

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université De Blida

Département D'Aéronautique

THEME

**Traitement automatique des Obstacles
aux dessous
des Aires de Protection**

Mémoire

De Fin D'étude

En vue de l'obtention du Diplôme Ingénieur D'état en Aéronautique.

Option : Opérations Aériennes.

Fait par :

Melle.TAYEB SOLIMANE Salima
Melle. YOUSSEFI Samiha.

Promoteur :

Mr.DJATOUF Abdelouahab

Co.Promoteur:

Mr.DRIOUCHE Mouloud

Promotion 2005 - 2006

Remerciements

On adresse nos remerciements à notre promoteur Mr DJATOUF Abdelouahb pour nous avoir fourni une aide précieuse tant par l'intérêt qu'il a apporté à notre travail que pour sa grande disponibilité durant la période de notre projet et ses nombreux conseils utiles au bon déroulement du travail.

On remercie tout particulièrement notre directeur Mr BERGHEUL Said et Mr TEMMAR Mustapha.

On remercie Mr TEMMAR Redouane qui nous a aimablement aidé, et nous a accordé toute l'attention nécessaire pendant la durée de notre travail.

On tient aussi à remercier Mr DRIOUCHE Mouloud.

On remercie Mr Djalal de sa disponibilité et de son accueil dans la salle de navigation.

On tient à témoigner notre gratitude à nos copines Sabah et Radia, ainsi que toute personne qui a contribué de près ou de loin à ce travail et pour leurs soutiens. Ainsi que tous les amis de l'Institut, sans oublier Mounir Mohamed, Mourad et Hichem.

Enfin, on remercie Messieurs les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de siéger, espérant qu'ils trouvent l'expression de nos profonds respects.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon très cher papa que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A ma très chère maman qu'elle ma toujours aidé et veiller sur moi durant toute ma vie.

A mon frère Karim, ma sœur Nadéra et son mari Sid ali.

A mes adorables neveux Anis et Yasmine.

Je tiens à remercier à mes copines Soumya, Lamia, Fadhéla et son mari pour leurs soutiens

A mon binôme Salima et toute sa famille.

Samiha

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chère parents qu'ils m'ont toujours aidés et veiller sur moi
durant toute ma vie.*

A mes frères Younes, Mohamed Amine et Zaki.

A mes sœurs Sarah et Habiba et son mari Fouad.

A mon adorable neveu Abde El Moumen.

Pour tout ma famille TAYEB SOLIMANE petit et grand.

A mon fiancé GUESSAB Mounir et toute sa famille.

A mon binôme Samiha et toute sa famille.

Salima

Résumé

La méthode utilisée actuellement par les services de l'ENNA pour l'identification des obstacles dans les aires de protection des procédures d'approches aux instruments et le calcul des altitudes minimales de survol nécessite des calculs fastidieux et répétitifs et demande un temps de réalisation assez important. Ceci induit des tracés non précis et des mesures non optimales des minimax opérationnels.

Afin de palier à ces inconvénients dans la réalisation de ces procédures, des recommandations ont été faites par l'OACI pour automatiser dans la mesure du possible les procédures PANS-OPS, et a encouragé donc les états à réaliser des logiciels d'automatisation des procédures d'approche aux instruments.

خلاصة

الطريقة المستعملة حاليا من طرف أقسام المؤسسة الوطنية للملاحة الجوية لغرض مطابقة العقبات في مساحات الحماية لإجرات التقرب بالآلات وحساب الارتفاعات الأدنى للتخليق لهذا الغرض يلزم حسابات مضجرة و مترددة مع وقت انجاز كبير. نتيجة العمل مسطر و قياسات غير دقيقة العمليات الدنيا. حتى لا تؤثر السلبيات في تحقيق الإجراءات طلبت السلطات إن أمكن تألي الإجراءات و تشجيع الدول التي تسهر و تساهم في تحقيق هذا الغرض

Summary

The method used currently by ENNA services for the identification obstacles in the protection areas of procedures of approaches to the instruments and the calculation of the minimal altitudes of over flight require tiresome and repetitive calculations and takes a rather important time for realisation.

This induces inaccurate layouts and no optimal measurements of the operational minimal.

In order to stage with these disadvantages in the realisation of these procedures, some recommendations were made by the ICAO automate in possible way the procedures PANS-OPS, and this encouraged the states to carry out software automatization of the instruments approach procedures.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	5
Chapitre I Présentation de l'entreprise ENNA	
I-1 La présentation de L'ENNA.....	8
I-2 Les missions de L'ENNA.....	8
I-3 L'organisation de l'ENNA.....	9
I-3-1 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA.....	10
I-3-2 Département de la Circulation Aérienne DCA.....	10
I-3-2-1 Le Service Etude et Développement SED.....	11
I-3-2-2 Le Service Contrôle et Coordination.....	12
Chapitre II L'Etude de l'Existant	
II 1 Introduction.....	14
II-2 Altitude minimale du secteur.....	14
II-3 Les segments d'une procédure d'approche aux instruments.....	15
II-3-1 L'arrivée.....	16
II-3-1-1 Aire de protection d'une route d'arrivée.....	16
II-3-1-2 Altitude minimale de vol.....	17
II-3-1-3 Marge de franchissement d'obstacles.....	17
II-3-2 L'attente	18
II-3-2-1 La manœuvre d'attente.....	18
II-3-2-2 Les marges de franchissement d'obstacles.....	18
II-3-2-3 Aire de protection d'attente.....	19
II-3-3 Le segment initial.....	20
II-3-3-1 Rectiligne à l'estime.....	20
II-3-3-2 Rectiligne radioguidée.....	20
II-3-3-3 Curviligne radioguidée.....	21
II-3-3-4 La Procédure en hippodrome.....	21
II-3-3-5 La Procédure d'inversion.....	22
II-3-4 Le segment intermédiaire	24
II-3-5 Le segment final	25
II-3-6 Le segment d'approche interrompue.....	26
Chapitre III Conception des Aires de Protection d'une Procédure d'Approche aux Instruments	
III-1 Introduction.....	28
III-2 Généralités	28
III-2-1 Les catégories d'aéronefs.....	28
III-2-2 La vitesse de vent « W ».....	29
III-2-3 La température.....	29
III-2-4 Les tolérances techniques du vol.....	29
III-3 Les repères.....	30

III-3-1 Les types des repères	30
III-3-1-1 Les Repères Définis par une Intersection.....	30
III-3-1-2 Les repères définis par la verticale d'une installation radioélectrique	31
III - 4 Le segment d'arrivée.....	34
III-4-1 La route d'arrivée omnidirectionnelle.....	34
III-4-2 La route d'arrivée spécifiée	34
III-4-2-1 Aire de protection d'une route d'arrivée spécifiée pour un segment rectiligne	34
III-4-2-2 Aire de protection d'une route d'arrivée spécifiée pour un Arc DME.....	36
III-5 L'attente	37
III-5-1 Tracé des aires de protection des attentes et des procédures en hippodrome.....	37
III-5-2 Tracé du gabarit (première étape).....	38
III-5-3 Construction de l'aire de base et de l'aire d'entrée (deuxième étape)....	47
III-5-3-1 Construction de l'aire de base.....	47
III-5-3-2 Construction de l'aire d'entrée	48
III-5-3-3 Construction des zones tampons	50
III-6 Le segment initial	51
III-6-1 Procédure d'approche initiale avec segment à l'estime.....	51
III-6-2 Segment rectiligne radioguidé	51
III-6-3 Procédure en hippodrome.....	52
III-6-4 Procédure d'inversion.....	52
III-6-4-1 Virage de Base	53
III-6-4-2 Virage Conventionnel	58
III-6-4-2-1 Virage Conventionnel 45° / 180°.....	59
III-6-4-2-2 Virage Conventionnel 80° / 260°	66
III-7 Le segment intermédiaire	71
III-7-1 Le segment intermédiaire fondé sur trajectoire rectiligne	71
III-7-2 Le segment intermédiaire dans une procédure en inversion ou hippodrome.....	72
III-8 Le segment intermédiaire final	74
III-8-1 Procédure avec repère d'approche final « FAF »	74
III-8-2 Procédure sans repère d'approche final « FAF »	75
III-9 Le segment d'approche interrompue.....	76
III-9-1 Tolérance du MAPT.....	76
III-9-2 La phase initiale d'approche interrompue.....	78
III-9-3 La phase intermédiaire d'approche interrompue.....	79
III-9-4 La phase finale d'approche interrompue.....	80
II-9-4-1 Approche interrompue en ligne droite.....	80
III-9-4-2 Approche interrompue avec virage.....	81

Chapitre IV Conception du logiciel

IV-1 Introduction.....	83
IV-2 Langage de programmation.....	83
IV-3 La description du logiciel développé.....	83
IV-3-1 Donnés d'entrée.....	83
IV-3-2 Les donnés de sortie.....	84
IV-3-3 L'organigramme.....	84
IV-4 Présentation du logiciel.....	85
IV-4-1 La première forme	85
IV-4-2 La deuxième forme	86
IV-5 Exemple général	87
IV-5-1 Menu Principal	88
IV-5-2 Barre d'Outils	89
IV-5-3 Menu Secondaire.....	90
IV-5-4 Les Paramètres d'entrée	90
IV-5-5 La page de control.....	91
IV-5-5-1 Coordonnées des obstacles	92
IV-5-5-2 Page de dessin.....	93
IV-5-5-3 Résultats du calcul.....	94
IV-5-5-4 La liste des obstacles.....	95
IV-6 Les fonctions utilisées	96
IV-6-1 Application	96
IV-6-2 Nouvelle Application	96
IV-6-3 Ouvrir	96
IV-6-4 Enregistrer.....	97
IV-6-5 Imprimer.....	98
IV-6-6 Retour.....	99
IV-6-7 Quitter.....	99
IV-7-1 Les limites d'altitude	99
IV-7-2 Les limites des vitesses.....	100
IV-7-3 Introduction des coordonnées.....	101
IV-8 Les applications.....	102
IV-8-1 Attente --NDB.....	103
IV-8-2 Attente --VOR.....	104
IV-8-3 Virage de Base --NDB.....	105
IV-8-4 Virage de Base --VOR.....	106
IV-8-5 Virage Conventionnel 45° / 180° --NDB.....	107
IV-8-7 V Virage Conventionnel 80° / 260° --NDB.....	108
IV-8-8 V Virage Conventionnel 80° / 260° --VOR.....	109
Conclusion.....	110

Introduction générale

La procédure d'approche aux instruments peut comporter cinq segments distincts, à savoir le segment d'arrivée, initial, intermédiaire, final et le segment d'approche interrompue. Le franchissement des obstacles est la principale considération du point de vue de la sécurité, pour cela à chaque segment correspond une aire de protection qui lui est associée et une altitude /hauteur minimale calculée sur la base d'une marge minimale de franchissement d'obstacles.

L'identification des obstacles dans les aires de protection et les calculs itératifs à fin de déterminer les altitudes minimales de survol des obstacles sont fait à base des formules mathématiques où sont pris en considération les paramètres suivants :

- Trajectoire nominale de vol.
- Incertitude de repère.
- Tolérances Techniques de vol.
- Effet de vent.

Pour tracer ces aires et pour définir ces altitudes minimales, des calculs répétitifs et laborieux sont conduits par les concepteurs faits pour arriver à des solutions optimales.

Les résultats obtenus ne répondent généralement pas aux critères suscités car cette tâche présente plusieurs inconvénients à savoir :

- Des erreurs de calcul.
- Une longue durée de réalisation.
- Des résultats non optimisés.
- Des calculs répétitifs et laborieux.

Le but principal de ce projet est l'amélioration et l'optimisation des résultats obtenus pour une exploitation meilleure des aéronefs et de l'espace aérien, il consiste à mettre en œuvre un outil d'aide pour le tracé automatique des aires de protection au dessus des obstacles et aux calculs des altitudes minimales de vol requis.

CHAPITRE
Présentation de l'Économie

I-1 LA PRESENTATION DE L'ENNA

Conformément au décret exécutif N° 91-149 du 18 mai 1991 portant réaménagement des statuts de l'Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautiques « E.N.E.S.A » et dénomination nouvelle : Établissement National de la Navigation Aérienne ENNA, est un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial « EPIC », sous tutelle du Ministère des Transports, est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration, Il a pour mission d'assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien algérien pour le compte et au nom de l'état algérien.

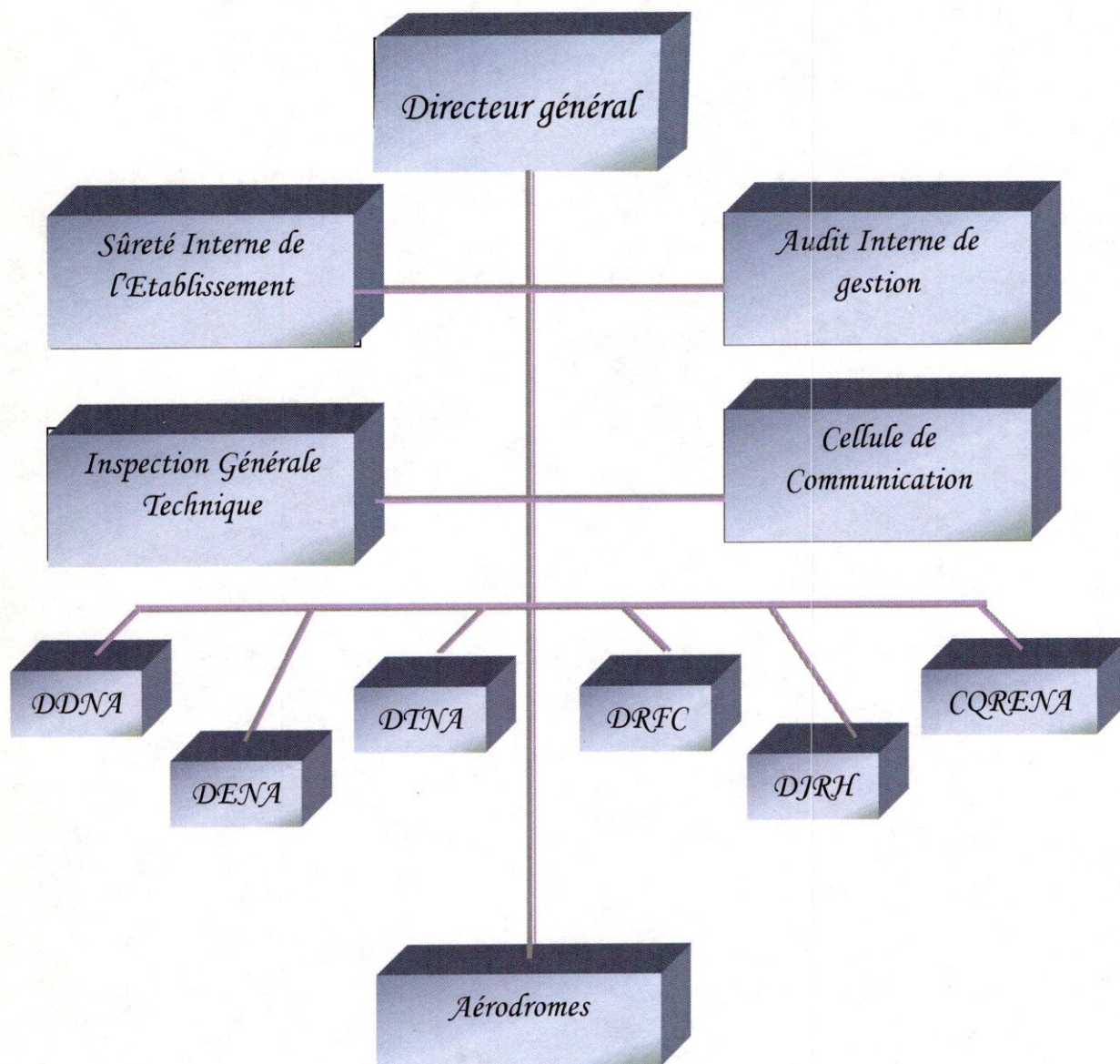
I-2 LES MISSIONS DE L'ENNA

Principales missions de l'Établissement :

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'État;
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées;
- Assurer 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 circulation aérienne publique;
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, à l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission;
- Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique;
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

I-3 L'ORGANISATION DE L'ENNA

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne est structuré comme suit :



DDNA : Direction de Développement de la Navigation Aérienne.

DENA : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne.

DTNA : Direction Technique de la navigation aérienne.

DRFC : Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité.

DJRH : Direction et Ressources Humaines.

CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation.

Aérodromes : Direction de la Sécurité Aéronautique.

21 Aérodromes nationaux.

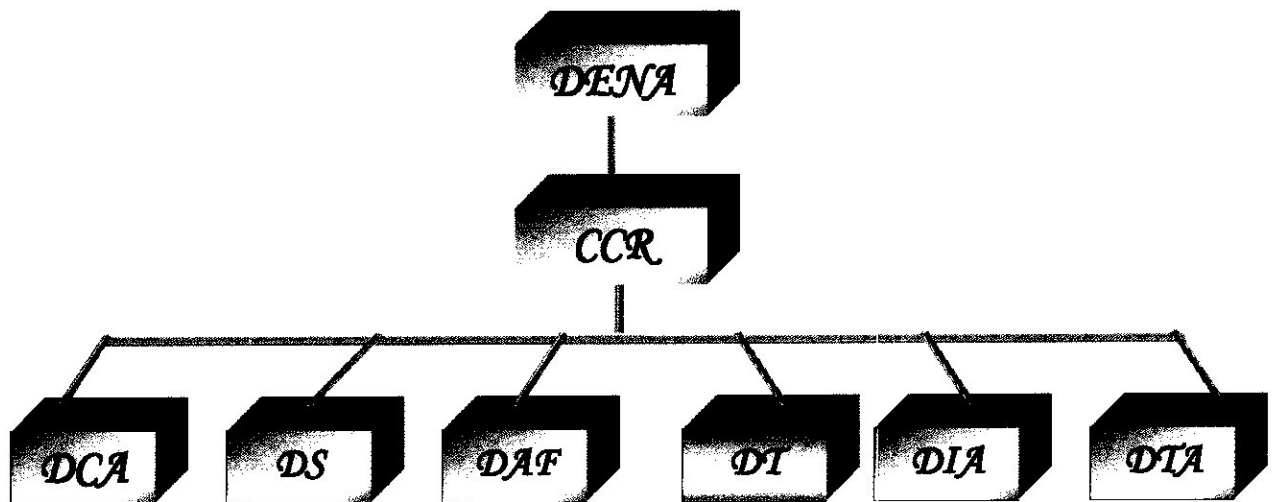
11 Aérodromes internationaux.

I.3.1 DIRECTION DE L'EXPLOITATION DE LA NAVIGATION AERIENNE « 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 aérodromes. Ses principales missions se résume 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 les incendies aux aérodromes.

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



DCA : Département de la Circulation Aérienne

DS : Département Système

DAF : Département Administration et Finances

DT : Département Technique

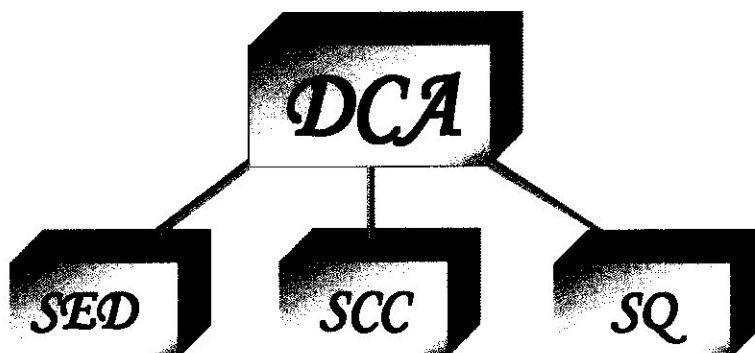
DIA : Département Informations Aéronautiques

DTA : Département Télécommunications Aéronautiques

CCR : Centre de Contrôle Régional

I.3.2 DEPARTEMENT DE LA CIRCULATION AERIENNE « DCA »

Le Département de la Circulation Aérienne, est chargé du contrôle et du suivi de l'espace aérien géré par les aérodromes 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 à 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 des données statistiques de trafic aérien pour les besoins d'études.

I.3.2.2 Le Service Contrôle et Coordination

Le service est chargé de :

La tenue à jour de fichier informatisé «l'état des aérodromes » relatif à l'exploitation de l'ensemble des aérodromes sur le territoire national;

Il est chargé d'analyser les anomalies d'exploitation dans l'espace aérien relatives aux avis d'incidents, accidents, comptes rendus d'irrégularité d'exploitation « **AIR PROX**, réclamations, déroutement, alertes, procédures et infractions » concernant les aéronefs et leurs équipages ;

La mise à jour et la tenue de la réglementation en vigueur sur le plan international **OACI**;

Il veille à l'application de la réglementation internationale concernant le service de sauvetage et de lutte contre l'incendie au niveau des aérodromes 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 sauvetage des aéronefs en détresse **SAR** ;

L'inspection technique de tous les aérodromes sur le territoire national conformément à la réglementation internationale de l'aviation civile ;

Il est chargé d'autres missions relatives à l'exploitation des aérodromes confiées par la **DENA**.

CHAPITRE

II-1 INTRODUCTION

La conception d'une procédure d'approche aux instruments est en générale dictée par le relief qui entoure l'aérodrome, le type de l'exploitation envisagé, et le type des aéronefs appelés à utiliser cette procédure, ces facteurs influent à leurs tours sur le type et l'implémentation des aides à la navigation par rapport à la piste et à l'aérodrome.

Le franchissement des obstacles est la principale considération du point de vue de la sécurité lorsqu'il s'agit de mettre au point des procédures d'approche aux instruments, toute fois en tenant compte de la durée d'exécution des procédures et l'espace aérien nécessaire aux manœuvres correspondantes.

Le but est de créer un certain degré de normalisation des procédures d'approche aux instruments, mais il est peu probable que l'on puisse parvenir à cette uniformité mondiale des procédures, des aires et des marges de franchissement des obstacles, les états devraient donc tenir compte des conditions locales lors de conception de leurs procédures d'approche aux instruments.

II-2 ALTITUDE MINIMALE DU SECTEUR

Pour des considérations topographiques « Relief », les limites des secteurs peuvent être choisies de manière à obtenir des altitudes minimales de secteur les plus favorables sans que cela conduise à une multiplication des secteurs.

Les 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 circulaire de **25 NM** de rayon, centré sur l'IAF, lorsque celui-ci est matérialisé par une installation radioélectrique ou, sur une autre installation radioélectrique utilisée pour la procédure ou située sur l'aérodrome.

Elle est calculée en appliquant une marge de franchissement d'obstacles d'au moins **300 m (1 000 ft)**, aux obstacles situés dans le secteur considéré, ainsi que dans une zone tampon de **5 NM** de largeur, l'entourant complètement, et en arrondissant le résultat par excès au multiple de **100 ft** le plus proche.

Pour les vols au-dessus d'une région montagneuse, la marge de franchissement d'obstacles est augmentée d'une valeur pouvant atteindre **600 m (2 000 ft)** voir figure II-2.

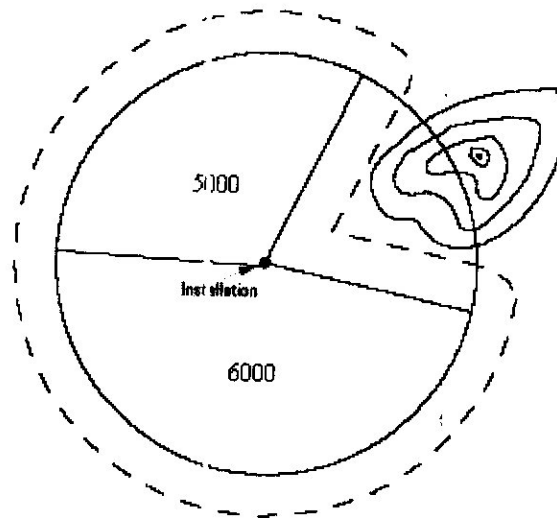


Figure II-2 : Altitude minimale du secteur

II-3 LES SEGMENTS D'UNE PROCEDURE D'APPROCHE AUX INSTRUMENTS

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

Les segments d'approche commencent et se terminent normalement en des points de repère désignés. Cependant, dans certains cas, des segments peuvent commencer en des points spécifiés où aucun point de repère radioélectrique n'existe ou n'est nécessaire.

Il n'est pas nécessaire d'inclure dans une procédure d'autres segments que ceux qui sont exigés en fonction des conditions locales voir figure II-1.

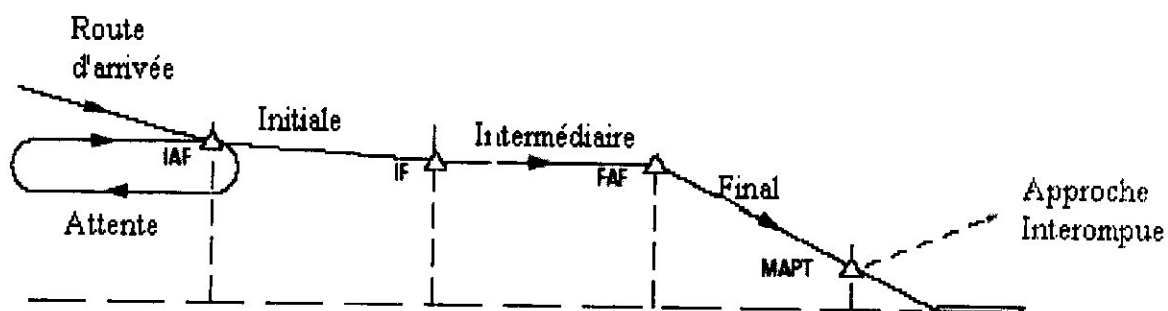


Figure II-1 : Différents segments d'une procédure d'approche aux instruments

II-3-1 L'ARRIVEE

Un segment permettant de relier l'itinéraire de croisière à une séquence des segments d'approche aux instruments en vue de l'atterrissage.

Le segment d'arrivée commence –pour un espace aérien contrôlé– aux limites de cet espace, et à la distance de 25 NM de l'installation pour un espace aérien non contrôlé, et prend fin au repère d'approche Initiale IAF.

II-3-1-1 Aire de protection d'une route d'arrivée

L'aire de protection d'une route d'arrivée, ainsi que tous les autres segments d'approche aux instruments, se divise en aire primaire et aire secondaire.

L'aire primaire représente la moitié de la largeur totale de l'aire de protection, tandis que l'aire secondaire représente 1/4 de la largeur totale 25 % de part et d'autre de l'aire primaire.

Les critères en route s'appliquent du début de la route d'arrivée jusqu'au point situé à 25 NM en amont de l'IAF. La largeur de l'aire diminue ensuite à partir de ce point avec une convergence de 30° de part et d'autre de l'axe, jusqu'à une largeur totale de 10 NM (5 NM de part et d'autre de l'axe) voir **Figure II-3**.

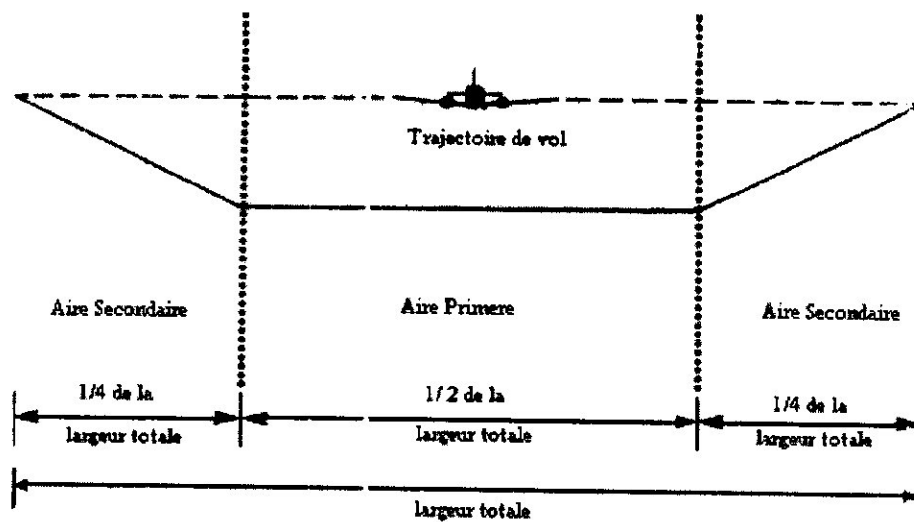


Figure II-3 : Aire de protection

II-3-1-2 Altitude minimale de vol

L'altitude minimale de vol est calculée en appliquant la **MFO** aux obstacles situés dans l'aire de protection du segment d'arrivée et en arrondissant le résultat par excès au multiple de **100 ft** le plus proche.

II-3-1-3 Marge de franchissement d'obstacles

La marge de franchissement d'obstacles **MFO** pour le segment d'arrivée, est d'au moins **300 m (1000 ft)** ; Pour les vols au-dessus d'une région montagneuse, cette **MFO** est augmentée d'une valeur pouvant atteindre **600 m (2000 ft)**.

La totalité de la marge de franchissement d'obstacles est appliquée dans l'aire Primaire, dans l'aire secondaire la marge de franchissement d'obstacles décroît linéairement de sa valeur totale au bord de l'aire primaire jusqu'à zéro au bord extrême de l'aire secondaire.

II-3-2 L'ATTENTE

L'attente est une manoeuvre prédéterminée, exécutée par un aéronef pour attendre une autorisation d'approche.

Une procédure d'attente utilise un circuit en hippodrome, basé sur un repère appelé point d'attente.

Une attente peut être à droite « virages à droite » ou à gauche « virages à gauche ».

Il est convenu d'appeler : « Trajectoire de rapprochement » ou, « rapprochement », le parcours rectiligne devant être effectué vers le point d'attente, et « trajectoire d'éloignement » ou, « éloignement » l'autre parcours rectiligne voir figure II-4.

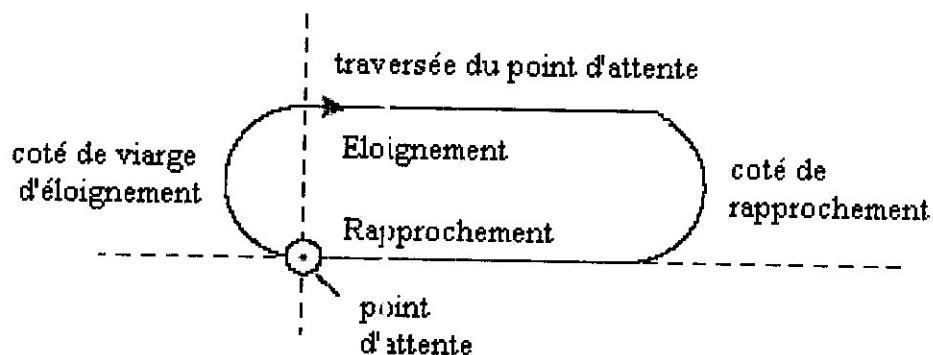


Figure II-4 : Le circuit d'attente

II-3-2-1 La manoeuvre d'attente

Après être arrivé à la verticale du point de repère sur une trajectoire voisine de la trajectoire de rapprochement, l'avion effectue un virage à droite, puis suit la trajectoire d'éloignement, parallèle au rapprochement, limitée par une durée spécifiée ou une distance spécifiée, puis exécute un virage à droite pour intercepter et suivre la trajectoire de rapprochement jusqu'au point de repère.

II-3-2-2 Les marges de franchissement d'obstacles

A l'intérieur de l'aire de base, et des aires de protection des entrées, la marge de franchissement d'obstacles est d'au moins **300 m (1000 ft)**.

Au-dessus d'une région montagneuse une marge supérieure à **300 m** et pouvant atteindre **600 m (2000 ft)** est appliquée pour tenir compte des effets possibles de la turbulence, des descendances et autres phénomènes météorologiques ou, des erreurs associées aux altimètres barométriques.

Les marges de franchissement d'obstacles dans les zones tampons subissent une décroissance en escalier.

II-3-2-3 Aire de protection d'attente

L'aire de protection de l'attente comprend l'aire de base, les aires de protection des entrées et les zones tampons voir figure II-5.

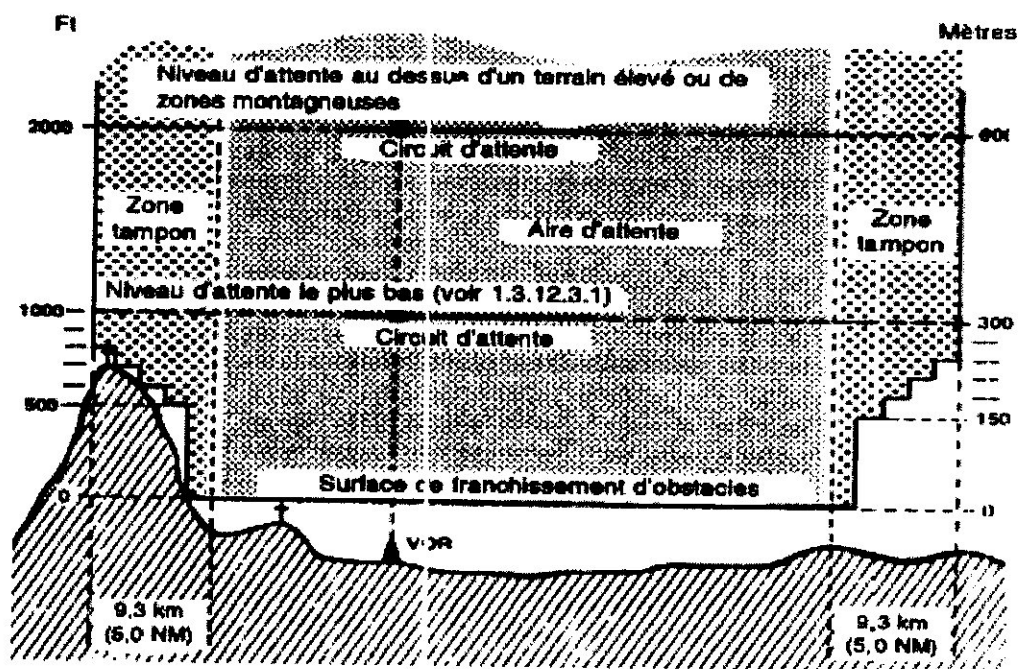


Figure II-5 : Aire de protection d'attente

II-3-3 LE SEGMENT INITIAL

Un segment facultatif dans une procédure d'approche aux instruments commence au repère d'approche initiale « **IAF** », l'aéronef en quittant l'attente manœuvre pour perdre d'altitude et pour rejoindre l'axe de percé (l'axe de piste), ce segment met fin au repère d'approche Intermédiaire « **IF** » ou, s'il y a lieu au repère d'approche Final « **FAF** » voir figure II-6.

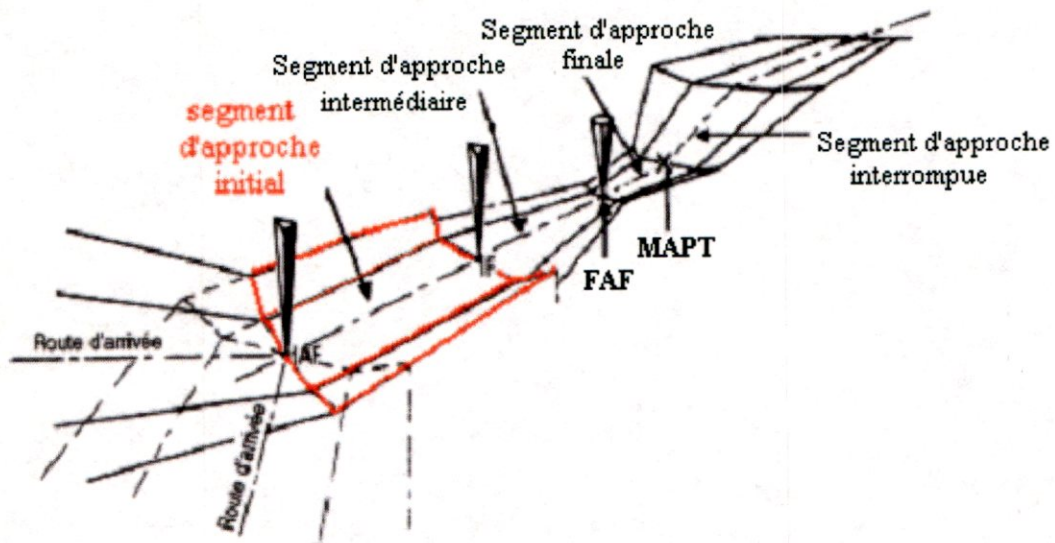


Figure II-6 : Le segment initial

La trajectoire du segment initiale peut être :

II-3-3-1 Rectiligne à l'estime

Peut être utilisé lorsqu'il n'est pas possible de réduire la valeur de l'angle de virage entre le segment d'approche initiale et le segment d'approche intermédiaire.

Sa marge de franchissement d'obstacle : **MFO = 300 m = 1000 ft**

L'aire de protection à une largeur totale de **2 NM** de part et d'autre de la trajectoire nominale.

II-3-3-2 Rectiligne radioguidée

La trajectoire initiale doit être dans la plus simple des cas un segment rectiligne, la longueur du segment d'approche initial n'est pas normalisée. Cette longueur doit être suffisante pour permettre le changement d'altitude requis par la procédure.

La largeur de l'aire de protection est de 10 NM, la marge de franchissement d'obstacles dans l'aire primaire est de 300 m (1000 ft) au moins, cette valeur décroît linéairement dans l'aire secondaire jusqu'à la valeur zéro à l'extrémité de l'aire secondaire.

II-3-3-3 Curviligne radioguidée

Il s'agit d'une trajectoire radioguidée suivant un arc DME, le virage en initial est utilisé lorsqu'il n'est pas possible de perdre l'altitude désirée en ligne droite, les aires de protection et la marge de franchissement d'obstacle sont les mêmes pour un segment rectiligne radioguidé.

II-3-3-4 La Procédure en hippodrome

Des procédures en hippodrome sont utilisées comme circuit de perte d'altitude lorsqu'on ne dispose pas d'une distance suffisante en ligne droite pour permettre la perte d'altitude nécessaire voir figure II-7.

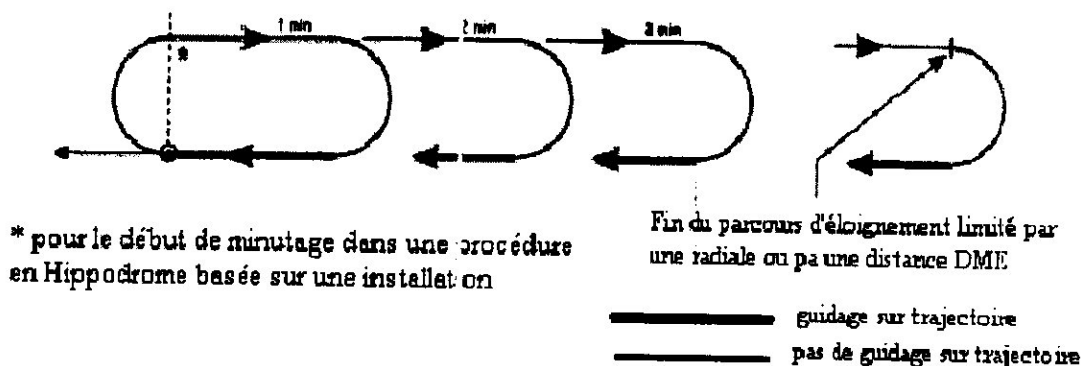


Figure II-7 : Le segment initial en hippodrome

La distance ou le temps d'éloignement d'une procédure en hippodrome doivent être spécifiés, lorsqu'un temps d'éloignement est spécifié, ce temps doit être compris entre 1 et 3 minutes par incrément de 1/2 minute.

L'aire de protection d'une procédure en hippodrome est construite selon les mêmes principes que celle d'une procédure d'attente du même type.

La marge de franchissement d'obstacles est de 300 m (1000 ft) au moins dans l'aire de base et décroît linéairement jusqu'à zéro dans l'aire secondaire.

II-3-3-5 La Procédure d'inversion

Une procédure d'inversion est utilisée pour amener l'aéronef en rapprochement sur une trajectoire d'approche intermédiaire ou d'approche finale à l'altitude désirée.

Elle consiste en un parcours d'éloignement, suivi d'un virage, afin de revenir sur le parcours de rapprochement.

L'aire de protection d'une procédure d'inversion est constituée d'une aire primaire entourée d'une aire secondaire dont la largeur totale est de **1 NM** dans le cas d'un **VOR** et, **1,25 NM** dans le cas d'un **NDB**. En utilisant une méthode additive décrite dans le chapitre suivant.

La marge de franchissement d'obstacles est de **300 m (1000 ft)**, au moins, dans l'aire de base et décroît linéairement jusqu'à zéro dans l'aire secondaire.

Les types de procédures d'inversion

Les différents types d'inversion se définissent comme suit :

Le virage de base : Voir figure II-8.

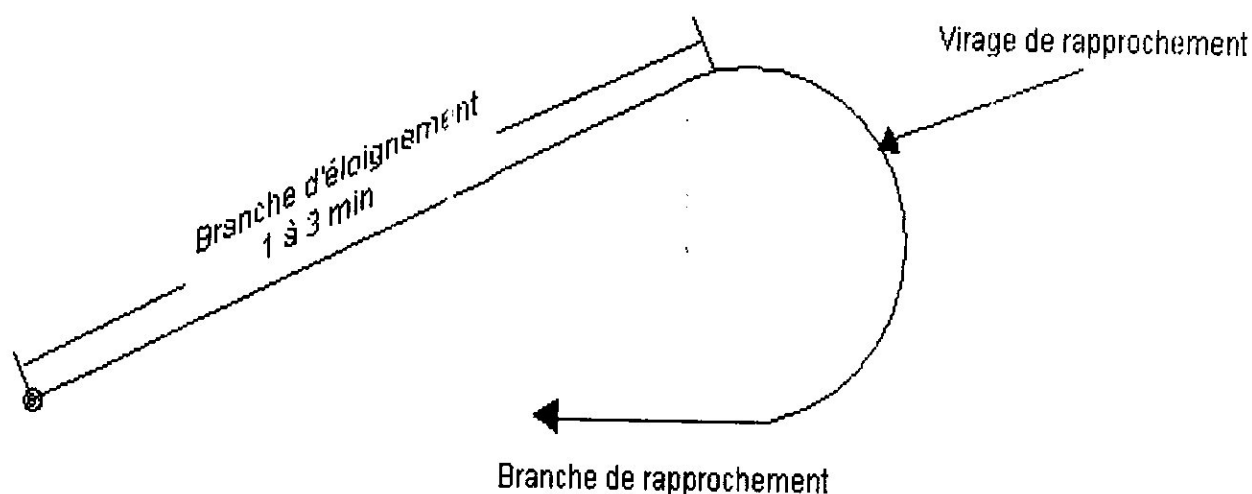


Figure II-3 : Le virage de base

Le virage Conventionnel 45°/180° : Voir figure II-9.

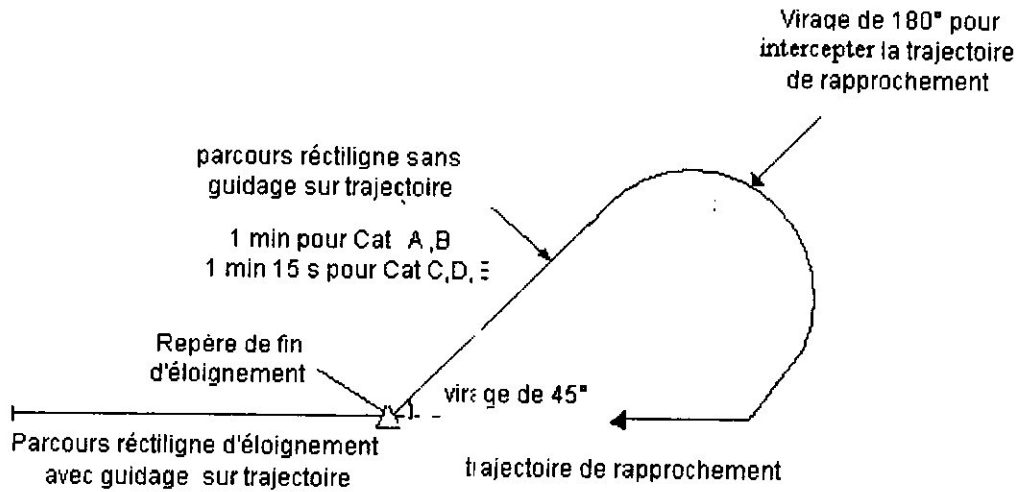
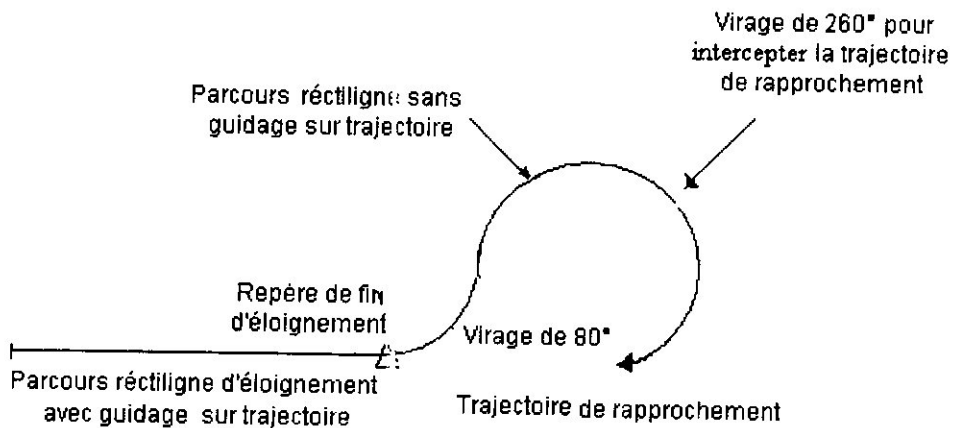


Figure II-9 : Le virage conventionnel 45°/180°

Le virage Conventionnel 80°/260° : Voir FigureII-10.



FigureII-10 : Le virage conventionnel 80°/260°

II-3-4 LE SEGMENT INTERMEIAIRE

Il s'agit d'un segment rectiligne en palier qui permet de faire la liaison entre le segment d'approche initiale et le segment d'approche finale, étant aligné avec ce dernier ; Sa longueur minimale doit correspondre à un temps de vol de 30 s à la vitesse d'approche initiale.

La construction de l'aire de protection varie selon le type de procédure utilisée. Elle tient compte des dimensions des aires initiale et finale aux deux extrémités du segment intermédiaire.

Une marge minimale de franchissement d'obstacles de **150 m (500 ft)** sera fournie dans l'aire primaire du segment intermédiaire, le principe des aires secondaires s'applique voir figure II-11.

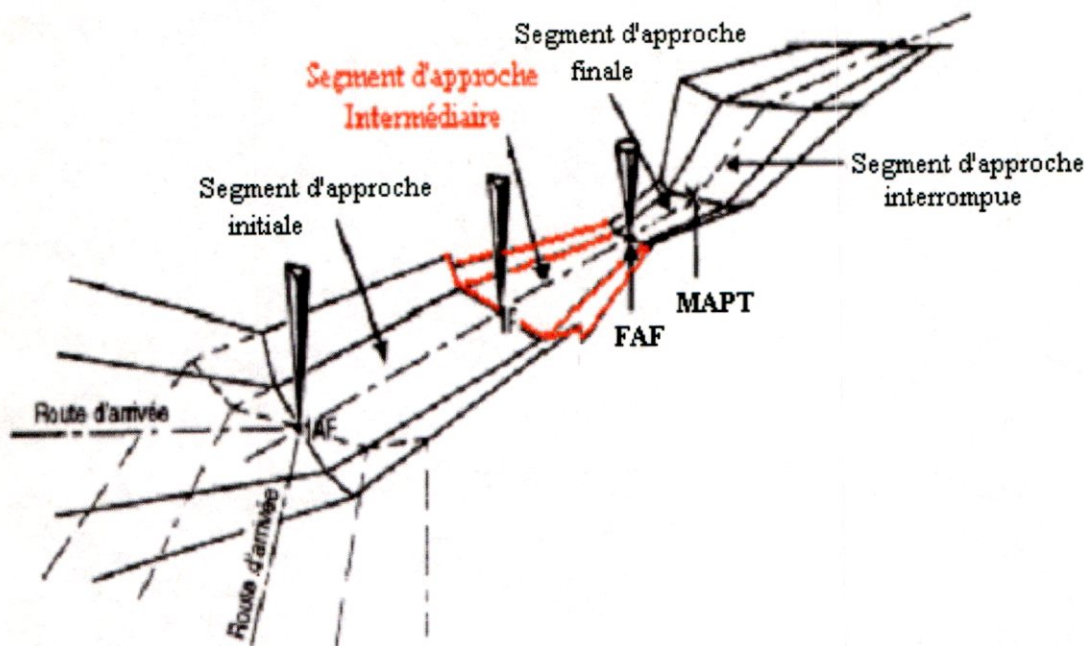


Figure II-11: Le segment intermédiaire

II-3-5 LE SEGMENT FINAL

Il s'agit d'un segment obligatoire dans une procédure d'approche aux instruments, dans lequel est exécuté la descente en vue de l'atterrissage. Le segment d'approche finale commence au repère d'approche finale **FAF** et se termine au point d'approche interrompue **MAPT**. Sa longueur est de **5 NM**, avec une pente de descente est **5 %**.

L'aire de protection dans le segment finale varie suivant le moyen radioélectrique utilisé :

- Pour un **VOR** : **1 NM** de part et d'autre de la trajectoire avec un évaselement de **7.8°**.
- Pour un **NDB** : **1.25 NM** de part et d'autre de la trajectoire avec un évaselement de **10.3°**.

Sa marge de franchissement d'obstacle varie entre **90 m** à **150 m** (varie selon la longueur du ce segment) voir figure II-12.

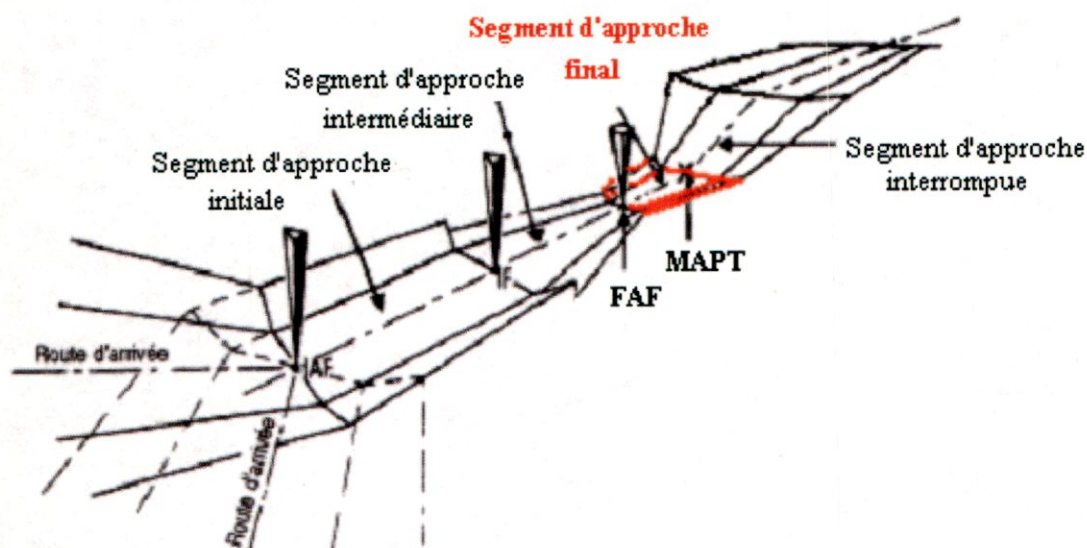


Figure II-12 : Le segment final

II-3-6 LE SEGMENT D'APPROCHE INTERROMPUE

Un segment obligatoire pour une procédure d'approche aux instruments commence au point d'approche interrompue **MAPT** à une altitude minimale **OCA / OCH**, où le pilote prend la décision d'annuler l'atterrissage en manoeuvrant pour la remise des gaz à fin de rejoindre une altitude/hauteur suffisante pour permettre :

- a) L'exécution d'une nouvelle approche ; ou
- b) Le retour à un circuit d'attente désigné ; ou

c) Le raccordement à la phase en route.

Les Phases du segment d'approche interrompue

La procédure d'approche interrompue comprend en principe les phases suivantes : initiale, intermédiaire et finale du segment d'approche interrompue.

La marge de franchissement d'obstacle est variable durant les différentes phases du segment d'approche interrompue, elle est de 30 m dans la phase initiale, et augmente linéairement de 30 m à 50 m pendant la phase intermédiaire, dont elle sera maintenue dans la phase finale d'approche interrompue voir figure II-13.

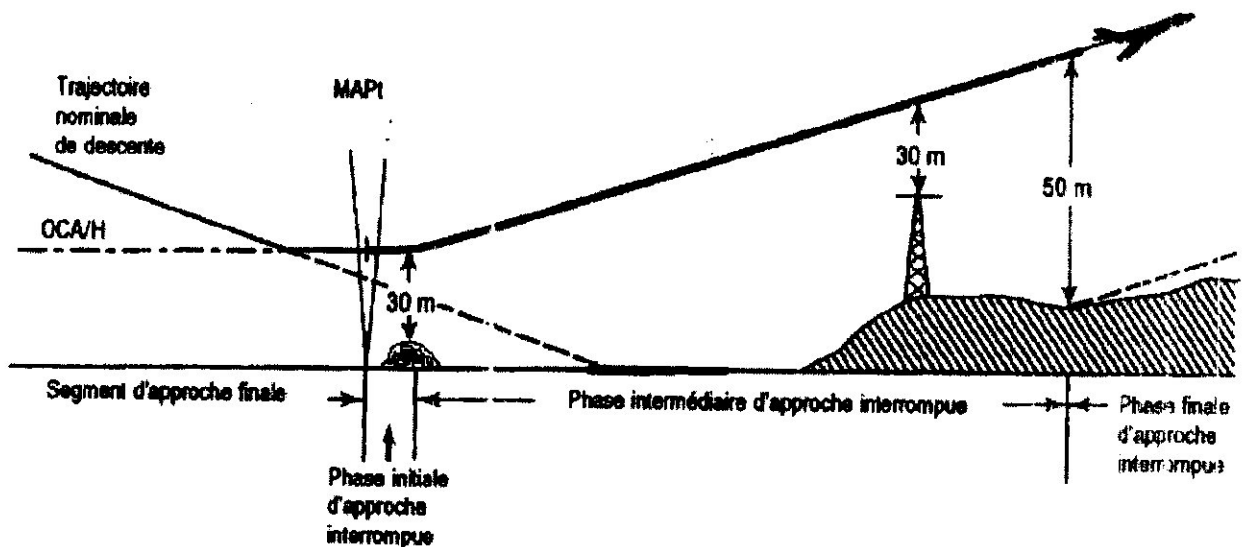


Figure II-13 : Le segment interrompu

CHAPITRE

*Conception des
protection d'une*

III-1 INTRODUCTION

Le but essentiel de la conception d'une procédure d'approche aux instruments est d'assurer un degré convenable de sécurité en définissant des marges de franchissement d'obstacles et des aires de protection pour l'attente et les différents segments d'approche classique.

La construction des aires de protection pour chaque segment d'une procédure d'approche aux instruments est fondée sur l'application de certain nombre de critères et de tolérances associées, à fin d'assurer l'uniformité des procédures d'approche aux instruments.

Dans ce chapitre on procède à l'étude de conception des aires de protection pour chaque segment d'approche aux instruments, et plus précisément pour l'attente et le segment d'approche initial en inversion.

III-2 GENERALITES

III-2-1 LES CATEGORIES D'AERONEFS

Les performances des aéronefs ont une incidence directe sur l'espace aérien et la visibilité requise pour l'exécution de certaines manoeuvres. L'élément le plus important à cet égard est la vitesse

Table III -1 : Vitesses pour le calcul de procédure d'approche aux instruments

Catégorie d'aéronefs	Vat	Vitesse d'approche initiale	Vitesse d'approche finale	Vitesse maximale pour approche interrompue	
				intermédiaire	finale
A	< 169	165 / 280 (205*)	130 / 185	185	205
B	169 / 223	220 / 335 (260*)	155 / 240	240	280
C	224 / 260	295 / 445	215 / 295	295	445
D	261 / 306	345 / 465	240 / 345	345	490
E	207 / 390	345 / 465	285 / 425	425	510

+ Vat = vitesse au seuil.

* Vitesse maximale pour procédures d'inversion ou en hippodrome.

Les gammes de vitesse indiquées **V_I** mentionnées dans le tableau III-1 tiennent compte des vitesses de manoeuvre qui sont nécessaires lorsque l'aéronef exécute les manoeuvres spécifiées. Dans les calculs utilisés pour la construction des procédures, on fait intervenir la vitesse propre, cette dernière étant déterminée à partir de la vitesse indiquée, en fonction de l'altitude et de la température considérée.

III-2-2 LA VITESSE DE VENT « W »

Les aires de protection sont établies en prenant en compte l'effet non corrigé d'un vent omnidirectionnel.

Des statistiques météorologiques recueillies pour divers terrains ont montré que l'on pouvait adopter pour la protection des procédures un vent maximal :

- De 0 à 14 000 ft : $w = 1,5 h + 36$ (avec w en kt et h en milliers de pieds)
- De 15 000 à 31 000 ft : $w = 2,5 h + 22$
- Au-dessus de 31 000 ft : $w = 100$

Des valeurs différentes peuvent être adoptées si des statistiques météorologiques particulières le permettent.

Lorsque aucune statistique n'est disponible ou lorsque l'échantillon des relevés météorologiques n'est pas jugé suffisant, un vent maximal de : $w = 2 h + 47$ sera pris en compte.

III-2-3 LA TEMPERATURE

Les aires de protection sont normalement établies en considérant une température supérieure de 15° à la température standard (**ISA+15°**) au niveau considéré. Toutefois, dans certains cas particuliers, l'existence de statistiques de température peut être utilisée pour la prise en considération d'une température maximale différente.

III-2-4 LES TOLERANCES TECHNIQUES DU VOL

- Tolérance de minutage : ± 10 s.
- Délai maximal de perception d'un repère : 6 s (3 s en approche interrompue)
- Délai de mise en virage : 5 s correspondant à une inclinaison de 25° .
3 s en approche interrompue correspondant à une inclinaison de 15° .
- Tolérance de cap : $\pm 5^\circ$ en l'absence d'éléments de guidage.

III-3 LES REPÈRES

- Les repères utilisés dans une procédure d'approche aux instruments sont :
- Le repère d'approche initiale IAF.
- Le repère d'attente (en général, l'IAF sert aussi de repère d'attente).
- Le repère d'approche intermédiaire IF.
- Le repère d'approche finale FAF.
- Le ou les repères de descente.
- Le point d'approche interrompue MAPT, dans le cas des approches classiques seulement.
- Le point de virage en approche interrompue TP.

III-3-1 LES TYPES DES REPERES

III-3-1-1 LES REPERES DEFINIS PAR UNE INTERSECTION

Un repère peut être défini par l'intersection de deux radiales ou d'un radial et d'une distance, fournis par des installations distinctes de navigation.

Tolérance des moyens définissant des repères par intersection

La précision du repère défini par une intersection, dépend de la précision d'utilisation des systèmes de navigation qui fournissent les données nécessaires à la définition du repère voir figure III-1.

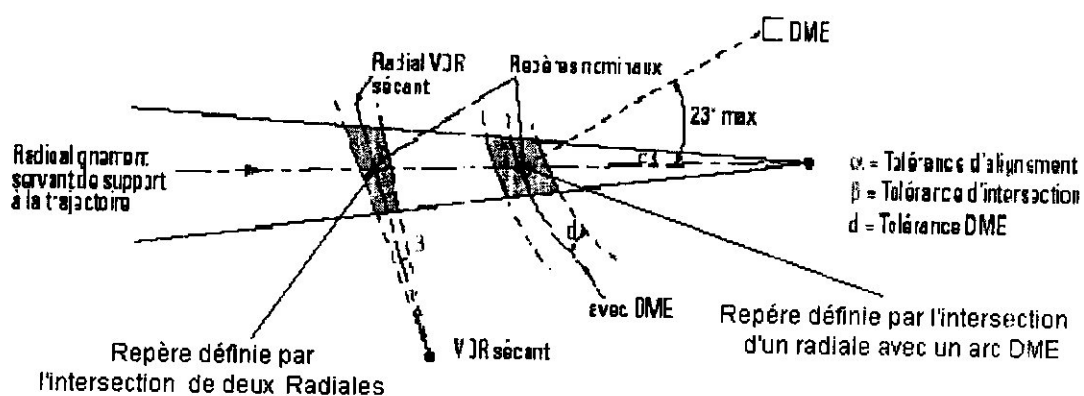


Figure III-1 : Repères définis par intersection

L'analyse statistique de ces erreurs de système montre que les aires de tolérances des repères doivent être déterminées en utilisant les valeurs indiquées ci-après.

Table III-2 : Tolérances des Repères

Tolérance	Alignement (valeurs à 95%)	Intersection (valeurs à 95%)	Evasement de l'aire de protection (valeurs à 99,7%)
VOR	5°	4,5°	7,8°
NDB	6,9°	6,2°	10,3°

Une intersection utilisant un relèvement **NDB** sécant est à éviter dans la mesure du possible.

III-3-2-2 LES REPERES DEFINIS PAR LA VERTICALE D'UNE INSTALLATION RADIOELECTRIQUE

Il s'agit des repères matérialisés par les installations suivantes : **VOR, NDB**.

Tolérances de repère à la verticale d'une installation

Les aires de tolérances de repère devaient être déterminées à l'aide d'une zone d'effet de cône représentée par un cône d'ambiguïté dont la génératrice passe par l'installation et fait un angle α égale à **50°** pour un **VOR** et **40°** pour un **NDB** avec la verticale voir figure III-2.

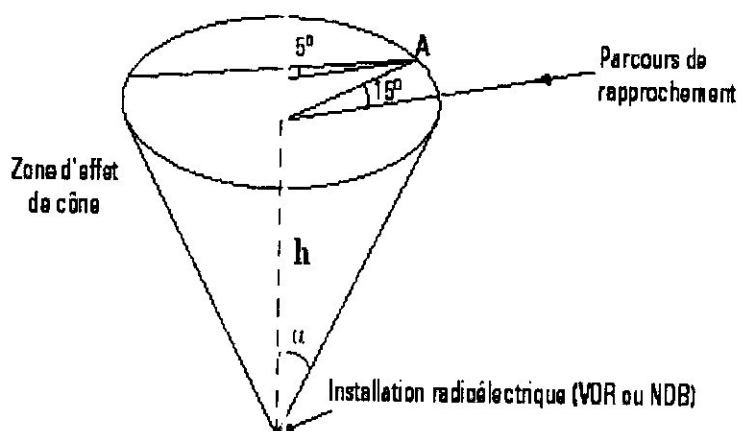


Figure III-2 : Zone d'effet de cône (VOR ou NDB)

Construction de l'aire de tolérance de repère définie verticale installation VOR

L'aire de tolérance du repère de position V1 V2 V3 V4 est déterminée comme suite :

1/ Tracer un cercle en prenant pour centre le VOR et pour rayon Z_v tel que :

$$Z_v = h \cdot \text{Tg } \alpha$$

Avec α est la demi ouverture du cône est égale à 50° ou à une valeur inférieure déterminée par l'autorité compétente.

2/ Tracer la trajectoire de rapprochement et la normale à cette trajectoire.

3/ Tracer deux lignes faisant un angle de 5° avec la normale à la trajectoire de rapprochement

4/ Calculer la valeur q_v tel que :

$$q_v = 0.2 h \text{ (h en m et } q_v \text{ en km)}$$

$$q_v = 0.033 h \text{ (h en milliers de pieds et } q_v \text{ en NM)}$$

5/ Tracer deux lignes perpendiculaires aux lignes définies en /3/ de part et d'autre de la trajectoire de rapprochement à la distance q_v calculer précédemment en /4/.

6/ Marquer les points V1 V2 V3 V4 là où les lignes définies en /5/ coupent le cercle voir figure III-3.

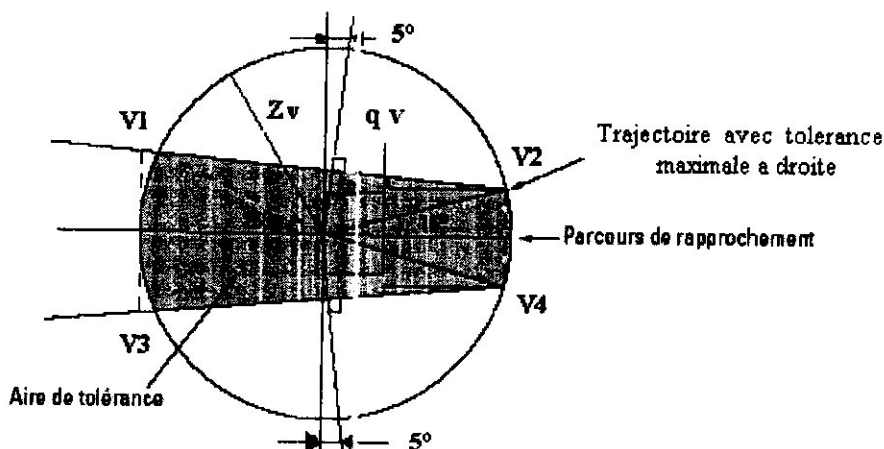


Figure III-3 : Aire de tolérance du repère (verticale VOR)

Construction de l'aire de tolérance de repère définie verticale installation NDB

L'aire de tolérance du repère de position N1 N2 N3 N4 est déterminée comme suite :

1/ Tracer un cercle centré sur le NDB et de rayon Z_N tel que :

$$Z_N = h \text{ Tg } \alpha$$

Avec h est l'altitude, et α est la demi ouverture $\alpha = 40^\circ$

2/ Tracer la trajectoire de rapprochement.

3/ Calculer q_N tel que : $q_N = Z_N \sin 15^\circ$

4/ Tracer des parallèles de part et d'autre de la trajectoire de rapprochement à la distance q_N calculer en dessus (ligne 3).

5/ Tracer deux droites formant un angle de 5° avec les précédentes au point N2 et N4, l'intersection de ces deux droites avec le cercle défini deux points N1 et N3 respectivement voir figure III-4.

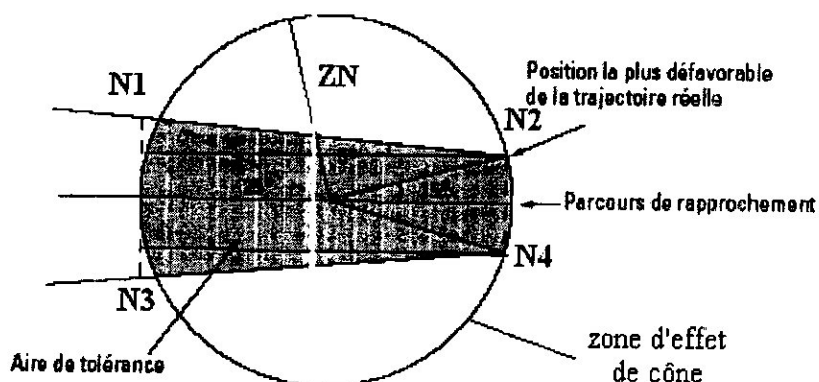


Figure III-4: Aire de tolérance du repère (verticale NDB)

III – 4 LE SEGMENT D'ARRIVEE

Une route identifiée comme une route omnidirectionnelle ou spécifiée aura une marge de protection spécifiée au-dessus des obstacles et qui permettent à un aéronef de rejoindre à partir de la phase de croisière, un repère d'approche initiale.

III-4-1 LA ROUTE D'ARRIVEE OMNIDIRECTIONNELLE

La direction de l'arrivée sur le repère d'approche initiale **IAF** n'est pas spécifiée. Ce type d'arrivée n'est possible que si l'**IAF** soit une installation radioélectrique **VOR** ou **NDB**.

Pour la détermination de l'altitude minimale de vol, on utilise les altitudes minimales de secteurs centrés sur l'**IAF**.

III-4-2 LA ROUTE D'ARRIVEE SPECIFIEE

Lorsqu'il n'est pas possible de définir une arrivée omnidirectionnelle, le début de la route d'arrivée est, suivant les cas :

- 1) S'il n'existe pas d'espace contrôlé associé à la procédure :
Le dernier repère en route, s'il est situé à moins de **25 NM** de l'**IAF**, sinon le point situé à **25 NM** de l'**IAF** sur la route d'arrivée.
- 2) S'il existe un espace contrôlé associé à la procédure :
La limite de cet espace ou le repère le plus proche possible de cette limite.

III-4-2-1 Aire de protection d'une route d'arrivée spécifiée pour un segment rectiligne

Lorsque la longueur de la route d'arrivée est supérieure ou égale à 25 NM

Les critères en route s'appliquent du début de la route d'arrivée jusqu'au point situé à **25 NM** en amont de l'**IAF**. La largeur de l'aire diminue ensuite à partir de ce point avec une convergence de **30°** de part et d'autre de l'axe, jusqu'à une largeur totale de **10 NM** (**5 NM** de part et d'autre de l'axe).

Les virages sont protégés en utilisant les paramètres « en route » jusqu'à **25 NM** en amont de l'**IAF**, puis les paramètres « approche initiale » voir figure III-5.

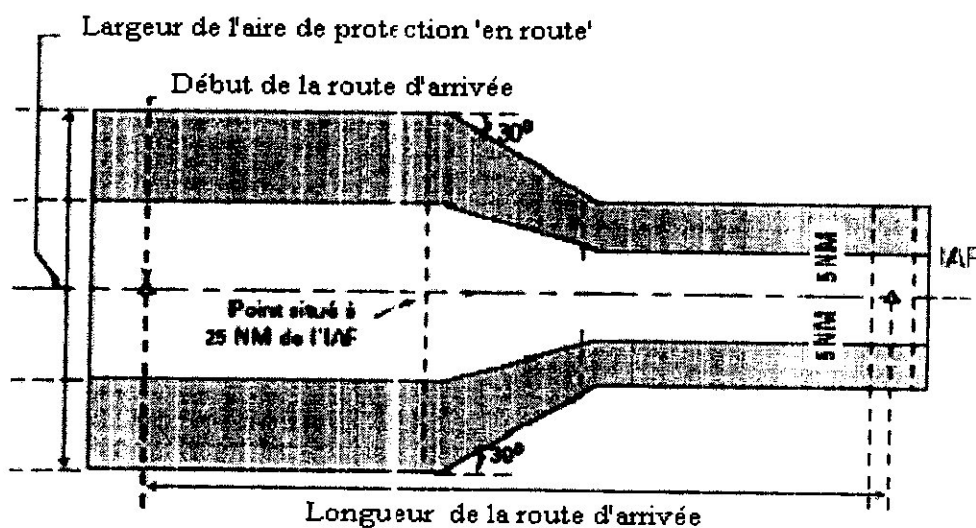


Figure III-5 : Cas d'une route d'arrivée de longueur supérieure ou égale à 25 NM

Lorsque la longueur de la route d'arrivée est inférieure à 25 NM

La largeur de l'aire diminue depuis le début de la route d'arrivée, avec une convergence de 30° de part et d'autre de l'axe, jusqu'à la largeur totale de 10 NM (5 NM de part et d'autre de l'axe) ;

Les virages sont protégés en utilisant les paramètres « approche initiale » voir figure III-6.

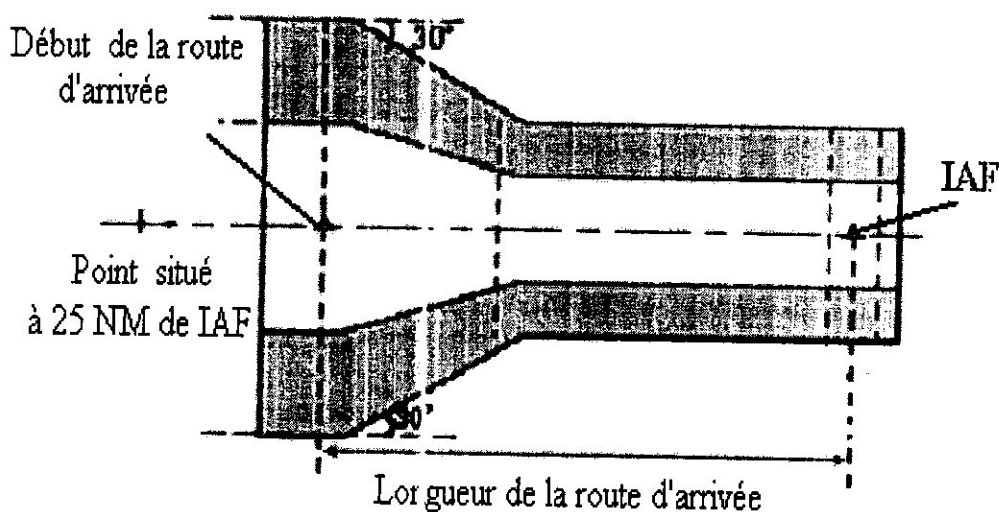


Figure III-6 : Cas d'une route d'arrivée de longueur supérieure ou égale à 25 NM

Dans les deux cas (a et b ci-dessus)

Si l'évasement de $7,8^\circ$ pour **VOR** ou $10,3^\circ$ pour **NDB** issu de l'aide radioélectrique servant de base au guidage conduit à une largeur plus importante, les limites de l'aire s'appuieront sur cet évasement et le principe de partage (primaire/secondaires) des aires s'appliquera.

III-4-2-2 Aire de protection d'une route d'arrivée spécifiée pour un Arc DME

Un arc **DME** peut fournir un guidage sur trajectoire pour la totalité ou une partie d'une route d'arrivée.

Le rayon d'arc minimal est de **10 NM**.

La largeur de l'aire est déterminée selon des principes similaires à ceux décrits au paragraphe précédent, la distance de **25 NM** étant mesurée le long de l'arc **DME** ; Toutefois, la largeur de la protection "en route" de l'arc **DME** et la construction de l'interface entre la largeur au début de la route d'arrivée et la largeur à l'**IAF** sont définies comme suit :

La largeur totale de l'aire de protection "en route" de l'arc **DME** est de **16 NM** (8 NM de chaque côté de l'arc **DME**).

L'interface entre la largeur de **16 NM** et la largeur de **10 NM** est basée sur une distance (de A à B) de **5,2 NM** mesurée le long de l'arc **DME** (ou la distance séparant le début de la route d'arrivée et l'**IAF** si cette valeur est inférieure à **5,2 NM**). Du centre de l'arc **DME** (point O), tracer les lignes OA et OB qui interceptent les limites en A1, A2, A3, A4 et B1, B2, B3 et B4, puis tracer les lignes joignant Ai à Bi voir figure III-7.

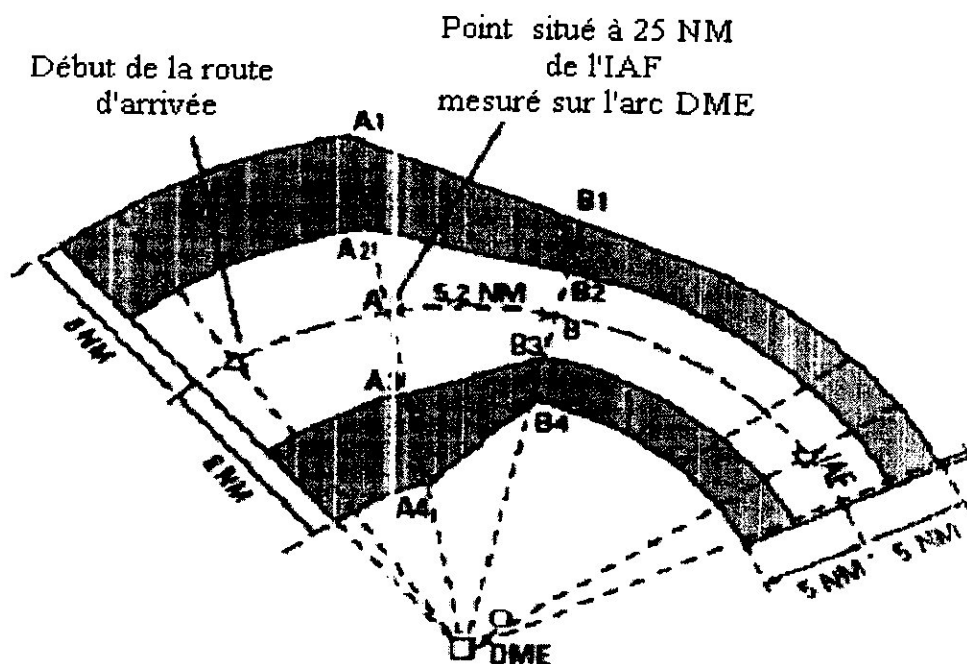


Figure III-7: Routes d'arrivées basées sur un arc DME

III-5 L'ATTENTE

III-5-1 TRACÉ DES AIRES DE PROTECTION DES ATTENTES ET DES PROCÉDURES EN HIPPODROME

Les écarts entre le circuit nominal de l'attente et le parcours réellement suivi par l'aéronef sont dus à plusieurs facteurs agissant indépendamment les uns des autres :

- La forme et les dimensions de la zone d'incertitude associée au repère d'attente,
- Les délais de perception de verticale, de mise en virage, la tolérance de minutage....
- L'erreur de tenue de cap, la précision du guidage fourni par l'installation,
- Les effets de vent (dérive spirale de vent en virage).

Ces facteurs agissant indépendamment les uns des autres, l'ordre dans lequel on les fait intervenir pour déterminer l'enveloppe des trajectoires n'a aucune influence sur le résultat final.

L'aire de protection d'une procédure en hippodrome est constituée d'une aire primaire et d'une aire secondaire, tandis que l'aire de protection d'une procédure d'attente est constituée d'une aire primaire et des zones tampons, étant donné que l'aire primaire pour une procédure en hippodrome et une procédure d'attente est appelé « Aire de Base » de la procédure.

La construction manuelle d'une aire d'attente ou d'une procédure en hippodrome se fait en deux étapes :

- La première étape consiste à construire un gabarit d'aire d'attente pour la vitesse et l'altitude appropriée.
- La seconde étape consiste à dessiner l'aire de protection du circuit d'attente en déplaçant le point d'attente du gabarit le long du périmètre de l'aire de tolérance du repère d'attente, sauf dans le cas d'une attente **VOR / DME** où le gabarit est utilisé selon les indications fournies plus loin.

III-5-2 TRACE DU GABARIT (PREMIERE ETAPE)

Les paramètres utilisés dans la construction de gabarit figurent dans les tableaux ci-dessous :

Table III-3 Calculs utilisés dans la construction des gabarits de circuit d'attente et de circuit en hippodrome, en utilisant des unités de Système International SI

IAS = vitesse indiquée en km / h

h = Altitude en m

T = Le Temps d'éloignement en min

Température ISA + 15° dans le cas général

Ligne	Paramètre	Formule	Unité
1	K	Facteur de conversion	
2	V	$V = K \cdot IAS$	km / h
3	v	$v = V / 3600$	km / s
4	R	la plus faible des deux valeurs $R = 943,27 / V$ et 3 °/s	°/s
5	r	$r = V / (62,83 \cdot R)$	km
6	h	en milliers de mètres	km
7	w	$w = 12 \cdot h + 87$	km / h
8	w'	$w' = w / 3600$	km / s
9	E ₄₅	$E_{45} = 45 \cdot w' / R$	km
10	t	$t = 60 \cdot T$	s
11	L	$L = v \cdot t$	km

Le facteur de conversion **K** qui dépend de la température et de l'altitude est tiré directement de l'annexe 01 (page 114), comme il peut être calculer d'après la formule.

La vitesse vraie peut être également tiré directement de la table de l'annexe 01 (page 114).

Table III-4 Calculs utilisés dans la construction des gabarits de circuit d'attente et de circuit en hippodrome, en utilisant des unités de Système International SI

Ligne	Paramètre	Formule	Unité
12	ab	$ab = 5 v$	km
13	ac	$ac = 11 v$	km
14	$gi_1 = gi_3$	$gi_1 = gi_3 = (t - 5) * v$	km
15	$gi_2 = gi_4$	$gi_2 = gi_4 = (t + 21) * v$	km
16	Wb	$Wb = 5 * w'$	km
17	Wc	$Wc = 11 * w'$	km
18	Wd	$Wd = Wc + E_{45}$	km
19	We	$We = Wc + 2 E_{45}$	km
20	Wf	$Wf = Wc + 3 E_{45}$	km
21	Wg	$Wg = Wc + 4 E_{45}$	km
22	Wh	$Wh = Wb + 4 E_{45}$	km
23	Wo	$Wo = Wb + 5 E_{45}$	km
24	Wp	$Wh = Wb + 6 E_{45}$	km
25	$Wi_1 = Wi_3$	$Wi_1 = Wi_3 = (t + 6) W' + 4 E_{45}$	km
26	$Wi_2 = Wi_4$	$Wi_2 = Wi_4 = Wi_1 + 14 W'$	km
27	Wj	$Wj = Wi_2 + E_{45}$	km
28	$Wk = Wi_1$	$Wk = Wi_1 = Wi_2 + 2 E_{45}$	km
29	Wm	$Wm = Wi_2 + 3 E_{45}$	km
30	Wn_3	$Wn_3 = Wi_1 + 4 E_{45}$	km
31	Wn_4	$Wn_4 = Wi_2 + 4 E_{45}$	km
32	XE	$XE = 2r + (t + 15)v + (t + 26 + 195/R) W'$	km
33	YE	$YE = 11 v \cos 20^\circ + r(1 + \sin 20^\circ) + (t + 15)v \operatorname{tg} 5^\circ + (t + 26 + 125/R) W'$	km

Une fois que les calculs indiqués dans les tableaux ci dessus, le gabarit est établi comme suite :

1/ Tracer une droite représentant l'axe de la procédure on l'appel **AC**, et on trace également l'axe perpendiculaire à **AC** et on l'appel **BD**.

2/ Marquer le point « a » au repère de la procédure (point d'intersection des deux axes **AC** et **BD**).

Influence de tolérance de navigation

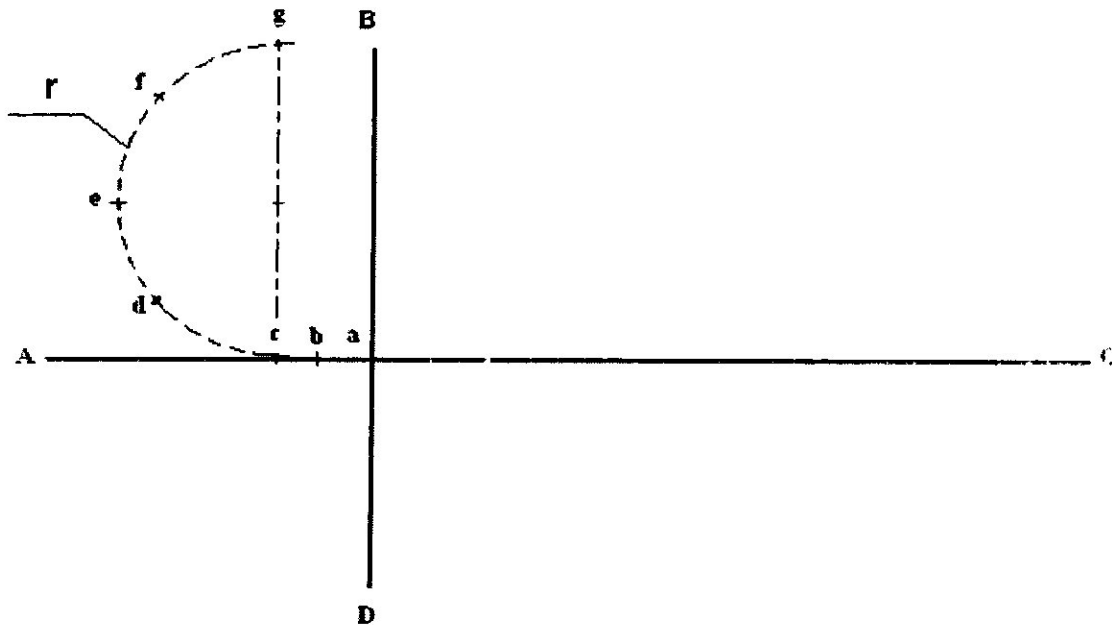


Figure III-8

3/ Marquer le point **b** sur l'axe de la procédure **AC** à la distance **ab** calculer à la ligne 12 du tableau III-4, le point **b** représente la position amont du début de virage d'éloignement en aire calme (5 s de vol après le point **a**).

4/ Marquer le point **c** sur l'axe de la procédure **AC**, à la distance **ac** calculé à la ligne 13 du tableau III-4, et représente la position aval du début du virage d'éloignement (11 s après le pont **a**).

5/ Tracer la parallèle à l'axe **BD** passant par le point **c** et marquer sur cette parallèle un point situé à une distance **r** calculé à la ligne 5 du tableau III-3.

6/ Prenant ce point comme origine pour tracer un arc de 180° à partir de point **c** cet arc représente le virage d'éloignement aval en aire calme.

7/ Marquer le point **d** à un angle de 45° à partir de point **c**.

8/ Marquer le point **e** à un angle de 90° à partir de point **c**.

9/ Marquer ensuite le point **f** à un angle de 135° à partir de point **c**.

10/ Marquer aussi le point **g** à un angle de 180° à partir de point **c**.

- 11/ Tracer la parallèle à l'axe BD au point b , et à partir de ce point marquer un autre point à une distance r calculé à la ligne 5 du tableau III-3.
- 12/ De ce point tracer un arc de 270° de rayon r à partir du point b .
- 13/ Marquer le point h à un angle de 180° à partir du point b .
- 14/ Marquer le point O à un angle de 225° à partir du point b .
- 15/ Marquer le point p à un angle de 270° à partir du point b .
- 16/ Tracer à partir du point g le parcours nominal d'éloignement parallèle à l'axe AC de la procédure.
- 17/ Tracer à partir du point g deux droites de 5° de part et d'autre de la trajectoire nominale d'éloignement.

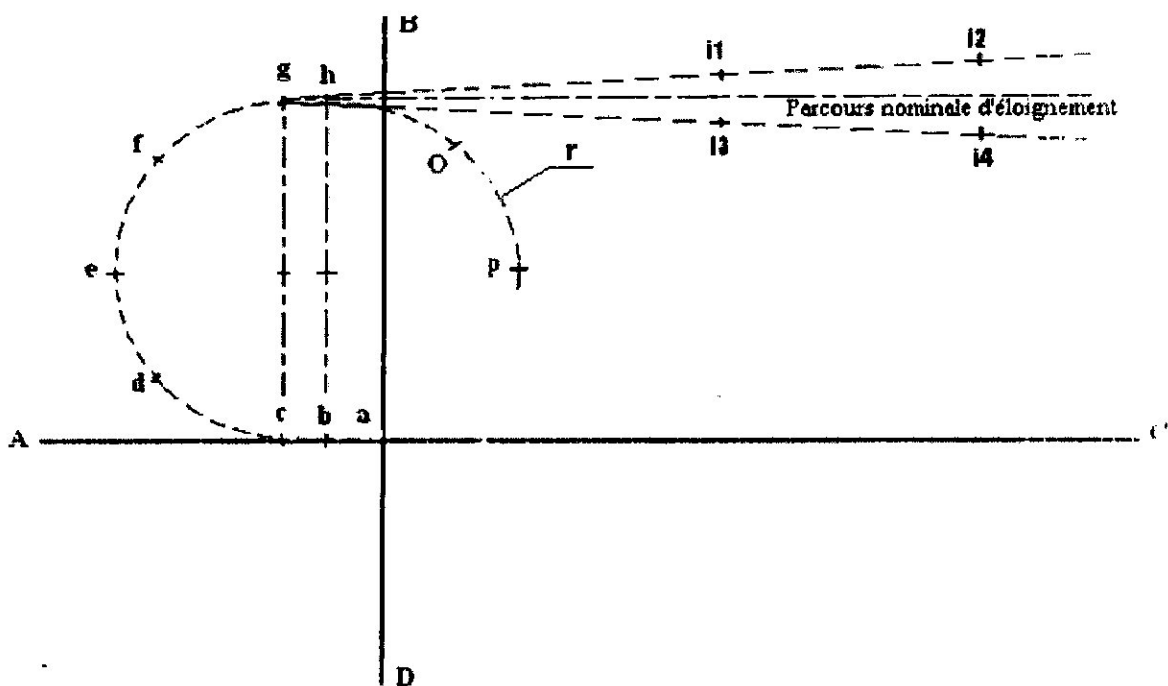


Figure III-9

- 18/ Marquer les points $I1$ et $I3$ sur les deux droites respectivement à une distance de $gi_1 = gi_3$ à partir du point g calculé à la ligne 14 du tableau III-4.
- 19/ Marquer les points $I2$ et $I4$ sur les deux droites respectivement à une distance de $gi_2 = gi_4$ à partir du point g calculé à la ligne 15 du tableau III-4.

Les points $I1$ et $I3$ sont soutenus à $(60T - 5)$ s de vol après g .

Les points $I2$ et $I4$ sont soutenus à $(60T + 15)$ s de vol après g .

Les points $I1, I2, I3$ et $I4$ déterminent l'aire contenant la position en aire calme du début de virage de rapprochement.

- 20/ Tracer à partir de **I2** une droite perpendiculaire au parcours nominale d'éloignement.
- 21/ Dans cette droite marquer un point à une distance r (calculé à la ligne 5 du tableau III-3) à partir du point **I2**.
- 22/ En prenant ce point comme centre pour tracer un arc de 180° de rayon r commençant au point **I2** et qui se termine au point **N2**.
- 23/ Marquer le point **j** sur cet arc à un angle de 45° à partir de **I2**.
- 24/ Marquer le point **k** sur ce même arc à un angle de 90° à partir de **I2**.
- 25/ Tracer à partir de **I4** une droite perpendiculaire au parcours nominale d'éloignement.
- 26/ Dans cette droite marquer un point à une distance r (calculé à la ligne 5 du tableau III-3) à partir de **I4**.
- 27/ Prenant ce point comme origine pour tracer un arc de 180° commence au point **I4** et qui se termine au point appelé **N4**.
- 28/ Marquer le point **l** sur cet arc à un angle de 90° à partir de **I4**.
- 29/ Marquer le point **m** sur ce même arc à un angle de 135° à partir de **I4**.

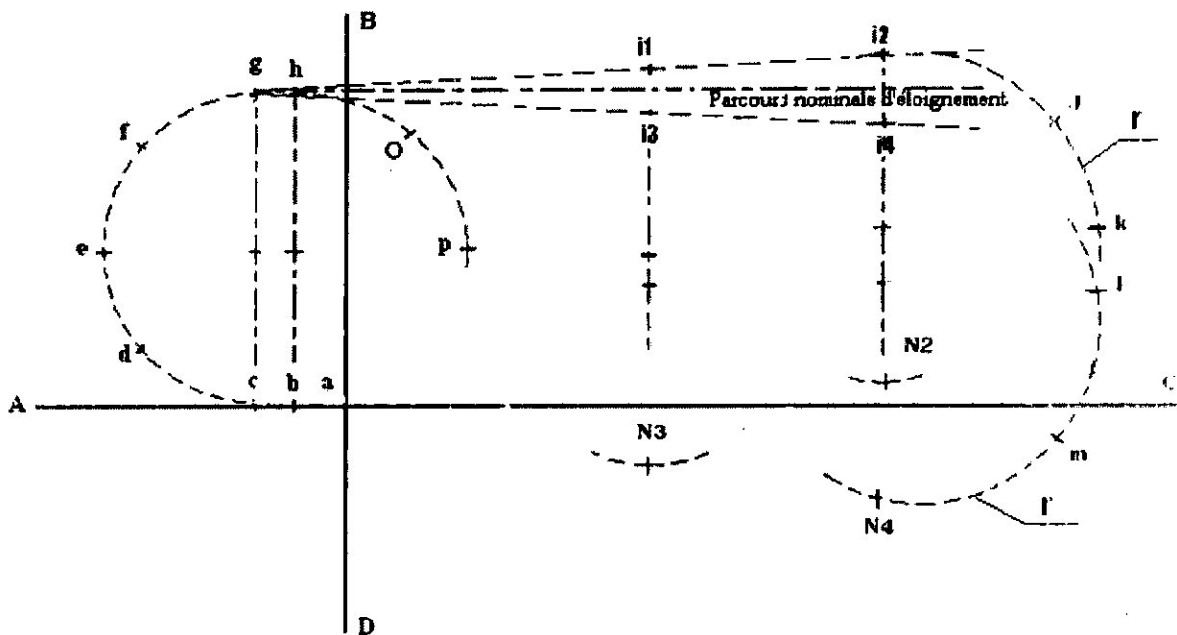


Figure III-10

- 30/ Tracer à partir du point **I3** une droite perpendiculaire au parcours nominal d'éloignement.
- 31/ Dans cette droite marquer un point à une distance r (calculé à la ligne 5 du tableau III-3) à partir du point **I3**.
- 32/ En prenant ce point comme centre pour tracer un arc de 180° de rayon r commençant au point **I3** et qui se termine au point **N3**.

L'Influence du vent au cours du virage d'éloignement

- 33/ Tracer l'arc du centre **b** et de rayon **Wb** calculé à la ligne 16 du tableau III-4.
- 34/ Tracer l'arc du centre **c** et de rayon **Wc** calculé à la ligne 17 du tableau III-4.
- 35/ Tracer l'arc du centre **d** et de rayon **Wd** calculé à la ligne 18 du tableau III-4.
- 36/ Tracer l'arc du centre **e** et de rayon **We** calculé à la ligne 19 du tableau III-4.
- 37/ Tracer l'arc du centre **f** et de rayon **Wf** calculé à la ligne 20 du tableau III-4.
- 38/ Tracer l'arc du centre **g** et de rayon **Wg** calculé à la ligne 21 du tableau III-4.
- 39/ Tracer l'arc du centre **h** et de rayon **Wh** calculé à la ligne 22 du tableau III-4.

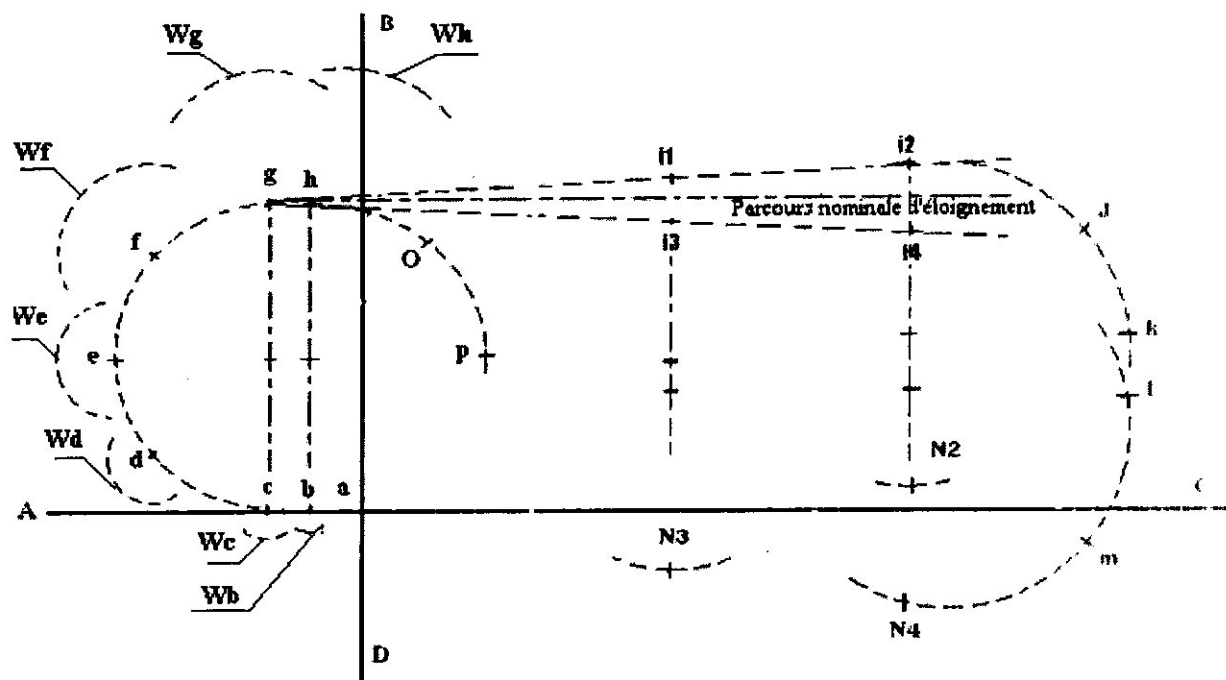


Figure III-11

- 40/ Tracer l'arc de centre **O** et de rayon **Wo** calculé à la ligne 23 du tableau III-4.
- 41/ Tracer l'arc de centre **P** et de rayon **WP** calculé à la ligne 24 du tableau III-4.

L'aire contenant la fin du virage d'éloignement est déterminée par les deux arcs de centre **g** et **h** et par leurs tangentes communes.

- 42/ Tracer l'arc de centre **I1** et de rayon **Wi1** calculé à la ligne 25 du tableau III-4.
- 43/ Tracer l'arc de centre **I2** et de rayon **Wi2** calculé à la ligne 26 du tableau III-4.

L'aire contenant le début de du virage de rapprochement est déterminée par les quatre arcs de centres **I1, I2, I3** et **I4** de rayon **Wi1, Wi2, Wi3, Wi4** (calculés aux lignes 25 et 26 du tableau III-4) et par leurs tangentes communes.

Influence du vent au cours du virage de rapprochement

- 44/ Tracer l'arc de centre j et de rayon W_j (calculé à la ligne 27 du tableau III-4).
 45/ Tracer les deux arcs des centres k et l et des rayons $W_k = W_l$ calculés à la ligne 28 du tableau III-4.
 46/ Tracer ensuite l'arc de centre m et de rayon W_m calculé à la ligne 29 du tableau III-4.
 47/ Tracer un arc de centre N_4 et de rayon W_{n_4} calculé à ligne 31 du tableau III-4.
 48/ Tracer un arc de centre N_3 et de rayon W_{n_3} calculé à ligne 30 du tableau III-4.

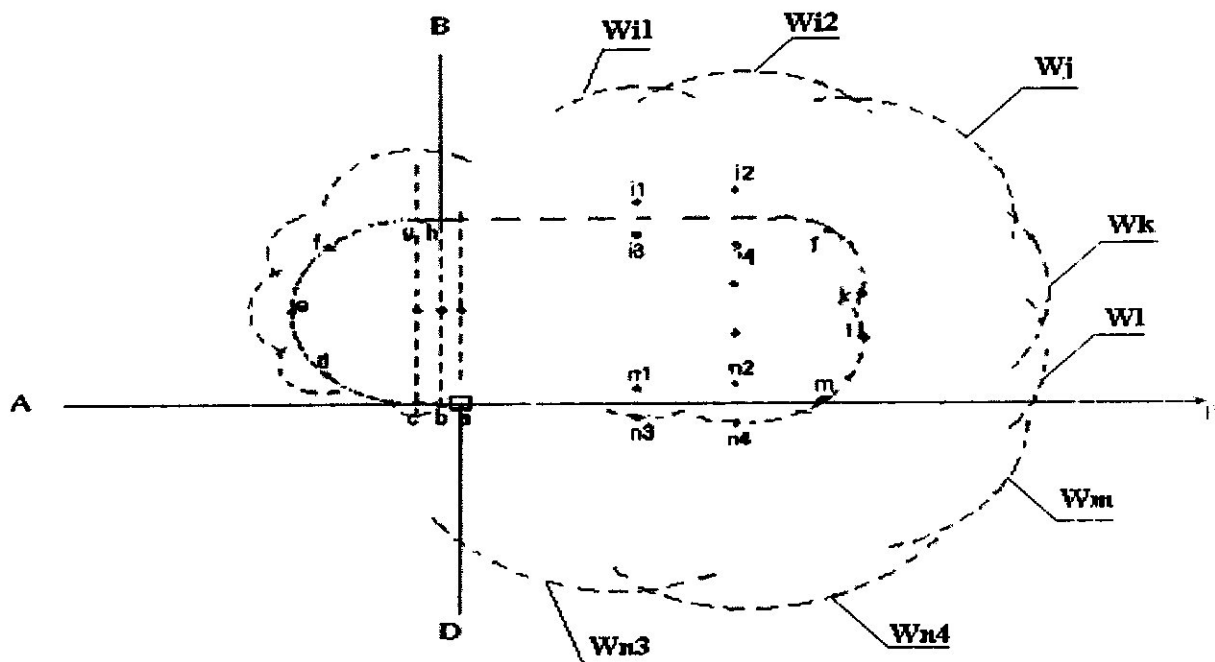


Figure III-12

Le contour du gabarit est composé de :

- L'enveloppe spirale des arcs centrés en e , f , et g .
- La tangente commune de spirale 1 et l'arc centré en I_1 .
- La tangente commune aux arcs centrés en I_1 et I_2 .
- L'enveloppe spirale des arcs centrée en I_2 , j , k .
- L'enveloppe spirale des arcs centrée en l , m , N_4 .
- La tangente commune entre les deux spirales précédentes.
- La tangente commune entre la spirale des arcs centrés en : l , m , N_4 , et l'arc centré en N_3 .
- La tangente entre l'arc centré en N_3 et la spirale 1.

La protection du parcours d'éloignement dans la direction de l'axe BD et représentée par la tangente aux arcs centrés en g , I_3 et I_4 , elle est appelé « Courbe 3 ».

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

- L'enveloppe spirale des arcs centrés en **c, d, e, f** et **g** et la tangente de cette spirale passant par le point **a**.
- L'enveloppe spirale des arcs centrés en **h, o, p** et la tangente à cette spirale et l'arc du centre **g** voir figure III-13.

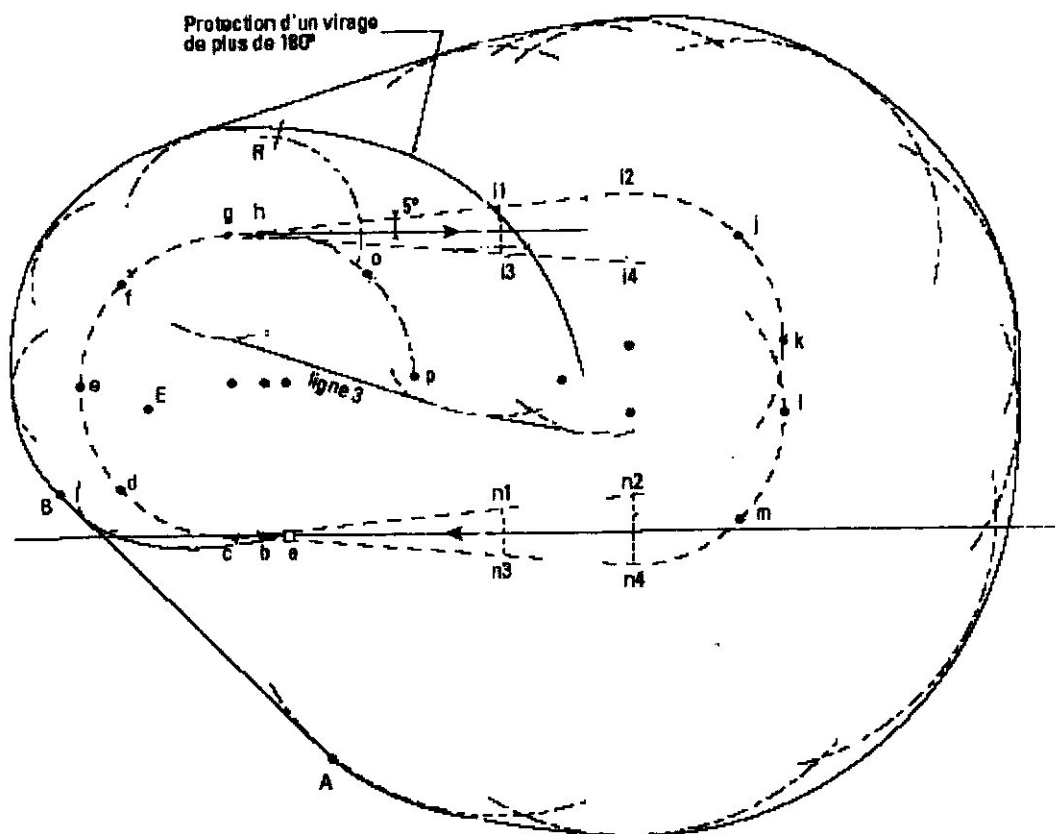


Figure III-13 : Gabarit d'attente

Avant de déterminer l'aire de base et l'aire d'entrée en attente ou en hippodrome, on doit déterminer les deux points **E** et **R**.

Détermination du point **E**

Le point **E** sert de référence pour le tracé des protections des procédures d'entrée pour les attentes **VOR**, **NDB**.

La position de ce point est déterminée comme suite :

- 1/ Tracer une droite perpendiculaire à la trajectoire de rapprochement à la distance **XE** par rapport à la position extrême de la limite du gabarit dans la direction **C**, (**XE** est calculé à la ligne 32 du Tableau III-4).

- 2/ Tracer une droite parallèle à la trajectoire de rapprochement à la distance YE par rapport à la position extrême de la limite du gabarit dans la direction D . (YE est calculé à la ligne 33 du Tableau III-4).
- 3/ Marquer le point E à l'intersection de ces deux droites.

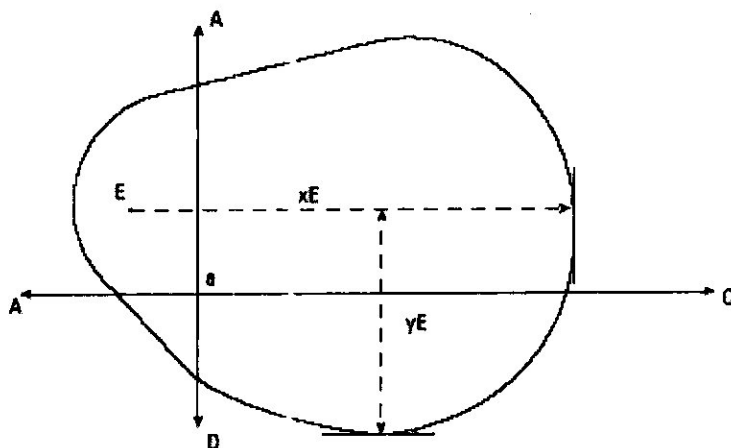


Figure III-14

Détermination du point R

Le point R est utilisé comme point de référence pour le tracé du radial de garde, lorsque celui-ci est nécessaire pour les attentes **VOR / DME** en éloignement.

- 1/ Tracer une droite passant par le point d'intersection de périmètre du gabarit avec l'axe C , et tangente à l'aire contenant la fin du virage d'éloignement (l'enveloppe spirale des arcs centrés en h, o, p).
- 2/ Marquer le point R à l'intersection de cette droite avec cette même spirale (l'enveloppe spirale des arcs centrés en h, o, p).

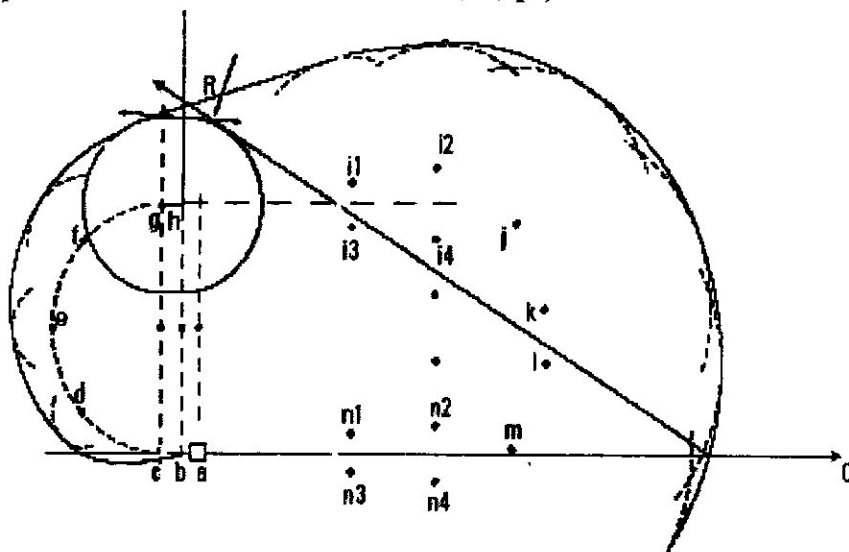


Figure III-15

III-5-3 CONSTRUCTION DE L'AIRE DE BASE ET DE L'AIRE D'ENTREE (DEUXIEME ETAPE)

III-5-3-1 Construction de l'aire de base

Pour construire l'aire de base on doit suivre les étapes suivantes :

- 1/ Tracer dans une nouvelle feuille l'axe de rapprochement de l'attente.
- 2/ Placer le point nominal d'attente **A** sur l'emplacement du **VOR** ou **NDB**.
- 3/ Tracer autour du point **A**, la zone d'incertitude de la verticale associée au moyen, et marquer les points **A1, A2, A3, A4** aux quatre coins de cette aire (aire définie par les points **V1, V2, V3, V4** pour un **VOR** est déterminée à la partie III-3-2 de ce chapitre) et (aire définie par les points **N1, N2, N3, N4** pour un **NDB** est déterminée à la même partie de ce chapitre).
- 4/ L'axe du gabarit étant parallèle à l'axe de rapprochement de l'attente, placer le point **a** du gabarit successivement en **A1, A2, A3** et **A4** et reporter à chaque fois la partie la plus pénalisante de la limite extérieure du gabarit.
- 5/ Relier ensuite les courbes extérieures (1, 2, 3, 4) par leurs tangentes communes voir figure III-16.

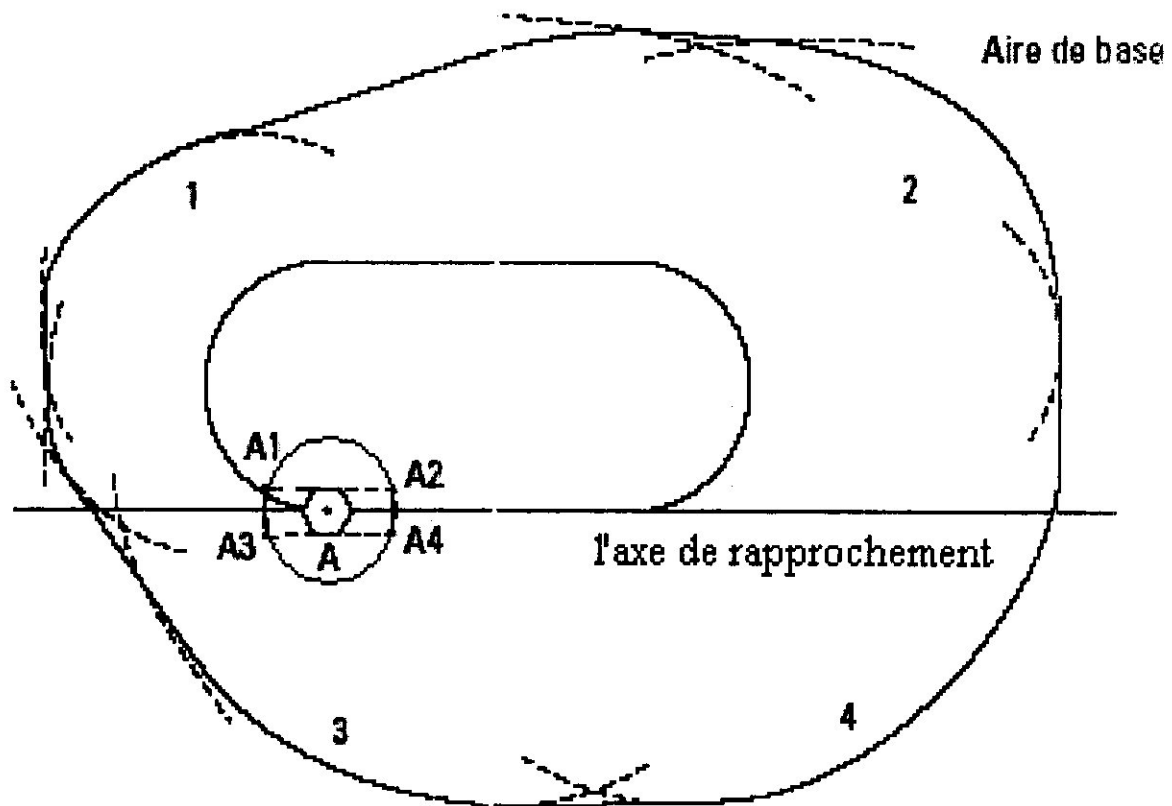


Figure III-16 : L'Aire de base

III-5-3-2 Construction de l'aire d'entrée

Pour construire l'aire de protection des entrées on doit suivre les étapes suivantes :

1/ Tracer un dans l'aire de base un cercle de centre **A** et passant par le point **A1** et le point **A3** qui représente l'aire de tolérance du repère de la procédure.

2/ Placer le point **E** sur une série de points autour de ce cercle (l'axe de gabarit restant parallèle à la trajectoire de rapprochement) et, pour chaque point, tracer une courbe à la limite extérieur du gabarit dans la direction des axes **C** et **D**, la courbe **5** représente l'enveloppe de ces courbes.

3/ Tracer une droite passant par le point **A** et faisant un angle de 70° avec l'axe de rapprochement de l'attente (cette droite représente la limite des secteurs **1** et **3**).

4/ En maintenant l'axe du gabarit sur cette droite, tracer l'aire de tolérance de repère d'entrée **E1,E2,E3,E4** donné par le gabarit par les points **V1,V2,V3,V4** pour un **VOR** et par les points **N1,N1,N3,N4** pour un **NDB**.

5/ Placer le point **a** du gabarit sur le point **E1** (l'axe du gabarit restant parallèle à la droite qui fait un angle de 70° avec la trajectoire de rapprochement) et tracer la courbe **6** à la limite extérieure du gabarit.

6/ Placer le point **a** du gabarit sur le point **E3** (l'axe du gabarit restant parallèle à la droite qui fait un angle de 70° avec la trajectoire de rapprochement) et tracer la courbe **7** à la limite extérieure du gabarit.

7/ Tracer la tangente commune entre les courbes **6** et **7**.

8/ Prenant le point **A** comme centre, tracer l'arc tangent à la courbe **6** jusqu'à ce qu'il coupe la courbe **1**.

9/ Tracer la courbe **8** qui est la symétrique des courbes **6** et **7** par rapport à la droite de partage de 70° .

10/ Tracer la tangente commune des courbes **5** et **8**.

11/ Tracer la tangente commune des courbes **5** et **6,7** et **8** selon le cas.

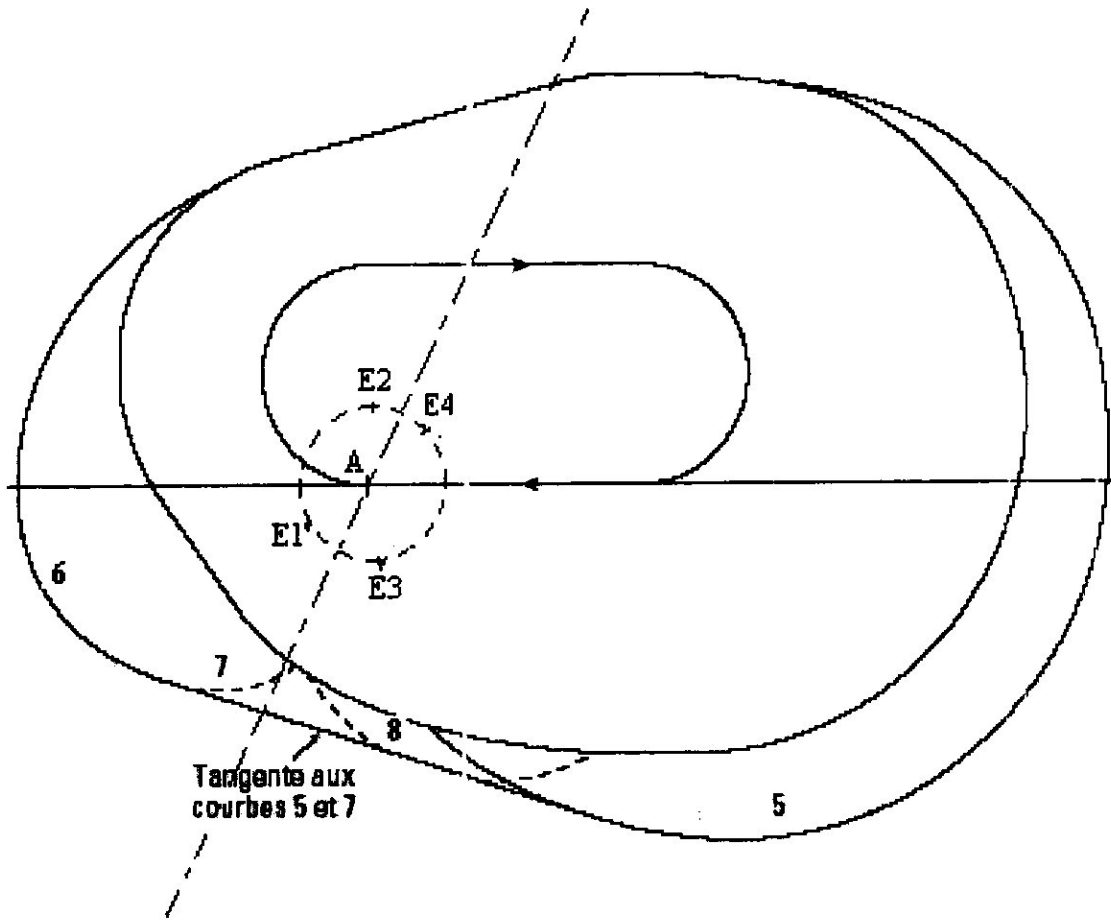


Figure III-17 : Entrée omnidirectionnelle

III-5-3-3 Construction des zones tampons

La construction des zones tampons se fait en ajoutant au périmètre de l'aire d'entrée omnidirectionnel successivement cinq zones de 1.9 km (1 NM) de largeur, et en assurant une marge décroissante de franchissement d'obstacles dans chaque zone :

- Zone tampon N°01 => 100 % de MFO.
- Zone tampon N°02 => 50 % de MFO.
- Zone tampon N°03 => 40 % de MFO.
- Zone tampon N°04 => 30 % de MFO.
- Zone tampon N°05 => 20 % de MFO.

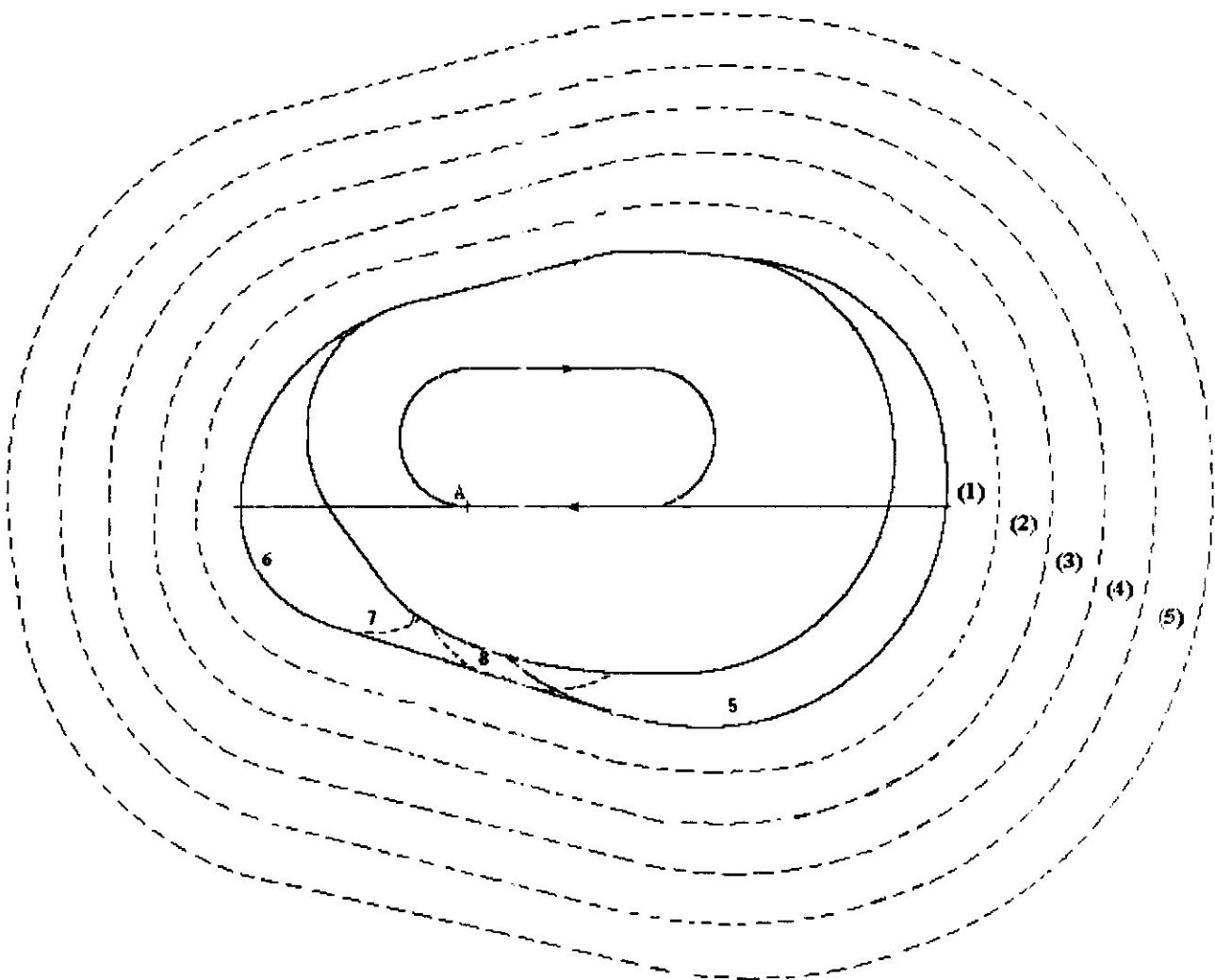


Figure III-18 : Zones Tampons

III-6 LE SEGMENT INITIAL

Le segment d'approche initial comme on a déjà vu comporte différents types, dont l'aire de protection et les marges de franchissement d'obstacles varient d'un type à un autre.

Dans cette partie on va étudier la méthode de construction de l'aire de protection pour chaque type, et on va se baser beaucoup plus pour la construction de l'aire de protection d'une procédure en inversion.

III-6-1 PROCÉDURE D'APPROCHE INITIALE AVEC SEGMENT A L'ESTIME

La construction de l'aire de protection varie selon l'emplacement des installations radioélectriques et le type de la procédure. Il n'est donc pas possible d'étudier tous les cas. Il est nécessaire de distinguer deux types de procédures :

- Les procédures de type "U" dans lesquelles le virage précédant le segment à l'estime et le virage d'interception de l'axe d'approche final sont effectués dans le même sens ;
- Les Procédures de type "S" dans lesquelles ces deux virages sont de sens opposés.

III-6-2 SEGMENT RECTILIGNE RADIOGUIDE

L'aire de protection d'un segment rectiligne radioguidé est constituée d'une aire primaire et d'une aire secondaire définie de part et d'autre de l'aire primaire.

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 l'aire d'approche initiale au travers de l'IAF est:

- De 10 NM (5 NM de part et d'autre de l'axe), lorsque l'IAF n'est pas défini par la verticale d'une installation radioélectrique ;
- De 4 NM (2 NM de part et d'autre de l'axe), lorsque l'IAF est défini par un VOR.
- De 5 NM (2,5 NM de part et d'autre de l'axe), lorsque l'IAF est défini par un NDB.

La largeur de l'aire ne peut excéder 10 NM (5 NM de part et d'autre de l'axe), si elle est inférieure à cette valeur à l'IAF, l'aire s'évase de 7,8° pour un VOR ou 10,3° pour un NDB, jusqu'à ce que cette largeur atteigne la valeur de 10 NM (5 NM de part et d'autre de l'axe) voir figure III-19.

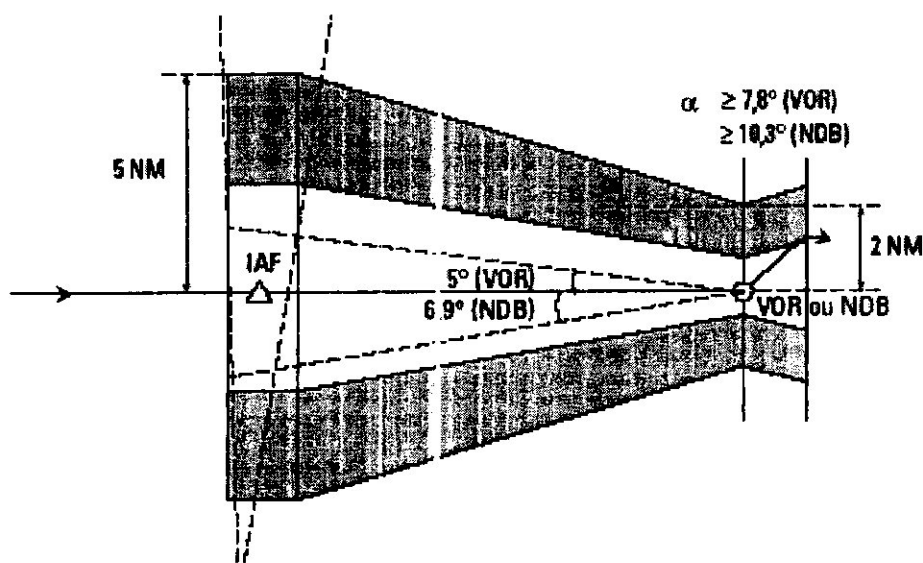


Figure III-19 : Segment rectiligne radioguidé

III-6-3 PROCEDURE EN HIPPODROME

L'aire de protection d'une procédure en hippodrome est construite selon les mêmes principes que celle d'une procédure d'attente du même type.

L'aire de base est identique à celle d'une aire d'attente du même type. Elle est entourée d'une aire secondaire (1 NM VOR ; 1,25 NM NDB).

Les entrées sont déterminées comme pour une attente du même type.

III-6-4 PROCEDURE D'INVERSION

L'aire de protection d'une procédure d'inversion varie selon le type d'inversion considéré, dans cette partie on va étudier la méthode de construction de l'aire de protection pour un virage de base, un virage conventionnel de $45^\circ / 180^\circ$ et aussi pour un virage conventionnel de $80^\circ / 260^\circ$.

III-6-4-1 Virage de base

Les paramètres utilisés dans la construction de l'aire de protection figurent dans le tableau III-5 ci-après :

Tableau III-5 : Calculs associés à la construction du gabarit de virage de base
Unités Système International SI.

IAS = vitesse indiquée en km / h
h = Altitude en m

Température ISA + 15° dans le cas général
T = Le Temps d'éloignement en min

Ligne	Paramètre	Formule	Unité
1	K	Facteur de conversion	
2	V	$V = K * VI$	km / h
3	v	$v = V / 3600$	km / s
4	R	La moins élevée des valeurs suivantes $R = 943,27 / V$ ou $3^\circ/s$	$^\circ/s$
5	r	$r = V / 62,83 * R$	km
6	h	en milliers de mètres	km
7	w	$w = 12 h + 87$	km / h
8	w'	$w' = w / 3600$	km / s
9	E	$E = w' / R$	km / °
10	ψ	$\psi = 36 / T$ Pour $V \leq 315$ $\psi = 0,116 V / T$ Pour $V > 315$	km/h km/h
11	zN	$*zN = h \text{ tg } 40^\circ$	km
12	t	$t = 60 T$	s
13	L	$L = v t$	km
14	ab1 = ab3	** $ab1 = ab3 = (t - 5) (v - w') - zN$	km
15	ab2 = ab4	** $ab2 = ab4 = (t + 21) (v + w') + zN$	km
16	$W_d = W_g$	$W_d = W_g = 50 E$	km
17	$W_e = W_f = W_h$	$W_e = W_f = W_n = 100 E$	m

18	W_i	$W_i = 190 \text{ E}$	km
19	W_j	$W_j = 235 \text{ E}$	km
20	Angle de dérive d	$d = \text{arc sin}(w / V)$	degré
21	N_{34}	$N_{34} = 11 \text{ v}$	km
22	W_i	$W_i = 11 \text{ w}'$	km
23	W_m	$W_m = W_i + 50 \text{ E}$	km
24	W_a	$W_a = W_i + 100 \text{ E}$	km

Dans le cas d'un virage de base **VOR**, la ligne 11 devient : $zN = h \text{ tg } 50^\circ$

Pour un virage de base **VOR / DME**, où **D** est la distance **DME** spécifiée qui limite le parcours d'éloignement et **dl** est la tolérance de l'indication du **DME**, **dl** étant la valeur la plus élevée de **3%D** ou de **0.9 km**, les lignes 14 et 15 deviennent :

$$ab1 = ab3 = D - dl + 5(v - w')$$

$$ab2 = ab4 = D + dl + 11(v + w')$$

Pour un virage de base **VOR**, les lignes 14 et 15 deviennent :

$$ab1 = ab3 = (t - 5)(v - w') - zN$$

$$ab2 = ab4 = (t + 21)(v + w') + zN$$

Après avoir fait les calculs du tableau III-5 ci-dessus, l'aire de protection d'un virage de base est construit en utilisant les étapes suivantes :

1/ Tracer l'axe de la procédure **AC** et marquer le point « a » à l'emplacement du repère.

2/ A un angle ψ (calculé à la ligne 10 du tableau III-5) tracer une droite de longueur **L** (calculé à la ligne 13 du tableau III-5) à partir du point « a », cette droite représente le parcours d'éloignement nominal.

3/ Mener une droite perpendiculaire au parcours d'éloignement, et marquer le point **x** à une distance **r** (calculé à la ligne 5 du tableau III-5).

4/ Tracer un arc de 180° de centre **x** et de rayon **r**, cet arc représente le virage de rapprochement nominal.

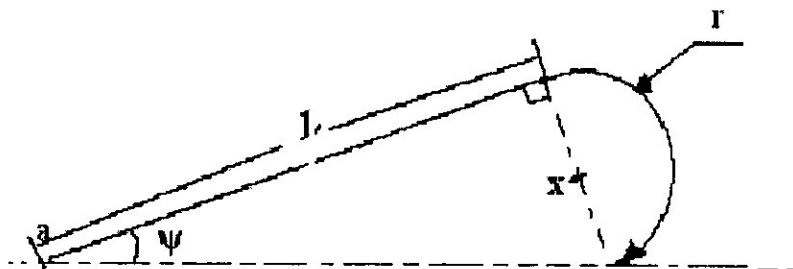


Figure III-20

32/ Tracer la limite de l'aire secondaire à une distance de 4,6 km de périmètre de l'aire primaire.

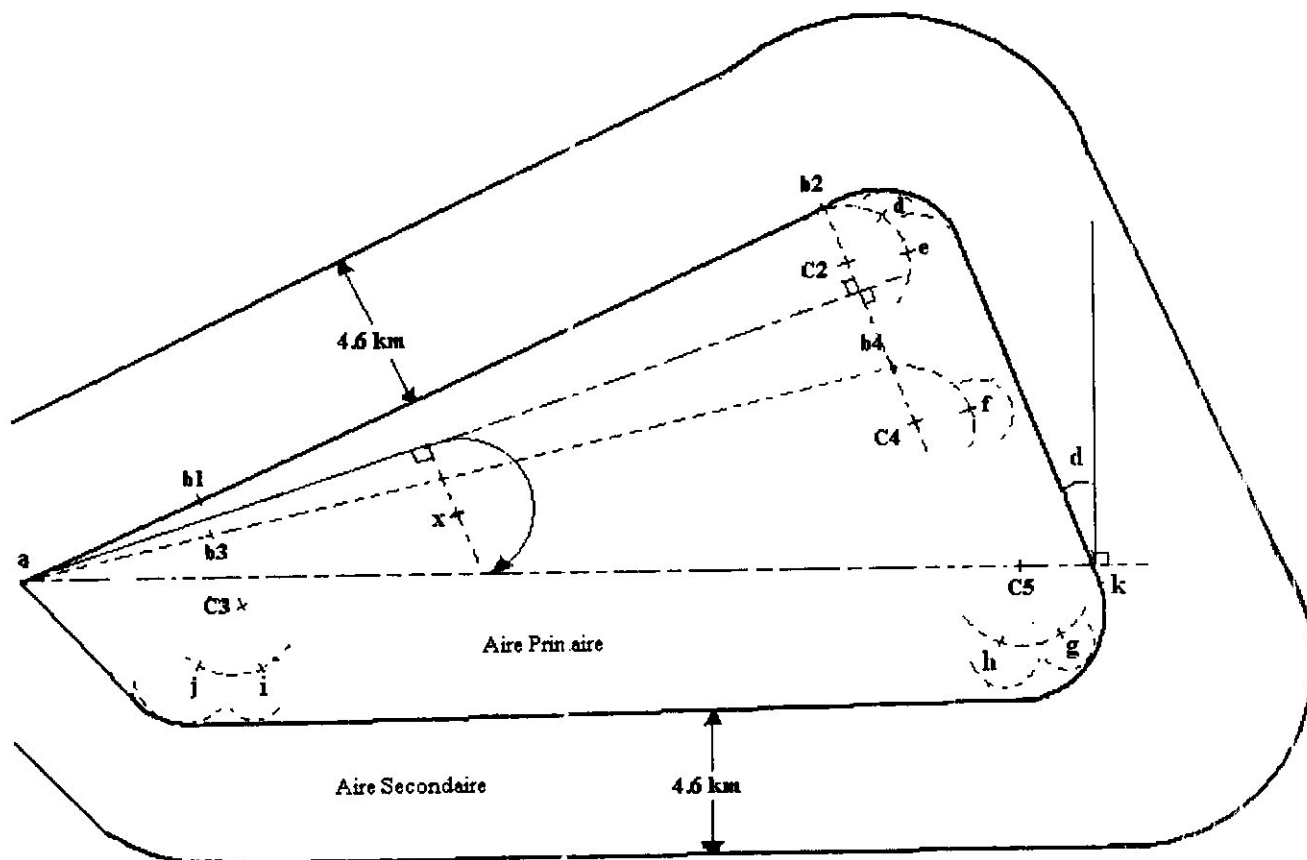


Figure III-25

III-6-4-2 Virage conventionnel

La construction de l'aire de protection d'un virage conventionnel se fait en deux étapes :

- La première étape consiste à construire un gabarit de virage conventionnel en exploitant les calculs mentionnés dans les tableaux correspondants.
- La deuxième étape consiste à dessiner l'aire de protection du virage conventionnel en déplaçant le point « a » du gabarit le long du périmètre de l'aire de tolérance de début du virage d'éloignement.

III-6-4-2-1 Virage conventionnel 45° / 180°

Les paramètres utilisés dans la construction de gabarit figurent dans les tableaux ci-après :

Tableau III-6: Calculs associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 45° - 180° unités Système International SI.

IAS = vitesse indiquée en km / h
h = Altitude en m

Température ISA + 15° dans le cas général
T = Le Temps d'éloignement en min

Ligne	Paramètre	Formule	Unité
1	K	Facteur de conversion	
2	V	$V = K * IAS$	km/ h
3	v	$v = V / 3600$	km/ s
4	R	La moins élevée des deux valeurs suivantes : $R = 943,27 / V$ ou $3^\circ/s$	°/s
5	r	$r = V / 62.83 R$	km
6	h	en milliers de mètres	km
7	w	$w = 12h + 87$	km/h
8	w'	$w' = w / 3600$	km/s
9	E	$E = w' / R$	km/°
10	ab	$ab = 5v$	km
11	cd	$cd = (t - 5 - 45/R)v$	km
12	cd1, cd3	$cd1 = cd3 = cd - 5 v$	km
13	cd2, cd4	$cd2 = cd4 = cd + 15 v$	km
14	Wc	$Wc = 5w' + 45 E$	km
15	Wd2, Wd4	$Wd2 = Wd4 = (t + 15) w'$	km
16	Wf	$Wf = Wd2 + 50 E$	km
17	Wg, Wh	$Wg = Wh = Wd2 + 100 E$	km
18	Wi	$Wi = Wd2 + 15 E$	km
19	Wj	$Wj = Wd2 + 200 E$	km

20	W_k	$W_k = (t - 5) w' + 200 E$	km
21	W_l	$W_l = W_k + 50 E$	km

Construction du gabarit pour le virage conventionnel $45^\circ/180^\circ$

Après avoir fait tout le calcul du tableau III-6, le gabarit de virage conventionnel $45^\circ/180^\circ$ est établi en suivant les étapes citées ci-après :

- 1/ Tracer une droite représentant l'axe de la procédure et marquer le point « a » à l'emplacement de repère.
- 2/ A partir du point a marquer le point b à la distance ab calculé à la ligne 10 du tableau III-6.
- 3/ Tracer à partir du point b une droite perpendiculaire à l'axe de la procédure, et marquer le point x à une distance r (calculé à la ligne 5 du tableau III-6) au-dessus du point b.
- 4/ Tracer l'arc de 45° de centre x et de rayon r (calculé à la ligne 5 du tableau III-6) cet arc représente le virage d'éloignement nominal de 45° .
- 5/ Marquer le point c à la fin de virage d'éloignement de 45° .
- 6/ Tracer une droite tangente à l'arc centré en x au point c, cette droite commence au point c et se termine au point d à une distance cd calculé à la ligne 11 du tableau III-6, cette droite représente le parcours d'éloignement nominale.
- 7/ Tracer une droite perpendiculaire au parcours d'éloignement nominale au point d, et marquer le point y à une distance r (calculé à la ligne 5 du tableau III-6) à partir du point d.
- 8/ Tracer un arc de 180° de centre y et rayon r à partir du point d, cet arc représente le virage de rapprochement nominal de 180° .

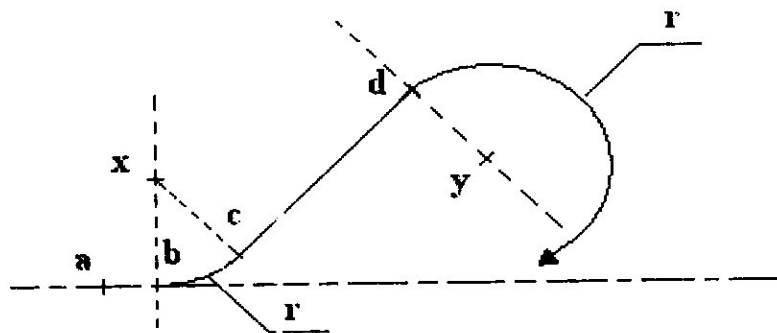


Figure III-26

- 9/ A partir du point c tracer deux droites formant un angle de 5° de part et d'autre du parcours d'éloignement nominale.
- 10/ Marquer le point d1 sur la première droite à la distance cd1 (calculé à la ligne 12 du tableau III-6) à partir du point c.
- 11/ Marquer le point d2 sur la première droite à la distance cd2 (calculé à la ligne 13 du tableau III-6) à partir du point c.

- 12/ Marquer le point **d3** sur la deuxième droite à la distance **cd3** (calculé à la ligne 12 du tableau III-6) à partir du point **c**.
- 13/ Marquer le point **d4** sur la deuxième droite à la distance **cd4** (calculé à la ligne 13 du tableau III-6) à partir du point **c**.
- 14/ Tracer une droite perpendiculaire au parcours d'éloignement nominale passant par les deux points **d2** et **d4**.
- 15/ Marquer le point **e2** à une distance **r** (calculé à la ligne 5 du tableau III-6) à partir du point **d2**.
- 16/ Marquer le point **e4** à une distance **r** (calculé à la ligne 5 du tableau III-6) à partir du point **d4**.
- 17/ Tracer un arc de centre **e2** et de rayon **r** à partir du point **d2**.
- 18/ Marquer sur cet arc le point **f** à un angle de **50°** à partir du point **d2**.
- 19/ Marquer sur ce même arc le point **g** à un angle de **100°** à partir du point **d2**.
- 20/ Tracer un arc de centre **e4** et de rayon **r** à partir du point **d4**.
- 21/ Marquer sur cet arc le point **h** à un angle de **100°** à partir du point **d4**.
- 22/ Marquer sur ce même arc le point **i** à un angle de **150°** à partir du point **d4**.
- 23/ Marquer aussi le point **j** à un angle de **200°** à partir du point **d4**.
- 24/ Tracer une droite perpendiculaire au parcours d'éloignement nominale passant par les deux points **d1** et **d3**.
- 25/ Marquer le point **e3** à une distance **r** (calculé à la ligne 5 du tableau III-6) à partir du point **d3**.
- 26/ Tracer un arc de centre **e3** et de rayon **r** à partir du point **d3**.
- 27/ Marquer sur cet arc le point **k** à un angle de **200°** à partir du point **d3**.
- 28/ Marquer sur ce même arc le point **l** à un angle de **250°** à partir du point **d3**.

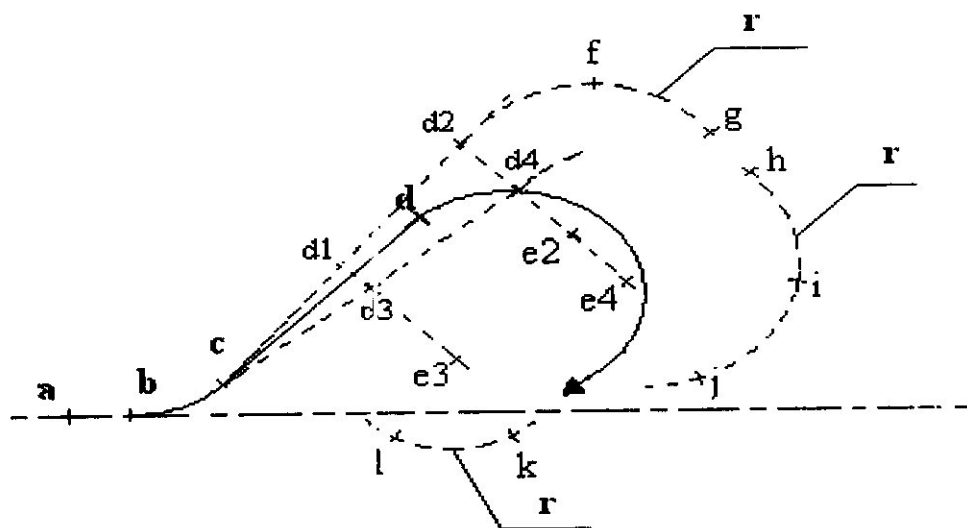


Figure III-27

- 29/ Tracer l'arc de centre **c** et de rayon **Wc** calculé à la ligne 14 du tableau III-6.
- 30/ Tracer l'arc de centre **d2** et de rayon **Wd2** calculé à la ligne 15 du tableau III-6.
- 31/ Tracer l'arc de centre **f** et de rayon **Wf** calculé à la ligne 16 du tableau III-6.
- 32/ Tracer l'arc de centre **g** et de rayon **Wg** calculé à la ligne 17 du tableau III-6.
- 33/ Tracer l'arc de centre **h** et de rayon **Wh** calculé à la ligne 17 du tableau III-6
- 34/ Tracer l'arc de centre **i** et de rayon **Wi** calculé à la ligne 18 du tableau III-6
- 35/ Tracer l'arc de centre **j** et de rayon **Wj** calculé à la ligne 19 du tableau III-6
- 36/ Tracer l'arc de centre **k** et de rayon **Wk** calculé à la ligne 20 du tableau III-6
- 37/ Tracer l'arc de centre **l** et de rayon **Wl** calculé à la ligne 21 du tableau III-6

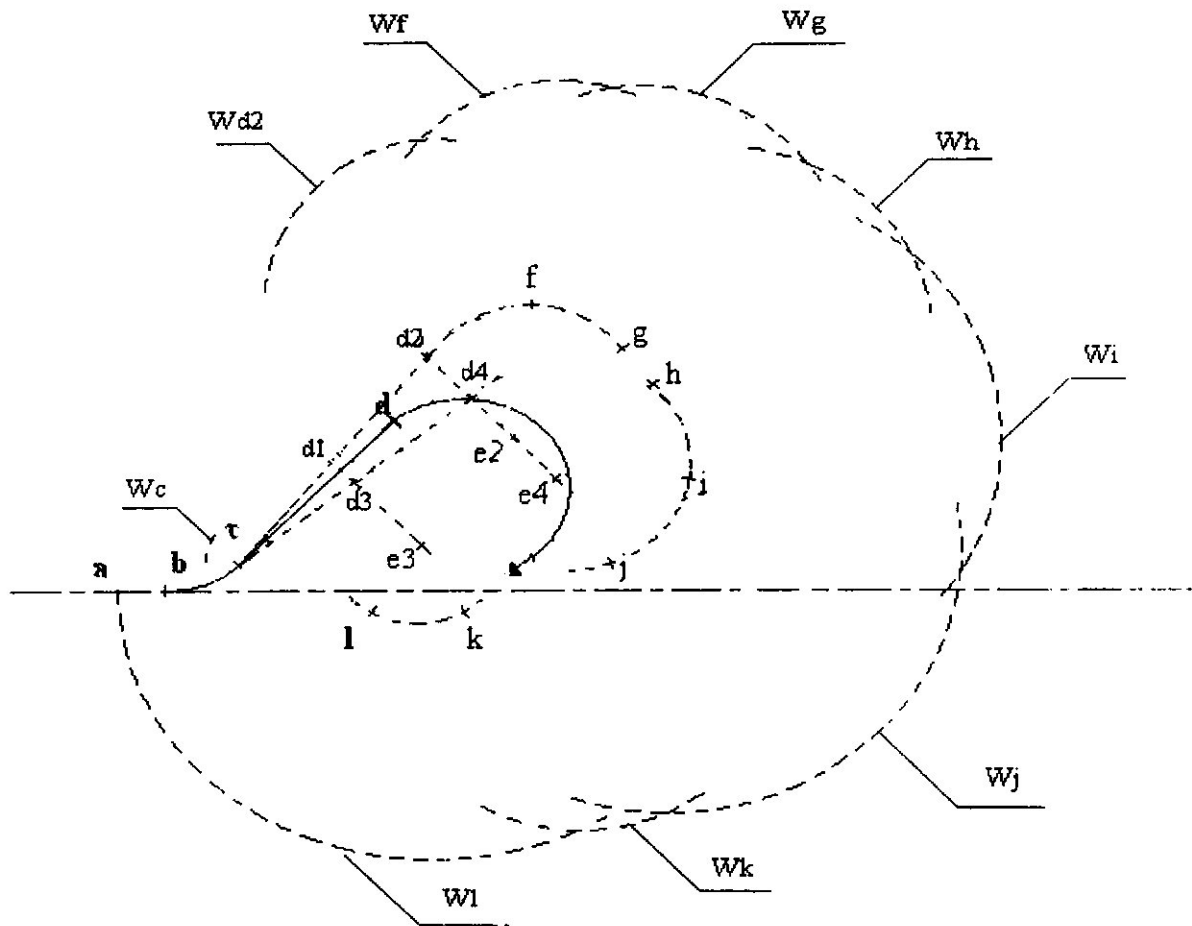


Figure III-28

38 / Le contour du gabarit du virage conventionnel $45^\circ/180^\circ$ est composé de :

- La tangente passant par « a » à l'arc centré en « c ».
- La 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 ».
- La tangente commune aux spirale des arcs centrés en « d2 », « f » et « g » et la spirale des arcs centrés en « h », « i » et « j ».
- L'enveloppe spirale des arcs centrés en « k » et « l ».
- La tangente commune de la spirale des arcs centrés en « h », « i » et « j » et la spirale des arcs centrés en « k » et « l ».
- La tangente passant par « a » et la spirale des arcs centrés en « k » et « l ».

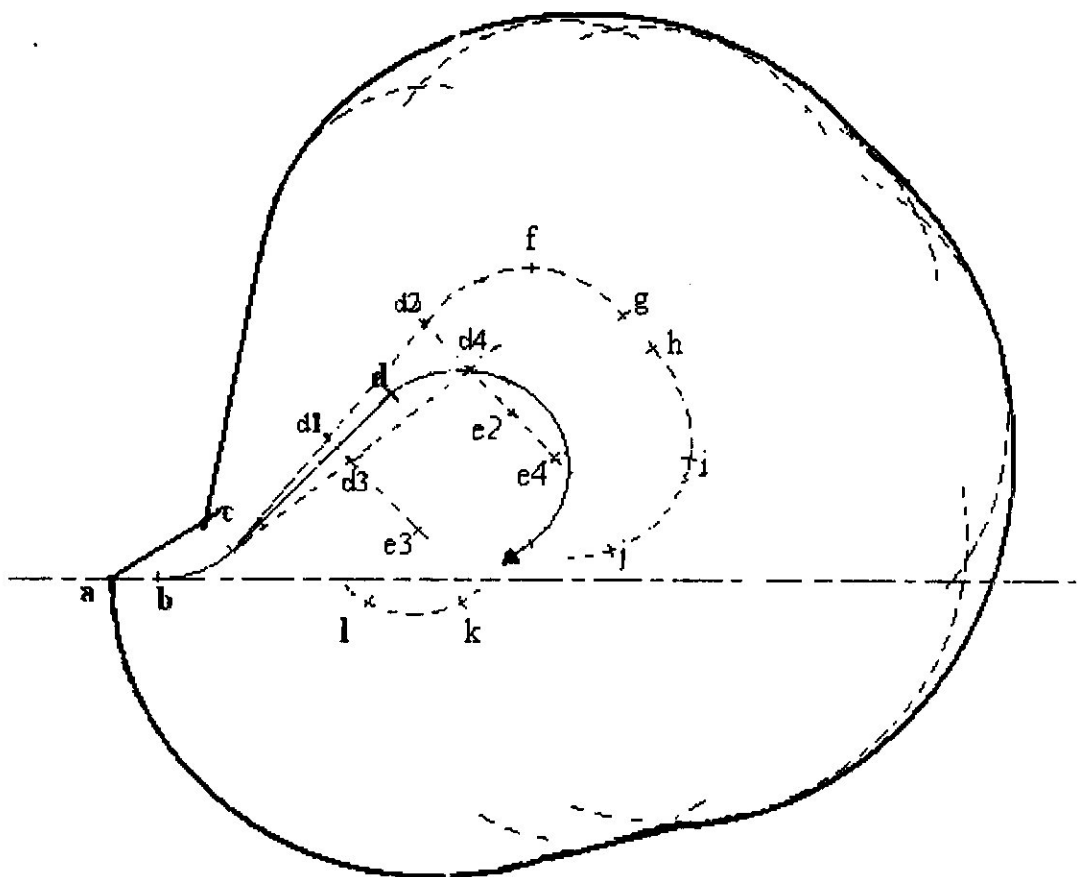


Figure III-29 : Gabarit du virage conventionnel $45^\circ / 180^\circ$

L'Aire de Protection du Virage Conventionnel $45^\circ / 180^\circ$

Aire primaire

Pour construire l'aire Primaire on doit suivre les étapes suivantes :

- 1/ Tracer dans une nouvelle feuille l'axe de la procédure.
- 2/ Placer le point **A** sur l'axe de la procédure.
- 3/ Tracer autour du point **A**, la zone d'incertitude de repère et marquer les points **A1**, **A2**, **A3**, **A4** aux quatre coins de cette aire.
- 4/ L'axe du gabarit étant parallèle à l'axe de la procédure, placer le point **a** du gabarit successivement aux points **A1**, **A2**, **A3** et **A4** et reporter à chaque fois la partie la plus pénalisante de la limite extérieure du gabarit on obtiendrait alors les courbes 1,2,3 et 4.
- 5/ Relier ensuite les courbes extérieures (1, 2, 3, 4) par leurs tangentes communes.

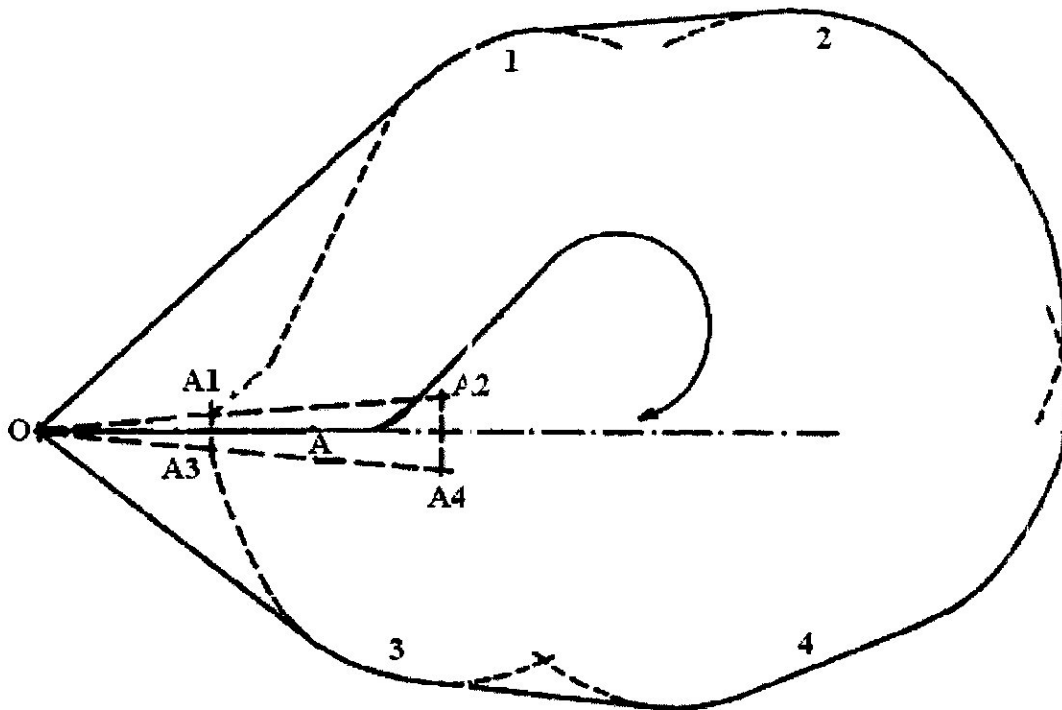


Figure III-30

Aire Secondaire

L'aire primaire est entourée d'une aire secondaire d'une largeur égale à 4.6 km de périmètre de l'aire primaire.

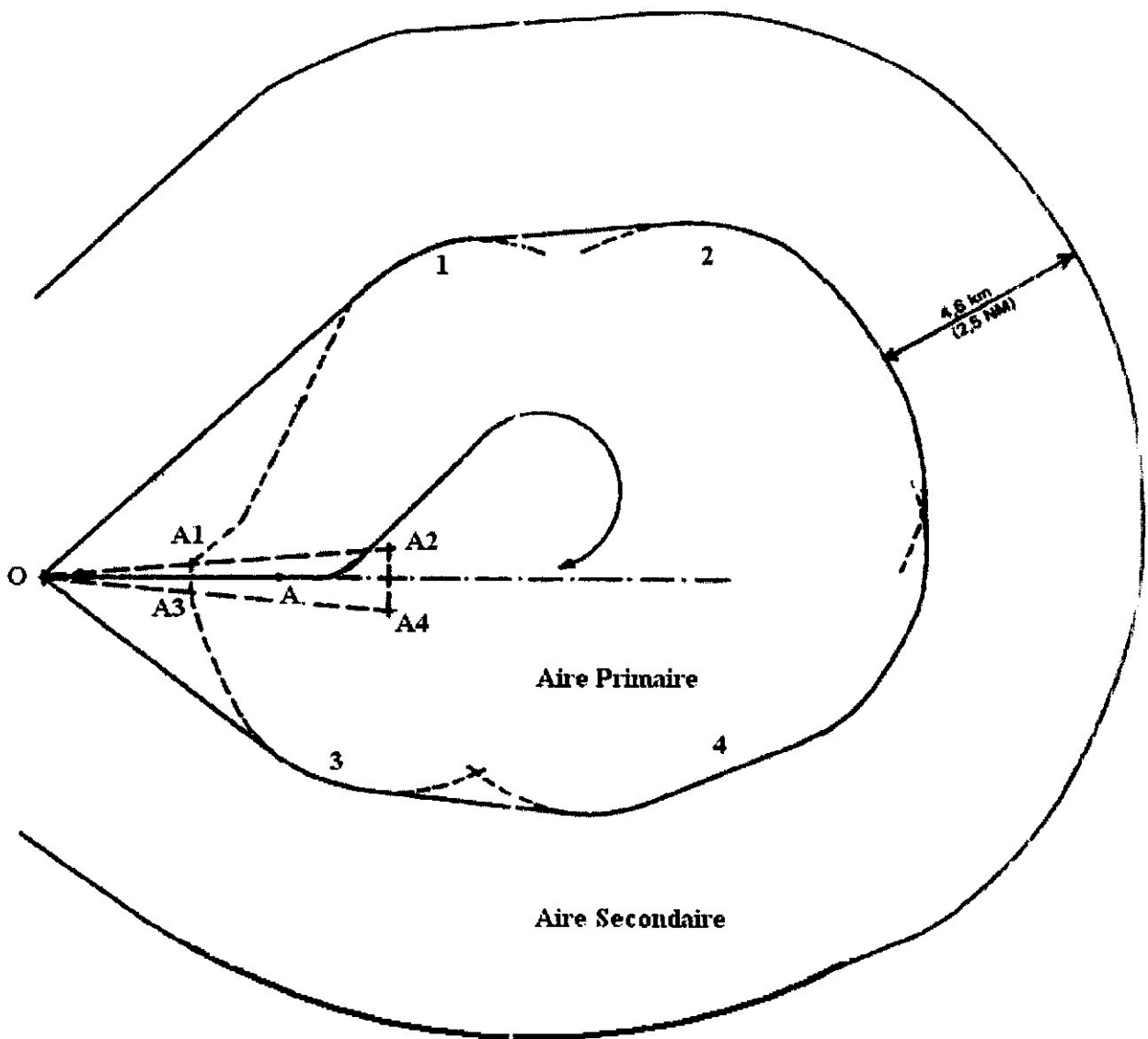


Figure III-31 : l'Aire de protection du virage conventionnel 45°/180°

III-6-4-2-2 Virage Conventionnel 80° / 260°

Construction du gabarit pour le virage conventionnel 80°/ 260°

Les paramètres utilisés dans la construction de gabarit figurent dans le tableau ci-après :

Tableau III-7 : Calculs associés à la construction du gabarit de virage conventionnel 80° - 260° unités système international SI.

IAS = vitesse indiquée en km / h

Température ISA + 15° dans le cas général

h = Altitude en m

T = Le Temps d'éloignement en min

Ligne	Paramètre	Formule	Unité
1	K	Facteur de conversion	
2	V	$V = K * IAS$	km/ h
3	v	$v = V / 3600$	km/ s
4	R	La moins élevée des deux valeurs suivantes : $R = 943,27 / V$ ou $3^\circ/s$	°/s
5	r	$r = V / 62,83 R$	km
6	h	en milliers de mètres	km
7	w	$w = 12h + 87$	km/h
8	w'	$w' = w / 3600$	km/s
9	E	$E = w' / R$	km/°
10	ab	$ab = 5v$	km
11	de, d1e1, d2e2	$de = d1e1 = d2e2 = 10 v$	km
12	We ₂	$We_2 = w' + 85 E$	km
13	Wg	$Wg = 15 w' + 130 E$	km
14	Wh	$Wh = 15 w' + 175 E$	km
15	Wi	$Wi = 15 w' + 220 E$	km
16	Wj	$Wj = 15 w' + 265 E$	km

17	W_k	$W_k = 15 w' + 255 E$	km
18	W_l	$W_l = 15 w' + 300 E$	km
19	W_m	$W_m = 15 w' + 345 E$	km

Après avoir fait tout les calculs du tableau III-7, le gabarit de virage conventionnel $80^\circ/260^\circ$ est établi en suivant les étapes citées ci-après :

- 1/ Tracer une droite représentant l'axe du gabarit, et marquer le point « a » à l'emplacement du repère.
- 2/ Marquer le point **b** sur l'axe de la procédure à la distance **ab** calculé à la ligne 10 du tableau III-7.
- 3/ Tracer la perpendiculaire à l'axe de la procédure au point **b**.
- 4/ Marquer sur cette perpendiculaire le point **c** à la distance **r** calculé à la ligne 5 du tableau III-7.
- 5/ Tracer un arc de 80° de centre **c** et de rayon **r**, et marquer le point **d** à la fin de cet arc qui représente le virage d'éloignement nominal.
- 6/ Tracer une droite tangente au virage d'éloignement nominale au point **d**.
- 7/ Marquer sur cette droite le point **e** à la distance **de** calculé à la ligne 11 du tableau III-7.
- 8/ Tracer la perpendiculaire à la droite [d e] au point **e**.
- 9/ Marquer le point **f** sur cette perpendiculaire à la distance **r** calculé à la ligne 5 du tableau III-7, à partir de point **e**.
- 10/ Tracer un arc de 260° de centre **f** et de rayon **r**, cet arc représente le virage de rapprochement nominal.

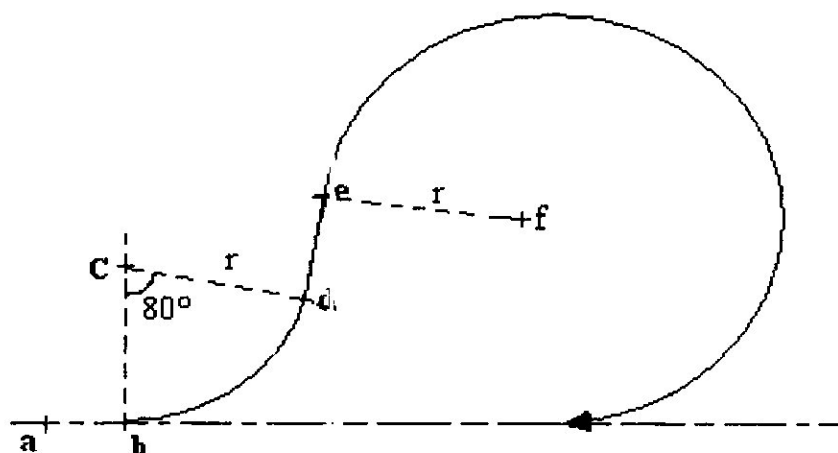


Figure III-32

- 11/ Marquer sur le virage d'éloignement nominal le point **d1** à un angle de 75° à partir du point **d**.
- 12/ Marquer aussi le point **d2** à un angle de 85° du point **b**.
- 13/ Tracer une droite tangente au virage d'éloignement nominale au point **d1**, et marquer le point **e1** à la distance **d1e1** calculé à la ligne 11 du tableau III-8.
- 14/ Tracer une droite tangente au virage d'éloignement nominale au point **d2**, et marquer le point **e2** à la distance **d2e2** calculé à la ligne 11 du tableau III-8.
- 15/ Tracer une droite perpendiculaire à **d2e2** au point **e2**, et marquer le point **f2** à la distance **r** à partir du point **e2**.
- 16/ Tracer un arc de centre **f2** et de rayon **r** à partir du point **e2**.
- 17/ Marquer sur cet arc le point **g** à un angle de 45° à partir du point **e2**.
- 18/ Marquer sur ce même arc le point **h** à un angle de 90° à partir du point **e2**.
- 19/ Marquer ensuite le point **i** à un angle de 135° à partir du point **e2**.
- 20/ Marquer aussi le point **j** à un angle de 180° à partir du point **e2**.
- 21/ Tracer une droite perpendiculaire à **d1e1** au point **e1**, et marquer le point **f1** à la distance **r** à partir du point **e1**.
- 22/ Tracer un arc de centre **f1** et de rayon **r** à partir du point **e1**.
- 23/ Marquer sur cet arc le point **k** à un angle de 180° à partir du point **e1**.
- 24/ Marquer le point **l** à un angle de 225° à partir du point **e1**.
- 25/ Marquer ensuite le point **m** à un angle de 270° à partir du point **e1**.

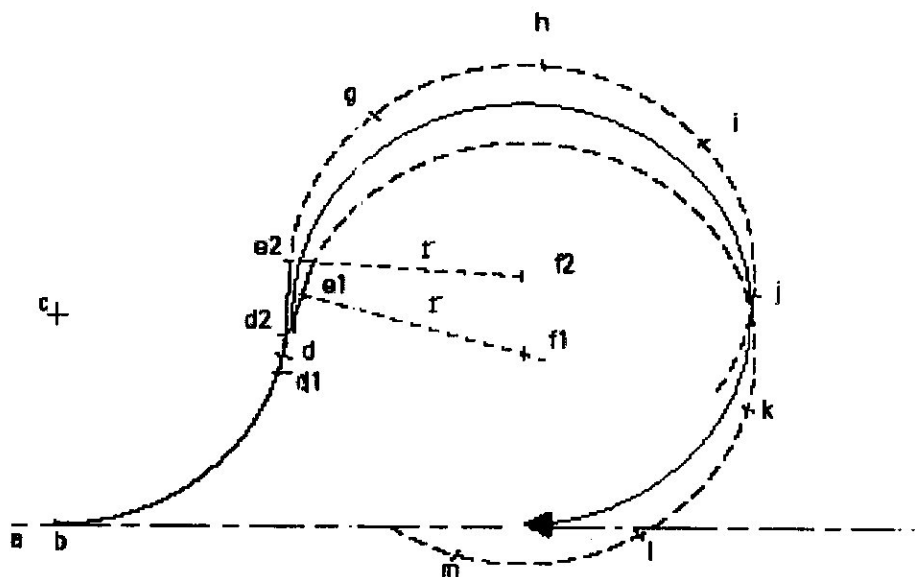


Figure III-33

36/ Le périmètre du gabarit de virage conventionnel $80^\circ / 260^\circ$ est composé de :

- La tangente passant par « a » au spirale des arcs centrés en « e2 », « g », « h » « i » et « j ».
- L'enveloppe spirale des arcs centrés en « e2 », « g », « h » « i » et « j ».
- La tangente commune aux spirales des arcs centrés en « e2 », « g », « h » « i », « j » et la spirale des arcs centrés en « k », « l » et « m ».
- L'enveloppe spirale des arcs centrés en « k », « l » et « m ».
- La tangente passant par « a » et la spirale des arcs centrés en « k », « l » et « m ».

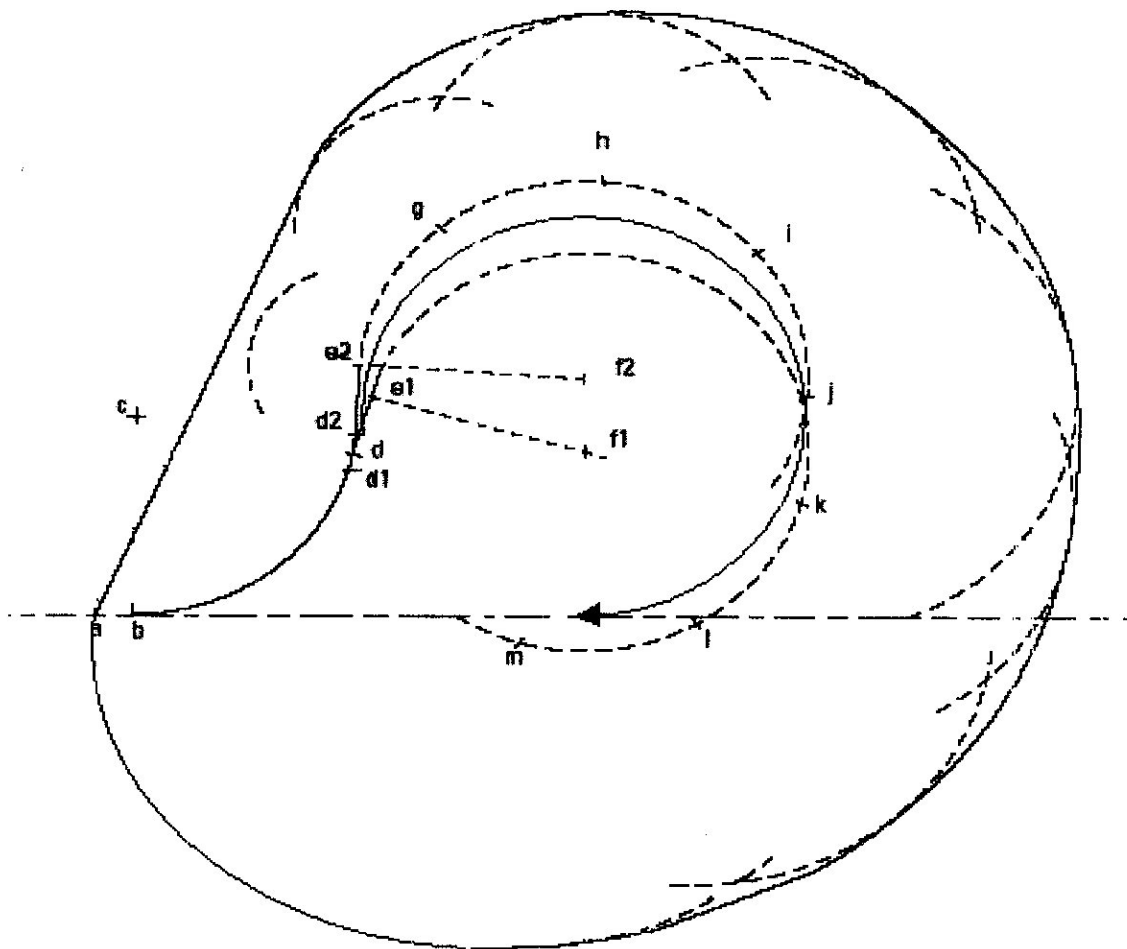


Figure III-35: Gabarit de virage conventionnel $80^\circ / 260^\circ$

L'Aire de Protection du Virage Conventionnel $80^\circ / 260^\circ$

L'aire de protection d'un virage conventionnel $80^\circ / 260^\circ$ est constitué d'une aire primaire et secondaire qui seront construits exactement de la même façon que pour un virage conventionnel $45^\circ / 180^\circ$.

III-7 LE SEGMENT D'APPROCHE INTERMÉDIAIRE

Sur ce segment, la configuration de l'aéronef, sa vitesse et les corrections d'alignement préparent l'établissement de l'aéronef sur le segment d'approche finale, un guidage sur trajectoire sera assuré en rapprochement jusqu'au **FAF**.

Il existe deux types de segments d'approche intermédiaire, qui se terminent tous deux au **FAF** :

- a) Le segment commence à un **IF** désigné ;
- b) Le segment commence après l'exécution d'une procédure à l'estime, d'une procédure d'inversion ou d'une procédure en hippodrome.

III-7-1 LE SEGMENT D'APPROCHE INTERMÉDIAIRE FONDE SUR TRAJECTOIRE RECTELIGNE

La trajectoire à suivre sur ce segment sera la même que la trajectoire d'approche finale, et si le repère du segment suivant est une installation de navigation, l'écartement entre les trajectoires ne dépassera pas **30°**.

Aire de protection

La longueur de l'aire de protection du segment d'approche intermédiaire est de **19 km (10NM)**, lorsque l'angle sous lequel la trajectoire d'approche initiale rejoint la trajectoire d'approche intermédiaire dépasse **90°**, la longueur minimale sera celle indiquée au tableau III-8.

Table III-8 : Variation de la longueur du segment intermédiaire

Angle d'intersection (degré)	Longueur Minimale (km / NM)
91 -- 96	11 km (6 NM)
97 -- 102	13 km (7 NM)
103 -- 108	15 km (8 NM)
109 -- 114	17 km (9 NM)
115 -- 120	19 km (10 NM)

Sa largeur totale est déterminée en joignant des aires initiale et finale aux deux extrémités du segment intermédiaire.

III-7-2 LE SEGMENT D'APPROCHE INTERMEDIAIRE DANS UNE PROCEDURE EN INVERSION OU EN HIPPODROME

Le segment d'approche intermédiaire commence à l'interception de la trajectoire d'approche intermédiaire. Les critères sont les mêmes que pour le segment précédent sauf ce qui concerne quelques spécifications.

Aire de protection pour une procédure avec IF

Lorsqu'un repère d'approche intermédiaire est disponible la longueur de ce segment est de **19 km (10 NM)**, avec une largeur qui augmente uniformément à partir de la largeur du segment d'approche finale à l'installation de navigation voir figure III-36.

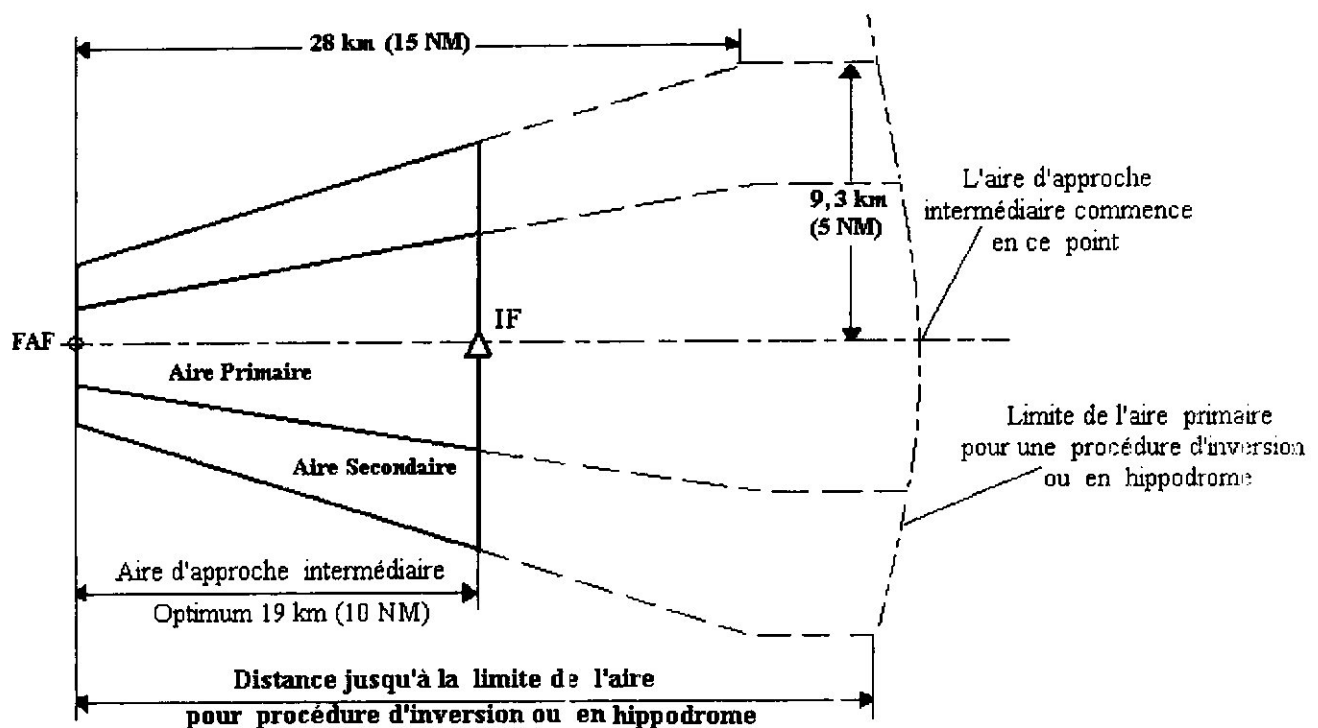


Figure III-36 : Aire d'Approche Intermédiaire dans Une Procédure d'Inversion ou en Hippodrome avec repère d'approche IF

Aire de protection pour une procédure sans IF

Lorsque aucun repère n'est disponible pour marquer l'IF, l'aire d'approche intermédiaire s'étend jusqu'à la limite la plus éloignée de l'aire primaire de procédure d'inversion ou en hippodrome avec une largeur qui augmente uniformément à partir de la largeur du segment d'approche finale à l'installation de navigation jusqu'à **9,3 km (5 NM)** de part et d'autre de la trajectoire, à une distance de **28 km (15 NM)** de l'installation. Au-delà de **28 km (15 NM)**, la largeur reste égale à **19 km (10 NM)**, qui est partagé en aire primaire et aire secondaire voir figure III-37.

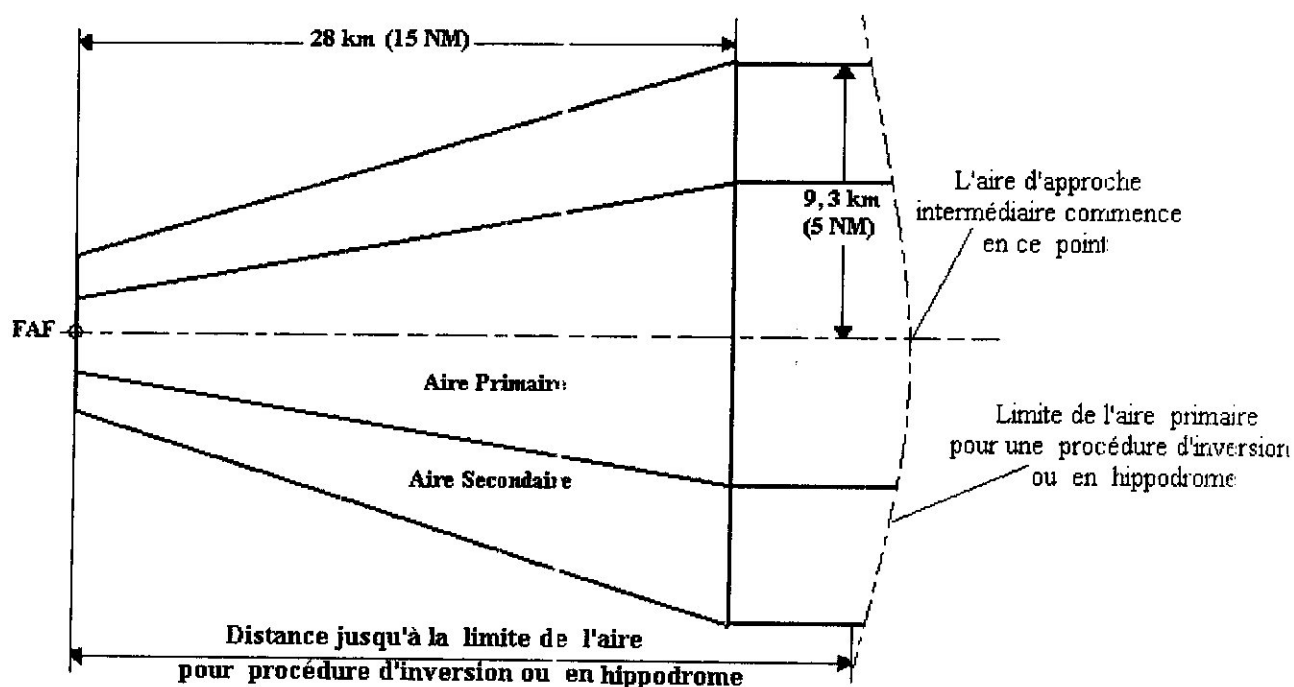


Figure III-37 : Aire d'approche intermédiaire dans une procédure d'inversion ou en hippodrome sans repère d'approche IF

III-8 LE SEGMENT FINAL

L'approche finale peut être exécutée vers une piste pour un atterrissage en ligne droite, ce segment devrait dans la mesure de possible être aligné sur l'axe de piste où un guidage sur trajectoire doit être assuré.

Les dimensions du segment final varient selon l'emplacement et le type de l'installation

Lorsqu'un « FAF » est prévu dans une procédure d'approche classique, et que la distance entre le repère et le seuil de piste pour laquelle la procédure est construite dépasse **11 km (6 NM)**, la marge de franchissement d'obstacles sera augmentée en raison de plus de sécurité de **1.5 m (5 ft)** tout les **0.2 km** de distance.

III-8-1 PROCEDURE AVEC REPERE D'APPROCHE FINAL FAF

L'approche finale peut se faire soit depuis l'installation soit vers celle-ci, il commence au FAF et se termine au MAPT, avec une longueur optimale de **9 km (5 NM)** et un maximum de **19 km (10 NM)**.

L'aire de protection d'un segment final avec FAF, s'étend symétriquement de part et d'autre de la trajectoire nominale avec une largeur de **3.7 km (2NM)** et un évasement de **7.8°** pour le VOR, et une largeur de **4.6 km (2.5NM)** et un évasement de **10.3°** pour un NDB, le principe de l'aire primaire et secondaire s'applique voir figure III-38.

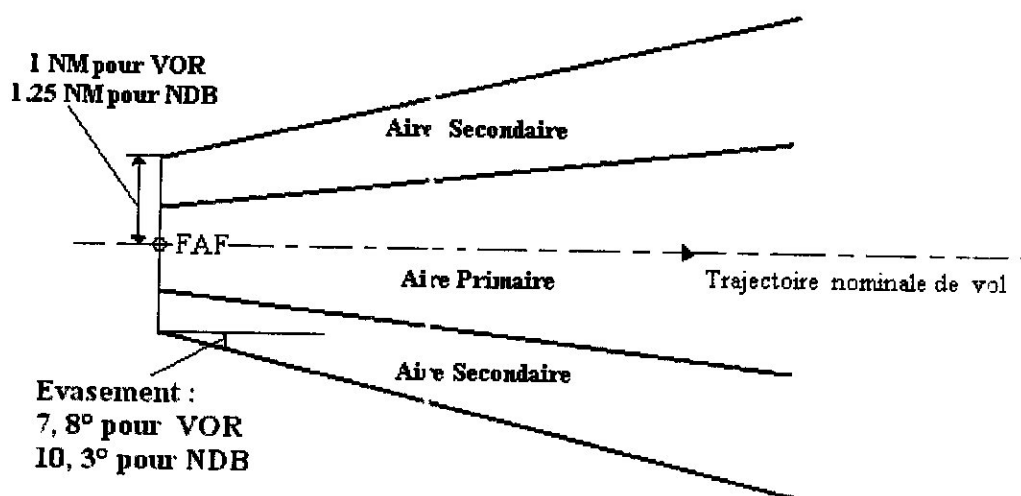


Figure III-38 : Aire d'approche finale d'une procédure avec FAF

III-8-2 PROCEDURE SANS REPERE D'APPROCHE FINAL FAF

Lorsque le repère d'approche finale **FAF** n'est pas disponible, l'aire d'approche finale qui est partagé en aire primaire et aire secondaire s'étend symétriquement de part et d'autre de la trajectoire nominale avec une largeur de **3.7 km (2NM)** et un évasement de **7.8°** pour le **VOR**, et une largeur de **4.6 km (2.5NM)** et un évasement de **10.3°** pour un **NDB**, de la limite la plus éloignée de l'aire primaire de procédure d'inversion ou en hippodrome jusqu'au point d'approche interrompue **MAPT**.

III-9 LE SEGMENT INTERROMPU

Le segment d'approche interrompue est le segment le plus critique pour une procédure d'approche aux instruments, en cette raison des marges de franchissement d'obstacle et des aires de protection doivent être spécifiés et strictement appliqués au cours des trois phases de l'approche interrompue.

Avant la construction des aires de protection pour chaque phase, on doit définir d'abord l'aire de tolérance de point **MAPT** dont lequel l'approche interrompue commence.

III-9-1 LES TOLERANCES DU MAPT

Le point d'approche interrompue **MAPT** spécifié dans les procédures d'approche classique est défini par un repère ; ou par sa distance par rapport à un repère.

Tolérance du MAPT défini par un repère

Si le repère de point d'approche interrompue est défini à la verticale d'une installation radioélectrique **VOR** ou **NDB** les limites amont et aval de tolérance de **MAPT** sont ceux définies à la partie III-3-2-2 de ce chapitre.

Si le repère de point d'approche interrompue est défini par intersection, les limites longitudinales de l'aire de tolérance du **MAPT** se définissent comme suit :

- la limite amont de l'aire de tolérance du **MAPT** est une perpendiculaire à la route qui passe par la limite amont de l'aire de tolérance du repère ou de l'installation.
- la limite aval de l'aire de tolérance du **MAPT** est calculée à partir d'une perpendiculaire à la route qui passe par la limite aval de l'aire de tolérance du repère ou de l'installation, déplacée dans la direction du vol sur une distance **d** correspondant à 3 secondes de vol augmentée d'une composante de vent arrière de 10 noeuds.

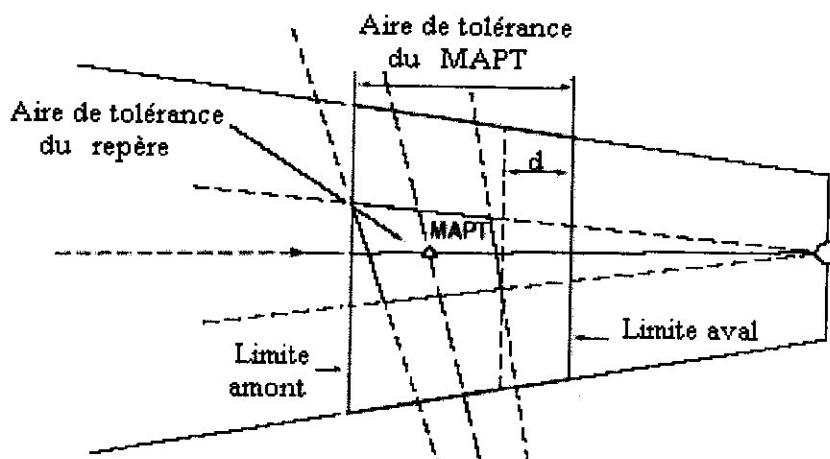


Figure III-39 : Tolérance du MAPT définie par intersection

Tolérance du MAPT défini par sa distance par rapport au FAF

Lorsque le MAPT est situé à une distance **D** du FAF ou d'un repère de descente, il convient de tenir compte des facteurs ci-dessous pour déterminer l'aire de tolérance du point d'approche interrompue :

a = distance entre la limite amont de l'aire de tolérance du FAF et le FAF.

b = distance entre la limite aval de l'aire de tolérance du FAF et le FAF.

D = Distance du FAF au MAPT.

TASMIN = Valeur la plus faible de vitesse indiquée **IAS** en approche finale pour la catégorie d'aéronef en cause convertie en vitesse vraie **TAS**.

TASMAX = Valeur la plus grande de vitesse indiquée **IAS** en approche finale pour la catégorie d'aéronef en cause convertie en vitesse vraie **TAS**.

Position amont du MAPT (En unités du Système International)

$$X_1 = [a^2 + (TASMIN * 10/3600)^2 + (56 * D/TASMIN)^2]^{0.5}$$

$$X_2 = [a^2 + (TASMAX * 10/3600)^2 + (56 * D/TASMAX)^2]^{0.5}$$

La position du MAPT amont **d1** = **max [X1, X2]**

Position aval du MAPT (En unités du Système International)

$$X_3 = [b^2 + (TASMIN * 13/3600)^2 + (56 * D/TASMIN)^2]^{0.5}$$

$$X_4 = [b^2 + (TASMAX * 13/3600)^2 + (56 * D/TASMAX)^2]^{0.5}$$

La position du MAPT aval **d2** = **max [X3, X4]** voir figure III-40.

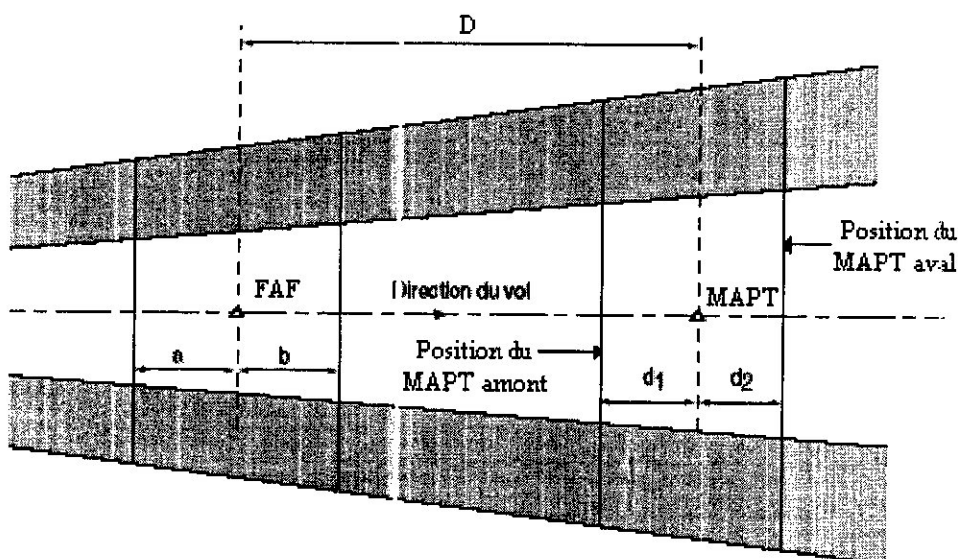


Figure III-40: Tolérance du MAPT définie par sa distance par rapport au FAF

III-9-2 LA PHASE INITIALE D'APPROCHE INTERROMPUE

La phase initiale est une phase rectiligne en palier commence à la limite amont de l'aire de tolérance du point d'approche interrompue et se termine au point où la montée est amorcée (SOC).

La distance de **transition** de MAPT au SOC représente la distance parcourue par l'aéronef pendant les 15 s de transition entre l'approche et la montée d'approche interrompue, elle est calculée comme suite : *(Pour l'unité du Système International)*

$$X_5 = [b^2 + (\text{TASMIN} * 13/3600)^2 + (55 * D/\text{TASMIN})^2]^{0.5} + [15 * (\text{TASMIN} + 19)/3600]$$

$$X_6 = [b^2 + (\text{TASMAX} * 13/3600)^2 + (56 * D/\text{TASMAX})^2]^{0.5} + [15 * (\text{TASMIN} + 19)/3600]$$

La distance de Transition de la position aval de MAPT au SOC : $X = \max [X_5, X_6]$

L'aire de protection pour la phase initiale de l'approche interrompue est un prolongement de l'aire de protection du segment finale en aire primaire et secondaire à la distance X voir figure III-41.

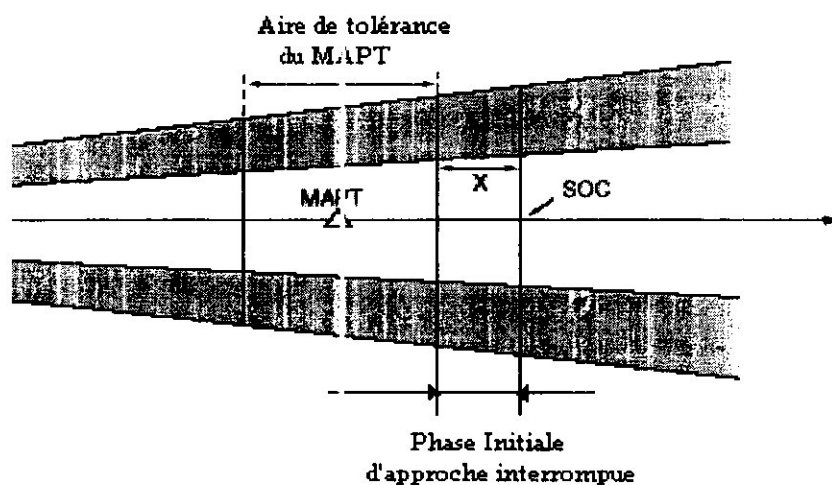


Figure III-41: la phase initiale de l'approche interrompue

III-9-3 LA PHASE INTERMEDIAIRE D'APPROCHE INTERROMPUE

La phase intermédiaire est la phase au cours de laquelle la montée se poursuit avec une pente nominale de **2.5 %** et une **MFO de 30 m** jusqu'au premier point à partir duquel une **MFO de 50 m** est acquise et peut être maintenue.

L'orientation de la trajectoire ne peut être modifiée de plus de **15°**, au cours de cette phase, par rapport à la trajectoire initiale.

L'aire de protection pour la phase intermédiaire de l'approche interrompue est un prolongement de l'aire de protection de la phase initiale en aire primaire et secondaire voir figure III-42.

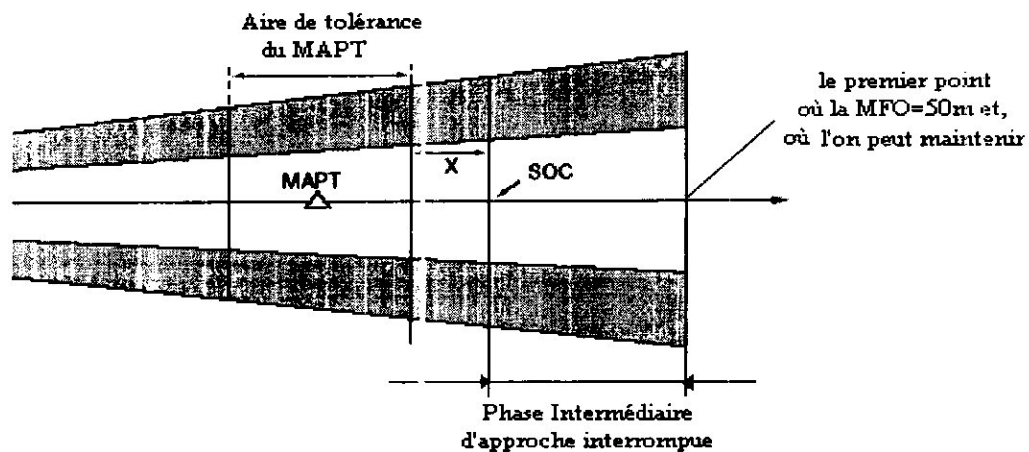


Figure III-42 : la phase initiale de l'approche interrompue

III-9-4 LA PHASE FINALE D'APPROCHE INTERROMPUE

La phase finale commence au premier point à partir duquel la **MFO** de **50 m** est obtenue et peut être maintenue, dans la phase finale du segment d'approche interrompue, on détermine, pour couvrir le cas de la panne d'un moteur, un palier d'accélération en tenant compte d'une marge minimale de franchissement d'obstacles de **90 m (300 ft)** dans l'aire primaire (le principe des aires secondaires s'applique).

Le segment horizontal est suivi d'un segment de montée suivant une pente de **1 %** représentant la montée en croisière jusqu'à une altitude à laquelle d'autres marges prescrites de franchissement d'obstacles s'appliquent.

III-9-4-1 Approche interrompue en ligne droite

Lorsque cela présente un avantage opérationnel, la phase finale de l'approche interrompue sera définie en ligne droite dont l'aire de protection sera tout simplement le prolongement de l'aire de protection de la phase intermédiaire voir figure III-43.

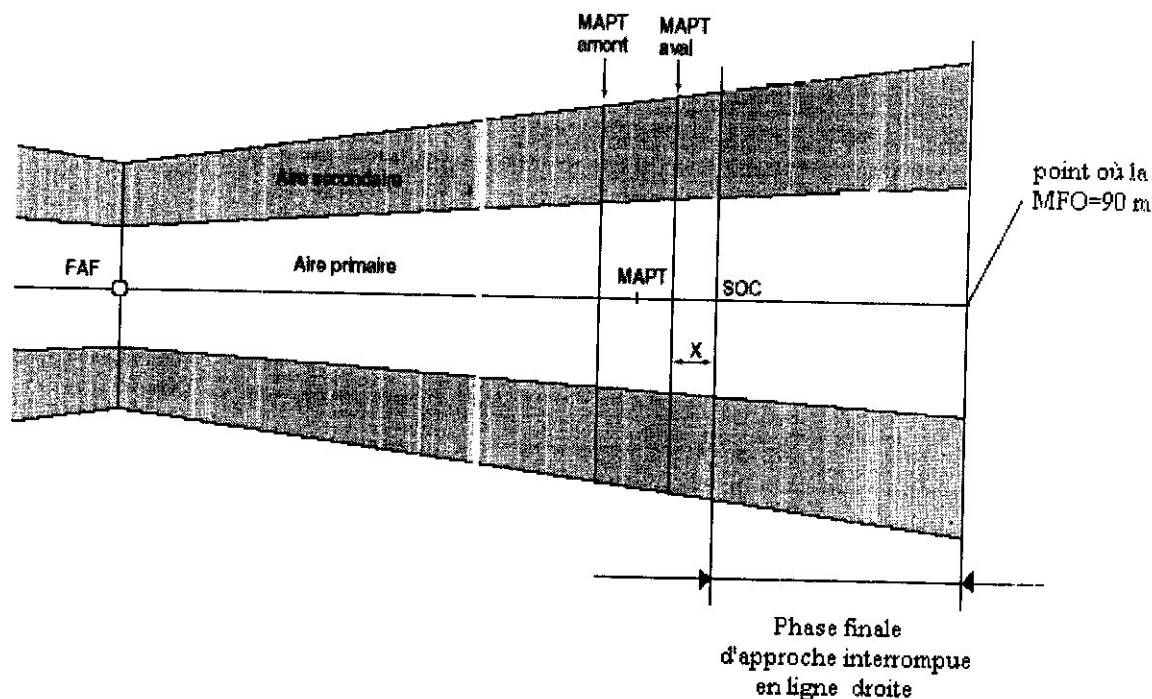


Figure III-43 : Approche interrompue en ligne droite

III-9-4-2 Approche interrompue avec virage

Si un virage à partir de la phase finale est spécifié, des tolérances de point de virage TP et l'aire de protection du virage sont spécifiés.

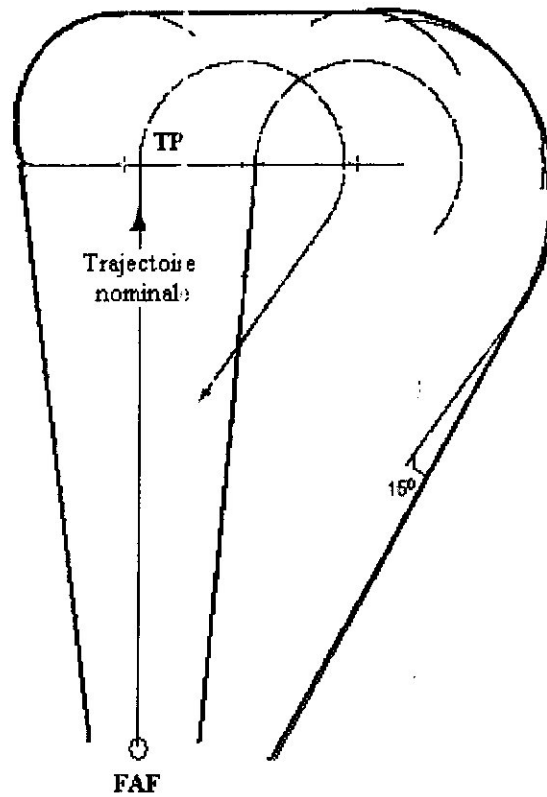


Figure III-44 : l'Aire de protection d'une approche interrompue avec virage

CHAPITRE

Conception du

IV-1 INTRODUCTION

La science informatique a tout d'abord pour mission de pallier les insuffisances humaines en matière de calcul numérique, et capable de manipuler d'importantes masses de données dans un minimum de temps, faisant office de calculatrices électroniques performantes. Grâce aux progrès fulgurants en électronique et en automatisation, les machines se développent rapidement : depuis environ trente ans, elles offrent chaque année une puissance de calcul supérieure à l'année précédente, pour un coût inversement proportionnel, ce qui fait que l'aéronautique utilise cette science car elle est bénéfique.

Dans le présent chapitre nous présentons une description fonctionnelle et structurale de notre logiciel, écrit en langage DELPHI.

IV-2 LANGAGE DE PROGRAMATION

Le Delphi est un environnement de programmation qui adapte le pascal comme langage de programmation , c'est un outil de développement conçu par Borland pour écrire des applications Windows. DELPHI utilise comme fondation le 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 ect.....

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

IV-3 LA DESCRIPTION DU LOGICIEL DEVELOPPE

IV-3-1 DONNES D'ENTREE

Pour tracer les aires de protection et calculer les altitudes minimales de survol des obstacles dans les différents segments d'une procédure d'approche aux instruments, l'utilisateur doit rentrer les données listées ci-après à partir du clavier.

- ✚ La vitesse
- ✚ L'altitude
- ✚ Le temps
- ✚ La température
- ✚ Les coordonnées géographiques du moyen
- ✚ Les coordonnées géographiques des obstacles
- ✚ La marge de franchissement d'obstacles
- ✚ L'altitude de l'obstacle
- ✚ Le nom de l'obstacle

IV-3-2 LES DONNEES DE SORTIE

Après avoir introduit toutes les données d'entrée, les résultats se présentent comme suit :

- ✚ L'affichage des résultats des calculs.
- ✚ Le dessin de l'aire de protection et des obstacles correspondants.
- ✚ L'obstacle le plus pénalisant (Nom, Altitude).
- ✚ L'altitude minimale de vol.

IV-3-3 L'ORGANIGRAMME

Notre logiciel est basé sur l'organigramme suivant, voir figure IV-1 :

:

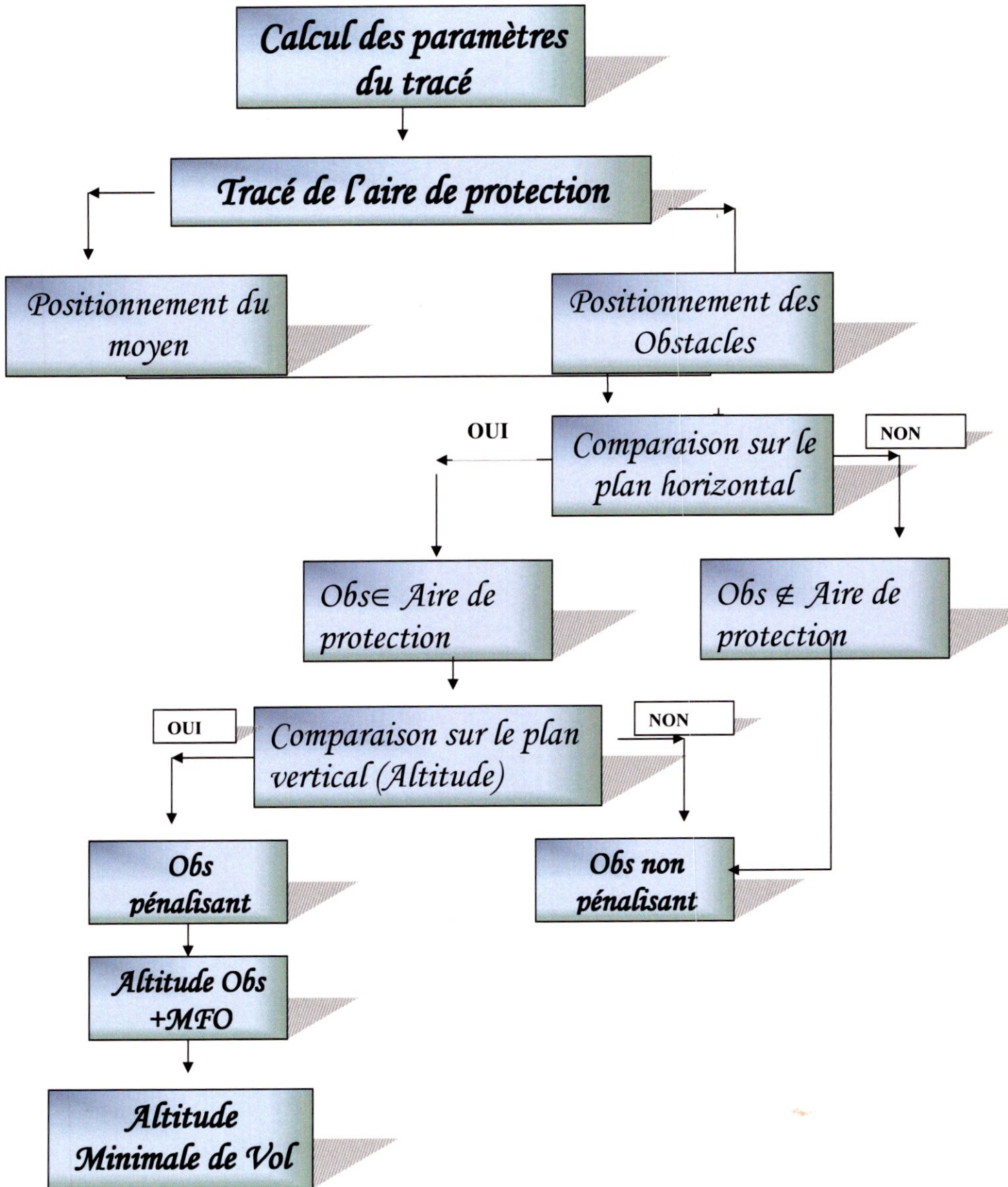


Figure IV-1

IV-4 PRESENTATION DU LOGICIEL

Notre logiciel contient en totalité 10 menus, le premier porte le nom du logiciel, le deuxième pour le choix du type de l'aire de protection et le choix du moyen utilisé (**VOR, NDB**), et les 8 menus restants pour le traitement de chaque cas séparément.

IV-4-1 LE PREMIER MENU

Il contient le nom du logiciel « *Traitement automatique des obstacles aux dessous des aires de protection* » voir figure IV-2.

Dans cette forme on trouve deux boutons :

- Bouton « *Bien Venue* » pour continuer l'exécution.
- Bouton « *Bonne Chance* » pour arrêter l'exécution.



Figure IV-2

IV-4-2 LE DEUXIEME MENU

Contient deux radio boutons pour permettre le choix entre les deux moyens radioélectriques utilisées **NDB** ou **VOR**, et quatre boutons pour le choix de type de l'aire de Protection, voir figure IV-3 :

- Attente (Hippodrome).
- Virage de base.
- Virage Conventionnel 45°/180°.
- Virage Conventionnel 80°/260°.



Figure IV-3

Les 8 autres formes ont la même construction sauf à certain cas où on trouve quelques différences.

IV-5 EXEMPLE GENERAL

On prend le cas de l'Attente --NDB--, voir figure IV-4.

Figure IV-4

Chaque forme est en générale composée de :

- Menu principale.
- Menu secondaire.
- Barre d'outils.
- Une zone d'introduction des paramètres d'entrées.
- Un composant « **page control** » qui contient quatre pages distinctes :
 - La première pour les coordonnées des obstacles.
 - La deuxième pour le dessin de l'aire de protection.
 - La troisième pour l'affichage des résultats des calculs.
 - La quatrième pour l'affichage de la liste des obstacles.

IV-5-1 MENU PRINCIPAL

Le Delphi propose une manière simple et élégante d'écrire le gestionnaire de menu ,avec deux menus enfants « *Fichier* » et « *Support* », voir figure IV-5.

Le menu « *Fichier* » contient à son tour les fonctions suivantes :

- Nouvelle Application.
- Ouvrir.
- Enregistrer.
- Imprimer.
- Fermer (retour).
- Quitter

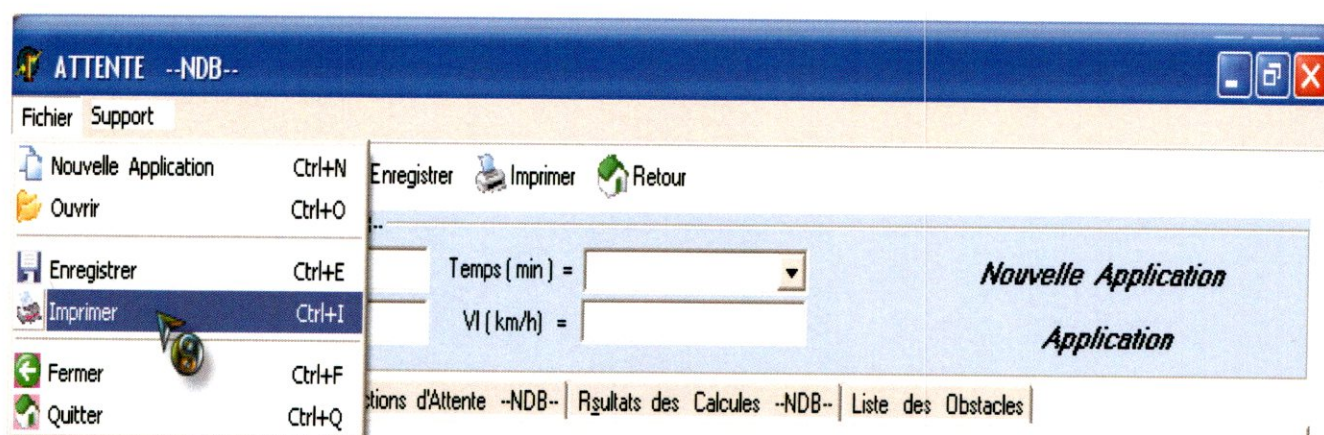


Figure IV-5

Le menu « *Support* » contient la méthode du tracé manuel des aires de protection correspondantes au type de l'aire de protection en cause, ainsi que la méthode du tracé manuel de l'aire de tolérance des repères **VOR** et **NDB**, commençant par le calcul des paramètres de l'aire ,et illustrant toutes les étapes du tracé de ces aires.

Voici un exemple de menu « *Support* » pour l'Attente **NDB**, voir figure IV-6.

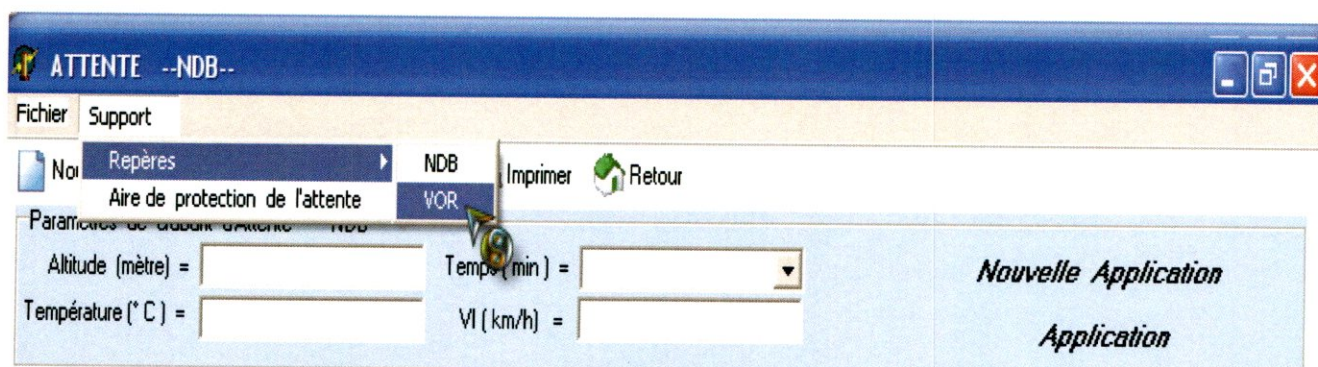


Figure IV-6

IV-5-2 BARRE D'OUTILS

Le Delphi constitue l'outil idéal pour réaliser facilement et rapidement les applications de ce logiciel, il s'agit d'une barre d'outils qui contient les fonctions suivantes, voir figure IV-7 :

- 🚪 Nouvelle application.
- 🚪 Ouvrir.
- 🚪 Enregistrer.
- 🚪 Imprimer.
- 🚪 Retour.



Figure IV-7

IV-5-3 MENU SECONDAIRE

Le Delphi offre aussi une méthode de menu Secondaire qui permet de concevoir et de créer un menu contextuel qui est activé lorsque l'utilisateur fait un clic par la droite de la souris , et qui contient les fonctions suivantes, voir figure IV-8 :

- 🚪 Application.
- 🚪 Nouvelle Application.
- 🚪 Ouvrir.
- 🚪 Enregistrer.
- 🚪 Imprimer.
- 🚪 Retour.
- 🚪 Quitter.

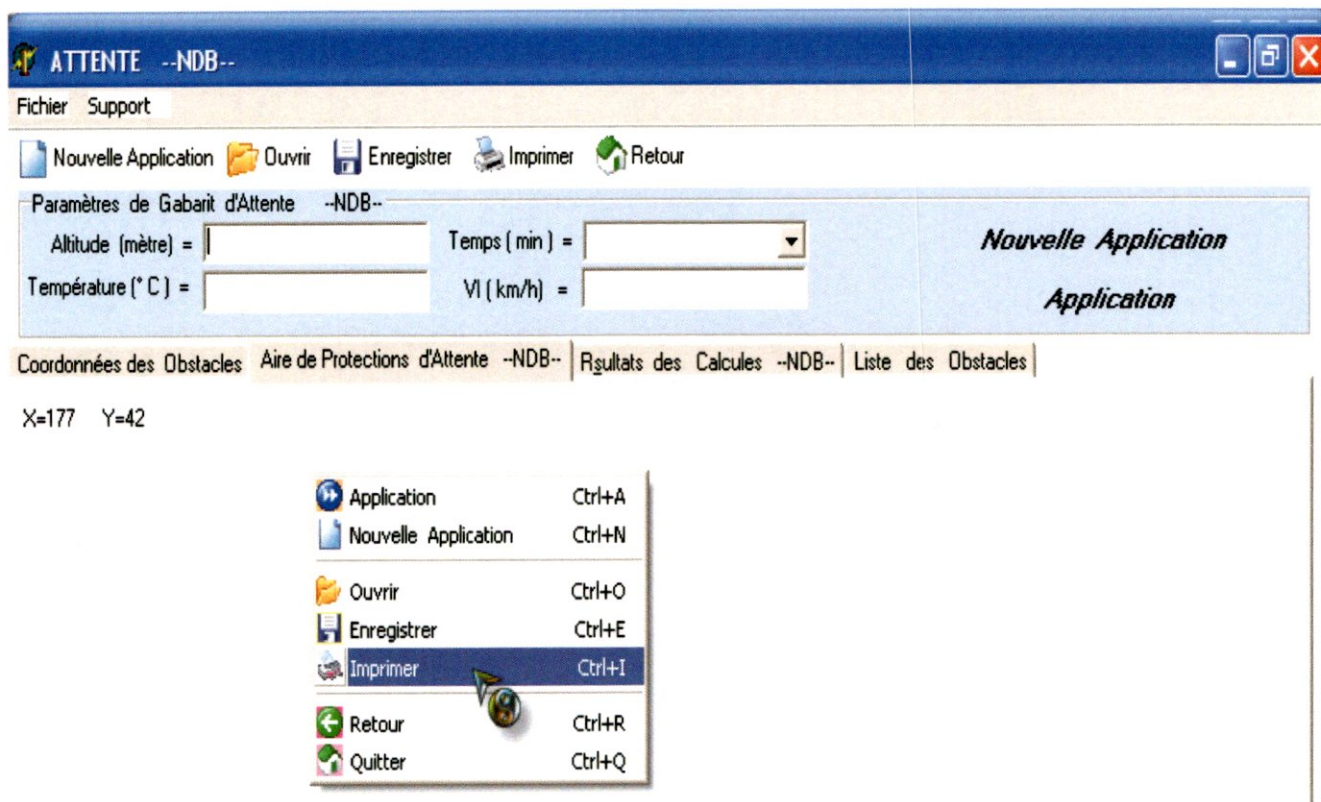


Figure IV-8

IV-5-4 LES PARAMETRES D'ENTREE

Une zone spécifiée pour l'introduction des paramètres de calcul et du tracé de l'aire de protection, ces paramètres sont, voir figure IV-9 :

- ✚ l'Altitude considéré en mètres (m).
- ✚ La température en [°C] par rapport à la température standard ISA.
- ✚ Le temps d'éloignement spécifié de 1 à 3 min par incrément de 1/2 minute.
- ✚ La vitesse indiqué « IAS » en [km / h].

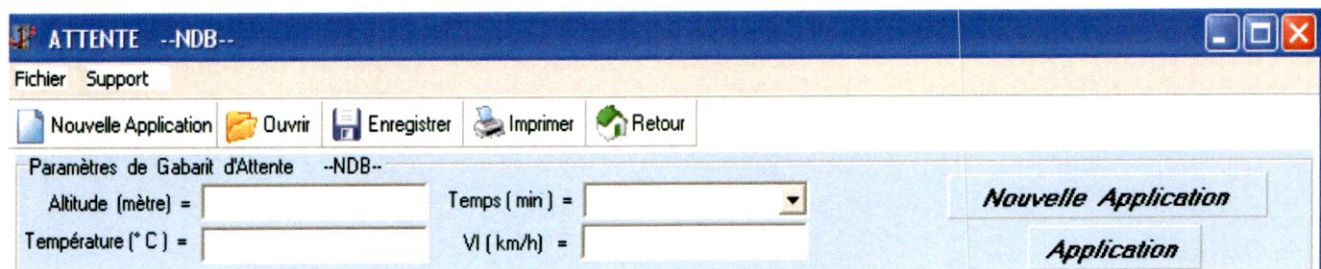


Figure IV-9

Note : Pour le cas du Virage conventionnel 80°/260° NDB et VOR, le temps d'éloignement ne figure pas parmi les paramètres d'entrée.

IV-5-5 LA PAGE DE CONTROL

C'est un composant du Delphi qui permet d'ajouter des tabulations à une fiche pour que l'utilisateur les sélectionne.

Dans ce logiciel on a exploité ce composant pour manipuler quatre pages pour introduire des données et pour afficher des résultats, ces pages sont appelés :

- Coordonnées des Obstacles.
- L'aire de Protection du 'type de l'aire en cause'.
- Résultats des calculs.
- Liste des Obstacles.

IV-5-5-1 Coordonnées des obstacles

Cette page contient, voir figure IV-10 :

- Les coordonnées du moyen radioélectrique données par :
 - Sa latitude = degrés + minutes + secondes + orientation [Nord / Sud].
 - Sa longitude = degrés + minutes + secondes + orientation [Nord / Sud].
- Les coordonnées de l'obstacle qui sont données par :
 - Sa latitude = degrés + minutes + secondes + orientation [Nord / Sud].
 - Sa longitude = degrés + minutes + secondes + orientation [Nord / Sud].
- Altitude de l'Obstacle en mètre **[m]**.
- Le Nom de l'obstacle.
- La marge de franchissement d'obstacles en **[m]** a respecté au dessus des obstacles.

Cette page contient aussi l'affichage de résultats :

- Le nom de l'obstacle le plus pénalisant.
- L'altitude de l'obstacle le plus pénalisant.
- L'altitude minimale de vol.

ATTENTE --NDB--

Fichier Support

Nouvelle Application Ouvrir Enregistrer Imprimer Retour

Paramètres de Gabarit d'Attente --NDB--

Altitude (mètre) = 3250 Temps (min) = 1

Température (° C) = 21 VI (km/h) = 360

Nouvelle Application
Application

Coordonnées des Obstacles Aire de Protections d'Attente --NDB-- Résultats des Calculs --NDB-- Liste des Obstacles

Coordonnées Géographiques du NDB

Latitude [L] = 10 15 12 N

Longitude [g] = 14 12 35 W

Coordonnées Géographiques des Obstacles

Latitude [L] = 10 12 06 N

Longitude [g] = 14 00 35 W

Altitude de l'Obstacle = 120

Marge de Franchissement d'Obstacles = 300

Nom de l'Obstacle = Batiment 01

L'Obstacle le plus pénalisant est
d'Altitude de 0 m

L'Altitude minimale de vol est de 300 m

Nouveau

Figure IV-10

IV-5-5-2 Page de dessin appelée « Aire de protection de ... ».

Cette page comporte le dessin de l'aire de protection en cause, on trouve aussi, voir figure IV-11 :

- Une échelle qui représente la traduction des pixels en termes des mètres réels.
- Deux afficheurs X et Y pour donnée la position en pixels du curseur.
- L'affichage du nom de l'obstacle le plus pénalisant, de son altitude, ainsi que l'altitude minimale de vol.

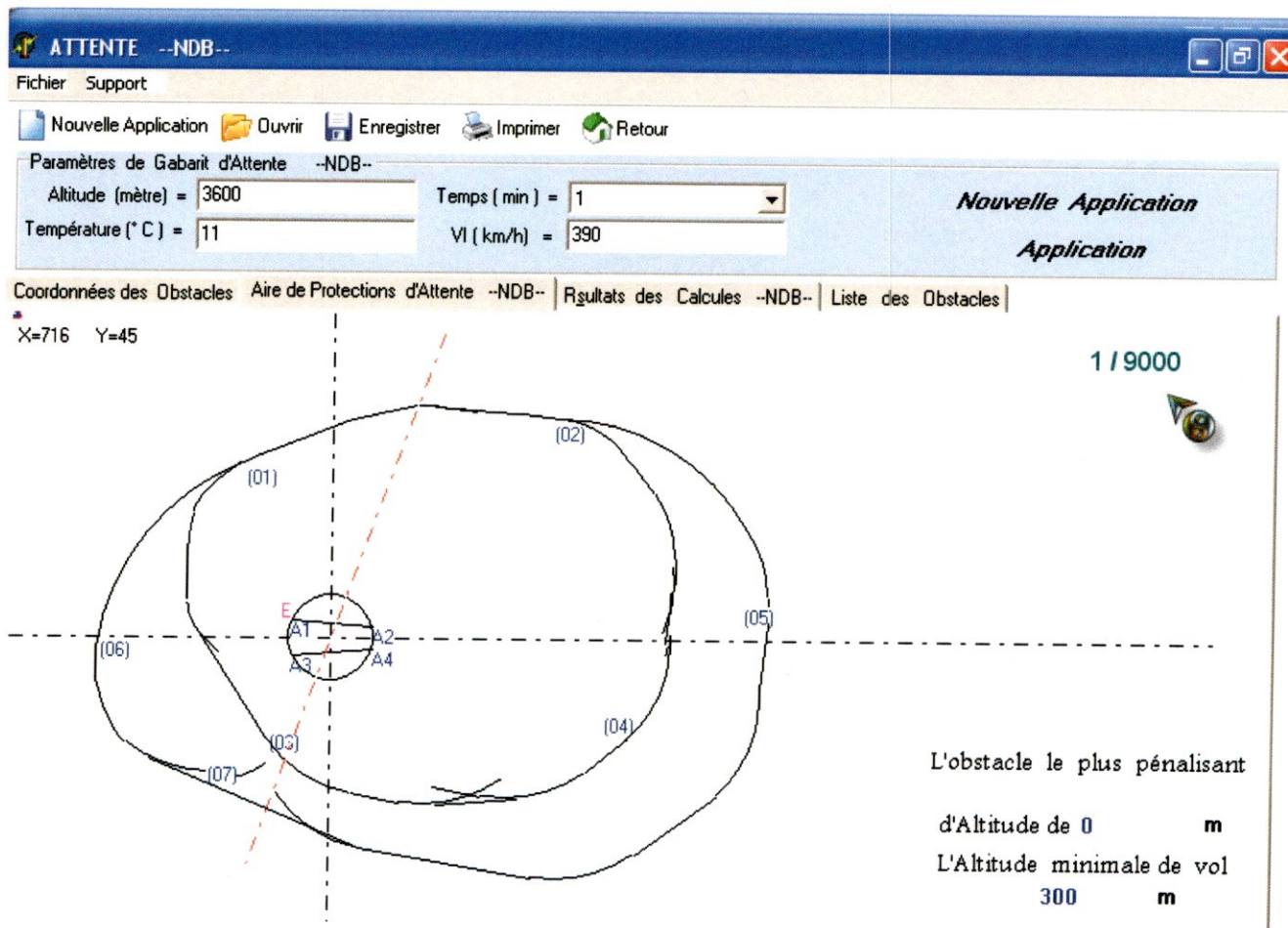


Figure IV-11

IV-5-5-3 Résultats du calcul

Dans cette page figure tout les résultats des calculs des paramètres du tracé de l'aire de protection, voir figure IV-12.

ATTENTE --NDB--

Fichier Support

Nouvelle Application Ouvrir Enregistrer Imprimer Retour

Paramètres de Gabarit d'Attente --NDB--

Altitude (mètre) = 4250 Temps (min) = 1.5

Température (° C) = 23 VI (km/h) = 420

Nouvelle Application
Application

Coordonnées des Obstacles | Aire de Protections d'Attente --NDB-- | Résultats des Calculs --NDB-- | Liste des Obstacles

Facteur de Conversion K = 1.2927 ab (km) = 0,754 Wo (km) = 5,1515

Vitesse Vraie V (km/h) = 542,9339 ac (km) = 1,6587 Wp (km) = 6,1434

v (km/h) = 0,1508 gi1=gi3 (km) = 12,8179 W1 = W3 (km) = 7,6448

R (° / s) = 1,7373 gi2 = gi4 (km) = 16,7387 W2 = W4 (km) = 8,181

r (km) = 4,9739 Wb (km) = 0,1915 WJ (km) = 9,1729

Altitude en millier de mètres h (km) = 4,25 Wc (km) = 0,4213 Wk = Wl (km) = 10,1649

w (km/h) = 138 Wd (km) = 1,4133 Wm (km) = 11,157

w' (km/s) = 0,0383 We (km) = 2,4052 WN3 (km) = 11,6128

E 45 (km) = 0,992 Wf (km) = 3,3972 WN4 (km) = 12,1489

t (s) = 90 Wg (km) = 4,3893 XE (km) = 34,5235

L (km) = 13,5719 Wh (km) = 4,1594 YE (km) = 16,8176

Figure IV-12

IV-5-5-4 La liste des obstacles

Dans cette page on trouve un tableau d'enregistrement qui garde toutes les informations relatives aux obstacles utilisées dans une application, voir figure IV-13.

ATTENTE --NDB--

Fichier Support

Nouvelle Application Ouvrir Enregistrer Imprimer Retour

Paramètres de Gabarit d'Attente --NDB--

Altitude (mètre) = 3650 Temps (min) = 2

Température (° C) = 12 VI (km/h) = 365

Nouvelle Application
Application

Coordonnées des Obstacles | Aire de Protections d'Attente --NDB-- | Résultats des Calculs --NDB-- | Liste des Obstacles

N°	Latitude(°)	Latitude(min)	Latitude(sec)	Nord/Sud	Longitude(°)	Longitude(min)	Longitude(sec)	Nord/Sud	Hauteur	Nom
Obstacle 1	12	18	12	N	20	15	14	E	362	batiment05
Obstacle 2	12	18	12	N	25	12	56	E	30	antenne VOR
Obstacle 3	12	08	12	N	25	20	45	E	45	radar
Obstacle 4	12	19	02	N	25	25	12	E	3600	montagn-tafrante
Obstacle 5	12	25	12	N	25	28	25	E	4500	montagne-chrea

Figure IV-13

IV-6 LES FONCTIONS UTILISEES

Les fonctions qu'on a utilisées dans ce logiciel sont les même pour les huit cas étudiés, ces fonctions sont représentées ci-après :

IV-6-1 APPLICATION

c'est la principale fonction utilisée par notre logiciel, on prenant les paramètres d'entrées, les coordonnées du moyen et des obstacles et la marge du franchissement d'obstacle. Cette fonction fait le calcul et l'affichage des paramètres du tracé, le positionnement du moyen, le tracé de l'aire de protection, le positionnement des obstacles et le test d'appartenance à l'aire de protection.

En utilisant les différents outils de Delphi, cette fonction peut être accédée de différentes manières: par le bouton « **Application** », par un clic sur la droite de la souris en choisissant le premier menu contextuel « **Application** », ou encore par un raccourci de clavier « **Ctrl+A** ».

IV-6-2 NOUVELLE APPLICATION

Après avoir fait une première application l'utilisateur peut facilement faire une nouvelle application sans qu'il soit obligé d'arrêter l'exécution et de démarrer à nouveau ,cette fonction permet d'effacer toutes les données utilisées ,le dessin , les résultats d'une application,et de vider toutes les cases utilisées pour une nouvelle application.

On peut facilement accéder à cette fonction par le bouton « **Nouvelle Application** », par le menu « **Fichier** », par un clic sur la droite de la souris, à partir de la barre d'outils ou bien par un raccourci de clavier « **Ctrl+N** ».

IV-6-3 OUVRIR

Qui nous permet d'ouvrir un fichier, ou une image d'une extension (*.bmp). Cette fonction peut être aussi accédé par le menu principal « **Fichier** », à partir de la barre d'outils, par un clic sur la droite de la souris en choisissant le menu contextuelle « **Ouvrir** » ou finalement avec un raccourci de clavier « **Ctrl+O** ».

Si l'utilisateur actionne cette fonction ,un message d'orientation lui permet de choisir le chemin du fichier voulu ,puis cliquer sur « **Ouvrir** », voir figure IV-14:

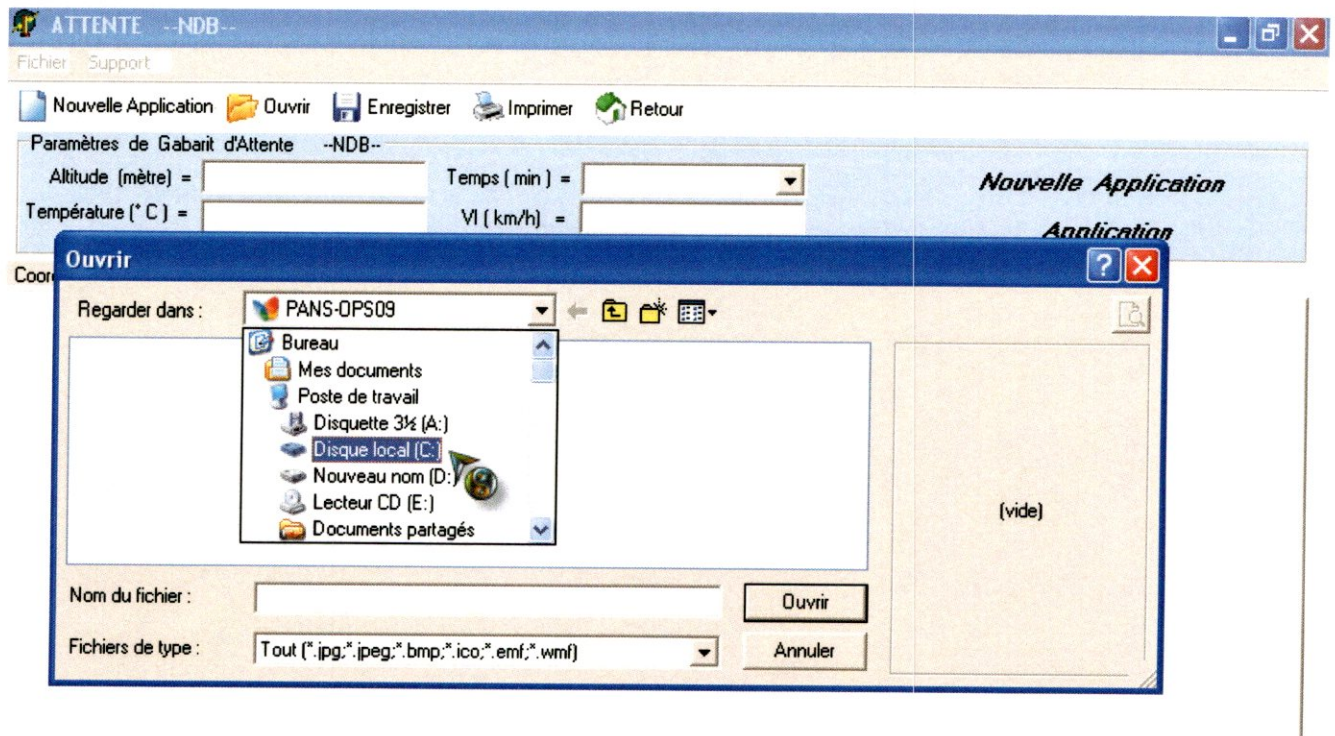


Figure IV-14

IV-6-4 ENREGISTRER

Le Delphi nous a permis d'offrir la fonction « **enregistrer** » pour sauvegarder un dessin déjà fait par ce logiciel, si l'utilisateur veut enregistrer son dessin résultant d'une application donnée, il peut accéder à cette fonction par le menu principal « **Fichier** », à partir de la barre d'outils, par un clic sur la droite de la souris en choisissant le menu contextuel « **Enregistrer** », ou encore avec un raccourci de clavier « **Ctrl+E** ».

Si l'utilisateur actionne cette fonction, un message d'orientation lui permet de choisir l'emplacement voulu de son enregistrement, puis cliquer sur « **enregistrer** », voir figure IV-15.

Note : Le dessin va être enregistré comme image d'extension (*.bmp).

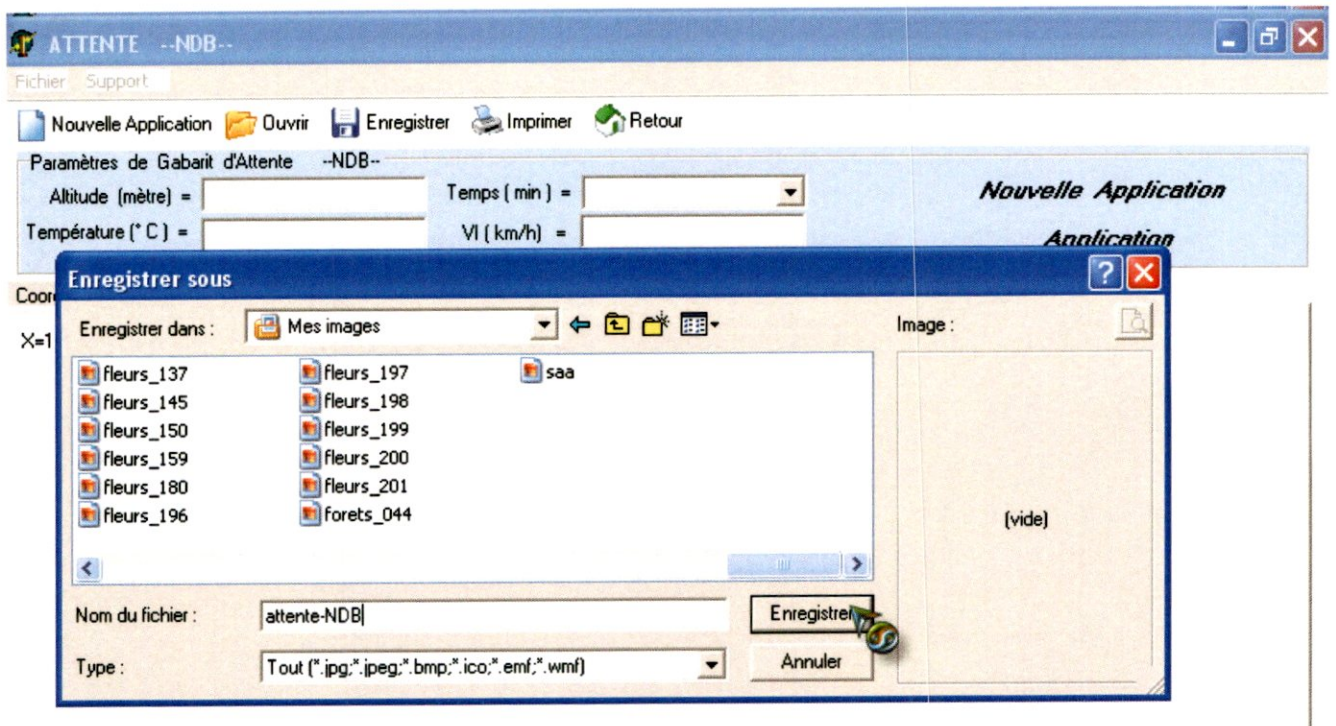


Figure IV-15

IV-6-5 IMPRIMER

Une autre fois Delphi nous a donné une possibilité d'imprimer une page voulue d'une application donnée.

Si l'utilisateur désire imprimer une page résultante d'une application donnée, il peut accéder à cette fonction par le menu principal « **Fichier** », à partir de la barre d'outils, par un clic sur la droite de la souris en choisissant le menu contextuel « **Imprimer** » ou encore avec un raccourci de clavier « **Ctrl+I** ».

Si l'utilisateur actionne cette fonction, un message d'orientation lui permet de configurer son imprimante, ainsi régler la zone d'impression et le nombre de copies voulues, voir figure IV-16.

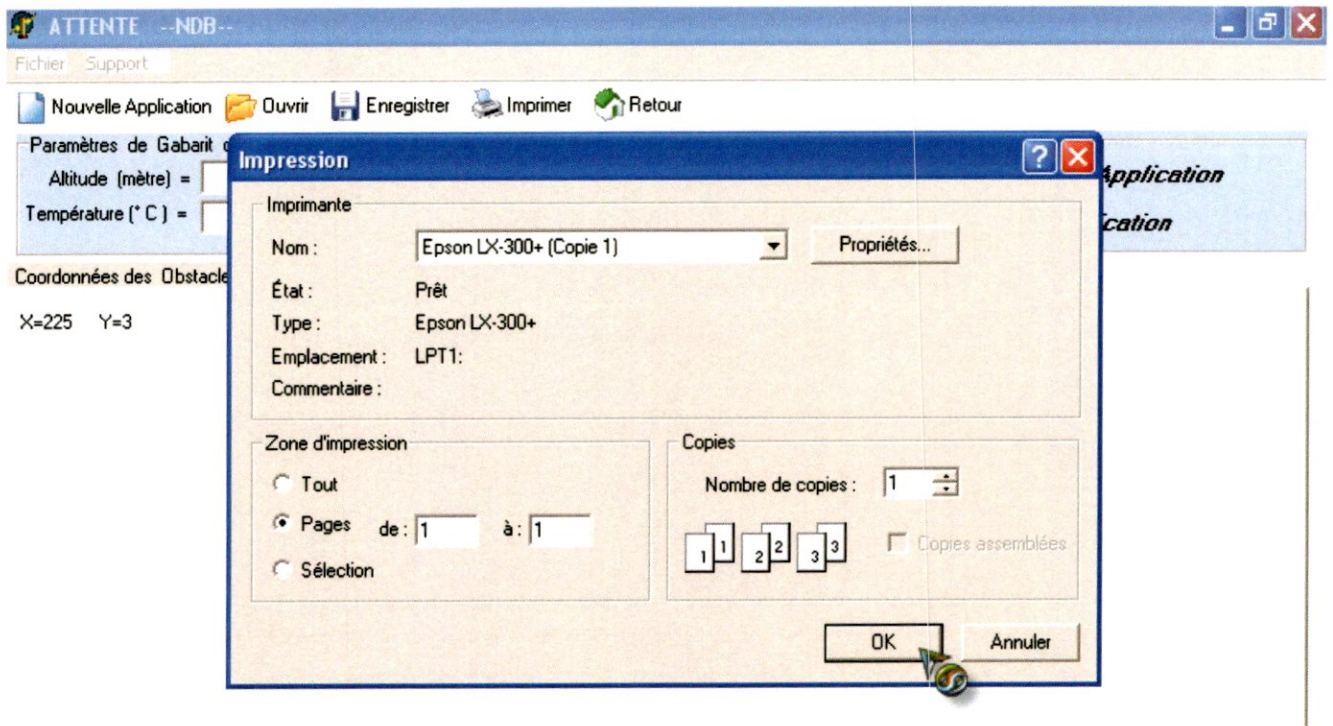


Figure IV-16

IV-6-6 RETOUR

Cette fonction permet le retour à la forme précédente, pour faire de nouveau le choix du type de l'aire de protection et le moyen radioélectrique utilisé. L'utilisateur peut accéder à cette fonction par le menu principal « **Fichier** », à partir de la barre d'outils, par un clic sur la droite de la souris en choisissant le menu contextuel « **Retour** », ou encore avec un raccourci du clavier « **Ctrl+R** ».

IV-6-7 QUITTER

La fonction quitter permet de fermer la forme en cause et même la forme précédente et de revenir à la première forme, où on peut arrêter carrément l'exécution. L'utilisateur peut accéder à cette fonction par le menu principal « **Fichier** », à partir de la barre d'outils, par un clic sur la droite de la souris en choisissant le menu contextuel « **Quitter** », ou encore avec un raccourci du clavier « **Ctrl+Q** ».

IV-7 LES MESSAGES D'ERREURS

Pour un meilleur fonctionnement du logiciel, et en raison de l'existence des limites réglementaires, on a préféré introduire des messages d'erreurs lors du déroulement des applications pour le respect de la réglementation en vigueur.

IV-7-1 LES LIMITES D'ALTITUDE

L'altitude maximale réglementaire pour une procédure d'approche aux instruments est fixée à **4250 m (14000 ft)**, tandis que la limite inférieure n'est pas fixée.

Si l'utilisateur introduit une valeur supérieure à la limite prescrite, un message d'erreur (L'altitude maximale réglementaire doit être inférieur à **4250 m**) apparaît. en cliquant sur le bouton « **OK** » le message va disparaître et le curseur revient automatiquement sur la case spécifiée de l'altitude pour lui changer avant de continuer l'exécution, voir figure IV-17.

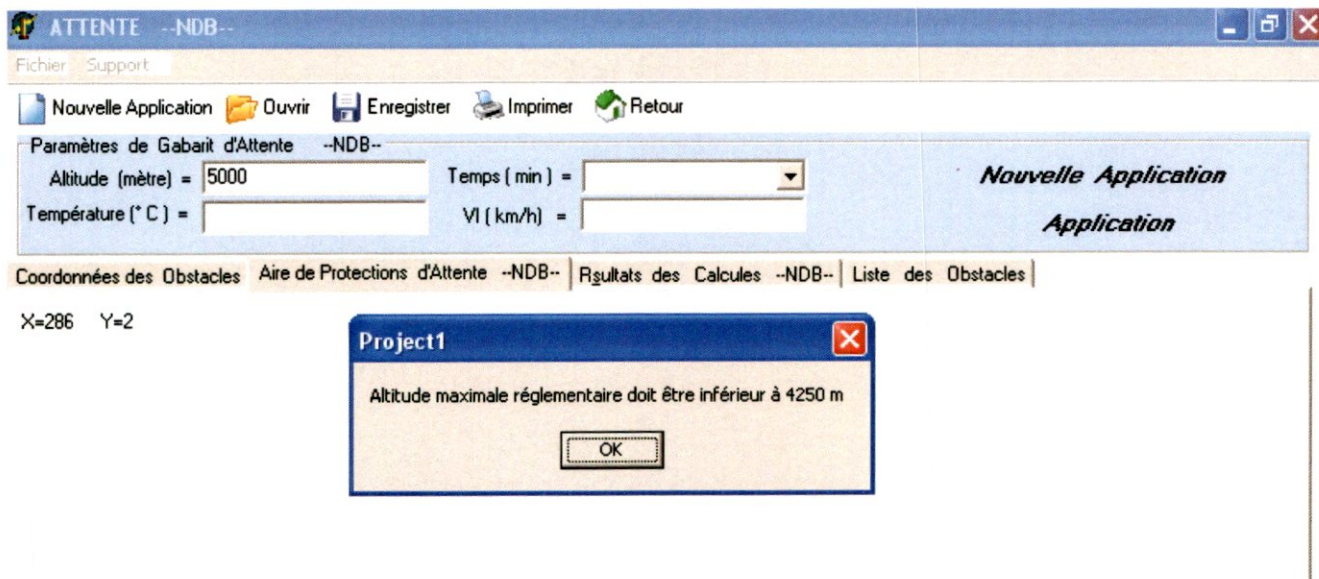


Figure IV-17

IV-7-2 LES LIMITES DE VITESSE

Les limites des vitesses réglementaires pour une procédure d'approche aux instruments sont variables suivant les catégorie d'aéronefs, on va prendre en considération que les catégorie **C**, **D**, **E** utilisées actuellement :

	Limite Inférieur	Limite Supérieur
Catégorie C	295	445
Catégorie D	345	465
Catégorie C	345	465

Tiré du Document **8168** page 3-6.

Par conséquence la vitesse est limitée entre **295 [km / h]** et **465 [km / h]** pour englober les catégories **C**, **D**, **E**.

Si l'utilisateur introduit une valeur supérieure ou inférieur aux limites prescrites, un message d'erreur apparaît (La vitesse Indiquée réglementaire est limité de **295 km / h** à **465 km / h**).

en cliquant sur le bouton « **OK** » le message va disparaître et le curseur revient automatiquement sur la case spécifiée de la vitesse pour la changer avant de continuer l'exécution, voir figure IV-18.

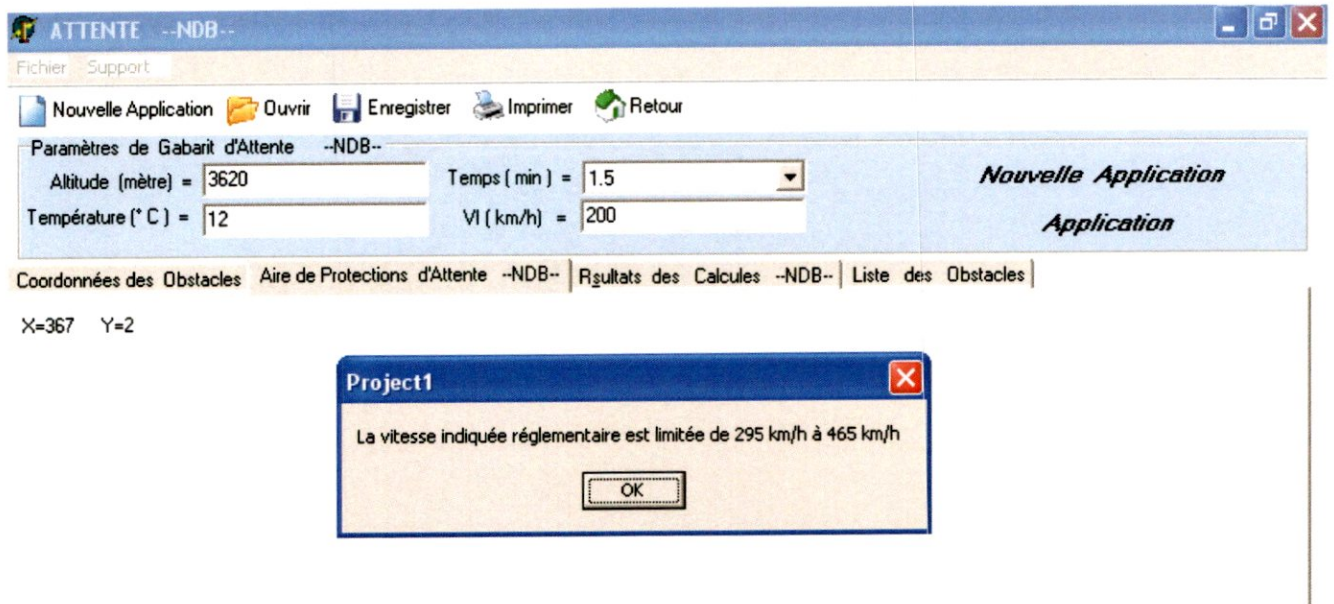


Figure IV-18

IV-7-3 INTRODUCTION DES COORDONNEES

La latitude et la longitude sont calculées en angle, s'expriment en degrés, minutes et secondes. La latitude varie de 0° à l'équateur à 90° N ou S aux pôles. La longitude varie de 0° au méridien d'origine à 90° E ou W.

Chaque degré de latitude et de longitude est divisé en 60 minutes, et chaque minute est divisée en 60 secondes.

Par conséquent le degré de latitude ou de longitude ne doit dépassé 90° , si c'est le cas, le curseur ne va pas sauté à une autre case jusqu'au changement de la valeur introduite par une autre valeur convenable.

Les minutes et les secondes de latitude et de longitude ne doivent pas être supérieurs à 60° , et si c'est le cas, le curseur restera dans cette case jusqu'au changement de cette valeur par une autre valeur convenable.

Note :

Bien que les degrés de latitude soient théoriquement à des distances égales, deux parallèles sont séparés par une distance de **111,7 km**, aussi, deux méridiens séparés par un degré sont à une distance de **111,32 km**.

IV-8 LES APPLICATIONS

Par la suite on va faire une présentation des résultats des applications faites pour chaque type d'aire de protection étudiée.

IV-8-1 ATTENTE --NDB

Les paramètres d'entrée pour cette application sont:

Altitude = 2900 m.

Température = 18° par rapport à la température standard ISA.

Le temps d'éloignement = 1.5 min.

La vitesse indiquées = 411 km/h.

Les coordonnées du moyen NDB :

Latitude : 10° 24' 02'' N

Longitude : 21° 13' 15'' E

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-19.

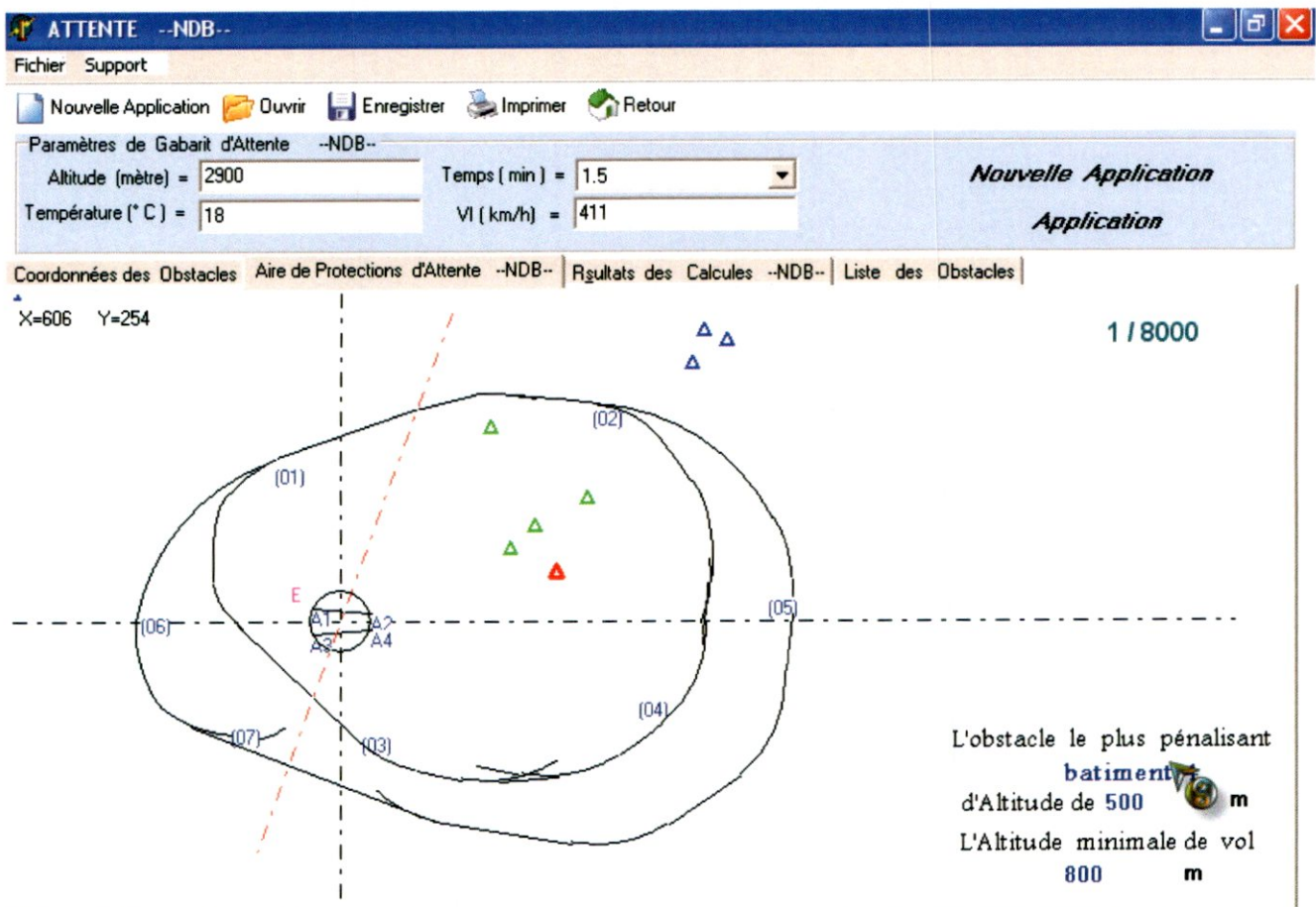


Figure IV-19

L'obstacle le plus pénalisant est **Bâtiment 02** d'altitude de **500 m**.

L'altitude minimale de vol résultant est de **800 m**.

IV-8-2 ATTENTE --VOR

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 3120 m.

Température = 14° par rapport à la température standard ISA.

Le temps d'éloignement = 1 min.

La vitesse indiquées = 349 km/h.

Les coordonnées du moyen VOR :

Latitude : 32° 34' 06'' S

Longitude : 01° 13' 08'' E

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-20

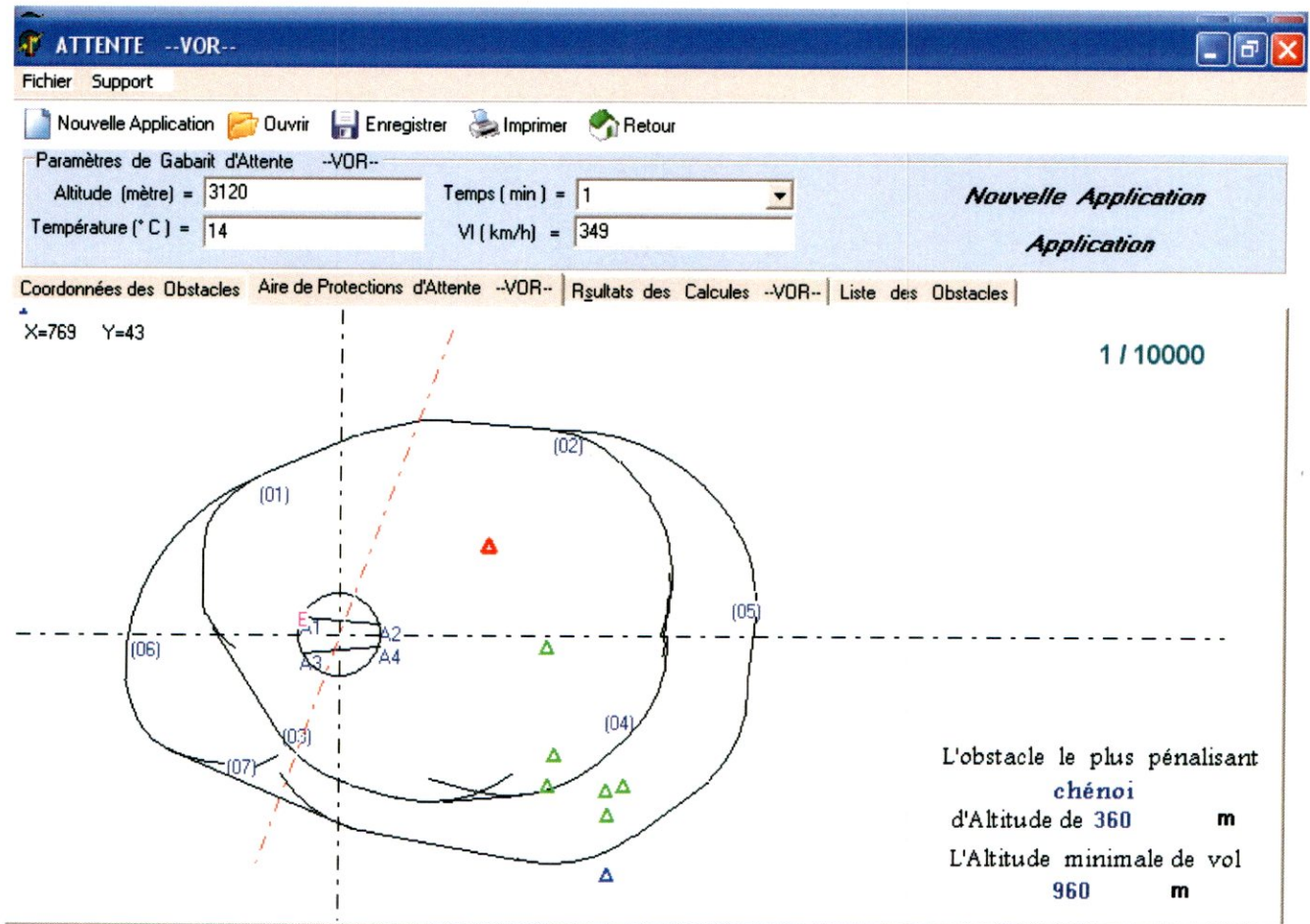


Figure IV-20

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Chénoi** d'altitude de **360 m**.

L'altitude minimale de vol résultant est de **960 m**.

IV-8-3 VIRAGE DE BASE --NDB

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 4100 m.

Température = 12° par rapport à la température standard ISA.

Le temps d'éloignement = 2.5 min.

La vitesse indiquées = 320 km/h.

Les coordonnées du moyen NDB :

Latitude : 00° 34' 06'' N

Longitude : 23° 19' 04'' W

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-21.

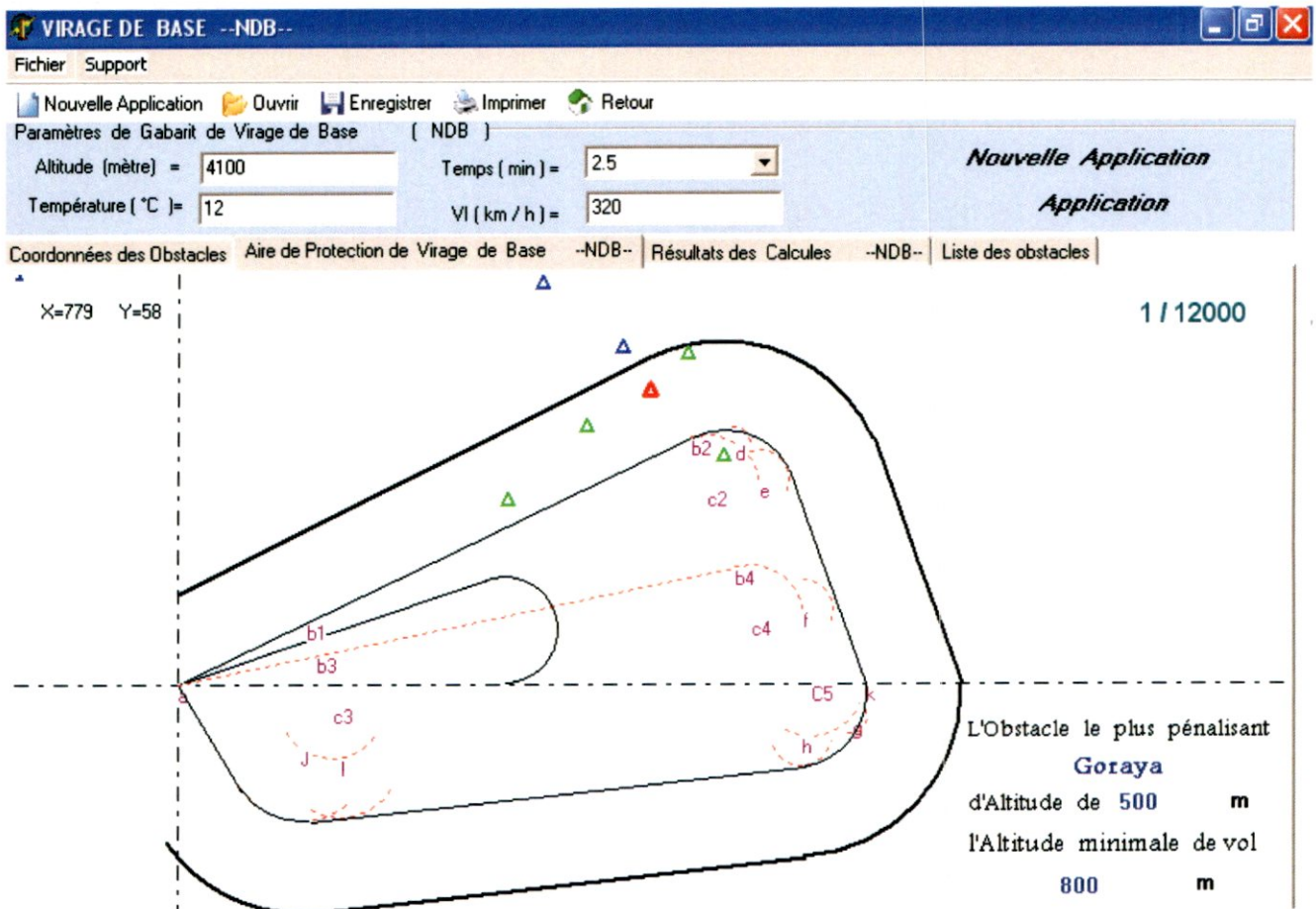


Figure IV-21

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Goraya** d'altitude de **500 m**.

L'altitude minimale de vol résultant est de **800 m**.

IV-8-4 VIRAGE DE BASE --VOR

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 3700 m.

Température = 21° par rapport à la température standard ISA.

Le temps d'éloignement = 2 min.

La vitesse indiquées = 356 km/h.

Les coordonnées du moyen VOR :

Latitude : 12° 25' 16'' N

Longitude : 36° 10' 00'' W

Marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-22.

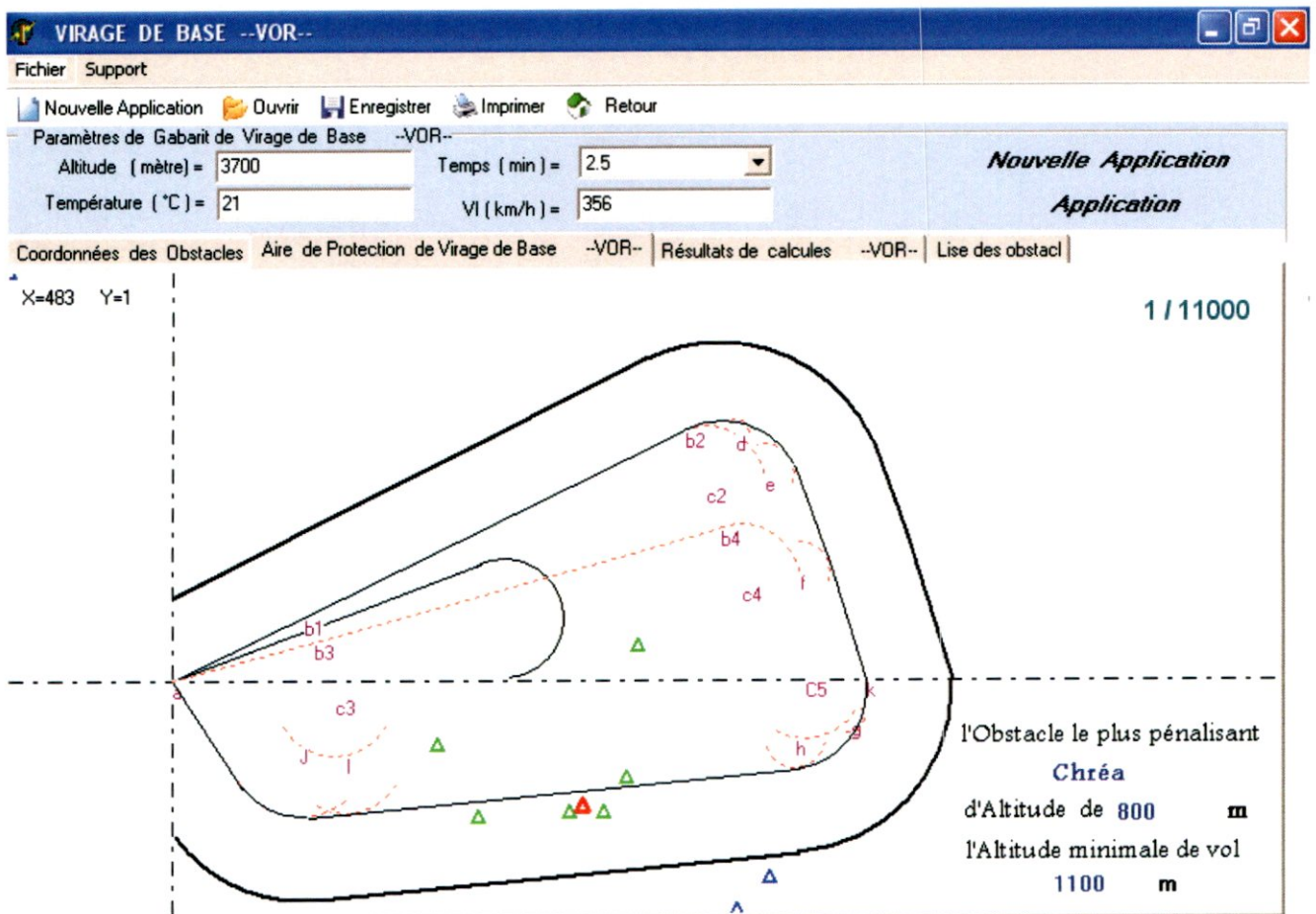


Figure IV-22

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Chréa** d'altitude de **800 m**.

L'altitude minimale de vol résultant est de **1100 m**.

IV-8-5 VIRAGE CONVENTIONNEL 45° / 180° --NDB

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 3200 m.

Température = 25° par rapport à la température standard ISA.

Le temps d'éloignement = 90 s.

La vitesse indiquées = 380 km/h.

Les coordonnées du moyen NDB :

Latitude : 30° 04' 00'' N

Longitude : 02° 45' 25'' W

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-23.

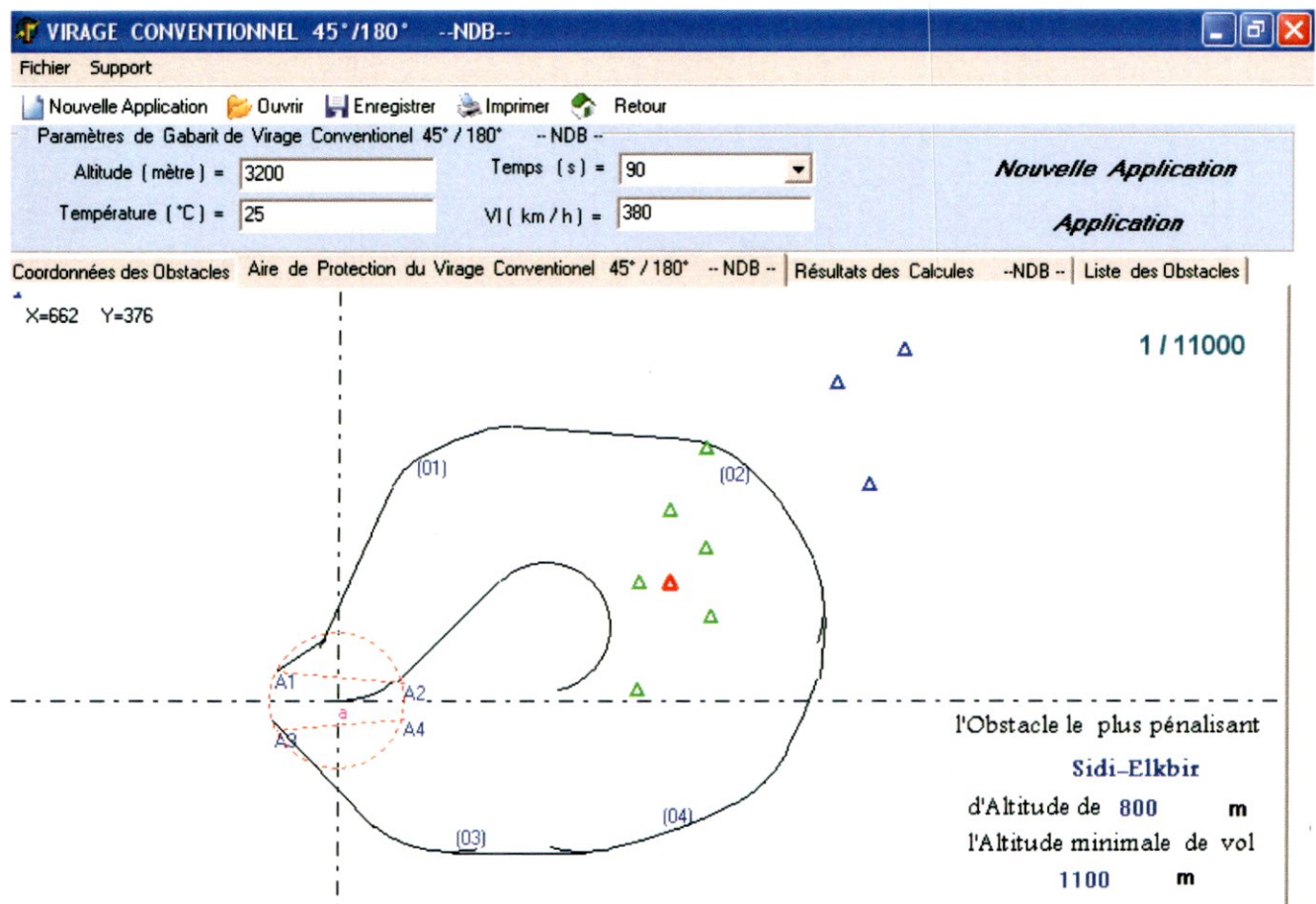


Figure IV-23

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Sidi-Elkbir** d'altitude de **800 m**.

L'altitude minimale de vol résultant est de **1100 m**.

IV-8-6 VIRAGE CONVENTIONNEL 45° / 180° --VOR

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 3890 m.

Température = 11° par rapport à la température standard ISA.

Le temps d'éloignement = 90 s.

La vitesse indiquées = 410 km/h.

Les coordonnées du moyen VOR :

Latitude : 09° 29' 10'' S

Longitude : 24° 10' 02'' W

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-24.

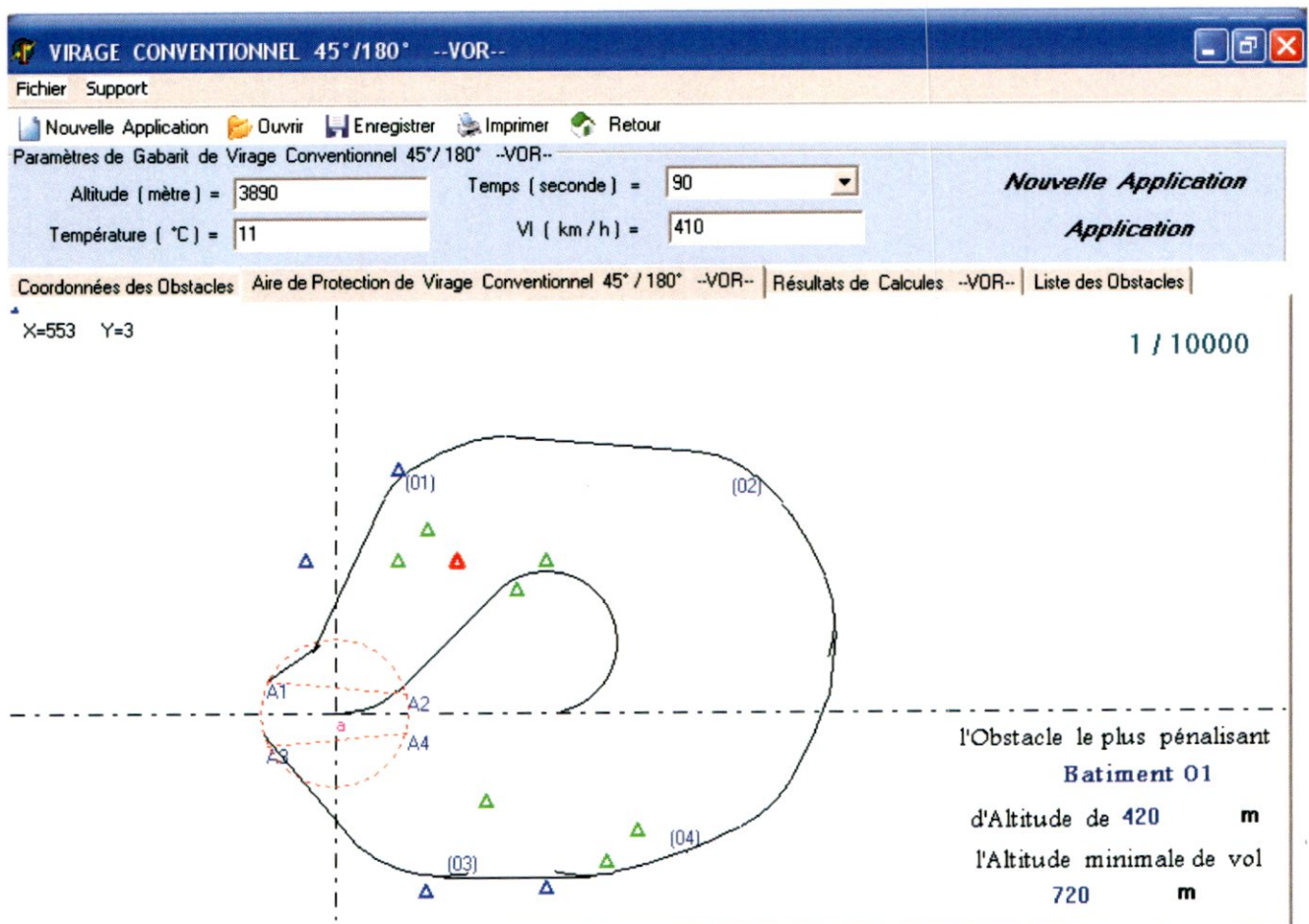


Figure IV-24

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Bâtiment 01** d'altitude de **420 m**.

L'altitude minimale de vol résultant est de **720 m**.

IV-8-7 VIRAGE CONVENTIONNEL 80° / 260° --NDB

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 3100 m.

Température = 12° par rapport à la température standard ISA.

La vitesse indiquées = 400 km/h.

Les coordonnées du moyen NDB :

Latitude : 18° 32' 09'' N

Longitude : 05° 20' 00'' W

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-25.

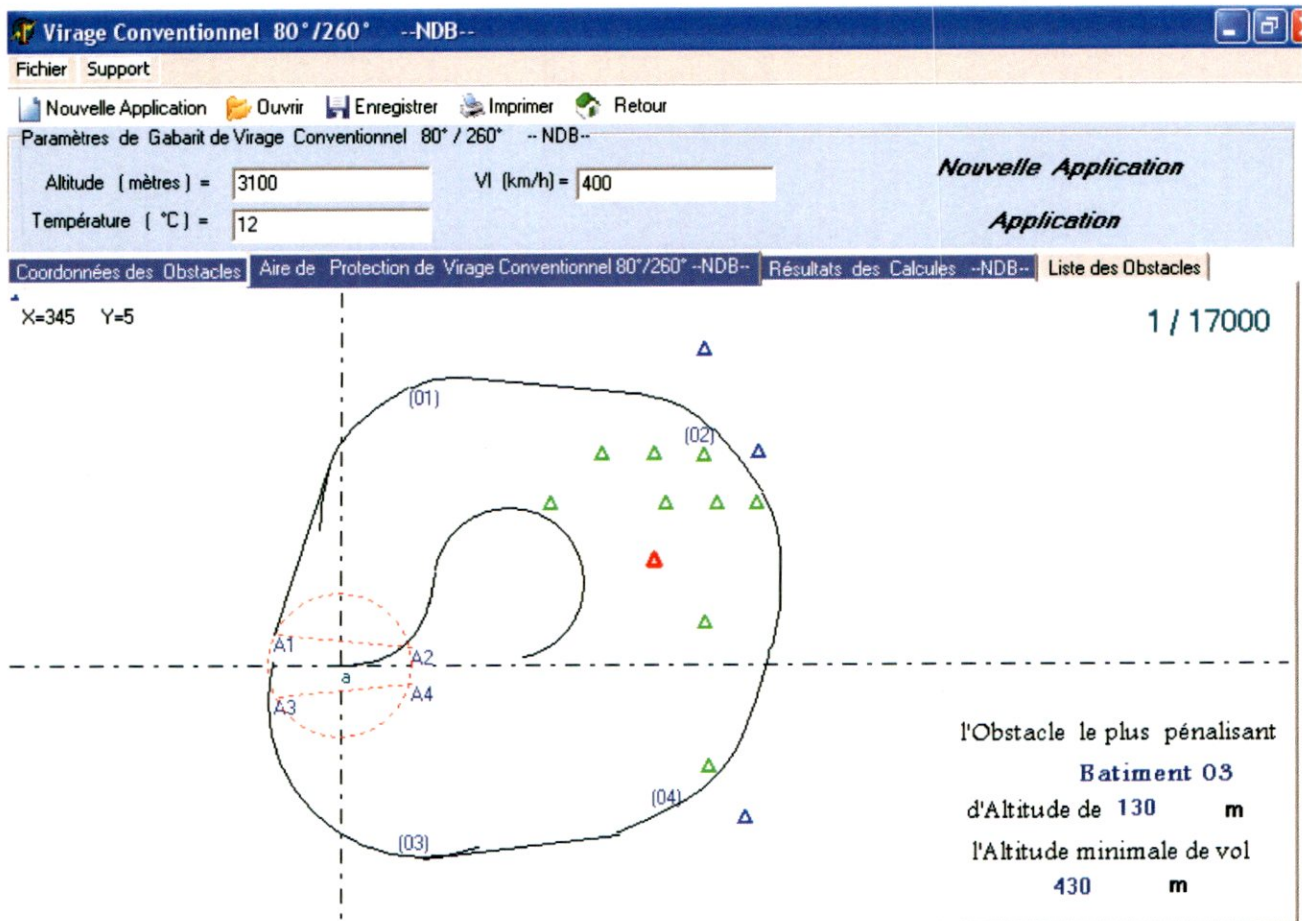


Figure IV-25

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Bâtiment 03** d'altitude de **130 m**.
L'altitude minimale de vol résultant est de **430 m**.

IV-8-8 VIRAGE CONVENTIONNEL 80° / 260° --VOR

Les paramètres d'entrée pour cette application sont :

Altitude = 3600 m.

Température = 12° par rapport à la température standard ISA.

La vitesse indiquées = 360 km/h.

Les coordonnées du moyen VOR :

Latitude : 22° 01' 01'' N

Longitude : 26° 48' 10'' E

La marge de franchissement d'obstacle = 300 m.

Après avoir introduit la liste des obstacles, voir figure IV-26.

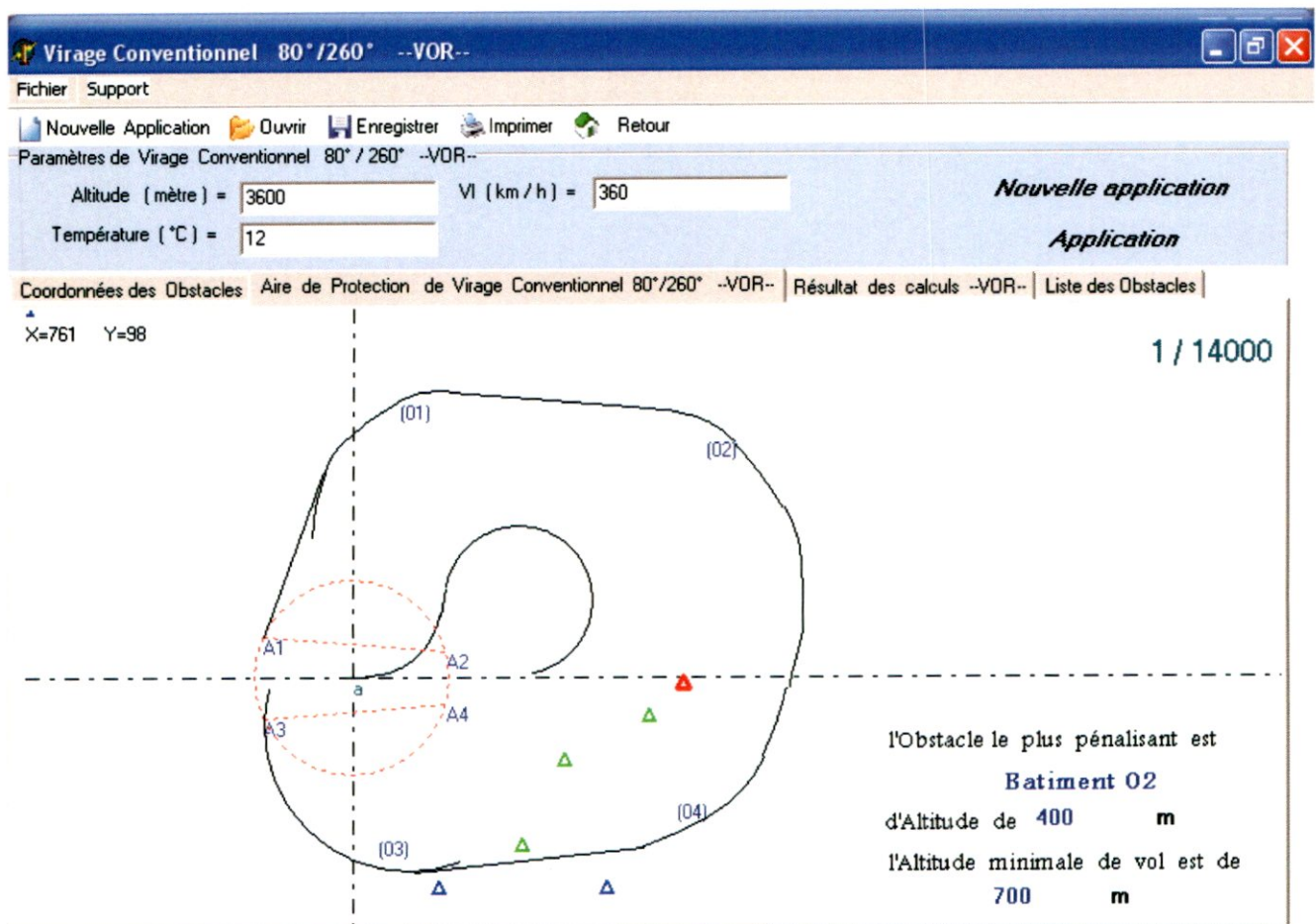


Figure IV-26

L'obstacle le plus pénalisant est Montagne : **Bâtiment 02** d'altitude de **400 m**.
L'altitude minimale de vol résultant est de **700 m**.

Conclusion

La réalisation de ce projet de fin d'étude permet d'automatiser le PANS-OPS tout en assurant :

- L'amélioration du temps de réalisation. Ce temps représente la durée d'un click sur le bouton « **application** ».
- La suppression des erreurs qui peuvent être dus aux erreurs de calcul manuel.
- Une précision maximale des tracés.

Ce logiciel après une période de validation sera utilisé par les services de l'ENNA pour la partie tracé des aires d'attente, des hippodromes et des inversions et ainsi que la partie calcul des altitudes minimales par rapport aux obstacles identifiés dans ces aires.

Abréviations

ATC	Contrôle de la circulation aérienne
ATT	Tolérance d'écart longitudinal
AZM	Azimut
CAT	Catégories
DME	Dispositif de mesure de distance
FAF	Repère d'approche finale
FAP	Point d'approche finale
FAWP	Point de cheminement d'approche finale
FTT	Tolérance technique de vol
GP	Alignement de descente
IAF	Repère d'approche initiale
IAWP	Point de cheminement d'approche initiale
IF	Repère d'approche intermédiaire
IFR	Repère 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
MAPt	Point d'approche interrompue
MDA/H	Altitude / hauteur minimale de descente
MOC	Marge minimale de franchissement d'obstacle
MSA	Altitude minimale de secteur
MSL	Niveau moyen de la mer
NDB	Radiophare non directionnel
NPA	Approche classique
OCA/H	Altitude / hauteur de franchissement d'obstacle
PANS-OPS	Procédure For Aire Navigation Service – Aircraft Opérations
R	Taux de virage
SI	Système international d'unité
TP	Point de virage
VI	Vitesse indiquée
VOR	Radiophare omnidirectionnel
W	Vitesse vraie

Définitions

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 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'aérodrome, selon le cas, utilisée pour respecter les critères appropriés de franchissement d'obstacles.

Note : pour facilité, lorsque les deux expressions sont utilisés, elles peuvent être écrites sous forme « Altitude / Hauteur de franchissement d'obstacles » et abrégées « OCA / H ».

Altitude minimale de secteur

Altitude la plus basse qui puisse être utilisée et qui assurera une marge minimale de franchissement de 300m (1000 ft) au-dessus de tous les objets situés dans un secteur de 46 km (25 NM) 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 de franchissement de 300 m (1000 ft) ou, dans une région montagneuse désignée de 600 m (2000 ft) au-dessus de tous les obstacles situés dans la zone spécifiée, arrondie par excès au multiple de 30 m (100 ft) le plus proche.

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

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.

Note : 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 1013.25 hpa, peut être utilisé pour indiquer des niveaux de vol.

Annexe 01

Dans l'annexe 01 on donne les facteurs de conversion des vitesses indiquées en vitesses vraies pour des altitudes allant de 0 à 7500 m et des température allant de ISA-30°C à ISA+30°C .

Altitude (mètres)	FACTEUR DE CONVERSION							
	ISA- 30°	ISA- 20°	ISA- 10°	ISA	ISA+10°	ISA+15°	ISA+20°	ISA+30°
0.	0.9465	0.9647	0.9825	1.0000	1.0172	1.0257	1.0341	1.0508
500.0	0.9690	0.9878	1.0063	1.0244	1.0423	1.0511	1.0598	1.00770
1000.0	0.9922	1.0118	1.0309	1.0497	1.0682	1.0774	1.0864	1.1043
1500.0	1.0163	1.0366	1.0565	1.0760	1.0952	1.1046	1.1140	1.1325
2000.0	1.0413	1.0623	1.0830	1.1032	1.1231	1.1329	1.1426	1.1618
2500.0	1.0672	1.0890	1.1105	1.1315	1.1521	1.1623	1.1724	1.1923
3000.0	1.0940	1.1167	1.1390	1.1608	1.1822	1.1928	1.2032	1.2239
3500.0	1.1219	1.1455	1.1686	1.1912	1.2135	1.2245	1.2353	1.2568
4000.0	1.1507	1.1753	1.1993	1.2229	1.2460	1.2574	1.2687	1.2910
4500.0	1.1807	1.2063	1.2313	1.2558	1.2798	1.2917	1.3034	1.3266
5000.0	1.2119	1.2385	1.2645	1.2900	1.3150	1.3273	1.3395	1.3636
5500.0	1.2443	1.2720	1.2991	1.3256	1.3516	1.3644	1.3771	1.4022
6000.0	1.2779	1.3068	1.3350	1.3627	1.3697	1.4031	1.4163	1.4424
6500.0	1.3130	1.3430	1.3725	1.4013	1.4295	1.4434	1.4572	1.4843
7000.0	1.3494	1.3808	1.4115	1.4415	1.4709	1.4854	1.4998	1.5281
7500.0	1.3873	1.4201	1.4521	1.4835	1.5141	1.5292	1.5442	1.5737

Pour les valeurs qui ne figurent pas dans la table, on utilise la formule suivante :

$$TAS = IAS * 171233 * [(288 \pm VAR) - 0.006496.H]^{0.5} / (288 - 0.006496.H)^{2.628}$$

Avec VAR : différence du température par rapport à ISA en degré C.

H : altitude en mètres.

Bibliographie

Doc. 8168 : OPS 611 PANS : Exploitation technique des aéronefs Volume II
Construction des procédures VFR IFR. Troisième édition 1986. Réf : OACI.

Doc 8400 : Abréviations et codes de l'OACI. Réf : OACI.

Doc.9371-AN : Manuel des gabarits pour les procédures d'attente, d'inversion et
en Hippodrome. Réf : OACI.

Manuel d'aide à la conception des procédures de vol : ENAC-PANS-OPS

Le programmeur Delphi 4 : Kent Reidorph.

AIP Algérie

Les sites:

www.enna.dz

<http://www.enna.dz/>

<http://www.enna.dz/statut.htm>

<http://www.enna.dz/Projets.htm>

<http://www.enna.dz/organisation.htm>

www.sia-enna.dz

<http://www.sia-enna.dz>