

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA SAAD DAHLAB
INTITUT D'AERONAUTIQUE DE BLIDA
Option : Opérations aérienne



THEME

AUTOMATISATION DES PROCEDURES D'APPROCHES

Elaboré par :

AKLAN JAMIL
MOUSLI MERIEM FARAH

Dirigé par :

Mr. ATTAFI Ali

Melle. BENKHEDDA

----- Année 2005 -----

REMERCIEMENTS

On tient tout d'abord à remercier infiniment notre dieu tout puissant pour l'aide qu'il nous a apporté pour la réalisation de ce modeste travail.

Toute notre gratitude a nos chers parents pour leurs aides et leur soutien durant cette période de réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements pour notre promoteur ATAFI Ali.

Nos sincères remerciements pour Mr REKKA Mohamed Lamine pour son aide et sa disponibilité.

On tient aussi à remercier Melle BENKHEDDA Amina maître assistant à l'institut d'aéronautique de BLIDA.

Il nous est ainsi agréable d'exprimer notre gratitude à :

Mr BELLOULOU (directeur adjoint à la DENA), Mr BENAMOUR, Mr DJATOUF (chef département C.A), Mr TEMMAR (chef de département SIA), qui nous ont aimablement communiqué en avant-garde des informations utiles à notre réflexion et ont bien voulu nous accorder toute l'attention nécessaire pendant la durée de notre travail.

On remercie Mr BERGUEL SAID directeur de l'institut, ainsi que le corps administratif.

Arrivons à ce stade de notre formation, on remercie tous les professeurs de l'institut d'aéronautique de BLIDA.

On remercie l'ensemble du personnel de la DCA : FARIDA, ILHEM, HAMID, MILED, MANEL, TELDJA, NABILA et SAMIR pour leurs aides.

On remercie toutes personnes ayant contribué à l'élaboration de ce modeste travail

DEDICACE

Je dédie les fruits de ce modeste travail :

A mes très chers parents, qui ont consacré toute leur vie pour mon éducation et ma réussite, à qui je souhaite une longue vie heureuse.

A mes chers frères et sœurs

A mon binôme Maya et sa famille.

A mes amis.

DJAMIL

DEDICACE

Je dédie les fruits de ce modeste travail :

A mes très chers parents, qui ont consacré toute leur vie pour mon éducation et ma réussite, à qui je souhaite une longue vie heureuse.

A ma très chère sœur RYM à qui je souhaite beaucoup de réussite.

A mon binôme JAMIL et toute sa famille.

A mes amies.

MAYA

Résumé

Actuellement la méthode utilisée dans la conception des procédures d'approche aux instruments (classique, de précision) se fait manuellement. Ceci engendre un temps considérable et des erreurs qui peuvent être dues aux erreurs de calcul manuel, ainsi que le manque de précision au niveau des tracés.

Afin d'optimiser le temps d'élaboration des procédures d'approche et d'assurer une meilleure précision, il est apparu nécessaire d'automatiser la méthode de calcul et la conception de ces procédures.

Introduction Générale.....	9
Chapitre I Présentation de l'Entreprise.....	11
I.1 Présentation de l'ENNA.....	12
I.2 Les missions de l'ENNA.....	13
I.3 L'organisation de l'ENNA.....	14
I.3.1 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA.....	14
I.3.2 Département de la Circulation Aérienne (DCA).....	15
I.3.2.1 Le Service Etude et Développement (SED).....	16
I.3.2.2 Le Service Contrôle et Coordination.....	16
Chapitre II Description des procédures d'approches.....	17
II.1 Introduction.....	18
II.2 Principe d'élaboration d'une procédure d'approche aux instruments.....	18
II.3 Différentes phases d'une Procédure classique.....	19
II.3.1 Altitude minimale du secteur.....	20
II.3.2 Orientation des secteurs.....	21
II.3.3 Segment d'arrivée (route d'arrivée).....	22
II.3.4 Procédure d'Attente.....	23
II.3.4.1 Circuit d'attente.....	23
II.3.4.2 Types d'attente.....	24
II.3.4.3 Entrée dans un circuit d'attente.....	24
II.3.5 Segment d'approche initiale.....	27
II.3.5.1 Procédure en hippodrome.....	28
II.3.5.2 Procédure d'inversion.....	29
II.3.6 Segment d'approche intermédiaire.....	30
II.3.7 Segment d'approche finale.....	31
II.3.8 Segment d'approche interrompue.....	32
II.3.8.1 Phase initiale.....	33
II.3.8.2 Phase intermédiaire.....	33
II.3.8.3 Phase finale.....	33
II.4 Différentes phases de la procédure d'approche de précision.....	35
II.4.1 Définition d'une procédure de précision.....	35
II.4.2 Segment d'approche initial.....	35
II.4.3 Segment d'approche intermédiaire.....	35
II.4.4 Segment d'approche finale.....	35
II.4.5 Segment d'approche interrompue.....	36
II.4.5.1 Phase initiale.....	36

II.4.5.2 Phase intermédiaire.....	36
II.4.5.3 Phase finale d'approche interrompue.....	36
II.5 Procédure d'approche a vue.....	37

Chapitre III Elaboration manuelle des procédures d'approches.....38

III.1 Introduction.....	39
III.2 Attente.....	39
III.2.1 Estimation du nombre de niveaux de vol.....	39
III.2.2 Paramètres de l'aire de protection.....	39
III.2.3 Calcul des paramètres pour la construction de l'aire de protection du circuit d'attente.....	40
III.2.4 construction de l'aire de protection de l'attente.....	41
III.3 Virage de base.....	46
III.3.1 Calcul des paramètres associés à la construction du gabarit de virage de base.....	46
III.3.2 Méthode de construction de l'aire du virage de base.....	47
III.4 Virage conventionnel.....	49
III.4.1 Calcul des paramètres associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 45°-180°.....	50
III.4.2 Méthode de construction de l'aire de protection du virage conventionnel 45°-180°.....	51
III.4.3 Calcul des paramètres associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 80°-260°.....	53
III.4.4 Méthode de construction de l'aire de protection du virage conventionnel 80°-260°.....	54
III.5 Surfaces d'ILS de base et l'OAS.....	56
III.5.1 Définition.....	56
III.6 Rayon de virage (méthode de la spirale).....	58
III.7 Construction des aires de protection.....	60
III.7.1 Tracé des aires de protection pour les procédures classique.....	60
III.7.1.1 Aire de protection associée à un segment d'approche initiale....	60
III.7.1.2 Aire de protection associée à un segment d'approche finale.....	61
III.7.1.3 Aire de protection associée à un segment d'approche interrompue.....	61
III.7.2 Aire de protection associée aux manœuvres a vue libre et imposé ...	62
III.7.3 Aire de protection associée au segment de précision.....	62

Chapitre IV Elaboration des procédures d'approches de l'aérodrome de « DJANET ».....64

IV.1 Présentation de l'aérodrome de DJANET	64
IV.1.1 Indicateur d'emplacement et nom de l'aérodrome	64
IV.1.2 Données géographiques et administratives à l'aérodrome	64
IV.1.3 Heure de fonctionnement.....	64
IV.1.4 Service de sauvetage et de lutte contre l'incendie	64
IV.1.5 Aire de trafic, voie de circulation et emplacement de vérification.....	65
IV.1.6 Obstacles d'aérodrome	65
IV.1.6.1 Aires d'approche et de décollage	65
IV.1.6.2 Aires de manœuvres à vue et aérodrome.....	65
IV.1.7 Caractéristiques physiques des pistes.....	66
IV.1.8 Distances déclarées.....	66
IV.1.9 Espace aérien ATS	67
IV.1.10 Installation de télécommunication des services de la circulation aérienne.....	67
IV.1.11 Aides de radionavigation et d'atterrissage	67
IV.2 Conception de la procédure d'approche aux instruments classique (NDB RWY 13).....	68
IV.2.1 Les arrivées	68
IV.2.2 ATTENTE.....	69
IV.2.2.1 Estimation du nombre de niveau de vol	69
IV.2.2.2 Eléments de protection	69
IV.2.2.3 Paramètres de l'attente.....	69
IV.2.2.4 L'orientation de l'attente	69
IV.2.2.5 Tracé de l'aire de protection de l'attente.....	70
IV.2.2.6 Calcul des paramètres pour la construction de l'aire de protection du circuit d'attente.....	70
IV.2.2.7 Altitude minimale de l'attente.....	72
IV.2.3 Segment initial (inversion catégories A/B/C/D).....	72
IV.2.3.1 Calcul des paramètres	73
IV.2.3.2 Aire de protection du virage de base.....	74
IV.2.3.3 L'altitude minimale de l'inversion (Cat A/B)	74
IV.2.3.4 Taux de descente	74
IV.2.4 Segment final.....	76
IV.2.4.1 Taux de descente	76
IV.2.4.2 Calcule de l'OCH finale	77
IV.2.5 Phase d'approche interrompue.....	77
VI.2.5.1 Les paramètres de calcul de l'API.....	77
IV.3 Manœuvre a vue.....	81
IV.3.1 Calcul de la MVL.....	81

IV.3.2 Calcul de l'OCA/H de la MVL.....	82
IV.4 Conception de la procédure d'approche de précision (ILS RWY 13).....	82
IV.4.1 Surfaces OAS.....	82
IV.4.1.1 Tracé des surfaces d'évaluation d'obstacles OAS.....	82
IV.4.1.2 Détermination des coefficients des plans OAS.....	82
IV.4.1.3 Détermination des coordonnées du gabarit OAS.....	83
IV.4.1.4 Identification des obstacles situés aux abords des surfaces.....	83
IV.4.1.5 Calcul de l'OCH par catégorie dans le gabarit OAS.....	83
IV.4.1.6 Position du FAP.....	84
IV.4.1.7 Segment d'approche intermédiaire.....	85
IV.4.1.8 Hippodrome d'éloignement.....	85
IV.4.2 ILS de base.....	86
IV.4.2.1 Tracé des surfaces ILS de base.....	86
IV.4.2.2 Identification des obstacles situés aux abords des surfaces.....	86
IV.4.2.3 Marge de franchissement d'obstacles du segment de précision.....	86

Chapitre V Conception du logiciel 89

V.1 Introduction.....	88
V.2 Langage de programmation.....	88
V.3 La description du logiciel développé.....	89
V.3.1 Donnée d'entrée.....	89
V.3.2 Données de sortie.....	89
V.3.3 La structure des programmes.....	89
V.4 Le fonctionnement du logiciel.....	90
V.4.1 Les différents modules constituant le logiciel.....	90
V.4.2 Menu principal.....	91
V.4.2.1 Menu attente.....	91
V.4.2.2 Menu virage conventionnel.....	97
V.4.2.3 Menu virage de base.....	105
V.4.2.4 Menu approche de précision.....	108
V.4.2.5 Menu ILS de base.....	109
V.4.2.6 Menu spirale du vent.....	110

Conclusion.....	113
Abréviations.....	115
Définitions.....	117
Bibliographie.....	120
Annexes.....	121

Introduction Générale

Avant d'atteindre la surface d'atterrissage, un aéronef guidé par des instruments de bord et au sol est contraint à naviguer dans un volume d'espace aérien sécurisant et suffisant. Cet espace consiste en un circuit d'attente, des segments d'arrivée, d'approche initiale, intermédiaire, finale et interrompue (procédure d'approche aux instruments).

L'élaboration de cette procédure doit répondre aux principaux besoins de l'exploitation qui consistent à :

- ♣ Etablir une procédure d'approche aux instruments économique en temps de vol et en espace aérien.
- ♣ Simplifier la procédure d'approche aux instruments de manière à ce que la charge du pilote ne soit pas de plus en plus importante.
- ♣ Assurer la sécurité de l'aéronef lors de son exécution de cette procédure, vis-à-vis de l'environnement.

Actuellement la conception de cette procédure, qui est fondée sur l'application des méthodes basées sur des formules mathématiques, ne répond pas aux critères suscités car cette tâche présente plusieurs inconvénients à savoir :

- ♣ Des calculs répétitifs laborieux.
- ♣ Le tracé des aires de protection non précis.
- ♣ Une longue durée de réalisation.
- ♣ Et des résultats non optimisés.

Dans certains cas pratiques, ces inconvénients peuvent entraîner à la fois des accidents d'aviation, l'occupation d'un espace aérien important et une perte de temps.

C'est en voulant améliorer les résultats obtenus pour une exploitation meilleure des aéronefs et de l'espace aérien, qu'il a été décidé de lancer ce projet qui consiste à la conception d'un outil d'aide à la réalisation des procédures d'approche aux instruments pour les services de la navigation aérienne.

Afin de mener ce projet, il convient tout d'abord de présenter le cadre de l'étude (chapitre 1), nous passons ensuite à une description générale des différentes étapes d'une procédure d'approche aux instruments (chapitre 2), la construction manuelle des aires de protection de ses procédures (chapitre 3). comme exemple d'étude, nous présentons l'élaboration de la procédure d'approche classique et précision de l'aérodrome de DJANET (chapitre 4).

Enfin nous terminons par une description générale et structurelle du logiciel qu'on a développé et qu'on voit utile pour l'amélioration des inconvénients de la méthode manuelle (chapitre 5).

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

I.1 Présentation de l'ENNA

L'établissement 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 Ministre des Transports et 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 et la participation à des réunions internationales, l'E.N.N.A collabore avec des institutions nationales et internationales :

- ♣ Ministère du transport ;
- ♣ Institut Aéronautique de Blida (IAB) ;
- ♣ Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) ;
- ♣ AEFMP: organisation internationale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc ainsi que le Portugal ;
- ♣ ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar ;
- ♣ EUROCONTROL: Organisation européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne ;
- ♣ Ecole Nationale de l'Aviation Civile à Toulouse (ENAC).

I.2 Les missions de l'ENNA

Les principes mission de l'établissement :

- ♣ Veille au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation en vol et au sol des aéronefs et à l'implantation des aérodromes et aux installations relevant de sa mission ;
- ♣ Dans le cadre de sa mission elle participe à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aérodromes, établit les plans, en coordination avec les autorités concernées, les plans de servitudes aéronautiques et radioélectriques et veille à leurs applications ;
- ♣ Assure l'installation et la maintenance des moyens de télécommunication, de radionavigation, l'aide à l'atterrissage, des aides visuelles et des équipements d'annexes ;
- ♣ Le contrôle de la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien qu'ils soient en survol, à l'arrivée sur les aérodromes, ou au départ de ces derniers ;
- ♣ La sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la CAP ;
- ♣ L'information aéronautique en vol et au sol et la diffusion des informations météorologique nécessaire à la navigation aérienne ;
- ♣ Assure le service de sauvetage et de lutte contre incendies sur les plates formes aéronautiques ;
- ♣ Contribue à l'effort du développement en matière de recherches appliquées dans les techniques de la navigation aérienne ;
- ♣ Concentration, diffusion ou retransmission au plan international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique ;
- ♣ Le calibrage des moyens de communication de radionavigation et de surveillance au moyen de l'avion laboratoire.

I.3 L'organisation de l'ENNA



I.3.1 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne est chargée d'assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne et à veiller à la bonne gestion technique au niveau des aéroports. Ses principales missions se résument comme suit :

- ❖ Gérer et contrôler l'espace aérien confié en route et au sol, par le centre de contrôle régional (CCR) et les différents départements de la circulation aérienne ;
- ❖ Mettre à disposition de tous les exploitants le service de l'information aéronautique en vol et au sol, ainsi que les informations météorologiques ;
- ❖ Gérer les services de la télécommunication aéronautique ;
- ❖ Assurer le service de sauvetage et de lutte contre incendies aux aéroports.

La Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne contient six (06) départements et un centre de contrôle régional :

DENA

CCR

DCA DS DAF DT DIA DTA

DCA : Département de la Circulation Aérienne

DC : Département Système

DAF : Département Administration et Finances

DT : Département Technique

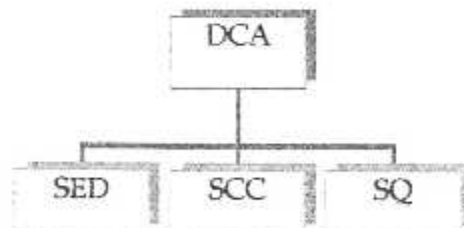
DIA : Département Informations Aéronautiques

DT A: Département Télécommunications Aéronautiques

CCR : Centre de Contrôle Régional

1.3.2 Département de la Circulation Aérienne (DCA)

Le Département de la Circulation Aérienne, est chargé du contrôle et du suivi de l'espace aérien géré par les aérodrômes et le Centre de Contrôle Régional d'Alger, ainsi que les études liées au développement de la navigation aérienne, basé évidemment sur les normes OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale). Au sein de ce département on trouve deux services :



SED : Service Etude et Développement

SCC : Service Contrôle et Coordination

SQ : Service Qualification

I.3.2.1 Le Service Etude et Développement (SED)

Qui a pour tâche :

- ♣ Etude des schémas et des cartes de la circulation aérienne ;
- ♣ Etude des plans de servitudes aéronautique de dégagements de piste ;
- ♣ La conception des procédures de départ (SID : Standart Instrument Departure), d'arrivée (STAR: Standart Arrival), d'approche initiale, finale et d'approche à vue ;
- ♣ Création des espaces aériens de protection pour les différentes procédures ;
- ♣ Etude de possibilités de la création des routes ATS ;
- ♣ Traitement les données statistiques de trafic aérien pour les besoins d'études.

I.3.2.2 Le Service Contrôle et Coordination

Le service est chargé de :

- ♣ Il est chargé de la tenue à jour de fichier informatisé ' l'état des Aérodrômes ' relatif à l'exploitation de l'ensemble des aérodrômes 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, réclamations, déroutement, alertes, procédure 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 lutte contre l'incendie au niveau des aérodrômes et notamment le maintien en vigueur de la catégorie requise (OACI) appliquée au service SSIS.
- ♣ Il représente la Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA) auprès des services de recherche et de sauvetage des aéronefs en détresse (SAR).
- ♣ L'inspection technique de tous les aérodrômes sur le territoire national conformément à la réglementation internationale de l'aviation civile.
- ♣ Il est chargé d'autres missions relatives à l'exploitation des aérodrômes confiées par la DENA. [7] ,[8]

Chapitres II

Description des procédures d'approches

II.1 Introduction

Une procédure d'approche aux instruments est une série de manœuvres prédéterminées, effectuées en utilisant uniquement les références instrumentales, avec une marge de protection spécifiée au-dessus des obstacles, depuis le repère d'approche initiale, jusqu'en un point à partir duquel l'atterrissage pourra être effectué, puis si l'atterrissage n'est pas effectué jusqu'en un point où les critères de franchissement d'obstacle en attente ou en route deviennent à nouveau applicables. [2], [3], [5]

On distingue deux types de procédures d'approches aux instruments :

- Les procédures classiques
- Les procédures de précision.

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

La procédure d'approche aux instruments doit être sûre, simple et économique.

- ♣ La sécurité implique la sécurité de l'aéronef pendant l'exécution de son approche en vue de s'établir sur la piste d'atterrissage.
- ♣ La simplicité s'impose, car la procédure intervient au moment où la charge de travail du pilote est très importante et où toute erreur risque d'être fatale.
- ♣ Pour l'aspect économique, il est de plus en plus important (le temps de vol coûte cher).

II.3 Différentes phases d'une Procédure classique

Procédure d'approche aux instruments n'utilisant que les informations de guidage sur trajectoire fournies par des moyens radioélectriques tels que le **VOR, NDB, et DME.**

Comme il a été dit dans l'introduction générale, une procédure aux instruments s'effectue en plusieurs étapes (voir figure II-1)

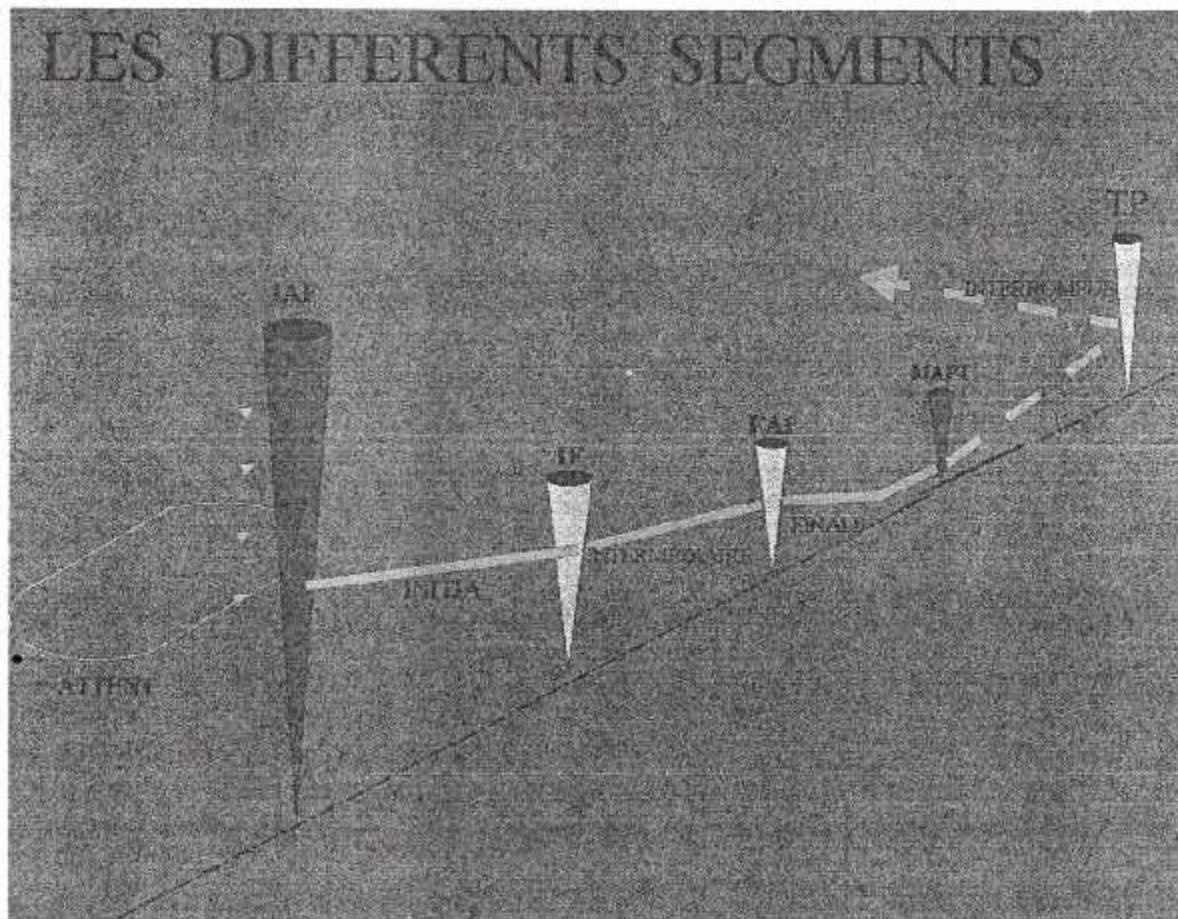


Figure II- 1 : différents segments

II.3.1 Altitude minimale du secteur

Des altitudes minimales de secteur sont fixées pour chaque procédure d'approche aux instruments.

L'altitude minimale de secteur représente l'altitude la plus basse qui puisse être utilisée dans un secteur de (25+5 NM) de rayon centré sur l'IAF, lorsque celui-ci est matérialisé par une installation radioélectrique, ou si celui est préférable, sur une autre installation utilisée pour la procédure ou située sur l'aérodrome (voir figure II -2).

Elle est calculée en appliquant une marge de franchissement d'obstacles d'au moins 300m/1000ft, par rapport aux obstacles situés dans le secteur considéré, ainsi que dans la zone tampon de 5NM (sauf DME), l'entourant complètement

Pour les vols au-dessus d'un terrain montagneux, la MFO est peut-être augmentée d'une valeur pouvant atteindre 600m/2000ft.

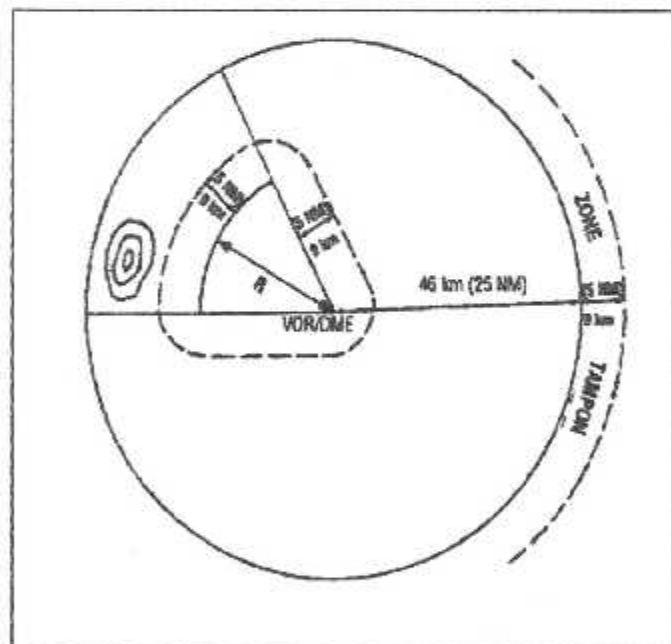


Figure II- 2 Altitudes minimales de secteur.

II.3.2 Orientation des secteurs

Il est souhaitable que les limites des secteurs coïncident avec les quadrants du compas ; toutefois, lorsque cela est souhaitable pour des raisons topographique ou autres, ces limites peuvent être choisies de manière à obtenir les altitudes minimales de secteurs les plus favorables sans que cela conduise à une multiplication des secteurs (voir figure 3).

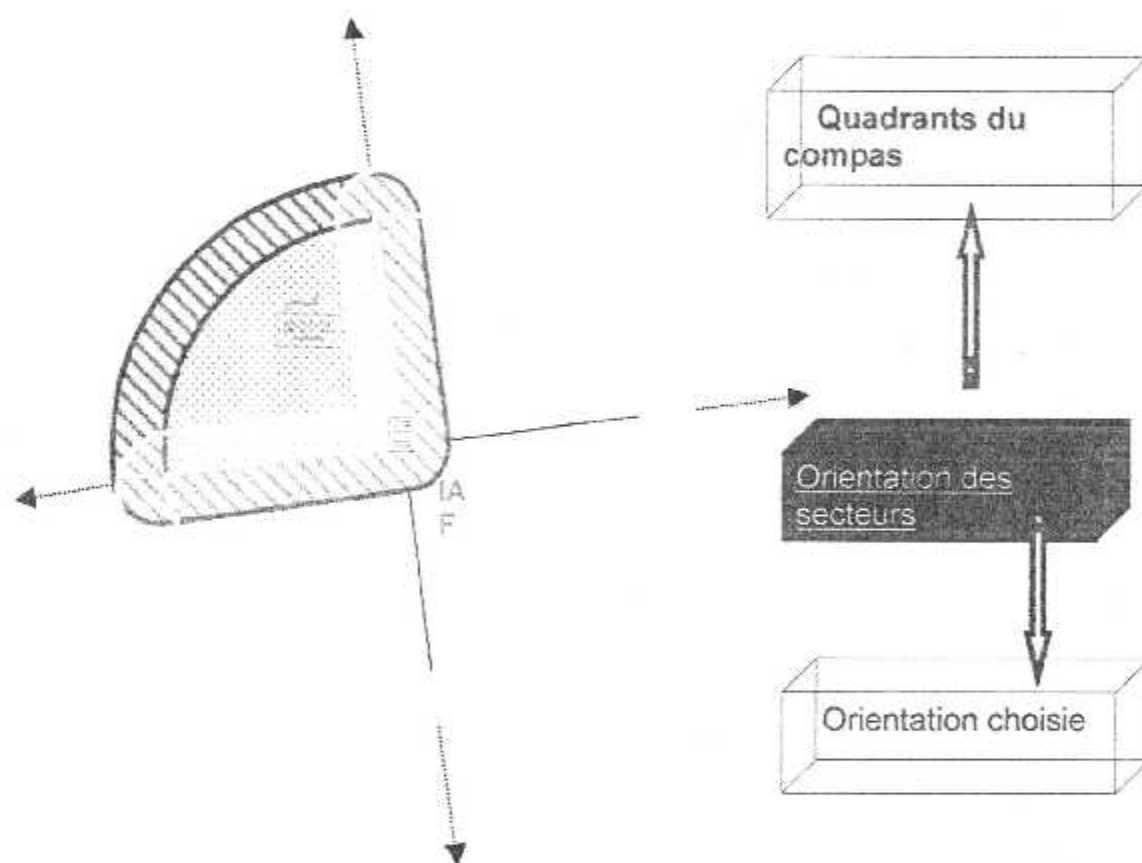
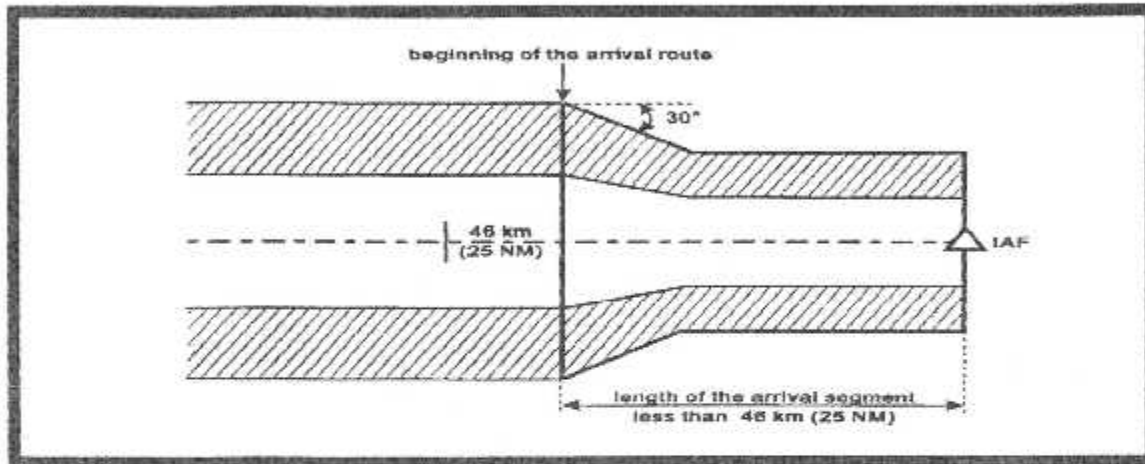


Figure II-3 : orientation des secteurs

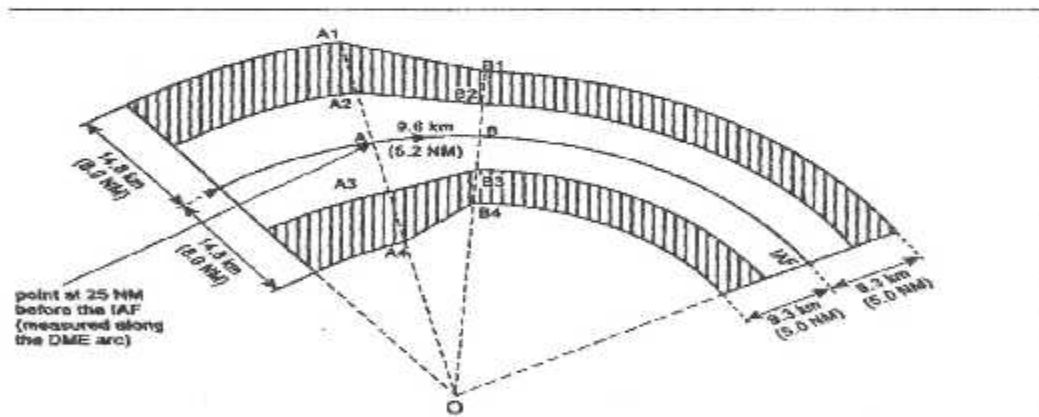
II.3.3 Segment d'arrivée (route d'arrivée)

Routes identifiées dans une procédure d'approche aux instruments et qui permettent à un aéronef de rejoindre, à partir de la phase de croisière, le repère d'approche initiale IAF

Le segment d'arrivée peut être représenté par une route spécifiée ou bien une arrivée omnidirectionnelle (voir figure II- 4).



Cas d'une route d'arrivée- segment rectiligne



Cas d'une route d'arrivée- arc DME

Figure II-4

II.3.4 Procédure d'Attente

Une procédure manœuvre prédéterminée exécutée par un aéronef pour rester dans un espace aérien spécifié en attendant une autorisation d'approche.

La procédure à la forme d'un hippodrome, elle est décrite dans la figure (fig.II- 5)

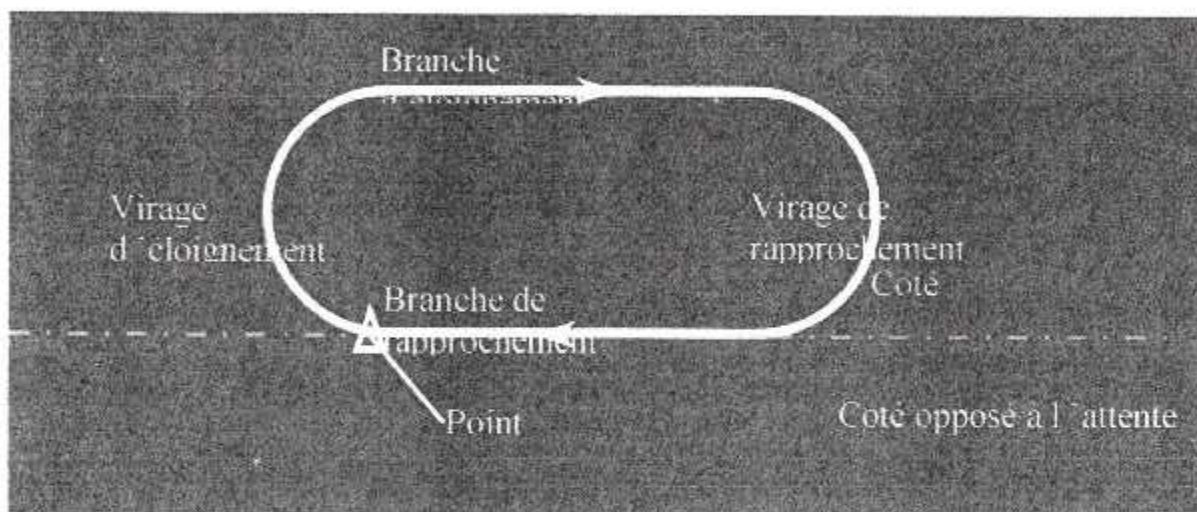


Figure II -5 Forme d'un circuit d'attente

II.3.4.1 Circuit d'attente

Le circuit d'attente, nommé aussi hippodrome ou stack permet :

1. de passer de l'altitude minimale de sécurité (MSA) ou de l'altitude de croisière à l'altitude minimale de la procédure à effectuer.
2. de séparer les avions à l'arrivée des terrains.
3. de préparer l'avion pour la finale.

Le circuit se compose de deux virages standard de 180° reliés par deux branches en ligne droite de 1 minute : une branche dite d'éloignement et une branche dite de rapprochement vers la balise.

Le point de référence est généralement une balise NDB ou un VOR.

Certains circuits se font vers la gauche, d'autre vers la droite, et la durée des branches peut varier suivant les particularités locales de 1 à 3 min.

Le circuit commence à la verticale balise par le premier virage et se termine par la branche de retour balise.

II.3.4.2 Types d'attente

Les différents types d'attente sont caractérisés par la nature du repère d'attente :

- ♣ Attentes VOR ou NDB effectuées à la verticale d'une installation,
- ♣ Attente sur intersection de rayons VOR dont le repère est une intersection de rayons VOR,
- ♣ Attente VOR-DME dont le repère est l'intersection d'un rayon VOR avec un arc DME,
- ♣ Attente LLZ-DME, dont le repère est l'intersection d'un localizer d'ILS avec un arc DME

II.3.4.3 Entrée dans un circuit d'attente

Pour entrer dans un circuit d'attente, il existe des règles destinées à assurer la séparation et la protection des avions.

Le choix de la procédure d'entrée se fait en fonction du cap d'arrivée sur la balise de référence.

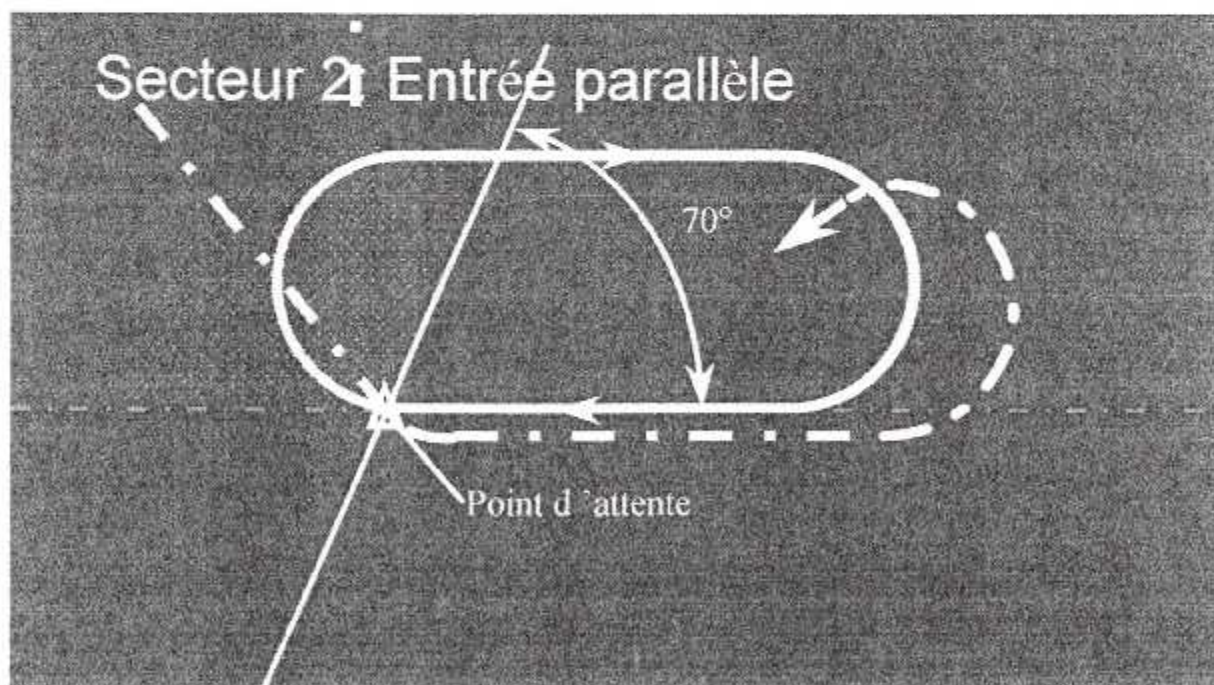
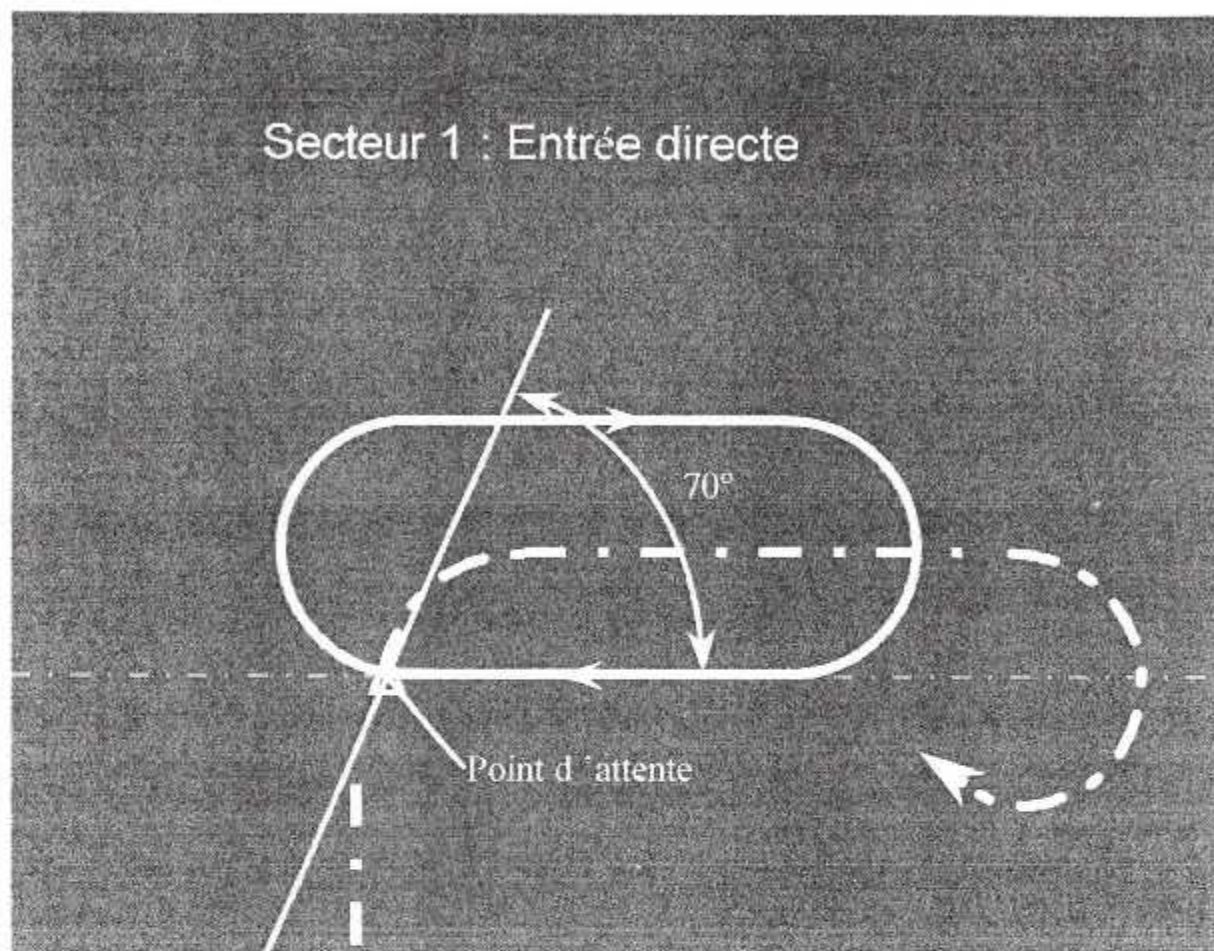
On détermine trois secteurs d'arrivée sur la balise de la façon suivante :

Prendre l'axe de référence du circuit : ici, on trace un trait le long de la branche orienté vers la piste, puis on trace une droite passant par la balise qui fait un angle de 70° avec l'axe de sortie.

Le schéma ci-dessous nous montre les trois secteurs angulaires obtenus : ils déterminent la procédure à appliquer pour s'intégrer au circuit. L'intégration au circuit est effective dès que l'on arrive sur la balise sur le cap de retour (voir figure II-6).

Il existe trois procédures :

1. entrée directe.
2. entrée parallèle.
3. entrée décalée.



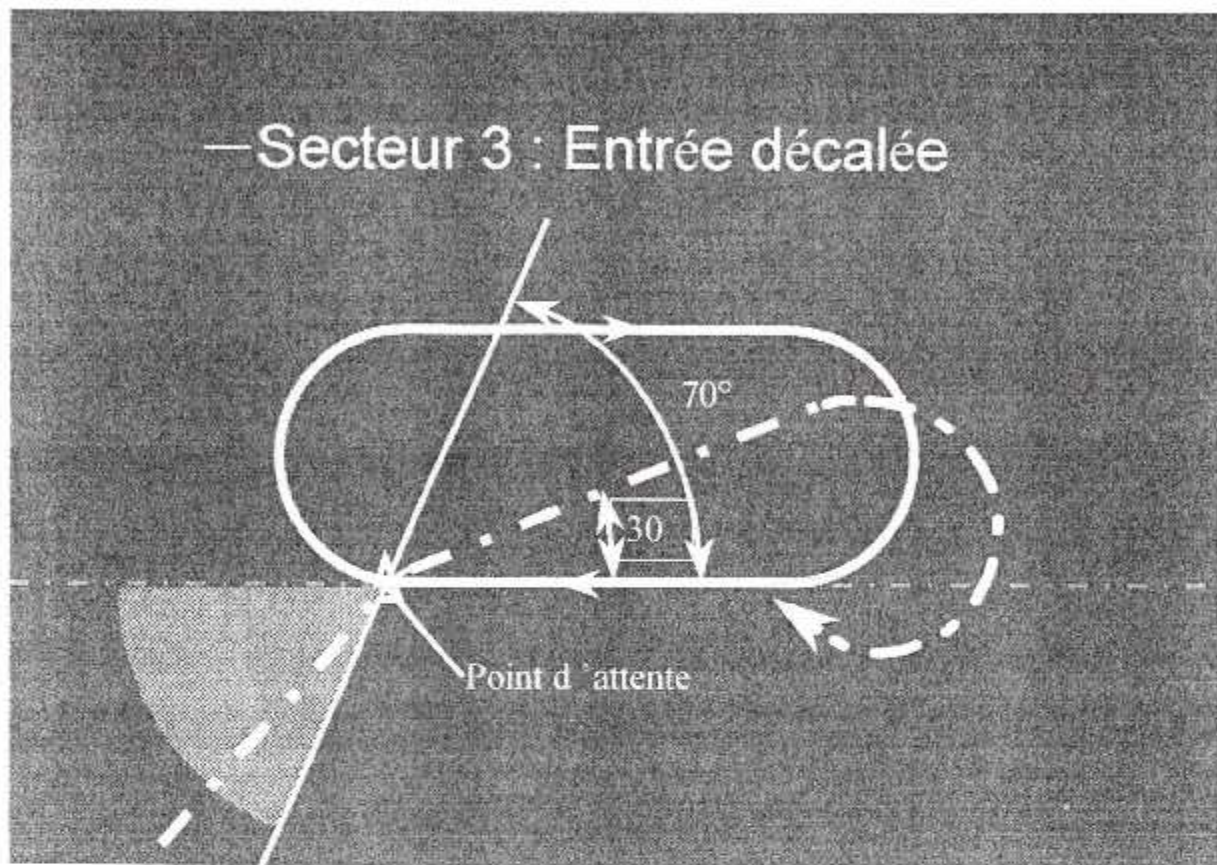


Figure II-6 procédures d'entrée.

II.3.5 Segment d'approche initiale

Partie d'une procédure d'approche aux instruments située entre le repère d'approche initiale IAF et le repère d'approche intermédiaire IF. Ou s'il y a lieu le repère finale FAF (Voir fig.II-7).

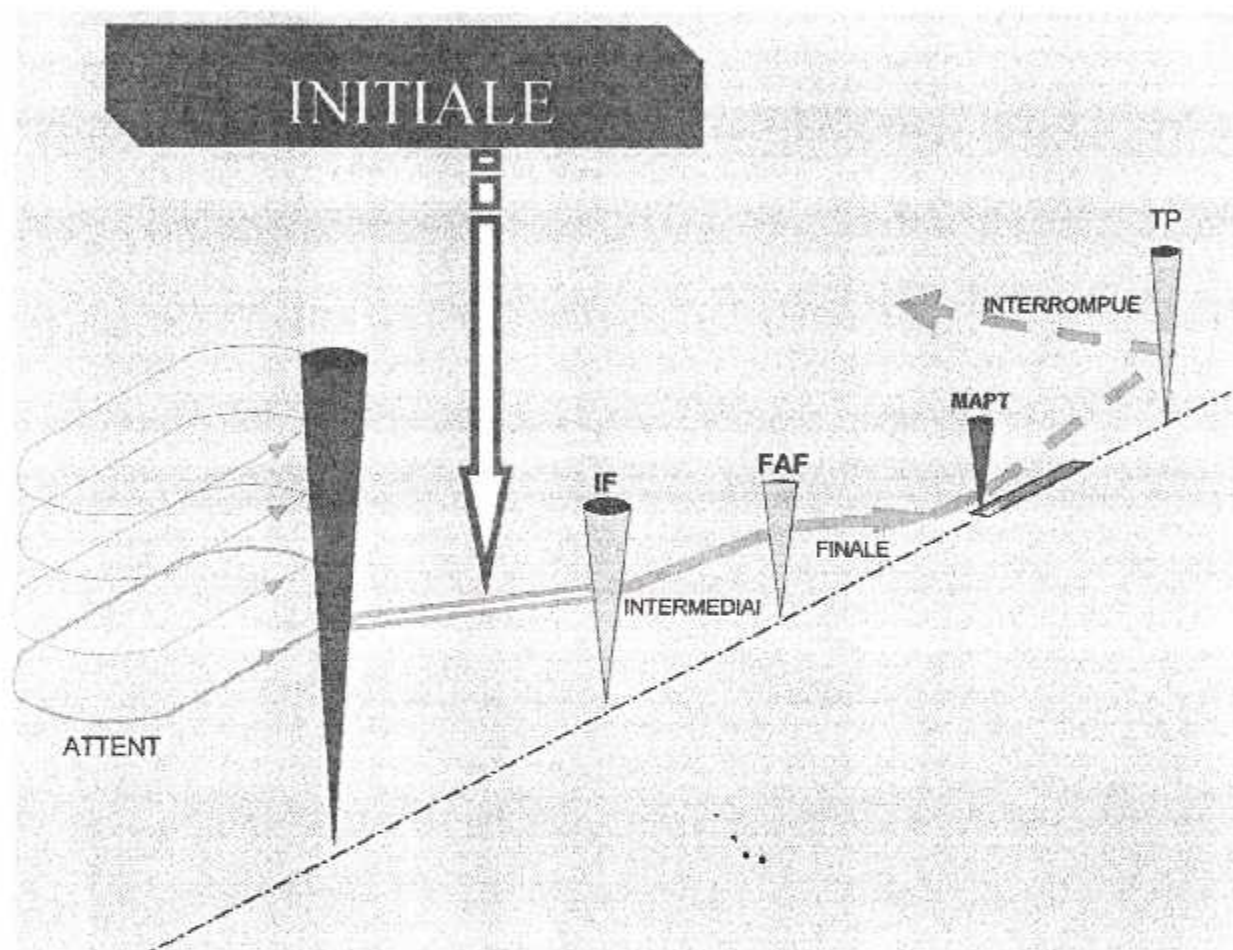


Figure II-7 : segment initial d'une procédure d'approche aux instruments

II.3.5.1 Procédure en hippodrome

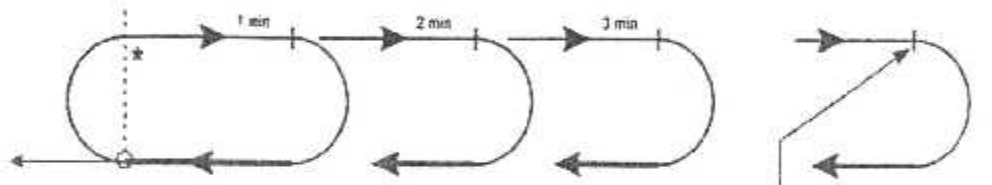
Procédure conçue pour permettre à l'aéronef de perdre de l'altitude sur le segment d'approche initiale.

La forme de la procédure en hippodrome est la même que celle de la procédure d'attente (Voir figure II-8).

Hippodrome en 1, 2 ou 3 min par incrément de 1/2 min

repère

D. Racetrack procedures



End of outbound leg limited by a radial or OME distance from a suitably located facility (see 2.3)

— track guidance
— no track guidance

Entrée : Pour un hippodrome basé sur la \perp VOR ou NDB.
L'éloignement pour une entrée est de 1 min 30 maximum

Figure II-8 type de procédures en hippodrome

II.3.5.2 Procédure d'inversion

Procédure conçue pour permettre à l'aéronef de faire demi tour sur le segment d'approche initiale d'une procédure d'approche aux instruments. Cette suite de manœuvres peut comprendre des virages de base ou des virages conventionnels.

Virage de base : 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 (voir fig.II-9).

Virage conventionnel : manœuvre consistant en un virage effectué à partir d'une trajectoire désignée, suivi d'un autre virage en sens inverse, de telle sorte que l'aéronef puisse rejoindre la trajectoire désignée pour la suivre en sens inverse(voir figure II-9).

Les virages de bases et conventionnels peuvent être exécutés en vol horizontal ou en descente, selon les conditions d'exécutions de chaque procédure.

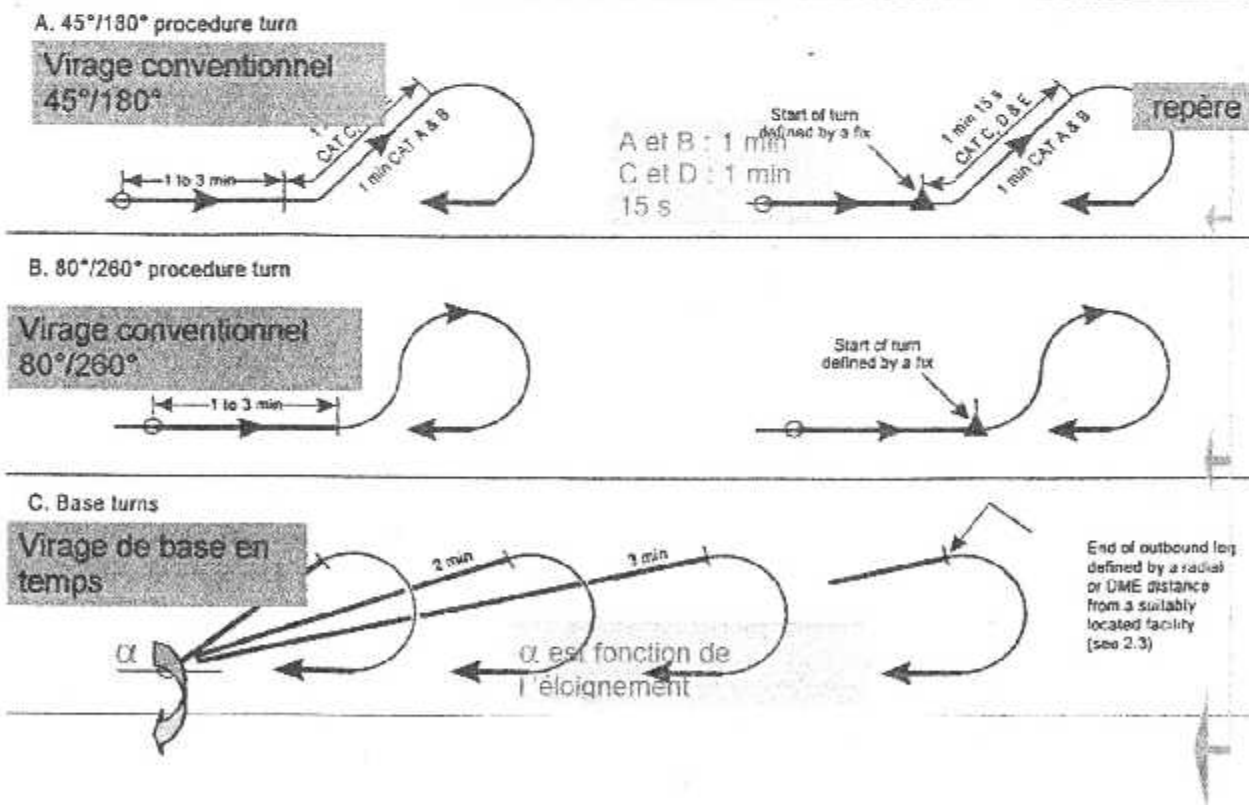


Figure II-9 type de procédures d'inversion

II.3.6 Segment d'approche intermédiaire

Le segment intermédiaire permet de préparer la vitesse et la configuration de l'aéronef en vue de l'atterrissage. Dans le cas d'une approche classique avec repère d'approche finale (FAF), il débute à l'IF et se termine au FAF, dans le cas d'une procédure classique sans FAF, le segment d'approche intermédiaire n'existe pas (voir figure II-10).

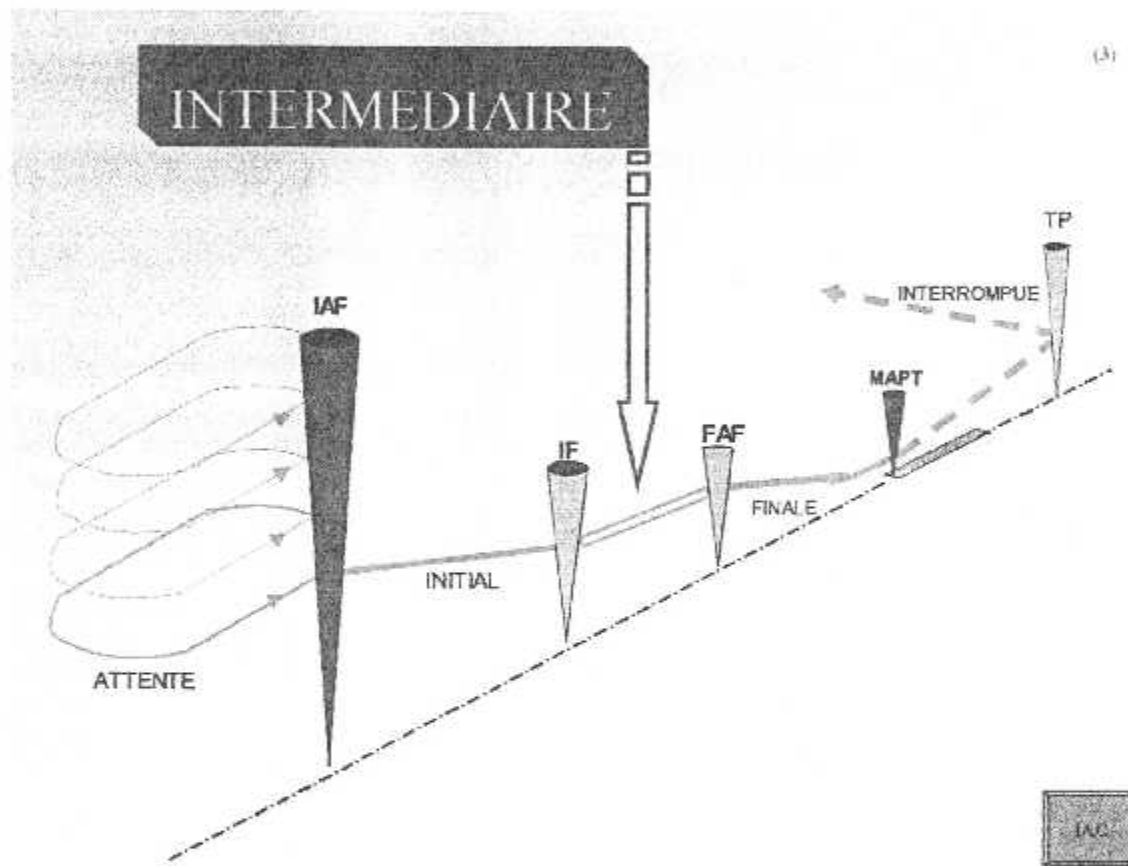


Figure II-10 segment intermédiaire

II.3.7 Segment d'approche finale

Partie d'une procédure d'approche aux instruments au cours de laquelle sont exécutés l'alignement et la descente en vue de l'atterrissage.

Le segment d'approche finale devrait dans toute la mesure du possible être aligné sur la piste. Il commence au point d'approche finale FAF et se termine au point d'approche interrompue MAPT (voir figure II-11).

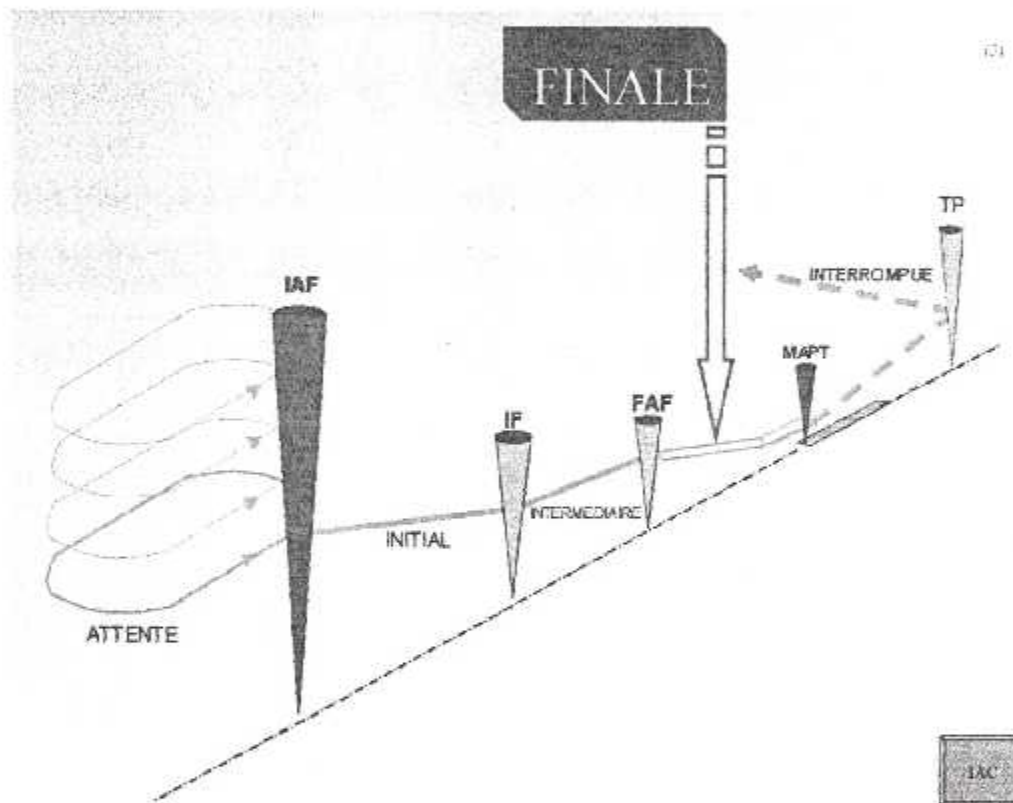


Figure II-11 segment final

II.3.8 Segment d'approche interrompue

La procédure d'approche interrompue, cette procédure permet de rejoindre une altitude suffisante pour recommencer la procédure ou pour la diriger vers un aéroport de dégagement. L'approche interrompue se décompose en trois phases initiale, intermédiaire et finale (voir figure II-12).

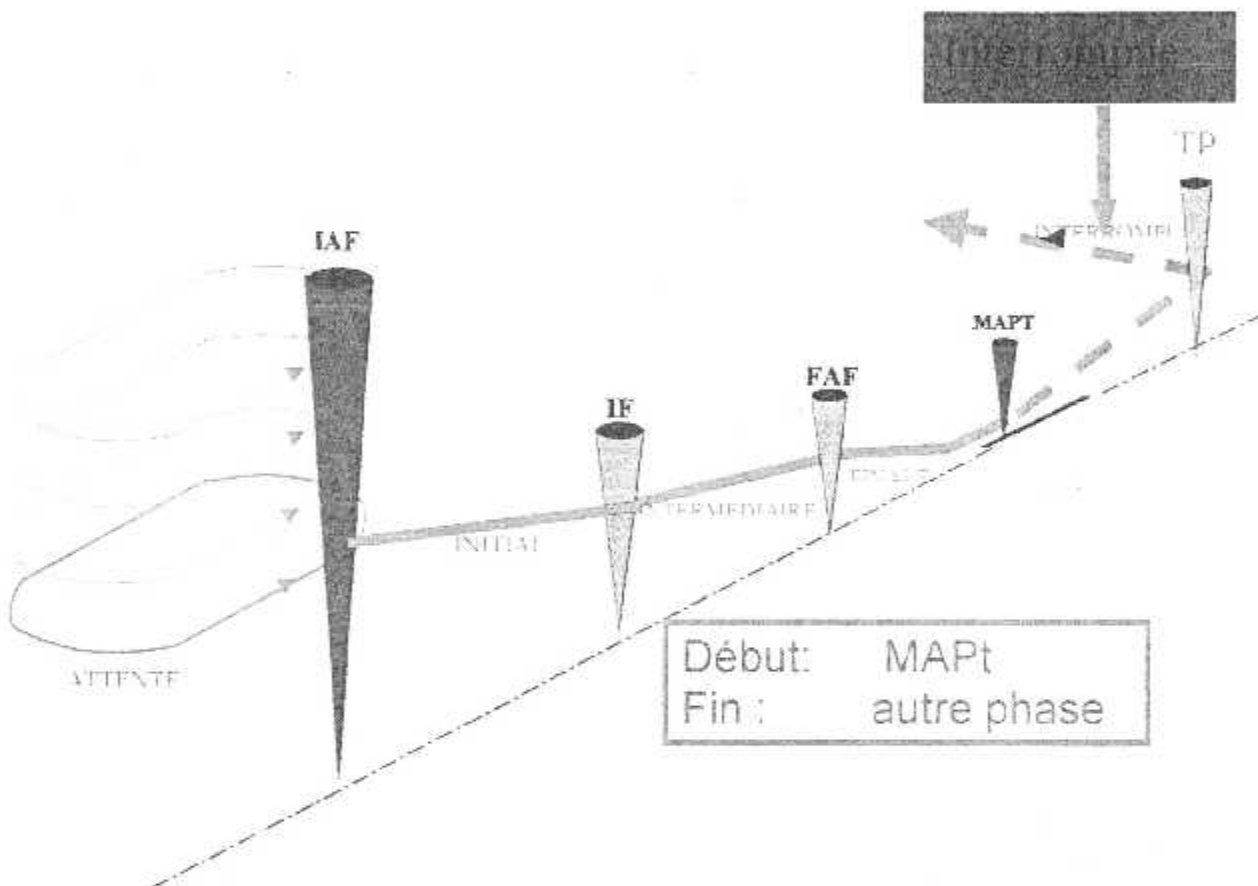


Figure II-12 segment interrompue

II.3.8.1 Phase initiale : c'est la phase de transition entre l'approche finale et la montée de l'approche interrompue. Elle commence au point d'approche interrompue **MAPT** et se termine au point de montée **SOC**. La MFO est égale à 30m.

II.3.8.2 Phase intermédiaire : au cours de cette phase la montée se poursuit en régime stabilisé jusqu'à une hauteur minimale prédéfinie ou un point de virage **TP**. Où une MFO de 50m est acquise et maintenue

II.3.8.3 Phase finale : la phase finale commence à la hauteur minimale prescrite pour les virages et se poursuit jusqu'au point de la nouvelle approche, l'attente ou la reprise du vol en croisière est amorcé. Cette phase peut être représentée par une trajectoire rectiligne ou bien par différents types de virages si la topologie ou d'autres facteurs rendent un virage nécessaire dans une procédure d'approche interrompue.

Un virage prescrit en phase finale d'approche interrompue, peut être amorcé à une A/H désignée ou à un TP désigné, selon le cas.

Virage amorcé a une A/H :

Un virage est prescrit lorsqu'on atteint une altitude ou hauteur spécifiée en vue de tenir compte de deux sortes d'obstacles pénalisants.

Un obstacle situé dans la direction de l'approche interrompue en ligne droite et qui doit être évité.

Un obstacle situé par le travers de la trajectoire d'approche interrompue en ligne droite et qui doit être survolé.

Virage amorcé a un TP désigné :

Un TP désigné est choisi pour permettre à un aéronef d'éviter un obstacle situé droit devant lui.

Dans le cas d'une approche de précision, la carte d'approche ne mentionne pas de MAP, car l'approche interrompue débute au point où l'on atteint, l'OCH (en pratique, la DH) sur le plan de descente.

PHASES DE L'API

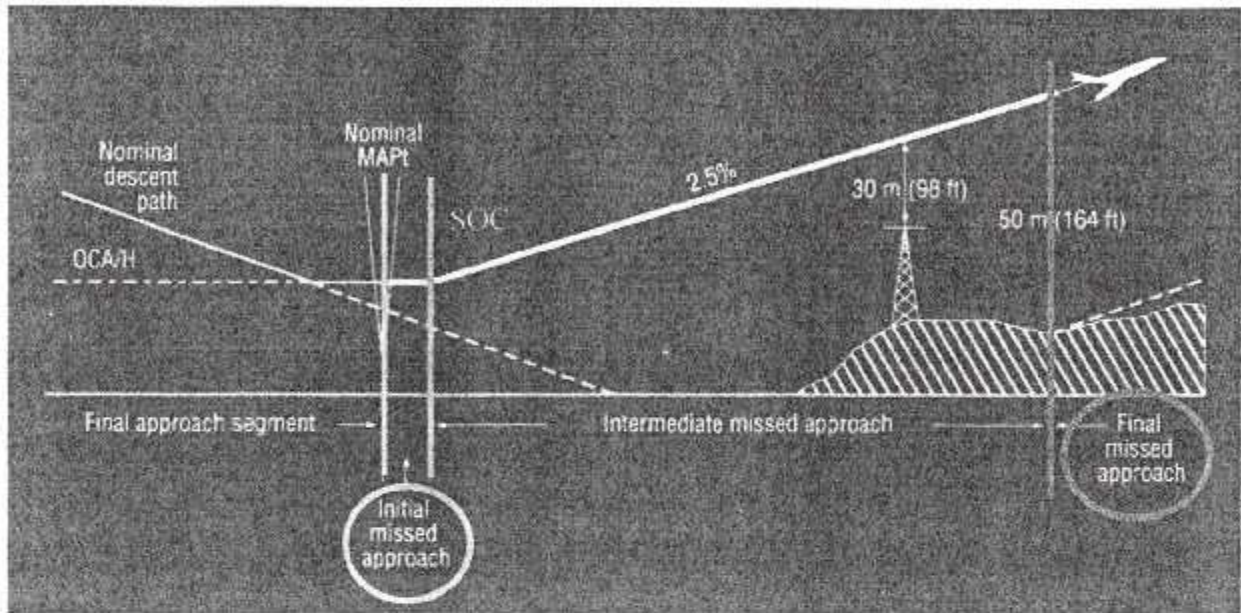


Figure II-13 phase d'une approche interrompue

II.4 Différentes phases de la procédure d'approche de précision

II.4.1 Définition d'une procédure de précision

Procédure d'approche aux instruments qui utilise les informations de guidage fournies par les systèmes de précisions tel que ILS.

L'installation ILS est classée en catégories de performances. On distingue trois classes de catégories.

ILS :

Le système d'approche aux instruments (instrument landing system) est une aide radioélectrique à l'atterrissage et il est le plus précis des systèmes d'approche actuellement utilisés ; ce système exige :

- ♣ Des installations au sol
- ♣ Une instrumentation de bord
- ♣ Une carte de procédure

Il permet de guider l'avion et de l'amener à environ 200 pieds AGL à 0,5 NM du seuil, même en conditions IMC. Le pilote (ou le pilote automatique dans certains avions) va suivre les indications de son récepteur de bord pour maintenir sa trajectoire dans l'axe de la piste et sur le bon plan de descente.

II.4.2 Segment d'approche initial

Phase de transition entre le vol en croisière et le début de la procédure d'approche, son but est de mener l'avion vers le repère d'approche intermédiaire IF.

II.4.3 Segment d'approche intermédiaire

C'est l'ensemble des trajectoires qui amènent l'avion sur l'axe de la piste vers l'interception du localizer.

II.4.4 Segment d'approche finale

C'est le suivi de l'ILS jusqu'au point d'approche interrompue (MAPt). L'atterrissage se poursuivra, sinon il faudra effectuer une procédure de remise des gaz.

après une procédure d'inversion ou en approche

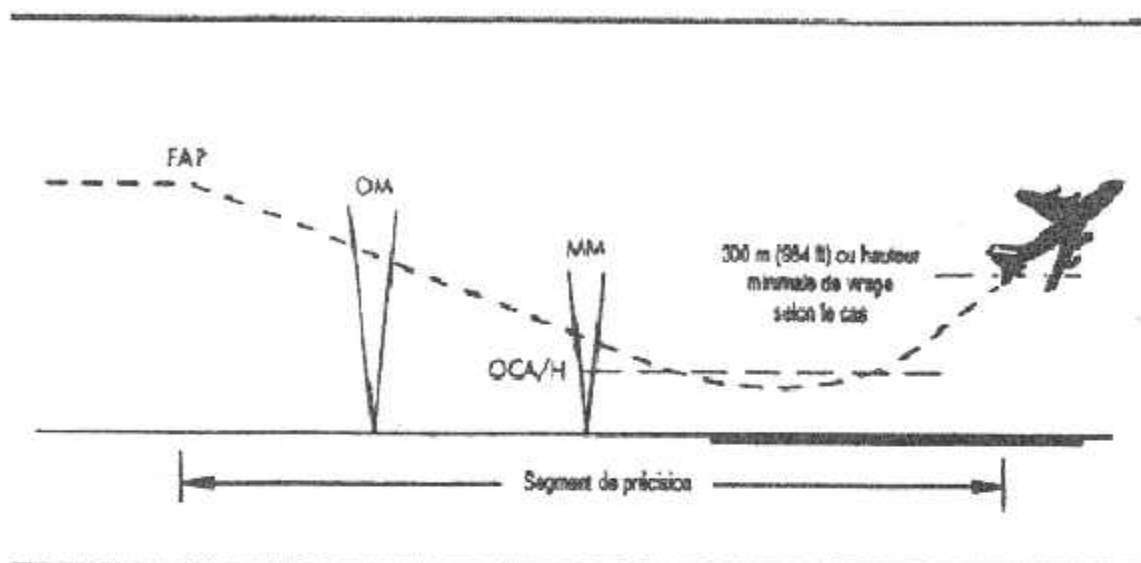


Figure III-21-5. Segment de précision

11/11.03

Figure II-14 segment de précision

II.4.5 Segment d'approche interrompue

II.4.5.1 Phase initiale

C'est la phase de transition entre l'approche finale et la montée de l'approche interrompue. Elle commence au point d'approche interrompue **MAPT** et se termine au point de montée **SOC**. La MFO est égale à 30m.

II.4.5.2 Phase intermédiaire

Au cours de cette phase la montée se poursuit en régime stabilisé jusqu'à une hauteur minimale prédéfinie ou un point de virage **TP**. Où une MFO de 50m est acquise et maintenue

II.4.5.3 Phase finale d'approche interrompue

Dans ce cas, la phase finale est définie de la même manière qu'en procédure classique, seulement elle commence au point où le segment de précision se termine.

II.5 Procédure d'approche à vue

Lorsque l'atterrissage ne peut être direct, une manœuvre à vue (approche indirecte) est prévue pour rejoindre le seuil de piste. On distingue :

II.5.1 Manœuvre à vue libre

Elle est effectuée à l'issue d'une procédure aux instruments en vue d'atterrir dans une direction différente de celle de l'approche finale (le pilote n'a pas de trajectoire à respecter, mais est supposé rester à l'intérieur des limites de l'aire de protection associée à la catégories d'aéronef).

II.5.2 Manœuvre à vue imposée

Elle est effectuée à l'issue d'une procédure aux instruments, suivant une trajectoire définie avec précision à l'aide de repères visuels ou radioélectriques, en vue d'atterrir dans une direction différente de celle de l'approche finale.

Chapitre III

Elaboration manuelle des procédures d'approches

III.1 Introduction

Une procédure d'approche aux instruments peut comporter cinq segments distincts, à savoir les segments d'arrivée, segment initial, segment intermédiaire, segment final l'approche interrompue et une attente.

Bien qu'une procédure comporte plusieurs segments distincts, ceux-ci ne sont pas indépendants et toute modification de l'un d'entre eux peut avoir des répercussions sur les autres.

La conception d'une procédure d'approche ou de départ aux instruments est liée à la nature des moyens de radionavigation utilisés (approche classique ou de précision, utilisation du DME). [2], [3].

III.2 Attente

III.2.1 Estimation du nombre de niveaux de vol

Le nombre de niveau de vol utilisable simultanément doit implicitement correspondre au nombre d'aéronefs susceptibles d'amorcer la procédure d'attente en même temps.

Supposons que l'on souhaite de disposer d'au moins de quatre niveaux d'attente

III.2.2 Paramètres de l'aire de protection

1. **Altitude** : l'altitude pression maximale de protection doit être au moins égale à la plus grande des AMS, L'altitude considérée pour la protection est au moins égale à la plus grande des altitudes minimales de secteur basées sur le point d'attente.

2. **Température** : La température considérée est supérieure de 15° à la température standard au niveau considéré, sauf si l'existence de statistiques de températures permet d'adopter un écart différent.

3. **Vitesse** : dans les calculs utilisés pour la construction des procédures d'approche aux instruments. On fait intervenir la notion de la vitesse vraie (vitesse propre) exprimé en nœuds. Cette dernière est déterminée à partir de la vitesse indiquée (VI) en fonction de l'altitude et de la température à considéré pour une approche donnée.

*Vitesse vraie = vitesse indiquée * facteur de conversion.*

Inclinaison latérale en virage : Les virages sont exécutés avec une inclinaison latérale minimale de 25° , ou à une vitesse angulaire de $3^\circ/s$ si l'inclinaison qui en résulte est inférieure à 25° .

Minutage ou distance d'éloignement :

$$T = 1 \text{ min si l'altitude de protection est } \leq 1400'$$

$$T = 1,5 \text{ min si l'altitude de protection est } > 1400'$$

III.2.3 Calcul des paramètres pour la construction de l'aire de protection du circuit d'attente

Calculs avec les unités SI		Calculs avec les unités hors SI	
Facteur de conversion K		Facteur de conversion K	
Vitesse propre $V=K*VI$	km/h	Vitesse propre $V=K*VI$	kt
$v = V/3600$	km/s	$v = V/3600$	NM/s
$R=943,27/V$	$^\circ/s$	$R=509,26/V$	$^\circ/s$
Rayon de virage $r = V/62,83*R$	km	Rayon de virage $r = V/62,83*R$	NM
Altitude en millier de mètres h		Altitude en millier de pieds h	
Vitesse du vent $W=12*h+87$	km/h	Vitesse du vent $W=2*h+47$	kt
$W'=W/3600$	km/s	$W'=W/3600$	NM/s
$E45=45W'/R$	km	$E45=45W'/R$	NM
Temps $t=60*T$	secondes	Temps $t=60*T$	seconds
Longueur du parcours d'éloignement		Longueur du parcours d'éloignement	
$L= v * t$	km	$L=v*t$	NM
$ab=5*v$	km	$ab=5*v$	NM
$ac=11*v$	km	$ac=11*v$	NM
$Gi1=Gi3= (t-5)*v$	km	$Gi1=Gi3= (t-5)*v$	NM
$Gi2=Gi4= (t+21)$	km	$Gi2=Gi4= (t+21)$	NM
$Wb=5*W'$	km	$Wb=5*W'$	NM
$Wc=11*W'$	km	$Wc=11*W'$	NM
$Wd=Wc+E45$	km	$Wd=Wc+E45$	NM
$Wf= Wc+3 *E45$	km	$Wf= Wc+3 *E45$	NM
$Wg= Wc+4 *E45$	km	$Wg= Wc+4 *E45$	NM
$Wh=Wb+4 *E45$	km	$Wh=Wb+4 *E45$	NM
$Wo=Wb+5 *E45$	km	$Wo=Wb+5 *E45$	NM

$W_p = W_b + 6 * E_{45}$	km	$W_p = W_b + 6 * E_{45}$	NM
$W_{i1} = W_{i3} = (t+6) * W' + 4 E_{45}$	km	$W_{i1} = W_{i3} = (t+6) * W' + 4 E_{45}$	NM
$W_{i2} = W_{i4} = W_{i1} + 14 W'$	km	$W_{i2} = W_{i4} = W_{i1} + 14 W'$	NM
$W_j = W_{i2} + E_{45}$	km	$W_j = W_{i2} + E_{45}$	NM
$W_k = W_l = W_{i2} + 2 E_{45}$	km	$W_k = W_l = W_{i2} + 2 E_{45}$	NM
$W_m = W_{i2} + 3 E_{45}$	km	$W_m = W_{i2} + 3 E_{45}$	NM
$W_{n3} = W_{i1} + 4 E_{45}$	km	$W_{n3} = W_{i1} + 4 E_{45}$	NM
$W_{n4} = W_{i2} + 4 E_{45}$	km	$W_{n4} = W_{i2} + 4 E_{45}$	NM
$X_e = 2 * r + (t+15) * v + (t+26+195/R) * W'$	km	$X_e = 2 * r + (t+15) * v + (t+26+195/R) * W'$	NM
$Y_e = 11 * v * \cos 20 + r * (1 + \sin 20) + (t+15) * v * \operatorname{tg} 5 + (t+26+125/R) * W'$	km	$Y_e = 11 * v * \cos 20 + r * (1 + \sin 20) + (t-15) * v * \operatorname{tg} 5 + (t+26+125/R) * W'$	NM
Tolérance du repère NDB		Tolérance du repère NDB	
$Z_N = h * \operatorname{tg} 40$	km	$Z_N = h * \operatorname{tg} 40$	NM
$Q_N = Z_N * \sin 15^\circ$	km	$Q_N = Z_N * \sin 15^\circ$	NM
Tolérance du repère VOR		Tolérance du repère VOR	
$Z_V = h * \operatorname{tg} 50$	km	$Z_V = h * \operatorname{tg} 50$	NM
$Q_V = 0,2 * h$	km	$Q_V = 0,033 * h$	NM

III.2.4 construction de l'aire de protection de l'attente

Gabarit du circuit d'attente

Une fois que les calculs du tableau ci-dessus sont terminés, *le gabarit* est établi comme suit :

Influence des tolérances de navigation :

1. marquer les points « b » et « c » sur l'axe de la procédure, ces points représentent respectivement la position amont et la position aval du début d'un virage d'éloignement en air calme
2. tracer un arc de 180° de rayon r, tangent à l'axe de la procédure en « c », qui représentent le virage d'éloignement aval en air calme
3. marquer les points « d », « e », « f » et « g » sur cet arc à 45°, 90°, 135° et 180° de « c »

5. marquer les points « h », « o » et « p » sur cet arc à 180° , 225° et 270° de « b »
6. du point « g », tracé deux droites à 5° de part et d'autre du parcours d'éloignement nominal
7. marquer les points « i1 », « i2 », « i3 » et « i4 » sur ces droites, les points « i1 », « i2 », « i3 » et « i4 » déterminent l'aire contenant la position en air calme du début du virage de rapprochement.
8. tracer un arc de 180° de rayon r et de centre le point situé à la distance r au dessous de « i2 » sur la perpendiculaire au parcours d'éloignement nominal, tracer un arc de 189° de rayon r commençant en « i2 » et finissant en « n2 »
9. marquer les points « j » et « k » sur cet arc à 45° et 90° de « i2 »
10. tracer l'arc correspondant commençant en « i4 » et finissant en « n4 »
11. marquer les points « l » et « m » sur cet arc à 90° et 135° de « i4 »

La fin du virage de rapprochement en air calme se trouve dans l'aire n1, n2, n3 et n4 déduite de i1, i2, i3, i4 par une translation égale au diamètre du virage nominal.

Influence du vent :

12. tracer des arcs de centre « b », « c », « d », « e » et « f » et de rayon « wb », « wc », « wd » et « we »
13. tracer deux arcs de centre « g » et « h » et de rayon wg et wh
14. tracer la tangente commune entre les deux arcs précédente
15. tracer les arcs de centre « o » et « p » et de rayon « wo » et « wp »

Le contour du gabarit est composé de :

- ♣ L'enveloppe spirale des arcs centrés en « e », « f » et « g »
- ♣ L'arc centré en « i1 » et la tangente commune à cet arc et à la spirale l
- ♣ La tangente commune aux arcs centrés en « i1 » et « i2 »
- ♣ L'enveloppe spirale des arcs centrés en « i2 », « j » et « k », l'enveloppe spirale
- ♣ Des arcs centrés en « l », « m » et « n4 » et leur tangente commune
- ♣ Les arcs centrés en « n3 » et « n4 » et leur tangente commune
- ♣ La tangente à l'arc centre en « n3 » et à la spirale l.

Voir Figure (III-1)

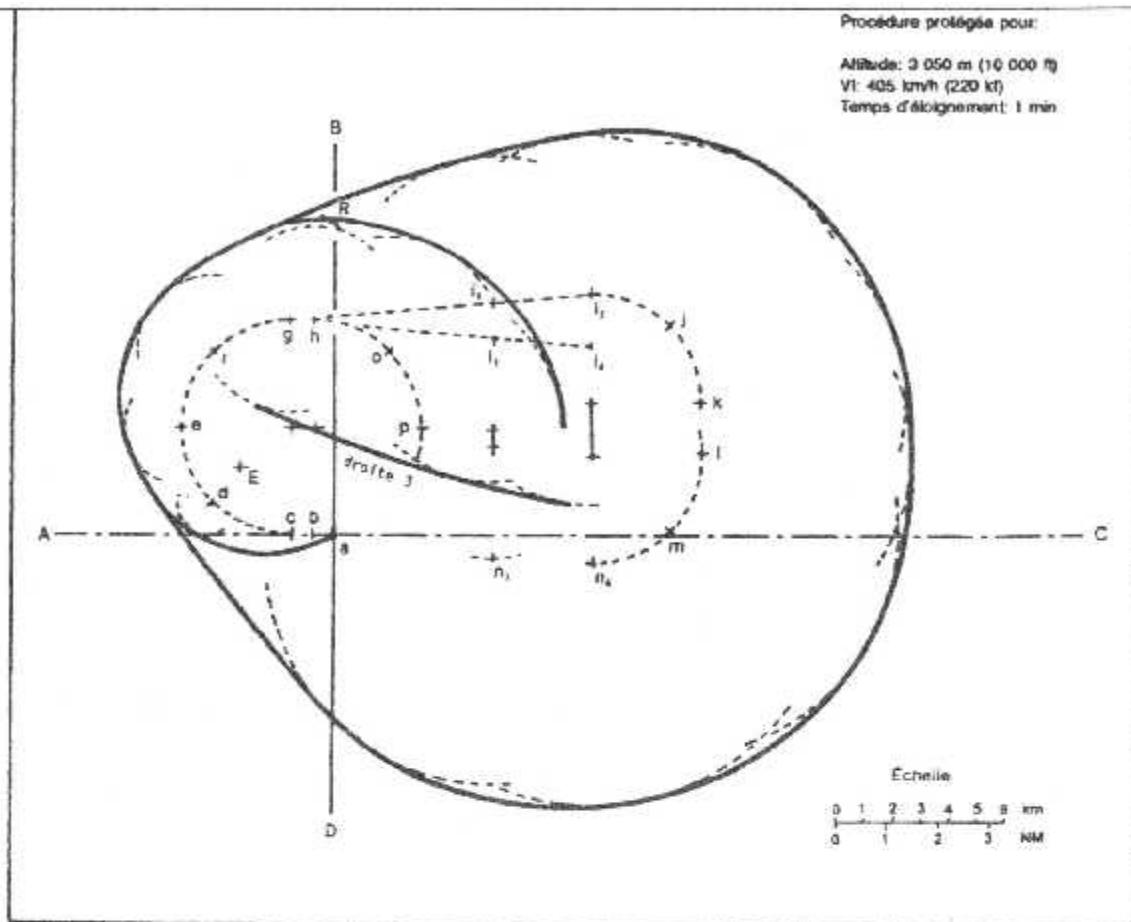


Figure (III-1) Gabarit de circuit d'attente.

Aire de base et aire d'entrées omnidirectionnelles Verticale installation

La protection du parcours d'éloignement dans la direction de l'axe D est représentée par les tangentes aux arcs centrés en « g », « i3 » et « i4 » ;

La protection d'un virage de plus de 180° est représentée par :

L'enveloppe spirale des arcs en « c », « d », « e », « f » et « g » et la tangente à cette spirale.

- Marquer le point R. ce point sert à déterminer la position de la radiale de garde de façon que cette radiale ne traverse pas l'aire contenant la fin du virage d'éloignement.

- Marquer le point E. ce point sert à déterminer l'aire d'entrée omnidirectionnelle dans la direction des axes C et D il est caractérisé par les coordonnées XE et YE à partir du périmètre du gabarit *Voir Figure (III-2).*

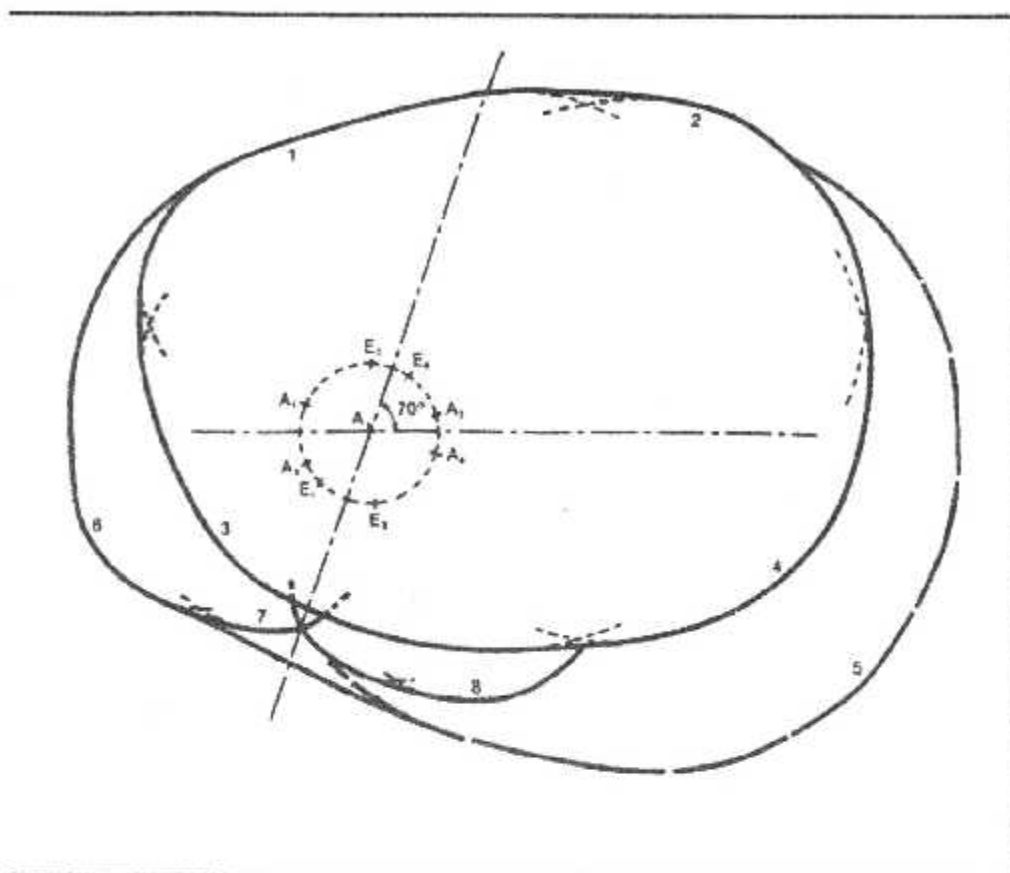


Figure (III-2) Air de base et aires d'entrée omnidirectionnelles Verticale installation

III.3 Virage de base

Les paramètres sur lesquels se fonde la procédure d'inversion sont :

1. **Altitude** : altitude de l'aérodrome
2. **Température** : atmosphère type international pour l'altitude de l'aérodrome augmentée de 15°.
3. **Vitesse** : vitesse propre calculée à partir de la vitesse indiquée maximale corrigée à l'altitude de virage.
4. **vitesse du vent** : un vent omnidirectionnel de 30 nœuds est utilisé comme paramètre pour les virages
5. **angle moyen d'inclinaison latérale** : 15°
6. **tolérance du repère** : selon le type du repère (voir annexe)
7. **tolérance technique de vol** : 6s (3s : délai de perception + 3s : délai de mise en virage).

III.3.1 Calcul des paramètres associés à la construction du gabarit de virage de base

Calculs avec les unités SI		Calculs avec les unités hors SI	
Facteur de conversion K		Facteur de conversion K	
Vitesse propre $V=K*VI$	km/h	Vitesse propre $V=K*VI$	NM
$V = V/3600$	km/s	$v = V/3600$	NM/s
La moins élevée des valeurs suivantes		La moins élevée des valeurs suivantes	
$R=943,27/V$ ou 3	°/s	$R=509,26/V$	°/s
Rayon de virage $r = V/62,83*R$	km	Rayon de virage $r = V/62,83*R$	NM
Altitude en millier de mètres h	km	Altitude en millier de pieds h	
Vitesse du vent $W=12*h+87$	km/h	Vitesse du vent $W=2*h+47$	kt
$W'=W/3600$	km	$W'=W/3600$	NM/s
$E=W'/R$	km	$E=W'/R$	NM
$\phi =$ pour $V \leq 315$ km/h $\phi=36/T$		pour $V \leq 170$ kt $\phi=36/T$	
pour $V > 315$ km/h $\phi=0,116 V/T$	°	pour $V > 170$ kt $\phi=0,215V/T$	°
$T=60*T$	secondes	$t=60*T$	secondes

$L=v*t$	km	$L=v*t$	NM
$ZN = h * \text{tg}40^\circ$	km	$ZN = 0,164 * h * \text{tg}40$	NM
$L=v*t$	km	$L=v*t$	NM
$Ab1 = ab3 = (t-5)(v-w') - ZN$	km	$Ab1 = ab3 = (t-5)(v-w') - ZN$	NM
$Ab2=ab4 = (t+21)(v+w') + ZN$	km	$Ab2=ab4 = (t+21)(v+w') + ZN$	NM
$Wd=Wg=50 * E$	km	$Wd=Wg=50 * E$	NM
$We=Wf=Wh=100 * E$	km	$We=Wf=Wh=100 * E$	NM
$Wi=190 * E$	km	$Wi=190 * E$	NM
$Wj= 235 * E$	km	$Wj= 235 * E$	NM
Angle de dérive $d = \text{arc sin } (W/V)$	°	Angle de dérive $d = \text{arc sin } (W/V)$	°
$N3l=11*v$	km	$N3l=11*v$	NM
$Wl=11*W'$	km	$Wl=11*W'$	NM
$Wm=Wl+50 * E$	km	$Wm=Wl+50 * E$	NM
$Wn=Wl+100 * E$	km	$Wn=Wl+100 * E$	NM

III.3.2 Méthode de construction de l'aire du virage de base

A) aire primaire :

1. tracer une droite représentant l'axe de la procédure et marquer le point « a » à l'emplacement du repère.
2. tracer le parcours d'éloignement et le virage de rapprochement.
3. à partir du point « a » tracer deux droites formant un angle de $5,2^\circ$ pour un VOR et de $6,9^\circ$ pour un NDB, de part et d'autre du parcours d'éloignement nominal.
4. marquer les points « b1 », « b2 », « b3 » et « b4 » sur ces droites.
5. en prenant pour centre le point « c2 », à la distance r de « b2 » sur la perpendiculaire au parcours nominal d'éloignement et avec un rayon r, tracer un arc commençant en « b2 ».
6. marquer les points d et e à 50° et 100° de virage par rapport à b2.
7. tracer un arc commençant en « b4 » et marquer le point « f » à 100° de virage par rapport à « b4 ».
8. tracer un arc commençant en b3 et marquer les points « i », « j » à 1190° et 135° de virage par rapport à « b3 ».
9. tracer des arcs de centre « d », « e », « f », « i », « j », et de rayon wd, we, wf, wi et wj.

10. tracer une tangente à l'arc centré sur « e » et formant un angle d avec la perpendiculaire à la trajectoire de rapprochement et marquer le point « k » à l'intersection de cette tangente avec la trajectoire de rapprochement. En prenant pour centre « c5 » à une distance r , de « k » sur la trajectoire nominale de rapprochement.

11. tracer un arc commençant en « k » ayant r comme rayon.

12. marquer les point « g » et « h » à 50° et 100° de virage par rapport à « k ».

13. tracer des arcs de centre « g », « h » de rayon w_g et w_h

Le contour du gabarit est composé de :

- ♣ L'enveloppe spirale des arcs centrés en « d » et « e »
- ♣ L'enveloppe spirale des arcs centrés en « g » et « h »
- ♣ L'enveloppe spirale des arcs centrés en « i » et « j »
- ♣ Tangente passant par « a » à la spirale 1
- ♣ La tangente aux spirales 1 et 2 ou la tangente à la spirale 1 et à l'arc « f »
- ♣ Une partie de l'arc « f », et la tangente à l'arc « f » et à la spirale 2
- ♣ La tangente aux spirale 2 et 3
- ♣ La tangente passant par « a » à la spirale 3.

B) aire secondaire :

Tracer la limite de l'aire secondaire à une distance de 4,6 Km (2,5NM) du périmètre de l'aire primaire.

Voir Figure (III-3)

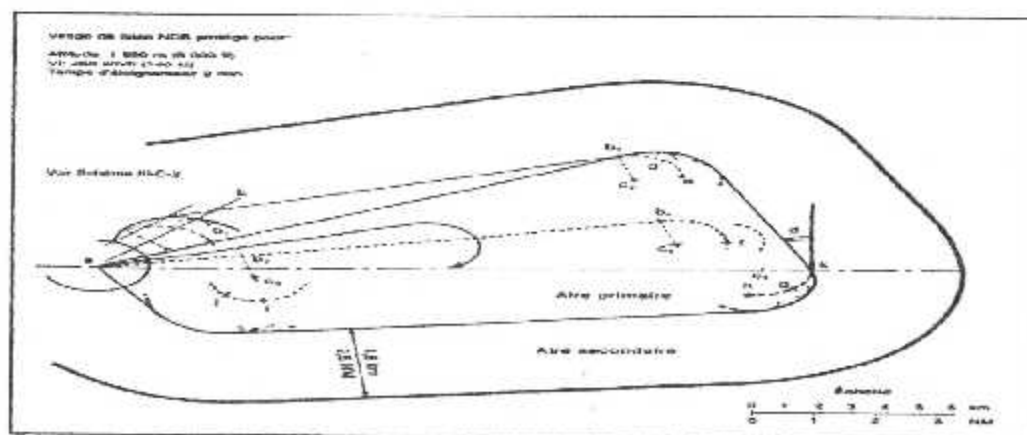


Figure (III-3) Air de virage de base

III.4 Virage conventionnel

Les paramètres de protection du virage conventionnel

1. *Altitude* : altitude de l'aérodrome
2. *Température* : atmosphère type international pour l'altitude de l'aérodrome augmentée de 15°
3. *Vitesse indiquée (VI)* : valeur mentionnée dans le tableau ci-dessus
4. *Vitesse propre* : VI ci-dessus corrigée en fonction de 1 et 2
5. *vitesse du vent* : un vent omnidirectionnel de 30 nœuds est utilisé comme paramètre pour les virages
6. *angle moyen d'inclinaison latérale* : 15°
7. *tolérance du repère* : selon le type du repère (voir annexe)
8. *tolérance technique de vol* : 6s (3s : délai de perception + 3s : délai de mise en virage).

III.4.1 Calcul des paramètres associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 45°-180°

Calculs avec les unités SI		Calculs avec les unités hors SI	
Facteur de conversion K		Facteur de conversion K	NM
Vitesse propre $V=K*VI$	Km/h	Vitesse propre $V=K*VI$	NM
$V = V/3600$	Km/s	$v = V/3600$	NM
$R=943,27/V$	°/s	$R=509,26/V$	NM
Rayon de virage $r = V/62,83*R$	Km	Rayon de virage $r = V/62,83*R$	NM
Altitude en millier de mètres h		Altitude en millier de pieds	
Vitesse du vent $W=12*h+87$		Vitesse du vent $W=2*h+47$	
$W'=W/3600$	Km/s	$W'=W/3600$	NM
$E=W'/R$	Km/°	$E=W'/R$	NM/°
$ab=5*v$	Km	$ab=5*v$	NM
$cd=(t-5-45/R)*v$	Km	$cd=(t-5-45/R)*v$	NM
$cd1=cd3=cd-5*v$	Km	$cd1=cd3=cd-5*v$	NM
$cd2=cd4=cd+15*v$	Km	$Gi2=Gi4=(t+21)$	NM
$Wc=5*W'+45 *E$	Km	$Wc=5*W'+45 *E$	NM
$Wd2=Wd4=(t+15)*W'$	Km	$Wd2=Wd4=(t+15)*W'$	NM
$Wf= Wd2+50*E$	Km	$Wf=Wd2+50*E$	NM
$Wg= Wh=Wd2+100*E$	Km	$Wg= Wh=Wd2+100*E$	NM
$Wi=Wd2+150*E$	Km	$Wi2=Wi4=Wi1+14W'$	NM
$Wj=Wd2+200*E$	Km	$Wj= Wd2+200*E$	NM
$Wk=(t-5)*W'+200*E$	Km	$Wk=(t-5)*W'+200*E$	NM
$Wl=Wk+50*E$	Km	$Wl=Wk+50*E$	NM
Tolérance du repère NDB		Tolérance du repère NDB	
$ZN= h*tg40$	Km	$ZN= h*tg40$	NM
$QN=ZN* \sin 15^\circ$	Km	$QN=ZN* \sin 15^\circ$	NM
Tolérance du repère VOR		Tolérance du repère VOR	
$ZN= h*tg50$	Km	$ZN= h*tg50$	NM
$QN=0,2*h$	Km	$QN=0,033*h$	NM

III.4.2 Méthode de construction de l'aire de protection du virage conventionnel 45°-180°

A) aire primaire

Trajectoire nominale

1. tracer une droite représentant l'axe de la trajectoire et marquer les points « a » et « b » sur celle-ci.
2. tracer à partir de « b » le virage d'éloignement nominal de 45° jusqu'en « c ».
3. tracer entre « c » et « d » le parcours d'éloignement nominal et à partir de « d » le virage de rapprochement nominal de 180°.

Influence des tolérances techniques de vol

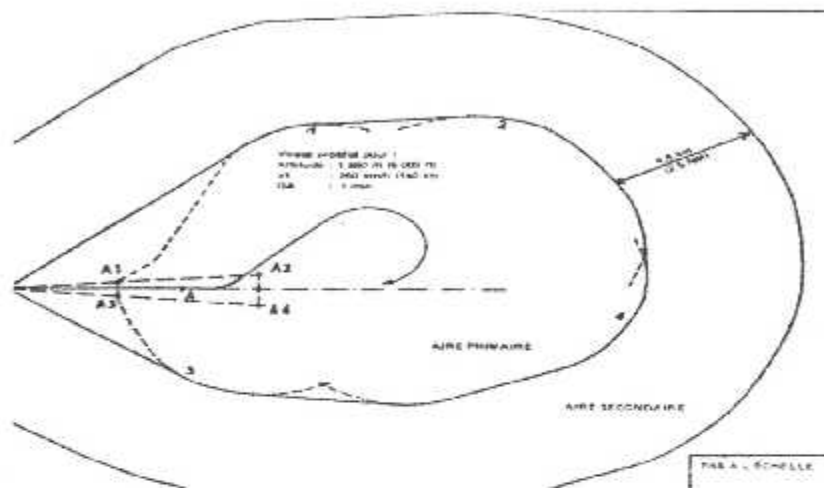
4. à partir du point « c », tracer deux droites formant un angle de 5° de part et d'autre du parcours d'éloignement nominal.
5. marquer les points « d1 », « d2 », « d3 » et « d4 » sur ces droites.
6. en prenant pour centre le point « e2 » à la distance r de « d2 » sur la perpendiculaire au parcours d'éloignement nominal droite passant par « d2 », « d4 » tracer le virage de rapprochement de rayon r commençant en « d2 ».
7. marquer les points « f » et « g » sur cet arc à 50° et 100° de « d2 ».
8. tracer les arcs de centre respectivement « e3 », « e4 » commençant en « d3 » « d4 ».
9. marquer les points « h », « i » et j à 100, 150, 200 de d4 et les points « k » et « l » à 200 et 250 de « d3 ».

Le contour du gabarit se compose de :

- ♣ la tangente passant par « a » à l'arc centré en « c ».
- ♣ tangente commune aux arcs centrés en « c » et « d2 ».
- ♣ l'enveloppe spirale des arcs centrés en « d2 », « f » et « g ».
- ♣ l'enveloppe spirale des arcs centrés en « h », « i » et « j ».
- ♣ l'enveloppe spirale des arcs centrés en « k » et « l ».
- ♣ la tangente commune aux spirales 3 et 4
- ♣ les tangentes communes aux spirales 4 et 5.
- ♣ tangente passant par « a » à la spirale 5.

B) aire secondaire :

Tracer la limite de l'aire secondaire à une distance de 4,6 Km (2,5NM) du périmètre de l'aire primaire. Voir figure (III-4).



III- 4 gabarit pour virage conventionnel 45°-180°

III.4.3 Calcul des paramètres associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 80°-260°

Calculs avec les unités SI		Calculs avec les unités hors SI	
Facteur de conversion K		Facteur de conversion K	NM
Vitesse propre $V=K*VI$	Km/h	Vitesse propre $V=K*VI$	NM
$V = V/3600$	Km/s	$v = V/3600$	NM
$R=943,27/V$	°/s	$R=509,26/V$	NM
Rayon de virage $r = V/62,83*R$		Rayon de virage $r = V/62,83*R$	
Altitude en millier de mètres h		Altitude en millier de pieds	
Vitesse du vent $W=12*h+87$		Vitesse du vent $W=2*h+47$	
$W'=W/3600$		$W'=W/3600$	
$E=W'/R$	Km/°	$E=W'/R$	NM/°
$ab=5*v$	Km	$ab=5*v$	NM
$de = die1 = d2e2 = 10v$		$de = die1 = d2e2 = 10v$	
$We2=15*W'+85*E$	Km	$We2=15*W'+85*E$	NM
$Wh=Wd2+175*E$	Km	$Wh=Wd2+175*E$	NM
$Wi=15*W'+220*E$	Km	$Wi=15*W'+220*E$	NM
$Wj=15*W'+265*E$	Km	$Wj= Wd2+200*E$	NM
$Wk= 15*W'+255*E$	Km	$Wk=15W'+255*E$	NM
$Wl=15*W'+300*E$	Km	$Wl=15*W'+300*E$	
$Wm=15*W'+345*E$	Km	$Wk=15*W'+345*E$	NM
Tolérance du repère NDB		Tolérance du repère NDB	
$ZN= h*tg40$	Km	$ZN=h*tg40$	NM
$QN=ZN* \sin 15^\circ$	Km	$QN =ZN* \sin 15^\circ$	NM
Tolérance du repère VOR		Tolérance du repère VOR	
$ZN= h*tg50$	Km	$ZN=h*tg50$	NM
$QN=0,2*h$	Km	$QN=0,2*h$	NM

III.4.4 Méthode de construction de l'aire de protection du virage conventionnel 80°-260°

A) aire primaire

Trajectoire nominale

1. tracer une droite représentant l'axe de la trajectoire et marquer les points « a » et « b » sur celle-ci.
2. tracer à partir de « b » le virage d'éloignement nominal de 45° jusqu'en « c ».
3. tracer entre « c » et « d » le parcours d'éloignement nominal et à partir de « d » le virage de rapprochement nominal de 180°.

Influence des tolérances techniques de vol

4. à partir du point « c », tracer deux droites formant un angle de 5° de part et d'autre du parcours d'éloignement nominal.
5. marquer les points « d1 », « d2 », « d3 » et « d4 » sur ces droites.
6. en prenant pour centre le point « e2 » à la distance r de « d2 » sur la perpendiculaire au parcours d'éloignement nominal droite passant par « d2 », « d4 » tracer le virage de rapprochement de rayon r commençant en « d2 ».
7. marquer les points « f » et « g » sur cet arc à 50° et 100° de « d2 ».
8. tracer les arcs de centre respectivement « e3 », « e4 » commençant en « d3 » « d4 ».
9. marquer les points « h », « i » et j à 100, 150, 200 de d4 et les points « k » et « l » à 200 et 250 de « d3 ».

Le contour du gabarit se compose de :

- ♣ la tangente passant par « a » à l'arc centré en « c ».
- ♣ tangente commune aux arcs centrés en « c » et « d2 ».
- ♣ l'enveloppe spirale des arcs centrés en « d2 », « f » et « g ».
- ♣ l'enveloppe spirale des arcs centrés en « h », « i » et « j ».
- ♣ l'enveloppe spirale des arcs centrés en « k » et « l ».
- ♣ la tangente commune aux spirales 3 et 4
- ♣ les tangentes communes aux spirales 4 et 5.
- ♣ tangente passant par « a » à la spirale 5

B) aire secondaire :

Tracer la limite de l'aire secondaire à une distance de 4,6 Km (2,5NM) du périmètre de l'aire primaire.

Voir figure (III-5)

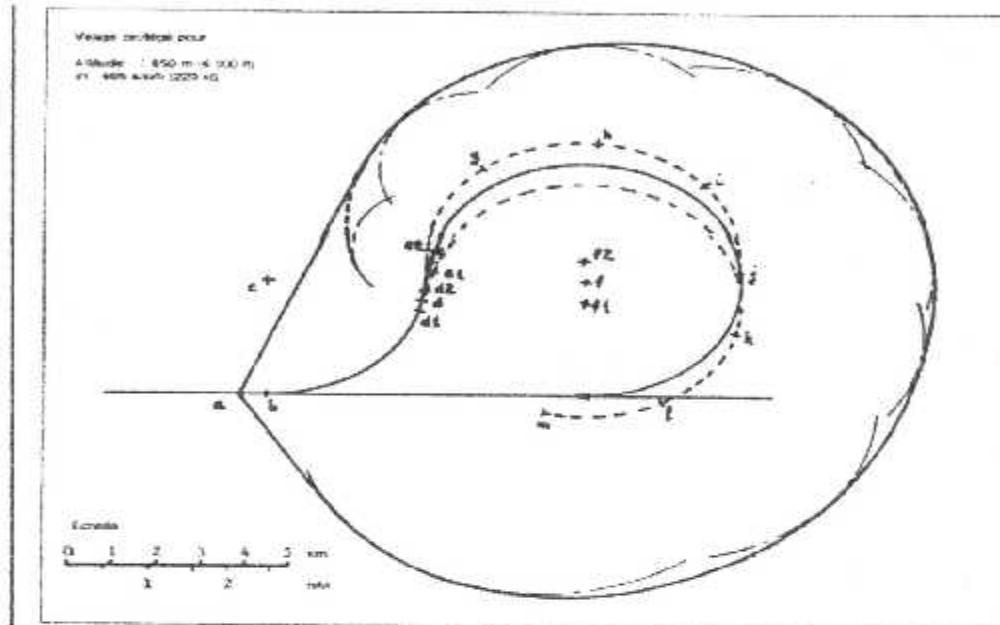


Figure III-5 gabarit pour virage conventionnel 80°-260°

III.5 Surfaces d'ILS de base et l'OAS

III.5.1 Définition

Les surfaces OAS est un ensemble formé de six surfaces planes et inclinées (désignées par les lettres W, X, Y, Z) disposées symétriquement par rapport au segment de précision et au plan horizontal passant par le seuil (voir figure III-6)

$$Z = Ax + By + C$$

X, y, z : coordonnées de position.

A, B, C : constantes spécifiées.

Des ensembles distincts de constantes sont spécifiés pour les catégories I et II d' ILS

Catégorie d'exploitation I :

Les surfaces OAS de catégories I sont limitées par la longueur du segment de précision et, à l'exception des surfaces W et X, par une hauteur maximale de 300m.

Catégorie d'exploitation II :

Les surfaces OAS de catégories I sont limitées par une hauteur de 150m.

Systeme de coordonnées :

Les positions des obstacles sont indiquées en fonction d'un système de coordonnées x, y, z avec :

- ♣ Origine : seuil de piste
- ♣ Axe des x : parallèle au segment de précision, les valeurs positives sont mesurées en amont du seuil et les valeurs négatives en aval du seuil.
- ♣ Axe des y : perpendiculaire à l'axe des x (voir fig. III-6)

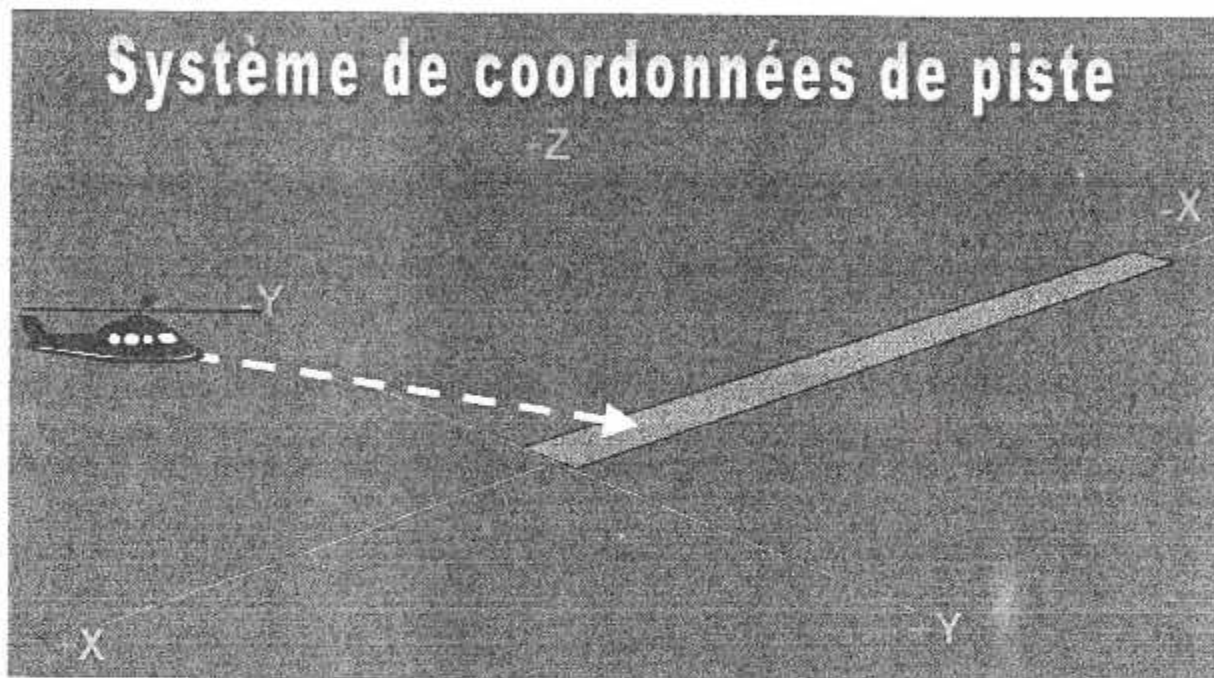


Figure III-6 système de coordonnées

III.6 Rayon de virage (méthode de la spirale)

Les paramètres qui sont fondées sur le calcul du rayon de virage sont les suivants :

- ♣ Altitude de virage.
- ♣ Température.
- ♣ Vitesse de départ.
- ♣ Facteur de conversion k .
- ♣ Vitesse propre $v_p = v_i * k$.
- ♣ Vitesse vent $w = 30 \text{ kts}$.
- ♣ Inclinaison latérale du virage correspondant à la phase de départ est égale à 15° .
- ♣ Tolérance technique du vol : 3 s pour le délai de réaction de pilote à $V_p + 30 \text{ kts}$, 3 s pour la mise en virage à $v_p - 30 \text{ kts}$.

Dans plusieurs phases de la construction d'une procédure il est nécessaire de calculer les rayons de virage correspondant à une valeur donnée de vitesse vraie et angle d'inclinaison latéral avec la possibilité de tenir compte d'une limite de vitesse angulaire de virage de $3^\circ/\text{s}$ (vitesse angulaire de virage normalisée),

Le rayon de virage r en Km (NM) peut être calculé comme suit :

- a) Calculer la vitesse angulaire de virage R (en degré/second) pour l'angle d'inclinaison α (en degré) et la vitesse vraie en Km/h (kT) spécifiés.

Si la valeur calculée de R dépasse $3^\circ/\text{s}$, utiliser la valeur de $3^\circ/\text{s}$ dans les calculs ultérieurs.

$$R = \frac{6355 * \text{tg} \alpha}{\pi * v} \text{ (degré/s)}; \text{ Avec } v \text{ en Km/h}$$

$$R = \frac{3431 * \text{tg} \alpha}{\pi * v} \text{ (en degré/s)}; \text{ avec } v \text{ en kT}.$$

- b) Calculer le rayon de virage r

$$r = \frac{v}{20 * \pi * R} \text{ (en NM)}.$$

c) Pour la construction des aires de virage, il faut tenir compte de l'effet d'un vent pour un changement de cap de 90° (exprimé en Km [NM]). Cette valeur de vitesse de vent w en Km/h (kT) peut être calculée comme suit :

$$E = \frac{w}{40 * R} \text{ (en NM et en Km)}$$

Voir Figure (III-4)

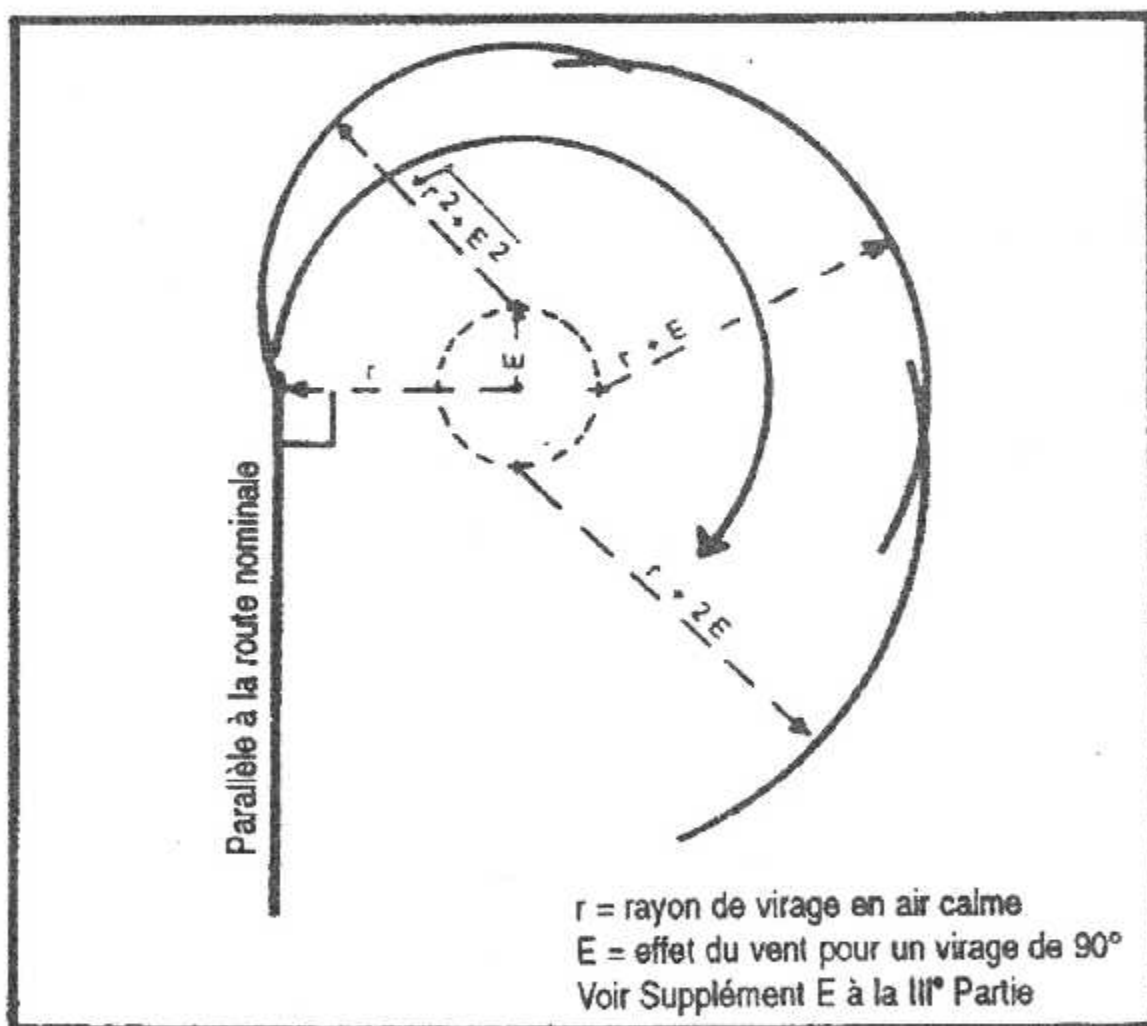


Figure (III-4) La spirale du vent

III.7 Construction des aires de protection

Après avoir initié le lecteur à travers les chapitres précédents aux procédures d'approche aux instruments en lui donnant une description générale de ses différentes phases, et dans le but de ménager un espace aérien sécurisant et suffisant (ce que l'on appelle aire de protection).

III.7.1 Tracé des aires de protection pour les procédures classique

À chaque phase d'approche, on associe une aire de protection qui se divise en une aire primaire et une aire secondaire.

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

Aire secondaire : aire définie de part et d'autre de l'aire primaire le long de la trajectoire nominale.

III.7.1.1 Aire de protection associée à un segment d'approche initiale

tracé de cette aire se base sur les facteurs suivants :

- ✦ Position du repère IAF par rapport au seuil ;
- ✦ Position du repère IF ;
- ✦ Type de l'installation qui fournit le guidage ;
- ✦ Position de cette installation ;
- ✦ L'aire associée au segment d'approche initiale est déterminé en joignant les limites de l'aire partant du point IAF à ceux de l'aire partant du point IF.
- ✦ La longueur du segment d'approche initiale n'est pas normalisée, cette longueur doit être suffisante pour permettre le changement d'altitude requis par la procédure.
- ✦ La largeur de ce segment d'approche initiale se divise en deux parties, aire primaire et aire secondaire.

L'aire de protection associée à ce segment dépend du moyen de guidage utilisé à l'IAF et à l'IF, et de la longueur du segment.

III.7.1.2 Aire de protection associée à un segment d'approche finale

La largeur de l'aire de protection du segment d'approche finale est fonction des paramètres suivants :

- ♣ Installation utilisée pour le guidage ;
- ♣ Position de l'installation par rapport au seuil ;
- ♣ Position du point FAF ;
- ♣ Position du point MAPt ;

III.7.1.3 Aire de protection associée à un segment d'approche interrompue

III.7.1.3.1 Phase initiale

L'aire de protection associée à cette phase est basée sur les éléments suivants :

- ♣ Les coordonnées de positions par rapport au seuil du moyen radioélectrique et des points MAPt et TP ;
- ♣ La tolérance du repère MAPt (voir annexe) ;
- ♣ La distance parcourue pendant 15s de vol ;
- ♣ La vitesse du vent de 10 nœuds ;

Le tracé de cette aire consiste à :

- ♣ Placer les points MAPt et SOC aux coordonnées de positions correspondantes.
- ♣ La largeur de l'aire au point MAPt qui est celle de l'aire d'approche finale, s'évase le long de la phase initiale selon un angle égale au degré de précision de l'équipement de guidage (voir fig.).

III.7.1.3.2 Phase intermédiaire

Les coordonnées des points SOC et TP ainsi que la largeur de l'aire au point SOC, représentent les paramètres à utiliser pour le tracé de l'aire de protection associée à cette phase.

La largeur de l'aire associée à cette phase sera le prolongement des limites de l'aire associée à la phase initiale d'approche interrompue

III.7.1.3.3 Phase finale

Dans le cas où une trajectoire rectiligne est prescrite en phase finale d'approche interrompue, l'aire de protection associée à cette phase est obtenue en prolongeant les limites de l'aire associées à la phase intermédiaire.

Par contre si des virages sont prescrits lors de cette phase, ils seront protégés par des limites intérieures et extérieures aux virages.

Dans cette phase on distingue deux types de virages :

- ♣ Virage amorcé à une altitude/hauteur.
- ♣ Virage amorcé à un TP désigné.

III.7.2 Aire de protection associée aux manœuvres à vue libre et imposé

Les dimensions de l'aire de manœuvre à vue (approche indirecte) varient selon la catégorie de l'avion. Pour déterminer les limites de cette aire pour une catégorie donnée, tracer à partir du centre du seuil de chaque piste utilisable un arc de cercle de rayon approprié. À partir des extrémités des arcs adjacents, on tire des tangentes à ces arcs. L'aire ainsi définie est l'aire de manœuvre à vue.

III.7.3 Aire de protection associée au segment de précision

L'aire de protection associée au segment de précision (segment d'approche finale et les phases initiale et intermédiaire de l'approche interrompue) est représentée par les surfaces d'évaluation d'obstacles OAS.

Les surfaces OAS est un ensemble formé de six surfaces planes et inclinées (désignées par les lettres W, X, Y, Z) disposées symétriquement par rapport au segment de précision et au plan horizontal passant par le seuil.

CHAPITRE IV

Elaboration des procédures d'approches de l'aérodrome de « DJANET »

IV.1 Présentation de l'aérodrome de DJANET

IV.1.1 Indicateur d'emplacement et nom de l'aérodrome

DAAJ-DJANET/Tiska [6],

IV.1.2 Données géographiques et administratives à l'aérodrome

- ♣ Coordonnées du point de référence et emplacement de l'aérodrome : 241735N
0092707E
- ♣ Direction et distance de ville : 19 NM au sud de la ville
- ♣ Altitude/Température de référence : 968 mètres/38°C
- ♣ Déclinaison magnétique/Variation annuelle : 0°W(1997)
- ♣ Types de trafic autorisés (IFR/VFR) : IFR/VFR

IV.1.3 Heure de fonctionnement

- ♣ Administration de l'aérodrome : 0730 /1530
- ♣ Douane et contrôle des personnes : Présence pendant les heures de vol
- ♣ Santé et services sanitaires : En ville
- ♣ Bureau de piste AIS : 0600 /1800
- ♣ Bureau de piste ATS (ARO) : Néant
- ♣ Bureau de piste MET : H 24 (station MET)
- ♣ Service de la circulation aérienne : 0600/1800
- ♣ Avitaillement en carburant : 0600/1800
- ♣ Service d'escale : Présence pendant les heures de vol
- ♣ Sécurité : H 24
- ♣ Dégivrage : Néant

IV.1.4 Service de sauvetage et de lutte contre l'incendie

- ♣ Catégorie de l'aérodrome pour la lutte contre l'incendie : CAT 5
- ♣ Equipement de sauvetage : VIPP 1/VIPP 2 /VMA 71

IV.1.5 Aire de trafic, voie de circulation et emplacement de vérification

Surface et résistance de l'aire de trafic : Béton bitumineux – 30T/SIWL 38T/J 65T/B

- ✦ Largeur, Surface et résistance des voies de circulation : 25 mètres, Béton bitumineux, 30T/SIWL 38T/J 65T/B
- ✦ Position et altitude des emplacement de vérification des altimètres : PRKG en ville

IV.1.6 Obstacles d'aérodrome**IV.1.6.1 Aires d'approche et de décollage**

Néant

IV.1.6.2 Aires de manœuvres à vue et aérodrome

Aires de manœuvres à vue et aérodrome			Coordonnées	Observations
Type d'obstacle	Hauteur	Marquage et balisage lumineux		
Type d'obstacle	Hauteur	Marquage et balisage lumineux		
A			B	
Pylône	32M	Balisé nuit	241726N 0092457 ^E	
Pylône	45M	Balisé nuit	241724N 0092756 ^E	
Antenne DME	11M	Balisé jour et nuit	241716N 0092712 ^E	

IV.1.7 Caractéristiques physiques des pistes

Numéro de piste	Relèvements		Dimensions des RWY (m)	Résistance (PCN) et revêtement des RWY et SWY	Coordonnées du seuil	Altitude du seuil et altitude du point le plus élevé de la TDZ de la piste de précision	
	VRAI	MAG				THR	TDZ
1	2		3	4	5	6	
13	125°	125°	3000x45	30T/SIWL 38T/J 65T/B Béton bitumineux	2411735N 0092707E	964m	
31	305°	305°			241637N 0092837E	966 m	
02	022°	022°	2400x45	51 F/B/W/T Béton bitumineux	-	957 m	
20	202°	202°			964 m		

Pente de RWY-SWY	Dimensions SWY (m)	Dimensions CWY (m)	Dimensions de la bande	Zone dégagée d'obstacle	Observations
7	8	9	10	11	12
0,3%	100x45				SWY 13inutilisable
0,3%	-				
-	-				
-	100x45		2500x300		

IV.1.8 Distances déclarées

Désignation de la piste	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)	Observations
1	2	3	4	5	6
13	3000	3000	3100	3000	
31	3000	3000	3000	2400	
02	2400	2400	2400	2400	
20	2400	2400	2500	2400	

IV.1.9 Espace aérien ATS

1	Désignation et limites latérales	DJANET CTR Cercle de 10NM de rayon sur 241716N 00992712 ^E
2	Limites verticales	900 m/GND
3	Classification de l'espace aérien	D
4	Indicatif d'appel et langues de l'organe ATS	DJANET Tour,Fr,En
5	Altitude de transition	2400 mètres
6	Observations	

IV.1.10 Installation de télécommunication des services de la circulation aérienne

Désignation du service	Indicatif d'appel	Fréquence	Heure de fonctionnement	Observations
1	2	3	4	5
TWR	DJANET TOUR	118.1-119.7 (s)	0600/1800	Néant
VDF	DJANET GONIO	118.1-119.7 (s)	0600/1800	
FIS	DJANET RADIO	8894	0600/1800	

IV.1.11 Aides de radionavigation et d'atterrissage

Type d'aide CAT d'ILS (pour NDB/ILS indiquer déclinaison)	Identification	Fréquence	Heure de fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Observation
1	2	3	4	5	7
DVOR/DME (0°W 1997)	DJA	114.1 CH 88X	H24	241716N 0092712 ^E	200NM/FL200
NDB	DJA	418	H24	241712N 0092718 ^E	168° 750M THR13

IV.2 Conception de la procédure d'approche aux instruments classique (NDB RWY 13)

IV.2.1 Les arrivées

L'étude de la phase d'arrivée permet de déterminer les altitudes minimales des secteurs (MSA). On a examiné les obstacles situés à l'intérieur du cercle de (25+5) NM au tour du point de base de la procédure NDB DJA (point centré sur l'NDB DJA) nous a conduit à un découpage de 4 secteurs [3], [4] :

1. secteur 1 : NORD – EST QDM180° - QDM270° :

ALT1= obstacle 1+ MFO-végétation

La MFO dans notre cas on la prend 450 notre choix revient a la réglementation OACI en premier lieu et comme la région est une zone montagneuse on s'est référé aux obstacles

L'obstacle le plus haut dans ce secteur se trouve à une hauteur de 1852 m donc

$$\text{MSA} = 1852 + 25 + 450 = 2327\text{m} \approx 2350\text{m}$$

2. secteur2 secteur sud QDM 270° –QDM 90°

L'obstacle le plus haut dans ce secteur se trouve à une hauteur de 1706m donc

$$\text{MSA} = 1706 + 25 + 450 = 2156\text{m} \approx 2200\text{m}$$

3. secteur3 secteur NORD -OUEST QDM 90°- QDM 180°

L'obstacle le plus haut dans ce secteur se trouve à une hauteur de 1701 m donc

$$\text{MSA} = 1701 + 25 + 450 = 2151\text{m} \approx 2200\text{m}$$

4. secteur4 QDM 270° –QDM 90°

L'obstacle le plus haut dans ce secteur se trouve à une hauteur de 1609 m donc

$$\text{MSA} = 1609 + 25 + 450 = 2059\text{m} \approx 2100\text{m}$$

Les altitudes minimales de secteur indiquent que le relief environnant l'enceinte aéroportuaire est important ce qui implique que durant la phase d'approche, les aéronefs doivent perdre une importante altitude

IV.2.2 ATTENTE

IV.2.2.1 Estimation du nombre de niveau de vol

Les services de la circulation aérienne souhaitent avoir 4 niveaux au minimum pour l'attente. Le nombre de niveaux de vol utilisables simultanément doit implicitement correspondre au nombre d'aéronefs susceptibles d'amorcer la procédure d'attente en même temps.

Le circuit d'attente va être exécuté à la verticale NDB DJA en supposant que l'entrée est omnidirectionnelle ;

IV.2.2.2 Eléments de protection

Altitude maximale de protection :

l'altitude pression de protection doit être au moins égale à la plus grande des AMS, calculée dans l'étape des arrivées majoré de 600 mètres(2000ft), cette majoration forfaitaire nous donne la valeur la plus élevée de l'altitude pression correspondant à chaque altitude minimale d'arrivée ;

$$Z_p = 2350 + 450 = 2800\text{m}$$

$$Z_p \approx 9200\text{ft arrondi à } 10000\text{ft}$$

Le choix de cette altitude pression ; pour avoir plus de sécurité pour les aéronefs

IV.2.2.3 Paramètres de l'attente

Type de moyen : NDB DJA

Vi max de protection : 230KT

Zp max de protection : 10000ft (3048m)

Température : ISA+20

Temps d'éloignement : 1 minute

Vent : OACI

Entrée : omnidirectionnelle

Echelle 1/200000

IV.2.2.4 L'orientation de l'attente

L'orientation de la branche de rapprochement de l'attente doit correspondre si possible à l'orientation de la branche d'éloignement de l'inversion, on utilise un écart de $\pm 30^\circ$

IV.2.2.5 Tracé de l'aire de protection de l'attente

Ce référent au schéma calque (fig. IV- 1)

L'aire de protection de la procédure d'attente est constituée d'une aire de base et d'une zone tampon

1. construction de l'aire de base

Elle se fait en deux étapes

Étape 1 tracé du gabarit : le gabarit est tracé en prenant compte des éléments de protection et des paramètres de l'attente choisis.

Ce gabarit tient compte de tous les facteurs qui peuvent amener un aéronef à s'écarter du circuit nominal, à l'exception de ceux qui se rapportent à l'aire de tolérance du repère,

IV.2.2.6 Calcul des paramètres pour la construction de l'aire de protection du circuit d'attente

Facteur de conversion $K=1,2063$
Vitesse propre $V=K*VI=514\text{km/h}$
$v = V/3600=0,1427\text{km/s}$
$R=943,27/V=1,8351^\circ/\text{s}$
Rayon de virage $r = V/62,83*R=4,4583\text{km}$
Altitude en millier de mètres $h=H/1000=3,048\text{km}$
Vitesse du vent $W=12*h+87=123,567\text{km/h}$
$W'=W/3600=0,03432\text{km/s}$
$E45=45W'/R=0,84\text{km}$
Temps $t=60*T =60\text{ seconds}$
Longueur du parcours d'éloignement $L=v*t=8,562\text{km}$
$ab=5*v=0,7135\text{km}$
$ac=11*v=1,5697\text{km}$
$Gi1=Gi3= (t-5)*v=7,8485\text{km}$
$Gi2=Gi4= (t+21)=11,55\text{km}$
$Wb=5*W'=0,1715\text{km}$
$Wc=11*W'=0,3773\text{km}$
$Wd=Wc+E45=1,2183\text{km}$
$We=Wc+2* E45=2,06\text{km}$
$Wf= Wc+3 *E45=2,897\text{km}$

$W_g = W_c + 4 * E_{45} = 3,737 \text{ km}$
$W_h = W_b + 4 * E_{45} = 3,5355 \text{ km}$
$W_o = W_b + 5 * E_{45} = 4,3765 \text{ km}$
$W_p = W_b + 6 * E_{45} = 5,2175 \text{ km}$
$W_{i1} = W_{i3} = (t+6) * W' + 4 E_{45} = 5,6278 \text{ km}$
$W_{i2} = W_{i4} = W_{i1} + 14 W' = 6,1084 \text{ km}$
$W_j = W_{i2} + E_{45} = 6,9439 \text{ km}$
$W_k = W_l = W_{i2} + 2 E_{45} = 7,7884 \text{ km}$
$W_m = W_{i2} + 3 E_{45} = 8,6363 \text{ km}$
$W_{n3} = W_{i1} + 4 E_{45} = 8,9878 \text{ km}$
$W_{n4} = W_{i2} + 4 E_{45} = 9,4654 \text{ km}$
$X_e = 2 * r + (t+15) * v + (t+26+195/R) * W' = 26,21 \text{ km}$
$Y_e = 11 * v * \cos 20 + r * (1 + \sin 20) + (t+15) * v * \text{tg} 5 + (t+26+125/R) * W' = 13,675 \text{ km}$
Tolérance du repère NDB
$Z_N = \text{htg} 40 = 3,048 * \text{tg} 40 = 2,55 \text{ km}$
$Q_N = Z_N * \sin 15^\circ = 2,55 * 0,26 = 0,66 \text{ km}$

Etape 2

Le tracé de l'aire de base de la procédure d'attente est effectué en déplaçant l'origine du gabarit autour de l'aire de tolérance NDB et en ajoutant les aires nécessaires pour protéger les entrées

Etape 3

Enfin le gabarit est construit d'une zone tampon de 9.3 Km (5NM) est ajouté autour de l'aire de base.

38 → 81

IV.2.2.7 Altitude minimale de l'attente

Traitement d'obstacles

- ♣ aire de base : $A_0 = 1569 + 450\text{m (MFO)} = 2019\text{m}$
- ♣ 1^{er} zone tampon : $A_1 = 1234 + 450\text{m (100\% MFO)} = 1684\text{m}$
- ♣ 2^{eme} zone tampon : $A_2 = 1426 + 225\text{m (50\% MFO)} = 1651\text{m}$
- ♣ 3^{eme} zone tampon : $A_3 = 1566 + 180\text{ (40\% MFO)} = 1746\text{m}$
- ♣ 4^{eme} zone tampon : $A_4 = 1183 + 135\text{ (30\% MFO)} = 1318\text{m}$
- ♣ 5^{eme} zone tampon : $A_5 = 1881 + 90\text{ (20\% MFO)} = 1971\text{m}$

Donc l'altitude minimale est égale au max ($A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$) = $2019\text{m} \approx 2020\text{m}$

On vérifie le nombre de niveaux d'attente utilisable entre le niveau maximale d'attente et l'altitude maximale Z_p

IV.2.3 Segment initial (inversion catégories A/B/C/D)

Le segment d'approche initiale commence à l'IAF défini par la verticale de l'installation NDB DJA, tel que l'aéronef quitte l'attente et amorce sa descente en suivant une radiale 125° jusqu'à la verticale NDB DJA ou il exécutera une procédure d'inversion pour joindre la même trajectoire en sens inverse.

La phase initiale de la procédure est constituée par la branche d'éloignement et le virage de base.

IV.2.3.1 Calcul des paramètres

Pour $V_I=426 \text{ km/h} = 230 \text{ kt}$

Altitude = $2020 \text{ m} = 6627,22 \text{ ft}$

Temps : 2 min , Température : ISA +20°C

Facteur de conversion $K=1,1438$
Vitesse propre $V=K*V_I=487,21 \text{ km/h}$
$v = V/3600=0,1353 \text{ km/s}$
$R=943,27/V=1,94 \text{ }^\circ/\text{s}$
Rayon de virage $r = V/62,83*R=4 \text{ km}$
Altitude en millier de mètres $h=H/1000=2,02 \text{ km}$
Vitesse du vent $W=12*h-87=111,24 \text{ km/h}$
$W'=W/3600=0,03 \text{ km/s}$
$E=W'/R=0,02 \text{ km}$
ϕ : pour $V \leq 315 \text{ km/h}$: $\phi=36 \div T$: pour $V > 315 \text{ km/h}$: $\phi=0,116*V \div T = 28^\circ$
$z_N=h*\text{tg}40^\circ = 1,69 \text{ km}$
Temps $t=60*T=120 \text{ seconds}$
Longueur du parcours d'éloignement $L=v*t=16,24 \text{ km}$
$ab_1=ab_3=(t-5)(v-w')-z_N=10,32 \text{ km}$
$ab_2=ab_4=(t+21)(v+w')+z_N=25,1343 \text{ km}$
$W_d=W_g=50*E=0,79 \text{ km}$
$W_e=W_f=W_h=100*E=1,59 \text{ km}$
$W_i=190*E=3,03 \text{ km}$
$W_j=235*E=3,75 \text{ km}$
Angle de dérive $d = \text{arc sin}(W/V)=13,19^\circ$
$N_{3l}=11*v=1,49 \text{ km}$
$W_l=11*w'=0,34 \text{ km}$
$W_m=W_l+50*E=1,14 \text{ km}$
$W_n=W_l+100*E=1,94 \text{ km}$

IV.2.3.2 Aire de protection du virage de base

Dans la construction de l'aire de protection de l'inversion il est nécessaire de tenir compte des vitesses maximales et vitesses minimales (catégories A/B et cat. C/D). L'aire de protection de virage de base est la réunion des aires tracées à des vitesses max et min.

Le temps d'éloignement choisi 2 min pour la catégorie C/D et 2 min30 pour A/B

Le sens du virage à droite permet d'éviter certains obstacles voir fig IV -2

IV.2.3.3 L'altitude minimale de l'inversion (Cat A/B)

Aire primaire

L'obstacle significatif est d'altitude de 1211 m situé en aire primaire

$$ALT = A0 + MFO$$

$$ALT = 1211 + 300 = 1511 \text{ m}$$

$$ALT = 4957 \text{ ft arrondie à } 5000 \text{ ft.}$$

Aire secondaire

$$ALT = A1 + MFO (1 - d1/d2)$$

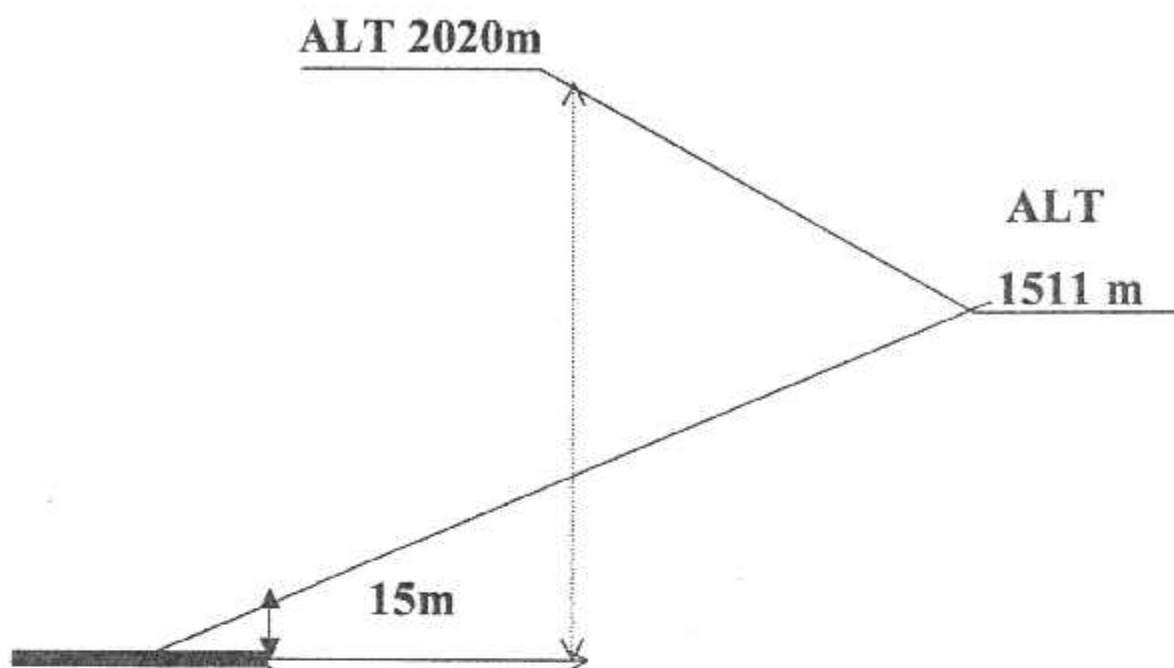
$$ALT = 1203 + 300(1 - 1,2/4,6) = 1347 \text{ m}$$

$$ALT = 4419 \text{ ft arrondie à } 4500 \text{ ft.}$$

Altitude minimale de vol : 5000 ft

IV.2.3.4 Taux de descente

La procédure étant protégée pour les catégories A, B, C et D le taux de descente maximum à prendre en compte est de 804 ft/min (CAT A et B) et de 1197 ft/min (CAT C et D) pour la branche d'éloignement. Pour les avions de catégorie A et B les 3 minutes d'éloignement permettent de perdre au maximum 2412 ft, et pour les avions de catégorie C et D les 2 minutes d'éloignement permettent de perdre au maximum 2394 ft Il est donc tout à fait possible de descendre sur ce segment de 2020 m (6627 ft arrondie à 6700 ft *altitude minimale d'attente*) à 5000 ft.



ALT 968 m 1000m NDB DJA

Dans notre cas on a pas de segment intermédiaire parce qu'on a pas de FAF les raisons sont les suivants :

- ✦ absence d'un repère
- ✦ absence d'une distance DME

Trajectoire	En éloignement		En rapprochement	
	CAT A/B	CAT C/D/E	CAT A/B	CAT C/D/E
Descente maximale pour la durée nominale du parcours d'éloignement de 1 min [m(ft)]	245 m (804 ft)	365 m (1197 ft)	150 m ✦ (492 ft)	230 m* (755 ft)

*

**Descente maximale à spécifier pour une procédure
D'inversion ou une procédure en hippodrome**

IV.2.4 Segment final

Au cours de ce segment est exécutée la descente en vue de l'atterrissage. Le segment d'approche finale commence au FAF et se termine au point d'approche interrompue MAPt voir fig. IV-3.

IV.2.4.1 Taux de descente

Dans notre cas le début de l'approche finale se situe à la fin du virage de rapprochement d'inversion (virage de base), les taux de descente à prendre en compte sont les suivants :

Catégorie d'aéronef	Taux de descente	
	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
A,B	120 m/min (394 ft/min)	200 m/min(655 ft/min)
C,D,E	180 m/min (590 ft/min)	305 m/min (1000 ft/min)

**Vitesse verticale de descente dans le segment
D'approche finale d'une procédure sans FAF**

Remarque : *il s'agit d'une procédure sans FAF.*

Rappel : On considère toujours que la trajectoire d'approche finale passe verticalement 50ft au-dessus du seuil.

On vérifie le taux de descente (max et min) pour chaque catégorie d'aéronef pour une approche sans FAF

Vérification de taux de descente :

Hauteur à perdre

Altitude minimale d'inversion – Altitude de passage au seuil

Soit $5000 \text{ ft} - (3176 + 50) = 1774 \text{ ft}$.

Durée de la finale :

T+ temps de parcours du seuil à l'installation à la vitesse minimale

Pour catégories A et B : $3 + 0,46 = 3,46 \text{ min}$

Pour catégories C et D : $2 + 0,46 = 2,46 \text{ min}$

Taux de descente :

CAT A et B : $1774 / 3,46 = 513 \text{ ft/min}$

CAT C et D : $1774 / 2,46 = 721 \text{ ft/min}$

Les deux valeurs sont inférieures au taux maximum de descente en finale et supérieurs au taux de descente minimal.

IV.2.4.2 Calcul de l'OCH finale

L'obstacle significatif est dans l'aire primaire.

MFO = 90 m (300 ft)

OCA = Altitude d'obstacle significatif + MFO

OCA = 1211 + 90 = 1301 m (4268 ft)

OCH = OCA - Altitude de seuil

OCH = 1301 - 964 = 337 m (1106 ft).

IV.2.5 Phase d'approche interrompue

Dans le cas d'approche classique, un MAPt est défini pour un aéronef descendu à la MDH, c'est la limite à laquelle le pilote est supposé remettre les gaz.

L'aire d'approche commence à la limite amont de l'aire de tolérance du MAPt avec une largeur égale à celle de l'aire d'approche finale à ce point voir fig. IV-4.

Choix du MAPt : l'NDB DJA étant le moyen radioélectrique utilisé pour l'étude de cette procédure

Tracé d'une approche interrompue en ligne droite

On trace d'abord l'aire associée à une trajectoire rectiligne située dans le prolongement de l'axe d'approche finale.

Largeur au travers du NDB = 1,25 NM de part et d'autre.

Evasement de l'aire = 10,3°

Division en aire primaire et aire secondaire (50%).

L'aire de protection :

La tolérance du repère est nulle, le MAPt est défini à la verticale d'un moyen radioélectrique qui est dans notre cas le NDB DJA.

Le SOC est défini par une distance correspondant à 15s de vol à $(V_p + 10kt)$.

VI.2.5.1 Les paramètres de calcul de l'API

$TA/H = OCA/H + dz \cdot \tan z$

Vitesse maxi d'API intermédiaire :

$V_{API \text{ intermédiaire}} = 185kt$

$V_{API \text{ finale}} = 265kt$

MAP = TP = 15m

Altitude : Altitude d'aérodrome + 1000ft = $(968 * 3,2808) + 1000 = 4176ft$

Température = ISA + 20

$$K = 1,1013$$

$$V_p = V_i * k = 185 * 1,1013 = 203,74 \text{ kt}$$

Vitesse du vent = 10 kt

$$V_s = 204 + 10 = 214 \text{ kt}$$

Temps = 15 s de vol

$$D (\text{SOC/MAPt}) = V_p * t = (214 * 1852) * (15 / 3600) = 1651,4 \text{ m}$$

Obstacle en approche interrompue

On note la présence de deux obstacles plus hauts dans l'aire en ligne droite :

L'obstacle de 981 m situé à 1600 m du SOC

L'obstacle de 972 m situé à 7400 m du SOC

Dans les calculs, les gains de hauteurs se font en tenant compte d'une pente de montée de 2,5% à partir du SOC. La hauteur au SOC est égale à l'OCAF et la distance du SOC à l'obstacle est mesurée perpendiculairement à la ligne du SOC.

Altitude requise au-dessus de l'obstacle 1 (981 m)

Altitude de l'obstacle	981 x 3,2808	3218ft
------------------------	--------------	--------

MFO d'API en ligne droite		100ft
---------------------------	--	-------

Altitude requise		3318ft
------------------	--	--------

Altitude minimale de passage au-dessus de l'obstacle 1

Altitude de départ (OCAF)	(337 + 968) x 3,2808	4281ft
---------------------------	----------------------	--------

Gain de hauteur (SOC - obstacle)		131ft
----------------------------------	--	-------

Altitude de passage		4413ft
---------------------	--	--------

Cet obstacle peut être franchi en ligne droite avec la MFO requise.

Altitude requise au-dessus de l'obstacle 1 (972 m)

Altitude de l'obstacle	972 x 3,2808	3189ft
------------------------	--------------	--------

Approche interrompue avec virage à une altitude

Le moyen radioélectrique disponible ayant servi à matérialiser le MAPt, le virage d'approche interrompue sera défini par une hauteur.

Sens de virage

En l'absence d'obstacle latéral très gênant, il est préférable de choisir un sens de virage qui ramène l'aéronef à proximité de la trajectoire de rapprochement de l'attente, ce qui facilite l'entrée dans celle-ci. Dans le cas présent, il s'agit d'un virage à gauche.

Tracé de la spirale associée au virage

$V_i = 265 \text{ kt}$ qui représente la vitesse maximale de la CAT D en approche interrompue finale

$K = 1,1013$ il correspond à ISA + 20°C et à l'altitude de l'aérodrome + 1000 ft

$V_p = V_i \times K = 292 \text{ kt}$

Taux de virage $R = 3431 \times \text{tg } 15^\circ / (V_p \times \pi) = 1^\circ/\text{s}$

Rayon de virage $r = V_p / (20 \times R \times \pi) = 4,65 \text{ NM}$

Calcul de l'effet du vent au cours du virage $E = w / 40R = 0,75 \text{ NM}$

REMARQUE : on prend ici une vitesse forfaitaire du vent de 30 kt.

Spirale de virage. La limite extérieure de l'air de virage est définie par une spirale qu'on obtient en appliquant un vent omnidirectionnel à la trajectoire de vol idéale (voir Figure).

Cercles limites. À titre de remplacement, on peut utiliser une méthode simplifiée qui consiste à tracer des cercles pour délimiter la spirale (voir Figure).

Les éléments nécessaires au tracé des cercles sont :

r = rayon de virage en aire calme

E = effet de vent correspondant au temps nécessaire pour effectuer un changement de cap de 90°.

Superposition du calque comportant la spirale et du calque comportant l'aire

En faisant glisser les deux calques l'un sur l'autre, on obtient une position du TP aval telle que l'obstacle est juste à l'extérieur de la spirale. Il s'agit de la position la plus aval du TP aval.

Distance (SOC - TP aval) = 9 km

On en déduit la position la plus aval du TP situé en amont à la distance " C ":

$C (6\text{s de vol à } V_p + 30\text{kt}) = (292 + 30) \times 1,852 \times 6 / 3600 = 0,994 \text{ km} \approx 1 \text{ km}$

V_p vitesse propre d'approche interrompue finale.

Distance (SOC - TP) = 9 - 1 = 8 km

Calcul de la TA/H

$TH = OCH + \text{distance (SOC - TP)} \times \text{Pente de montée}$

Partant de l'altitude OCAf = 4281 ft, le gain d'altitude à 2,5 % sur une distance de 8 km est de $8000 \times 0,025 = 200 \text{ m}$ soit 656 ft

Donc TA = 4281 + 656 = 4937 ft

TH = 1761 ft

Respect des critères dans l'aire de mise en virage

En ligne droite

L'obstacle de 981 m, situé à 1600 m en aval du SOC dans l'aire de mise en virage est franchi

$$Ho1 + 30 \text{ m} \leq OCH + \text{distance (SOC - O1)} \times \text{pente de montée}$$

L'obstacle de 972 m, situé à 7400 m en aval du SOC dans l'aire de mise en virage est aussi franchi :

$$Ho2 + 30 \text{ m} \leq OCH + \text{distance (SOC - O2)} \times \text{pente de montée}$$

O1 : l'obstacle 1, Ho1 : la hauteur de l'obstacle 1

O2 : l'obstacle 2, Ho2 : la hauteur de l'obstacle 2

2. Avec une marge de 50 m correspondant à la MFO de l'aire de mise en virage :

$$TA \geq \max Aoi + 50 \text{ m} \quad Aoi \text{ altitude de l'obstacle } Oi \text{ de l'aire de mise en virage}$$

$$(981 + 50) \times 3,2808 = 3383 \text{ ft} < 4937 \text{ ft}$$

Approche interrompue finale

Il s'agit de la partie qui fait suite au virage.

Rappel : l'approche interrompue s'achève lorsque l'avion a rejoint un autre segment de la procédure.

Survol des obstacles de l'aire de virage :

On a considéré jusqu'ici que la trajectoire à 2,5 % partant de l'OCAF. En réalité, un aéronef peut entreprendre une API à une hauteur supérieure ou être capable de monter avec une pente supérieure à 2,5 %. Il faut alors examiner le survol des obstacles situés latéralement, ici l'obstacle de 1569m

Il faut vérifier que la TA de 4937 ft permet de survoler les obstacles de l'aire de virage avec une MFO de 50 m. On doit vérifier le critère :

$$Aoi + 50 \text{ m} \leq TA + \text{distance (Oi - aire de mise en virage)} \times \text{pente d'API}$$

La distance la plus courte de cet obstacle à l'aire de mise en virage est de 8800 m.

$$\text{Gain de hauteur sur cette distance : } 8800 \times 0,025 = 220 \text{ m (722 ft)}$$

$$\text{Altitude requise : } (1569 + 50) \times 3,2808 = 5312 \text{ ft}$$

Une TA limitée à 5312 ft – 722 ft (valeur de gain) = 4590 ft arrondie à 4600 ft permet :

D'assurer le franchissement de l'obstacle 1569 m

De respecter les critères de franchissement des obstacles 981 m et 972 m

En conclusion une TA de 4600 ft est retenue.

On conclue la position de point de virage correspondant à cette nouvelle valeur de TA.

$$\text{OCAf} = 4281 \text{ ft}$$

$$\text{TA} = 4600 \text{ ft}$$

$$\text{Distance (SOC - TP)} = (\text{TA} - \text{OCAf}) / \text{pente d'API} = 3884 \text{ m}$$

IV.3 Manœuvre a vue

Lorsque l'atterrissage ne peut être directe, une manœuvre à vue (approche indirecte) est prévue pour rejoindre le seuil de piste se réfère au schéma calque voir fig. IV-5. [3], [4]

IV.3.1 Calcul de la MVL

Catégorie A / B

$$\text{Rc} = 2r + s$$

Rc : rayon à partir du seuil.

$$\text{Altitude} = \text{altitude d'A/D} + 1000 \text{ ft} = 968 \times 3,2808 + 1000 = 4176 \text{ ft}$$

$$\text{Vitesse VI max CAT A/B: } 135 \text{ kt}$$

Température ISA + 20

$$\text{Wv} = 25 \text{ kts}$$

$$\text{Inclinaison} = 20^\circ$$

$$K = 1,1013$$

$$\text{VP} = \text{VI} \times K = 149 \text{ kt}$$

$$V = \text{VP} + 25 = 174 \text{ kt} = 322 \text{ Km/h}$$

$$r = \frac{V^2}{127094 \text{tg}20^\circ}$$

$$r = 2,2 \text{ Km}$$

$$\text{Rc} = 2r + s$$

s: segment d'approche rectiligne (km) (cette valeur est une constante)

$$\text{CAT A } s = 0,56 \text{ km}$$

$$\text{CAT B } s = 0,74 \text{ km}$$

$$\text{CAT C } s = 0,93 \text{ km}$$

$$\text{CAT D } s = 1,11 \text{ km}$$

$$\text{Rc} = 2 \times 2,2 + 0,74 = 5,14 \text{ km}$$

$$E = \frac{\pi \cdot w \cdot V}{254168 \text{tg}\alpha}$$

$$E = \frac{\pi \cdot w \cdot V}{254168 \text{tg}20^\circ} = 0,5 \text{ km}$$

Catégorie D

Altitude: 4176

$$K = 1,1013$$

$$\text{VI} = 205 \text{ kt (380 km/h)}$$

T = ISA + 20

$$\text{VP} = \text{VI} \times K = 205 \times 1,1013 = 226 \text{ kt}$$

$$V = \text{VP} + 25 \text{ kt} = 251 \text{ kt (465 km/h)}$$

$$r = \frac{V^2}{127094 \text{tg}20^\circ}$$

$$r = 4,7 \text{ km}$$

$$\text{Rc} = 2r + s$$

$$\text{Rc} = 2 \times 4,7 + 1,11 = 10,51 \text{ km}$$

$$E = \frac{\pi * w * V}{254168 \text{tg} 20^\circ} = 0,73 \text{ km}$$

IV.3.2 Calcul de l'OCA/H de la MVL

MFO CAT A/B 90 m

CAT C/D 120 m

Cat. A/B

OCA = obstacle + MFO

OCA = 1057 + 90 = 1147 m (3763 ft)

OCH = OCA - altitude A/D

OCH = 1147 - 968 = 179 m (587 ft)

Cat. C/D

OCA = obstacle + MFO

OCA = 1190 + 120 = 1310 m (4298 ft)

OCH = OCA - altitude A/D

OCH = 1310 - 968 = 342 m (1122 ft)

CAT	MFO	MDA / H
A	300 ft	3763 ft / 587 ft
B	300 ft	3763 ft / 587 ft
C	400 ft	4298 ft / 1122 ft
D	400 ft	4298 ft / 1122 ft

IV.4 Conception de la procédure d'approche de précision (ILS RWY 13)

IV.4.1 Surfaces OAS

IV.4.1.1 Tracé des surfaces d'évaluation d'obstacles OAS

Voir schéma calque voir fig. IV-6

IV.4.1.2 Détermination des coefficients des plans OAS

Plan	A	B	C
W	0,0285	0	-8,01
X	0,027986	0,184514	-16,91
Y	0,024252	0,212726	-21,78
Z	-0,025	0	-22,50

Équation des plans :

Plan W $W = 0,0285x - 8,01$

Plan X $X = 0,027986x + 0,184514y - 16,91$

Plan Y $Y = 0,024252x + 0,212726y - 21,78$

Plan Z $Z = -0,025x - 22,50$

IV.4.1.3 Détermination des coordonnées du gabarit OAS

Plan	X	Y	H
C	281m	49m	0
D	-286m	135m	0
E	-900m	205m	0
C''	10807m	78m	300m
D''	5438m	892m	300m
E''	-12900m	2983m	300m

IV.4.1.4 Identification des obstacles situés aux abords des surfaces

N° obstacle	Identification	H obst	X obst	Y obst.	Nom plan	H plan	Perce plan
1	DVOR/DME	10m	-325m	375m	Y	50,11m	NON
2	NDB	21m	1000m	0m	W	20,5m	OUI
3	TWR	30m	-1200m	-425m	Y	39,5m	NON
4	Pylône parking	20m	-1500m	-400m	Y	26,93m	NON
5	Pylône PTT	32m	-1000m	-1000m	Y	167m	NON
6	Aérogare	10m	-1200m	-425m	Y	38,3m	NON
7	Pylône	22m	-2000m	-1600m	Y	270m	NON

IV.4.1.5 Calcul de l'OCH par catégorie dans le gabarit OAS

Catégorie	HL (ft)	OCA (ft)	OCH (ft)
A	130	3375	199
B	142	3387	211
C	150	3395	219
D	161	3406	230

$OCH = H + HL$ où HL représente la perte de hauteur

$OCH = 230 \text{ ft}$

Distance (FAP - Seuil) = 4,96 NM

Distance (FAP - DME) = 4,96 NM + 0,18 NM = 5,14 NM

Position de SOC

On calcul la position de SOC – seuil pour différents catégories :

Dans le cas le plus défavorable, l'avion au SOC se trouve à une hauteur égale à (OCH - HL).

$$\text{Tg}3^\circ = h / d$$

$$\text{CAT. A : } h = \text{OCH} - \text{HL}_A = 230 - 130 = 100 \text{ ft (30 m)}$$

$$d = 582 \text{ m}$$

$$\text{CAT. B : } h = \text{OCH} - \text{HL}_A = 230 - 142 = 88 \text{ ft (27 m)}$$

$$d = 512 \text{ m}$$

$$\text{CAT. C : } h = \text{OCH} - \text{HL}_A = 230 - 150 = 80 \text{ ft (24 m)}$$

$$d = 465 \text{ m}$$

$$\text{CAT. D : } h = \text{OCH} - \text{HL}_A = 230 - 161 = 69 \text{ ft (21 m)}$$

$$d = 401 \text{ m}$$

Distance (SOC - seuil) = 582 m.

Calcul de la distance de repère du virage (TP) :

H = altitude du virage – altitude du seuil – (OCH - HL)

$$H = 4600 \text{ ft} - (964 \times 3,2808) - 69 \text{ ft} = 1368 \text{ ft (417 m)}$$

$$\text{Tg} 3^\circ = h / d \rightarrow d = 417 / 0,025 = 16680 \text{ m} = 9 \text{ NM}$$

Distance (TP - SOC) = 16680 m = 9 NM.

Distance (TP - seuil) = 16680 m + 582 m = 17262 m = 9,32 NM.

Distance (TP - DME) = 17262 - 325 = 16937 m = 9,15 NM

7,29 NM

IV.4.1.6 Position du FAP

Le FAP est situé à l'intersection ente l'axe d'approche finale (glide et localizer) et le plan horizontal contenant le segment d'approche intermédiaire.

Le segment d'approche intermédiaire commence à la fin de virage de rapprochement et se termine au FAP.

L'altitude de virage est de 1511 m soit 4957 ft

$$H_{FAP} = 4957 \text{ ft} - (964 \times 3,2808) = 1794 \text{ ft}$$

Distance FAP - seuil = $(1794 \text{ ft} - 50 \text{ ft}) / \text{tg}3^\circ = 531,58 \text{ m} / \text{tg}3^\circ = 10143 \text{ m}$ soit 5,5 NM

IV.4.1.7 Segment d'approche intermédiaire

Le FAP se trouve à 4,96 NM en amont de NDB DJA. Cette conclusion nous oblige à vérifier que les 30 secondes de vol en palier dans l'axe de piste (segment d'approche intermédiaire Obligatoire en procédure ILS) sont respectées.

De la catégorie A à la catégorie D, la vitesse d'approche initiale varie de :

VI = 90 kt soit VP (4957 ft, ISA + 20°) = 100 kt.

VI = 250 kt soit VP (4957 ft, ISA + 20°) = 279 kt.

Les 30 secondes représentent donc une distance variant de

d1 = 1497 m soit 0,81 NM à

d2 = 1497 m soit 2,33 NM.

Ce qui représente depuis le NDB une distance varie de

D1 = 4,96 NM + 0,81 NM = 5,77 NM

D2 = 4,96 NM + 2,33 NM = 7,29 NM

On constate donc que le rapprochement après le virage de base ne suffit pas pour assurer les 30 secondes obligatoires d'approche intermédiaire.

On est conduit à introduire dans la procédure à l'issue de l'attente, un hippodrome d'éloignement dont il faut définir le temps d'éloignement.

IV.4.1.8 Hippodrome d'éloignement

Le segment d'approche initiale est constitué par l'hippodrome d'éloignement dont la fonction dans la procédure est d'éloigner suffisamment les avions pour les assurer après l'inversion durant 30 s de vol nécessaire dans l'axe de piste avant le FAP.

La distance NDB - FAP = 4,96 NM

La distance NDB – la fin de virage de base = 4,94 NM

On définit donc 30 s de vol avant le virage de base.

IV.4.2 ILS de base

IV.4.2.1 Tracé des surfaces ILS de base

Voir schéma calque. Voir fig.IV-7

IV.4.2.2 Identification des obstacles situés aux abords des surfaces

N° obstacle	identification	H obst	X obst	Y obst.	Nom plan	H plan	Perce plan
1	DVOR/DME	10m	- 325m	375m	Y	53,63m	NON
2	NDB	21m	1000m	0m	W	18,8m	OUI
3	TWR	30m	-1200m	-425m	Y	39,33m	NON
4	Pylône parking	20m	-1500m	- 400m	Y	35,75m	NON
5	Pylône PTT	32m	- 1000m	-1000m	Y	121,55m	NON
6	Aérogare	10m	- 1200m	- 425m	Y	39,33m	NON
7	Pylône	22m	- 2000m	-1600m	Y	207,35m	NO N

IV.4.2.3 Marge de franchissement d'obstacles du segment de précision

Application des surfaces ILS de base

$$DH = H + HL$$

Où H est la hauteur de l'obstacle le plus pénalisant = 21 m (69 ft) et HL représente la perte de hauteur

Catégorie	HL (ft)	DA (ft)	DH (ft)
A	130	3375	199
B	142	3387	211
C	150	3395	219
D	161	3406	230

$$DH = 230 \text{ ft}$$

Chapitre V
Conception du logiciel

V.1 Introduction

La science informatique vient satisfaire ce phénomène inhérent à l'homme qui est le désir d'aller plus vite encore et toujours.

Que peut apporter l'informatique à l'aéronautique en générale et aux concepteurs des procédures d'approche aux instruments en particulier ? En réalité beaucoup de choses !

La rapidité tous d'abord, qui constitue l'un des objectifs principaux des applications informatiques. Mais également une réduction considérable des coûts, grâce à l'utilisation efficace des possibilités de stockage et de traitement à l'ordinateur.

Dans ce chapitre, nous présentons une description modulaire, fonctionnelle et structurale de notre logiciel, qu'on a nommé **PROCAPPR** (*Procédure d'Approche*), écrit en langage DELPHI est structuré en modules.

En effet, les différents modules du logiciel présentent plusieurs avantages :

- ♣ la conception logique et simplifiée (chaque module se charge d'une tâche particulière)
- ♣ le développement devient plus facile (chaque module peut être développé indépendamment)
- ♣ l'extension du logiciel se réduit à l'adjonction de nouveaux modules

V.2 Langage de programmation

Nous avons utilisé, comme langage de programmation, le DELPHI qui est un outil de développement rapide conçue par Borland pour écrire des applications Windows, sous le langage de programmation Pascal Objet, qui fournit des commandes très puissantes permettant de contrôler le comportement des applications suite à un événement ou une action qui survient lors d'un clic de la souris, l'appuis sur une touche du clavier, etc.

Il permet de construire des interfaces utilisateurs comportant des éléments visuels faciles à manipuler comme les menus, les boîtes de dialogues, les messages, les zones d'éditations, etc....

V.3 La description du logiciel développé

V.3.1 Donnée d'entrée

Pour tracer les différentes aires de protection avec des données réelles, l'utilisateur peut faire rentrer les données à partir du clavier.

Certaines d'entre ces données peuvent être exploitées directement comme la vitesse indiquée, l'altitude d'approche, le temps d'éloignement et la température.

Vitesse

Altitude:

Temps

Température

V.3.2 Données de sortie

Ces données correspondent à l'ensemble des aires de protections des procédures d'approches

V.3.3 La structure des programmes

Afin d'optimiser l'utilisation du logiciel, nous l'avons structuré en un ensemble de modules chacun regroupe un certain nombre de fonctions élémentaires.

Au-dessus de ces fonctions nous avons développé une couche de fonctions servant comme interface voir figure (V-1).

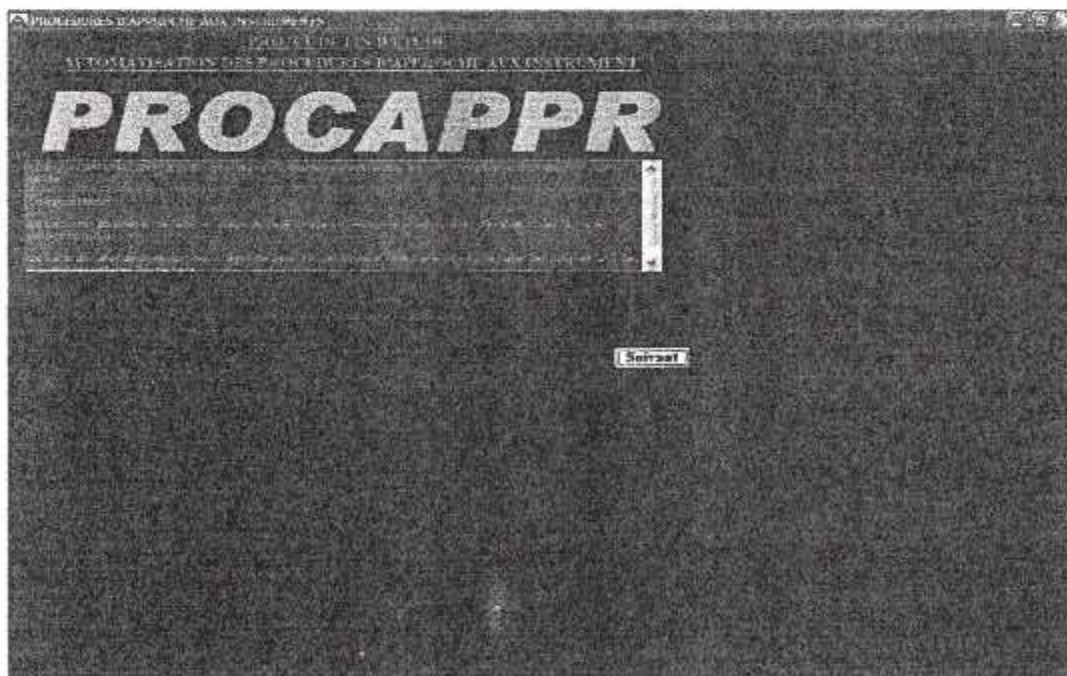


Figure V-1 figure principale

V.4 Le fonctionnement du logiciel

V.4.1 Les différents modules constituant le logiciel

Du point de vue fonctionnel, notre logiciel peut être décomposé en un ensemble de modules élémentaires, qui se distinguent par la nature des informations qu'ils traitent.

A la racine de cette décomposition nous avons cinq fonctions principales, données par la figure V-2

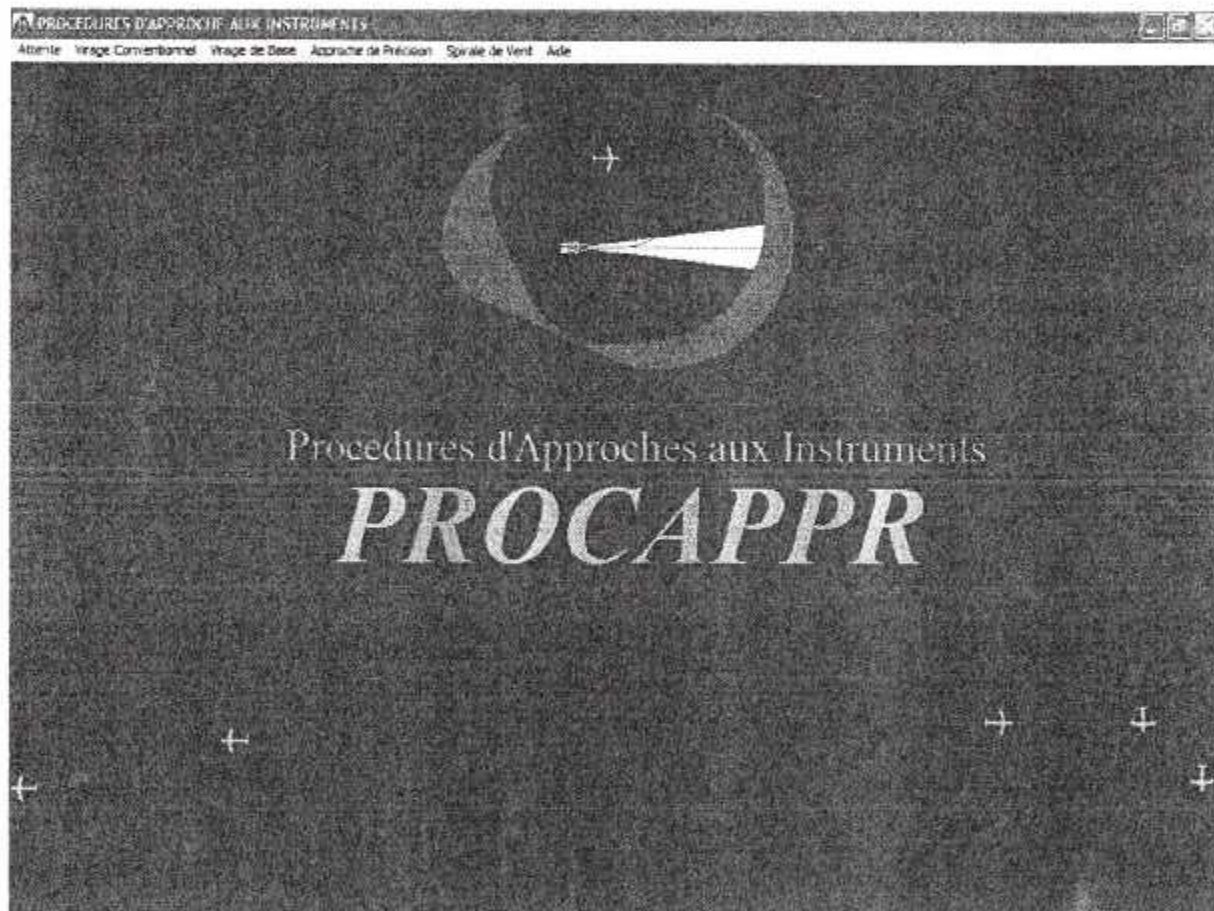


Figure V-2 Menu principal

V.4.2 Menu principal

Ce menu est composé de plusieurs menus différents on distingue :

- 1- Attente
- 2- Virage convention el
- 3- Virage de base
- 4- Approche de précision
- 5- Spirale du vent

V.4.2.1 Menu attente

Ce menu permet le calcul que ainsi le tracé de l'aire de protection d'une attente il est composé de deux boutons voir figure V-3

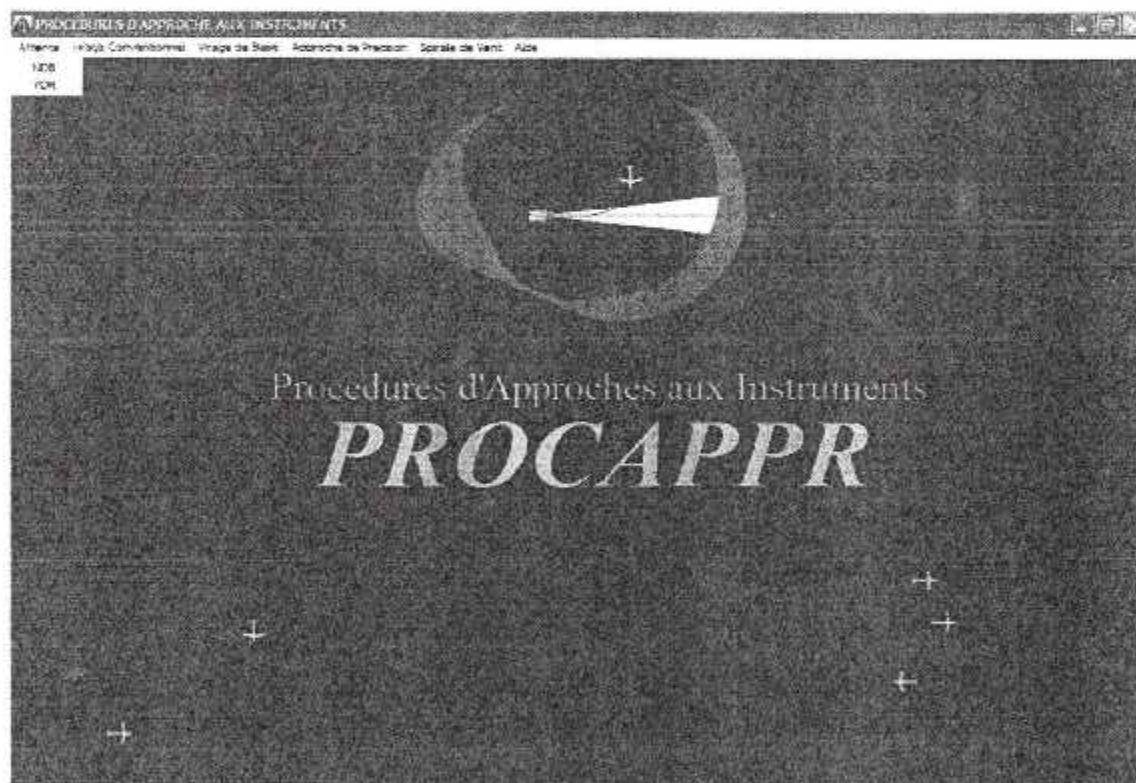


Figure V-3 Menu attente

NDB :

Il est composé de quatre boutons :

1. Boutons calcul des paramètres
2. Bouton imprimer le calcul
3. Bouton dessin
4. Bouton imprimer dessin.

Bouton calcul des paramètres : permet le calcul des paramètres d'une attente en utilisant les tolérances du moyen radioélectrique qui est le NDB (voir figure V-4).

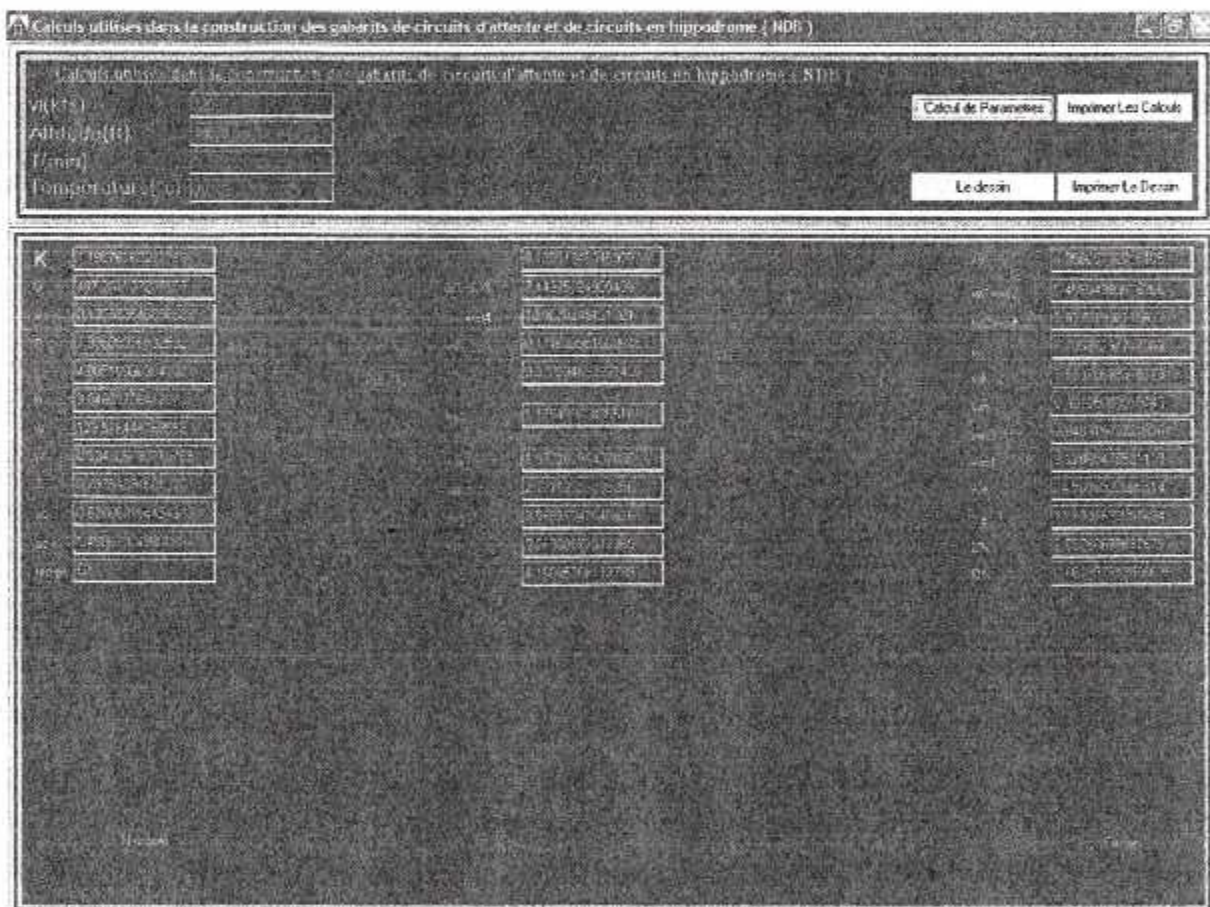
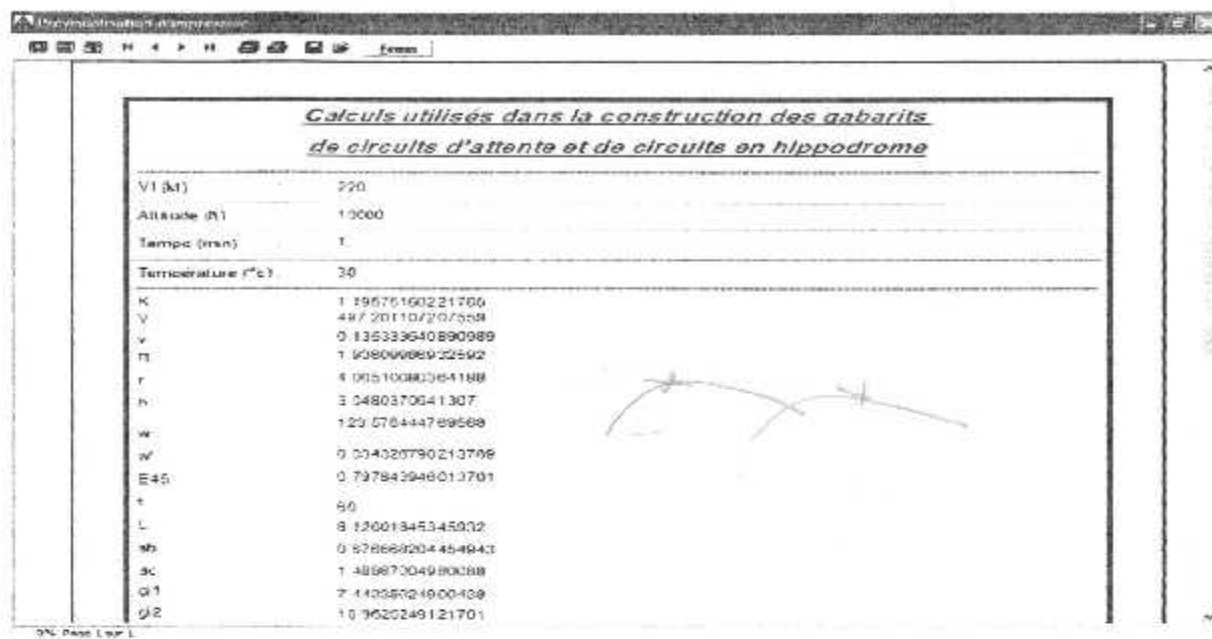


Figure V-4 calcul des paramètres

Bouton imprimer calcul : ce bouton permet d'imprimer les résultat de calcul voir figureV-5



FigureV-5 imprimer calcul

Bouton imprimer le dessin : ce bouton permet d'imprimer le dessin de l'attente en utilisant le NDB comme moyen de radionavigation voir figure V-6.

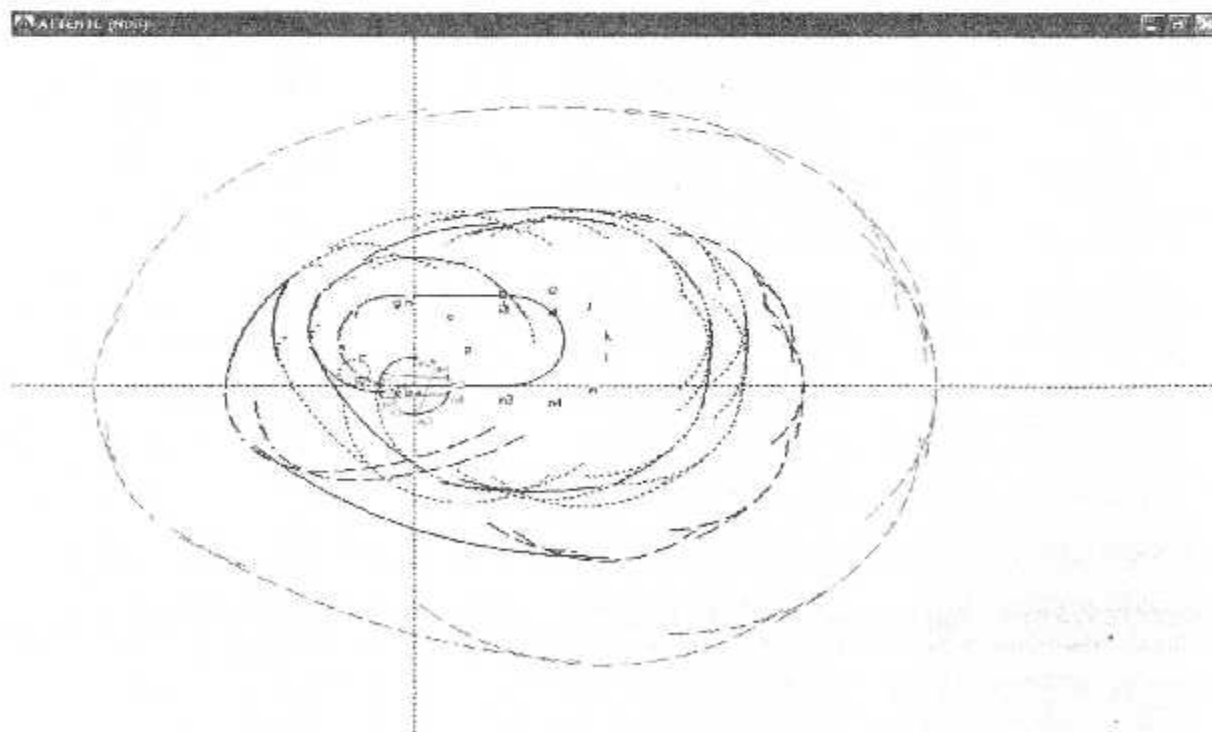


Figure V-6 dessin

Imprime dessin : ce bouton permet d'imprimer le dessin voir figure VI-7

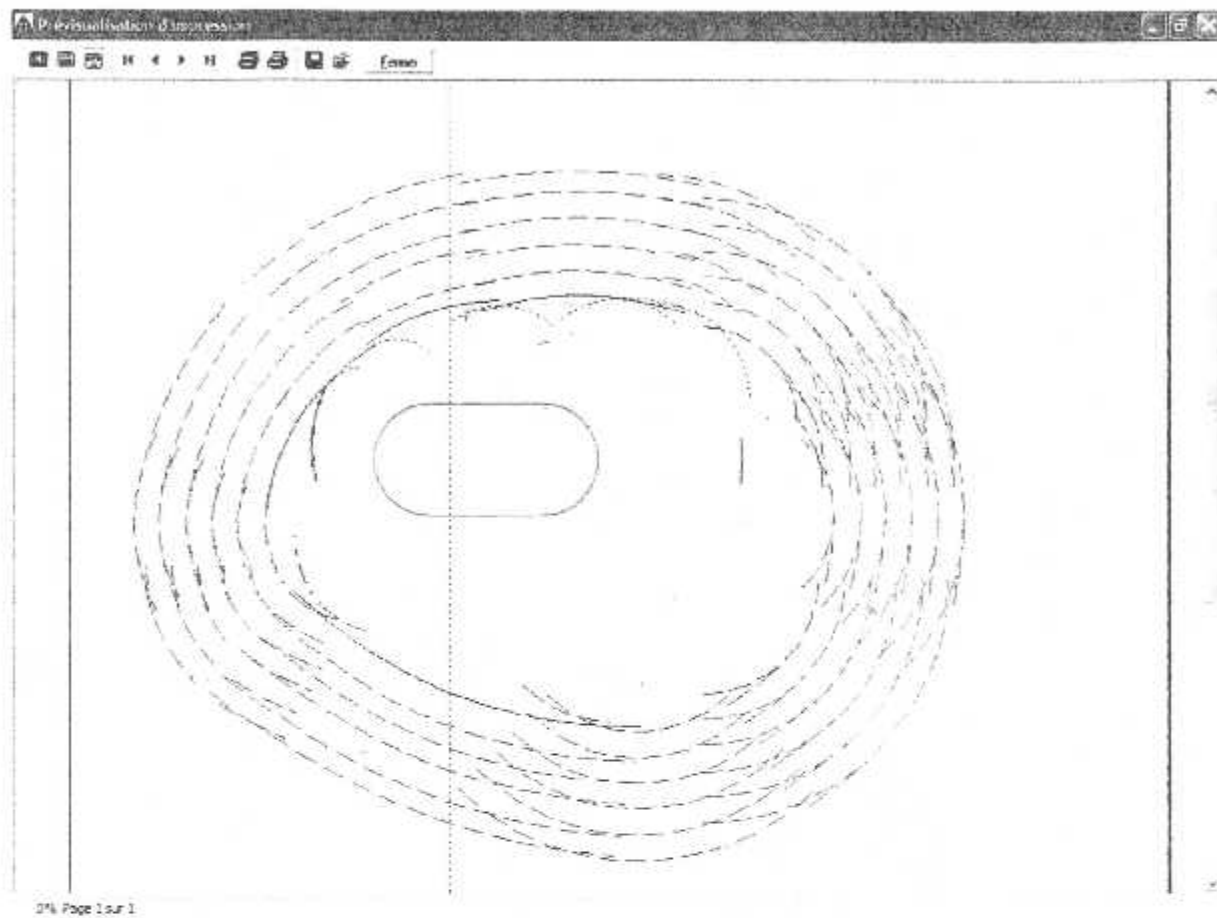


Figure V-7 imprimer dessin

VOR

Il est composé de quatre boutons

Boutons calcul des paramètres voir figure V-8

Bouton imprimer le calcul voir figure V-9

Bouton dessin voir figure V-10

Bouton imprimer dessin voir figure V-11

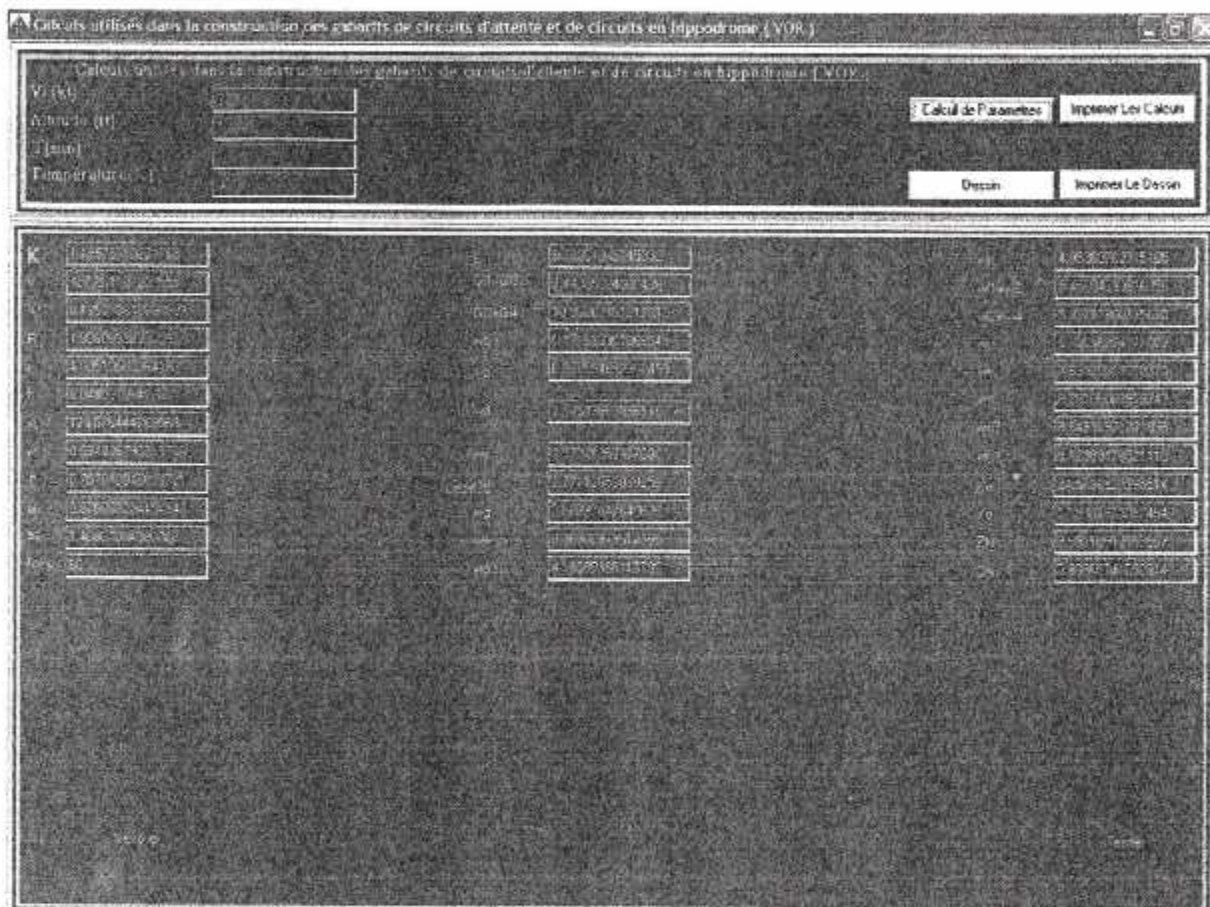


Figure V-8 calcul des paramètres

Bouton imprimer le calcul : Ce bouton permet de dessiner l'attente en utilisant le moyen de radionavigation qui est le VOR voir figure V-9

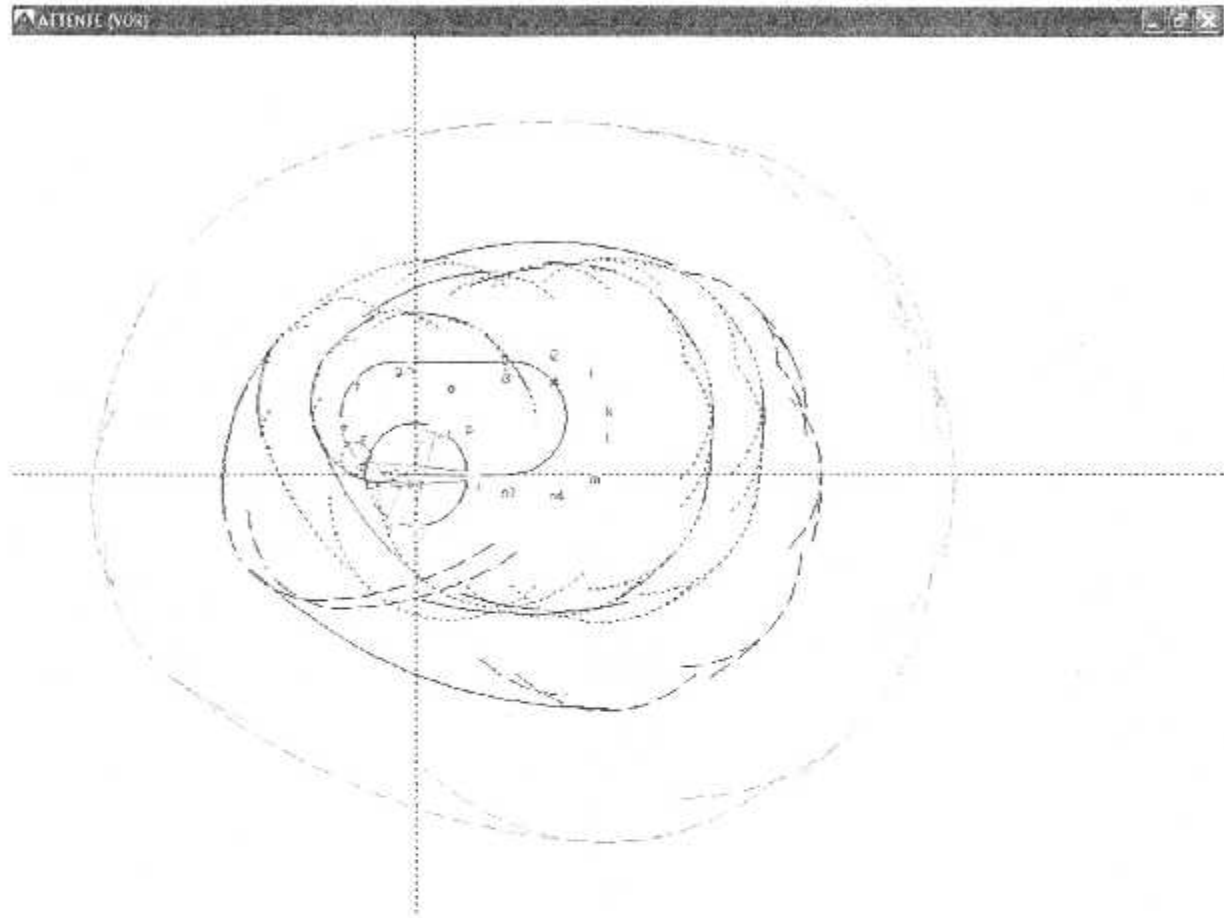


Figure V.9

V.4.2.2 Menu virage conventionnel

Ce menu permet le calcul ainsi que le tracé de l'aire de protection du virage conventionnel, il est composé de deux sous menus voir figure V-10

1. Virage conventionnel 45°-180°
2. Virage conventionnel 180°- 260°

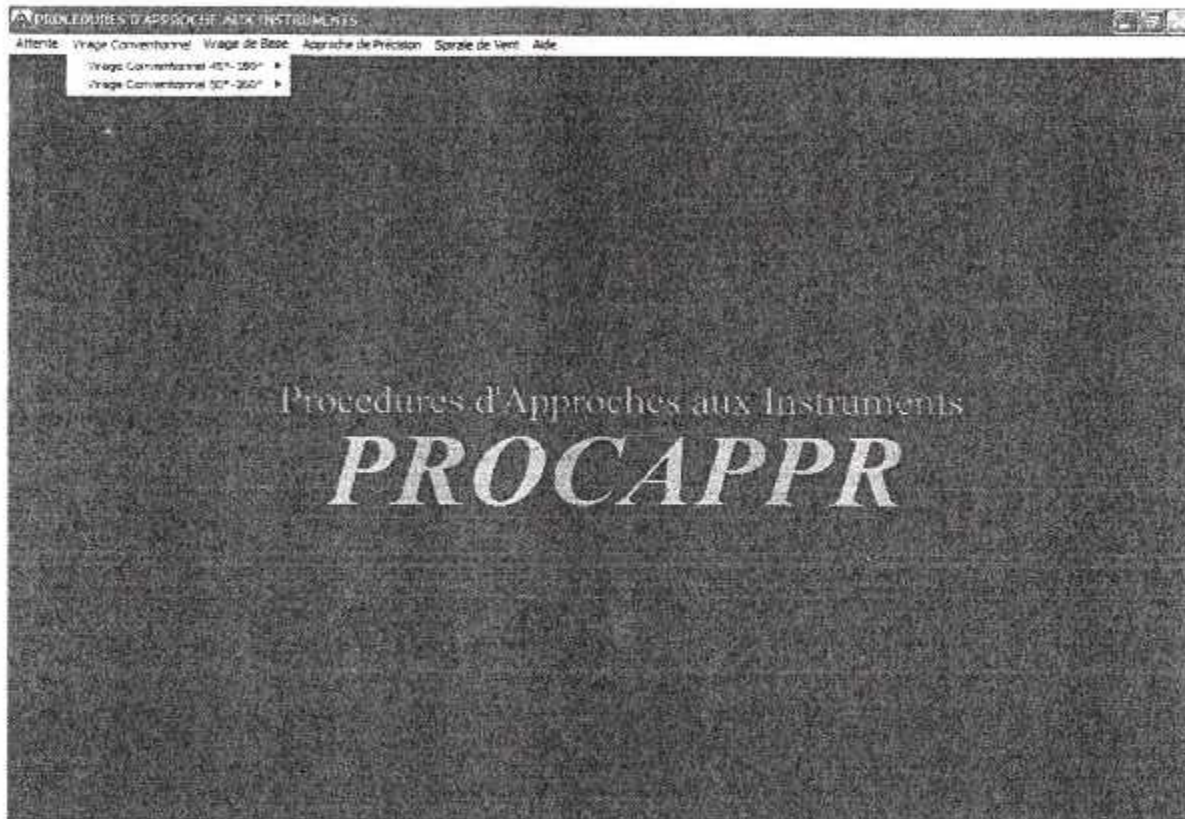


Figure 10 Menu virage conventionnel

1. Virage conventionnel 45°-180° : il est composé deux boutons NDB et VOR

NDB permet le tracé des aires des protections du virage conventionnel en utilisant les tolérances du moyen radioélectrique qui est le NDB (voir figure V-11). Il est composé de quatre boutons

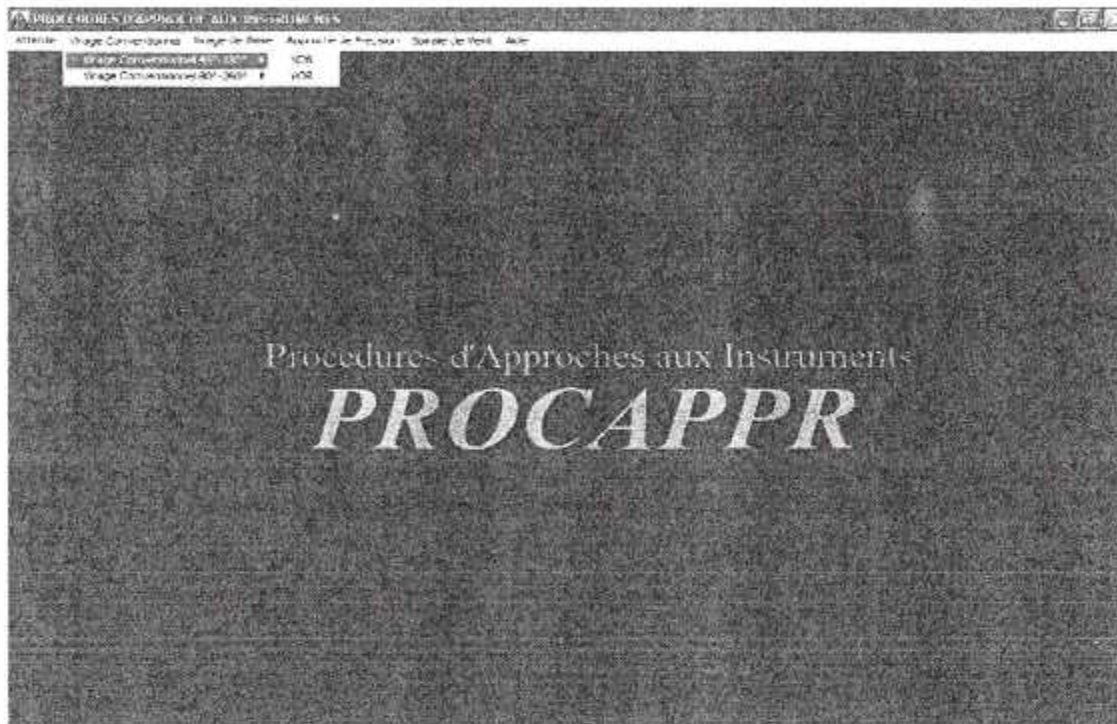


Figure V-11

Boutons calcul des paramètres permet le calcul des paramètres de virage conventionnel on utilise les tolérances du moyen radioélectrique qui est le NDB voir figure V-12

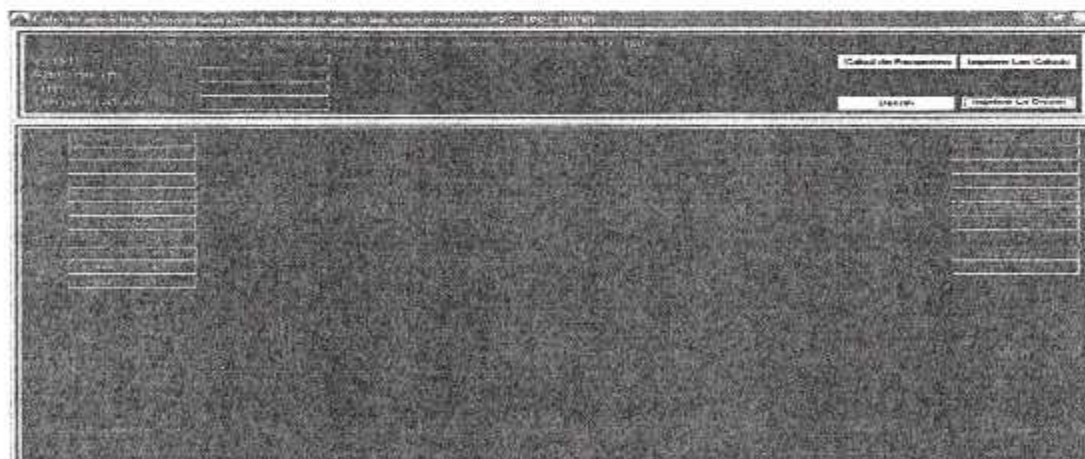


Figure V-12 Boutons calcul des paramètres

Bouton imprimer le calcul : ce bouton permet d'imprimer les résultat de calcul figure V-13

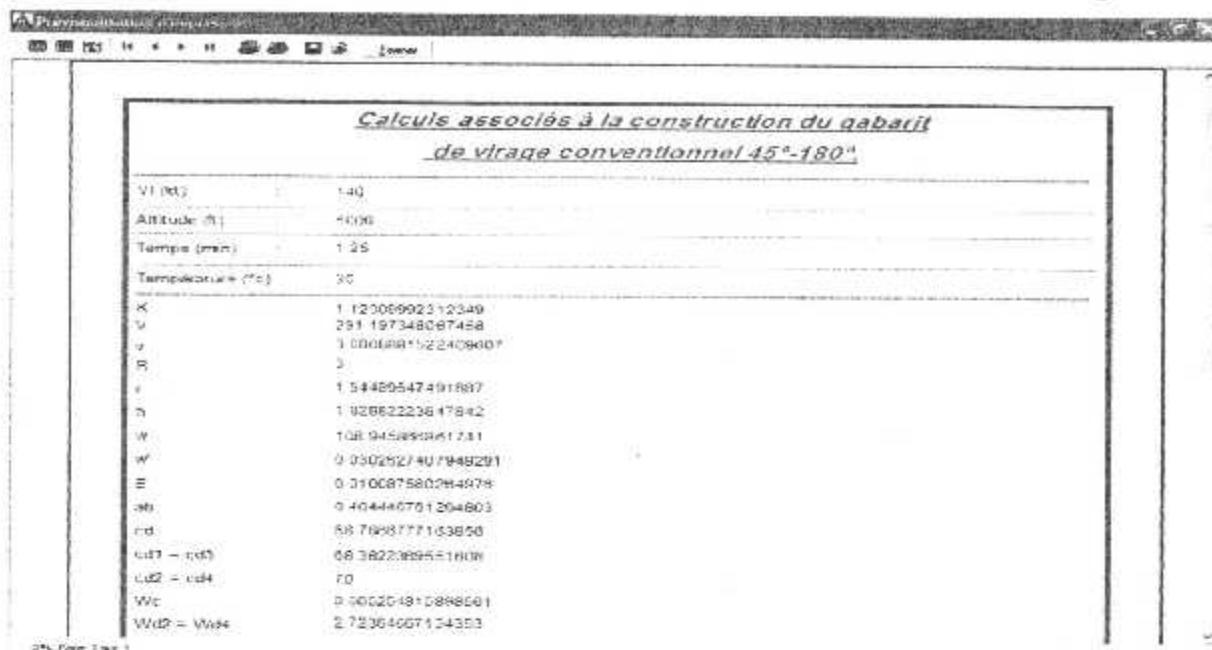


Figure V-13 Bouton imprimer le calcul

Bouton dessin : ce bouton permet d'imprimer le dessin voir figure V-14

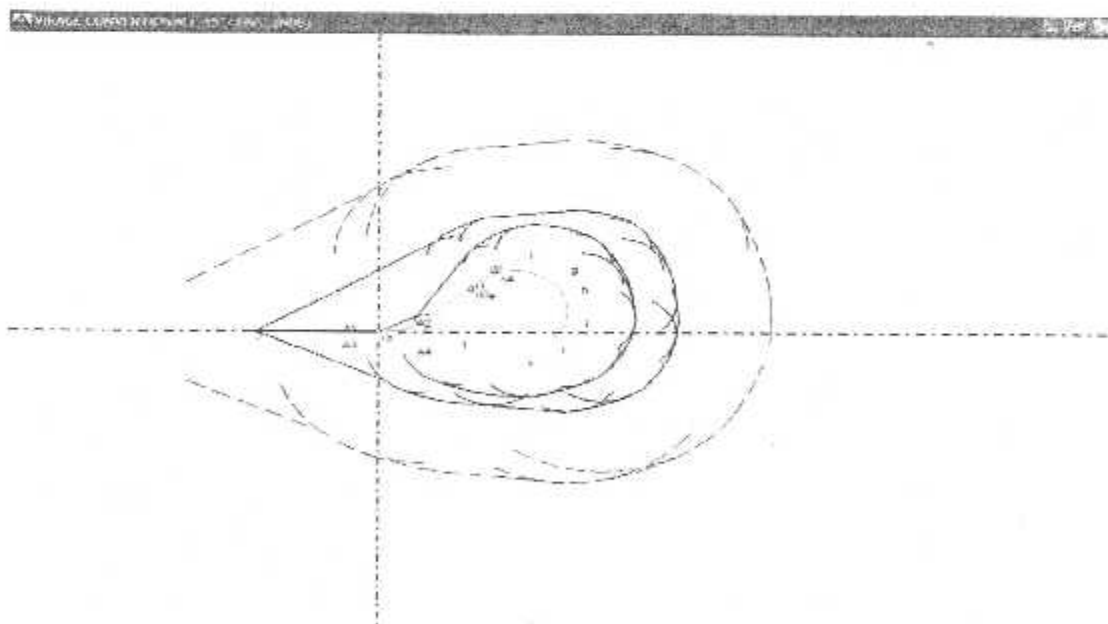


Figure V-14 Bouton dessin

Bouton imprimer dessin : ce bouton permet d'imprimer le dessin du virage conventionnel 145° - 180° en utilisant le NDB comme moyen de radionavigation voir figure V-15

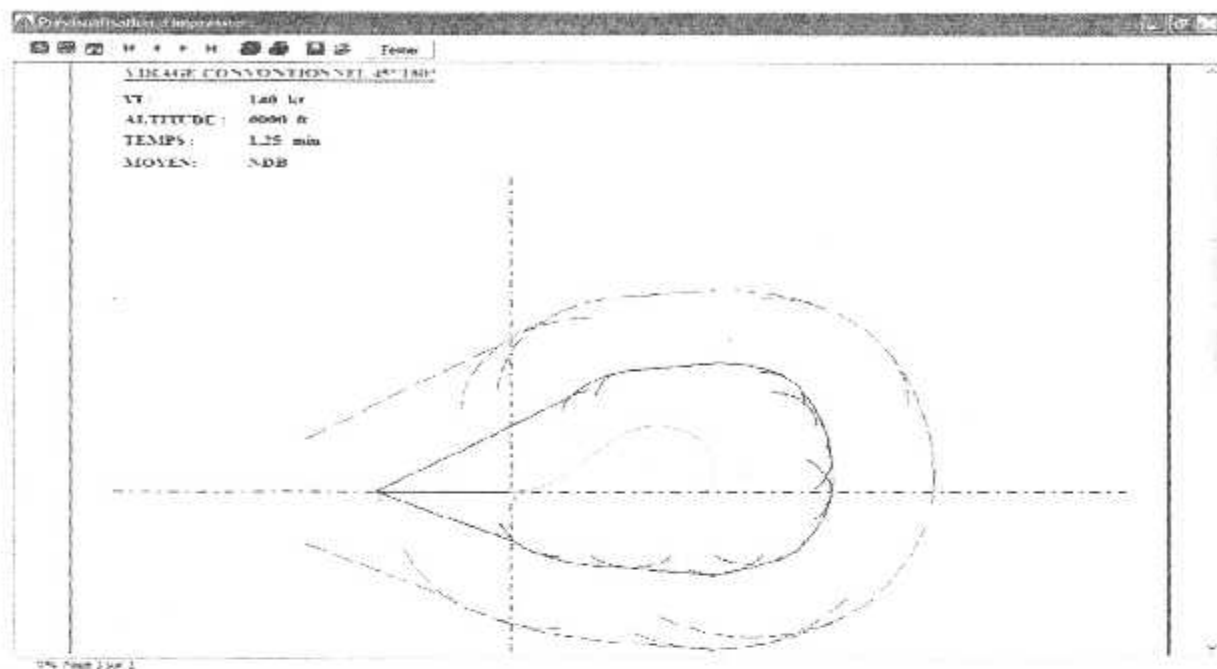


Figure V-15 Boutons imprimer dessin

VOR II est composé de quatre boutons :

Boutons calcul des paramètres voir figure V-16

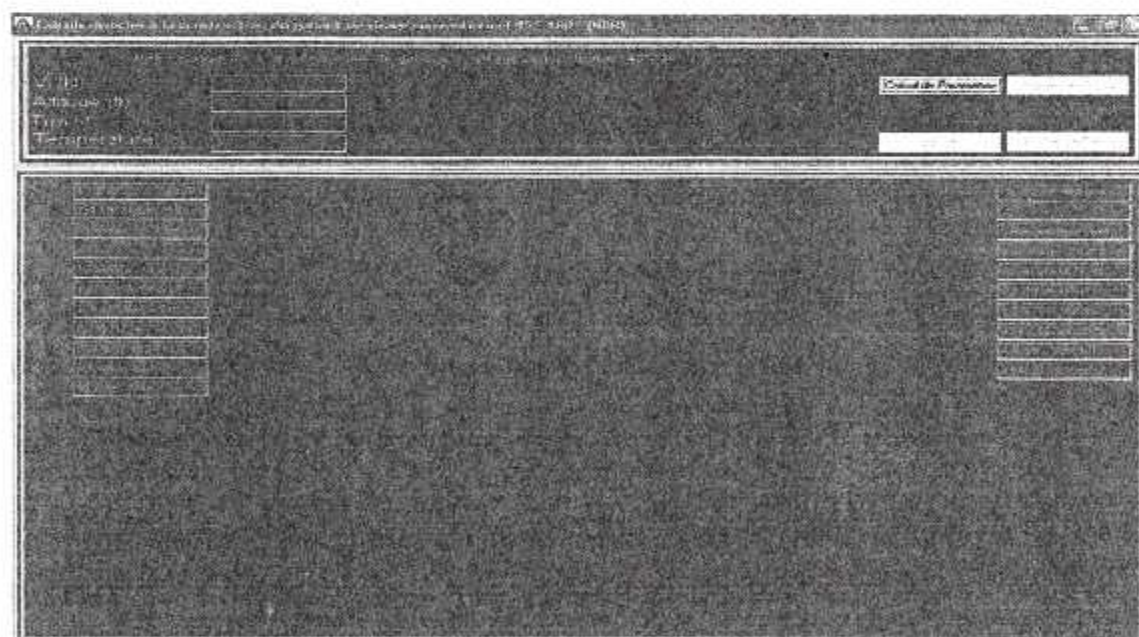


Figure V-16 calcul des paramètres.

Bouton imprimer le calcul : voir figure V-17



Figure V-17 Bouton imprimer

Bouton dessin voir figure V.18

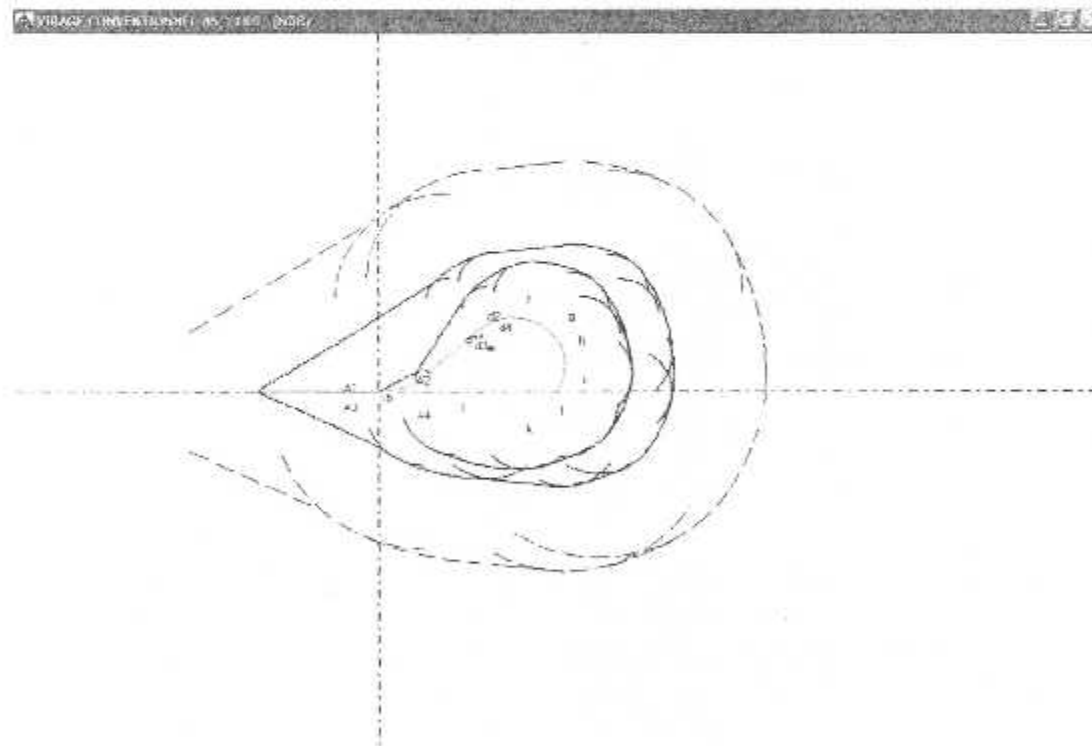


Figure V-18 Bouton dessin

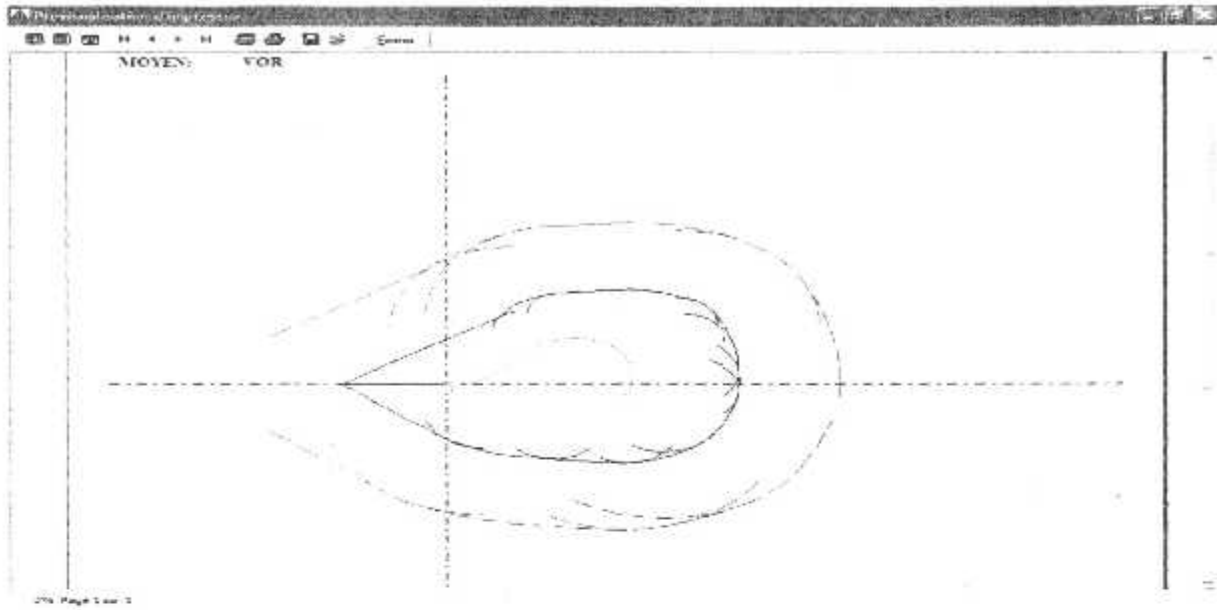


Figure V-19 Bouton imprimer dessin

2. Virage conventionnel 80° - 260° : il est composé deux boutons :

1- NDB : composé de quatre boutons :

Boutons calcul des paramètres voir figure V-20

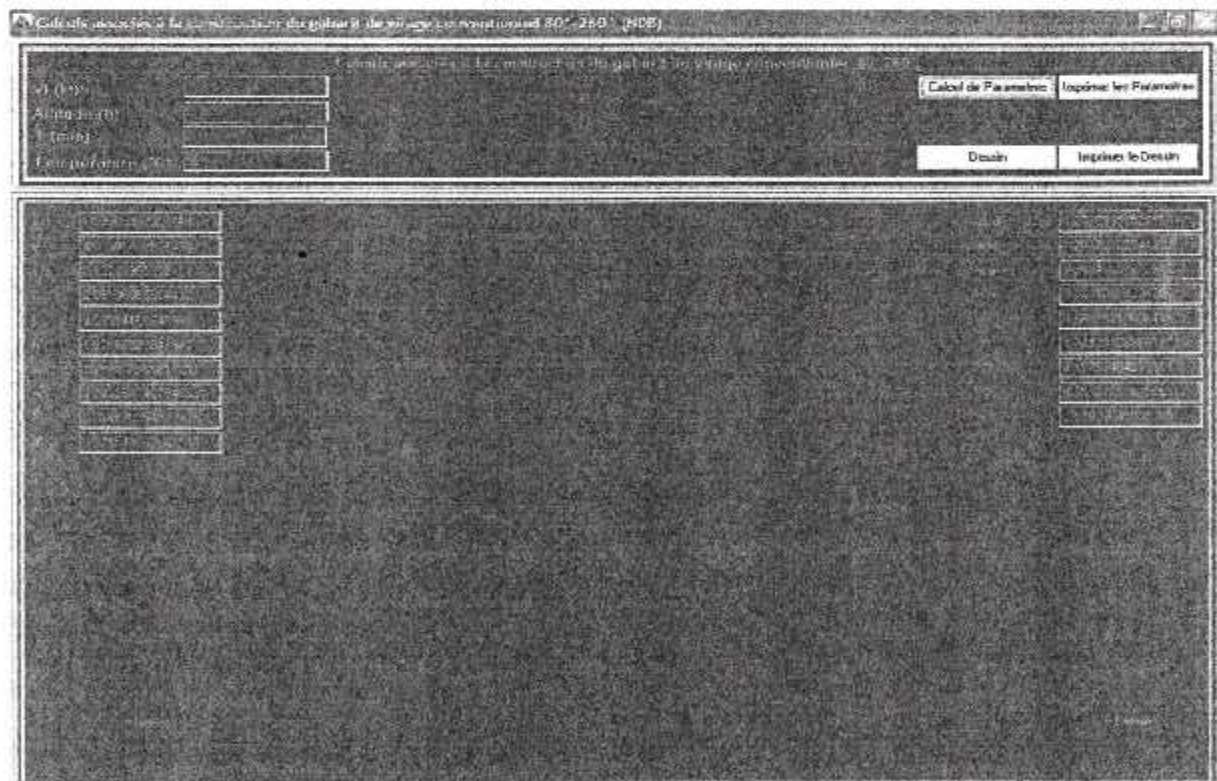


Figure V-20 Boutons calcul des paramètres

Bouton imprimer le calcul : ce bouton permet d'imprimer le dessin du virage conventionnel 80°-260° on utilisons le NDB comme moyen de radionavigation voir figure voir figure V-21

<i>Calculs associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 80°-260°</i>	
Vf	220 kt
Altitude	6000 ft
Température	30 °C
k	1.125059952312249
V	457.596822877435 km/h
v	0.12710995362151 km/s
R	2.06136055884432 °/s
r	3.5321115681781 km
n en milier de metres	1.82882223847842
W	108.942800801741 km/h
W	0.030251401845281 km/s
C	0.0149338546292751 km²
W0	0.032549787807648 km

Figure V-21 Bouton imprimer le calcul

Bouton dessin : voir figure V-22

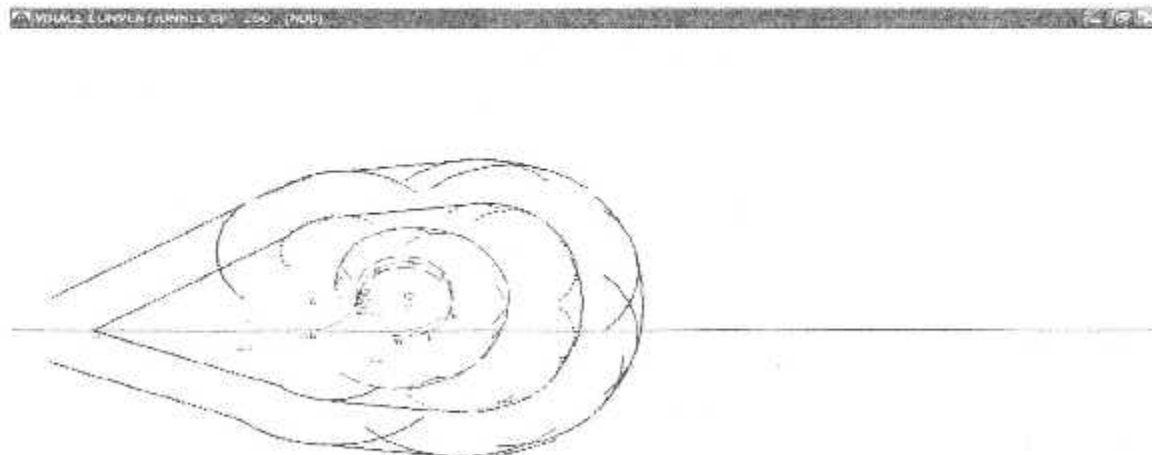


Figure V-22 Bouton dessin

Bouton imprimer dessin voir figure V-23

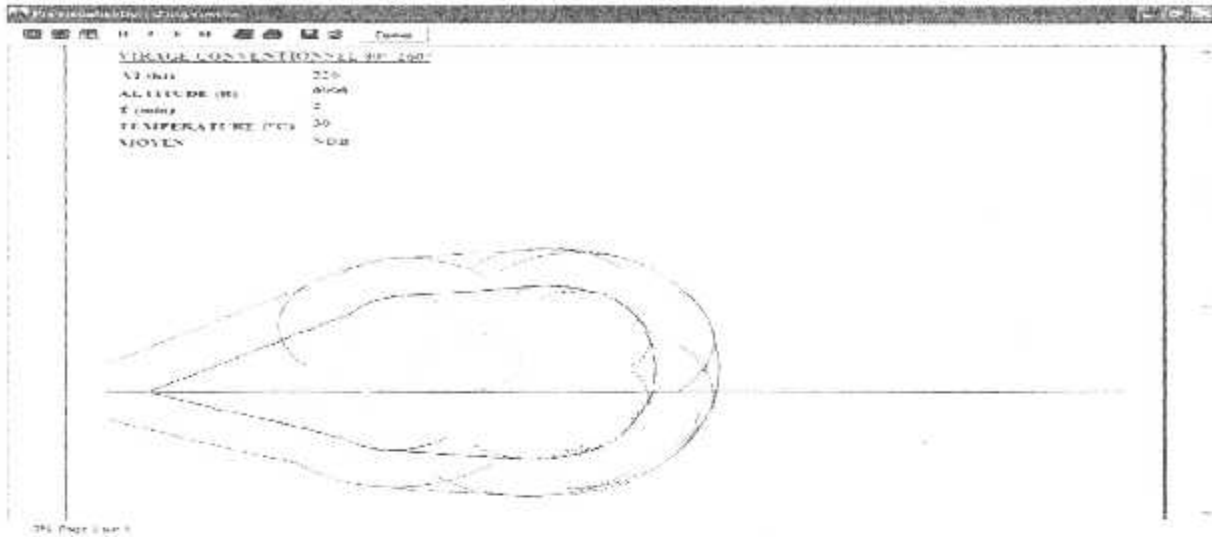


Figure V-23 Bouton imprimer

2. **VOR** : permet le tracé des aires des protections du virage conventionnel 80°- 260° en utilisant les tolérances du moyen radioélectrique qui est le VOR ; Qui lui aussi est composé de quatre boutons (voir figure V-24).

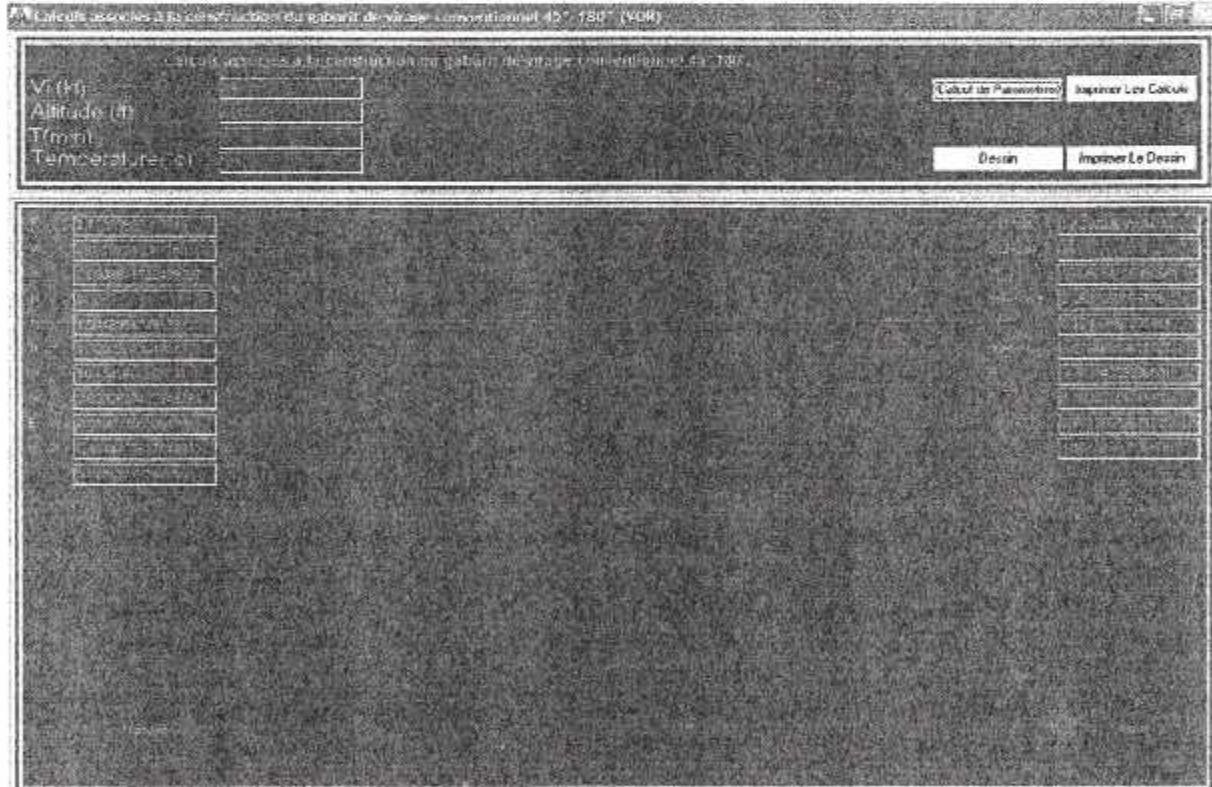


Figure V-24

V.4.2.3 Menu virage de base

Ce menu permet le calcul ainsi que le tracé de l'aire de protection du virage de base il est composé de deux boutons voir figure V-25

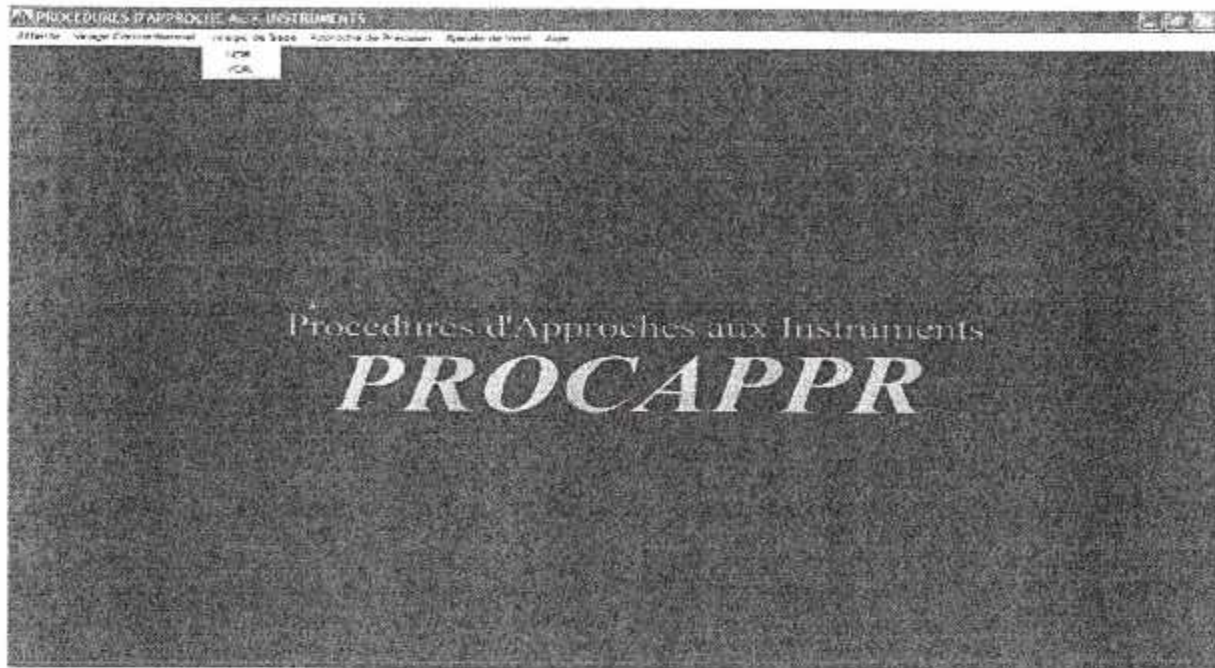


Figure V-25 Menu virage de base

NDB

Il est composé de quatre boutons :

1. Bouton calcul des paramètres voir figure V.26

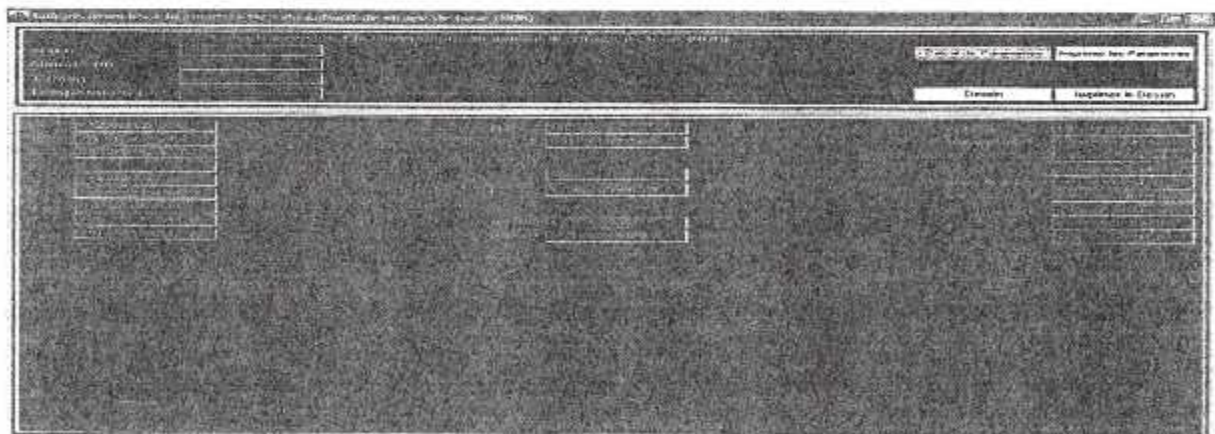


Figure V.26 Bouton calcul des paramètres

2. Bouton imprimer le calcul voir figure V-27



<i>Calculs associés à la construction du gabarit de virage de base</i>	
W (m)	140
Altitude (m)	5000
T (min)	2
Température (°C)	10
K	1.12709992212349
V	291.197448207364
v	0.0878891522409607
R	2
r	1.54439547491887
h	1.8288223847842
w	1.08412865821721
w	8.076262467648381
E	8.010087580284978
Phi	1.8
	1.571814928209815

Figure V-27 Bouton imprimer le calcul

3. Bouton dessin voir figure V-28

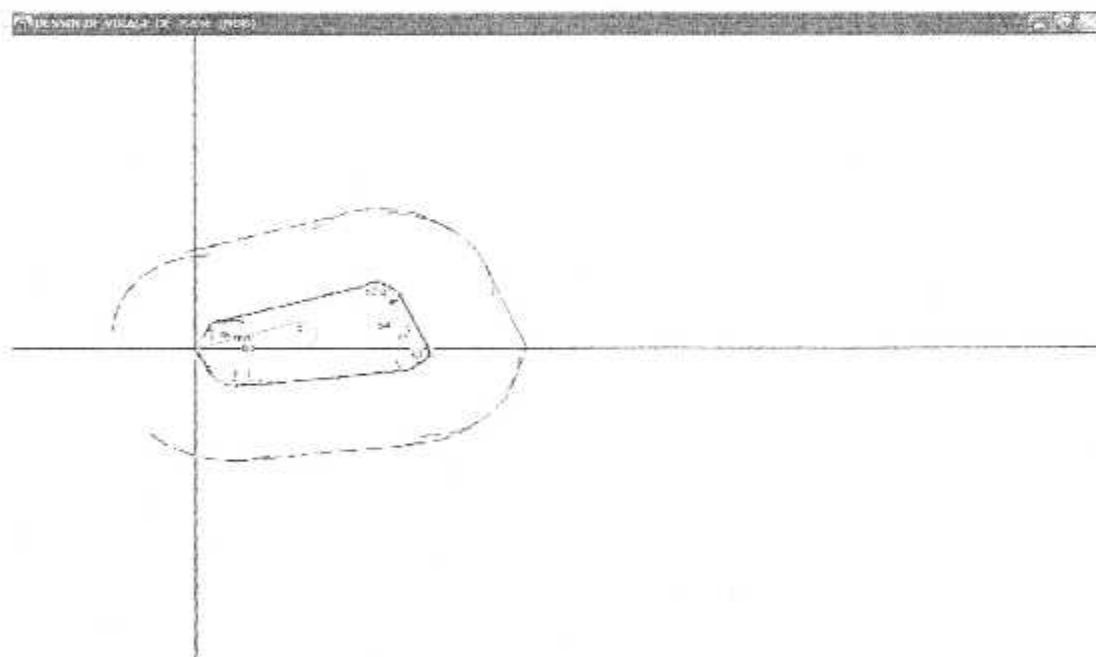


Figure V-28. Bouton dessin

4. Bouton imprimer dessin : ce bouton permet d'imprimer le dessin du virage conventionnel 45° - 180° en utilisant le NDB comme moyen de radionavigation voir figure voir figure V-29

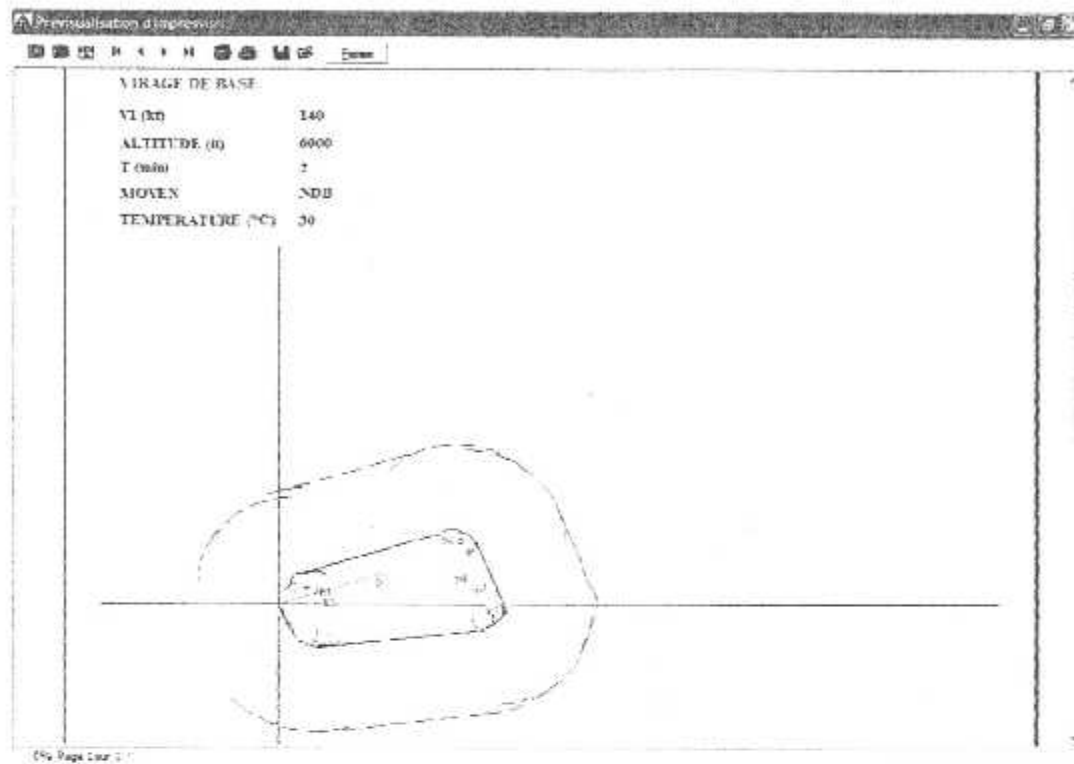


Figure V-29 Bouton imprimer dessin

V.4.2. 4 Menu approche de précision

Il est décomposé en deux menus voir figure V-30



Figure V-30 Menu approche de précision

1. menu **Surface OAS** : permet le calcul des surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS) voir figure V-31.

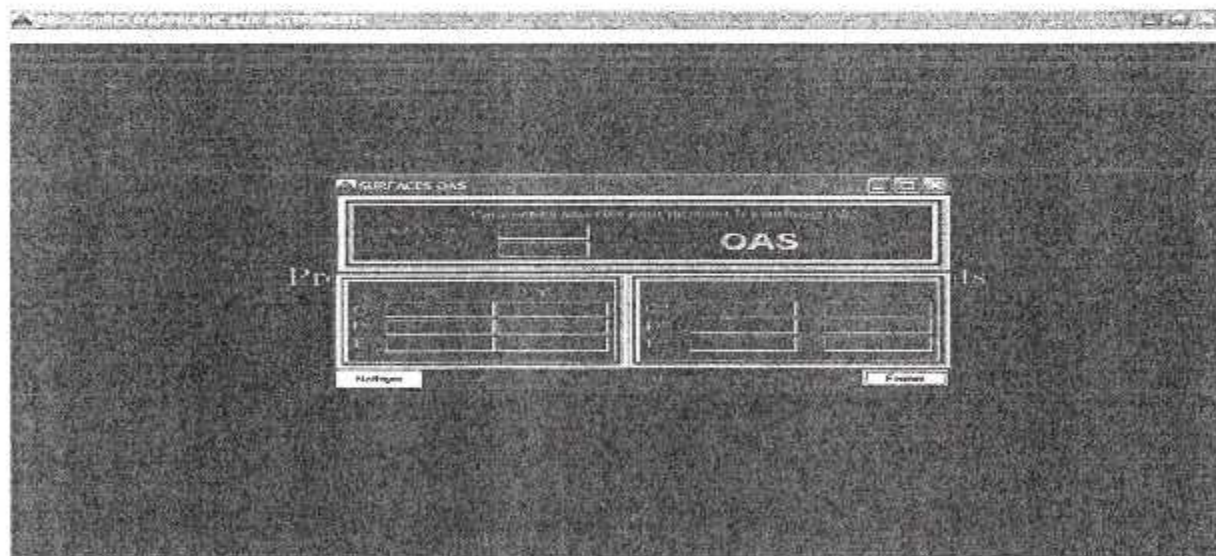


Figure V-31 menu calcul

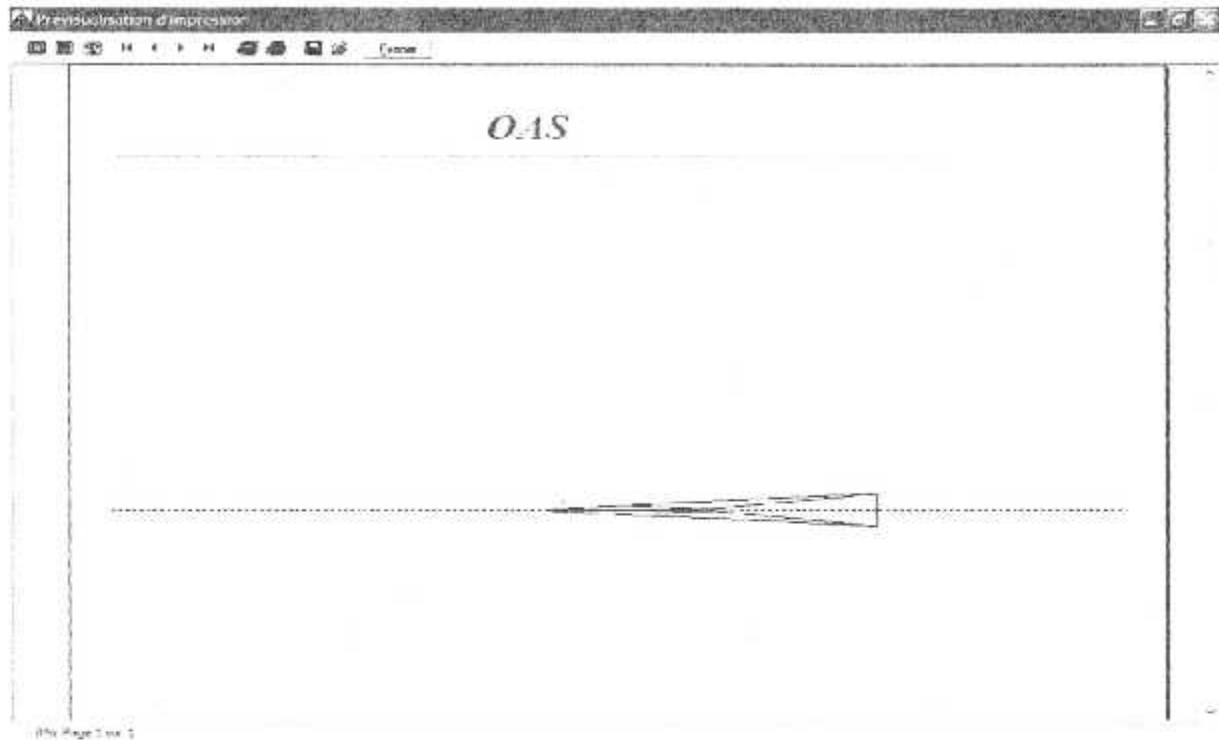


Figure V-32

2. Menu ILS de base

Ce menu permet le calcul et le tracé ses surfaces ILS de base voir figures V-33 et V-34

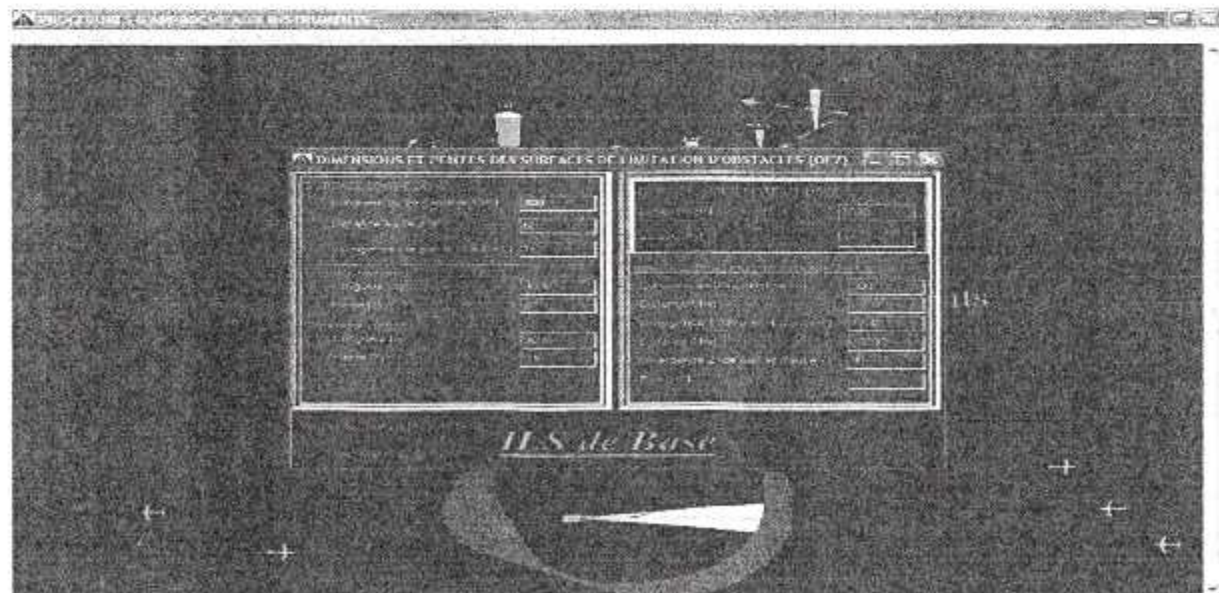


Figure V-33

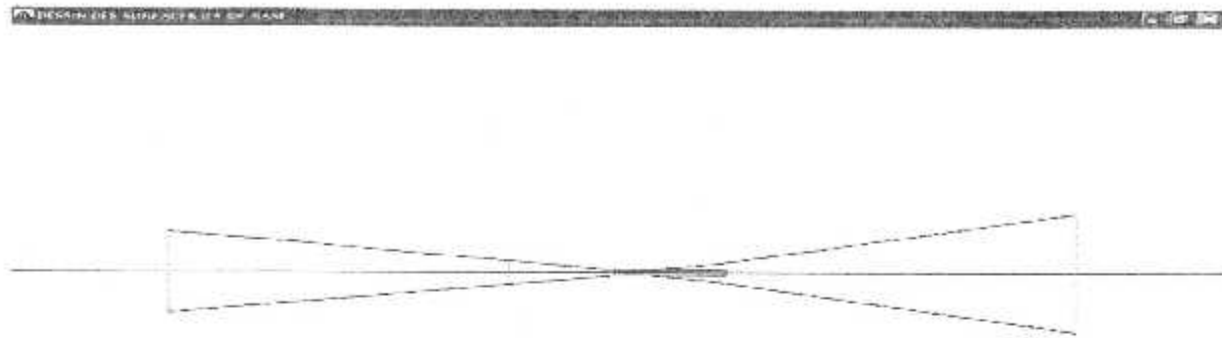


Figure V-34

V.4.2.5 Menu spiral du vent

Ce menu permet le calcul ainsi que le tracé de la spirale. Il est composé de quatre boutons

Bouton calcul voir figureV-35

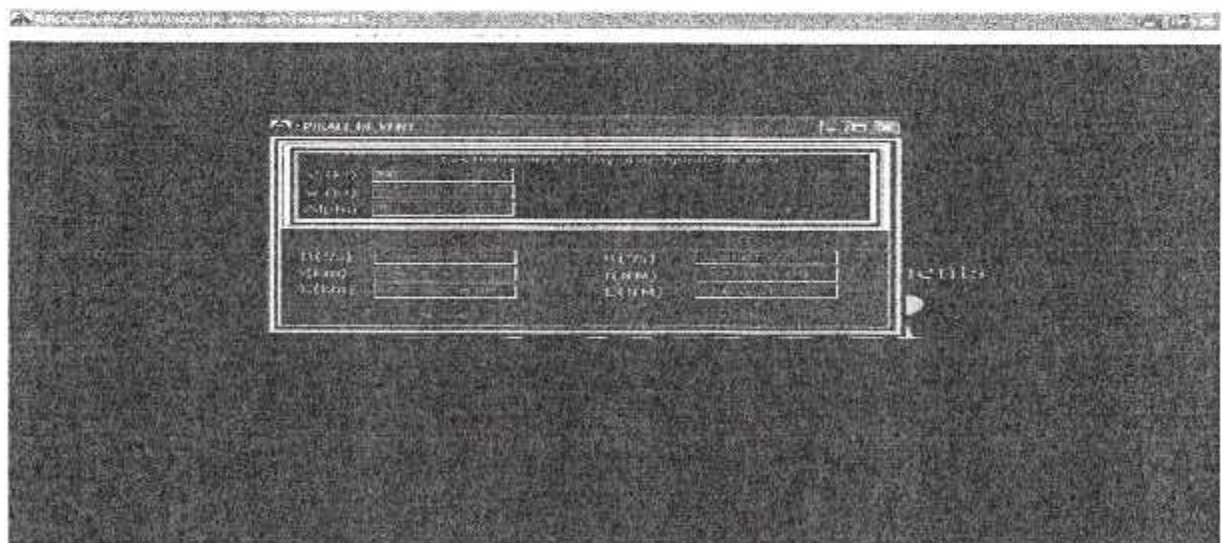


Figure V-35

Bouton imprimer calcul voir figure V-36

Calculs De Paramètres de Rayon de Virage

V(km)	230		
W(km)	30		
Alpha(°)	25		
SI		HORS SI	
R	2.21446801436994	R	2.21419342732537
r	3.06139619623723	r	1.65322669913954
E	0.627238682597388	E	0.338723794743606

Page 1 sur 1

Figure

Bouton dessin voir figure V-37

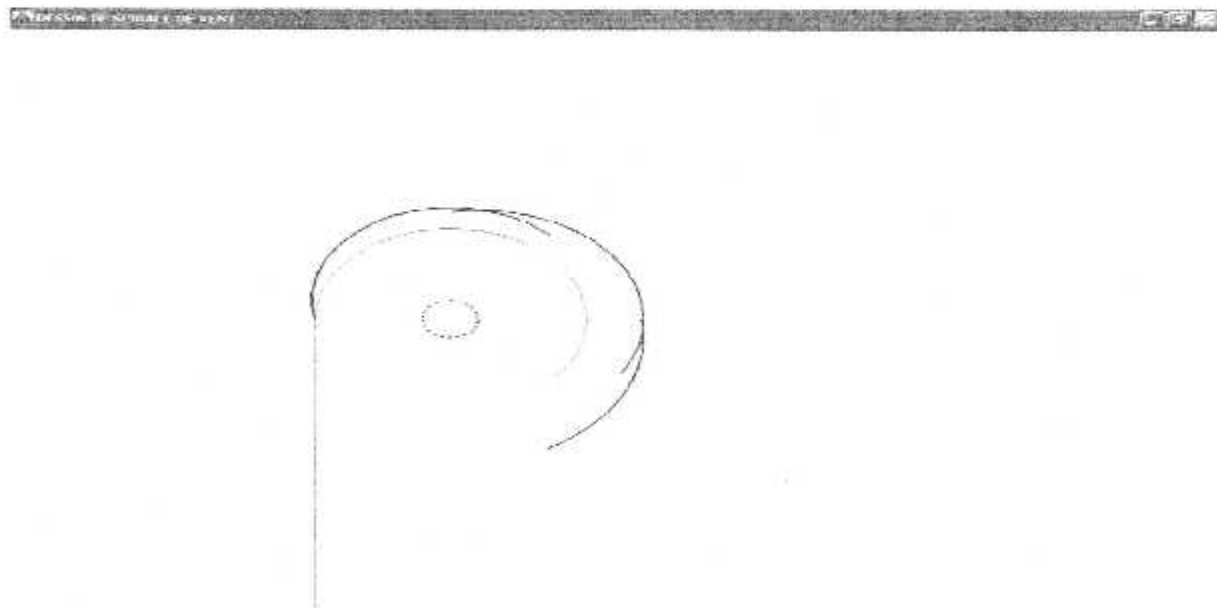


Figure V-37

Bouton imprimer dessin voir figure V-38

Conclusion

Le code de calcul élaboré durant notre projet de fin d'étude permet d'automatiser des procédures en optimisant :

1. le temps de conception d'une procédure d'approche aux instruments.
2. la suppression des erreurs qui peuvent être dus aux erreurs de calcul manuel.
3. La précision au niveau des tracés.

La particularité forte intéressante de ce code c'est que son exploitation repose sur le développement d'une procédure qui gère l'impression à *l'échelle*, nous l'avons testé pour les échelles suivantes :

1/500000

1/200000

1/100000

Nous avons validé notre logiciel par une application sur l'aérodrome de Djanet décrite en chapitre IV les procédures sont quasi-identiques.

Ce logiciel après une phase de tests pourra être exploité par l'Etablissement National de la Navigation Aérienne, en lui permettant d'avoir un outil efficace et performant afin d'assurer les études de procédures, dans les plus brefs délais avec une meilleure précision de calcul et de tracé.

ABREVIATIONS

APV	Procédure d'approche avec guidage vertical
ARP	Point de référence de l'aérodrome
ATC	Contrôle de la circulation aérienne
ATT	Tolérance d'écart longitudinal
AZM	Azimut
CAT	Catégories
COP	Point de transition
CRM	Modèle de risque de collision
DA H	Altitude hauteur de décision
DME	Dispositif de mesure de distance
FAF	Repère d'approche finale
FAP	Point d'approche finale
FATO	Aire d'approche finale et de décollage
FAWP	Point de cheminement d'approche finale
FTT	Tolérance technique de vol
GNSS	Système mondial de navigation par satellite
GP	Alignement de descente
HL	Perte d'altitude
IAF	Repère d'approche initiale
IAWP	Point de cheminement d'approche initiale
IF	Repère d'approche intermédiaire
IFR	Règles de vol aux instruments
ILS	Système d'atterrissage aux instruments
IMC	Conditions météorologiques de vol aux instruments
ISA	Atmosphère type internationale
IWP	Point de cheminement intermédiaire
LLZ	Alignement de descente
MAPt	Point d'approche interrompue
MDA H	Altitude hauteur minimale de descente
MOC	Marge minimale de franchissement d'obstacle
MSA	Altitude minimale du secteur
MSL	Niveau moyen de la mer
NDB	Radiophare non directionnel
NPA	Approche classique
OAS	Surface d'évaluation d'obstacle
OCA H	Altitude hauteur de franchissement d'obstacle
OCA Hfm	OCA H pour l'approche finale et l'approche interrompue ligne droite
OCA Hps	OCA H sur le segment de précision
OCS	Surface de franchissement d'obstacle
OIS	Surface d'indentification d'obstacle
PDG	Pente de calcul de procédure
R	Taux de virage
RDH	Hauteur du point de repère
RNAV	navigation de surface
RSR	Radar de surveillance de route
SI	Système international d'unité

SOC	Début de montée
TNA H	Altitude hauteur de virage
TP	Point de virage
TTT	Technique de traçage de gabarit
VI	Vitesse indiquée
VOR	Radiophare omnidirectionnel
VV	Vitesse vraie

Définitions

Aire de manœuvre à vue (approche indirecte) :

Aire dans laquelle une marge de franchissement d'obstacles devrait être prise en considération pour les aéronefs qui exécutent une approche indirecte.

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 nominale de vol, à l'intérieur de laquelle une marge décroissante de franchissement d'obstacles est assurée.

Altitude :

Distance verticale entre un niveau, un point ou un objet assimilé à un point, et le niveau moyen de la mer.

Altitude de décision (DA) ou hauteur de décision (DH) :

Altitude ou hauteur spécifique à laquelle, au cours de l'approche de précision ou d'une approche avec guidage vertical, une approche interrompue doit être amorcée si la référence visuelle nécessaire à la poursuite de l'approche n'a pas été établie.

Note1 : l'altitude de décision (DA) est rapportée au niveau moyen de la mer et la hauteur de décision (DH) est rapportée à l'altitude du seuil.

Note2 : on entend par « référence visuelle nécessaire » la section de la configuration d'aide visuelle ou de l'aire d'approche qui devrait demeurer en vue suffisamment longtemps pour permettre au pilote d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de variation de cette position par rapport à la trajectoire à suivre. Dans les opérations de catégorie III avec une hauteur de décision, la référence visuelle nécessaire est celle qui est spécifiée pour la procédure et l'opération particulière.

Note3 : pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme « altitude/hauteur de décision » et abrégées « DA/H »

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.

Note1 : l'altitude de franchissement d'obstacles est rapportée au niveau moyen de la mer et la hauteur de franchissement d'obstacles est rapportée à l'altitude du seuil ou, en cas d'approche classiques, à l'altitude de l'aérodrome ou à l'altitude du seuil si celle-ci est

inférieur de plus de 2m(7ft)à l'altitude de l'aérodrome. Une hauteur de franchissement d'obstacles pour une approche indirecte est apportée à l'altitude de l'aérodrome.

Note2 : pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme « altitude/ hauteur de franchissement d'obstacles »et abrégées « OCA/ ».

Altitude d'un aérodrome :

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

Altitude minimale de descente (MDA) ou hauteur minimale de descente (MDA) :

Altitude ou hauteur spécifiée, dans une approche classique ou indirecte, au-dessous de laquelle une descente ne doit pas être exécutée sans la référence visuelle nécessaire.

Note1 : l'altitude minimale de descente(MDA) est rapportée au niveau moyen de la mer et la hauteur minimale de descente (MDH) est rapportée à l'altitude de l'aérodrome ou à l'altitude du seuil si celle-ci est inférieur de plus de 2m (7ft) à l'altitude de l'aérodrome. Une hauteur minimale de descente pour l'approche indirecte est rapportée à l'altitude de l'aérodrome.

Note2 : on entend par « référence visuelle nécessaire » la section de la configuration d'aide visuelle ou de l'aire d'approche qui devrait demeurer en vue suffisamment longtemps pour permettre au pilote d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de variation de cette position par rapport à la trajectoire à suivre. Dans le cas d'une approche indirecte, la référence visuelle nécessaire est l'environnement de la piste.

Note3 : pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme « altitude/hauteur minimale de descente »est abrégée « MDA/H »

Altitude minimale de secteur :

Altitude la plus basse qui puisse être utilisée et qui assurera une marge minimale de franchissement de 300m (1000ft) au-dessus de tous les objets situés dans un secteur de 46km(25NM)de rayon centré sur une aide de radionavigation.

Altitude minimale de zone (AMA) :

Altitude la plus basse qui puisse être utilisée dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) et qui assurera une marge minimale de franchissement de 300m (1000ft)ou, dans une région montagneuse désignée de 600m (2000ft) au-dessus de tous les obstacles situés dans la zone spécifiée, arrondie par excès au multiple de 30m (100ft)le plus proche.

Note : pour des calculs précis, on peut utiliser 984ft comme équivalent de 300metres.

Altitude topographique :

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

Altitude de transition :

Altitude au-dessous de laquelle la position verticale d'un aéronef est donnée par son altitude.

Approche indirecte

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

Hauteur :

Distance verticale entre un niveau, un point ou un objet assimilé à un point, et un niveau de référence spécifié.

Niveau :

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

Niveau de vol :

Surface isobare, liée à une pression de référence spécifiée, soit 1013.25 hectopascals et séparée des autres surfaces analogues par des intervalles de pression spécifiés.

Note1 : un altimètre barométrique étalonné d'après l'atmosphère type :

- a) calé sur le QNH, indique l'altitude.
- b) Calé sur le QFE, indique la hauteur par rapport au niveau de référence QFE.
- c) Calé sur une pression de 1013,25hpa, peut être utilisé pour indiquer des niveaux de vol.

Note2 : les termes hauteur et altitude utilisé dans la note1 ci-dessus désignent des hauteurs et des altitudes altimétriques et non géométriques. [1]

Bibliographie

Documents OACI

- [1] Doc. 4444 :-RAC : Règles de l'air et services de la circulation aérienne. Réf : OACI
- [2] Doc. 8168-OPS : Exploitation technique des aéronefs Volume I et II. Réf : OACI
- [3] Doc. 9368-AN : Manuel de construction des procédures de vol aux instruments. Réf : OACI.
- [4] Doc. 9371-AN : Manuel des gabarits pour les procédures d'attente, d'inversion et en Hippodrome. Réf : OACI.
- [5] Manuel d'aide à la conception des procédures de vol : ENAC-PANS-OPS.

Document Algérie

- [6] AIP Algérie
- [7] www.enna.dz.
- [8] www.sia-enna.dz

Annexes

ANNEXE A

Marge de franchissement d'obstacle

Définition : la marge de franchissement d'obstacle (MFO) est une distance verticale spécifiée, à compenser, pour le survol des obstacles en approche aux instruments, les tolérances et les imprécisions admise dans l'évaluation de la position verticale et dans la conduite d'un aéronef.

C'est la marge minimale nécessaire pour assurer un niveau de sécurité acceptable en exploitation. Cette marge varie selon la phase d'approche à exécuter (voir tableau)

Procédure utilisée	MFO
Attente, hippodrome, inversion, route d'arrivée et approche initiale	300m
Approche intermédiaire	150m
Approche finale classique non procédé par (*)	90m
Approche finale procédé par (*)	75m
Phase initiale de l'approche interrompue	75m
Phase intermédiaire de l'approche interrompue	30m
Phase finale de l'approche interrompue	50m

(*) : Procédure d'attente ou en hippodrome.

Pentes de descente et de montée

A chaque phase d'approche est associée une pente de descente ou de montée spécifiée (voir tableau).

Pente de descente ou de montée	Optimale	maximale
Initiale	4%	8%
intermédiaire	0%	5%
Finale	5%	6.5%
interrompue	2,5%	5%

Tableau pente de descente et de montée.

ANNEXE B

Catégories des aéronefs et vitesses indiquées associées

Généralités

Les performances des aéronefs ont une incidence directe sur l'espace aérien et la visibilité requise pour l'exécution de certaines manœuvres.

L'élément le plus important à cet égard est la vitesse indiquée mentionnée dans le tableau ci-dessous. Celle-ci est donnée en fonction de la catégorie d'aéronefs et de la phase d'approche à exécuter.

Catégorie d'aéronef	Vitesse initiale /intermédiaire sans (*)	Vitesse initiale /intermédiaire avec (*)	Vitesse finale	Vitesse interrompue intermédiaire	Vitesse interrompue finale
A	90 - 150	90 -110	70 -100	100	110
B	120-180	100 -140	85b -130	130	150
C	160 - 240	210 -240	115 -160	160	240
D	185 -250	225 -250	130 -185	185	265
E	185 -250	195 -250	155 -230	230	275

Vitesse pour le calcul des procédures (nœuds)

(*) : Vitesse maximale pour les procédures d'inversion et en hippodrome.

Dans les calculs utilisés pour la construction des procédures d'approche aux instruments. On fait intervenir la notion de la vitesse vraie (vitesse propre= exprimé en nœuds.

Cette dernière est déterminée à partir de la vitesse indiquée (VI) en fonction de l'altitude et de la température à considérer pour une approche donnée.

Vitesse vraie= vitesse indiquée * facteur de conversion.

ANNEXE C

Moyens radioélectriques

Introduction :

Toute procédure d'approche aux instruments utilise les informations de guidage sur trajectoire fournies par des moyens radioélectriques.

Il s'agit des équipements qui permettent aux aéronefs de naviguer dans l'espace aérien et aux personnels exploitants d'assurer les services de la circulation aérienne, se sont donc des moyens d'aide à la radionavigation.

Installation :

Une installation est un moyen radioélectrique permettant :
d'assurer le guidage de l'aéronef sur trajectoire.
De définir un repère

Les principales installations sont les suivantes :

VOR : (Radiophare Omnidirectionnel) : émet des signaux d'une intensité suffisante pour qu'une installation type d'aéronef puisse fonctionner de façon satisfaisante

NDB : (Non Directionnel Beacon) : radiophare non directionnel fournissant un relèvement (signal).

DME (distance measuring equipment) : dispositif de mesure de distance.

ILS (instrument landing system) : composé des éléments suivants :

GP (glide path) : dispositif d'alignement de descente.

LLZ (localizer) : dispositif d'alignement de piste.

OM (outré marker) : radio borne extérieure qui permet aux aéronefs, en approche intermédiaire et finale, de vérifier leurs hauteurs et leurs distances

MM (middle marker) : radio borne intermédiaire qui indique, par mauvaise visibilité que le guidage visuel d'approche est imminent.

IM (radio borne intérieure) : il indique, lorsque la visibilité est mauvaise, l'imminence d'arrivée au seuil de piste.

OM, MM, IM : sont placées à des distances bien définies de piste, ces distances sont repérés sur des cartes de vol.

ANNEXE D

Aire de tolérance des repères :

Comme toutes les installations ont une précision limitée, le point géographique ainsi identifié n'est pas précis, il se trouve dans une zone désignée par « aire de tolérance de repère ».

Les dimensions de l'aire de tolérance du repère dépendent de la précision des systèmes de navigation qui le définissent.

L'analyse statistique de ces tolérances montre que les aires de tolérance des repères doivent être déterminées en utilisant les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

MOYEN	Installation en alignement	Installation en intersection
VOR	+/- 5.2°	+/-4.5°
NDB	+/- 6.5°	+/-6.2°
ILS	+/-2.4°	+/-1.4°
DME	0.5NM	0.5NM

Tolérance amont d'un repère :

Elle sera limitée par la perpendiculaire à la route qui passe par la limite amont de l'aire de tolérance du repère, et le repère.

Tolérance aval d'un repère

Elle sera limitée par la perpendiculaire à la route qui passe par la limite aval de l'aire de tolérance du repère.

L'aire de tolérance de quelques repères

Tolérance du point d'approche interrompue (MAPt)

Le MAPt dans une procédure d'approche aux instruments peut être défini par :

- ♣ Une installation de navigation (défini par sa verticale).
- ♣ Un repère défini par une intersection de deux moyens.
- ♣ un point situé à une distance spécifiée du FAF

Tolérance technique de vol

Tolérance de minutage : +/- 10s.

Tolérance e cap +/- 5°

Délai de mise en virage : 5s pour une inclinaison de 25° ou 3s pour une inclinaison de 15°

Délai maximale de réception d'un repère : 6s (3s en approche interrompue)

Calculs utilisés dans la construction des gabarits
de circuits d'attente et de circuits en hippodrome

VI (kt) : 220

Altitude (ft) : 10000

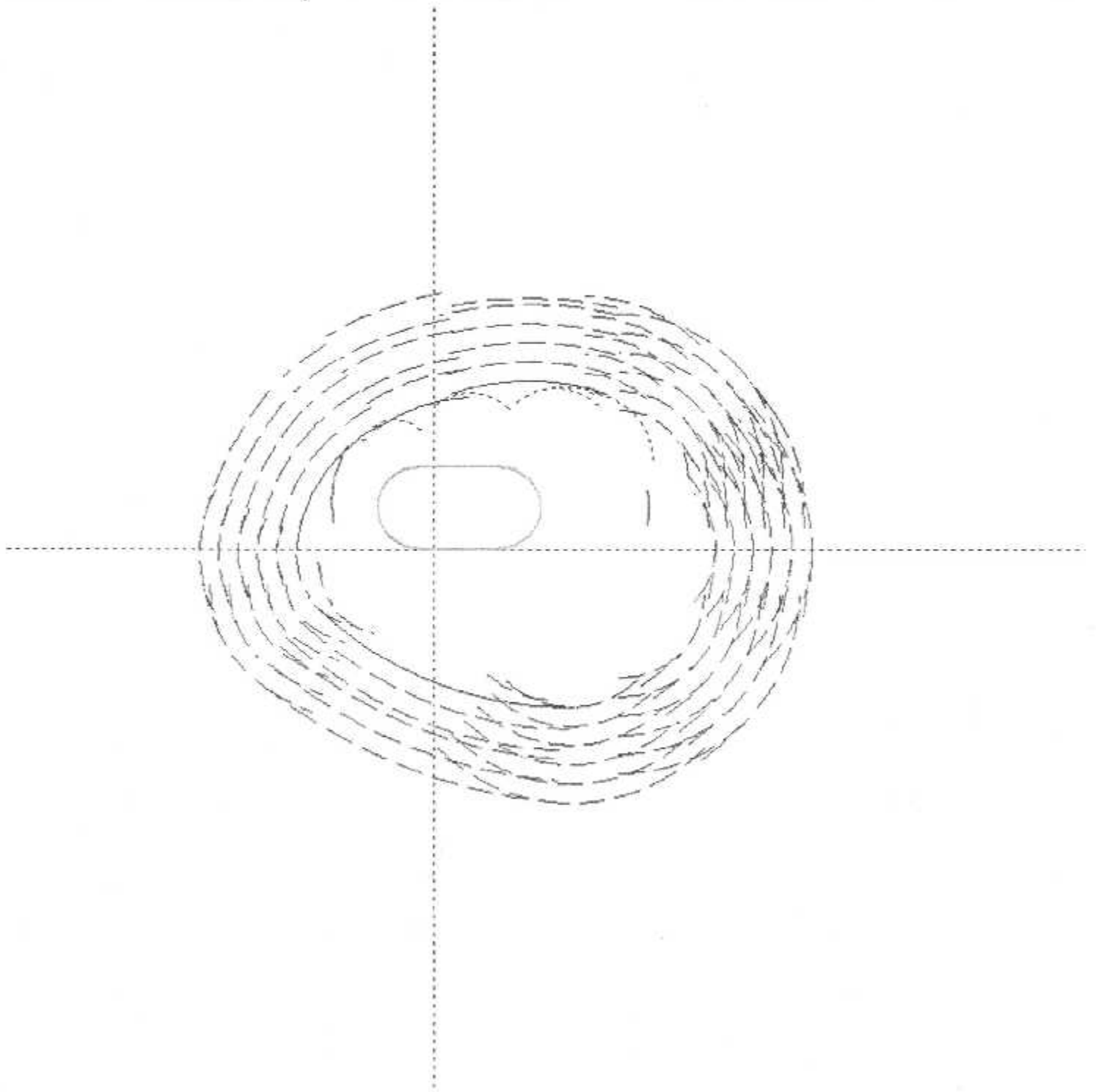
Temps (min) : 1

Température (°c) : 30

K	1,19576160221765
V	487,201107207559
v	0,135333640890989
R	1,93609986932592
r	4,00510080364188
h	3,0480370641307
w	123,576444769568
w'	0,034326790213769
E45	0,797843946013701
t	60
L	8,12001845345932
ab	0,676668204454943
ac	1,48867004980088
gi1	7,44335024900438
gi2	10,9620249121701
wb	0,171633951068845
wc	0,377594692351459
wd	1,17543863836516
we	1,97328258437886
wf	2,77112653039256
wg	3,56897047640626
wh	3,36300973512365
wo	4,16085368113735
wp	4,95869762715105
wi1	5,45694393816356
wi2	5,93751900115632
wj	6,73536294717003
wk	7,53320689318373
wm	8,33105083919743
wn3	8,64831972221836
wn4	9,12889478521113
XE	24,5696523985514
YE	12,8301673097494
Zv	2,55760677632675
Qv	0,661957343596626

ATTENTE

VI: 220 kt
ALTITUDE: 10000 ft
TEMPS: 1 min
MOYEN: NDB



Calculs associés à la construction du gabarit
de virage conventionnel 45°-180°.

VI (kt) : 230

Altitude (ft) : 6600

Temps (min) : 1,25

Température (°c) : 35

K	1,1433111995049
V	487,004838541107
v	0,135279121816974
R	1,93688014029943
r	4,00187454882827
h	2,01170446232626
w	111,140453547915
w'	0,0308723482077542
E	0,0159392145984736
ab	0,676395609084871
cd	6,32656630340219
cd1 = cd3	5,65017069431732
cd2 = cd4	8,3557531306568
Wc	0,871626397970082
Wd2 = Wd4	2,77851133869788
Wf	3,57547206862156
Wg = Wh	4,37243279854524
Wi	5,16939352846892
Wj	5,9663542583926
Wk	5,34890729423751
Wl	6,14586802416119

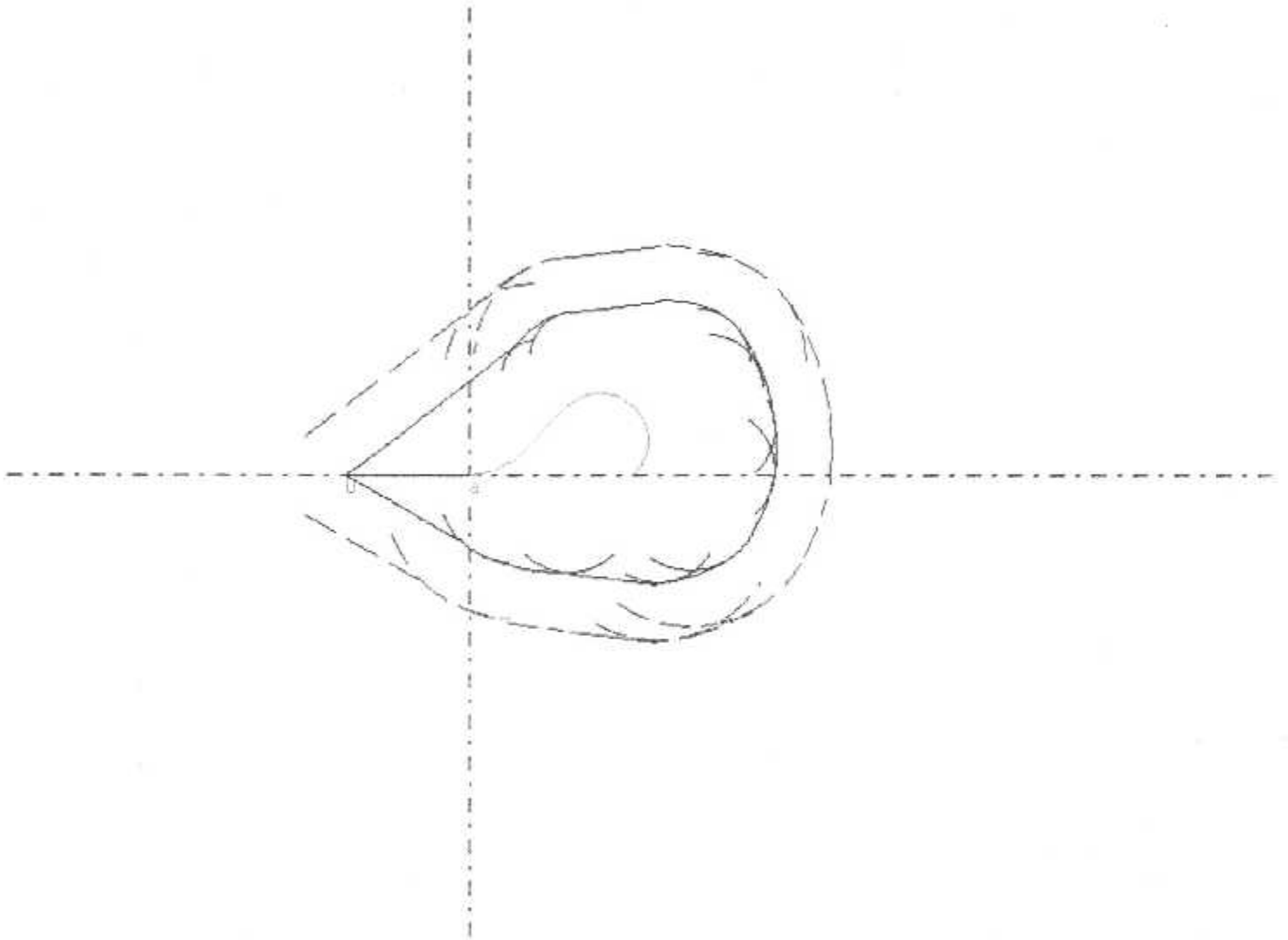
VIRAGE CONVONTIONNEL 45°/180°

VI: 230 kt

ALTITUDE: 6600 ft

TEMPS: 1,25 min

MOYEN: NDB



Calculs associés à la construction du gabarit de virage de base

VI (kt)	230
Altitude (ft)	6600
T (min)	2,5
Température (°c)	35
K	1,1433111995049
V	487,004838541107
v	0,135279121816974
R	1,93688014029943
r	4,00187454882827
h	2,01170446232626
w	111,140453547915
w	0,0308723482077542
E	0,0159392145984736
Phi	22,5970245083074
Zn	1,68802047237565
t	2,5
L	20,2918682725461
ab1=ab3	13,4509617009612
ab2=ab4	30,0999218468042
Wd=Wg	0,796960729923679
We=Wf=Wg	1,59392145984736
Wi	3,02845077370998
Wj	3,74571543064129
Angle de dérive d	13,1918402648177
N3l	1,48807033998672
Wl	0,339595830285296
Wm	1,13655656020898
Wn	1,93351729013265

VIRAGE DE BASE

VI (kt) 230

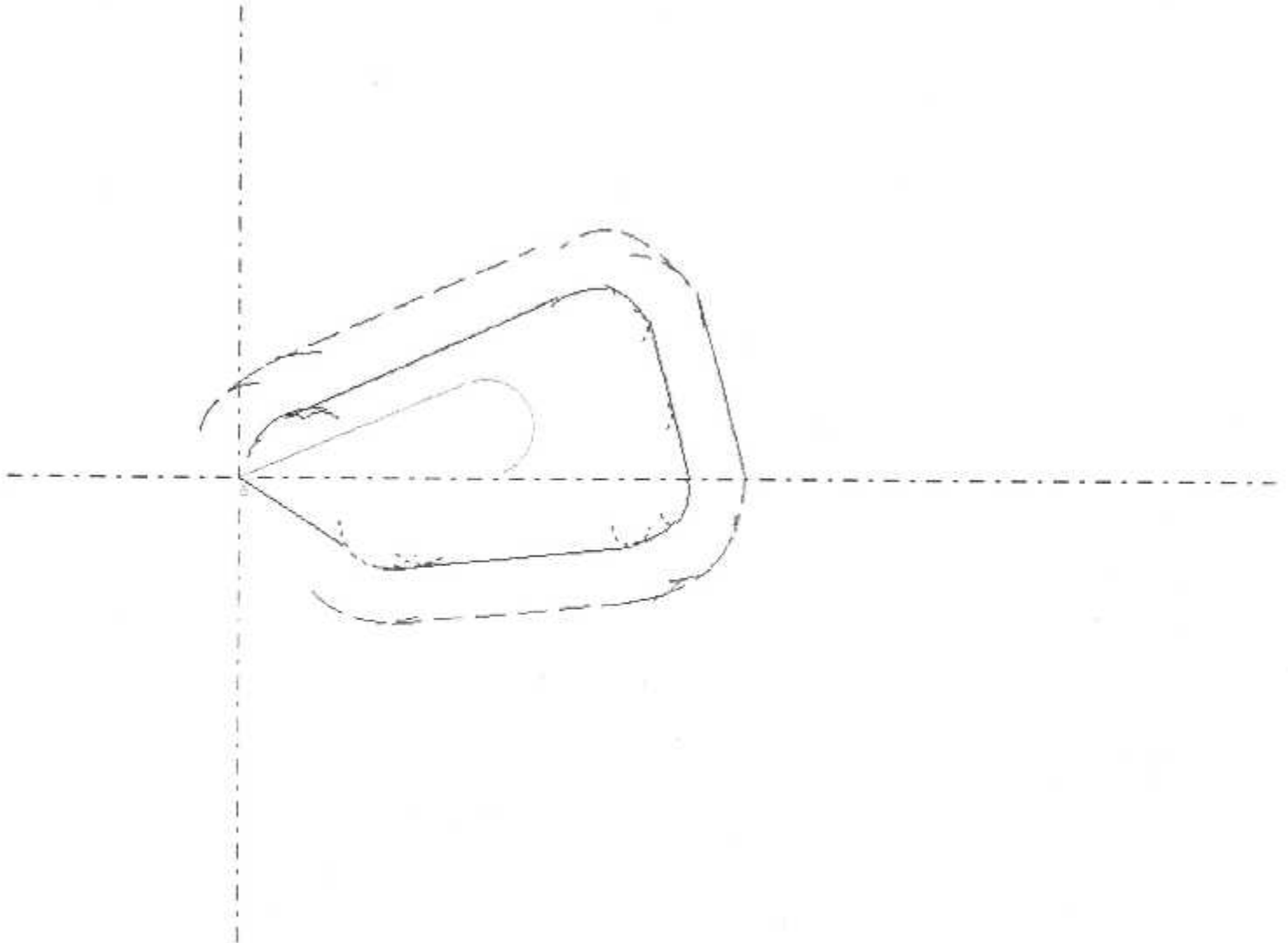
ALTITUDE (ft) 6600

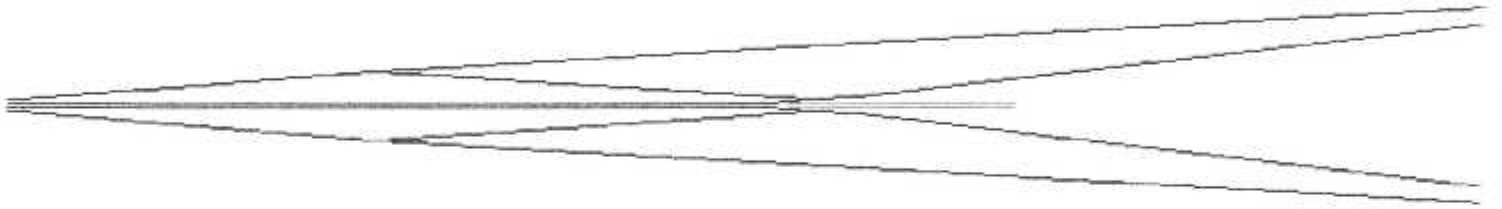
T (min) 2,5

MOYEN NDB

TEMPERATURE (°C) 35

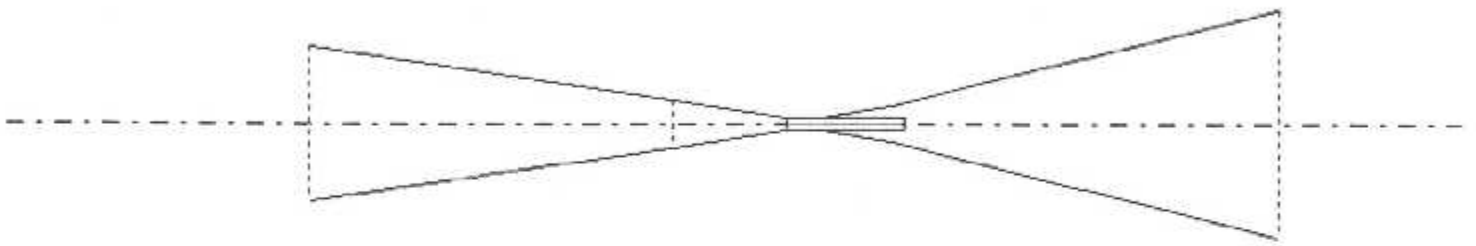
Echelle 1 / 500 000





ILS de Base

Echelle 1 / 200 000



Calculs De Paramètres de Rayon de Virage

V(kt) 230
W(kt) 30
Alpha(°) 25

SI

R (°/s) 2,21446801438994
r (km) 3,06139619623723
E (km) 0,627238682597388

HORS SI

R (°/s) 2,21419342732537
r (NM) 1,65322669913954
E (NM) 0,338723794743606

Spirale de Vent :

VI (kt) : 230

w (kt) : 30

Alpha (°) 25

Echelle 1 / 100 000

