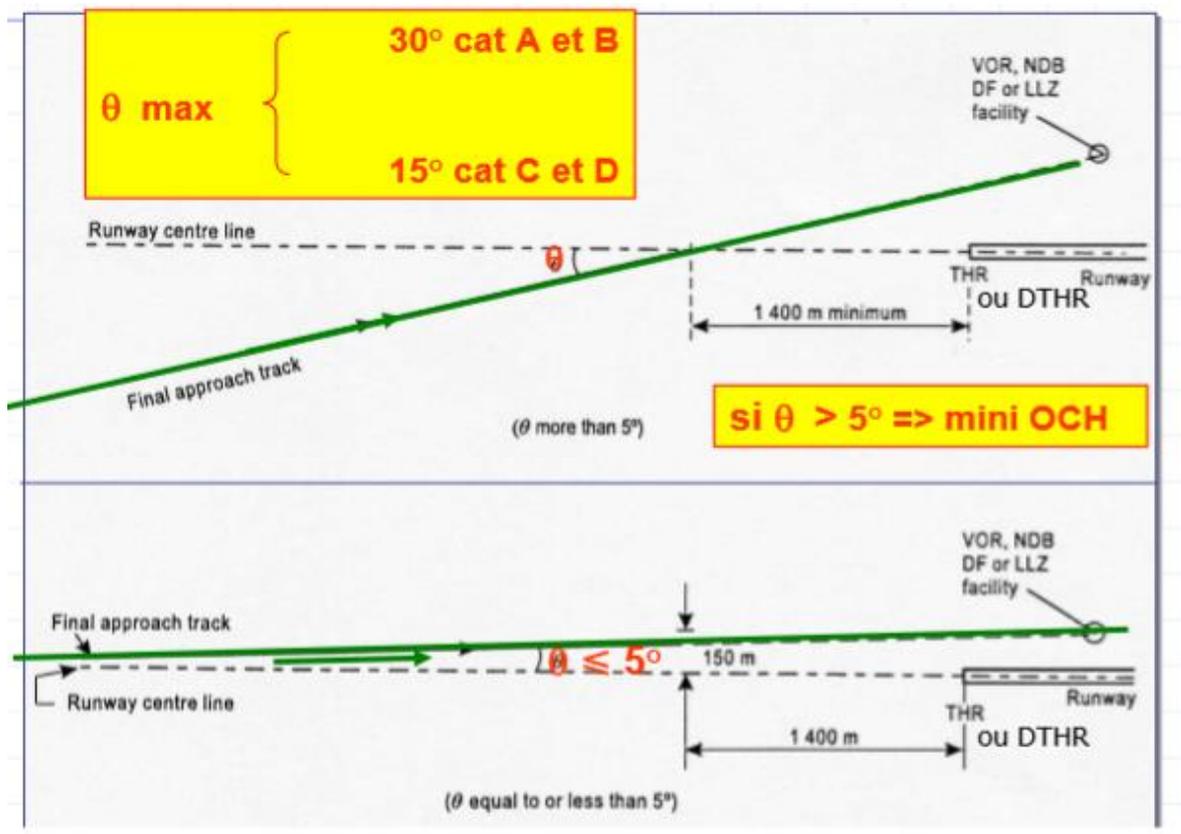


Figure 1-19 :Les critères d'approche direct

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

1.3.5.1 Air de protection :

▪ Procédure avec FAF :

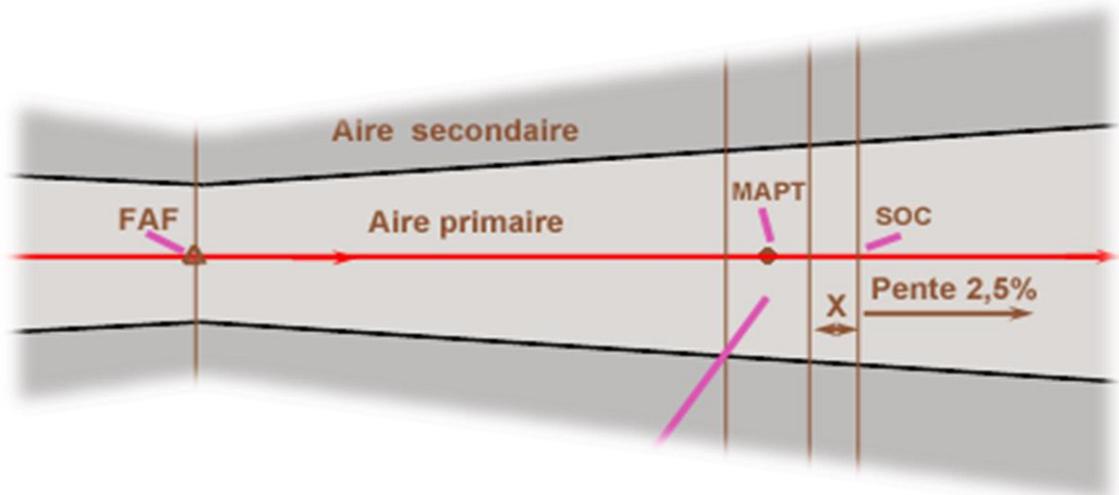


Figure 1-20 : Aire de protection d'une approche finale avec FAF

• Procédure sans FAF suite à une inversion :

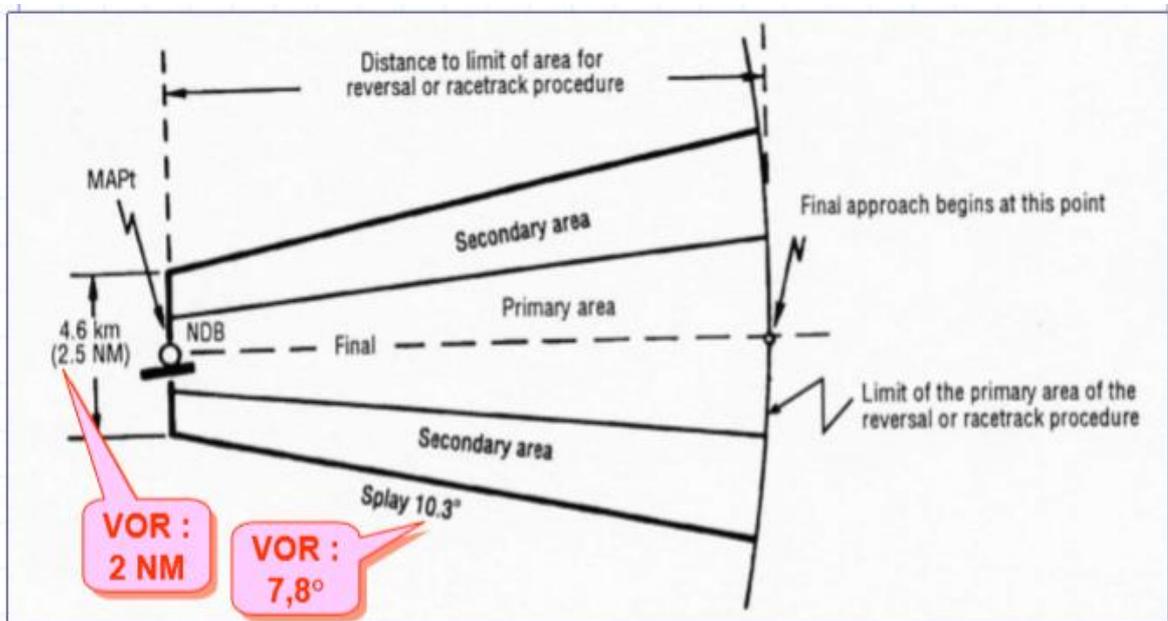


Figure 1-21 : Aire de protection d'une approche finale sans FAF

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

1.3.5.2 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, et
- Pour une finale sans FAF la MFO est égale à 90 m.

□ Aire secondaire : Linéairement décroissante tant vers zéro (0).

Remarque : Après calcul, en arrondie au multiple de 5m (10 ft)

1.3.6 Le segment d'approche interrompue :

Une procédure d'approche interrompue est établie pour chaque approche aux instruments, débutant au Mapt, permettant aux aéronefs de remonter en toute sécurité pour rejoindre l'attente, effectuer une nouvelle approche, ou se réintégrer à une phase en route.

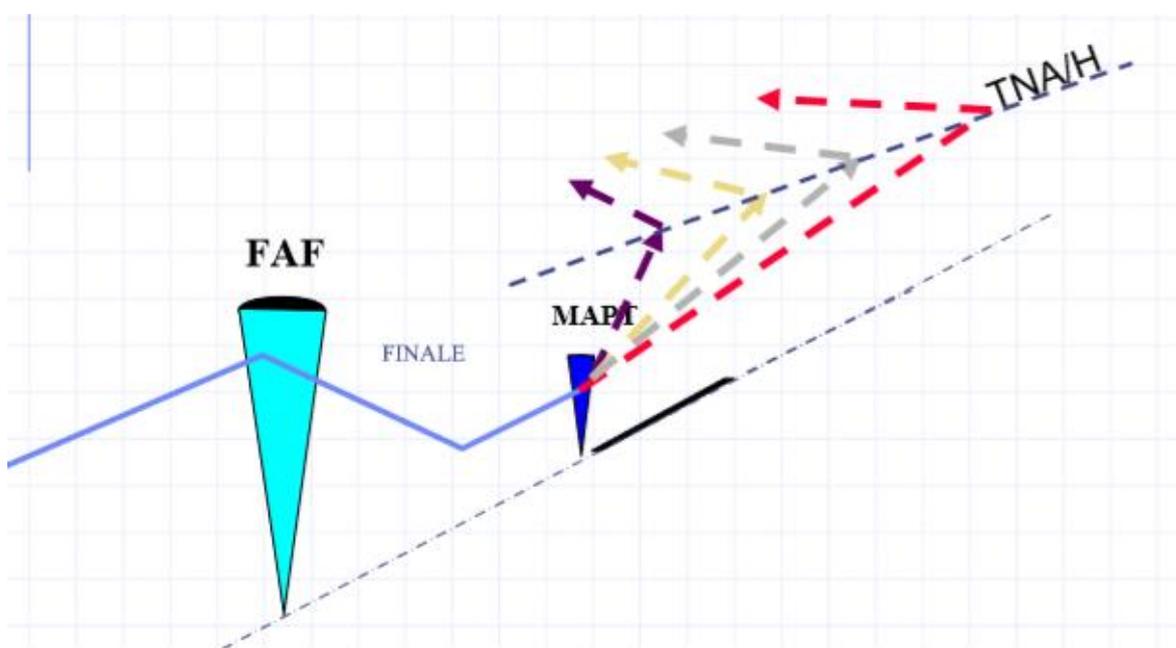


Figure 1-22 :Segment d'approche interrompue

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

1.3.6.1 Les phases d'approches interrompues :

1. Phase initiale :

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

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

- MFO : Variable.

2. 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 :

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

- MFO : égale à 30m.

3. 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 dans le cas d'une API directe : $OCA(H) = \text{MAX} (\text{ALT}(H) \text{ Obs} + \text{MFO}).$

- 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).

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

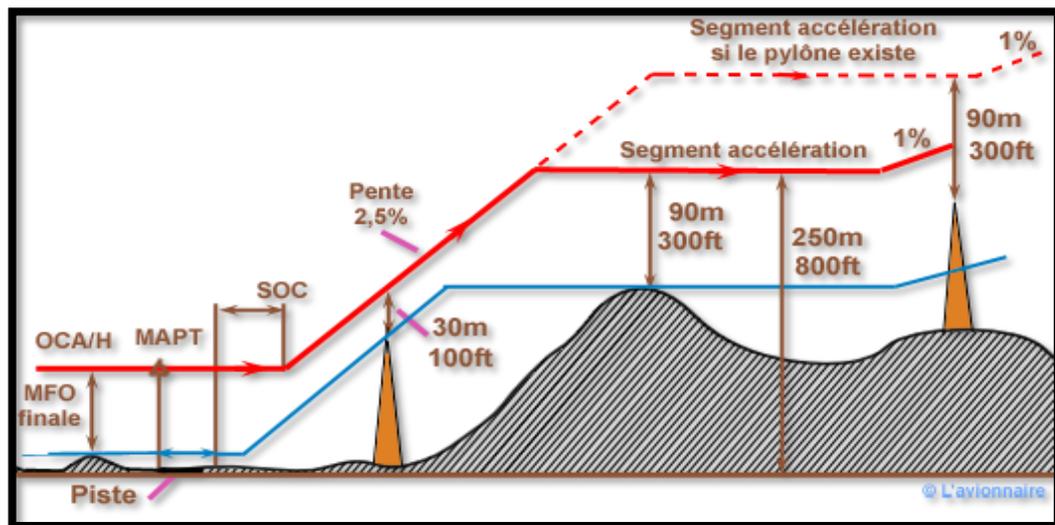


Figure 1-23 :MFO Approche interrompue

1.3.6.2 Types d'approches interrompues :

- Il y a deux types d'approche interrompue : [1]
 - L'approche interrompue en ligne droite (inclut des virages inférieurs ou égaux à 15°).
 - L'approche interrompue avec virage.
- Les virages peuvent être définis comme ayant lieu : [1]
 - À une altitude/hauteur.
 - À un repère ou une installation où
 - Au MAPT.

1.4 Procédure d'approche indirect (manœuvre à Vue) :

Une manœuvre à vue est publiée lorsque l'atterrissage peut être effectué dans une direction différente de celle de l'approche aux instruments, lorsque l'approche finale ne peut pas être directe, ou lorsque des contraintes opérationnelles nécessitent d'éviter de se poser directement sur la piste desservie par la procédure. On distingue deux types de manœuvres à vue : libre et imposée.

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

1.4.1 Manœuvre à Vue libre (MVL) :

Une manœuvre à vue effectuée à la suite d'une procédure d'approche aux instruments, où le pilote n'a pas de trajectoire prédéfinie à suivre, mais doit rester à l'intérieur des limites de l'aire de protection associée à sa catégorie d'aéronef.

1.4.1.1 Aire de protection :

Les dimensions de l'aire d'atterrissage visuelle (MVL) varient selon la catégorie d'aéronefs, et l'aire est déterminée 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 pouvant atterrir sur cette piste, puis en reliant ces arcs par des tangentes.

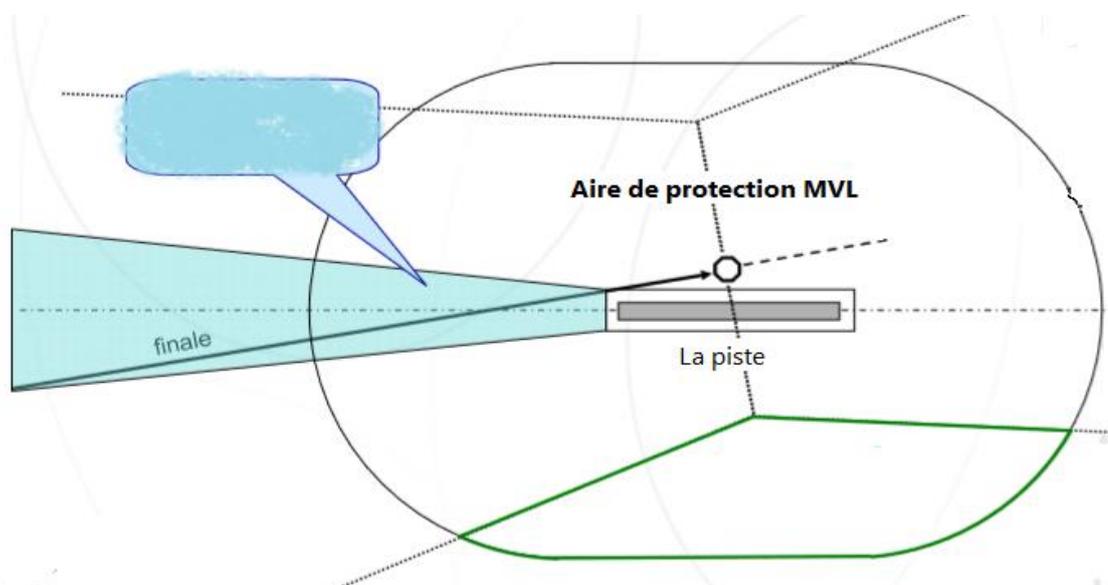


Figure 1-24 : Aire de protection d'une MVL

Cette aire peut être réduite si elle contient un obstacle significatif ou pour éviter de survoler une agglomération. Il est alors possible d'interdire l'utilisation de l'aire de MVL dans le secteur contenant cet obstacle ou cette agglomération.

1.4.2 Manœuvre à Vue imposée (MVI) :

Sur les aérodromes dotés de repères visuels bien identifiés, et lorsque cela peut offrir un avantage opérationnel, il est possible de définir, en plus de la manœuvre à vue libre, une procédure de manœuvre à vue imposée. Dans cette procédure, la trajectoire à suivre depuis la fin de la phase d'approche aux instruments jusqu'à l'atterrissage peut être précisément définie au sol. La trajectoire

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

de la manœuvre à vue imposée inclut obligatoirement une phase pour la remise des gaz.

1.4.2.1 Aire de protection :

L'aire de protection MVI 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. Ce couloir débute au point de divergence et s'étend sur toute la trajectoire, y compris la phase de remise des gaz.

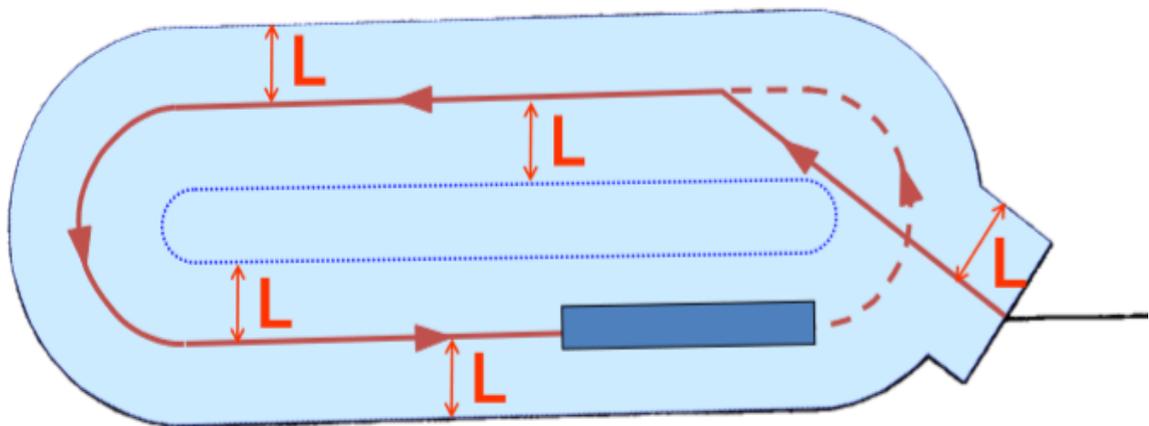


Figure 1-25: Aire de protection d'une MVI

1.4.2.2 Altitude/Hauteur minimale de franchissement d'obstacle :

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

▪ MFO :

- Catégorie A/B : MFO = 90m.
- Catégorie C/D : MFO = 120m.

Remarque : Après calcul, en arrondi au multiple de 5m (10 ft)

1.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé les principes généraux de conception des procédures d'approche aux instruments. Cette étape préliminaire est essentielle avant de développer les différentes procédures d'approche spécifiques à l'aérodrome de Illizi, qui seront détaillées dans les chapitres 3.

CHAPITRE 2

2 ETUDE DE L'EXISTANT DE L'AERODROME D'ILLIZI

2.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons une étude détaillée sur l'aérodrome d'Illizi. Cette étude comprend la collecte de données aéronautiques telles que l'espace aérien, les obstacles naturels et artificiels, ainsi que les moyens de radionavigation disponibles, entre autres.

2.2 Généralité sur l'aérodrome de Illizi :

Situé à 15 NM de la ville, l'aéroport d'Illizi Takhamalet est un aérodrome (civil/militaire) traitant le trafic national. Construit en 1993, il s'étend sur une superficie de 225 hectares et se trouve à une altitude de 542 mètres.

Il a été ouvert à la circulation aérienne le 10 mars 1994, contribuant ainsi au désenclavement et au développement de la région d'Illizi. À l'époque, il comprenait sept bâtiments : une aérogare pour l'accueil des passagers, un bloc technique, un bloc SSIS, une station météo, une centrale électrique, un salon d'honneur de la wilaya, ainsi que des logements de passage pour l'EGSA-Alger.

L'aérogare passagers, occupant une superficie de 1519 m², a bénéficié ces dernières années de plusieurs projets de développement et de réaménagement pour répondre à l'augmentation du trafic passagers, notamment grâce à la création de nouvelles lignes aériennes.

En effet, dans le but d'améliorer ses prestations de services aéroportuaires, l'aéroport d'Illizi a entrepris un vaste chantier en 2009. Les travaux ont porté sur l'extension du salon d'honneur, la réalisation d'un château d'eau, ainsi que la construction d'un siège de la Police aux frontières et d'un chemin de ronde.

Aujourd'hui, la plate-forme comporte une piste secondaire 22/04 de 2800 m x 45 m et une piste principale 27/09 de 3025m x 45m, deux bretelles de raccordement au parking avions et un parking véhicules d'une capacité d'accueil de 225 places.

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Illizi Takhamalet

- **Information sur l'aérodrome:**

- Code IATA: **VVZ**
- Code OACI: **DAAP**
- Nom: Illizi / IBRAHIM GHOUMA
- Situation: Sud-est de l'Algérie
- Altitude: 542M
- Temperature: 35°C
- Observations: Aérodrome mixte
- Classification administrative: Niveau 4
- Heures de vacation de services: 08H00/16H00
- Distances Aéroport/Ville: 15 Nm (au Nord-est de la ville)
- Classement: Catégorie SSLI 07 National
- Superficie de la Zone Aéroportuaire: 401ha 31a 47ca
- Liaison routière: Taxi-Bus
- Parking avions: 300 x 140 m
- Aérogare: 1621 m²
- RDC: 1621 m²
- Parking Autos: 225 places
- Piste Secondaire:
 - Dimension: 2800 x 30
 - Orientation: 04/22
- Piste principale:
 - Dimension: 3025 x 45
 - Orientation: 09/27

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Illizi Takhamalet

2.3 Situation géographique de Illizi :

- Par rapport au territoire national :

L'aérodrome de Illizi situé dans la région désertique au Sud-Est du Sahara algérien, à proximité des frontières avec la Libye.

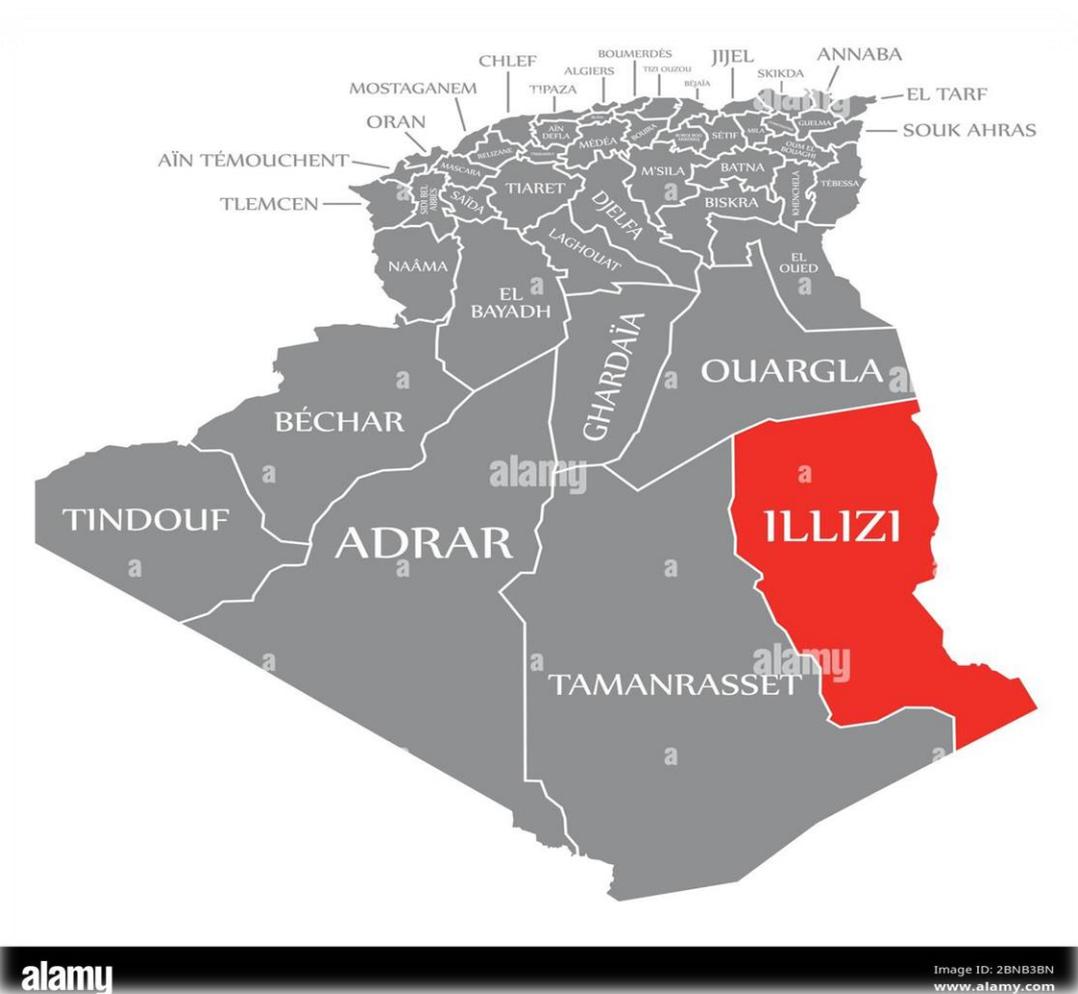


Figure 2-1: Position géographique de la wilaya d'illizi

- Par rapport à la Ville de Illizi :

Situé à 15 NM de la ville, l'aéroport d'illizi Takhamalet Ibrahim Gouma s'étend sur une superficie de 225 hectares et se trouve à une altitude de 542 mètres.

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Ilizi Takhamalet



Figure 2-2: la situation géographique de l'aérodrome de Illizi (Google Earth)

2.4 Infrastructure liée à l'aérodrome de Illizi :

- Catégorie d'aérodrome 4C
- Avion critique d'homologation Boeing 737/800
- Nombre de pistes : Deux (2) pistes sécantes 09/27 de 3000/45M et 04/22 de 2800/45M (voir carte aérodrome en Annexe 1)



Figure 2-3: Les deux pistes de l'aérodrome d'Ilizi (Google Earth)

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Ilizi Takhamalet

2.4.1 Les pistes :

Piste secondaire (04/22) :

- Dimension : 2800m x 30m
- Résistance (PCN) et revêtement de la piste : 54 F/B/W/T Béton bitumineux.
- Dimensions de la bande : 2920m x 280m
- Le premier seuil de la piste est dirigé à 039° et il est marqué 04 ce qui fait que le deuxième seuil est dirigé à 219° et il est marqué 22.

Piste principale (09/27) :

- Dimension : 3025m x 45m
- Résistance (PCN) et revêtement de la piste : 45 F/A/X/T Béton bitumineux.
- Dimensions de la bande : 3200m x 300m
- Le premier seuil de la piste est dirigé à 091° et il est marqué 09 ce qui fait que le deuxième seuil est dirigé à 271° et il est marqué 27.

2.4.2 Les voies de circulation :

Les voies de circulation de l'aérodrome d'Ilizi ont une largeur de 25 mètres et sont revêtues de béton bitumineux (PCN = 54), garantissant ainsi 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.

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'illizi Takhamalet

2.4.3 Le parking avions :

Le parking avions sont revêtues de béton bitumineux (PCN = 45)



Figure 2-4: Vue de l'aérodrome d'illizi (Google Earth)

2.5 Les instruments de radionavigation :

Les aides à la radionavigation présentes sur l'aérodrome de ILLIZI et dans ses environs, utilisées pour guider les avions lors du décollage, de l'atterrissage et du survol, sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

- VOR/DME ILZ fréquence 115.6 Mhz

Table 2-1: les aides de radionavigation et d'atterrissage

DAAP 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
VOR/DME (2°E 2023)	ILZ	115.6 Mhz Canal 103 X	H24	264312.18N 0083808.78E	NIL	NIL

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Illizi Takhamalet

2.6 Installation de télécommunications des services de la circulation aérienne :

- TWR fréquence 118.7 Mhz_119.7 Mhz
- VDF fréquence 118.7 Mhz_119.7 Mhz
- FIS fréquence 8894Khz

Le tableau suivant représente Les installations de télécommunication de l'aérodrome de Illizi ;

Table 2-2: Les installations de télécommunication de l'aérodrome de Illizi

DAAP AD 2.18 ATS COMMUNICATION FACILITIES

Service designation	Call sign	Channel	Hours of operation	Remarks
1	2	3	4	5
TWR	ILLIZI TOWER	118.7Mhz – 119.7 Mhz(a)	0800/1600	NIL
VDF	ILLIZI GONIO	118.7Mhz – 119.7Mhz (a)	0800/1600	NIL
FIS	ILLIZI RADIO	8894 Khz	0800/1600	NIL

2.7 Les obstacles autour de l'aérodrome :

Deux types d'obstacles sont pris en considération :

✓ **Obstacle naturel :**

Les altitudes des obstacles massifs (reliefs naturels) sont extraites directement des cartes topographiques :

- Cartes topographiques 1/200000
- Cartes topographiques 1/50 000

✓ **Obstacle artificiel :**

Les altitudes des obstacles sont extraites en vue topographique effectuée sur site ou L'AIP

- Antennes et pylônes :

Les divers obstacles minces et filiformes sur les aires d'approche et de décollage, ainsi que sur l'aire de manœuvre à vue de l'aérodrome d'Illizi.

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Illizi Takhamalet

- ANTENNETELECOM02 ALTITUDE 581.4483 m
- PYLONPRKG003 ALTITUDE 563.9985 m
- ANTENNEMLT001 ALTITUDE 554.06 m
- CHATEAU002 ALTITUDE 556.67 m

Le tableau suivant représente les obstacles situés dans l'aérodrome d'Illizi ;

Table 2-3: Obstacles d'aérodrome concernant les aires d'approche et de décollage

Circling area and at aerodrome					
OBST ID / Designation	Obstacle type	OBST position	Elevation/ Height	Markings / Type, Color	Remarks
a	b	c	d	e	f
DAAPOB001	PRKG Pylon		HGT 22 M	Marked and LGTD	NIL
DAAPOB002	Water tower		HGT 16 M	-	NIL
DAAPOB003	TWR		HGT 22 M	Marked and LGTD	NIL
DAAPOB004	Antenna	QDR091°/150M from TWR.	582/40 M	Marked and LGTD	NIL

2.8 Les zones à statut particulier :

L'espace aérien à statut particulier se compose d'une seule zone dangereuse (DA-D99) aux alentours de l'aérodrome d'Illizi,



Figure 2-5: présentation de la zone dangereuse DA-D99 sur la carte de croisière

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Illizi Takhamalet

✓ La zone dangereuse :

DA – D99 ILLIZI ;

Limité par deux arcs de cercle de rayon 30 km et 60 km centrés sur le point 26°43'25".00N 008°37'04".00E, limité par les segments de ligne A-B et C-D :

A: 27°15'28".72N 008°41'15".97E B: 26°59'20".62N 008°39'06".01E

C: 26°57'39".67N 008°28'39".70E D: 27°12'06".35N 008°20'20".62E

2.9 Les procédures d'approches aux instrument existantes :

Actuellement, l'aérodrome de Illizi dispose de quatre procédures d'approches aux instruments :

- IAC VOR RWY 27 (cat A/B)
- IAC VOR RWY 27 (cat C/D)
- IAC VOR/DME RWY 27 (cat A/B)
- IAC VOR/DME RWY 27 (cat C/D)

2.10 Les circuits d'attente existants :

Vertical VOR/DME pour le seuil 27 :

- L'orientation du circuit est : 057°/237°
- Le temps d'éloignement : 1 minute
- Altitude minimale : 1300 M

2.11 La région de contrôle "CTR" de Illizi :

Une région de contrôle (CTR) est un espace aérien qui englobe les trajectoires des aéronefs volant en IFR, auxquels sont fournis les services du contrôle de la circulation aérienne compte tenu des aides à la navigation normalement utilisées dans cette région.

Chapitre 2 : Etude de l'existant de l'aérodrome d'Ilizi Takhamalet

2.12 CTA Illizi/ Takhamalt Ibrahim Ghouma :

- Cercle de 10 Nm de rayon centré sur le VOR/DME ILZ (264312.18N 0083808.78E)
- Limite verticale : 900 M/GND
- Altitude de transition : 1440 M
- Classe de l'espace aérienne : D

2.13 Statistique du trafic aérien :

Les statistiques des mouvements (arrivées et départs) pour chaque seuil de piste sur les trois années (2021, 2022, et 2023) sont les suivantes :

Table 2-4: les statistiques de trafic en 2021/2022/2023.

	2021			2022			2023		
piste	Arrivées	Départ	Total	Arrivées	Départ	total	Arrivées	départ	total
09	446	404	850	242	231	473	149	145	294
27	549	591	1140	233	241	474	67	93	160
04	Nouvelle piste opérationnelle depuis juillet 2023						134	174	308
22							143	99	242

- ❖ Après l'analyse du tableau ci-dessus, on constate que le nombre des mouvements enregistrés sur la piste secondaire 04/22 est de 550 en 2023, donc plus important que celui enregistré sur la piste principale 09/27, 454 en 2023 et sans aucune procédures d'approches aux instruments existante.

NB : la piste 04/22 est exploiter seulement en VFR.

2.14 Conclusion :

L'étude détaillée de l'existant de l'aérodrome d'ILLIZI et plus précisément, le tableau ci-dessus nous a permis de mettre en évidence l'absence de procédures d'approches aux instruments piste 04/22, ce qui nous a mené à délocaliser le VOR/DME ILZ déjà implantée sur site, et l'exploiter pour les deux pistes. D'où la nécessité de concevoir des nouvelles procédures d'approches aux instruments VOR/DME ILZ pour le QFU 22 et le QFU 27.

CHAPITRE 3

3 CONCEPTIONS DES PROCEDURES D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS VOR/DME RWY22 ET RWY27

3.1 Introduction :

Ce chapitre se focalise sur la conception manuelle et automatique des procédures d'approche aux instruments VOR/DME pour le QFU 22 et le QFU 27, en suivant les critères établis pour la conception des procédures d'approche aux instruments, conformément au document OACI 8168 "Procédures pour les services de navigation aérienne - Exploitation technique des aéronefs", volume II Construction des procédures de vol à vue et de vol aux instruments.

3.2 Choix de site VOR ILZ :

Après l'ouverture de la nouvelle piste 04/22, et la non exploitabilité du moyen radionavigation, cause distance et angle non respecter par rapport au seuil 22, il était nécessaire de déplacer la position de l'installation VOR/DME pour essayer d'utiliser les deux pistes. Ce qui engendre la conception des nouvelles procédures d'approche aux instruments VOR/DME ILZ pour les deux QFU 22 et 27.

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

3.2.1 Etude des Variantes proposées :

Les différentes variantes proposées :

-Variante 1 :

- Distance par rapport la piste 09/27 est 630 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 190M
- Leur coordonnées géographiques 26°43'26.198"N 008°36'03.346"E

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

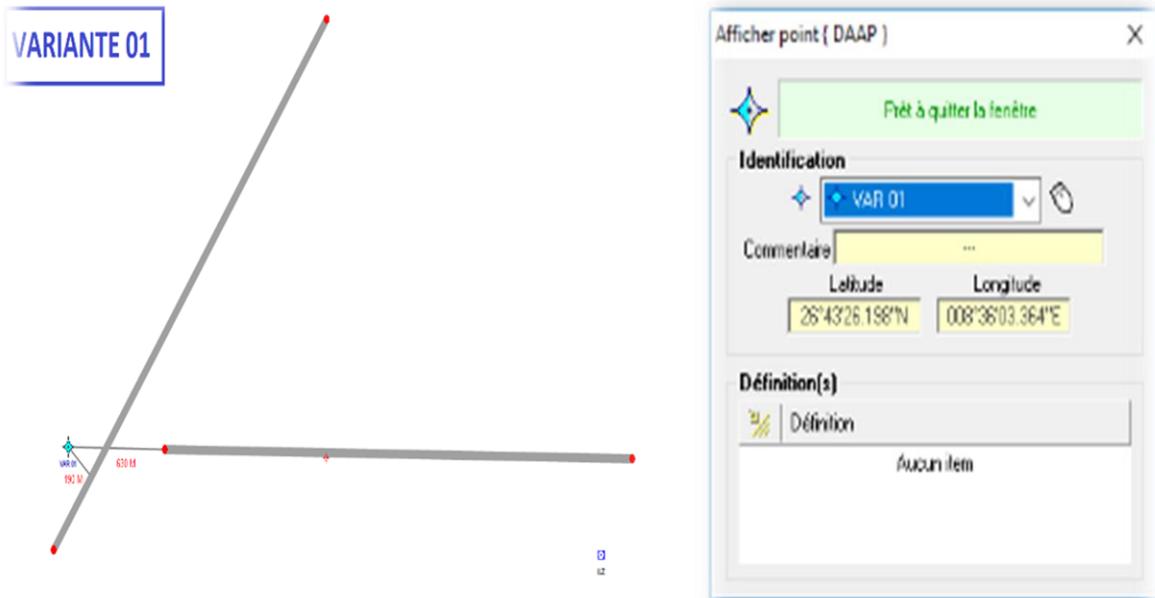


Figure 3-1: Vue de la VARIANTE 01 et leurs coordonnées

-Variante 2 :

- Distance par rapport la piste 09/27 est 535 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 120M
- Leur coordonnées géographiques 26°43'26.174"N 008°36'06.623"E

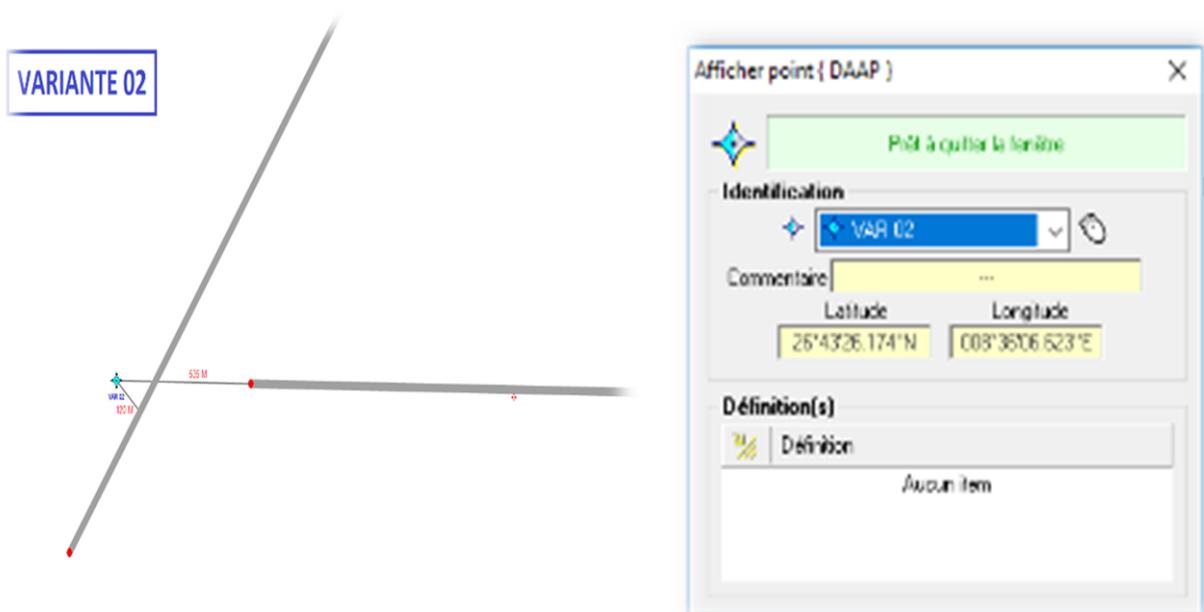


Figure 3-2: Vue de la VARIANTE 02 et leurs coordonnées

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

-Variante 3 :

- Distance par rapport la piste 09/27 est 150 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 150M
- Leur coordonnées géographiques $26^{\circ}43'32.165''N$ $008^{\circ}36'26.520''E$

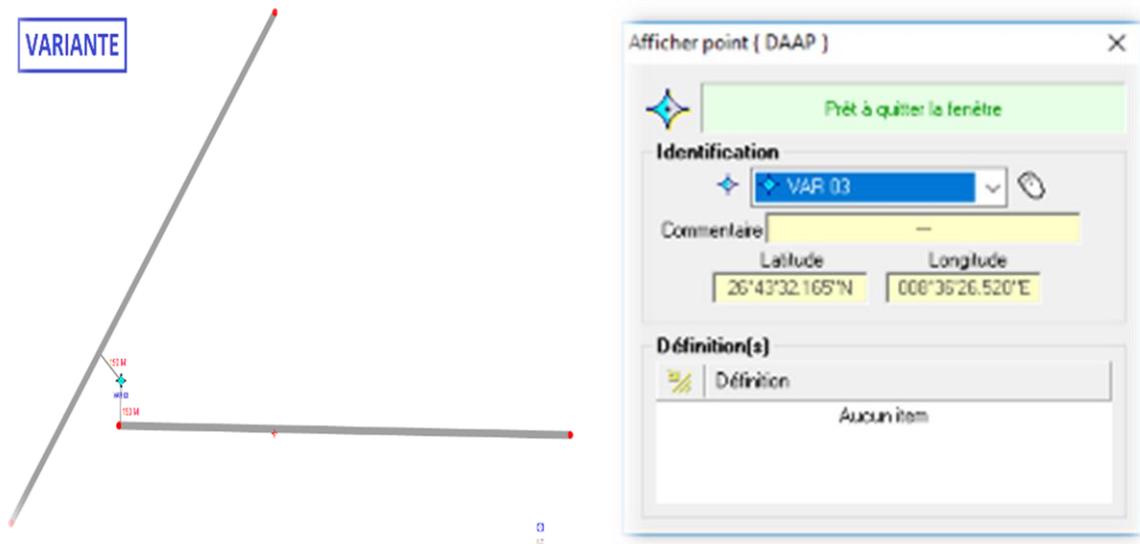


Figure 3-3: Vue de la VARIANTE 03 et leurs coordonnées

-Variante 4 :

- Distance par rapport la piste 09/27 est 150 M
- Distance par rapport la piste 04/22 est 190M
- Leur coordonnées géographiques $26^{\circ}43'19.933''N$ $008^{\circ}36'15.420''E$

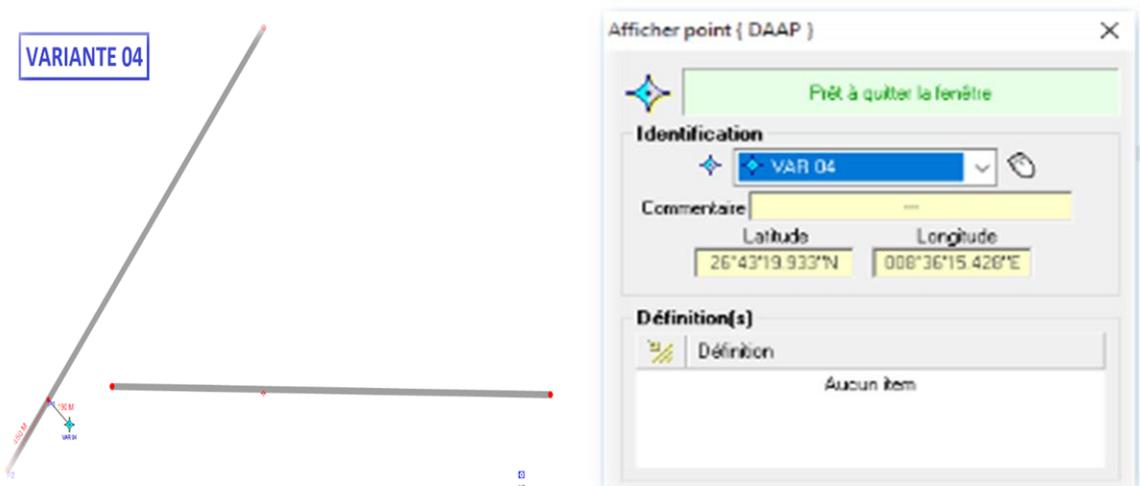


Figure 3-4: Vue de la VARIANTE 04 et leurs coordonnées

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Après analyse des variantes proposées, le choix des concepteurs été de prendre la VARIANTE 01 :

Coordonnées géographique WGS 84 du nouvel emplacement du VOR/DME ILZ :
26°43'26 ".198N 008°36'03".364E

Distance par rapport la piste 09/27 est 630 M

Distance par rapport la piste 04/22 est 190M

3.2.2 Les avantages liés à cette position :

- atterrissage dans l'axe sur la piste 09/27
- atterrissage non dans l'axe sur la QFU 22 et respecter les règles d'alignement
- installation sur l'aérodrome

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.

3.3.1.1 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 ILZ.
- 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.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- $900\text{m} < \text{ALT obs} < 1500\text{m}$; MFO = 450 m.
- $\text{ALT obs.} > 1500\text{ m}$; MFO = 600 m.
- Comparer les MSA des secteurs adjacents
- Détermination de nombre de secteur avec ses altitudes.

3.3.1.2 Calculs des altitudes minimales :

- Secteur 1 NORD/EST :

$(\text{QDM}180^\circ - \text{QDM}270^\circ) : 632 + 300 = 932$ arrondie 950m (3100ft)

- Secteur 2 SUD/EST :

$(\text{QDM}270^\circ - \text{QDM}360^\circ) : 964 + 450 = 1414$ arrondie 1450m (4700ft)

- Secteur 3 SUD/OUEST :

$(\text{QDM}360^\circ - \text{QDM } 090^\circ) : 976 + 450 = 1426$ arrondie 1450m (4700ft)

- Secteur 4 NORD/ OUEST :

$(\text{QDM}090^\circ - \text{QDM}180^\circ) : 714 + 300 = 1014$ arrondie 1050 (3400ft)

➤ **Analyse :**

Pour chaque deux secteurs adjacents, on vérifie la condition suivante :

$(\text{MSA1} - \text{MSA2}) < 100\text{m}$

Si cette condition est remplie, alors les deux secteurs doivent être fusionnés.

- Secteur 1/Secteur 2 : $950 - 1450 > 100\text{m} \Rightarrow$ deux secteurs indépendants
- Secteur 2/Secteur 3 : $1450 - 1450 < 100\text{m} \Rightarrow$ un seul secteur
- Secteur 3/Secteur 4 : $1450 - 1050 > 100\text{m} \Rightarrow$ deux secteurs indépendants
- Secteur 4/Secteur 1 : $1050 - 950 < 100\text{m} \Rightarrow$ un seul secteur

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

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

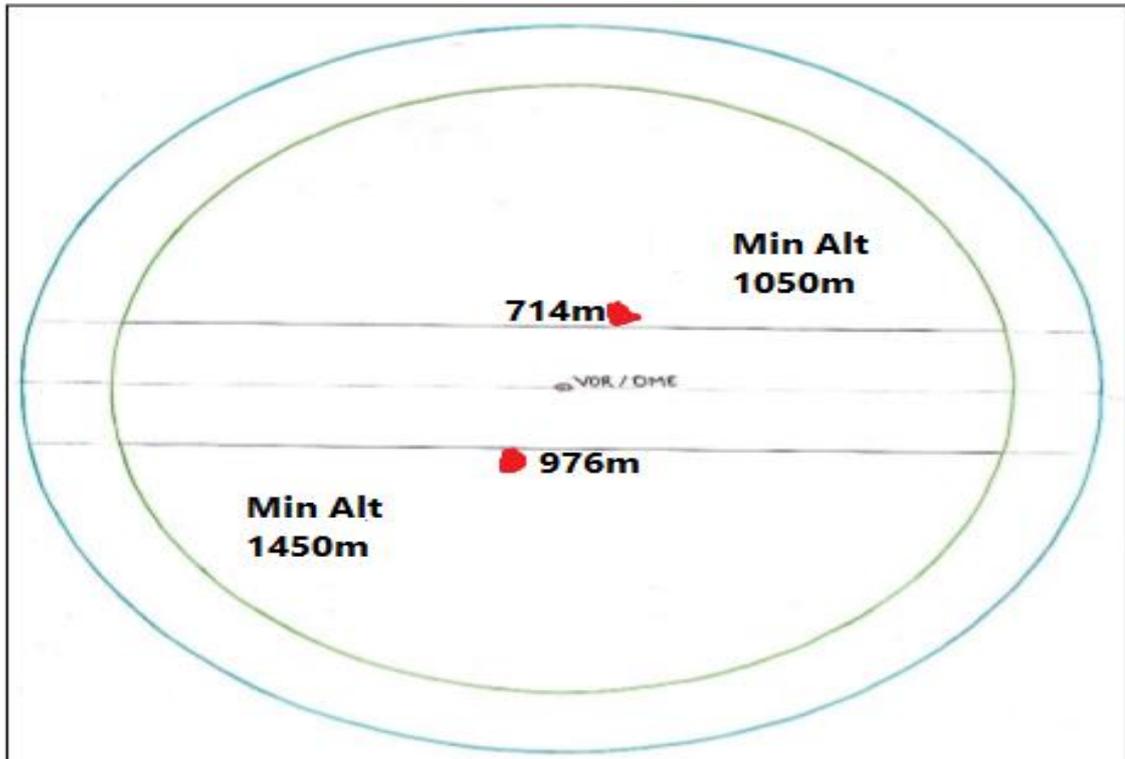


Figure 3-5: les secteurs et leurs MSA

➤ Commentaires :

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

- Secteur 1 (QDM090° - QDM270°) => MSA1 = 1050m (3400ft)
- Secteur 2 (QDM270° - QDM090°) => MSA2 = 1450m (4700ft)

3.3.2 L'Attente :

3.3.2.1 Choix d'emplacement de la nouvelle attente :

Pour justifier notre choix d'emplacement de l'attente, qui serve à faire des approches pour le seuil 22, nous avons pris en compte des critères essentiels tels que l'arrivée du flux de trafic aérien, l'orientation des atterrissages, le vent favorable et aussi l'évitement des zones à statuts particuliers, avoir l'avis du contrôleur d'approche.

Après avoir pris en considération tous les critères cités au part avant, il a été décidé de positionner cette attente en verticale moyen VOR/DME (ILZ). Le temps d'attente a été fixé à 1 minute, avec une altitude spécifique de 10,000 pieds (3048 mètres)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.3.2.2 Construction de procédure d'attente verticale installation VOR :

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 ILZ.

- Calcule ISA :

En montant chaque 1000 ft, la température diminue de 2°

Altitude au Aéroport est de 542 m (1800ft)

1000 ft → 2°C

1800 ft → T ?

La température correspond à 1800 ft : $T = (1800 * 2) / 1000$; $T = 3.6°C$

La température au niveau moyen de la mer (MSL) égale à 15°C La variation de la températures VAR : $VAR = 35° - (15 - 3.6) = 23.6 °C$ arrondie 25°C

La température de référence utilisée : **ISA+25**

- Les paramètres du circuit de l'attente Cat A/B :

Table 3-1: les paramètres d'attente Cat A/B

Vi (Kt)	170
Altitude (Ft)	10000
Temp (min)	1
Temperature VAR (°C)	25
Catégorie aéronefs	A/B

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Etape1 : Construction de gabarit de l'attente Cat A/B :

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

Table 3-2: calcul de gabarit Cat A/B

K	1,2167	
$V=K * Vi (Kt)$	206,837	
$v=V/3600$	0,057	
$R=509,26/V$	2,462	
$r=V/(62,83 * R)$	1,337	1,238
$h=Altitude/1000$	10	
$w=2*h+47$	67	
$w'=w/3600$	0,019	
$E_{45} = 45w'/R$	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
$Wd=Wc+E_{45}$	0,545	0,505
$We=Wc+2 E_{45}$	0,885	0,820
$Wf=Wc+3 E_{45}$	1,225	1,135
$Wg=Wc+4E_{45}$	1,565	1,449
$Wh=Wb+4E_{45}$	1,454	1,346
$Wo=Wb+5E_{45}$	1,794	1,661
$Wp=Wb+6E_{45}$	2,134	1,976
$Wi1=Wi3=(t+6)*w'+4E_{45}$	2,589	2,397
$Wi2=Wi4=Wi1+14w'$	2,849	2,639
$Wj=Wi2+E_{45}$	3,190	2,954
$Wk=Wi2+2E_{45}$	3,530	3,269
$Wm=Wi2+3E_{45}$	3,870	3,584
$Wn3=Wi1+4E_{45}$	3,950	3,657
$Wn4=Wi2+4E_{45}$	4,210	3,899
$Xe=2r+(t+15) * v + (t+26+195/R) * w'$	10,058	9,314
$Ye=11 v * Cos20+r * (1+Sin20)+(t+15) v * Tg5+(t+26+125/R) * w'$	5,311	4,918

1/200000

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

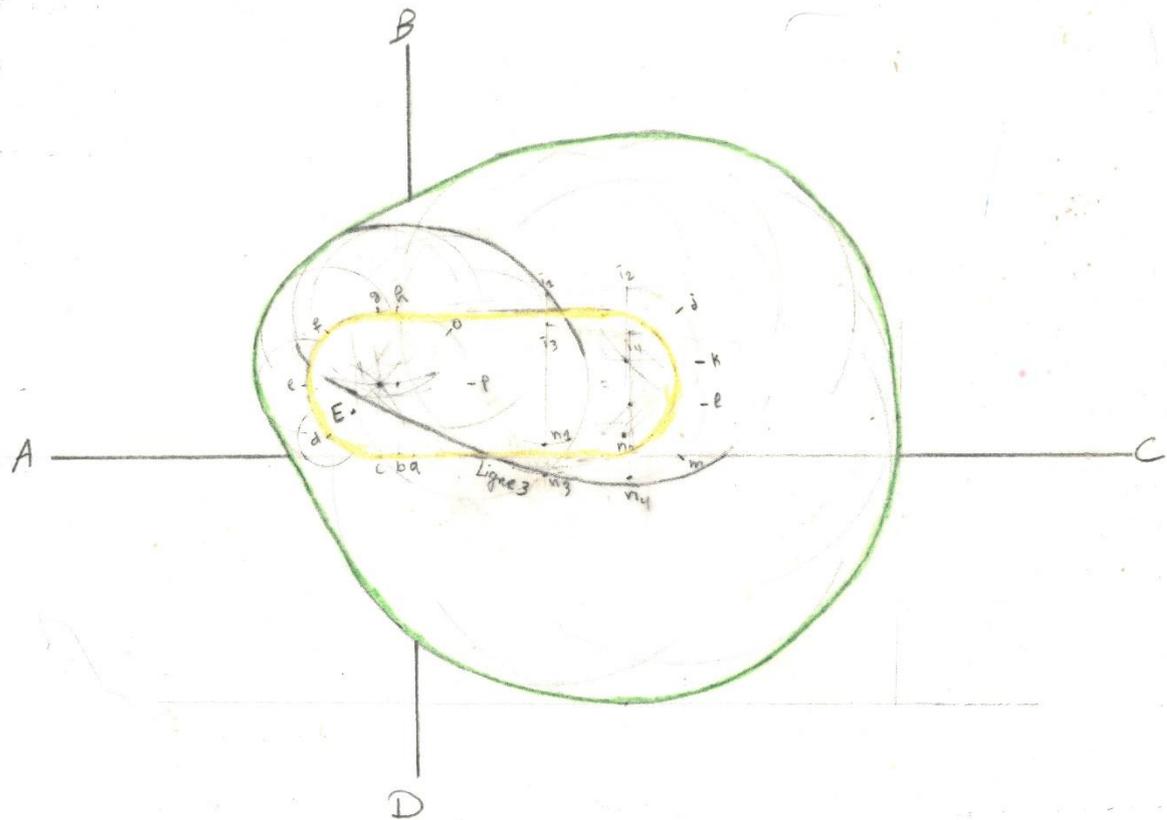


Figure 3-6: Gabarit de circuit de l'attente pour Cat A/B

- **Aire de tolérance de repère position VOR :**

Les aires de tolérance de repère sont formées par les limites obtenues à partir des précisions d'utilisation de système des radiales de radio ralliement et d'intersection (ou arcs selon le cas) par rapport à la position du repère nominal. Vu que la précision de système s'exprime en angles, la grandeur de l'aire de tolérance de repère dépend de la distance entre le repère et les aides de navigation

Table 3-3: Calculs associés à la construction d'aire de tolérance du repère de position VOR

Tolérance du repère VOR			
$Z_v = 0,164h * T_g(50)$	(NM)	1,95	1,810
$Q_v = Z_v * \sin(5)$	(NM)	0,17	0,158

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments
VOR/DME RWY22 et RWY 27

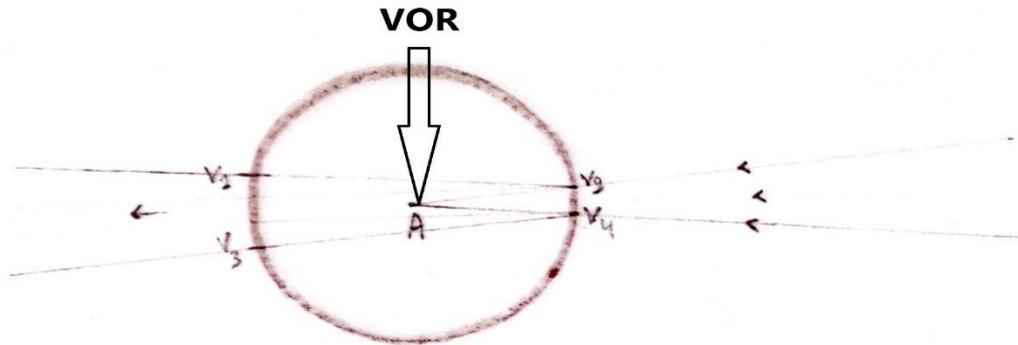


Figure 3-7: aire de tolérance du repère du VOR

Étape 2 : Construction de l'aire de base et des aires d'entrées Cat A/B :

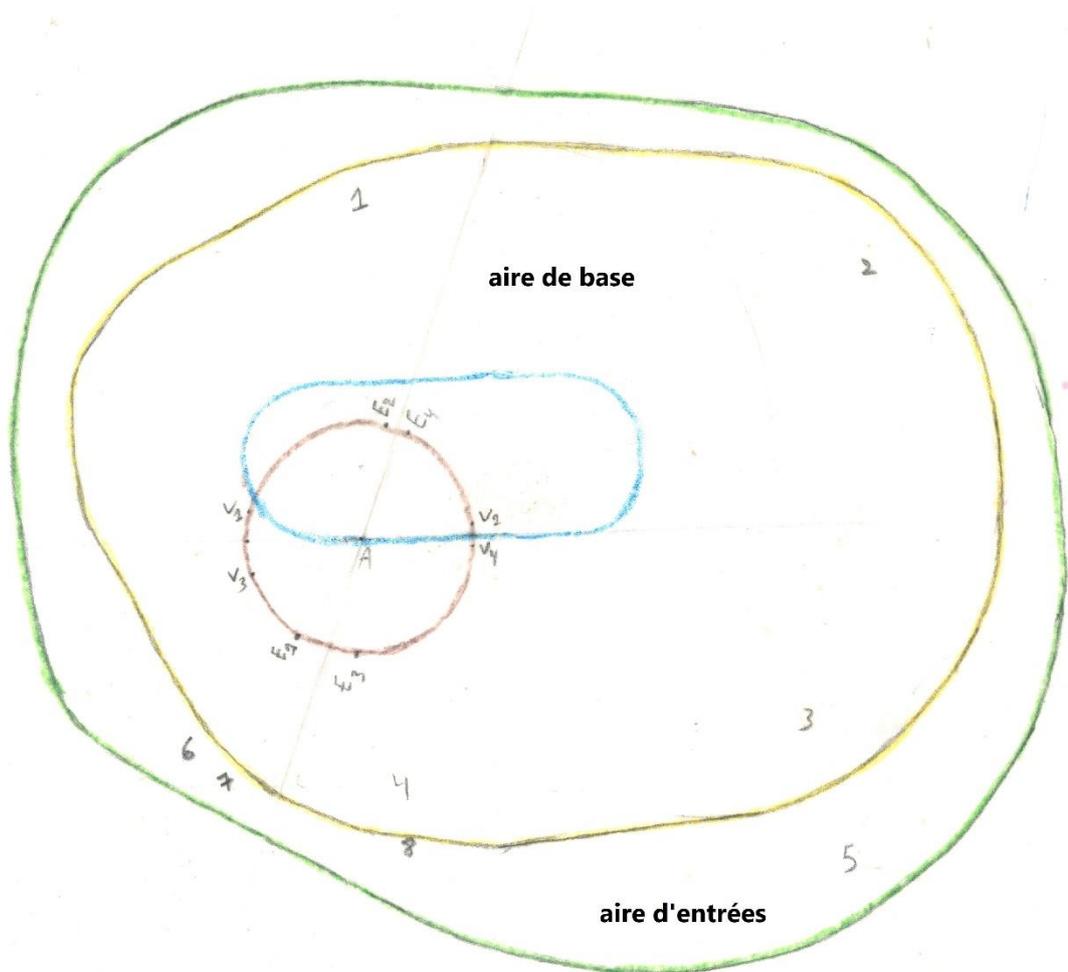


Figure 3-8: Aire de base et aire d'entrée correspondante au circuit Cat A/B

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Étape 3 : Zones tampons Cat A/B :

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

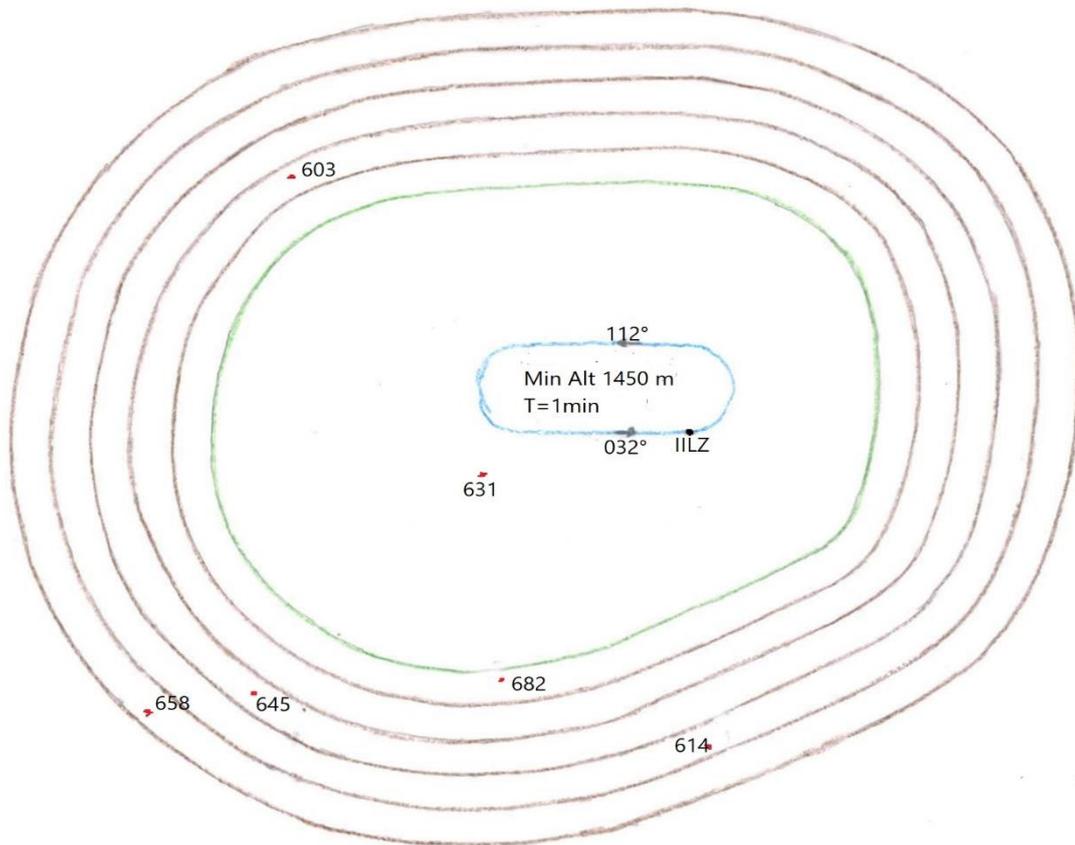


Figure 3-9: Aires de protection de circuit d'attente Cat A/B

3.3.2.3 L'Altitude minimal de l'attente Cat A/B :

Pour déterminer l'altitude minimale de l'attente, tout d'abord on oriente la trajectoire nominale de l'attente par rapport à l'orientation du virage de base (032° en rapprochement et 112° d'éloignement).

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : $ALT\ 1 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 631 + 300 = 931m$ arrondie 950m (3100ft)
- Zone tampon 1 : $ALT\ 2 = ALT\ obs.\ pénalisant + 100\% MFO$
 $= 682 + 300 = 982m$ arrondie 1000m (3300ft)
- Zone tampon 2 : $ALT\ 3 = ALT\ obs.\ pénalisant + 50\% MFO$
 $= 603 + 150 = 753m$ arrondie 800m (2500ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

□ Zone tampon 3 : $ALT4 = ALT \text{ obs. pénalisant } + 40\%MFO$
 $= 645 + 120 = 765\text{m}$ arrondie 800m (2600ft)

□ Zone tampon 4 : $ALT5 = ALT \text{ obs. pénalisant } + 30\% MFO$
 $= 614 + 90 = 704 \text{ m}$ arrondie 750m (2400ft)

□ Zone tampon 5 : $ALT6 = ALT \text{ obs. pénalisant } + 20\% MFO$
 $= 658 + 60 = 718\text{m}$ arrondie 750m (2400ft). D'où :

ALT minimal de l'attente = $\max (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6)$

= $\max (950, 1000, 800, 800, 750, 750) = 1000\text{m} (3300\text{ft})$

Table 3-4: MFO pour les différents zones de l'attente

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)

3.3.2.4 Nombre des niveaux d'attente Cat A/B :

À partir des paramètres suivants :

□ Altitude maximale d'attente : 10000 ft (3048m)

□ Altitude minimale d'attente : 3300 ft (1000m), arrondie à L'altitude de sécurité 1450m (4700ft) FL50

□ Altitude de transition : 1440m (4700 ft) [cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)]

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

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

□ 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.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- Les paramètres du circuit d'attente Cat C/D :**

Table 3-5: calcul de gabarit CAT C/D

Vi (Kt)	230		
Altitude (Ft)	10000		
Temp (min)	1		
Temperature VAR (°C)	25		
Catégorie aéronefs	C/D		
K	1,2167		
V=K * Vi (Kt)	279,839		
v=V/3600	0,078		
R=509,26/V	1,820		
r=V/(62,83 * R)	2,447	2,266	
h=Altitude/1000	10		
w=2*h+47	67		
w'=w/3600	0,019		
E ₄₅ = 45w'/R	0,460	0,426	
t=60 * T	60		
L= v * t	4,664	4,319	
ab=5 v	0,389	0,360	
ac=11 v	0,855	0,792	
Gi1=Gi3 =(t-5) * v	4,275	3,959	
Gi2=Gi4 =(t+21) * v	6,296	5,830	
Wb=5 w'	0,093	0,086	
Wc=11 w'	0,205	0,190	
Wd=Wc+E45	0,665	0,616	
We=Wc+2 E45	1,125	1,042	
Wf=Wc+3 E45	1,585	1,468	
Wg=Wc+4E45	2,046	1,894	
Wh=Wb+4E45	1,934	1,791	
Wo=Wb+5E45	2,394	2,217	
Wp=Wb+6E45	2,854	2,643	
Wi1=Wi3=(t+6)*w'+4E45	3,069	2,842	
Wi2=Wi4=Wi1+14w'	3,330	3,083	
Wj=Wi2+E45	3,790	3,509	
Wk=Wi2+2E45	4,250	3,936	
Wm=Wi2+3E45	4,710	4,362	
Wn3=Wi1+4E45	4,910	4,547	
Wn4=Wi2+4E45	5,171	4,788	
Xe=2r+(t+15) * v + (t+26+195/R) *w'	14,320	13,260	
Ye=11 v *Cos20+r * (1+Sin20)+(t+15) v * Tg5+(t+26+125/R) * w'	7,477	6,924	1/200000

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- **Etape1 : Construction de gabarit d'attente Cat C/D :**

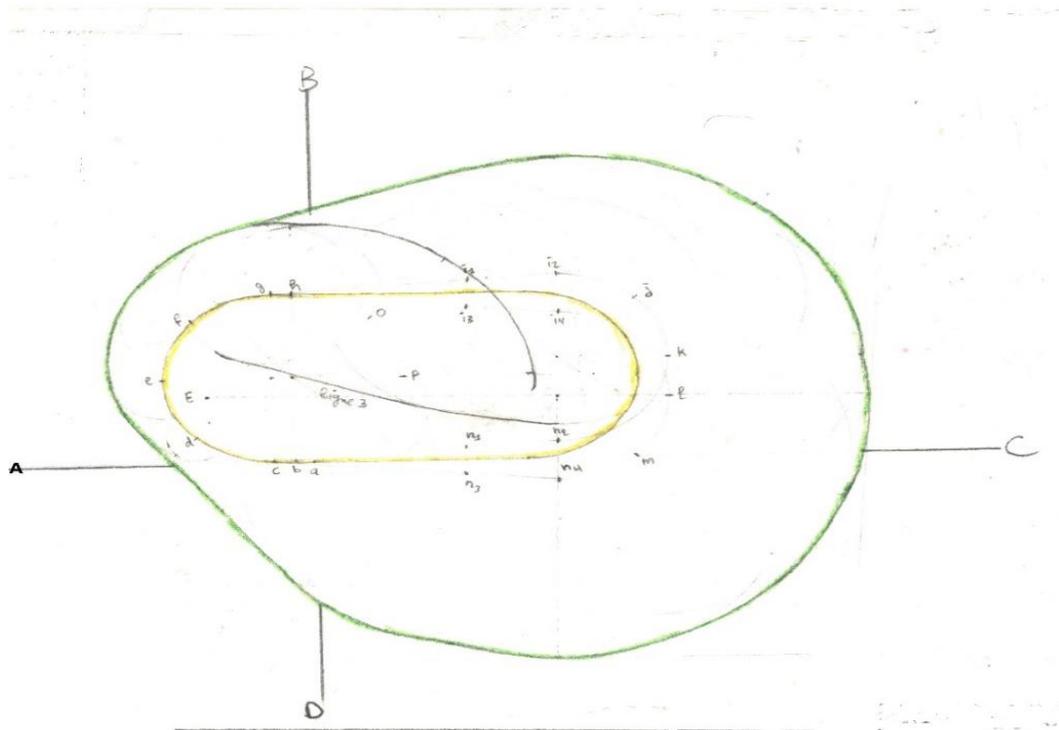


Figure 3-10: Gabarit de circuit d'attente pour Cat C/D

- **Etape2 : Construction de L'aire de base et les aires d'entrées Cat C/D :**



Figure 3-11 : Aire de base et aire entrée correspondante au circuit Cat C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- **Étape 3 : Zones tampons Cat C/D :**

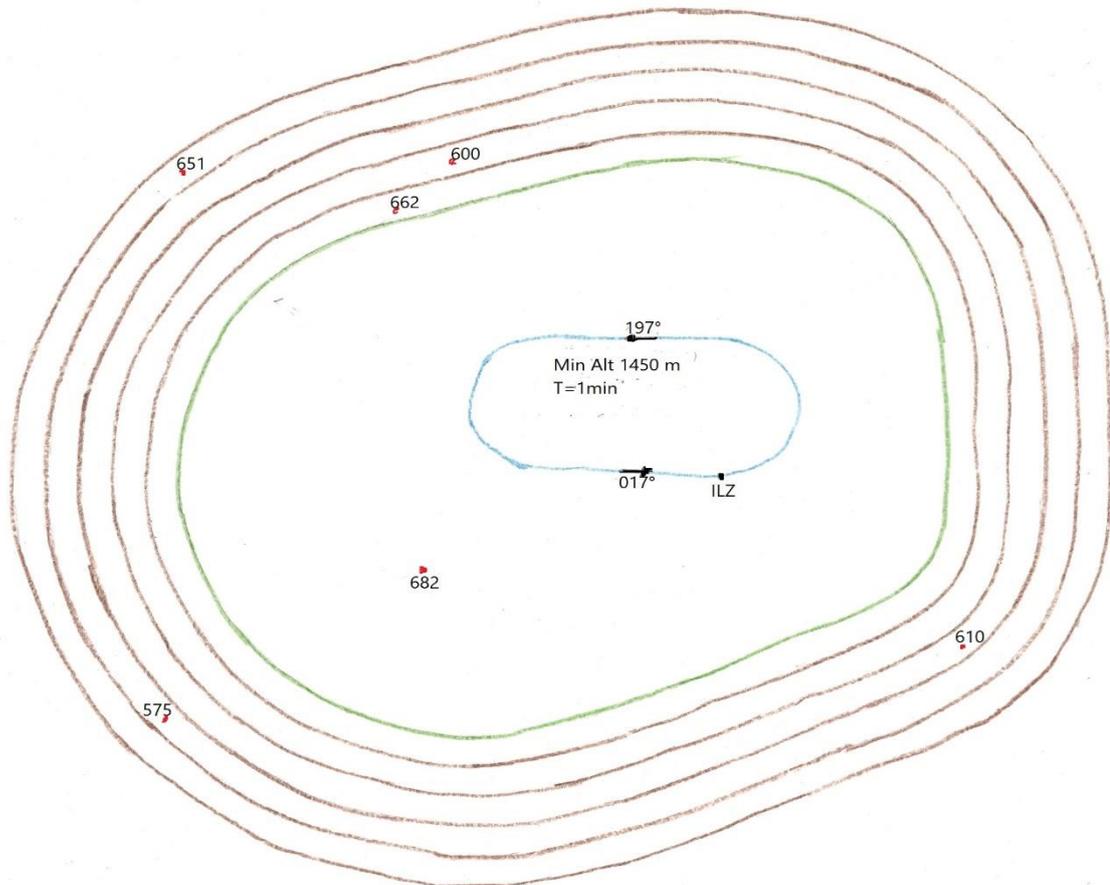


Figure 3-12: Aires de protection de circuit d'attente Cat C/D

3.3.2.5 **L'Altitude minimal d'attente Cat C/D :**

Pour déterminer l'altitude minimale de l'attente, tout d'abord on oriente la trajectoire nominale de l'attente par rapport à l'orientation du virage de base (017° en rapprochement et 197° d'éloignement).

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : $ALT\ 1 = 682 + 300 = 982\text{m}$ arrondie 1000m (3300ft)
- Zone tampon 1 : $ALT\ 2 = 662 + 300 = 962\text{m}$ arrondie 1000m (3300ft)
- Zone tampon 2 : $ALT\ 3 = 600 + 150 = 750\text{m}$ arrondie 800m (2500ft)
- Zone tampon 3 : $ALT\ 4 = 610 + 120 = 730\text{m}$ arrondie 750m (2400ft)
- Zone tampon 4 : $ALT\ 5 = 575 + 90 = 665\text{m}$ arrondie 700m (2200ft)
- Zone tampon 5 : $ALT\ 6 = 651 + 60 = 711\text{m}$ arrondie 750m (2400ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

D'où : ALT minimal d'attente = max (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6)

= max (1000, 1000, 800,750, 700,750) = 1000m (3300ft)

3.3.2.6 Nombre des niveaux de l'attente Cat C/D :

À partir des paramètres suivants :

- Altitude maximale d'attente : 10000 ft (3048m)
- Altitude minimale d'attente : 3300 ft (1000m), arrondie à L'altitude de sécurité 1450m (4700ft) FL50

À partir des paramètres suivants :

- Nombre des niveaux= (Zp max - Zp min) /1000
- Nombre des niveaux= (10000- 5000) / 1000
- Nombre des niveaux= 5 (FL50, FL60, FL70, FL80, FL90).

3.3.3 Segment d'approche initiale :

Le segment d'approche initiale commence à l'IAF, situé à la verticale de l'installation VOR/DME ILZ. À partir de ce point, l'aéronef quitte l'attente et amorce sa descente en suivant la radiale du virage de base jusqu'au point IF.

3.3.3.1 Aire de protection de virage de base Cat A/B :

Se fait en deux étapes :

Etape01 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 :

Table 3-6: les paramètre de virage de base Cat A/B

Vi (Kt)	170
Altitude (Ft)	4800
Temp (min)	2,6
Temperature (°C)	25
Catégorie aéronefs	A/B

**Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments
VOR/DME RWY22 et RWY 27**

Table 3-7: calcul de gabarit de virage de base Cat A/B

K	1,1212		
$V=K * Vi (Kt)$	190,603		
$v=V/3600$	0,053		
$R=509,26/V$	2,672		
$r=V/(62.83 * R)$	1,135	1,051	1/200000
$h=5300/1000$	5		
$w=(2*h)+47$	56,600		
$w'=w/3600$	0,016		
$E= w'/R$	0,006	0,005	
φ°	15,761		
$t=60 * T$	156		
$L= v * t$	8,259	7,648	
$ab1=ab3=(t-5)(v-w')-zN$	5,450	5,046	
$ab2=ab4=(t+21)(v+w')+zN$	12,325	11,413	
$wd=wg=50E$	0,294	0,272	
$we=wf=wh=100E$	0,588	0,545	
$wi=190E$	1,118	1,035	
$wj=235E$	1,383	1,281	
Dérive $d(^\circ) = \arcsin(w/V)$	17,275		
$N3l=11v$	0,582	0,539	
$wl=11w'$	0,173	0,160	
$wm=wl+50E$	0,467	0,433	
$wn=wl+100E$	0,761	0,705	

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- **Etape 02 : tracé l'aire de protection du virage de base Cat A/B :**

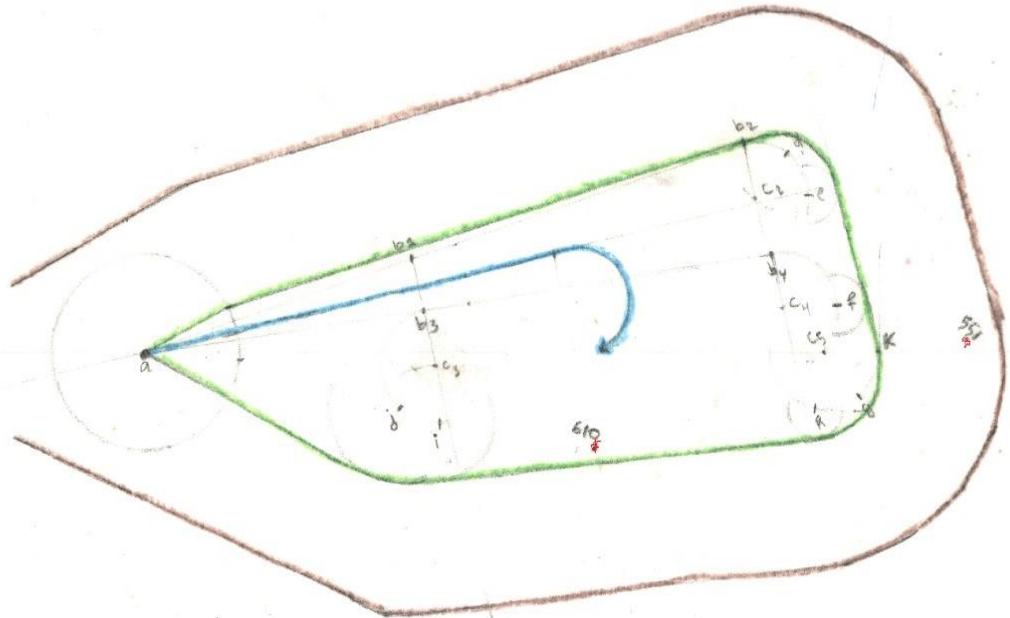


Figure 3-13: Aire de protection de virage de base Cat A/B

- **Altitude minimale du segment d'approche initiale 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'attente qui est l'altitude du début de segment initiale (1450m) :

✓ **Aire Primaire :**

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO

ALT min= 610+300 = **910 m**

✓ **Aire secondaire :**

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO

Pour chaque obstacle on doit calculer la MFO correspondante en appliquant la

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

formule ;

$$\text{MFOs} = \text{MFOp} (1 - D/Ws)$$

Ws : largeur de l'aire secondaire

D : distance entre l'obstacle et le bord de l'aire primaire

$$\text{MFO} = 300(0.6/2.2) = 81.82$$

$$\text{ALT min} = \text{ALT obs. Pénalisant} + \text{MFO}$$

$$\text{ALT min} = 551 + 81.82 = 632.82\text{m}$$

D'où : ALT min. initiale = 910m arrondis a 950m (3000ft)

-Vue que l'altitude de début de ce segment est de 1450m et l'altitude de l'obstacle le plus pénalisant est de 950m, alors ;

-Pas de pénétration d'obstacles = altitude du début de segment reste à 1450m

3.3.3.2 Aire de protection de virage de base Cat C/D :

Etape01 Construction du gabarit de virage de base Cat C/D :

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 :

Table 3-8: les paramètres de virage de base Cat C/D

Vi (Kt)	220
Altitude (Ft)	4800
Temp (min)	2,0
Temperature (°C)	25
Catégorie aéronefs	C/D

**Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments
VOR/DME RWY22 et RWY 27**

Table 3-9: calcul de gabarit de virage de base Cat C/D

K	1,1212		
$V=K * Vi (Kt)$	246,662		
$v=V/3600$	0,069		
$R=509,26/V$	2,065		
$r=V/(62.83 * R)$	1,902	1,761	
$h=5300/1000$	5		
$w=(2*h)+47$	56,600		
$w'=w/3600$	0,016		
$E= w'/R$	0,008	0,007	
φ°	26,516		
$t=60 * T$	120		
$L= v * t$	8,222	7,614	
$ab1=ab3=(t-5)(v-w')-zN$	5,900	5,464	
$ab2=ab4=(t+21)(v+w')+zN$	12,049	11,157	
$wd=wg=50E$	0,381	0,353	
$we=wf=wh=100E$	0,762	0,705	
$wi=190E$	1,447	1,340	
$wj=235E$	1,790	1,657	
Dérive $d(\circ) =\arcsin(w/V)$	13,266		
$N3l=11v$	0,754	0,698	
$wl=11w'$	0,173	0,160	
$wm=wl+50E$	0,554	0,513	
$wn=wl+100E$	0,934	0,865	

1/200000

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.3.4 Segment d'approche intermédiaire :

Définition : Le segment d'approche intermédiaire fait la liaison entre le segment d'approche initiale et le segment d'approche finale. C'est le segment dans lequel des ajustements de configuration, de vitesse et de positionnement de l'aéronef s'effectuent pour l'entrée dans le segment d'approche finale

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 2 NM sera établi en palier (pente 0%), il commence à l'IF d'une distance DME (8.4NM) et s'achève au FAF(6.4NM).

a) Tracé 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.

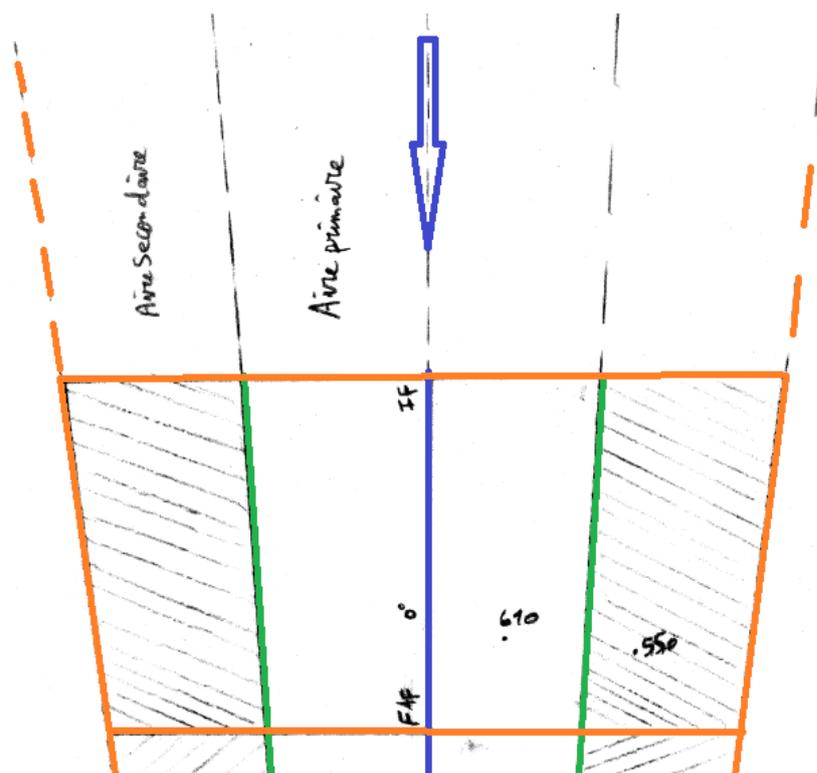


Figure 3-15: Segment intermédiaire

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

✓ Air primaire :

- MFO Obs. = MFO entière=150m
- MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Table 3-10: Obstacle qui trouve dans l'air primaire

Obstacle	MFO	MOCAP
610m	150m	760m

✓ Air secondaire :

- MFO Obs. = $(D2/D1) \times$ MFO entière
- MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs

Table 3-11: Obstacle qui se trouve dans l'air secondaire

Obstacle	MFO	MOCAs
550m	102.3m	652.3m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAP, MOCAs)
- OCA du segment intermédiaire = **760 m arrondie 800m (2600ft)**
- L'altitude de la procédure au segment intermédiaire :800m (2600ft)
- L'Altitude du début de segment (IF) :1035 m (3400ft)
- L'altitude de la fin de segment (FAF) :1035 m (3400ft)

3.3.5 Segment d'approche finale :

Définition : C'est dans le segment d'approche finale que s'effectuent l'alignement et la descente en vue de l'atterrissage. La partie aux instruments du segment d'approche finale commence au repère d'approche finale et se termine au point d'approche interrompue (Mapt). Un guidage sur trajectoire sera fourni pour la phase aux instruments du segment d'approche finale.

Après plusieurs scénarios proposées et développées par les concepteurs on a optée pour que le repère FAF ce trouve à 6.4 NM du VOR/DME ILZ, avec pente de descente 5.24%(3°), Ce segment débute au FAF et termine au MAPT

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

a) Traçage de l'aire de protection :

1NM 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 protections de ce segment sont illustrées ci-dessous :

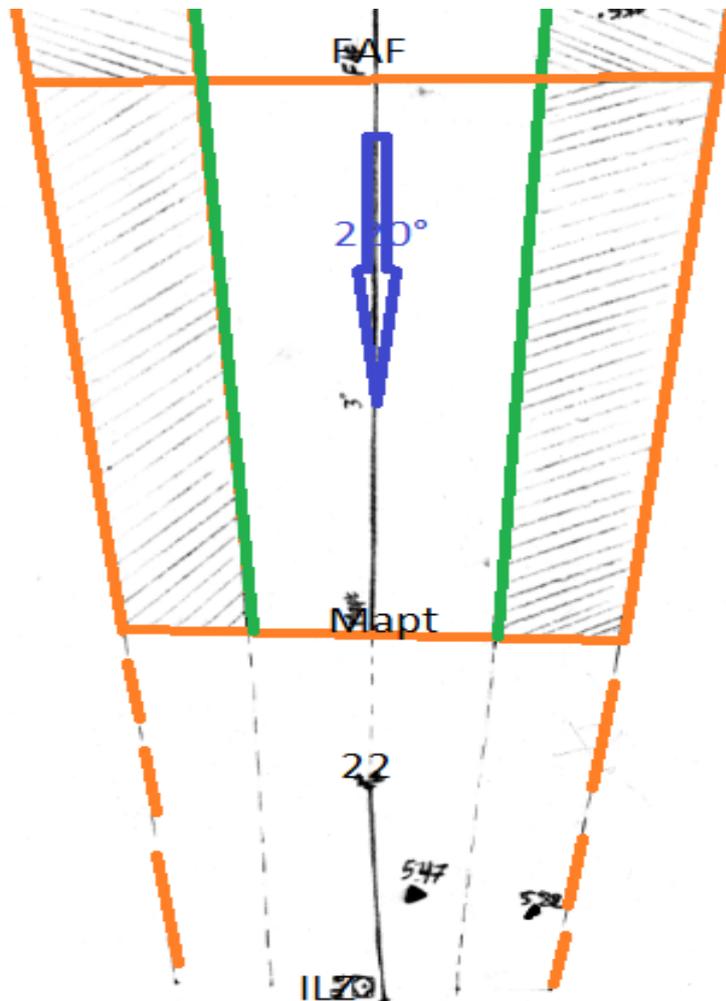


Figure 3-16: Segment final seuil 22

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

✓ Air primaire :

- MFO Obs. = MFO entière= 75m
- MOCAP=Alt obs. pénalisant + MFO

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Table 3-12: Obstacle qui trouve dans l'air primaire

Obstacle	MFO	MOCAP
547m	75m	622m

✓ Air secondaire :

- MFO Obs. = $(D2/D1) \times$ MFO entière
- MOCA s = Alt obs. pénalisant + MFOs

Table 3-13: Obstacle qui trouve dans l'air secondaire

Obstacle	MFO	MOCAs
582m	30m	612m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAP, MOCAs)
- OCA du segment final = 622 m ; OCH=86m
- L'altitude de la procédure au segment final :912m
- L'Altitude du début de segment (FAF) :1035 m (3400ft)
- L'altitude de la fin de segment (MAPT) :657 m (2200ft)

3.3.6 Segment d'approche interrompue :

Définition : 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.

L'approche interrompue pour les catégories A/B et C/D est définie par un virage à droite à une altitude TNA/H de 970 m, avec une pente de montée minimale de 2,5%. Cette procédure est amorcée au Mapt et comprend trois phases : initiale, intermédiaire et finale.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.3.6.1 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= $0,25+1,25\%*D$.

Avec (D : distance entre Mapt et DME=2.5NM)

Tolérance du moyen = **0.28125NM**

• 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 :

La température utilisée : ISA+25 ;

➡ 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=2200ft et VAR = 25

Donc : K=1.0775

Alors : $d \text{ A/B} = 3S \times (130*1.0775 + 10) \times (1852/3600)$;

$d \text{ A/B} = 3S \times (140.075 + 10) \times (1852/3600) = \mathbf{231.62 \text{ m}}$

La tolérance MAPT=231.62+520.87=**752.5m**

2. La distance de transition (X).

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

$X \text{ A/B} = 15 s (140.075 + 10) \times (1852/3600) = \mathbf{1158.078 \text{ m}}$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

→ Donc: SOC A/B= 752.5 + 1158.078 **SOC A/B= 1911.28m**

➤ 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= **520.87m**.

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

✓ Détermination Vv :

- Vv = VI MAX de l'APPROCHE FINAL × k

$$=185*1.0775=199.34 \text{ kt}$$

Alors: d C/D = 3S × (185*1.0775 + 10) × (1852/3600);

$$d \text{ C/D} = 3S \times (199.34 + 10) \times (1852/3600) = \mathbf{323.08 \text{ m}}$$

$$\text{Tolérance Mapt}=520.87+323.08=\mathbf{843.95m}$$

2. La distance de transition (X).

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

$$X \text{ C/D} = 15 \text{ s} (199.34 + 10) \times (1852/3600) = \mathbf{1615.407 \text{ m}}$$

→ Donc : SOC C/D= 843.95+ 1615.407 **SOC C/D= 2459.357m**

3.3.6.2 Phase intermédiaire de l'approche interrompue :

Cette phase commence au SOC et se termine au TNA/H, désigné à 970 m (3200 ft), avec une pente de 2,5 % et une marge de franchissement d'obstacle (MFO) de 30 m.

$$D=h/2.5\% \text{ (Avec h la différence d'hauteur entre SOC et TNA/H)}$$

$$h=970-657=313\text{m}$$

$$D=313/0.025=\mathbf{12520m}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Table 3-14: Paramètres de segment initiale et intermédiaire interrompue

Vi (Kt) Init ou Interm	185		
Vi (Kt) Final	265		
Altitude AD	1800		
Altitude AD + 1000 Ft	2800		
ISA + 25	25		
Distance DME/TP (NM)	6,76	25,039	1/50000
Distance DME/MAPt (NM)	2,5	9,260	
K(SOC)	1,1570		
K(TP)	1,1266		
V(SOC)=K * Vi (Kt)	214,041		
V(TP) (kt)	332,346		
v=V/3600	0,092		
R=3431*tg²α/V	0,881		
r=V/20*pi* R	6,007	22,251	
h=Altitude/1000	3		
w=30 (kt)	30		
w'=w/3600	0,008		
E	0,549	2,032	
SOC	0,934	3,458	
Perception 6sec (NM)	0,554	2,052	
Tol DME à TP	0,3345	1,239	
Tol DME à MAPt	0,28125	1,0418	
AltitudeTNA/H (Ft)	5112		

3.3.6.3 Phase finale de l'approche interrompue :

Cette phase débute au TNA/H (970 m) avec un virage à droite jusqu'à atteindre l'altitude minimale de sécurité 1450 m pour rejoindre le VOR/DME ILZ, avec une pente de 2,5 % et une (MFO) de 50 m.

Les calculs effectués pour la conception du virage :

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

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

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

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ Facteur K :

La température utilisée : ISA+25

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

Avec H=3200ft et VAR = 25

Donc : **K= 1.0940**

Alors $V_v = 265 * 1.0940 = \mathbf{289.91 \text{ kt}}$

$$R = (3431 \text{ tg } \alpha) / \pi V_v = (3431 * \text{tg} 15^\circ) / \pi * 289.91 = \mathbf{1^\circ/s}$$

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

$$r = V_v / (20 * \pi * R) = 289.91 / (20 * \pi * 1) = \mathbf{8545.24 \text{ m}}$$

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

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

$$= 6s * (289.91 + 30) * (1852 / 3600) = \mathbf{987.5 \text{ m}}$$

Table 3-15: Paramètres de virage interrompue

Catégorie C/D	
Paramètre [1]	Valeurs
Vitesse indiqué (VI)	265 kt
Vitesse vrai (VV)	289.91 kt
Angle de virage	124°
C	987.5 m
Vitesse angulaire (R)	1 °/s
Inclinaison	15°
Rayon du virage (r)	8545.24 m
Effet du vent (E)	1016.8 m
Effet du vent (E 90)	1577.9 m
$\sqrt{r^2 + E^2}$	8605.5 m
$r + E$	9562 m
$r + 2E$	10579m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Les aires de protection de ce segment pour les catégories d'aéronef C/D sont schématisées comme suit :

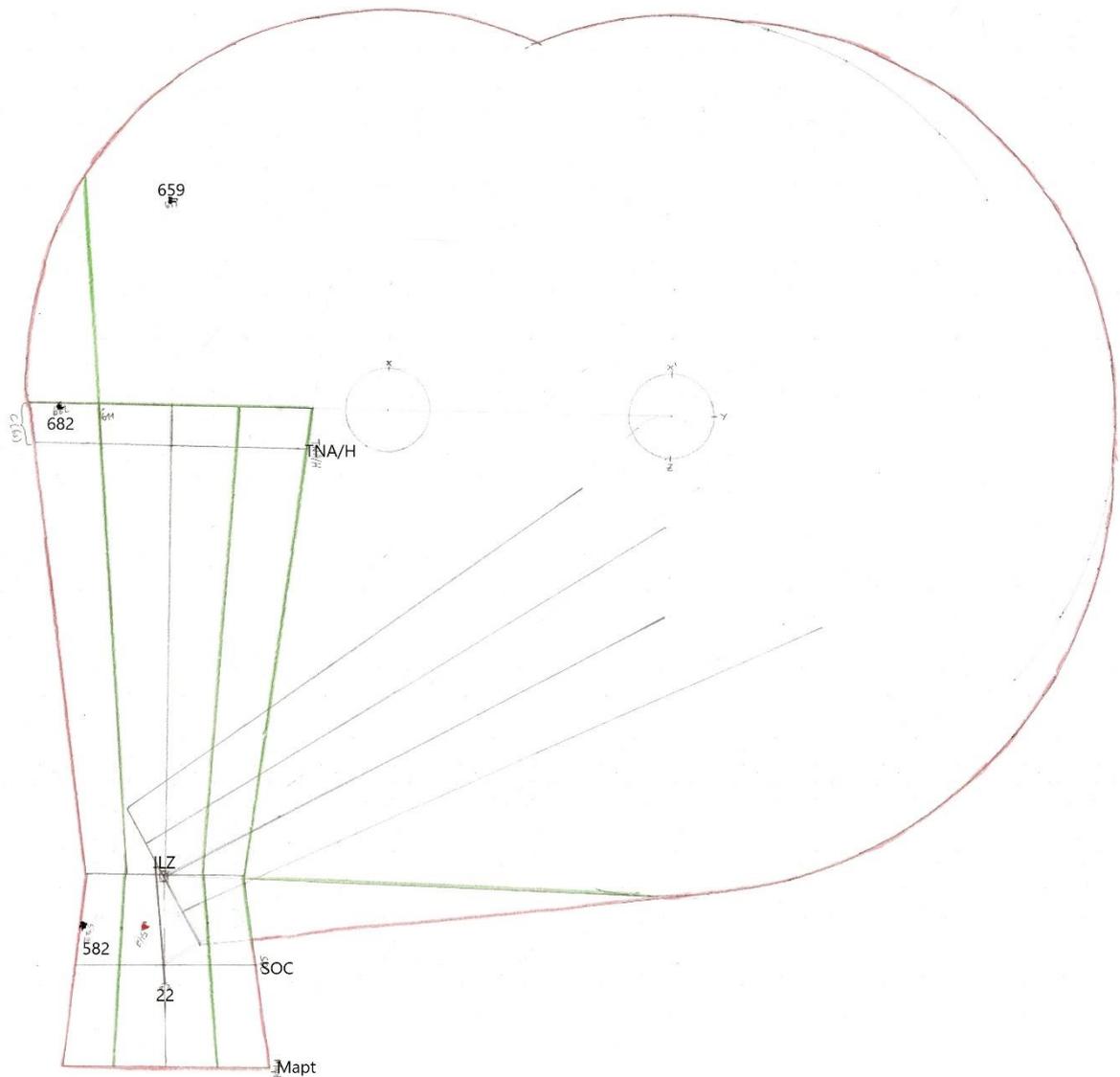


Figure 3-17: Segment d'approche interrompue

3.3.6.4 Traitement des obstacles :

✓ Phase initial:

- $OCH\ FINAL \geq H\ obstacle + MFO$
- $OCH\ Final = 130m$
- $H\ obs. + MFO = 40+75 = 115\ m$
- $130m \geq 115m$; alors $OCH = 130m$; $OCA = 672\ m$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ Phase intermédiaire et final :

✓ Dans l'air de mise en virage :

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

- $672 + (11300 \times 0.025) \geq 682 + 50$

- $955 \geq 732$; OCA = OCA final = 672 m;

OCA est toujours assuré ;

✓ Dans l'air de virage :

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

- $970 + (5000 \times 0.025) \geq 659 + 50$

- $1095 \text{ m} \geq 709 \text{ m}$

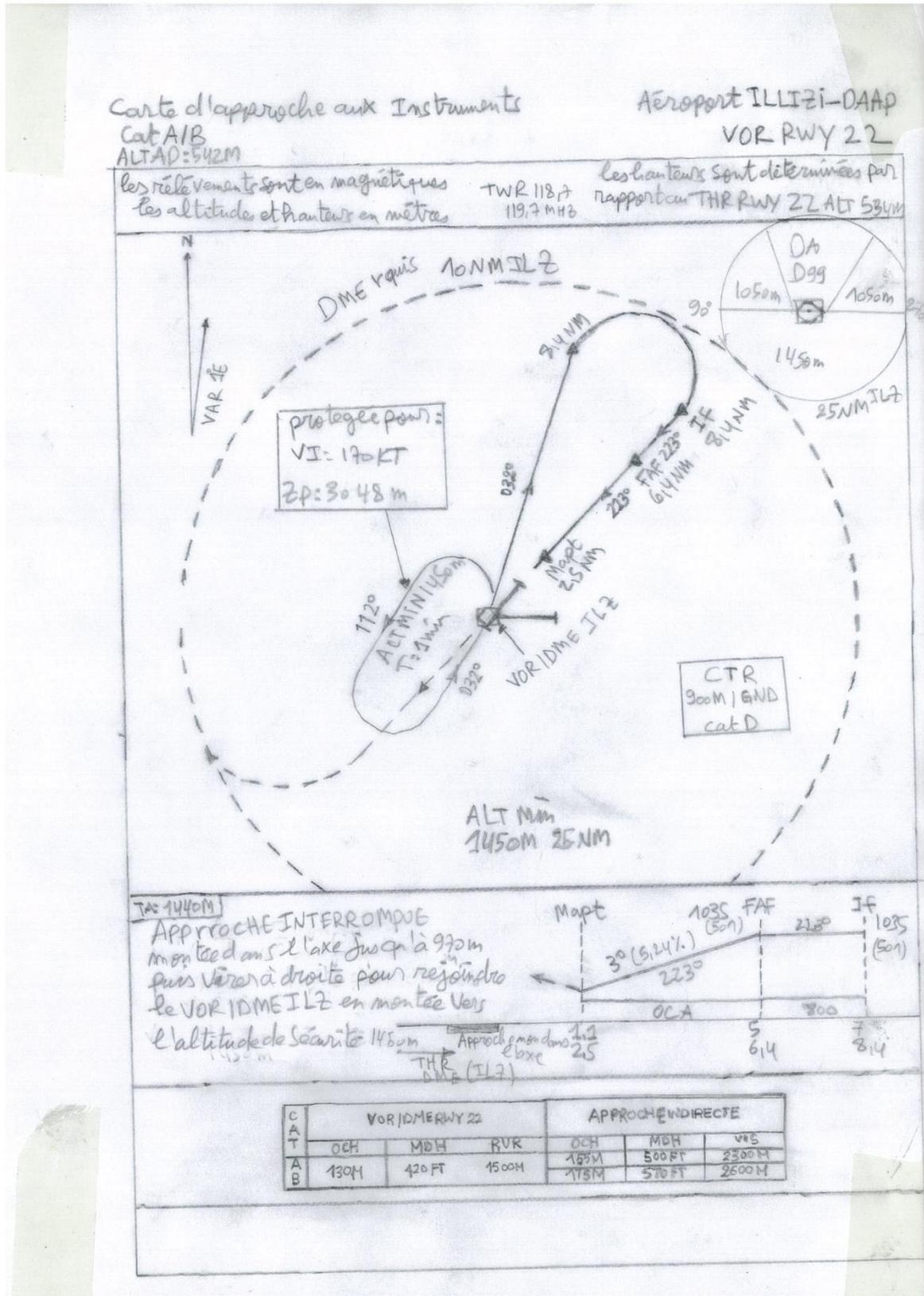
➤ L'OCA final de la procédure d'approche VOR/DME QFU 22 :

- OCA = 672m.

- OCH = 130 m.

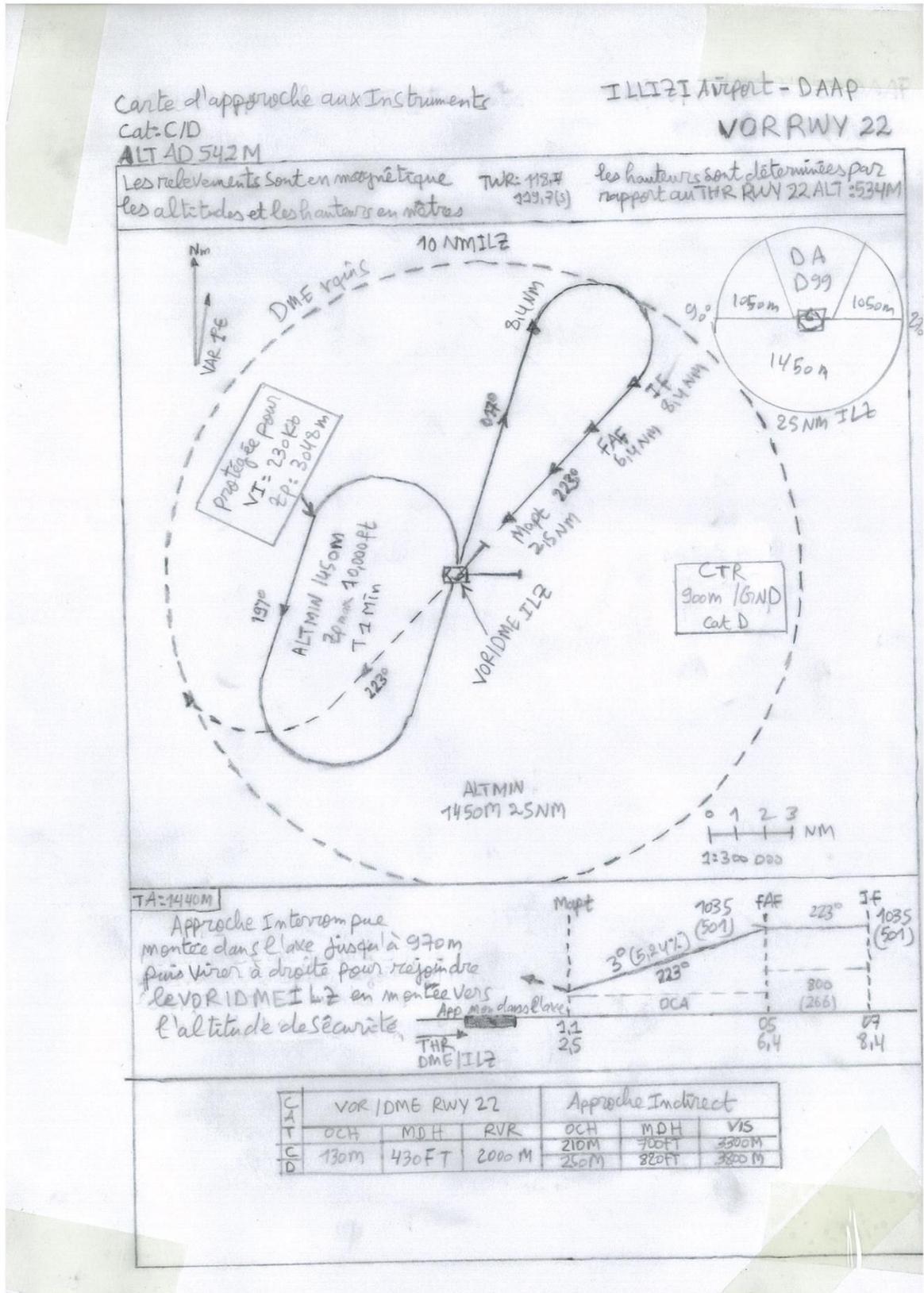
Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 22 CAT A/B :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 22 CAT C/D :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.4 Conception manuelle de la procédure d'approche VOR/DME RWY 27 :

3.4.1 Choix d'emplacement de la nouvelle attente :

Après avoir étudié l'emplacement de l'attente, il a été décidé de positionner cette attente directement au-dessus de l'installation VOR/DME (ILZ). Le temps d'attente a été fixé à 1 minute, avec une altitude spécifique de 10,000 pieds (3048 mètres)

3.4.1.1 Construction de procédure d'attente verticale installation VOR ILZ :

- Catégorie A/B :

C'est les mêmes étapes de construction de l'attente de la procédure d'approche aux instruments dans le QFU 22 avec une seule différence dans l'orientation de la trajectoire nominale de l'attente pour déterminer les obstacles pénalisent (066° de segment rapprochement et 246° de segment d'éloignement) pour déterminer les obstacles plus pénalisent.

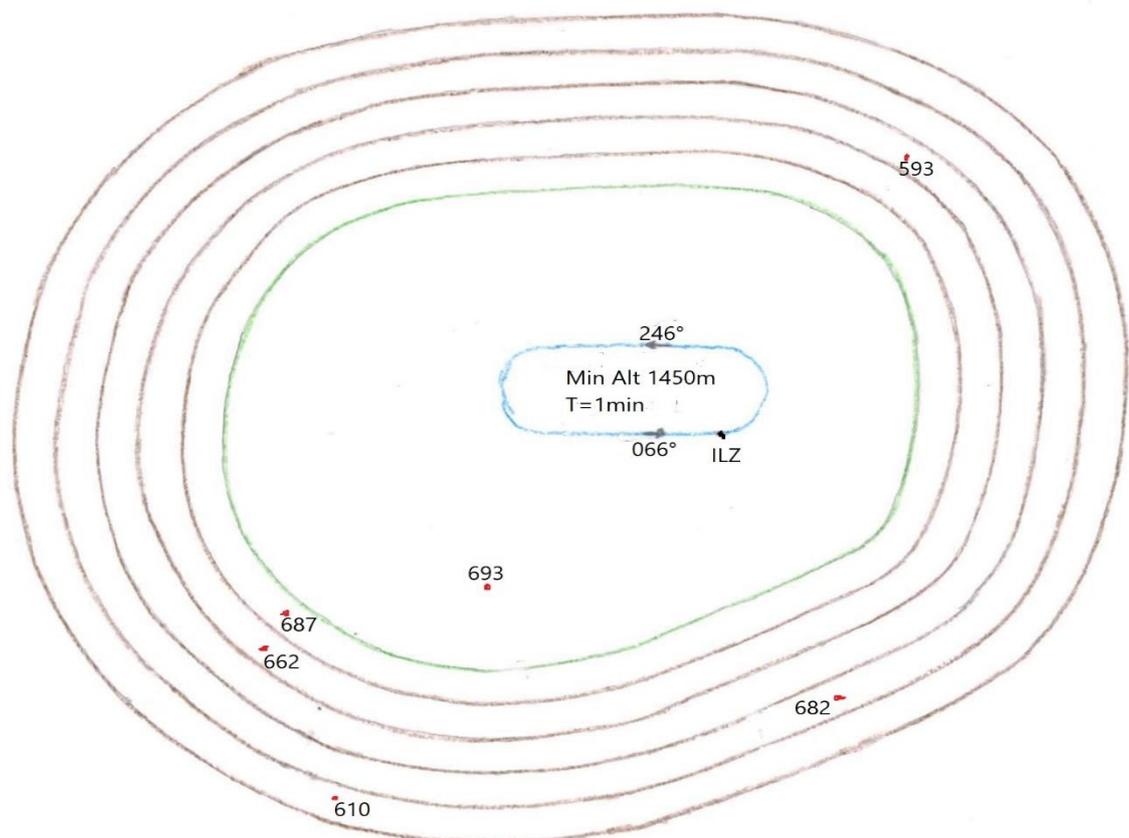


Figure 3-18: Aires de protection de circuit d'attente piste 27 Cat A/B

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- **L'Altitude minimal de l'attente Cat A/B :**

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : ALT 1= 693 + 300 = 993m arrondie 1000m
- Zone tampon 1 : ALT 2= 687+300 =987m arrondie 1000m
- Zone tampon 2 : ALT3= 662+150 =812m arrondie 850m
- Zone tampon 3 : ALT4= 593+120 =713m arrondie 750m
- Zone tampon 4 : ALT5= 682+90=772m arrondie 800m
- Zone tampon 5 : ALT6= 610+60 =670m arrondie 700m

D'où:

ALT minimal de l'attente = max (ALT1, ALT2, ALT3, ALT4, ALT5, ALT6)

= max (1000, 1000, 850, 750, 800,700) = 1000m (3300ft)

- **Nombre des niveaux de l'attente Cat A/B :**

À partir des paramètres suivants :

- Altitude maximale d'attente : 10000 ft(3048m)
- Altitude minimale d'attente : 4700 ft(1450m), arrondie à 5000ft
- Altitude de transition : 1440m (4700 ft) [cette valeur est spécifiée par l'état (AIP)]

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

- Nombre des niveaux= (Zp max - Zp min) /1000
- Nombre des niveaux= (10000- 5000) / 1000
- Nombre des niveaux = 5

Donc, nous avons cinq niveaux d'attente

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- **Catégorie C/D :**

C'est les mêmes étapes de construction d'attente de la procédure d'approche aux instruments dans le QFU 22 avec une seule référence dans l'orientation de la trajectoire nominale de l'attente pour déterminer les obstacles pénalisent (066° de segment rapprochement et 246° de segment d'éloignement) pour déterminer les obstacles plus pénalisent.

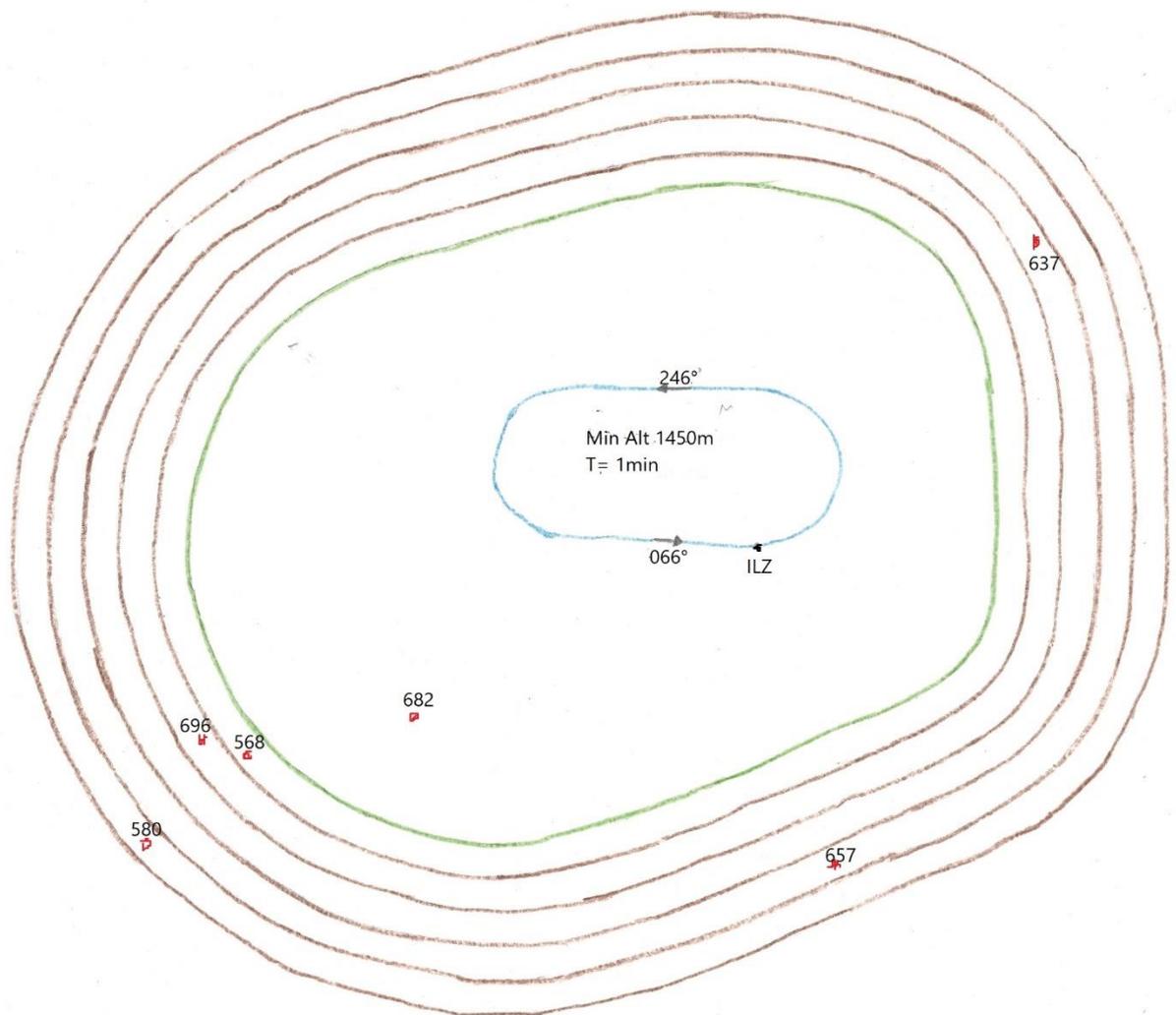


Figure 3-19: Aires de protection de circuit d'attente piste 27 Cat C/D

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

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

L'altitude minimale est calculée de la manière suivante :

- Aire de base : $ALT 1 = 682 + 300 = 982\text{m}$ arrondie 1000m
- Zone tampon 1 : $ALT 2 = 568 + 300 = 868\text{m}$ arrondie 900m
- Zone tampon 2 : $ALT 3 = 696 + 150 = 846\text{m}$ arrondie 850m
- Zone tampon 3 : $ALT 4 = 637 + 120 = 757\text{m}$ arrondie 800m
- Zone tampon 4 : $ALT 5 = 657 + 90 = 747\text{m}$ arrondie 750m
- Zone tampon 5 : $ALT 6 = 580 + 60 = 640\text{m}$ arrondie 650m

D'où :

Altitude min = max (1000, 900, 850, 800, 750, 650)

= 1000m (3300ft) augmenter au niveau minimal de sécurité 4700 ft (50 FL)

- **Nombre des niveaux de l'attente Cat C/D :**

- 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.

3.4.2 Segment d'approche initiale :

Le segment d'approche initiale commence à l'IAF, situé à la verticale de l'installation VOR/DME. À partir de ce point, l'aéronef quitte l'attente et amorce sa descente en suivant la radiale du virage de base jusqu'au l'IF.

3.4.2.1 Aire de protection de virage de base :

- **Catégorie A/B :**

En utilisant la même méthode de conception de virage de base utilisée dans la procédure d'approche aux instruments dans le QFU 22.

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

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Table 3-16: calcul de gabarit de virage de base Cat A/B

Vi (Kt)	170		
Altitude (Ft)	4800		
Temp (min)	2,8		
Temperature (°C)	25		
Catégorie aéronefs	A/B		
K	1,1212		
$V=K * Vi (Kt)$	190,603		
$v=V/3600$	0,053		
$R=509,26/V$	2,672		
$r=V/(62.83 * R)$	1,135	1,051	1/200000
$h=5300/1000$	5		
$w=(2*h)+47$	56,600		
$w'=w/3600$	0,016		
$E= w'/R$	0,006	0,005	
φ°	14,636		
$t=60 * T$	168		
$L= v * t$	8,895	8,237	
$ab1=ab3=(t-5)(v-w')-zN$	5,896	5,460	
$ab2=ab4=(t+21)(v+w')+zN$	13,149	12,176	
$wd=wg=50E$	0,294	0,272	
$we=wf=wh=100E$	0,588	0,545	
$wi=190E$	1,118	1,035	
$wj=235E$	1,383	1,281	
Dérive $d(^\circ) = \arcsin(w/V)$	17,275		
$N3l=11v$	0,582	0,539	
$wl=11w'$	0,173	0,160	
$wm=wl+50E$	0,467	0,433	
$wn=wl+100E$	0,761	0,705	

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

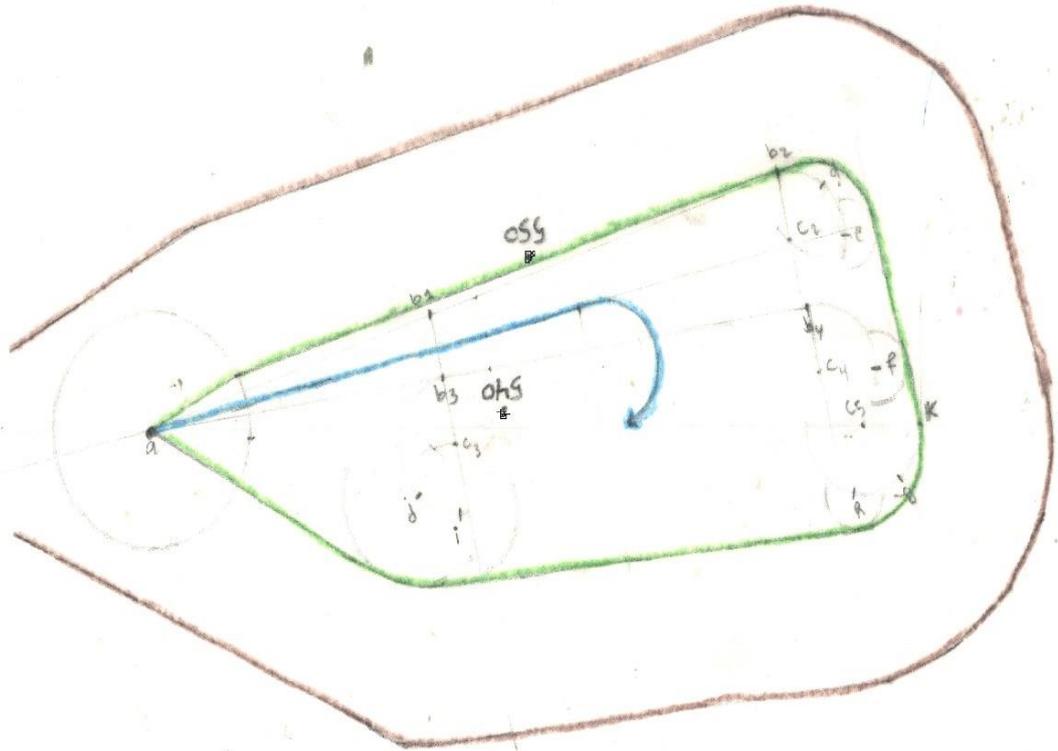


Figure 3-20 : Aire de protection de virage de base Cat A/B

- **Altitude minimales de la phase initiale 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 :

- ✓ **Aire Primaire :**

ALT min = ALT obs. Pénalisant + MFO

ALT min = 540 + 300 = 840 m

- ✓ **Aire secondaire :**

ALT min = ALT obs. Pénalisant + MFO

MFO = $300(2.4/2.4) = 300\text{m}$

ALT min = ALT obs. Pénalisant + MFO

ALT min = 550 + 300 = 850 m

D'où : ALT min. initiale = 850m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- **Catégorie C/D :**

En utilisant la même méthode de conception de virage de base utilisée dans la procédure d'approche aux instruments dans le QFU 22.

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

Table 3-17: calcul de gabarit de virage de base Cat C/D

Vi (Kt)	220
Altitude (Ft)	4800
Temp (min)	2,8
Temperature (°C)	25
Catégorie aéronefs	C/D

K	1,1212		
V=K * Vi (Kt)	246,662		
v=V/3600	0,069		
R=509,26/V	2,065		
r=V/(62.83 * R)	1,902	1,761	1/200000
h=5300/1000	5		
w=(2*h)+47	56,600		
w'=w/3600	0,016		
E= w'/R	0,008	0,007	
φ°	18,940		
t=60 * T	168		
L= v * t	11,511	10,659	
ab1=ab3=(t-5)(v-w')-zN	8,435	7,810	
ab2=ab4=(t+21)(v+w')+zN	16,092	14,901	
wd=wg=50E	0,381	0,353	
we=wf=wh=100E	0,762	0,705	
wi=190E	1,447	1,340	
wj=235E	1,790	1,657	
Dérive d(°) =arcsin(w/V)	13,266		
N3l=11v	0,754	0,698	
wl=11w'	0,173	0,160	
wm=wl+50E	0,554	0,513	
wn=wl+100E	0,934	0,865	

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

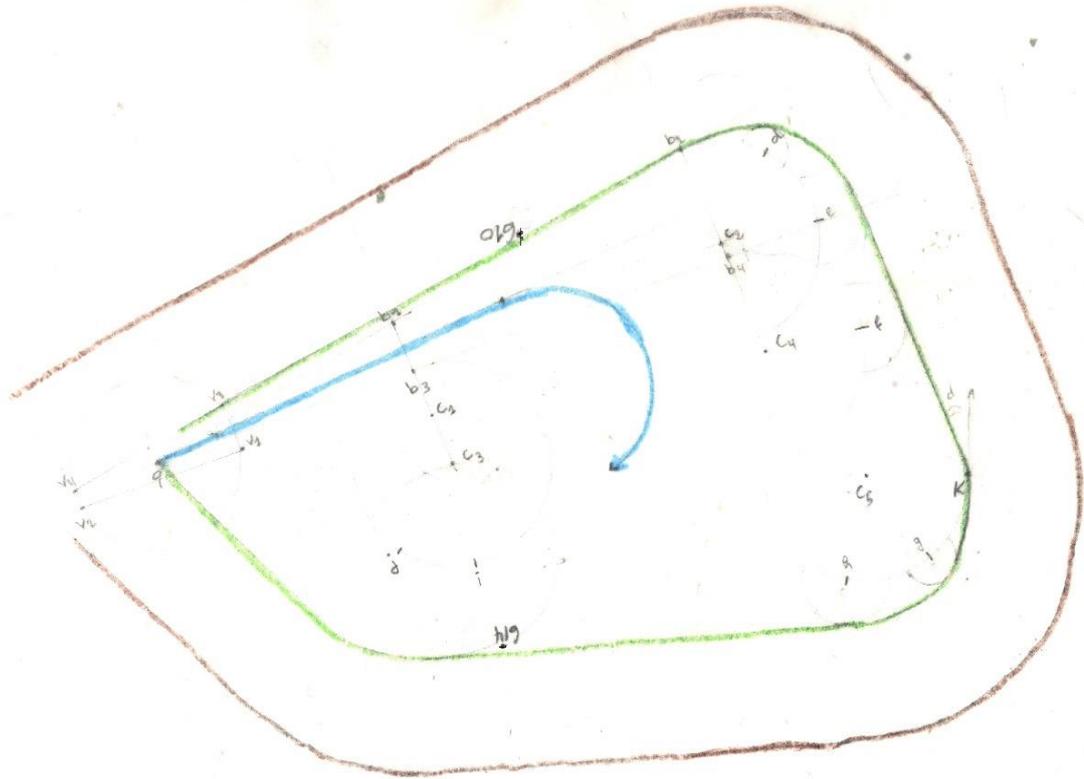


Figure 3-21: Aire de protection de virage de base Cat C/D

- **Altitude minimales de la phase initiale Cat C/D :**

- ✓ **Aire Primaire :**

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO

ALT min= 614+300 = 914 m

- ✓ **Aire secondaire :**

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO

MFO= 300(2.3/2.4) = 288m

ALT min = ALT obs. Pénalisant +MFO

ALT min= 610+288 = 898 m

D'où : ALT min. initiale = 914 m arrondis a 950 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.4.3 Segment d'approche intermédiaire :

C'est une trajectoire rectiligne d'une longueur de 2 NM sera établi en palier avec pente 0%, il commence à l'IF d'une distance DME (9NM) et s'achève au FAF(7NM).

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 3-22: Segment intermédiaire

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

✓ Air primaire :

- MFO Obs. = MFO entière=150m
- MOCA p =Alt obs. pénalisant + MFO+15m

Table 3-18: Obstacle qui trouve dans l'air primaire

Obstacle	MFO	MOCAp
614m	150m	779m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ Air secondaire :

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

- MOCAs=Alt obs. pénalisant+MFOs

Table 3-19: Obstacle qui se trouve dans l'air secondaire

Obstacle	MFO	MOCAs
610	144	754m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAs, MOCAs)

- OCA du segment intermédiaire = **779 m arrondie 800m (2600ft)**

□ L'altitude de la procédure au segment intermédiaire :800m (2600ft)

- L'Altitude du début de segment (IF) :1050 m (3450ft)

- L'altitude de la fin de segment (FAF) :1050 m (3450ft)

3.4.4 Segment d'approche finale :

On a fixé le repère FAF à (7 NM) du VOR/DME avec pente de descente 5.24%, Ce segment débute au FAF et termine au MAPT (3 NM)

a) Traçage de l'aire de protection :

1NM 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 protections de ce segment sont illustrées ci-dessous :

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments
VOR/DME RWY22 et RWY 27

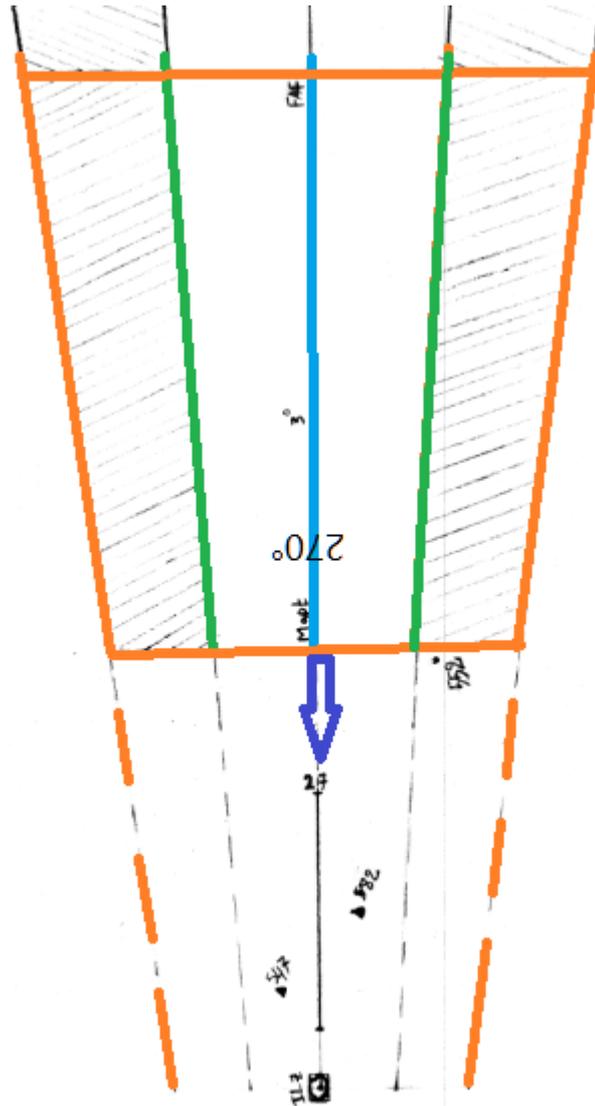


Figure 3-23: Segment final seuil 27

b) Détermination de l'altitude minimale de segment :

✓ **Air primaire :**

- MFO Obs. = MFO entière= 75m
- MOCAp=Alt obs. pénalisant + MFO

Table 3-20: Obstacle qui trouve dans l'air primaire

Obstacle	MFO	MOCAp
582m	75m	672m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ Air secondaire :

- MFO Obs. = $(D2/D1) \times \text{MFO entière}$
- MOCA s = Alt obs. pénalisant + MFO s + 15m

Table 3-21: Obstacle qui trouve dans l'air secondaire

Obstacle	MFO	MOCAs
552	61m	628m

- OCA du segment c'est le MAX (MOCAs, MOCAs)
- OCA du segment final = 672 m ; OCH=130 m
- L'altitude de la procédure au segment final :930m
- L'Altitude du début de segment (FAF) :1050 m (3450ft)
- L'altitude de la fin de segment (MAPT) :672 m (2200ft)

3.4.5 Segment d'approche interrompue :

L'approche interrompue pour les catégories A/B et C/D est définie par un virage à droite à une altitude TNA/H de 970 m, avec une pente de montée minimale de 2,5%. Cette procédure est amorcée au Mapt et comprend trois phases : initiale, intermédiaire et finale.

3.4.5.1 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).

2. 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=3NM)

Tolérance du moyen = **0.2875NM**

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

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

✓ Détermination V_v :

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

→ *Facteur K :*

La température utilisée : ISA+25

→ 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 $H=2200\text{ft}$ et $\text{VAR} = 25$

Donc : $K=1.0775$

Alors : $d A/B = 3S \times (130 \times 1.0775 + 10) \times (1852/3600)$;

$$d A/B = 3S \times (140.075 + 10) \times (1852/3600) = 231.61 \text{ m}$$

La tolérance $\text{MAPT} = 231.61 + 529.1 = 760.7\text{m}$

2. La distance de transition (X).

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

$$X A/B = 15 s (140.075 + 10) \times (1852/3600) = 1158.07 \text{ m}$$

→ Donc: $\text{SOC A/B} = 760.7 + 1158.07$ $\text{SOC A/B} = 1918.77\text{m}$

➤ **Détermination du SOC pour Cat C/D :**

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

2. La tolérance $\text{MAPT} = \text{Tolérance du moyen} + \text{une distance (d)}$.

• Tolérance du moyen = 529.1m .

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

✓ Détermination V_v :

- $V_v = VI \text{ MAX de l'API FINAL} \times k$

$$= 185 \times 1.0775 = 199.34 \text{ kt}$$

Alors: $d C/D = 3S \times (185 \times 1.0775 + 10) \times (1852/3600)$;

$$d C/D = 3S \times (199.34 + 10) \times (1852/3600) = 323.08 \text{ m}$$

Tolérance $\text{Mapt} = 529.1 + 323.08 = 852.18\text{m}$

2. La distance de transition (X).

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

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

$X C/D = 15 \text{ s} (199.34 + 10) \times (1852/3600) = 1615.407 \text{ m}$

→ Donc : SOC C/D= 852.18+ 1615.407 **SOC C/D= 2467.587 m**

3.4.5.2 Phase interm\`ediaire de l'approche interrompue :

Cette phase commence au SOC et se termine au TNA/H, d\`esign\`e\`e \`a 970 m (3200 ft), avec une pente de 2,5 % et une marge de franchissement d'obstacle (MFO) de 30 m.

$D = h/2.5\%$ (Avec h la diff\`erence d'hauteur entre SOC et TNA/H)

$h = 970 - 662 = 308 \text{ m}$

$D = 308/0.025 = 12320 \text{ m}$

Table 3-22: Param\`etres de segment initiale et interm\`ediaire interrompue

Vi (Kt) Init ou Interm	185		
Vi (Kt) Final	265		
Altitude AD	1800		
Altitude AD + 1000 Ft	2800		
ISA + 25	25		
Distance DME/TP (NM)	6,65	24,632	1/50000
Distance DME/MAPt (NM)	3	11,112	
K(SOC)	1,1566		
K(TP)	1,1263		
V(SOC)=K * Vi (Kt)	213,974		
V(TP) (kt)	332,260		
v=V/3600	0,092		
R=3431*tga/p*v	0,881		
r=V/20*pi* R	6,004	22,239	
h=Altitude/1000	3		
w=30 (kt)	30		
w'=w/3600	0,008		
E	0,548	2,031	
SOC	0,933	3,457	
Perception 6sec (NM)	0,554	2,051	
Tol DME \`a TP	0,333125	1,2339	
Tol DME \`a MAPt	0,2875	1,0649	
AltitudeTP (Ft)	5095		

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.4.5.3 Phase finale de l'approche interrompue :

Cette phase débute au TNA (970 m) avec un virage à droite jusqu'à atteindre l'altitude minimale de sécurité de 1450 m pour rejoindre le VOR/DME ILZ, avec une pente de 2,5 % et une (MFO) de 50 m.

Les calculs effectués pour la conception du virage :

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

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

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

$\sqrt{\text{Facteur } K} :$

❖ **La température utilisée : ISA+25 :**

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

Avec H=3200ft et VAR = 25

Donc : **K= 1.0940**

$$\text{Alors } V_v = 265 * 1.0940 = \mathbf{289.91 \text{ kt}}$$

$$R = (3\,431 \operatorname{tg} \alpha) / \pi V_v = (3431 * \operatorname{tg} 15^\circ) / \pi * 289.91 = \mathbf{1^\circ/s}$$

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

$$r = V_v / (20 * \pi * R) = 289.91 / 20 * \pi * 1 = \mathbf{8545.24 \text{ m}}$$

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

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

$$= 6s * (289.91 + 30) * (1852 / 3600) = \mathbf{987.5 \text{ m}}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Table 3-23: Paramètres de virage interrompue

Catégorie C/D	
Paramètre [1]	Valeurs
Vitesse indiqué (VI)	265 kt
Vitesse vrai (VV)	289.91 kt
Angle de virage	124°
C	987.5 m
Vitesse angulaire (R)	1 °/s
Inclinaison	15°
Rayon du virage (r)	8545.24 m
Effet du vent (E)	1016.8 m
Effet du vent (E 90)	1577.9 m
$\sqrt{r^2 + E^2}$	8605.5 m
$r + E$	9562 m
$r + 2E$	10579m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Les aires de protection de ce segment pour les catégories d'aéronef C/D sont schématisées comme suit :

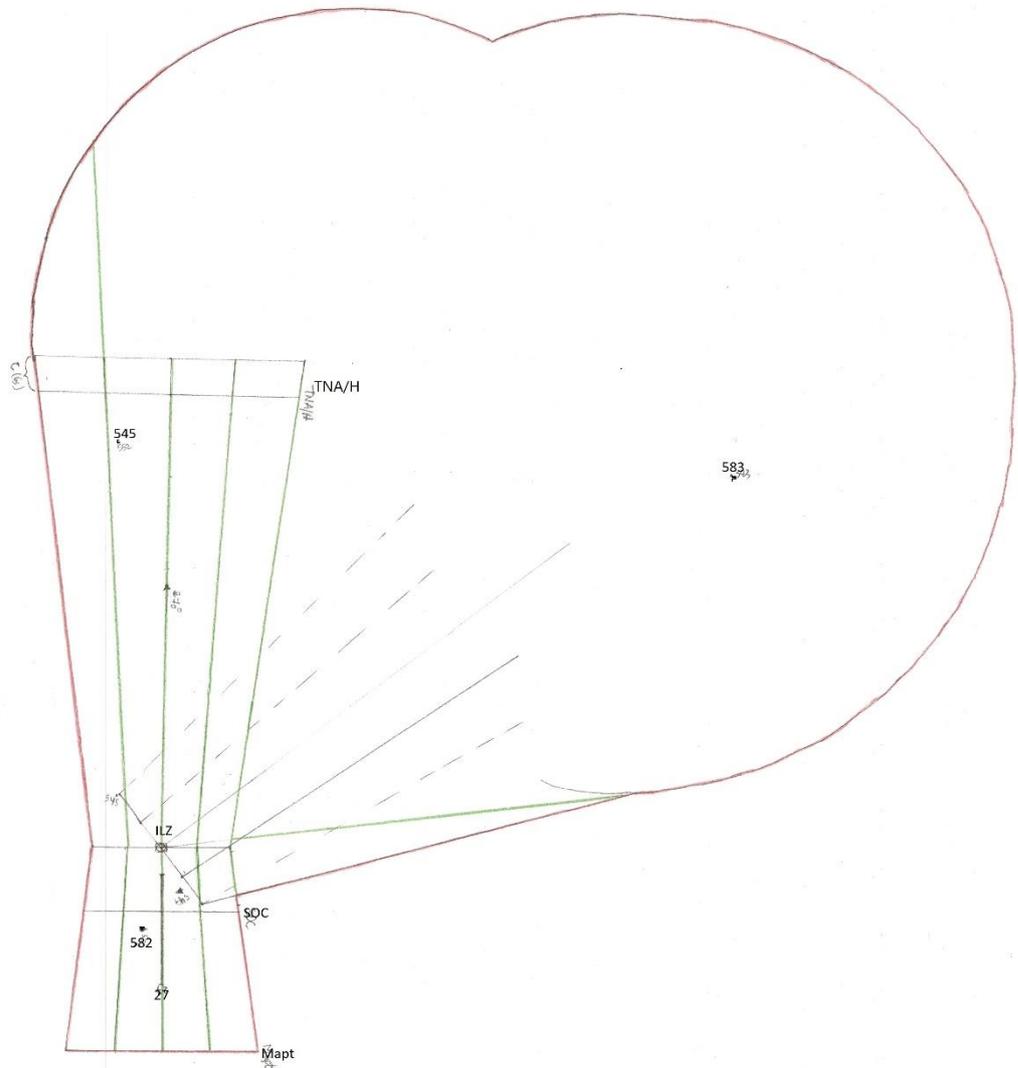


Figure 3-24: Segment d'approche interrompue

3.4.5.4 Traitement des obstacles :

✓ Phase initial:

- OCH FINAL \geq H obstacle + MFO
- OCH Final = 130m
- H obs. + MFO = 40+75 =115 m
- 130m \geq 115m ; alors OCH = 130m ; OCA = 672 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ Phase intermédiaire et final :

□ Dans l'air de mise en virage :

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

$$- 672 + (1500 \times 0.025) \geq 545 + 50$$

$$- 709.5 \geq 695 ; \text{OCA} = \text{OCA final} = 672 \text{ m} ;$$

OCA est toujours assuré

✓ Dans l'air de virage :

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

$$- 970 + (15000 \times 0.025) \geq 583 + 50$$

$$- 1345 \text{ m} \geq 633 \text{ m}$$

➤ L'OCA final de la procédure d'approche VOR/DME QFU 27:

$$- \text{OCA} = 672 \text{ m.}$$

$$- \text{OCH} = 130 \text{ m.}$$

3.5 MANOEUVRE A VUE LIBRE (MVL) :

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).

3.5.1 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 :

$$\text{Le rayon RC} = 2 \times \text{Le rayon du virage (r)} + \text{Le segment rectiligne d'alignement (S)}$$

$$✓ \text{ Le rayon du virage (r)} = \text{Vv} / (20\pi R)$$

✓ Le segment rectiligne d'alignement dépend catégorie d'aéronef

$$✓ \text{ La Vitesse angulaire (R)} = (3431 \text{ tg } \alpha) / \pi \text{Vv}$$

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ 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°

➔ $V_v = V_i$ pour chaque catégorie * K

Facteur K :

La température utilisée : ISA+25

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

$$H = 543.37\text{m (1800ft)}$$

$$K = 1.0710$$

➤ Calcul du rayon Rc pour CAT A :

$$- R = (3431 \text{ tg } \alpha) / \pi V_v = (3431 * \text{tg } 20^\circ) / (\pi * 120.5) = 3^\circ/\text{s}$$

$$- r = V_v / (20 * \pi * R) = (110 * 1.0710) / (20 * \pi * 3) = 0.625 \text{ NM}$$

$$- R_c = (2 * 0.625) + 0.3 = 1.55 \text{ NM}$$

➤ Les calculs de Rc pour toutes les catégories des aéronefs sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Table 3-24: Calcul du rayon Rc

Cat d'A/C	S NM	Vi (kt)	Vv (kt)	r (NM)	Rc (NM)
A	0.3	110	117.81	0.625	1.55
B	0.4	135	144.59	0.767	1.93
C	0.5	180	192.78	1.023	2.55
D	0.6	205	219.55	1.165	2.93

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- Ces aires de protection sont illustrées dans la figure ci-dessous :

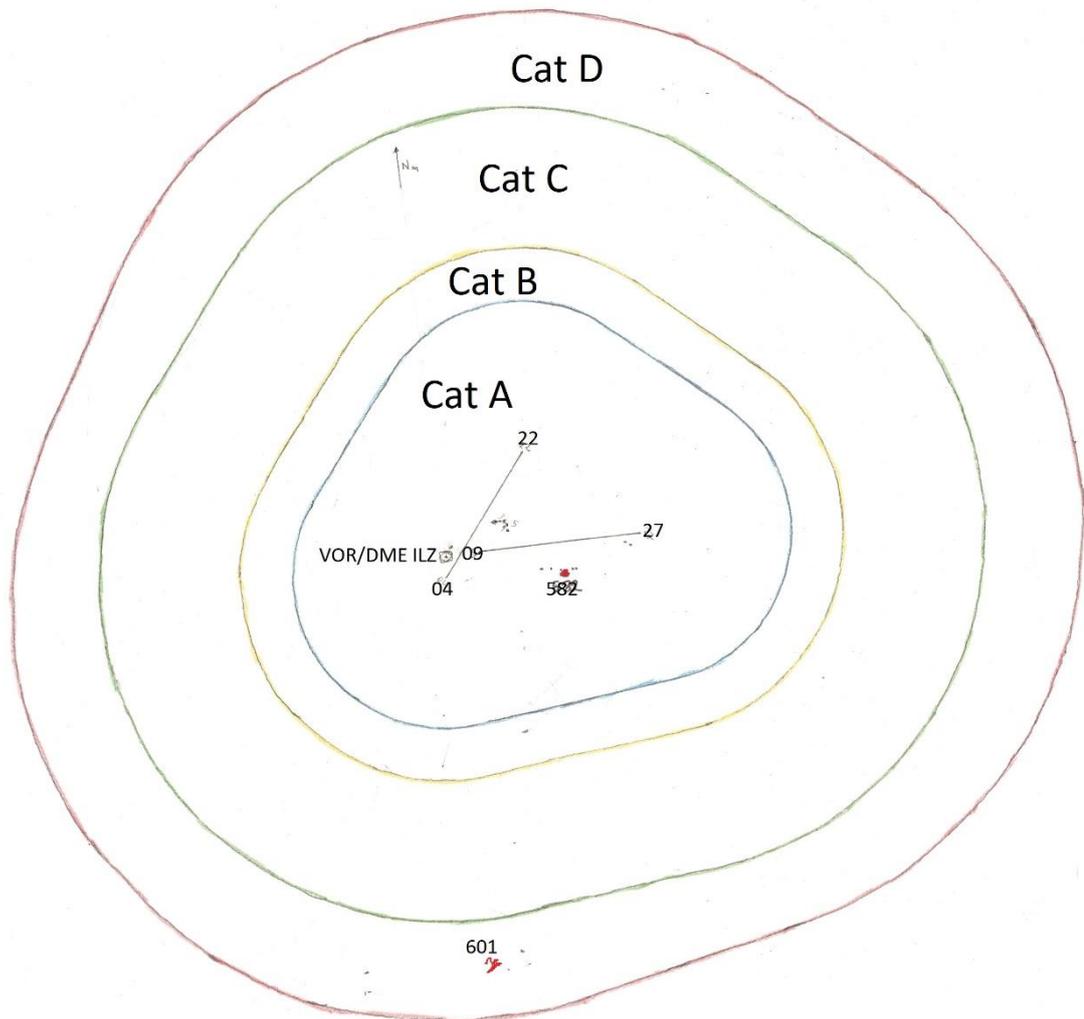


Figure 3-25: Manœuvre à Vue Libre

3.5.2 Détermination de l'altitude minimal de sécurité :

Table 3-25: Calculs liés à la détermination de hauteur minimale de sécurité pour la MVL

	Alt Obstacle (m)	MFO (m)	OCA (m)	OCH (m)
CAT A	607	90	697	155
CAT B	627	90	717	175
CAT C	632	120	752	210
CAT D	672	120	792	250

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Table 3-26: les valeurs de la MDH

Cat d'A/C	OCH(m)	MDH (ft)
CAT A	155	500
CAT B	175	570
CAT C	210	700
CAT D	250	820

3.5.3 Les minima opérationnels d'aérodrome (MOA) :

Les limites d'utilisation de l'aérodrome de Illizi 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 ILLIZI : 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

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

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- La visibilité minimale en utilisant Tableau E (DOC 8168).

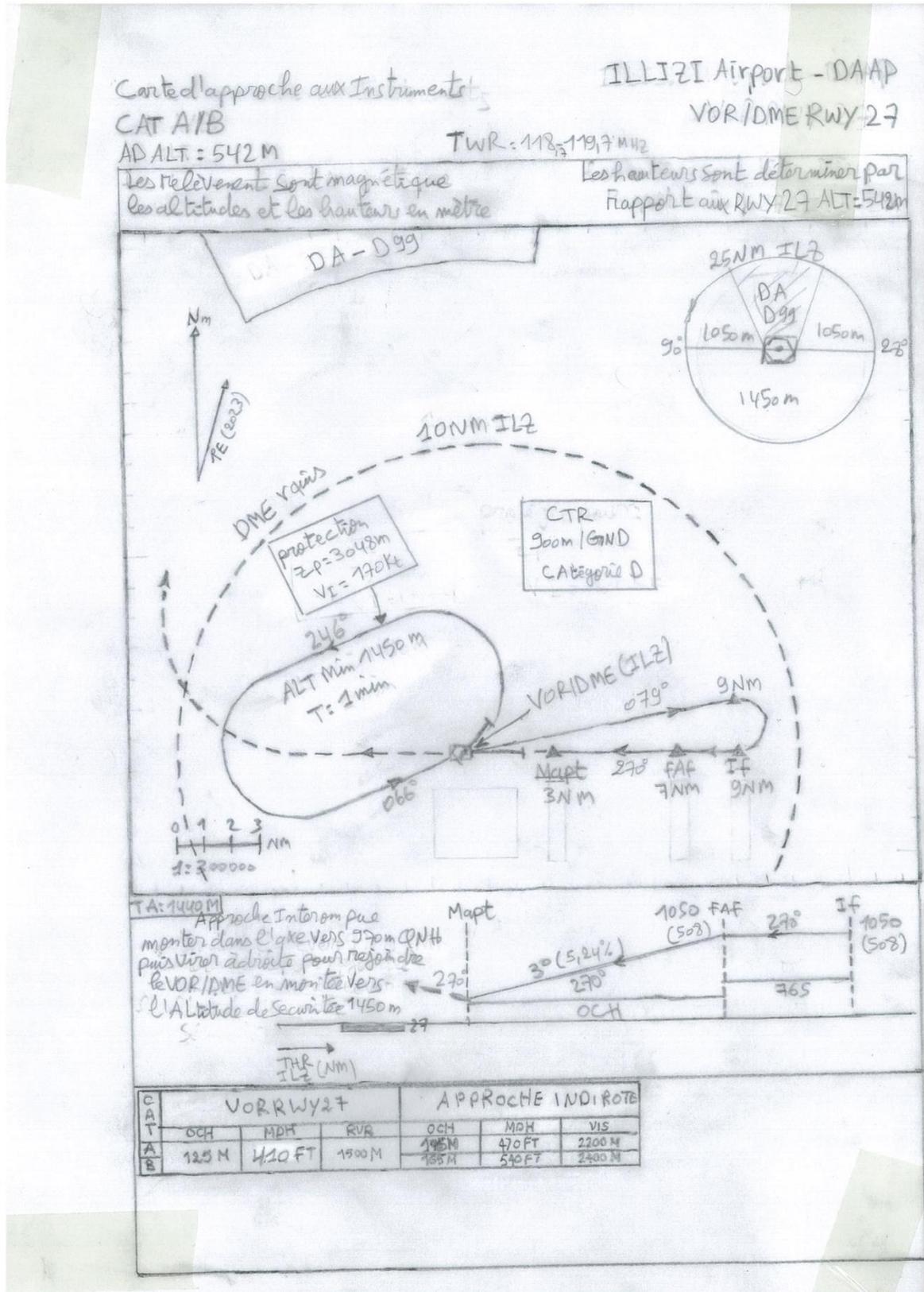
	Catégorie de l'avion			
	A	B	C	D
MDH	400 ft	500 ft	600 ft	700 ft
Visibilité (VIS)	1500m	1600m	2400m	3600m

Table 3-27: Les minimums opérationnels d'aérodrome

CAT A/C	VOR/DME RWY 22 et 27			Approche a vue		
	OCH (m)	MDH (ft)	RVR(m)	OCH (m)	MDH (ft)	VIS (m)
CAT A	130	430	1500	155	500	2300
CAT B				175	570	2600
CAT C			2000	210	700	3300
CAT D				250	820	3800

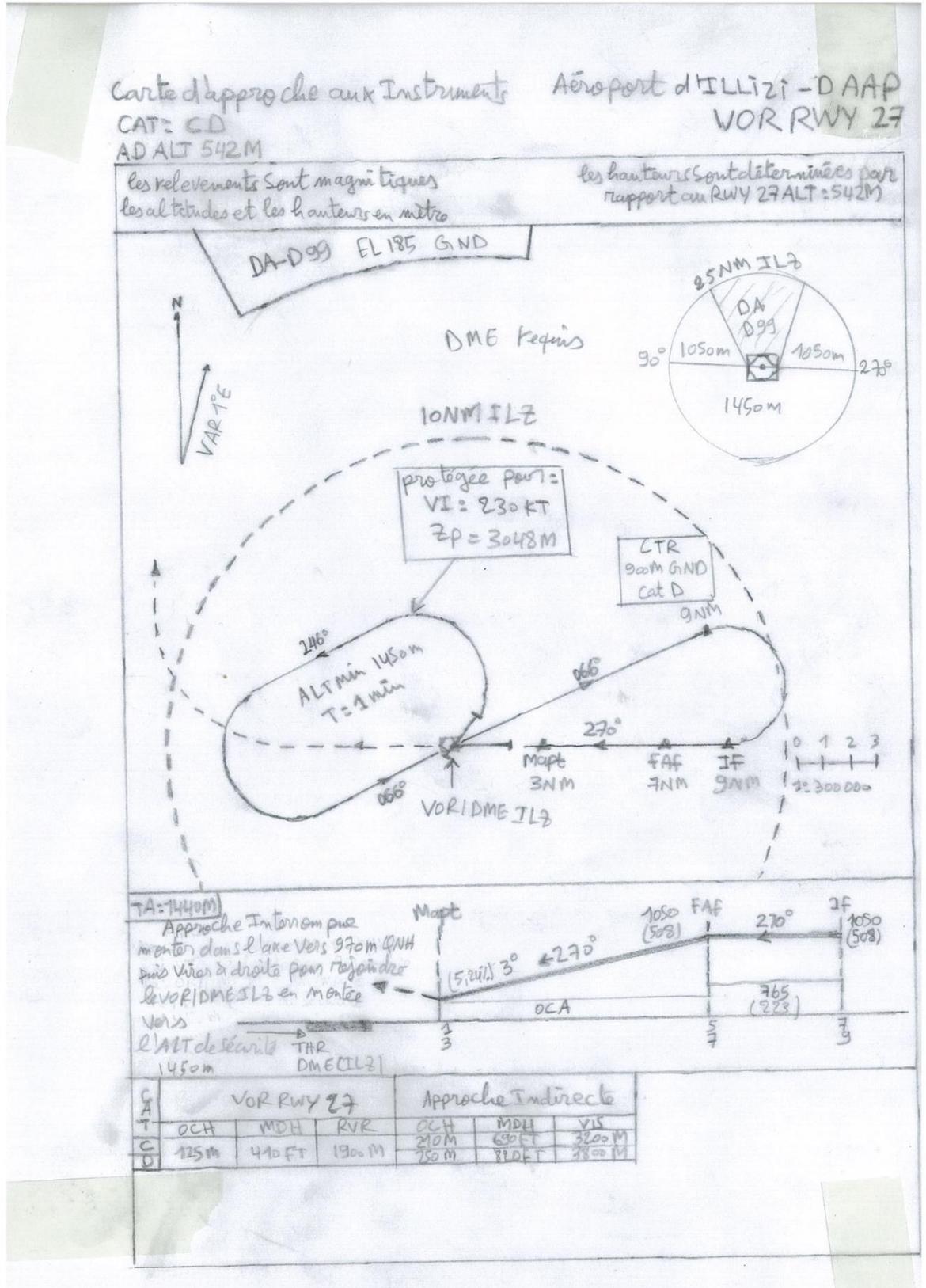
Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- ❖ La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 27 CAT A/B :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- ❖ La conception manuelle de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 27 CAT C/D :



Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.6 La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 22 sur le system Géo TITAN :

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.

3.6.1 L'arrivée :

✓ Sectorisation en utilisant les quadrants de compas :

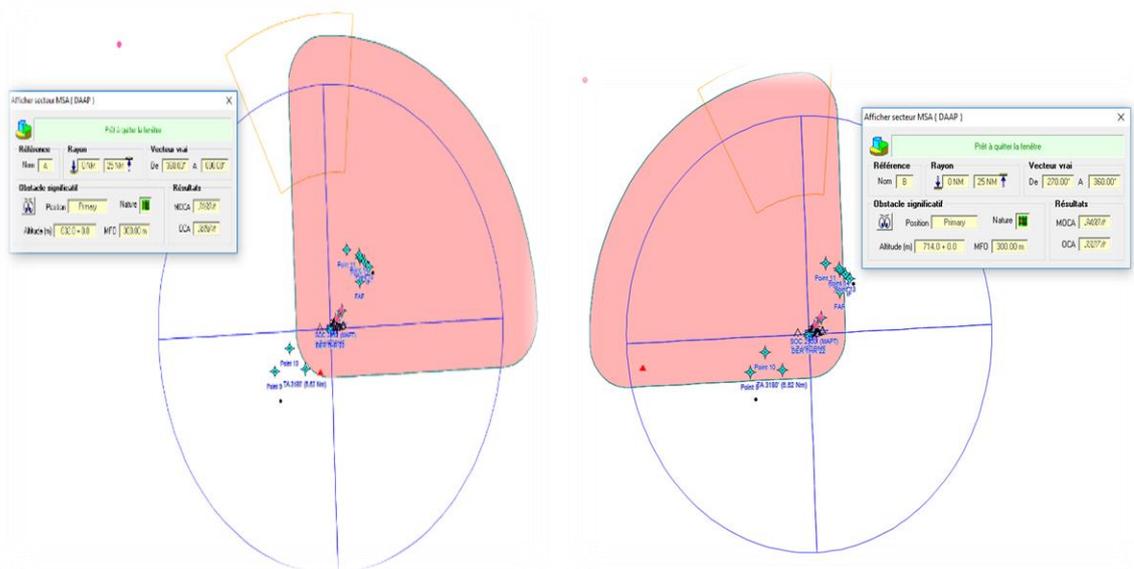


Figure 3-26: Secteur 1 et 2

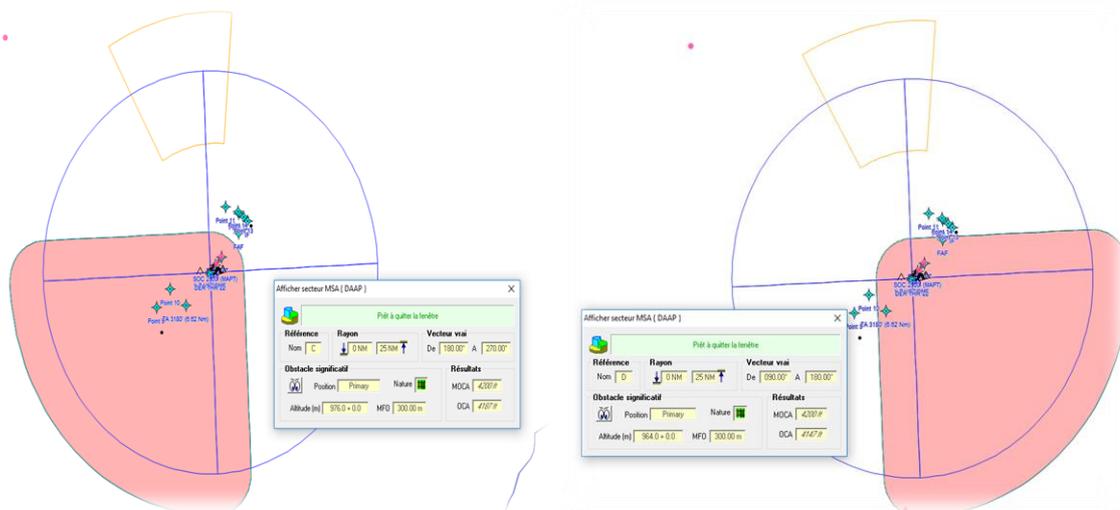


Figure 3-27: Secteur 3 et 4

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

✓ Les deux secteurs finale :

- Secteur 1 (QDM090° - QDM270°) => MSA1 = 1050m (3400ft)

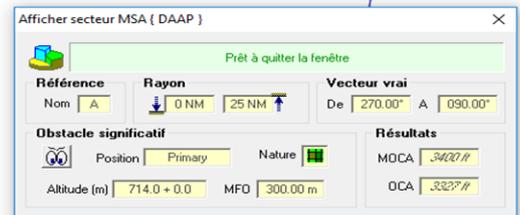
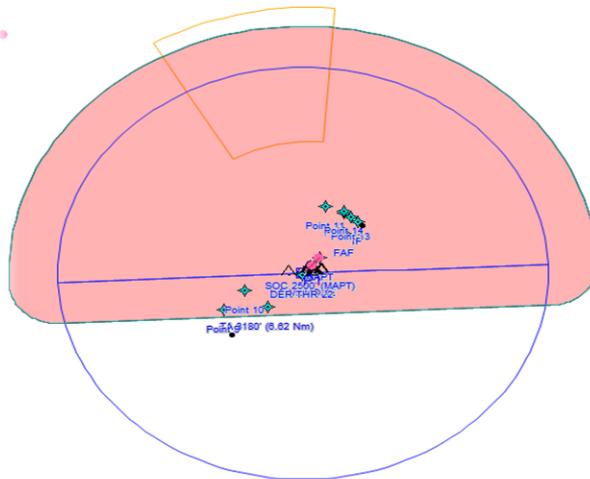


Figure 3-28: MSA finale Secteur 1

- Secteur 2 (QDM270° - QDM090°) => MSA2 = 1450m (4700ft)

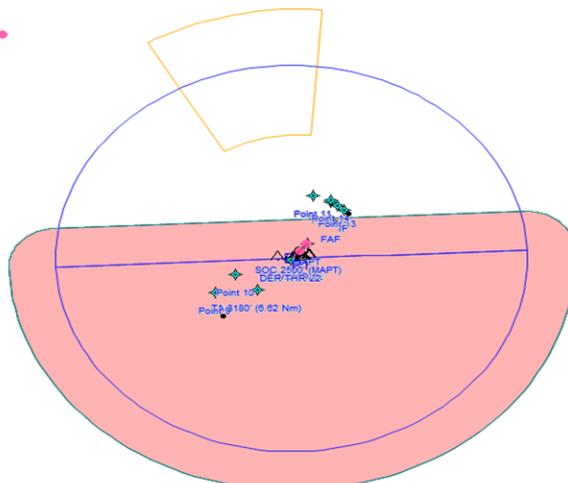


Figure 3-29: MSA finale Secteur 2

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.6.2 L'Attente :

✓ Pour concevoir notre attente sur le système PANS-OPS, il suffit d'introduire les données liées à l'attente

- Repère d'attente : VOR/DME ILZ
- $Z_p = 10\ 000\ \text{ft}$ (3 048) m ;
- Alt min attente = 4700 ft (1450 m)
- Alt obs. pénalisant = 746 m ; MFO = 300m

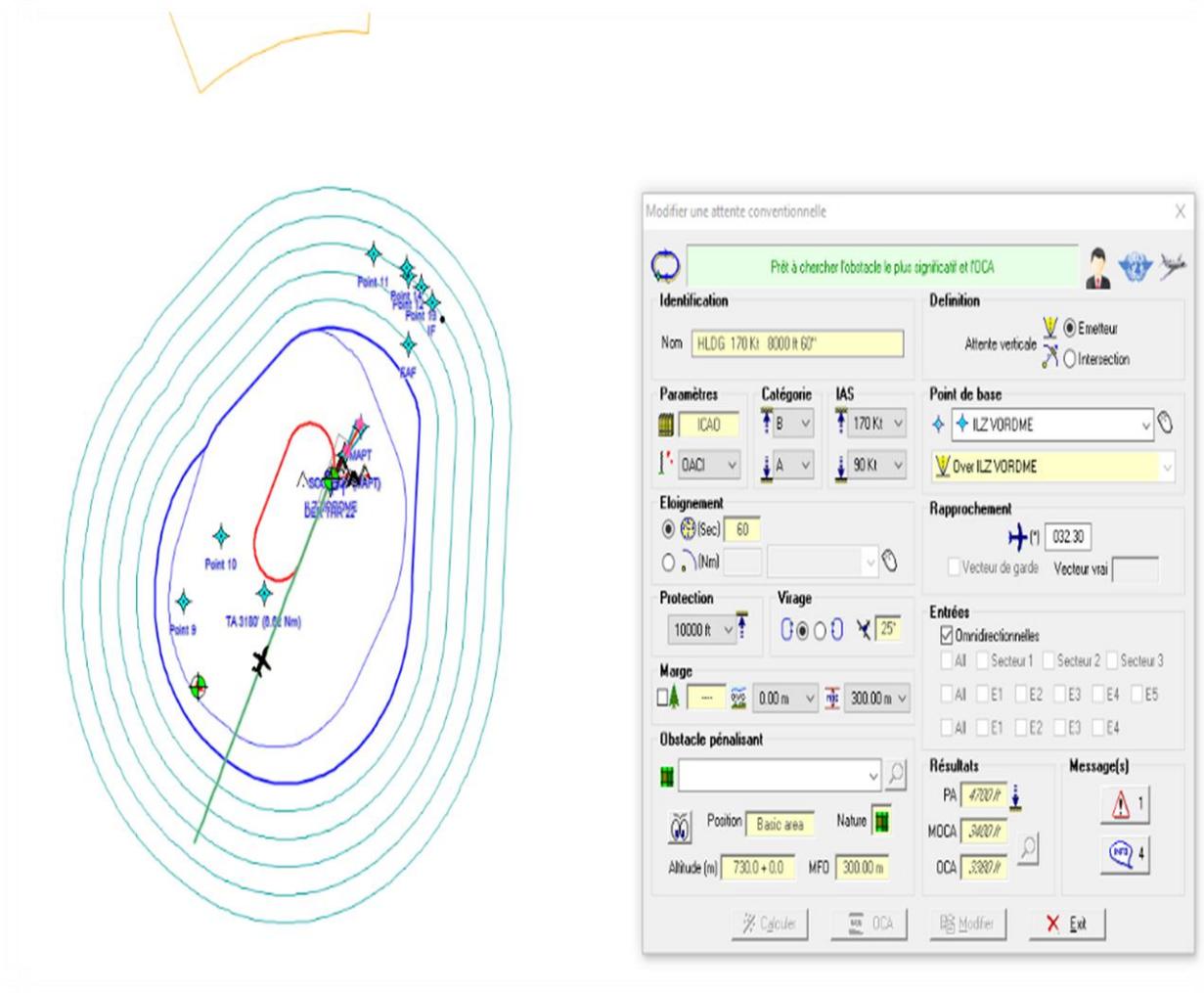


Figure 3-30: Attente A/B et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

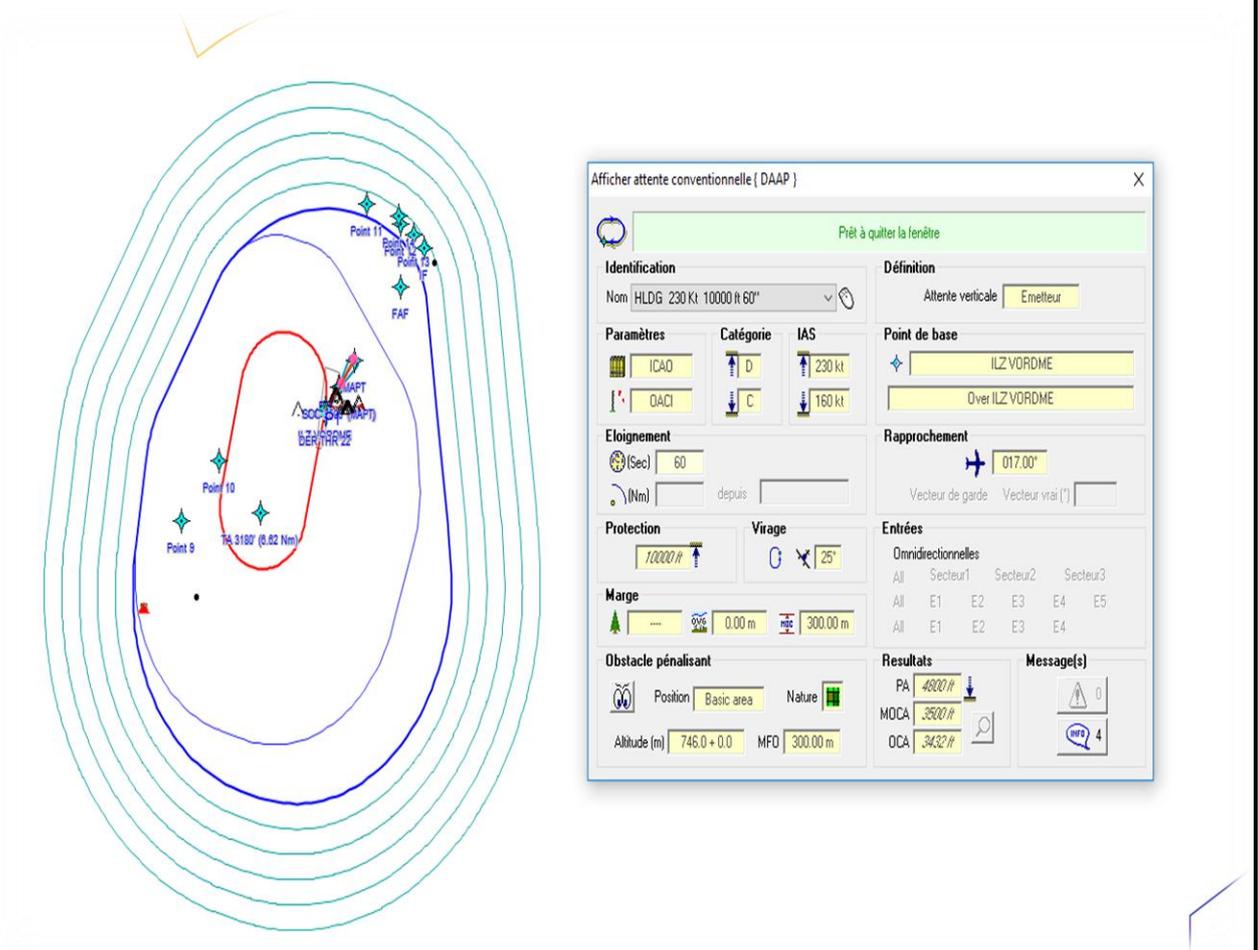


Figure 3-31: Attente C/D et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.6.3 Virage de base :

- Début de virage de base : VOR/DME ILZ
- Fin de segment : IF (fin de virage de base), ce repère se trouve sur la radiale 223° à une distance 8.4 NM par rapport VOR/DME ILZ
- Alt obs. pénalisant = 618m ; MFO= 300m
- MOCA initiale = 918 m (3100 ft)

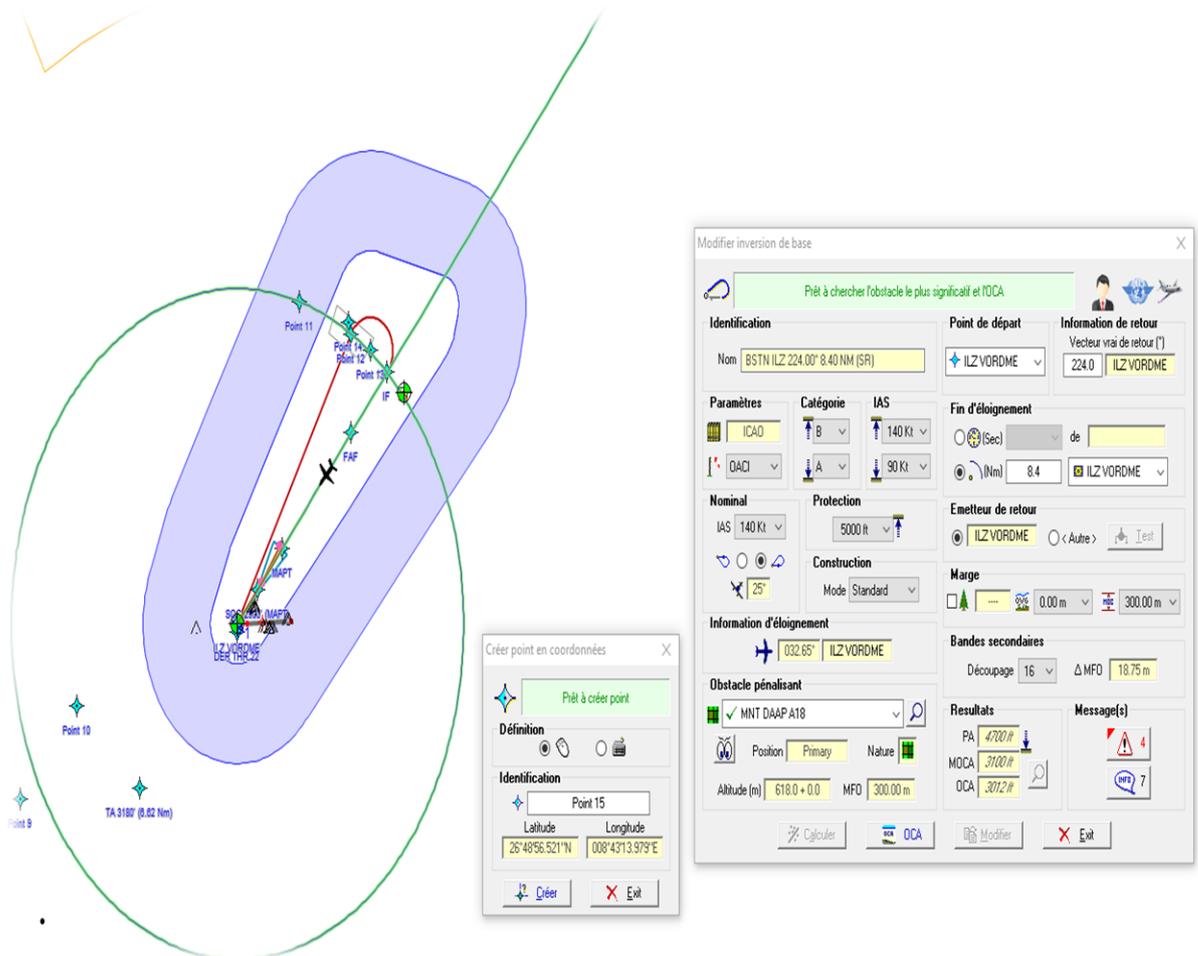


Figure 3-32: virage de base A/B et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

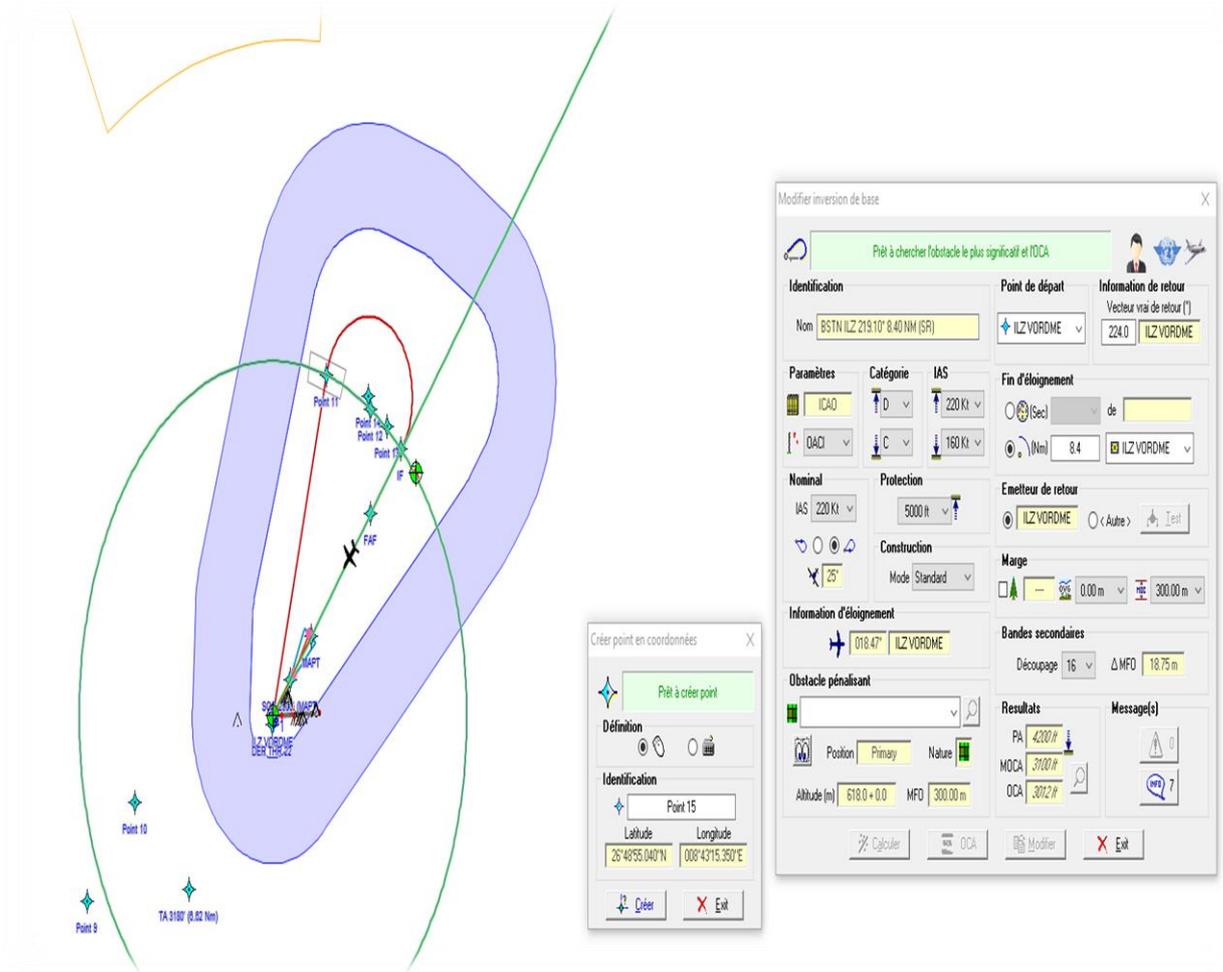


Figure 3-33: virage de base C/D et leurs paramètres

3.6.4 Segment d'approche intermédiaire :

- Début de segment : IF
- Fin de segment : FAF, ce repère se trouve à 223° / 6.4 NM du VOR/DME ILZ
- Alt obs. pénalisant = 618 m ; MFO=150 m
- MOCA intermédiaire = 768 m (2600 ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

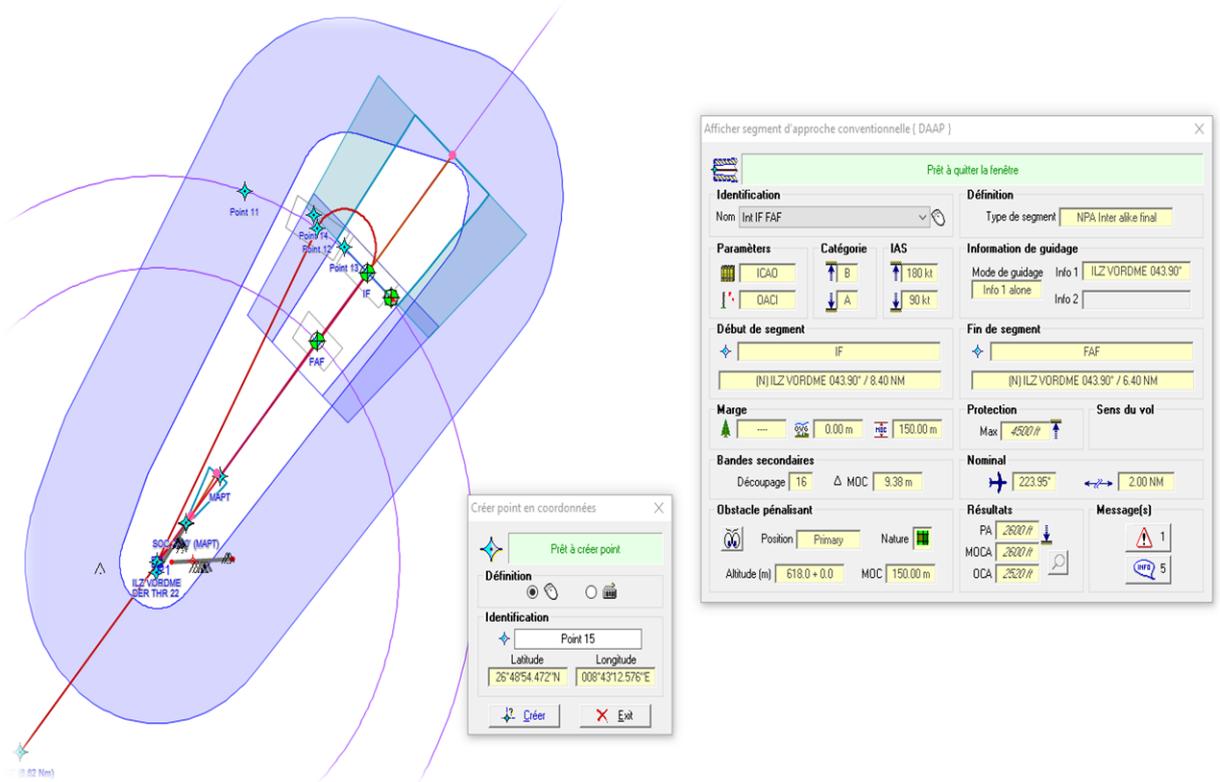


Figure 3-34: Segment d'approche intermédiaire A/B et leurs paramètres

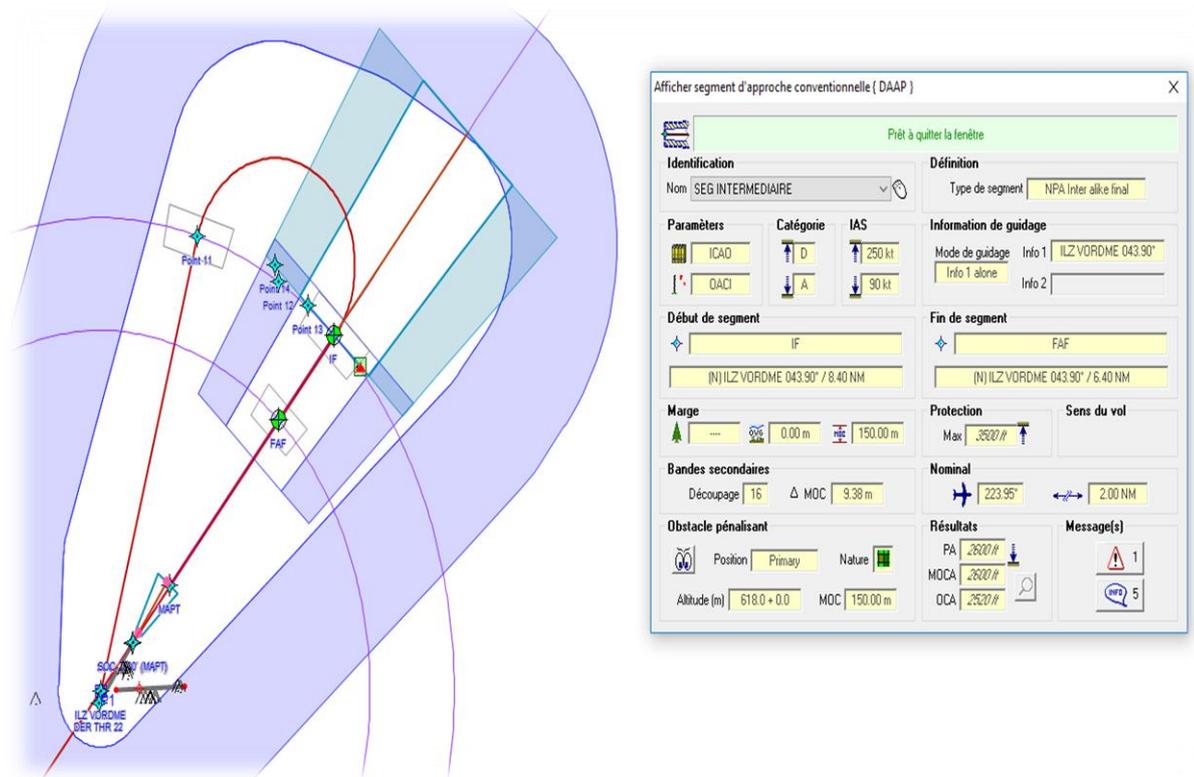


Figure 3-35: Segment d'approche intermédiaire C/D et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.6.5 Segment d'approche finale :

- Début de segment : FAF
- Fin de segment : Mapt, ce repère se trouve à 223° / 2.5 NM du VOR/DME ILZ
- Alt obs. pénalisant = 571 m ; MFO= 75 m
- MOCA finale = 646 m (2169 ft)

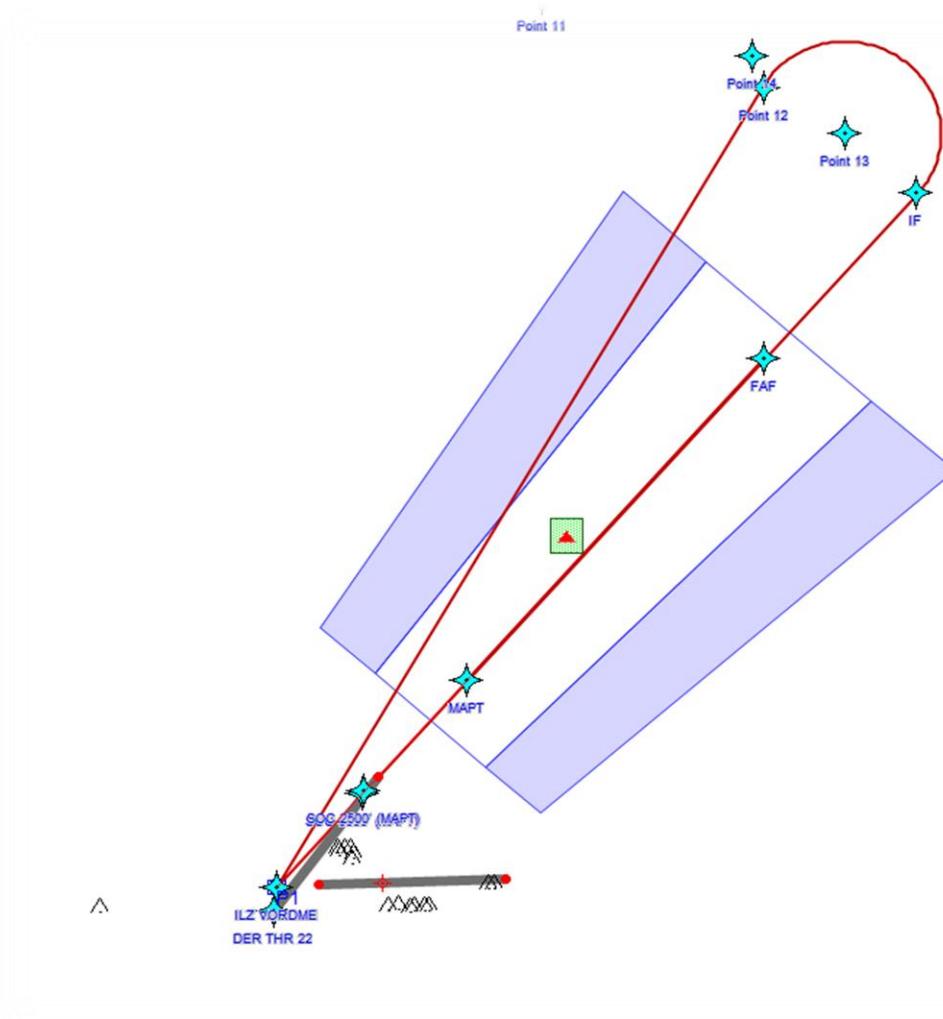


Figure 3-36: Segment d'approche finale A/B

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

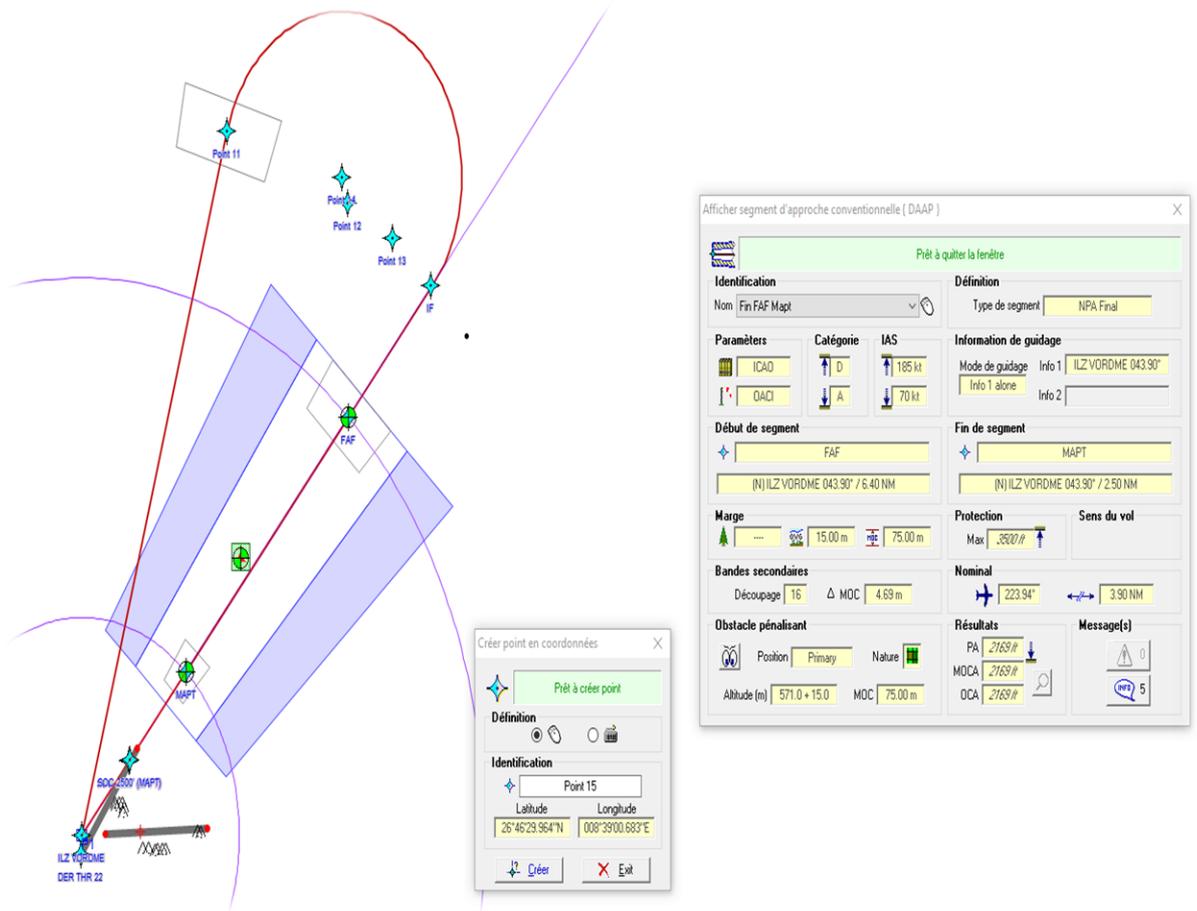


Figure 3-37: Segment d'approche finale C/D et leurs paramètres

3.6.6 Segment d'approche interrompue :

Monter dans l'axe jusqu'à 970 m puis virer à droite pour rejoindre le VOR/DME ILZ en monté vers l'altitude de sécurité 1450 m et suivre les instructions du contrôle.

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.6.6.1 API Initiale :

- Début de segment : Mapt, ce repère se trouve à $223^\circ / 2.5$ NM du VOR/DME ILZ
- Fin de segment : SOC à 2460 m VOR/DME ILZ
- OCA API initiale = 587 m (2175 ft)

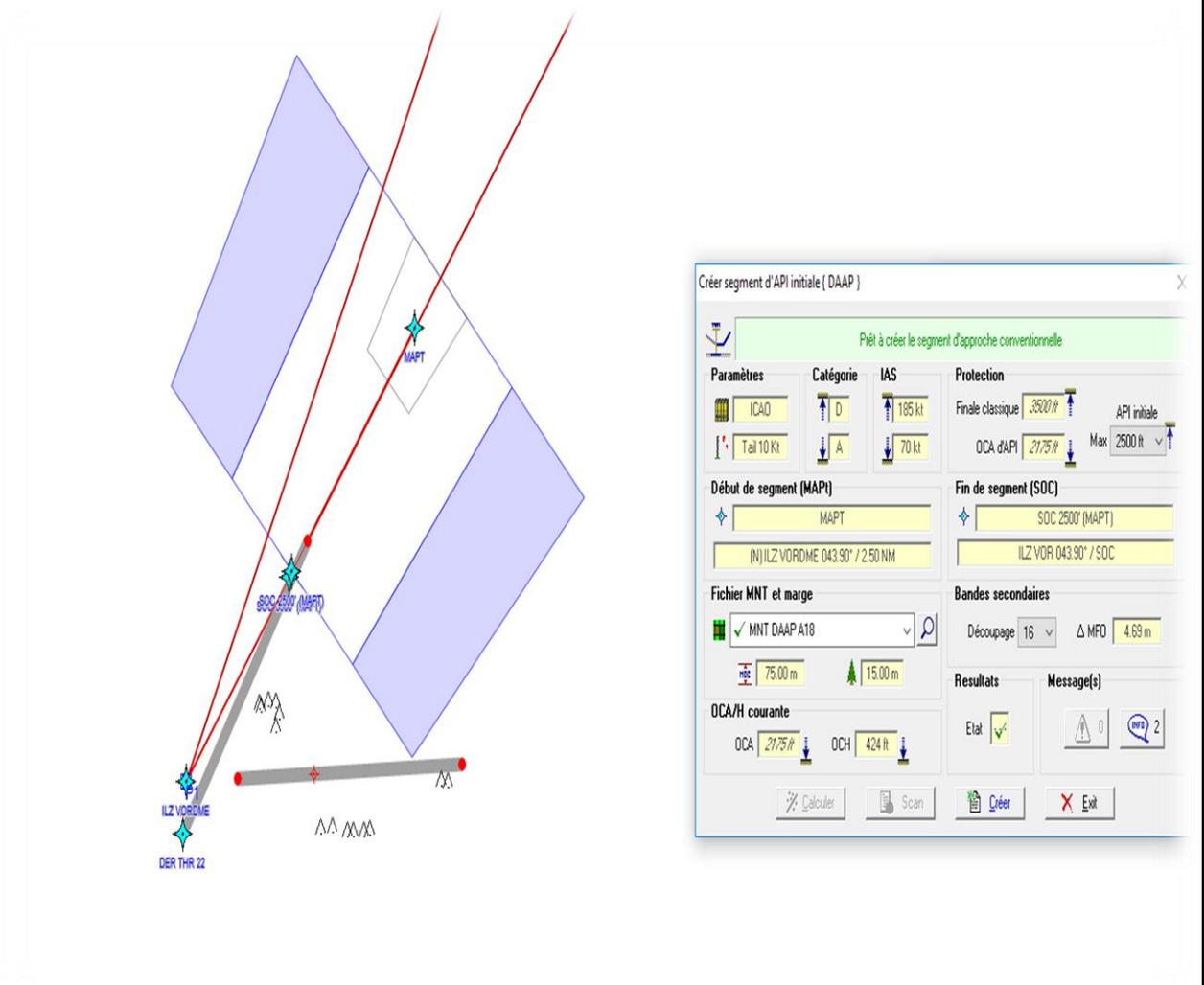


Figure 3-38: segment API Initial et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.6.6.2 API Intermédiaire :

- Début de segment : SOC
- Fin de segment : jusqu'à une altitude de 3200 ft (970 M)
- OCA API intermédiaire = 587 m (2175 ft) VÉRIFIÉE

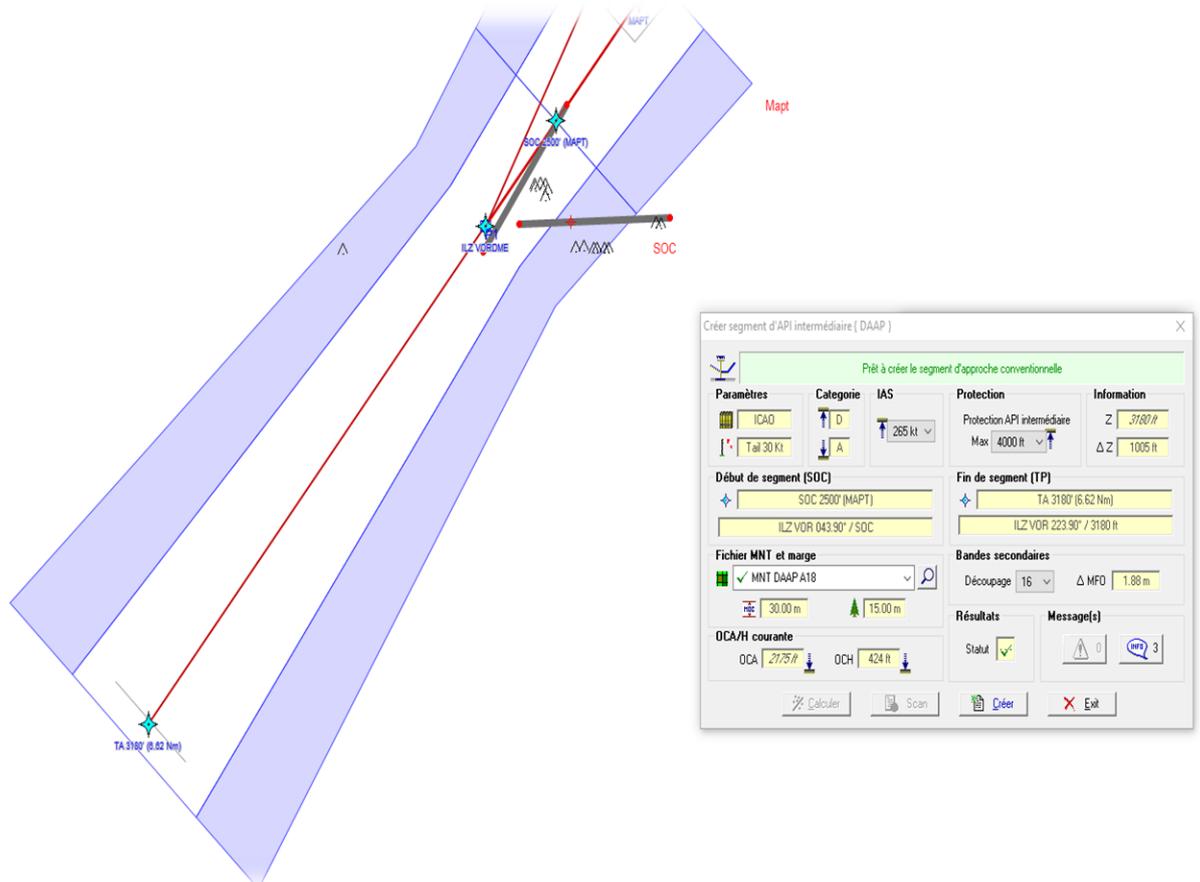


Figure 3-39: segment API Intermédiaire et leurs paramètres

3.6.6.3 API Final :

- Début de segment : TNA 970m
- Fin de segment : jusqu'au rejoindre le VOR/DME
- OCA API final = 587 m (2175 ft) VÉRIFIÉE

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

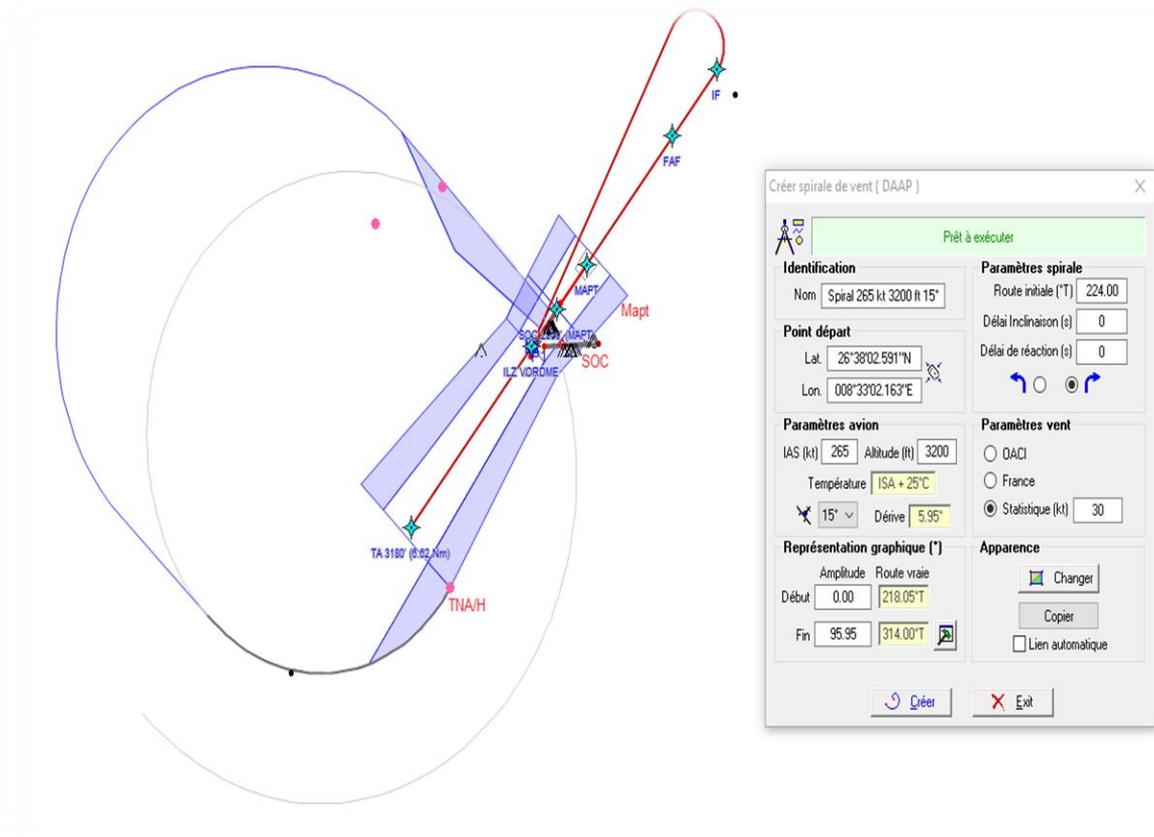


Figure 3-40: virage API leurs paramètres

❖ Etude obstacle :

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

- $970 + (5000 \times 0.025) \geq 659 + 50$

- $1095 \text{ m} \geq 709 \text{ m}$

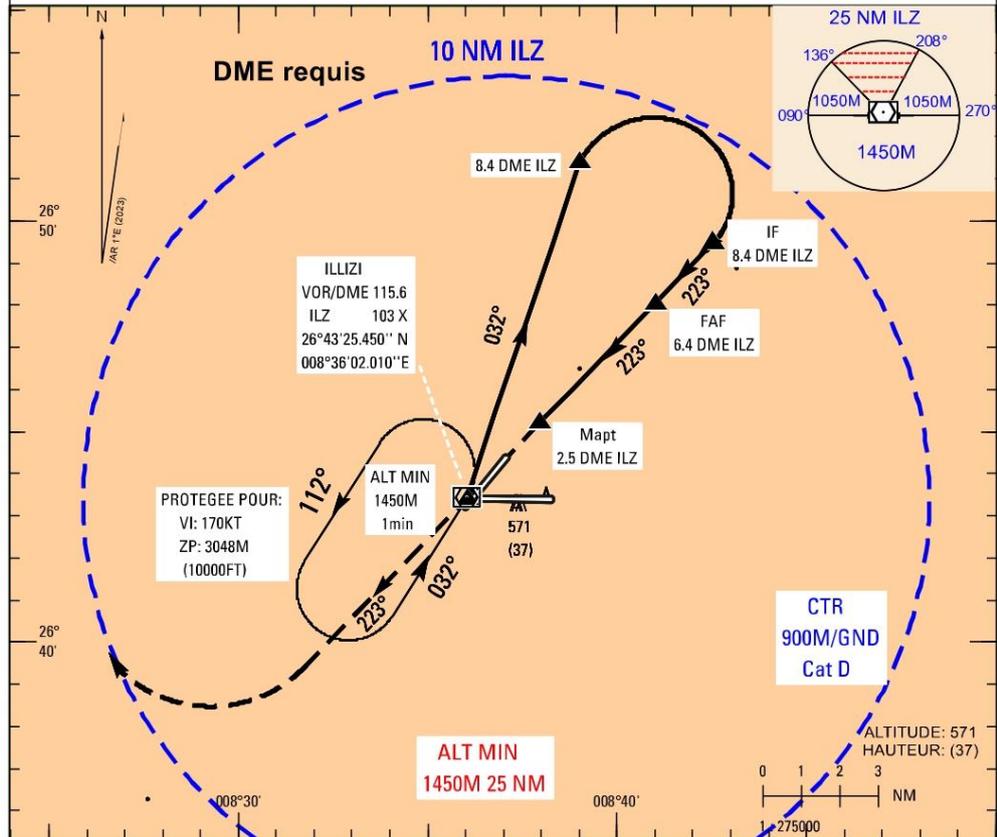
$1095 \text{ m} \geq 709 \text{ m}$; obstacle n'influence pas sur la base OCH=130 m

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- ❖ La conception automatique de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 22 Cat A/B :

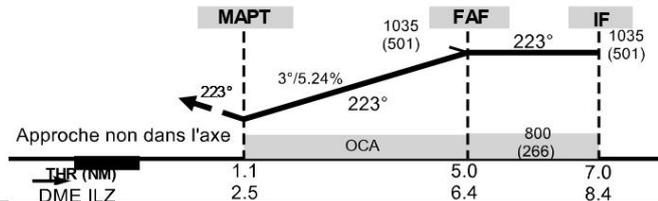
CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS AIRPORT ILLIZI- DAAP Cat A/B VOR RWY 22 ALT AD: 542M

Les relevements sont en magnétiques TWR: 118.7 Les hauteurs sont déterminées par
Les altitudes et hauteurs en mètres 19.7 (s) rapport au THR RWY 22 ALT: 534 M



TA: 1440M

APPROCHE INTERROMPUE:
Monter dans l'axe jusqu'à 970 m
puis virer à droite pour rejoindre
le VOR/DME ILZ en montée vers
l'altitude de sécurité 1450 m



C A T	VOR/DME RWY 22			APPROCHE INDIRECTE		
	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VIS
A	130 M	420 FT	1500M	155M	500 FT	2300 M
B	130 M	420 FT	1500M	175 M	570 FT	2600 M

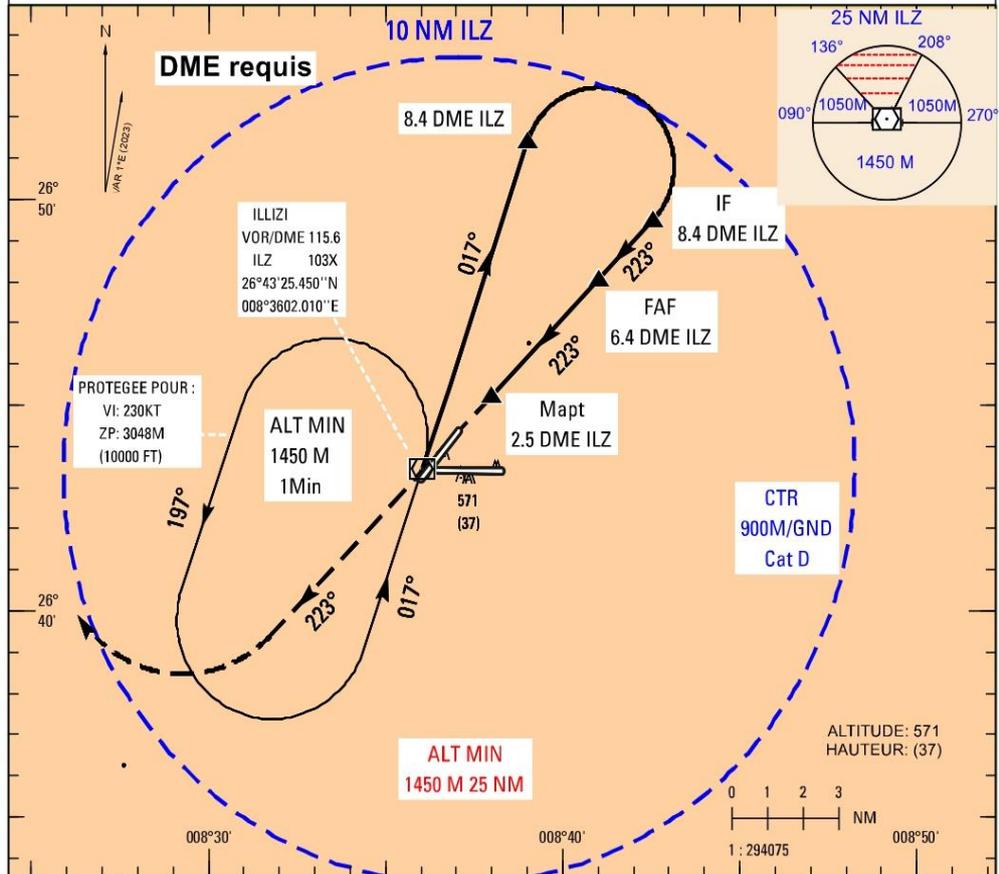
NOTE:

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

- ❖ La conception automatique de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 22 Cat C/D :

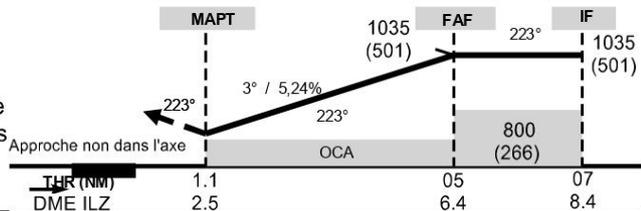
CARTE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS AEROPORT D'ILLIZI- DAAP Cat: C/D VOR RWY 22 ALT AD 542 M

Les relèvements sont en magnétiques TWR: 118.7 Les hauteurs sont déterminées par rapport au THR RWY 22 ALT :534M
Les altitudes et les hauteurs en mètres 119.7(s)



TA:1440M

APPROCHE INTERROMPUE:
Monter dans l'axe jusqu'à 970m puis virer à droite pour rejoindre le VOR/DME ILZ en montée vers l'altitude de sécurité 1450m



C A T	VOR/DME RWY 22			APPROCHE INDIRECTE		
	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VIS
C	130 M	430 FT	2000 M	210 M	700 FT	3300 M
D				250 M	820 FT	3800 M

NOTE:

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.7 La conception automatique de la procédure d'approche VOR/DME QFU 27 sur le system Géo TITAN :

3.7.1 L'Attente :

✓ Pour concevoir notre attente sur le système PANS-OPS, il suffit d'introduire les données liées à l'attente

- Repère d'attente : VOR/DME ILZ
- Zp = 10 000 ft (3 048) m ;
- Alt min attente = 4800 ft (1450 m)
- Alt obs. pénalisant = 746 m ; MFO = 300m (1046m)

All	Secteur1	Secteur2	Secteur3		
All	E1	E2	E3	E4	E5
All	E1	E2	E3	E4	

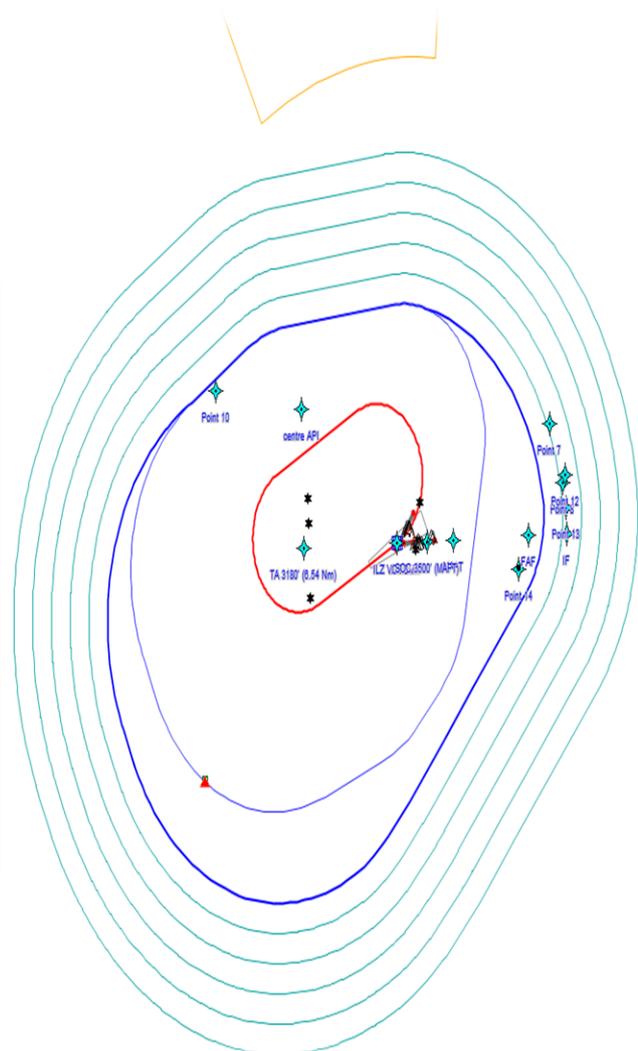


Figure 3-41: Attente A/B/C/D et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.7.2 Virage de base :

- Début de virage de base : VOR/DME ILZ
- Fin de segment : IF (fin de virage de base), ce repère se trouve au VOR/DME ILZ à $223^\circ / 8.4$ NM
- Altitude obstacle pénalisant = 607m ; MFO= 300m
- MOCA initiale = 907 m (3000 ft)

Modifier inversion de base

Prêt à chercher l'obstacle le plus significatif et l'OCA

Identification
Nom BSTN ILZ 270.40° 9.00 NM (SR)

Point de départ
ILZ VORDME

Information de retour
Vecteur vrai de retour (*)
270.4 ILZ VORDME

Paramètres
ICAO B IAS 140 Kt
OACI A IAS 90 Kt

Fin d'éloignement
Sec de
Nml 9.0 ILZ VORDME

Nominal
IAS 140 Kt

Protection
5000 ft

Emetteur de retour
ILZ VORDME < Autre > Test

Construction
Mode Standard

Marge
15.00 m 0.00 m 300.00 m

Information d'éloignement
079.81° ILZ VORDME

Bandes secondaires
Découpage 16 MFO 18.75 m

Obstacle pénalisant
Position Primary Nature
Altitude (m) 597.0 + 15.0 MFO 300.00 m

Resultats
PA 4800/#
MOCA 3000/#
OCA 2993/#

Message(s)
4
7

Calculer DCA Modifier Exit

Créer point en coordonnées

Prêt à créer point

Définition
O

Identification
Point 15

Latitude Longitude
38°45'53.282"N 008°42'58.734"E

Créer Exit

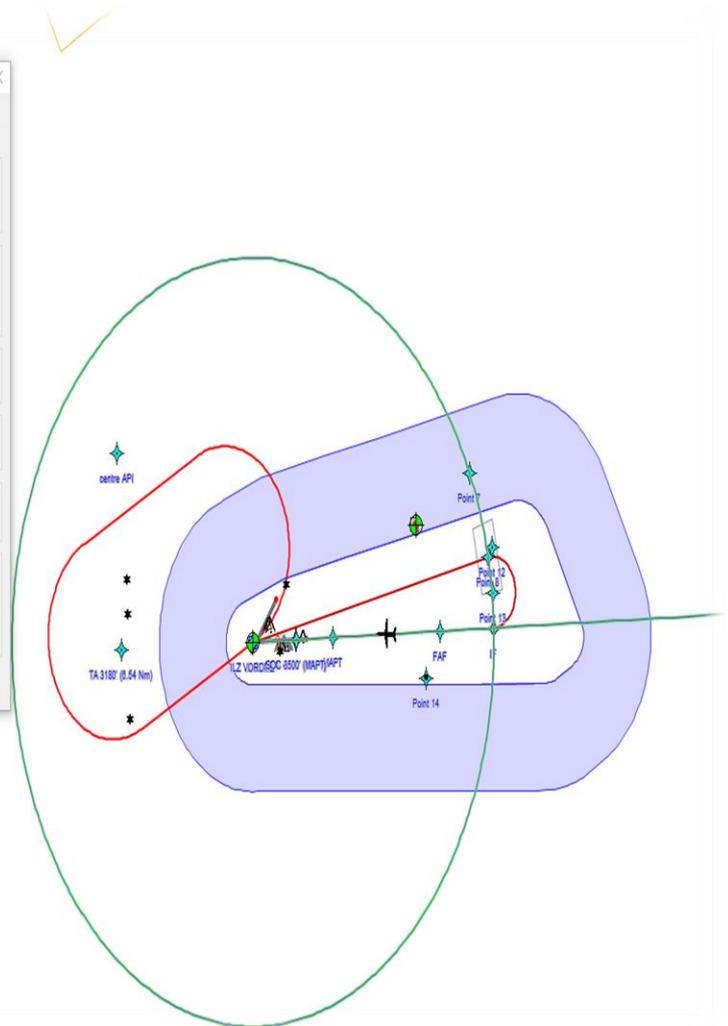


Figure 3-42: virage de base A/B et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

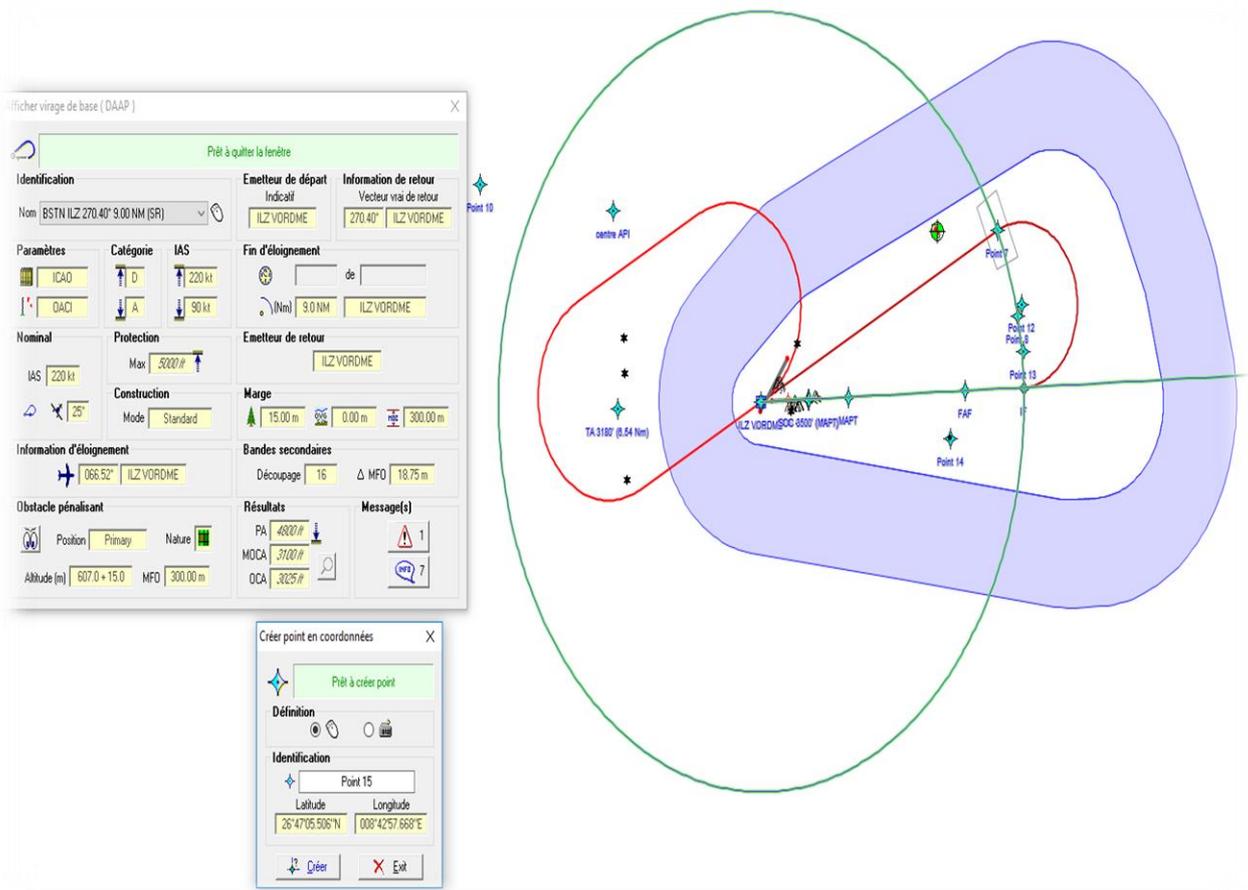


Figure 3-43: virage de base C/D et leurs paramètres

3.7.3 Segment d'approche intermédiaire :

- Début de segment : IF
- Fin de segment : FAF, ce repère se trouve à 223° / 6.4 NM du VOR/DME ILZ
- Alt obs. pénalisant = 587 m ; MFO=150 m
- MOCA intermédiaire = 737 m (2500 ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

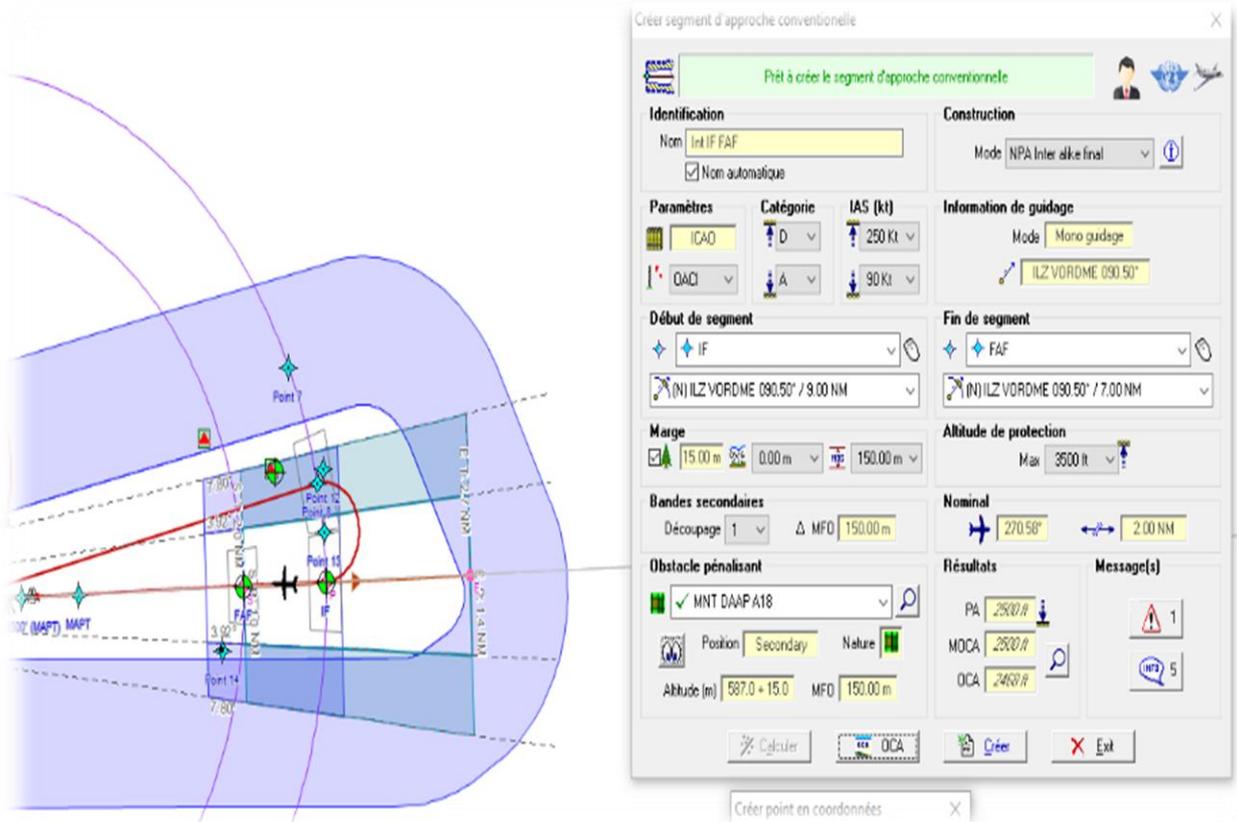


Figure 3-44: Segment d'approche intermédiaire A/B et leurs paramètres

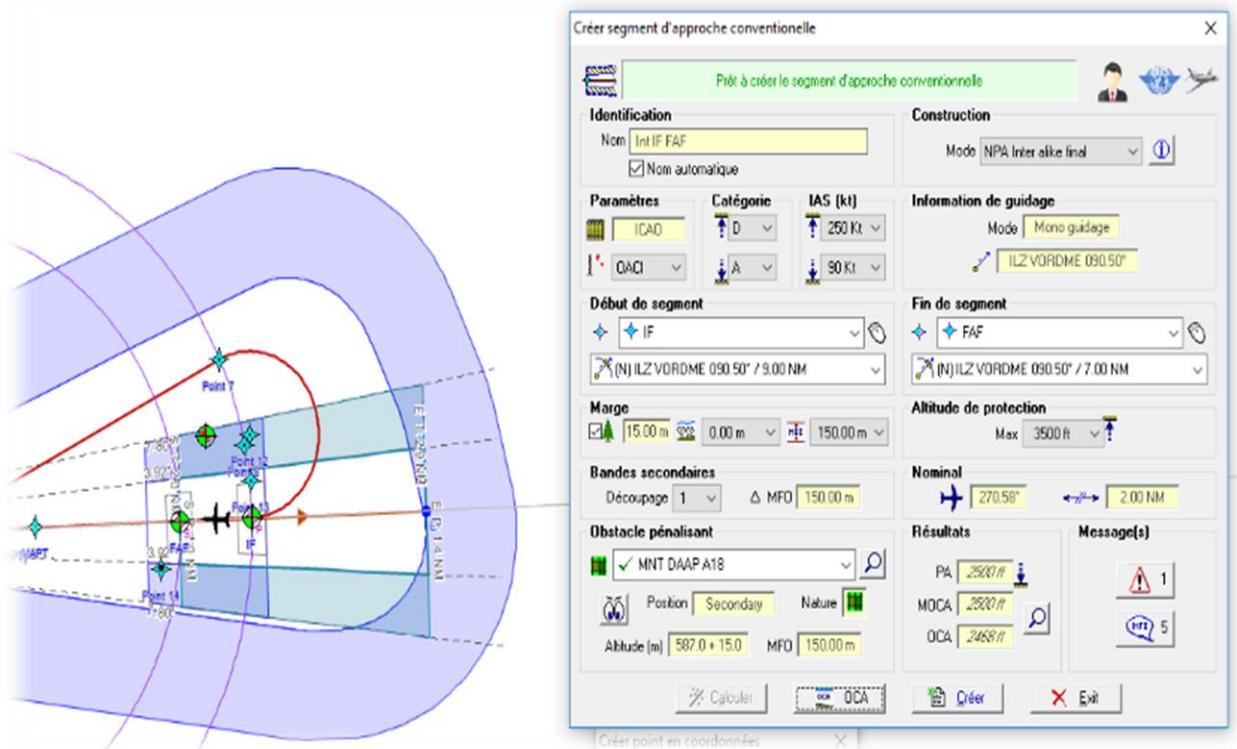


Figure 3-45: Segment d'approche intermédiaire C/D et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.7.4 Segment d'approche finale :

- Début de segment : FAF
- Fin de segment : Mapt, ce repère se trouve à $223^\circ / 2.5$ NM du VOR/DME ILZ
- Alt obs. pénalisant = 581 m ; MFO= 70.31 m
- MOCA finale = 652 m (2187 ft)

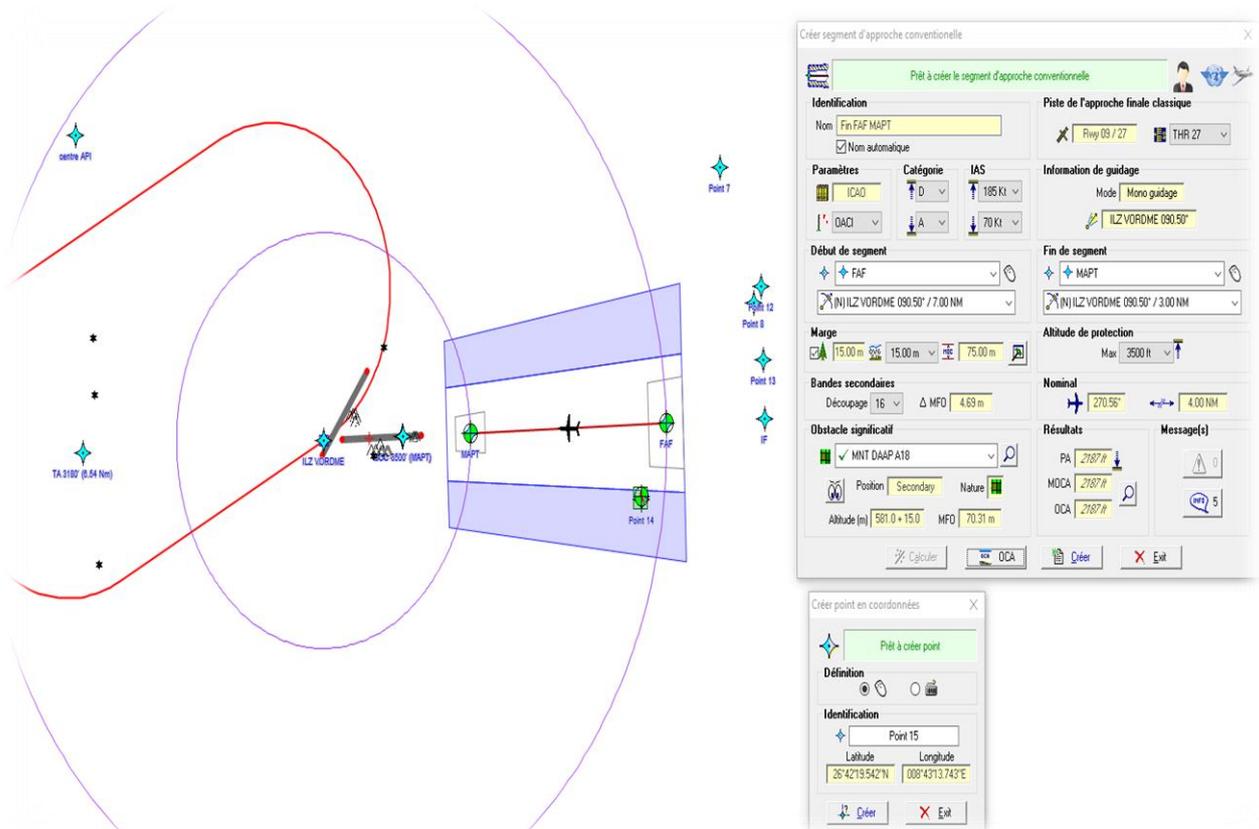


Figure 3-46: Segment d'approche finale et leurs paramètres

3.7.5 Segment d'approche interrompue :

Monter dans l'axe jusqu'à 970 m puis virer à droite pour rejoindre le VOR/DME ILZ en monté vers l'altitude de sécurité 1450 m et suivre les instructions du contrôle.

3.7.5.1 API Initiale :

- Début de segment : Mapt, ce repère se trouve à $223^\circ / 2.5$ NM du VOR/DME ILZ
- Fin de segment : SOC à 2468 m VOR/DME ILZ
- OCA API initiale = 591 m (2187 ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

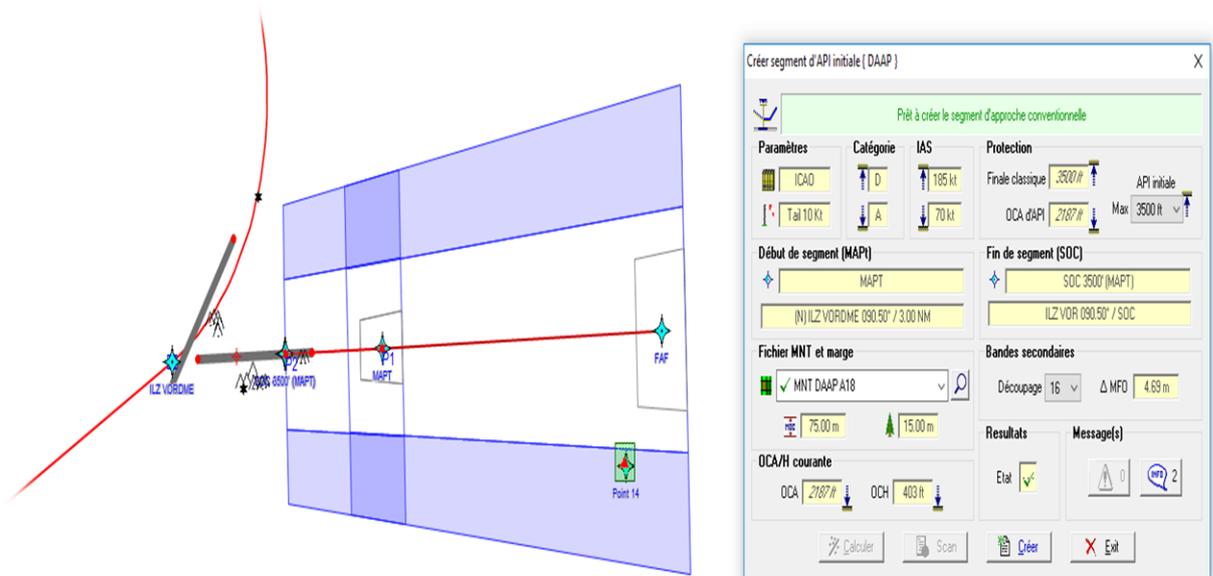


Figure 3-47: segment API Initial et leurs paramètres

3.7.5.2 API Intermédiaire :

- Début de segment : SOC
- Fin de segment : jusqu'à une altitude de 3200 ft (970 M)
- OCA API intermédiaire = 591 m (2187 ft) VÉRIFIÉE

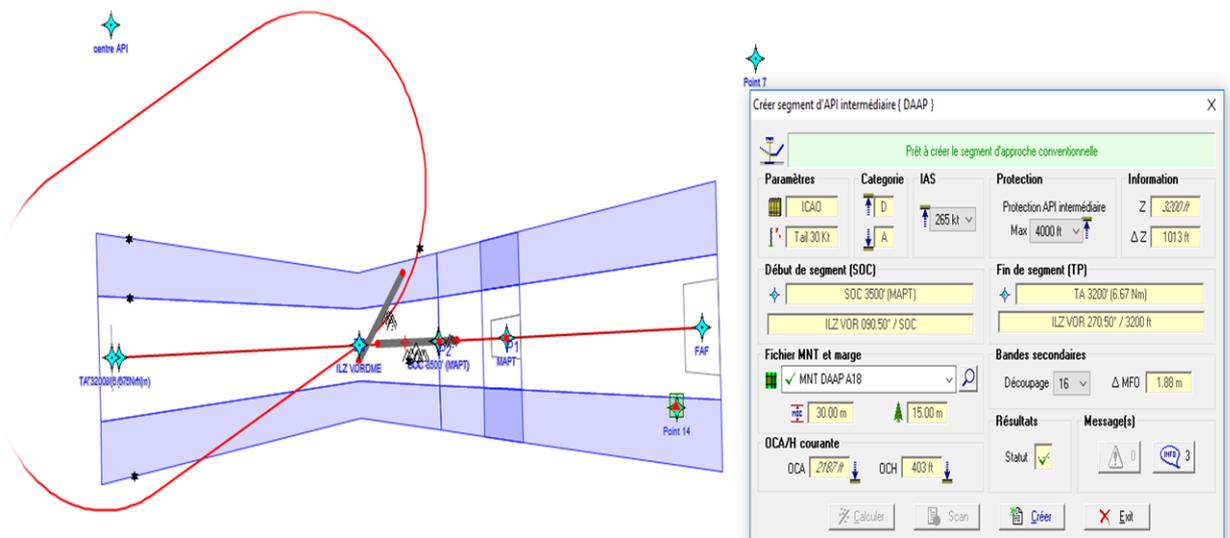


Figure 3-48: segment API Intermédiaire et leurs paramètres

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

3.7.5.3 API Final :

- Début de segment : TNA 970m
- Fin de segment : jusqu'au rejoindre le VOR/DME
- OCA API final = 591 m (2187 ft) VÉRIFIÉE

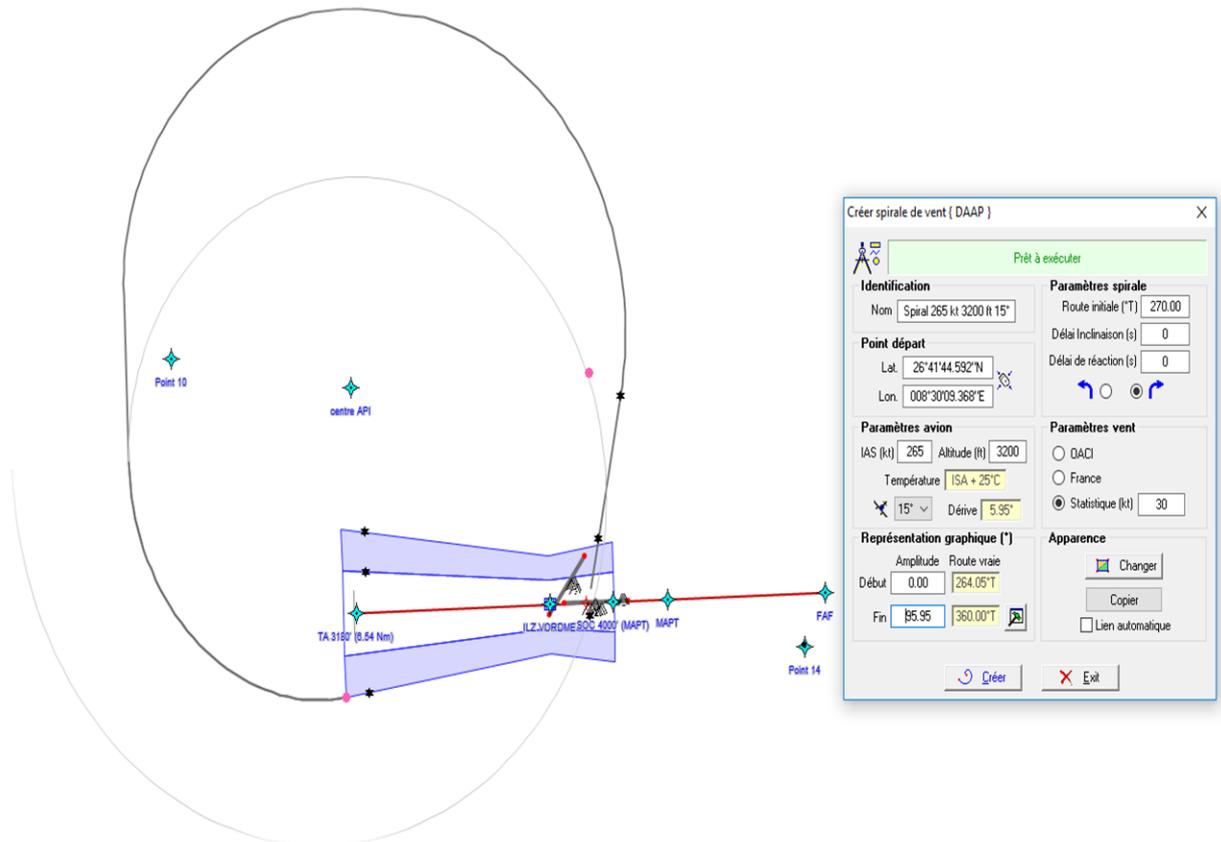


Figure 3-49: virage API et leurs paramètres

3.7.5.4 Etude obstacle :

- $TNA + (\text{dis obs.} \times 0.025) \geq \text{ALT obs.} + \text{MFO}$
- $970 + (5000 \times 0.025) \geq 583 + 50$
- $1095 \text{ m} \geq 633 \text{ m}$
- $1095 \text{ m} \geq 633 \text{ m}$; obstacle n'influence pas sur la base OCH=130 m

3.8 Les manœuvres à vue libre (MVL) :

Les aéronefs de catégorie A

- Alt obs. pénalisant = 607 m, MFO=90 m
- MOCA = 712 m (2340 ft)

Chapitre 3 : Conception des procédures d'approches aux instruments VOR/DME RWY22 et RWY 27

Les aéronefs de catégorie B

- Alt obs. pénalisant = 627m, MFO = 90 m
- MOCA = 732 m (2405 ft)

Les aéronefs catégorie C

- Alt obs. pénalisant = 632 m, MFO = 120 m
- MOCA initiale = 767 m (2520 ft)

Les aéronefs catégorie D :

- Alt obs. pénalisant = 672 m, MFO = 120 m
- MOCA initiale = 807 m (2650 ft)

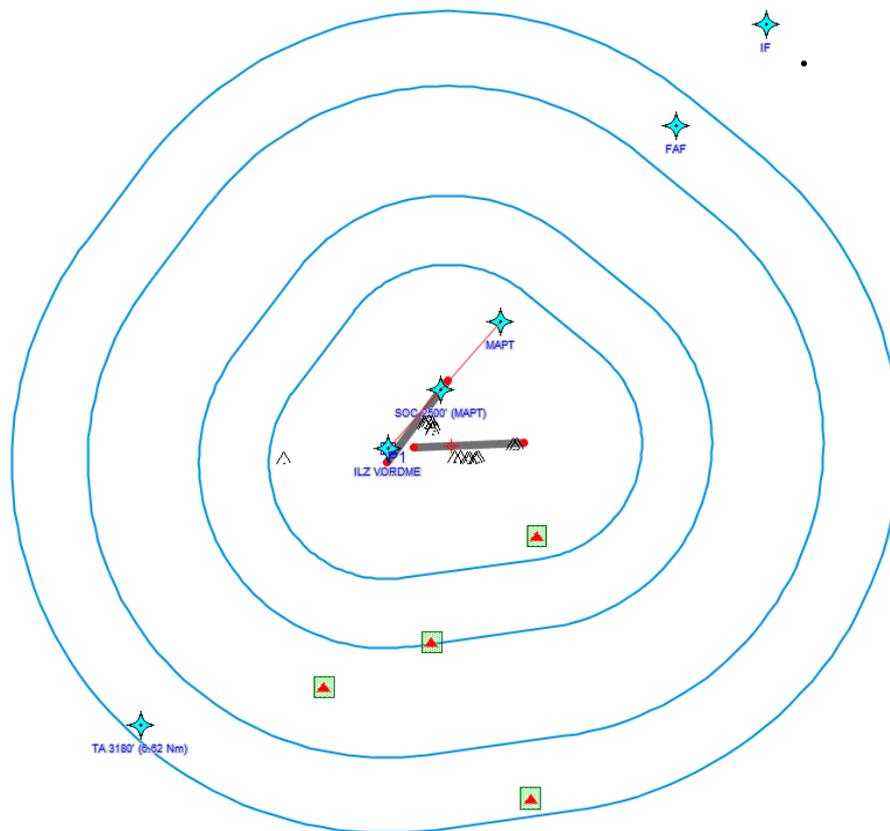


Figure 3-50: MVL tous les catégories aérodrome d'Ilizi

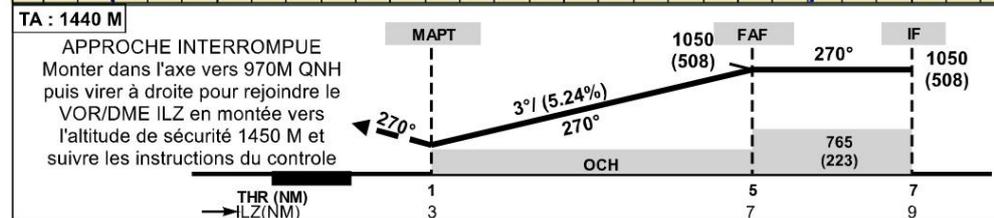
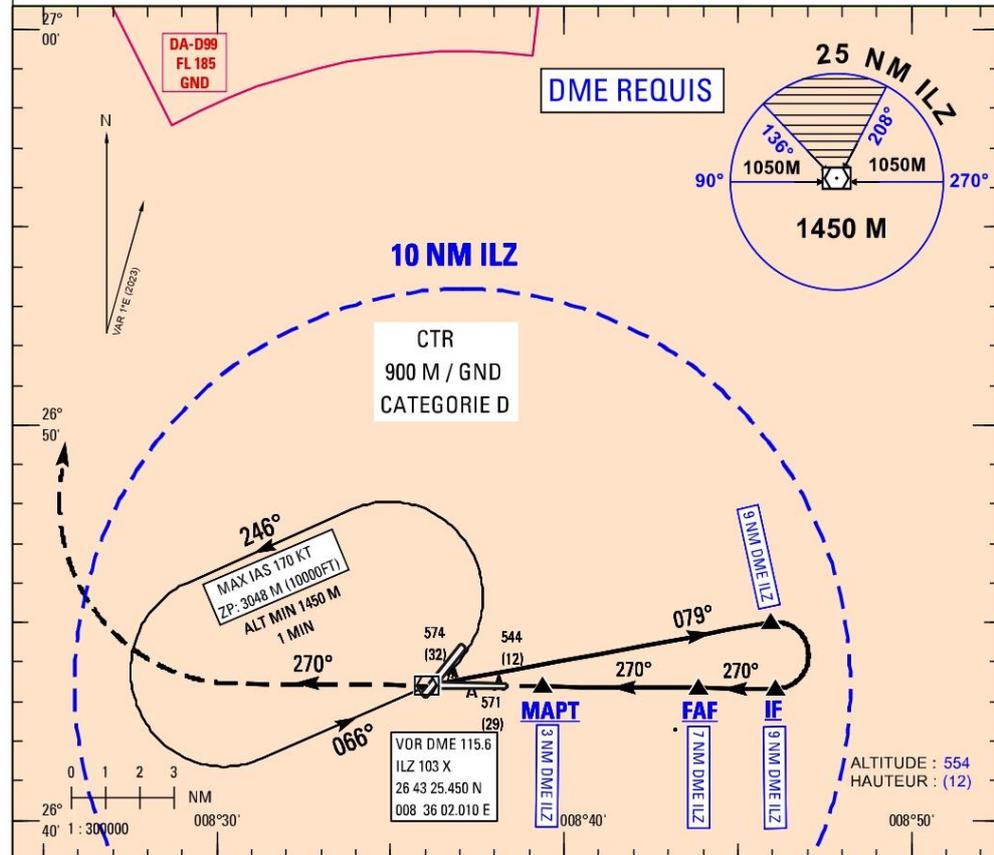
- ❖ La conception automatique de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 27 Cat A/B :

INSTRUMENT APPROACH CHART

ILLIZI AIRPORT - DAAP VOR RWY 27

CAT : A B
AD ALT 542 M

Les relevements sont magnétiques Les hauteurs sont déterminées par rapport au RWY 27 ALT : 542 M
APP : NIL
TWR : 118.7, 119.7(s)

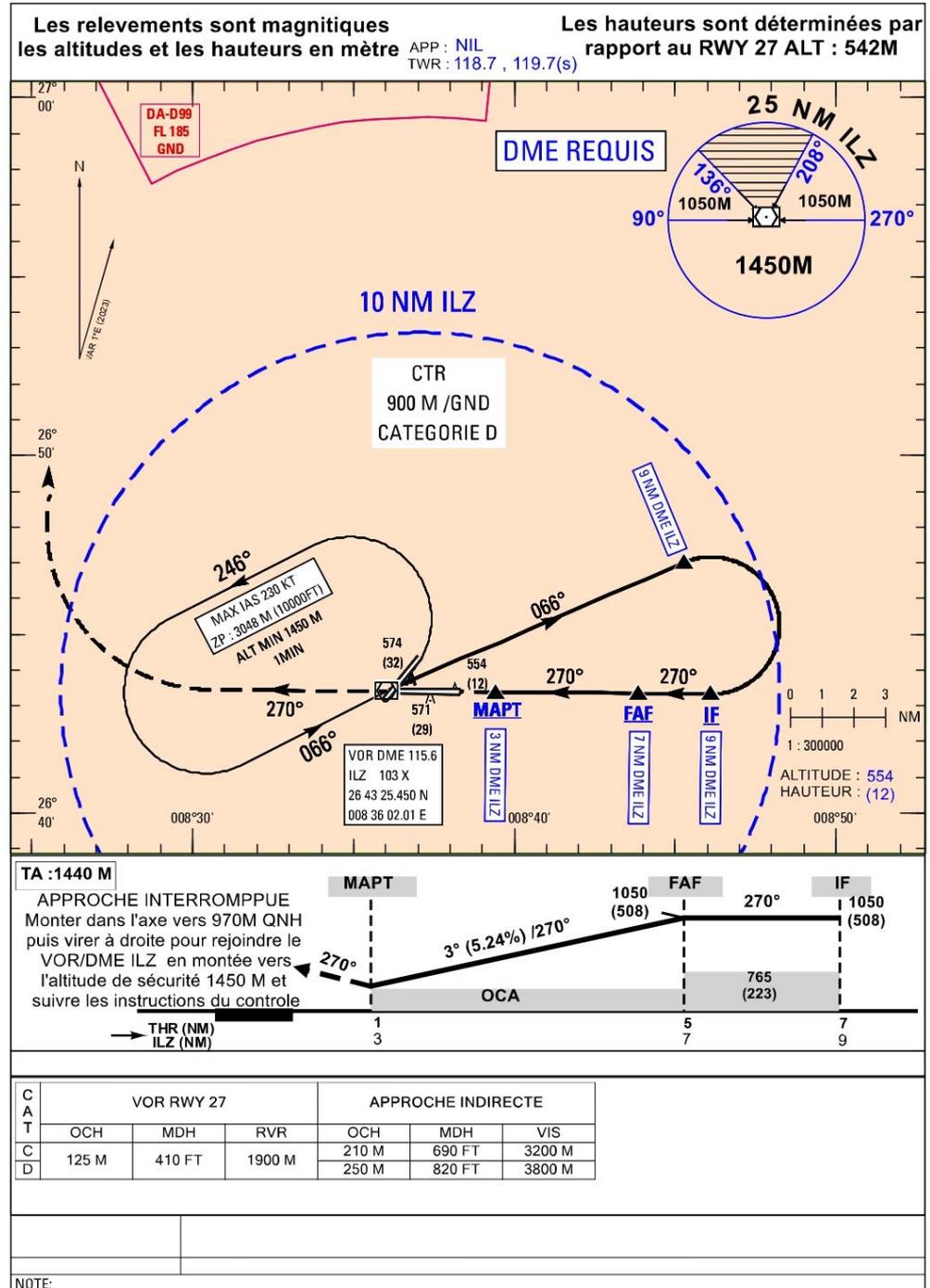


C A T	VOR RWY 27			APPROCHE INDIRECTE		
	OCH	MDH	RVR	OCH	MDH	VIS
A	125 M	410 FT	1500 M	145 M	470 FT	2200 M
B	125 M	410 FT	1500 M	165 M	540 FT	2400 M

NOTE:

- ❖ La conception automatique de la carte de la nouvelle procédure d'approche aux instruments VOR/DME RWY 27 Cat C/D :

INSTRUMENT APPROACH CHART ILLIZI AIRPORT - DAAP
CAT : C D VOR RWY 27
AD ALT 542 M



3.9 Conclusion :

Après l'élaboration manuelle et automatique des procédures d'approches aux instruments VOR/DME pour les QFU 22 et QFU 27 toute les catégories (A/B/C/D) sur le système PANS-OPS, la similarité des résultats obtenus par la méthode manuelle et la méthode automatique nous permet de souligner l'efficacité de l'automatisation comme méthode privilégiée de conception, Réduisant ainsi les délais., d'atténuer les incertitudes et d'accroître la précision du travail.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

La réalisation de ce mémoire nous a permis de nous familiariser avec l'application pratique des connaissances acquises au cours de notre cursus universitaire et lors de notre stage pratique au sein de l'ENNA. Elle nous a également permis de prendre conscience des difficultés rencontrées dans l'élaborations des procédures d'approches aux instruments.

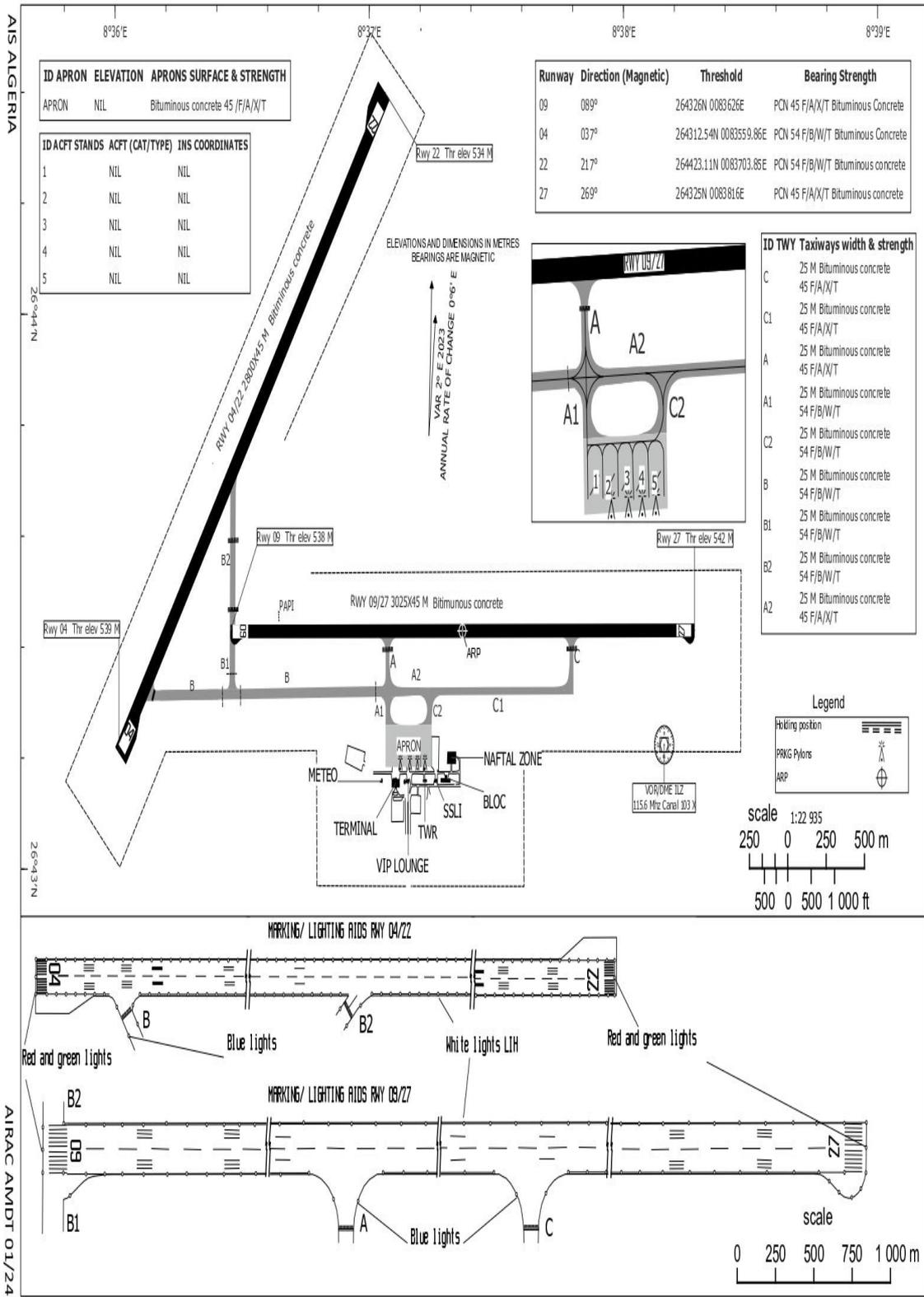
Vue le changement de site de l'antenne VOR/DME, nous avons conçu deux procédures d'approches aux instruments pour la QFU 22 et QFU 27, en utilisant deux méthodes de conception manuelle et automatique (logiciel géo titan) qui répondent aux principaux besoins de l'exploitation.

La similarité des résultats obtenus par la méthode manuelle et la méthode automatique met en évidence l'efficacité de l'automatisation en tant que méthode privilégiée de conception. Celle-ci permet de réduire les délais de conception, d'atténuer les incertitudes, et d'accroître la précision du travail.

En perspective, Les avantages de l'installation d'un nouveau Système (ILS) sur le QFU 22 sont multiples, englobant une amélioration de la capacité opérationnelle, une redondance accrue, une flexibilité dans les trajectoires d'approche et une augmentation globale de la sécurité des opérations aériennes. L'étude technique effectuée englobe les paramètres aéronautiques majeurs qui peuvent aider à la prise de décision et de répondre favorablement ou défavorablement à la demande de l'installation d'un ILS pour l'aérodrome d'ILLIZI.

ANNEXES

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION LA CARTE D'AERODROME ILLIZI



AIS ALGERIA

26°44'N

AIRAC AMDT 01/24

AIP ALGERIA
AERODROME CHARTE - ICAO

ARP 264324.90N 0083721.30E

AD ELEV 542 M

TWR: 118.7 - 119.7 (a)

IBRAHIM GHOUMA

AIP ALGERIA

AD2-DAAP-AD 16 MAY 24

CHG: ARP coordinates

ANNEXE 2 : LES PROCEDURES EXISTANTS DANS L'AERODROME D'ILLIZI

AIP
ALGERIA

ILLIZI / IBRAHIM GHOUMA

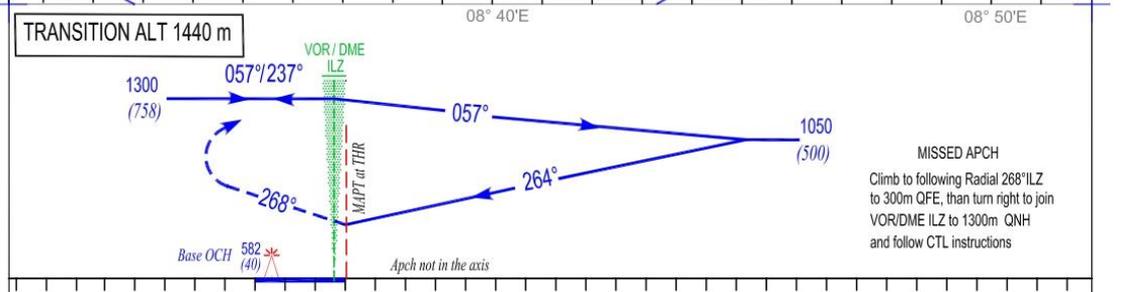
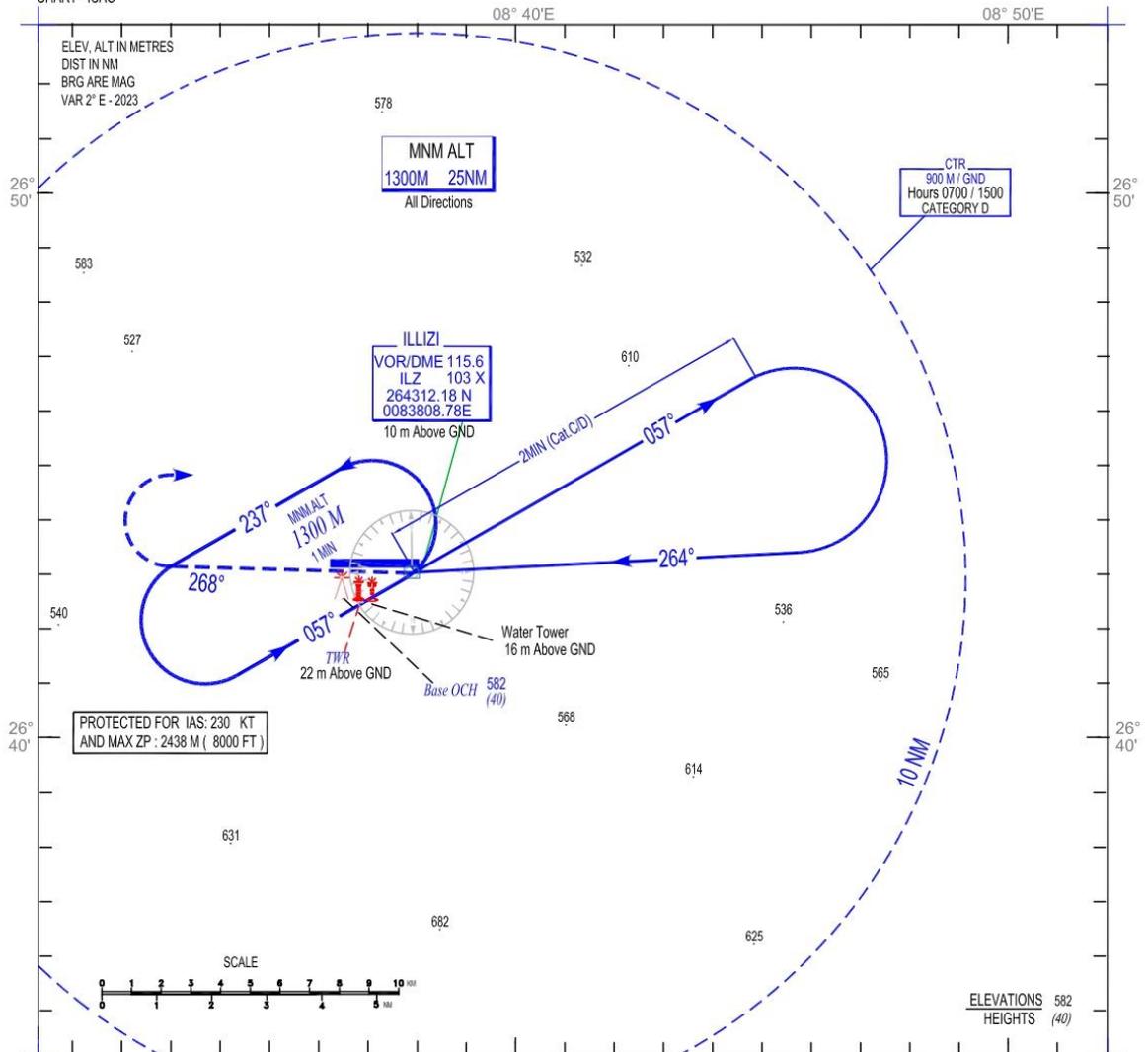
AD 2 DAAP-IAC1
14 SEP 23

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 542 m
HEIGHTS RELATED TO
AD ELEV

APP : NIL
TWR : 118.7, 119.7(s)

VOR RWY 27
CAT C / D



CRAFT	LOWEST ADMISSIBLES OPERATIONNAL MINIMUMS					
	VOR RWY 27			Circling In the EAST		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
C	130 M	430 FT	2800 M	210M	690 FT	4400 M
D	130 M	430 FT	3200 M	210M	690 FT	4400 M

AIP
ALGERIA

ILLIZI / IBRAHIM GHOUMA

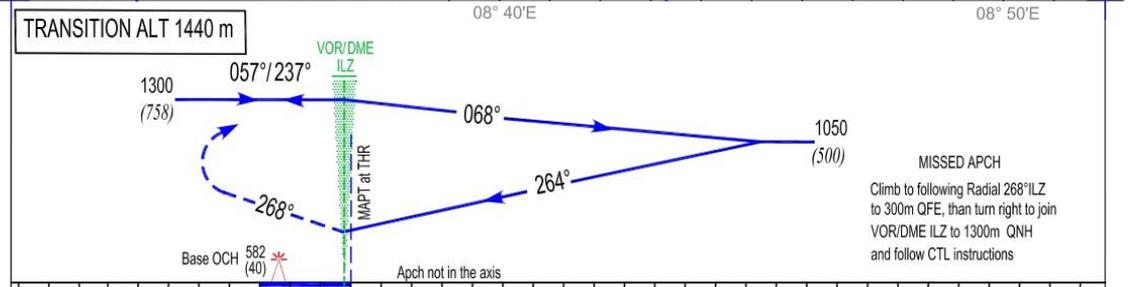
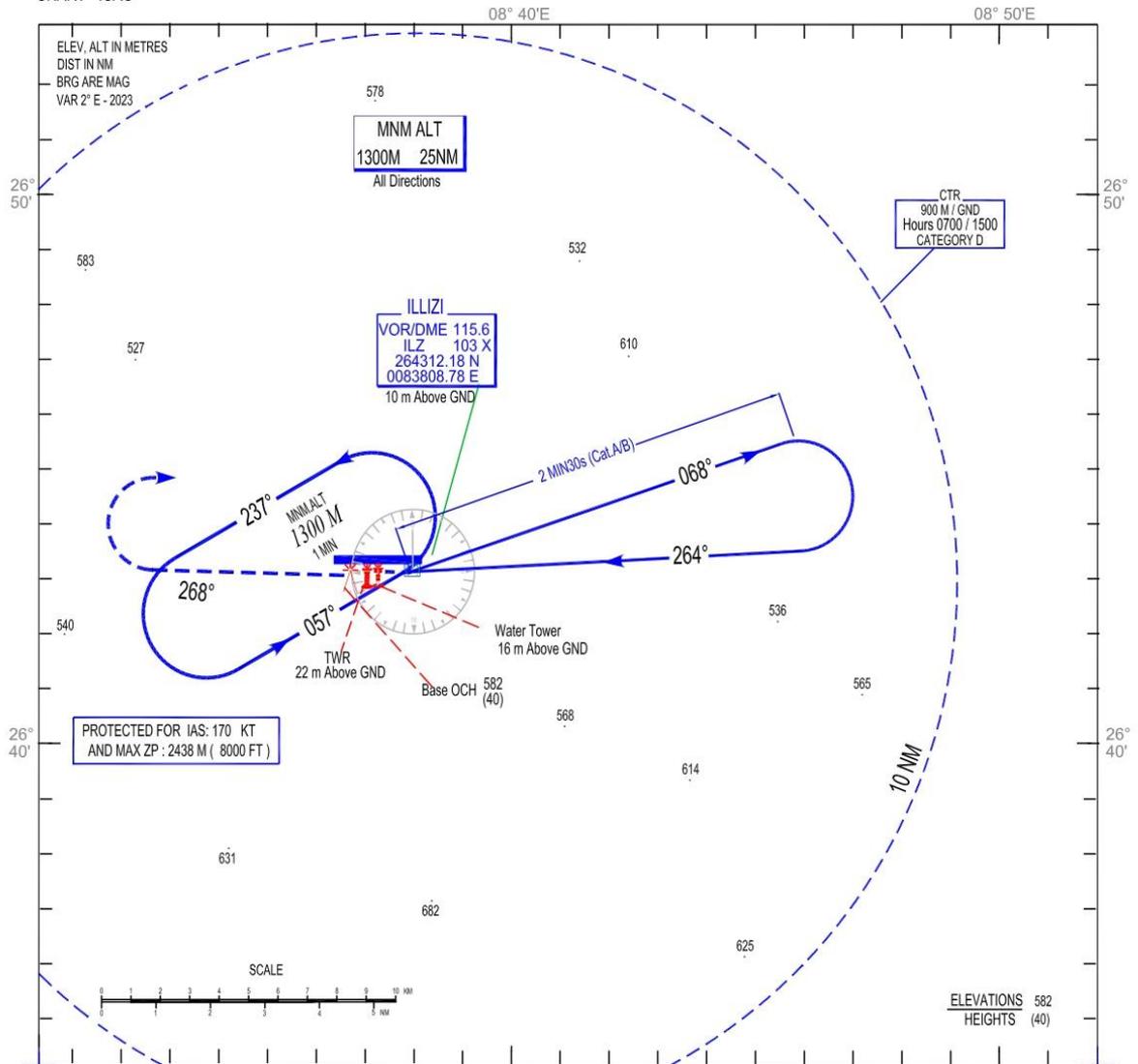
AD 2 DAAP-IAC2
14 SEP 23

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 542 m
HEIGHTS RELATED TO
AD ELEV

APP : NIL
TWR : 118.7, 119.7(s)

VOR RWY 27
CAT A / B



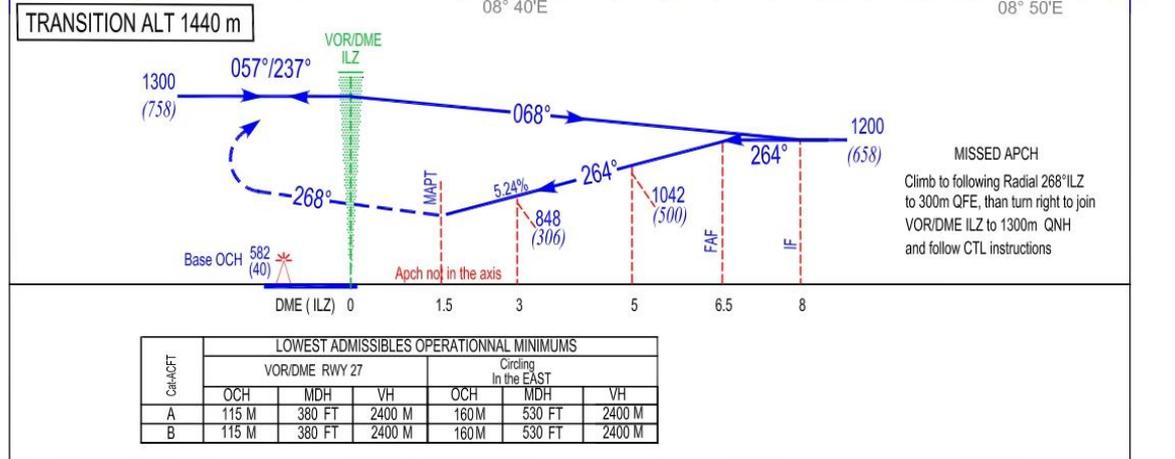
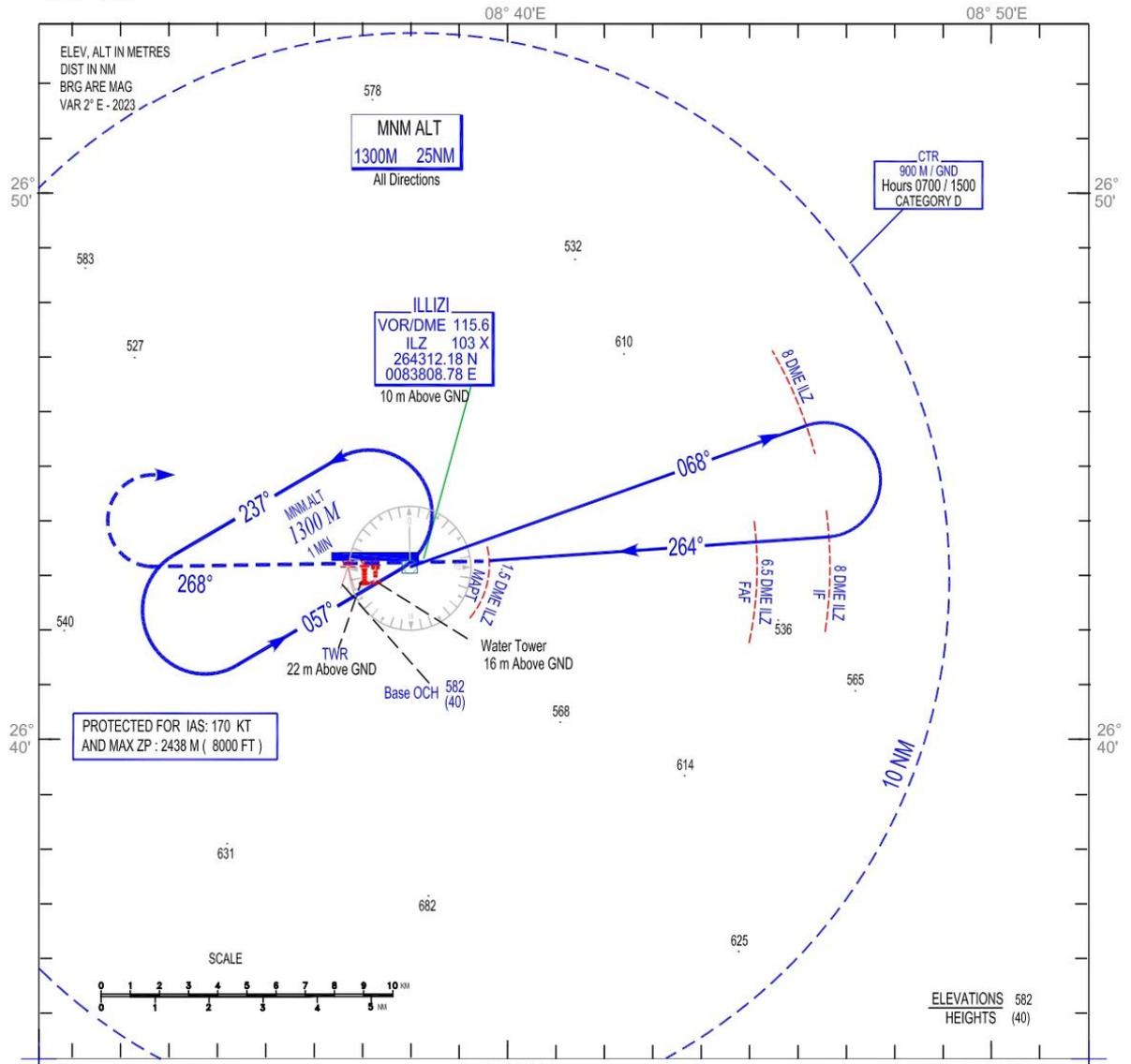
Cat/ACT	LOWEST ADMISSIBLES OPERATIONNAL MINIMUMS					
	VOR RWY 27			Circling in the EAST		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
A	130 M	430 FT	2400 M	160M	530 FT	2400 M
B	130 M	430 FT	2400 M	160M	530 FT	2400 M

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 542 m
HEIGHTS RELATED TO
AD ELEV

APP: NIL
TWR: 118.7, 119.7(s)

VOR / DME RWY 27
CAT A / B



Cat/CF	LOWEST ADMISSIBLES OPERATIONNAL MINIMUMS					
	VOR/DME RWY 27			Circling In the EAST		
	OCH	MDH	VH	OCH	MDH	VH
A	115 M	380 FT	2400 M	160M	530 FT	2400 M
B	115 M	380 FT	2400 M	160M	530 FT	2400 M

ANNEXE 3 : CARTE D'APPROCHE A VUE AERODROME D'ILLIZI

AIP
ALGERIA

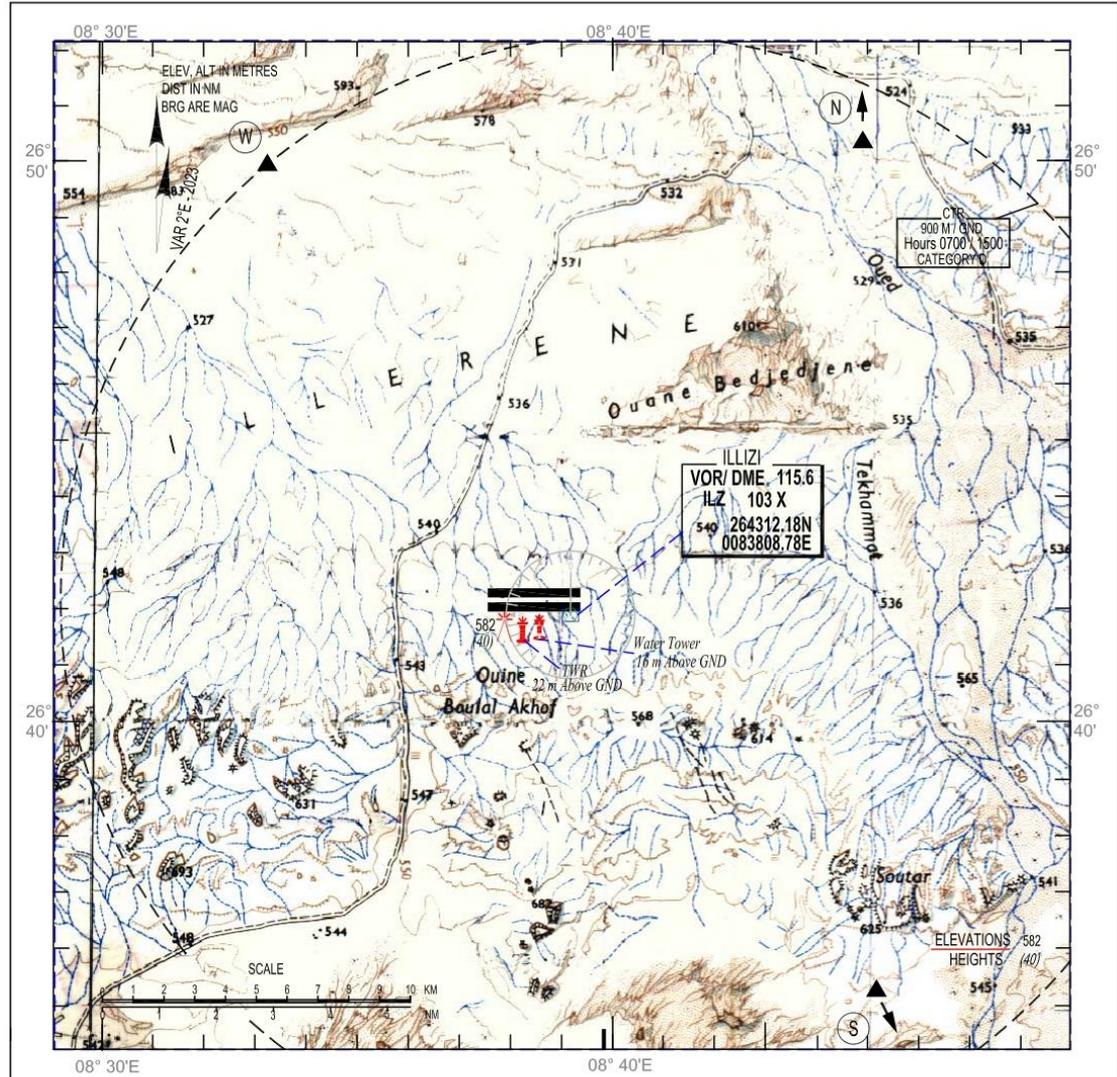
ILLIZI / IBRAHIM GHOUMA

AD 2 DAAP-VAC1
14 SEP 23

VISUAL
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 542 m
HEIGHTS RELATED TO
AD ELEV

TWR : 118.7, 119.7(s)



NOTES :

VFR PATHS :

DEPARTURE —————→
ARRIVAL - - - - -→

Mandatory VFR points : (S), (W) and (N)

ANNEXE 4 : les statistiques de trafic mensuelle dans les deux pistes 27 et 22

	Arr	Dép	Total	Arr	Dép	Total	Arr	Dép	Total	Arr	Dép	Total	Total Général
Mois	09	09		27	27		04	04		22	22		
Janvier	28	26	54	12	14	26	Nouvelle piste opérationnelle depuis juillet 2023						80
Février	20	20	40	16	16	32							72
mars	20	28	48	14	18	32							80
avril	24	17	41	6	12	18							59
Mai	24	22	46	10	24	34							80
juin	33	32	65	9	9	18							83
Juillet							22	22	44	25	25	50	94
Aout	0	0	0	0	0	0	27	47	74	18	1	19	93
Septembre	0	0	0	0	0	0	20	20	40	21	20	41	81
Octobre	0	0	0	0	0	0	24	44	68	26	0	26	94
Novembre	0	0	0	0	0	0	20	20	40	26	26	52	92
décembre	0	0	0	0	0	0	21	21	42	27	27	54	96
total	149	145	294	67	93	160	134	174	308	143	99	242	1004

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 Département 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 3 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 aérodromes 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 :

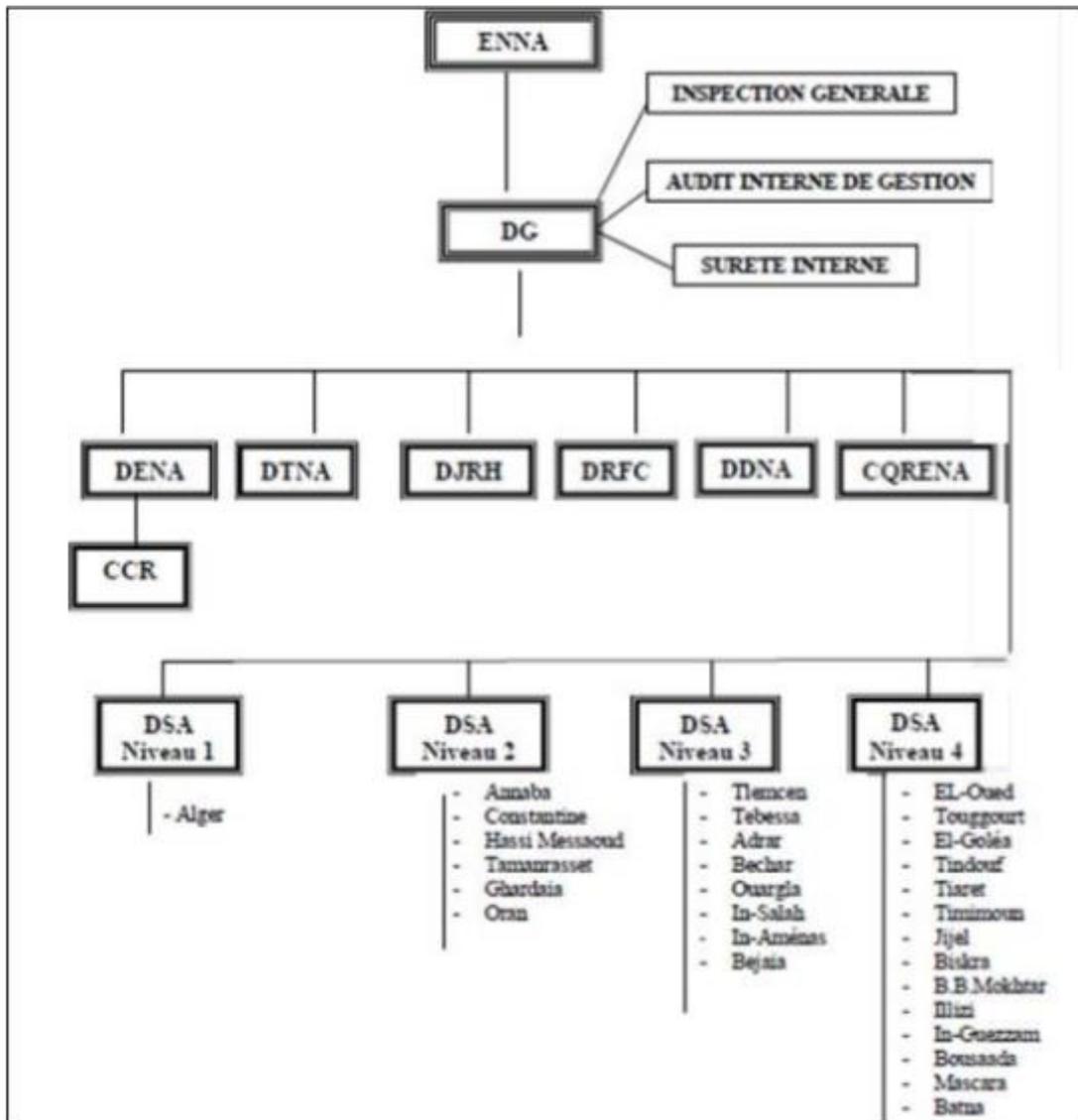


Figure 1 : Organisation De l'ENNA

- **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.

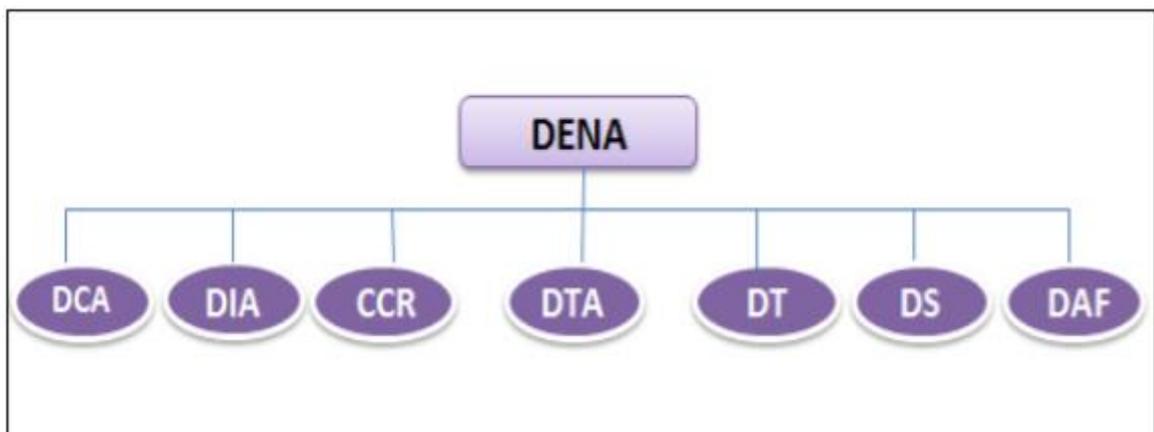


Figure2 : Organisation de la DENA

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

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).

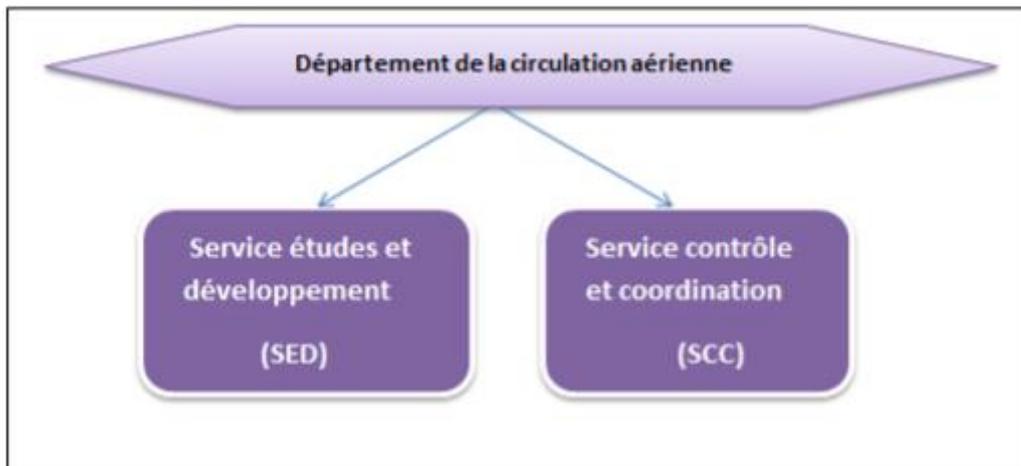


Figure3 : Organisation de DCA

□ Le Service Études et Développement (SED)

Il est chargé des tâches suivantes :

- Élaboration des plans des servitudes aéronautiques 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 aéronautiques 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

Géo TITAN, 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

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. Document ENAC « IPD1-F cours module 2 2013-1 », concept généraux et procédures classique.
3. USDB ; université SAAD DAHLEB BLIDA, IAES ; institue d'aéronautique et des études spatiales, Cours PAN-OPS, Mme Drareni 2021.
4. SIA, Service d'Informations Aéronautique, AIP, Publication d'Information Aéronautique- Algérie (AIP- Algérie), 2024.
5. ENNA ; Établissement Nationale de Navigation Aérienne, DENA ; Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne, DCA ; Département de la Circulation Aérienne, SED ; Service d'Étude et Développement, 2024.
6. ENNA ; Établissement Nationale de Navigation Aérienne, DENA ; Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne, DCA ; Département de la Circulation Aérienne, SCC ; service contrôle et coordination, 2024.
7. ENNA, Établissement Nationale de la Navigation Aérienne, DDNA ; Direction de Développement de la Navigation Aérienne, Statistique du trafics ,2024.
8. Annexe 14 de l'OACI « Cartes aéronautiques », 11^{ème} édition 2009, Chapitre 11 : Carte d'approche aux instruments.
9. site web.
<https://www.lavionnaire.fr> 20-07-2024
<https://www.alamyimages.fr> 20-07-2024
https://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9roport_d%27Illizi_-_Takhamalt#/map/0
02-09-2024
<https://aeroports-egsa-alger.dz/fr/5.html> 08- 09 2024
10. Mémoire de master en aéronautique, Melle. NACER-BEY Saida, Spécialité en opérations aérienne, Thème Elaboration de procédure d'approche aux instruments VOR/DME/ILS pour l'aérodrome de TINDOUF RWY 26R, promo 2011.
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.