

CHAPITRE 5

CONSTRUCTION DE LA PROCEDURE D'APPROCHE RNAV(GNSS) POUR L'AERODROME DE HASSI MESSAOUD

5.1. Introduction

Ce chapitre sera axé sur l'élaboration d'une procédure d'approche RNAV(GNSS) configuration en 'Y' pour l'aérodrome de Hassi Messaoud piste 18, objet du thème de ce mémoire de fin d'études.

Cette configuration permet à l'aéronef d'avoir une entrée directe dans une procédure d'approche RNAV(GNSS) quelle que soit la trajectoire d'arrivée. Elle se traduit par l'apport d'une meilleure utilisation de l'espace aérien tout en assurant la sécurité et en offrant des avantages aux compagnies aériennes tant du point de vue économique que sur le plan de l'exploitation.

Le présent chapitre sera subdivisé selon les trois (03) sections, désignées et intitulées comme suit:

- **La section I :** Présentation de l'aérodrome de Hassi Messaoud et analyse de la situation actuelle ;
- **La section II :** Projet d'élaboration d'une procédure RNAV (GNSS) pour l'aérodrome de Hassi-Messaoud configuration en 'Y' ;
- **La section III :** Informatisation de la procédure.

Section I :

*Présentation de l'aérodrome de
Hassi Messaoud*

5.2. Présentation de l'aérodrome

L'aéroport de Hassi Messaoud est un aéroport civil, international, desservant la ville de Hassi Messaoud, au centre de la Wilaya d'Ouargla, et principalement la zone pétrolière d'Hassi Messaoud. Cet aéroport est géré par l'EGSA d'Alger.

5.3. Description de l'aérodrome de Hassi Messouad

5.3.1. Situation géographique de l'aérodrome

L'aérodrome de Hassi Messouad est situé dans un espace aérien de catégorie D.

Les données suivantes (5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 et 5.14 sont figurées dans l'AIP Algérie partie aérodrome [27]).

- **Nom de l'aérodrome** : HASSI MESSAOUD/ Oued Irara-Krim Belkacem ;
- **Identification de l'aérodrome** : DAUH ;
- **Emplacement de l'aérodrome** : 5NM au Sud Est de la ville ;
- **Coordonnées géographiques du point de référence de l'aérodrome** : 31°40'26'' N 006° 08'26'' E Intersection RWY avec TWY D ;
- **Altitude de l'aérodrome** : 140mètres ;
- **Température de référence de l'aérodrome** : 41.8° ;
- **Horaire d'ouverture (ATS)** : H24 ;
- **La déclinaison magnétique** : 0°W ;
- **L'altitude de transition** : 1050 mètres ;
- **Types de trafic autorisés** : IFR/VFR.

5.3.2. Caractéristiques dimensionnelles de l'aérodrome

5.3.2.1. Caractéristiques physiques des pistes

➤ **Piste 18/36**

- Identification : RWY 18/36
- Orientation vrai : QFU18 : 184°
QFU 36 : 004°

- Longueur : 3000m
- Largeur : 45m
- Pentes : RWY 18 : + 0,034%
: RWY 36 : - 0,034%
- Altitude du seuil 18 : 456ft
- Altitude du seuil 36 : 459ft
- Axe de l'approche final : 184°
- Nature de la surface : Béton bitumineux
- Type de surface et force : Béton bitumineux-PCN 70 F/A/X/T
portante de la chaussée

5.4. Types d'obstacles de l'aérodrome

5.4.1. Aires d'approche et de décollage

Les différents obstacles présents sur l'aérodrome de Hassi Messouad pour les aires d'approche et de décollage sont définis dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.1 : Obstacles d'aires d'approche et de décollage [27]

Piste	Type d'obstacle	Hauteur	Coordonnées
RWY 18	Antenne DVOR/DME	9 M -ALT: 149 M	31°41'28.9"N006°08'30.9" E
	Antenne LLZ	3 M -ALT :143 M	31°41'21"N 006°08'30"E
	Pylône	10 m	31°41'35"N 006°08'35"E
	Pylône	10 m	31°41'36"N 006°08'35"E
RWY 36	Antenne TELEMETRIE	31 M	31°37'59" N 006°08'25"E
	Antenne NDB	14 M- ALT: 154 M	31°38'56"N 006°08'18"E

5.5. Installation de télécommunication des services de la circulation aérienne

Les installations de télécommunication des services de la circulation aérienne qui se trouvent sur l'aérodrome de Hassi Messouad sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.2 : Installation de télécommunication [27]

Désignation du service	Indicatif d'appel	Fréquences	Heures de fonctionnement	Observations
1	2	3	4	5
TWR	Hassi Messouad Tour	118.1 119.7(s)	H24	-
VDF	Hassi Messouad Gonio	118.1 119.7(s)	H24	-
APP	Hassi Messouad APP	120.0 Mhz	H24	-

5.6. Zone de contrôle de Hassi Messouad (CTR)

L'espace relevant de la responsabilité du contrôle d'Approche de Hassi Messouad est défini comme suit :

- Limites verticales : 450M/GND ;
- Limites latérales : Cercle de 10 NM de rayon centré sur 31°40'26''N 006°08'26''E ;
- Classification de l'espace : D ;
- Indicatif d'appel et langues de l'organe ATS : MESSAOUD Tour, Fr. En.

5.7. Moyens d'aide à la navigation

Les aides de radionavigation et d'atterrissage existant sur l'aérodrome de Hassi Messaoud sont définis dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.3 : Aides de radionavigation et d'atterrissage [27]

Type d'aide CAT d'ILS/MLS (pour VOR/ILS/MLS indiquer déclinaison)	Identification	Fréquences	Heures de fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Altitude de l'antenne d'émission DME	Observations
1	2	3	4	5	6	7
DVOR/DME (0°E 2005)	HME	114.7 Mhz CH 94 X	H 24	31°41'28.9"N006°08'30.9"E	149 M	QDR 004°/518M du THR 18.
NDB	HMD	390 Khz	H 24	31°38'56N 006°08'18"E	-	QDR 184°/1175 M du THR 36
LLZ 36/ILS CAT I (0°E 2005)	HM	109.1 Mhz	H 24	31°41'21"N 006°08'30"E	-	QDR 004°/315 M du THR 18.
GP 36 Pente 3°	---	331.4 Mhz	H 24	31°39'45"N 006°08'17"E	-	A 370M du THR36 et 120M à gauche de l'axe de piste.
DME-P	HM	CH 28X	H 24	31°39'45"N 006°08'17"E	-	Co-implanté avec GP 36.

5.8. Les procédures existantes

5.8.1. Procédures d'approche aux instruments

Actuellement, l'aérodrome de Hassi Messaoud dispose de quatre (04) procédures d'approche aux instruments pour les catégories A/B et C/D (**Voir ANNEXE 1**) :

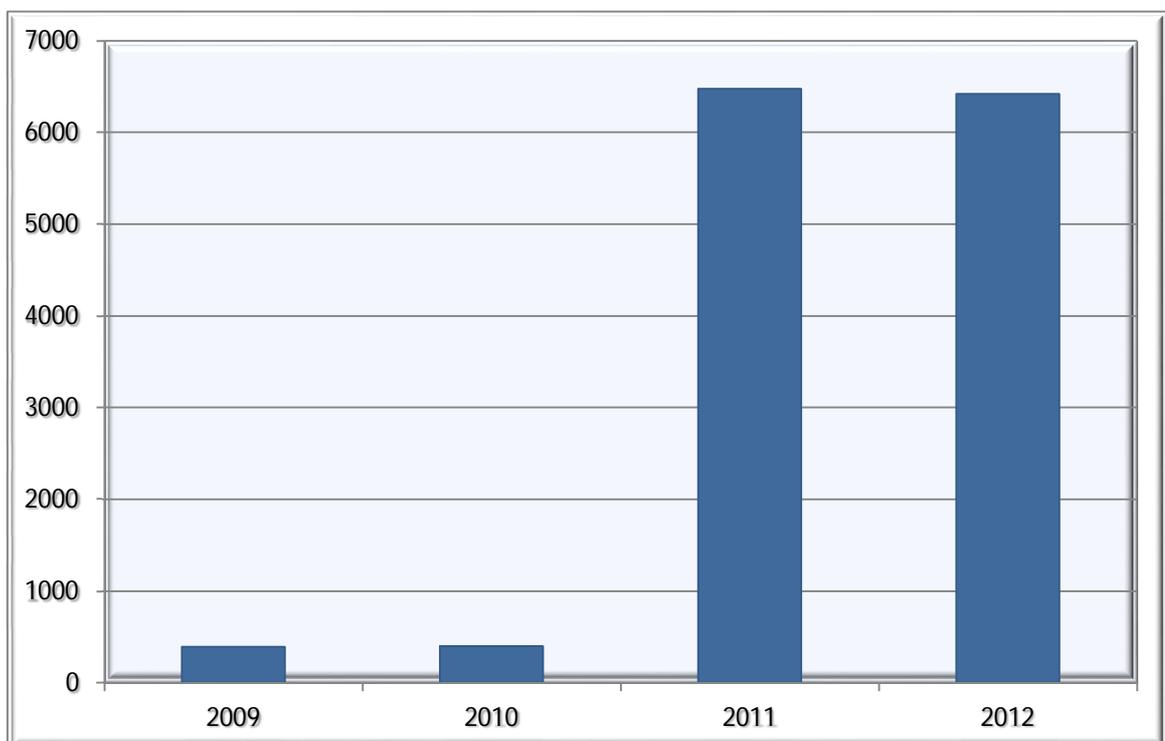
- ✓ Procédure DVOR/DME RWY 36 ;
- ✓ Procédure DVOR/DME/ILS RWY 36 ;
- ✓ Procédure DVOR/DME RWY 18 CAT C/D ;
- ✓ Procédure DVOR/DME RWY 36 CAT A/B.

5.9. Le service de contrôle d'approche de Hassi Messaoud

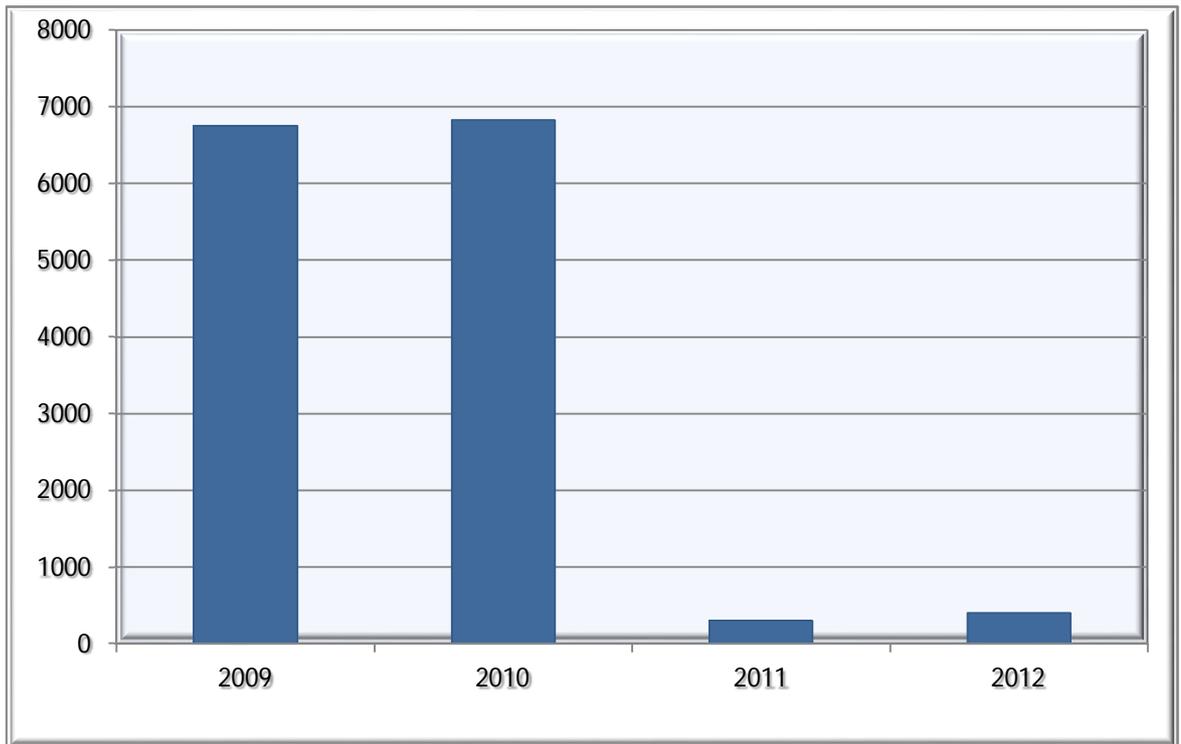
Pour une meilleure gestion et contrôle des trajectoires des aéronefs autour de l'aéroport de Hassi Messaoud qui a une certaine densité de trafic aérien, un service de contrôle d'approche de Hassi Messaoud a été développé dans le but de gérer l'ensemble du trafic à l'arrivée et au départ de cet aérodrome. Le contrôle d'approche est localisé dans la tour de contrôle.

5.10. Etude de la densité de trafic

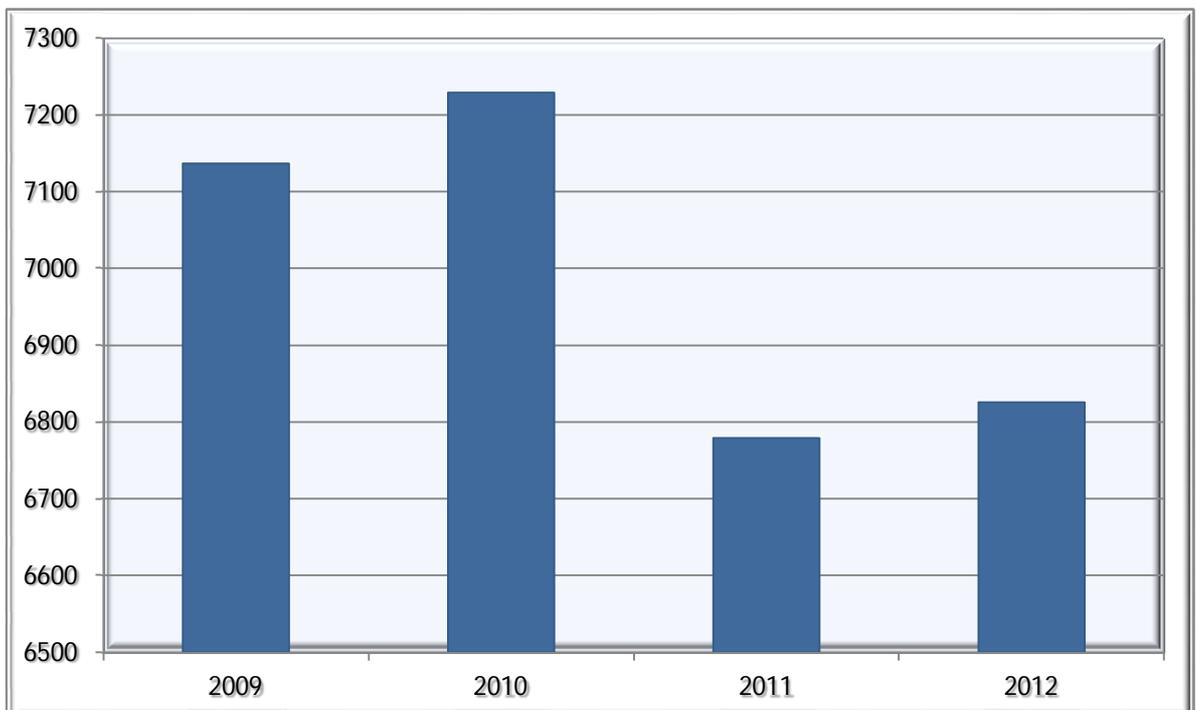
L'étude a été effectuée sur la base d'un fichier de trafic aérien fourni par le service des statistiques au sein de l'ENNA pour les années 2009, 2010, 2011 et 2012.



Graph 5.1: Le taux de flux annuel de trafic international des années 2009-2012



Graphe 5.2: Le taux de flux annuel de trafic national des années 2009-2012



Graphe 5.3: Le taux de flux annuel de trafic commercial des années 2009-2012

➤ **Interprétation des résultats obtenus**

D'après les statistiques faites, il a été constaté que le taux de trafic international pour les années 2009 et 2010 été très réduit. Ce flux a sensiblement augmenté au cours des années 2011 et 2012 et a dépassé les 6400 vols.

A l'inverse, le flux international a augmenté au cours des années 2009 et 2010 et a considérablement diminué en 2011 et 2012.

Pour le trafic commercial, le taux de trafic annuel des années 2009, 2010, 2011 et 2012 est moyennement proche, mais il a été enregistré qu'en 2011 et 2012 le taux de trafic a sensiblement diminué et a atteint les 6826 vols.

Section II :

*Elaboration de la procédure
RNAV(GNSS) configuration en ‘Y’*

5.11. Introduction

Une application des critères de conception des procédures d'approche de non précision RNAV(GNSS) avec configuration en 'T' ou en 'Y' figurant au chapitre 4 est nécessaire afin d'exposer les différentes propositions de solutions à la problématique définie dans la partie hypothèse et de dégager ainsi les principaux avantages dus à leur utilisation sur l'aérodrome de Hassi Messaoud.

5.12. Hypothèse

L'aérodrome de Hassi Messaoud dispose d'une piste (18/36) d'une longueur de 3000m, où la piste 36 est utilisée actuellement et basée sur le moyen de radionavigation au sol VOR/DME.

La nouvelle procédure d'approche reposera sur le GNSS de base et sera élaborée sur la piste 18 muni du moyen de radionavigation VOR/DME pour permettre de raccorder une procédure conventionnelle au moyen d'un segment GNSS et cela pour atteindre les objectifs opérationnels.

Cette procédure est supposée rendre accessible directement le contre QFU de la piste 18 équipée d'un seul ILS.

Ce choix ainsi proposé vise à réduire la forte densité de trafic sur la piste 36, et ce d'après l'analyse des statistiques du taux de flux annuel de trafic national, international et commercial (**voir Section1 §5.10**). La piste 36 est également caractérisée par des routes d'arrivée longues engendrant un plus grand temps d'exécution et donc une surconsommation de carburant.

Avant l'élaboration de la procédure, il est nécessaire de prendre en considération la zone dangereuse DAP 60 que l'aéronef doit contourner. Cette zone se trouve à 27 NM du moyen VOR /DME [27].

5.13. Choix du type de procédure

L'élaboration de la procédure RNAV proposée sera appuyée sur le GNSS de base et consistera à passer par des repères avec une attente point fixe.

Ces repères seront déterminés sous formes de points de cheminement définis par une latitude et une longitude en degrés, à une précision minimum d'un centième de seconde d'arc ou une précision équivalente [8].

Dans la procédure RNAV(GNSS) sur visée, neuf (09) points de cheminement au maximum seront utilisés depuis le segment d'approche initiale jusqu'au point de l'approche interrompue.

5.14. Analyse des données

5.14.1 Infrastructure

5.14.1.1 Aéroport

- Identification de l'aéroport : HASSI MESSAOUD/Oued Irara-Krim Belkacem
- Coordonnées de l'ARP : 31°40'26''N 006°08'26''E
- Déclinaison magnétique : 0°E (2005)
- Altitude de l'aéroport : 459ft
- Référence altimétrique : THR

5.14.1.2. Pistes

➤ **QFU 18**

- Identification : RWY 18
- Coordonnées du THR : 31°39'33.47''N 006°08'21.13''E
- Altitude du THR : 456ft
- Longueur du prolongement d'arrêt : 3000m
- Longueur du prolongement dégagé : 3000m

5.14.1.3. Moyens d'aide à la navigation

➤ **DVOR/DME**

- Identification : HME
- Coordonnées : 31°41'28.9''N 006°08'30.9''E
- Altitude : 489ft
- Position / Seuil 18 : 9m en aval du seuil 18

➤ **LLZ 36/ILS**

- Identification : HM
- Coordonnées : 31°41'21''N 006°08'30''E
- Altitude : 469ft
- Position / Seuil 18 : 3m en aval du seuil 18

5.14.1.4. Environnement aéronautique

➤ **Espaces Aériens**

Espace aérien à statut particulier, se compose d'une zone dangereuse DA – P60 OUARGLA, avec un cercle de 27 NM de rayon centré sur: 31°55'47''N 005°24'00''E à l'exception de l'axe TGU/ MSD :

- Activation : H24
- Limites latérales : Cercle de 10 NM de rayon centré sur 31°40'26''N 006° 08' 26''E
- Limites verticales : 450M / GND

5.14.2. Suppositions

- Réglementation : Doc 8168-OPS/611
- Catégories aéronefs : D
- Vent : 2h+47
- Température : ISA+30°
- Végétation : 0m

5.15. MSA

- MSA basée sur : VOR /DME
- Rayon de protection : 30 NM

5.15.1. MFO applicable

Altitude du relief	MFO
Inférieure à 900m	300 m
Entre 900m et 1500m	450 m
Supérieure à 1500m	600 m

5.15.2. Obstacles

✓ Secteur 1

- Altitude obstacle pénalisant : 202 m (662ft)
- MFO : 300 m
- Végétation : nul
- Total : 502m≈**550m**

✓ Secteur 2

- Altitude obstacle pénalisant : 242 m (793ft)
- MFO : 300 m
- Végétation : nul
- Total : 542m≈**550m**

✓ Secteur 3

- Altitude obstacle pénalisant : 239 m (784ft)
- MFO : 300 m
- Végétation : nul
- Total : 539m≈**550m**

✓ Secteur 4

- Altitude obstacle pénalisant : 216 m (784ft)
- MFO : 300 m
- Végétation : nul
- Total : 516m≈**550m**

Donc :

Altitude Minimale=550m (1850ft)

5.15.3. Sectorisation

Tableau 5.4: Les altitudes minimales de secteur

Secteur	Orientation des secteurs (QDM)	Altitude obstacle	MFO	Végétation	Altitude minimale de secteur
1	180°/270°	202 m (662ft)	300 m	0	550m
2	270°/360	242 m (793ft)	300 m	0	550m
3	360°/090	239 m (784ft)	300 m	0	550m
4	090°/180	216 m (784ft)	300 m	0	550m

Note:

Le choix de nombre des secteurs est basé sur l'emplacement des obstacles les plus pénalisants. A cet effet, on a choisi un seul secteur :

- ✓ Secteur 1 : l'Obstacle le plus élevé se trouve à **550m (1850ft)**.

Les altitudes minimales de franchissement d'obstacles sont arrondies aux 50m et 100ft supérieurs.

5.16. Construction des segments de la procédure

5.16.1. Ordre de l'étude

La procédure d'approche de non précision que nous allons élaborer se subdivise des segments suivants :

- ✓ Segment d'approche final ;
- ✓ Segment d'approche interrompue ;
- ✓ Segment intermédiaire ;
- ✓ Segment initiale ;
- ✓ Attente ;
- ✓ Arrivée.

5.16.1.1. Segment d'approche final

C'est un segment de descente en vue de l'atterrissage.

- Début : FAF ;
- Fin : MAPT.

- Vérification des taux de descente :

Altitude à perdre : $1650 - 459 - 50 = \mathbf{1141ft}$

Où :

1650ft : l'altitude minimal du segment précédent (intermédiaire) ;

459ft : l'altitude de l'aérodrome ;

50ft : la valeur de MFO que l'aéronef doit atteindre et maintenir lors de l'approche finale.

- Tolérances [1]:

	FAF	MAPT
Demi-largeur de l'aire	1.45NM	0.95NM
ATT	0.24NM	0.24NM
XTT	0.3NM	0.3NM

- Longueur : 5NM

- Pente : 5.2%

- Point de cheminement par le travers : Fly-By



- Orientation : 184°

5.16.1.1.1. Etude des obstacles

➤ Détermination de l'altitude minimale

Altitude minimale = Max (OCH des aires).

✓ Aire primaire

- Altitude obstacle pénalisant : 141 m
- MFO : 75 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(141+75) = 216$ m
- OCA : **216 m (750ft)**

✓ Aire secondaire

- Altitude obstacle pénalisant : nul
- MFO : 75 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(0+75) = 75$ m
- OCA : **75 m (250ft)**

Alors :

OCA de l'approche finale = 750ft

➤ Bilan

- OCA de l'approche final : 750ft
- Altitude du seuil 18 : 456ft
- Altitude de l'aérodrome : 459ft
- $459-456=3\text{ft}$ $0.92\text{m}<2\text{m}$ donc on prend l'altitude de l'aérodrome comme référence.

Donc : $750-459=291\text{ft}$

OCH de l'approche finale = 291ft

Remarque

Pour le segment finale on détermine l'OCH (phase d'atterrissage donc la hauteur minimale par rapport à notre référence qui est l'altitude de l'aérodrome) ;

Pour les segments initiale, intermédiaire et interrompue on détermine l'OCA (altitude minimale par rapport au niveau moyen de la mer 'MSL').

5.16.1.2. Segment d'approche interrompue

Segment utilisé lorsqu'il est impossible de poursuivre l'approche.

- Début : MAPT;
- Fin : MATF.

➤ Tolérances [1] :

	MAPT	MATF
Demi largeur de l'aire	0.95NM	2.5NM
ATT	0.24NM	0.8NM
XTT	0.3NM	1NM

- Longueur : 6.5NM
- Pente : 2.5%

- Point de cheminement à survoler : Fly-Over 
- Orientation : 184°

Le segment d'approche interrompue est constitué de trois (03) phases, à savoir :

- 1) Approche interrompue initiale : du MAPt amont au SOC.
- 2) Approche interrompue intermédiaire :
 - Début : SOC ;
 - Trajectoire en montée à 2.5% (au moins) ;
 - Fin : lorsqu'une MFO de 50ft (15m) est atteinte et maintenue.
- 3) Approche interrompue finale : de l'API intermédiaire jusqu'à ce que l'aéronef soit prêt à recommencer la procédure, de retour dans l'attente ou raccordé à la phase en route.

5.16.1.2.1. Position du SOC

Le début de montée (SOC) est l'élément de référence utilisé dans le calcul des distances et des pentes pour déterminer les marges de franchissement d'obstacles.

➤ **Calcul de SOC**

C'est la somme entre :

- La tolérance de MAPt ; et
- La distance de transition (X).

1/ La tolérance de MAPt :

C'est la somme entre :

- La tolérance du moyen = 0.24 NM (0.4cm);
- Une distance d = 3Sec.

$$\rightarrow VP=249.067KT=249.067NM/H ; t=3Sec ;$$

$$\rightarrow VP=D/t \Rightarrow D=Vp*t= (249.067/3600)*3 =0.20NM/s.$$

$$\rightarrow 0.20*1852*100/100000=0.3704cm.$$

Donc : **d =0.3704cm.**

D'où : la tolérance du MAPt : 0.4+0.37=0.77cm=**0.8cm.**

2/ La distance de transition 'X' :

La distance de transition 'X' est basée sur t=15s, basée sur la vitesse d'approche finale la plus élevée (Vi=185kt), à l'altitude de l'aérodrome qui est égale à140m.

➤ **Note**

Echelle : 1/100000

On a :

- Altitude de l'aérodrome : 140m=459.31ft
- Température : ISA+30
- k : 1.05875 (**Voir ANNEXE 4**)
- $Vp=Vi*k$: $Vp =185*1.05875=195.87kt$
- Vent arrière : 19km/h (10kt) $Vp=195.85+10=205.87kt$
- t : 15Sec $\rightarrow d=Vp*t=(205.87/3600)*15=0.85NM/s \rightarrow$
 $0.85*1852*100/100000=1.57cm$

Donc : la distance de transition 'X' = **1.57cm.**

Alors : $SOC=0.8+1.57=2.37\text{cm.}$

Le SOC se trouve à 237 mètres en aval du seuil :

SOC = 237m

5.16.1.2.2. Définition du type d'approche interrompue

L'approche interrompue va être exécutée en ligne droite, car aucun obstacle ne se trouve dans l'aire du segment final d'approche interrompue (terrain dégagé). (Voir ANNEXE 1)

5.16.1.2.3. Détermination de l'altitude minimale

➤ **OCA de l'API initiale**

✓ **Aire primaire**

- Altitude obstacle pénalisant : nul
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(0+300) = 300$ m
- OCA : **300 m (1000ft)**

✓ **Aire secondaire**

- Altitude obstacle pénalisant : 128
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(128+300) = 428$ m
- OCA : **428 m (1450ft)**

Donc :

OCA de l'API initiale = 1450ft

➤ **OCA de l'API intermédiaire**

✓ **Aire primaire**

- Altitude obstacle pénalisant : nul
- MFO : 300 m

- Altitude de l'obstacle + MFO : $(0+300) = 300$ m
- OCA : **300 m (1000ft)**

✓ **Aire secondaire**

- Altitude obstacle pénalisant : 129
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(129+300) = 429$ m
- OCA : **429 m (1450ft)**

Donc :

OCA de l'API intermédiaire = 1450ft

➤ **OCA de l'API finale**

Terrain dégagé (pas de présence d'obstacles pénalisant à l'intérieure des aires de protection primaire et secondaire).

Alors :

**OCA de l'API finale = OCA de l'API
intermédiaire = 1450ft**

Donc l'altitude minimale de franchissement d'obstacles de la procédure d'approche interrompue est égale à :

OCA de l'approche interrompue = 1450ft

5.16.1.2.4. Texte de l'API publié

Monter sur l'axe 184° jusqu'à 430M QFE pour rejoindre le MATF puis suivre les instructions du contrôleur.

6.6.1.3. Segment intermédiaire

Segment qui permet de se préparer à l'approche finale.

- Début : IF ;
- Fin : FAF.

➤ Tolérances [1]:

	IF	FAF
Demi-largeur de l'aire	1.45NM	1.45NM
ATT	0.24NM	0.24NM
XTT	0.3NM	0.3NM

➤ Longueur : 5NM

➤ Pente : à plat (nulle)

➤ Point de cheminement par le travers : Fly-By 

➤ Orientation : 184°

5.16.1.3.1. Etude des obstacles

➤ **Détermination de l'altitude minimale**

✓ **Aire primaire**

- Altitude obstacle pénalisant : 194 m
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(194+300) = 494$ m
- OCA : **494 m (1650ft)**

✓ **Aire secondaire**

- Altitude obstacle pénalisant : 150
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(150+300) = 450$ m
- OCA : **450 m (1500ft)**

Alors :

OCA de l'approche interrompue = 1650ft

5.16.1.4. Segment initiale

Ce segment permet de se placer sur l'axe de percée.

- Début : IAF ;
- Fin : IF.

Comme notre procédure est en 'Y', nous avons trois (03) segments initiaux, à savoir :

- 1/ Segment initial désigné par TASSA (294°) ;
- 2/ Segment initial désigné par NIHAL (184°) ;
- 3/ Segment initial désigné par RADIA (74°).

Lors de l'élaboration de la procédure, nous avons choisi le segment initial désigné par RADIA (74°).

➤ Tolérances [1] :

	IAF	IF
Demi-largeur de l'aire	1.45NM	1.45NM
ATT	0.24NM	0.24NM
XTT	0.3NM	0.3NM

- Longueur : 5NM
- Pente : 4%
- Altitude : 1850ft



- Point de cheminement par le travers : Fly-By
- Orientation : 74°

5.16.1.4.1. Aire de protection

La construction de l'aire de protection doit se faire de la même manière que celle d'un virage. (Voir ANNEXE 2)

5.16.1.4.1.1. Construction de la spirale de vent (Voir ANNEXE 3)

- Vitesse angulaire : $R=509.29/V = 2.045^\circ/s$
- Vitesse V_v : $V_v = 230kt$
- Rayon de virage : $r=V/(62.83*R) = 1.939NM$
- Effet de vent : $E_{45}=45W'/R = 0.312NM \Rightarrow W'=W/3600 \Rightarrow W=2*h+47$

Donc :

- $r+E=2.251NM$;
- $r+2*E=2.263NM$;

- $\sqrt{r^2 + E^2} = 1.963 \text{ NM}$.

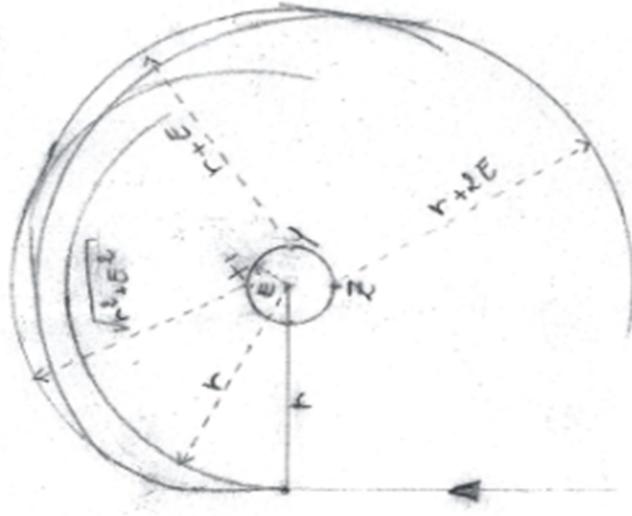


Figure 5.4: Spirale de vent

5.16.1.4.1.2. Détermination de l'altitude minimale

✓ Aire primaire

- Altitude obstacle pénalisant : nul
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(0+300) = 300 \text{ m}$
- OCA : **300 m (1000ft)**

✓ Aire secondaire

- Altitude obstacle pénalisant : nul
- MFO : 300 m
- Altitude de l'obstacle + MFO : $(0+300) = 300 \text{ m}$
- OCA : **300 m (1000ft)**

Donc :

Altitude Minimale= 1850ft

5.16.1.5. Attente

La procédure d'attente est une manœuvre prédéterminée, elle utilise un circuit en hippodrome, basé sur un repère appelé 'point d'attente'. Elle est exécutée par un aéronef pour attendre lors des phases de départ, croisière et en approche lorsque plusieurs aéronefs entament la phase d'approche en même temps ou lorsque la piste n'est pas dégagée (occupée par d'autres aéronefs).

La procédure d'attente RNAV peut ne pas être utilisée, car la procédure d'approche avec configuration en 'Y' permet d'avoir des entrées omnidirectionnelles, et ce, par la présence de trois (03) segments d'approche initiaux (IAF) (Voir Section 2 'Publication de la carte d'approche'). Cela permet à un certain nombre d'aéronefs d'entamer la phase d'approche directement sans forcément passer par la procédure d'attente.

Lors de la conception de la procédure, nous avons posé un circuit d'attente (trajectoire nominale) sur le segment d'approche initiale désigné par RADIA (74°) et va être exécuté sur un point fixe (WP), avec un temps d'éloignement d'1min 30sec à une altitude de 1850ft.

5.16.1.6. Arrivée

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

- ✓ Une marge de franchissement d'obstacles de 300 mètres (1000ft) doit être prise afin de pallier aux effets des courants verticaux et tourbillonnaires dus aux reliefs environnant l'aérodrome.
- ✓ Dans les procédures RNAV :
 - Des TAA seront établies pour chaque aérodrome ;
 - Les points de référence des TAA sont les repères d'approche initiale et/ou les repères intermédiaires ;
 - Chaque TAA sera calculée à partir de la hauteur la plus élevée de l'aire considérée.

- ✓ Une altitude minimale s'appliquera dans un rayon de 46km (25NM) des points de cheminement RNAV (Voir Figure 5.5).

5.16.1.6.1. Construction

La configuration normale consiste en trois (03) aires de TAA :

- ✓ Entrée direct ;
- ✓ Base gauche ;
- ✓ Base droite.

Les limites extérieures sont définies par des arcs de 46km (25NM) de rayon centré sur chacun des trois IAF en plus d'une zone tampon de 9km (5NM). (Voir Figure 5.2)

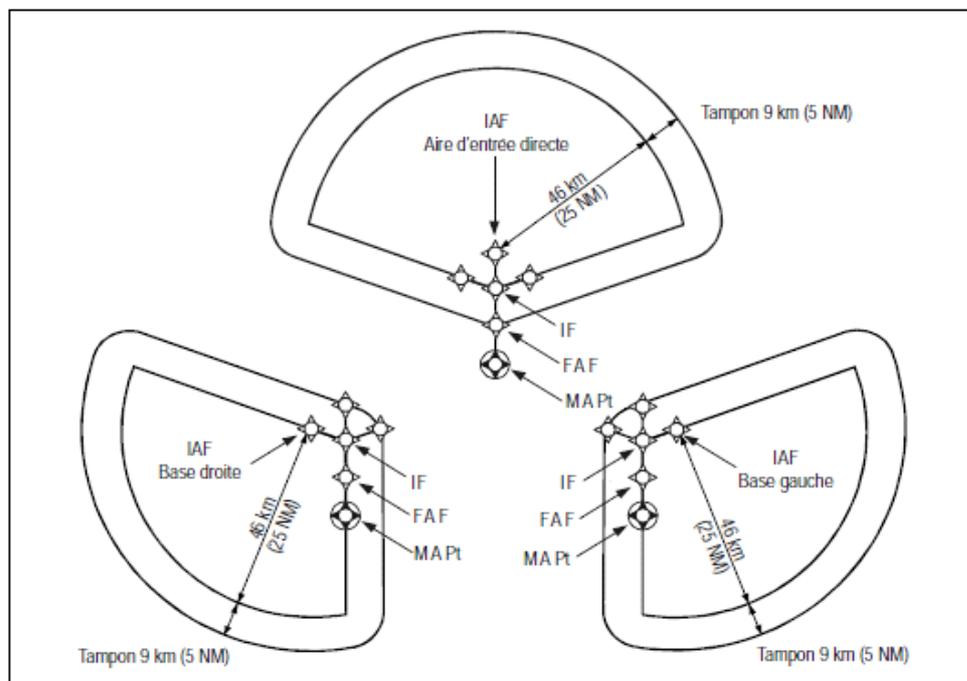


Figure 5.2: Configuration de TAA en Y [9]

5.16.1.6.2. Détermination de l'altitude minimale

1/ L'altitude minimale du secteur désigné par NIHAL est égale à :

- Obstacle pénalisant : 235m
- MFO : 300m

- Altitude obstacle pénalisant+MFO : $235+300=535\text{m}=550\text{m}$

Donc :

Altitude minimale de TAA du secteur 1= 550m (1850ft)

2/ L'altitude minimale du secteur désigné par RADIA est égale à :

- Obstacle pénalisant : 230m
- MFO : 300m
- Altitude obstacle pénalisant+MFO : $230+300=530\text{m}=550\text{m}$

Alors :

Altitude minimale de TAA du secteur 2= 550m (1850ft)

3/ L'altitude minimale du secteur désigné par TASSA est égale à :

- Obstacle pénalisant : 225m
- MFO : 300m
- Altitude obstacle pénalisant+MFO : $225+300=525\text{m}=550\text{m}$

Donc :

Altitude minimale de TAA du secteur 3= 550m (1850ft)

Note :

Les latitudes et longitudes des points de cheminements sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.5: Coordonnées des points de cheminements

Points	Coordonnées			
IAF NIHAL	31° 56' 12''	N	006° 08' 29''	E
IAF RADIA	31° 45' 20''	N	006° 25' 27''	E
IAF TASSA	31° 47' 18''	N	005° 52' 23''	E
IF	31° 51' 12''	N	006° 08' 29''	E
FAF	31° 46' 11''	N	006° 08' 29''	E
MAPt	31° 41' 11.09''	N	006° 08' 29.56''	E
MATF	31° 48' 12''	N	006° 08' 29''	E

5.17. Conclusion

Après cette étude, il est possible de dégager les principaux avantages dûs à l'application des procédures RNAV(GNSS) à savoir :

- **La Sécurité** : procédure facile apportant une meilleure utilisation de l'espace aérien;
- **La Simplicité** : virages optimums ;
- **L'Economie** : diminution de la distance et par conséquent réduction du temps d'exécution et impact économique sur la consommation de carburant.

Section III :

Informatisation de la procédure

5.18. Introduction

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

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

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

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

5.19. Présentation de l'AutoCAD

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

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

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

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

AutoCAD se décline aujourd'hui en logiciels spécifiques métier ou logiciels « verticaux », dont :

- **AutoCAD Architecture** : dédié aux dessins d'architecture ;
- **AutoCAD MEP** : dédié aux dessins d'architecture, mais aussi aux installations techniques dans un bâtiment (ventilation, sanitaire, chauffage et électricité).

5.20. Présentation de l'ArchiCAD

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

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