

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



UNIVERSITE DE BLIDA SAAD DAHLEB
INSTITUT D'AERONAUTIQUE DE BLIDA

Option : Opération aérienne



THEME

*Réalisation d'un outil automatique
pour l'évaluation des OAS*

Elaboré par :

CHENNAOUI NAZIM

Dirigé par :

Mr. A.DJATOUF.
Mr. DREUCHE.

-----Année 2005/2006-----

Remerciement

Au terme de ce modeste travail je tiens tout d'abord à remercier infiniment notre dieu tout puissant pour l'aide qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce travail.

Je présente mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon promoteur Mr DJATOUF et mon co-promoteur Mr DREOUCHE pour m'avoir encadré, pour leurs précieux conseils et leurs aides malgré leurs lourdes charges durant mon travail.

Je présente mes vifs remerciements aux personnes travaillant dans l'établissement national de la navigation aérienne (ENNA).

Je tiens à remercier aussi Djallal responsable de la salle de navigation pour son aide et sympathie.

Arriver a ce stade de ma formation, je remercie tous les professeurs de l'institut d'aéronautique de Blida.

Je remercie toutes personnes ayant participé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Merci

DEDICACES

Je tiens à dédier ce modeste travail

A mes cher parents qui mon aidé et soutenu tout au long de mes études.

A mes deux sœurs.

A tous mes amis.

NAZIM

Résumé

Actuellement la méthode utilisée pour l'évaluation des obstacles dans le segment de précision à savoir les surfaces OAS (obstacle assesement surface) se fait manuellement. Ce si engendre un temps considerable et des erreurs qui peuvent être dues aux erreurs de calculs manuelles, ainsi que le manque de précision au niveau des tracés.

Afin d'optimiser le temps d'évaluations d'obstacles et d'assurer une meilleur précision il est apparut nécessaire d'automatiser la méthode de calculs et de tracés

Sommaire

Introduction.....	1
I.1-Présentation de l'ENNA.....	5
I.2-Les missions de l'ENNA.....	6
I.3-L'organisation de l'ENNA	7
I.3.1-Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA.....	7
I.3.2-Département de la Circulation Aérienne (DCA).....	8
I.3.2.1-Le Service Etude et Développement (SED).....	9
I.3.2.2-Le Service Contrôle et Coordination(SCC).....	9
I.3.2.3-Service Qualification (SQ).....	10
II.1-Généralités :.....	12
II.1.1-Segment d'approche finale	12
II.1.2-Segment d'approche interrompue.....	13
II.1.2.1- Phase du segment d'approche interrompue	13
II.1.2.1.1-Phase initial.....	14
II.1.2.1.2-Phase intermédiaire	15
II.1.2.1.3-Phase finale.....	15
II.1.2.1.4-Pente de montée de la phase d'approche interrompue.....	15
II.2-Origine du segment de précision.....	16
II.3- Repère de radio borne extérieure	16
II.4-Repère de mise en descente	16
II.5-point d'approche interrompue	16
II.6-Fin du segment de précision	17
II.7-Altitude / Hauteur de franchissement d'obstacles.....	17
II.8-première méthode: surface ILS de base (OFZ).....	18
II.9-Deuxième méthode : surface d'évaluation d'obstacles (OAS).....	20
II.10-Troisième méthode : Collision Risk Model (CRM).....	22
II.10.1- Données d'entrées	22
II.10.2-Résultat de sortie et emploi	23
II.10.3-Détermination de l'OCA/H	24

III.1-Système de coordonnées des obstacles.....	26
III.2- Les constantes OAS	27
III.3 - Calcul des hauteurs OAS	29
III.4- Construction du gabarit des OAS	29
III.5- Correction des constantes	33
III.5.1- Dimensions des aéronefs	33
III.5.2-Hauteur du point de repère ILS (RDH).....	34
III.5.3- Radiophares d'alignement	34
III.5.4 - Emploi du pilote automatique (à couplage automatique) pour l'exploitation de catégorie II	35
III.5.5- Pente d'approche interrompue	35
III.6- Détermination de l'OCA/H	36
III.6.1-Calcul des valeurs de l'OCA/H	36
III.6.2.1-Emploi du tableau de marge de perte de hauteur / erreur altimétrique	39
IV.1-Langage de programmation.....	45
IV.2-La description du logiciel	46
IV.2.1-Données d'entrée	46
IV.2.2-Données de sortie	47
IV.2.3-La structure du programme	47
IV.2.4-L'organigramme du logiciel.....	48
IV.3- Le fonctionnement du logiciel.....	49
IV.3.1-Les différentes parties constituant le logiciel	49
IV.3.2-Menu principal.....	50
IV.3.2.1-Menu Projet	50
IV.3.2.2-Menu Fermer	56
IV.3.2.3-Menu Aide	56
Conclusion.....	58
Abréviations.....	61
Définitions	64
Bibliographie	66

Introduction

Introduction :

Très tôt après les premiers vols, les pilotes ont cherché à repousser leurs limites par mauvaises conditions météorologiques. Le développement des vols commerciaux, d'abord de courrier, puis de fret et de passagers, les y ont poussé. C'est pour cela qu'une connaissance de l'environnement autour de l'aérodrome est impérative pour un atterrissage en toute sécurité.

La mauvaise visibilité ainsi que les reliefs qui peuvent exister ont rendu primordial l'étude du segment de précision dans cette phase, en modélisant simultanément, la finale en vue de l'atterrissage et les phases initiales et intermédiaires de l'approche interrompue.

Cette étude doit répondre aux principaux besoins de l'exploitation, qui consiste à :

- ♣ Simplifier la procédure d'atterrissage aux instruments, de manière à ce que la charge du pilote soit de moins en moins lourde.
- ♣ Assurer la sécurité de l'aéronef lors de son exécution de cette procédure vis-à-vis de l'entourage autour de l'aérodrome.
- ♣ Etablir une procédure d'atterrissage simple, sécurisante et facile à réaliser.

C'est pour cela qu'on a construit des surfaces qui protègent l'aéronef en phase d'atterrissage, parmi elles il y a les surfaces d'évaluations d'obstacles OAS : Obstacle Assessment Surface, elles sont fondées sur l'application des méthodes basées sur des formules mathématiques. Malheureusement elle présente plusieurs contraintes comme :

- ♠ Des calculs répétitifs laborieux.
- ♠ Une longue durée de réalisation.
- ♠ Des équations mathématiques compliquées.
- ♠ Et des résultats non optimisés.

Dans certains cas pratiques, ces contraintes peuvent entraîner des incidents graves compromettants ainsi la sécurité d'aéronef, des passagers et même des riverains qui vivent à proximité de l'aérodrome.

C'est en voulant améliorer les résultats obtenus pour une protection optimale, qu'il a été décidé de lancer ce projet qui consiste à la conception d'un outil informatique d'aide à l'évaluation des obstacles pour les services de la navigation aérienne.

A fin de mener à bien ce projet , il convient tout d'abord de présenter le cadre d'étude (chapitre I), nous passons ensuite à une description générale des différentes étapes de segment de précision (chapitre II), les constructions manuelles du gabarit OAS et les méthodes d'évaluation d'obstacles (chapitre III), et enfin nous terminons par une description générale et structurelle du logiciel qu'on a développé et qu'on juge utile pour l'élimination des contraintes et la rapidité d'utilisation (chapitre IV).

CHAPITRE I

*PRÉSENTATION DE
L'ENTREPRISE*

I. I.1 Présentation de l'ENNA

L'Établissement National de la Navigation Aérienne, (E.N.N.A.) est un établissement qui assure le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'état, placé sous la tutelle du Ministère des Transports et a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. Il est chargé en outre du contrôle et du suivi des appareils en vol ainsi que de la sécurité aérienne.

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne, l'E.N.N.A collabore avec des institutions nationales et internationales :

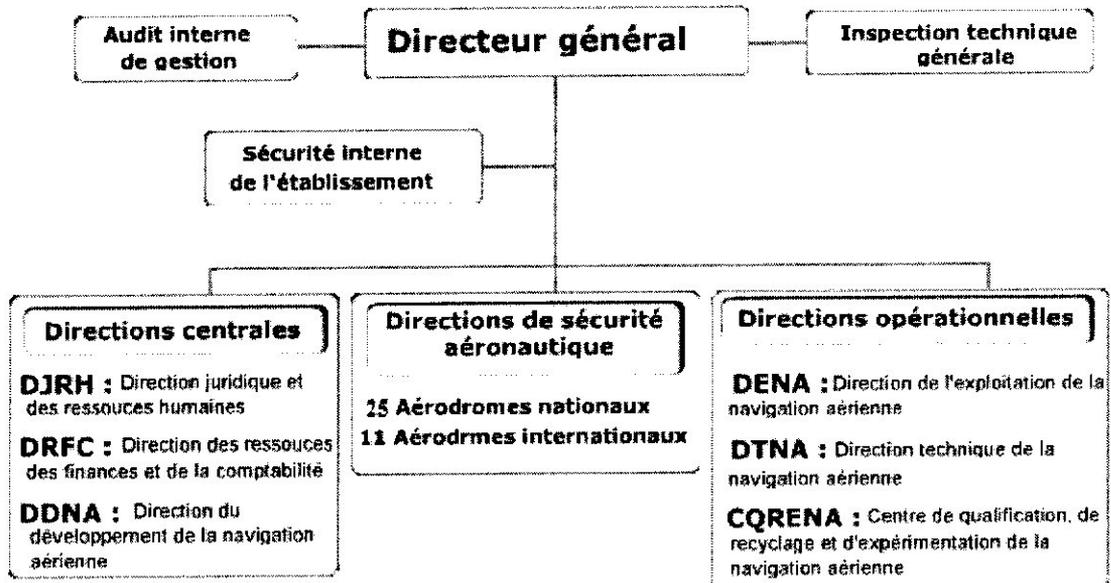
- ❖ Ministère du transport ;
- ❖ Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) ;
- ❖ AEFMP: organisation régionale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc et le Portugal ;
- ❖ ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar ;
- ❖ EUROCONTROL: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

II. I.2 Les missions de l'ENNA

Les principales missions de l'Etablissement :

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

I.3 L'organisation de l'ENNA

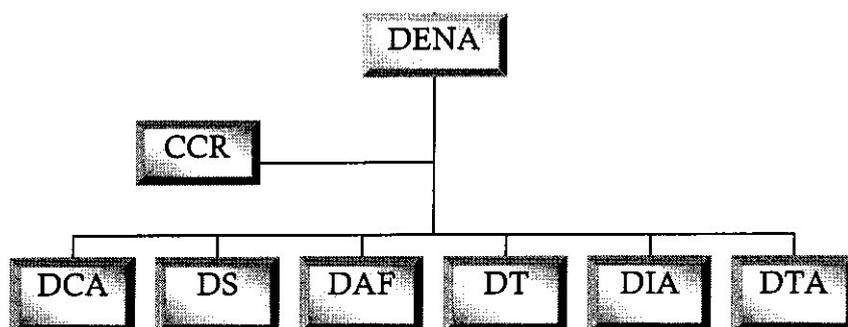


I.3.1 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne DENA

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

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

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



DCA : Département de la Circulation Aérienne

DS : Département Système

DAF : Département Administration et Finances

DT : Département Technique

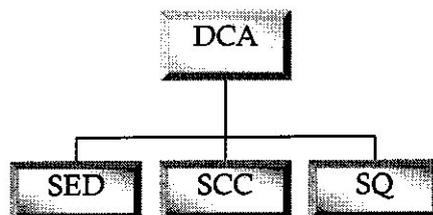
DIA : Département Informations Aéronautiques

DT A : Département Télécommunications Aéronautiques

CCR : Centre de Contrôle Régional

I.3.2 Département de la Circulation Aérienne (DCA)

Le Département de la Circulation Aérienne, est chargé du contrôle et de la coordination des différents aéroports 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 trois services :



SED : Service Etude et Développement

SCC : Service Contrôle et Coordination

SQ : Service Qualification

1.3.2.1 Le Service Etude et Développement (SED) qui a pour tâche :

- ❖ Etude et élaboration des schémas de la circulation aérienne ;
- ❖ Etude et élaboration des plans de servitudes aéronautique de dégagements;
- ❖ La conception des procédures de départ (SID : Standart Instrument Departure), d'arrivée (STAR: Standart ArrivaI), d'approche initiale, finale et d'approche à vue ;
- ❖ Etude et élaboration des routes ATS ;
- ❖ Traitement les données statistiques de trafic aérien pour les besoins d'études.

1.3.2.2 Le Service Contrôle et Coordination (SCC) qui est tenu :

De maintenir à jour le fichier informatisé concernant l'état de tout les aérodromes sur le territoire national; d'analyser les anomalies d'exploitations relatives aux incidents, accidents concernant les aéronefs et leurs équipages. Ce service veille à l'application des normes OACI, il est également chargé d'autres missions relatives à l'exploitation des aérodromes confiés par la D.E.N.A.

I.3.2.3 Service Qualification (SQ) est tenu :

De maintenir à jour le fichier du personnel de la circulation aérienne sur tout le territoire national, il gère le profil de carrière de ce personnel et veille à la mise en place d'une politique de formation et de recyclage.

Chapitre II

Approche de précision

II.1 Généralités :

Le segment de précision pour un ILS est aligné sur l'axe du radioalignement de piste et contient la descente finale en vue de l'atterrissage, ainsi que les phases initiale et intermédiaire de l'approche interrompue.

Dans ce segment de précision des procédures d'approche aux instruments sont effectuées, ces dernières reposent sur les hypothèses normalisées suivantes :

- ♣ Dimensions des aéronefs : demi envergures **30m** au maximum, distance verticale entre la trajectoire des roues et l'antenne de radioalignement de descente **6m** au maximum.
- ♣ Catégorie II d'aéronef avec directeur de vol.
- ♣ Pente de montée à l'approche interrompue **2.5 %**.
- ♣ Longueur du secteur ILS **210m** au seuil.
- ♣ Angle d'alignement de descente qui sera optimum pour **3.0°**.
- ♣ Hauteur de point de repère ILS **15m** soit **49ft**.
- ♣ Toutes les hauteurs des obstacles sont rapportées à l'altitude du seuil.

II.1.1 – Segment d'approche finale :

Il s'agit du segment dans lequel sont exécutés l'alignement et la descente en vue de l'atterrissage. La partie instrument du segment d'approche finale commence au repère d'approche finale et se termine au point d'approche interrompue (MAPt).

L'approche finale peut être exécutée vers un atterrissage en ligne droite ou vers un aérodrome pour une approche indirecte. Le segment d'approche finale devrait dans la mesure du possible être aligné sur une piste. Un guidage sur trajectoire sera assuré pour la partie instrument du segment d'approche finale.

La pente de descente est optimale pour un angle de **3.0 %** et minimale pour un angle de **2.5%**, l'utilisation de pente de descente plus inclinée que la pente optimale devrait être le dernier recours lorsque tous les autres moyens d'éviter un obstacle auraient échoué, car de telles pentes de descente peuvent entraîner des vitesses verticale de descente qui dépassent les limites recommandées pour certains aéronefs en approche finale, la pente de descente sera donc maximale pour la catégorie I de **3.5%** et pour la catégorie II et III elle sera de **3%**.

II.1.2- Segment d'approche interrompue :

Une procédure d'approche interrompue sera établie pour chaque approche aux instruments et stipulera un point auquel la procédure commence et un point auquel elle finit.

On admet que la procédure d'approche interrompue est amorcée à l'OCH et prendra fin à une altitude hauteur suffisante pour permettre :

- a) l'amorce d'une autre approche ; ou
- b) le retour à un circuit d'attente désigné ; ou
- c) la reprise du vol en croisière.

II.1.2.1 Phase du segment d'approche interrompue :

La procédure d'approche interrompue comprend en principe les phases initiale, intermédiaire et finale du segment d'approche interrompue (figure II.1):

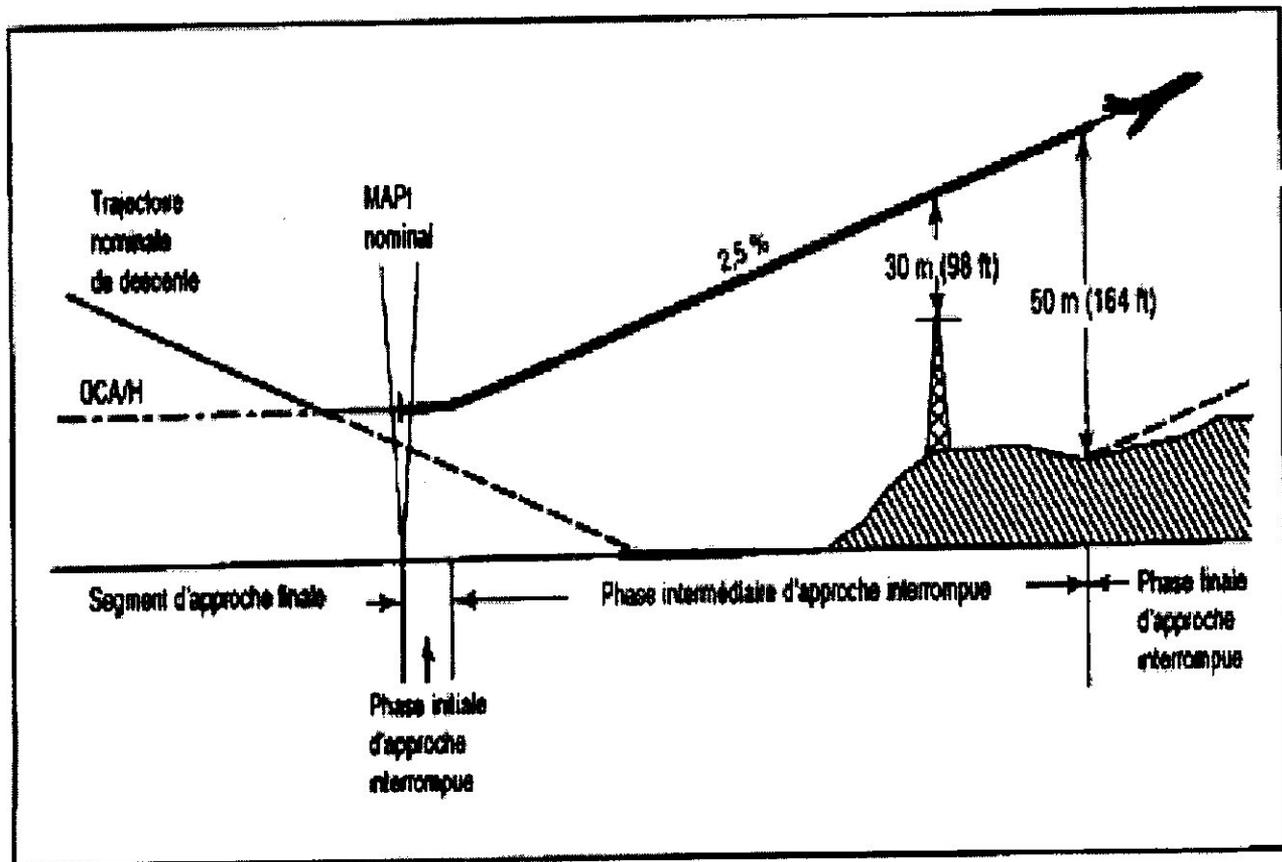


Figure (II.1) Phase d'approche interrompue.

II.1.2.1.1- Phase initiale :

La phase initiale commence au point d'approche interrompue (**MAPt**) et se termine au point de début de montée (**SOC**). Elle comporte une tolérance longitudinale applicable sur toute la largeur de l'aire d'approche interrompue pour tenir compte :

- a) De la tolérance longitudinale du **MAPt**.
- b) De la distance parcourue par l'avion pendant les 15s de transition entre l'approche et la montée d'approche interrompue ;
- c) Du vent arrière.

Pendant cette phase la manœuvre nécessite l'attention concentrée du pilote, surtout pour l'amorce de la remontée et les changements de configuration, on suppose que l'équipement de guidage ne peut pas être pleinement utilisé au cours de ces manœuvres en outre aucune disposition visant à modifier la direction du vol n'est acceptable.

II.1.2.1.2 – Phase intermédiaire :

La phase intermédiaire est la phase au cours de laquelle la montée se produit en régime stabilisé jusqu'au premier point où l'on obtient une marge de franchissement d'obstacle de **50m (164ft)** et où l'on peut maintenir cette marge.

Pendant la phase intermédiaire la trajectoire d'approche interrompue ne peut être modifiée de plus de **15°** par rapport à ce qu'elle était dans la phase initiale.

II.1.2.1.3 – phase finale :

La phase finale commence au premier point où l'on obtient une marge de franchissement d'obstacle de **50m (164ft)** et où l'on peut maintenir cette marge.

Elle se poursuit jusqu'au point où une nouvelle approche, une attente ou la reprise du vol de croisière est amorcée. On peut exécuter des virages pendant cette phase.

II.1.2.1.4 Pente de montée de la phase d'approche interrompue :

Pour la pente de montée nominale de surface d'approche interrompue de **2.5%**, on peut utiliser une pente de **2%** si le levé nécessaire a été effectué, les précautions nécessaires étant prises, et avec l'approbation de l'autorité compétente, ou des pentes de **3%, 4% et 5%** pour les aéronefs dont les performances de montée permettent d'obtenir ainsi un avantage opérationnel.

Lorsqu'on utilise une pente autre que la pente nominale dans la construction de la procédure d'approche interrompue, cette dérogation doit être indiquée sur la carte d'approche aux instruments, et l'OCA/H applicable à la pente nominale doit également être indiquée en plus de l'OCA/H pour la pente choisie.

II.2 Origine du segment de précision :

Le segment de précision commence au point d'approche finale (FAP), ce point est l'intersection du radioalignement de descente nominal et d'une altitude minimale bien spécifier , il ne devrait pas être situer en principe à plus de **19km** soit **10 NM** avant le seuil.

II.3 : Repère de radio borne extérieure :

Un repère de radio borne extérieure ou **DME** est nécessaire pour permettre la comparaison entre l'alignement de descente indiqué et les indications de l'altimètre de bord.

La tolérance du repère de radio borne extérieur ne dépassera pas **0.9km** soit **0.5NM**.

II.4 : Repère de mise en descente :

Un repère de mise en descente peut être implanté au point d'approche finale (FAP), il ne devrait pas en principe être située à plus de **19 km** soit **10NM** avant le seuil avec une tolérance maximale de **0.9 km** soit **0.5NM**.

II.5 : point d'approche interrompue :

Le point d'approche interrompue est définie par l'intersection de l'alignement de descente nominale et de l'altitude /hauteur de décision (D/H).

II.6 : Fin du segment de précision :

Le segment de précision se termine en principe au point où commence la phase finale d'approche interrompue ou à une hauteur de 300m au dessus du seuil et il peut se terminer aussi au point de virage .

Voici un schéma récapitulatif du segment de précision représenté dans la figure (II.2)

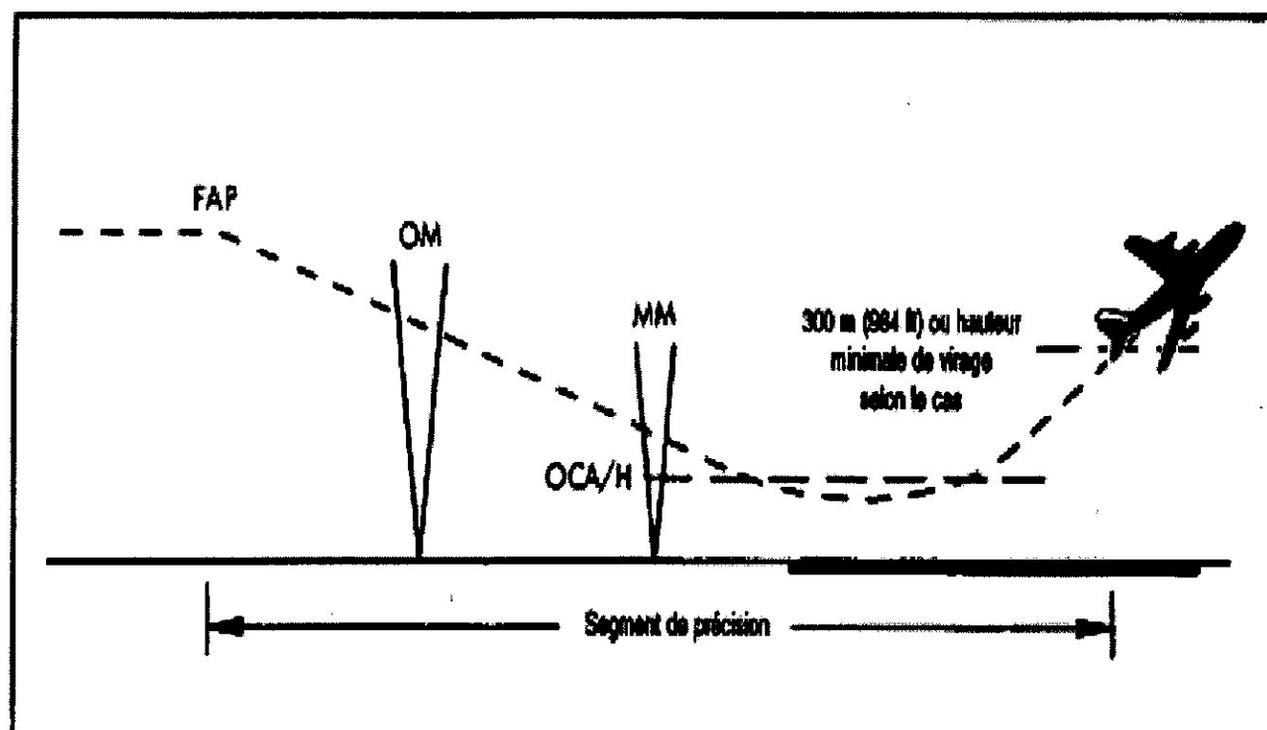


Figure (II.2) : Segment de précision.

II.7 Altitude / Hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H):

Définition :

C'est l'altitude/hauteur la plus basse au dessus de l'altitude du seuil de piste, en cause ou au dessus de l'altitude de l'aérodrome, selon le cas, on utilise pour respecter les critères appropriés de franchissement d'obstacle.

Les valeurs de l'OCA/H ont été conçues en vue d'un objectif général de sécurité comportant un risque de collision avec des obstacles égaux à $1 * 10^{-7}$ soit 1 sur 10 millions, elles sont l'un des facteurs importants dont l'exploitant doit tenir compte pour déterminer la hauteur de décision.

Pour calculer l'altitude /hauteur de franchissement d'obstacle (OCA/H) il existe trois méthodes qui sont :

- ♣ Surface ILS de base (OFZ).
- ♣ Surface OAS (obstacle assessment surface)
- ♣ CRM (collision risk model).

II.8 : première méthode : surface ILS de base (OFZ) :

Les surfaces ILS de base correspondent à certaines surfaces de limitation d'obstacle de l'annexe 14 étendues en finale jusqu'au point d'approche finale (FAP) et dont les surfaces de transition s'étendent le long des côtés des surfaces d'approche finale et interrompue jusqu'à une hauteur de **300m** au dessus de seuil.

Ces surfaces sont constituées de :

- ♣ La surface d'approche dont la seconde section s'étend avec une pente de **2.5%** jusqu'au point d'approche finale (FAP).
- ♣ La bande de piste admise comme étant horizontale à l'altitude du seuil.
- ♣ Une surface inclinée commençant en un point situé à **900m** en aval du seuil et à l'altitude de celui-ci, montant selon une pente de **2.5%** et s'évasant ensuite de manière à s'étendre entre les surfaces de transition.

Cette surface inclinée est la surface d'approche interrompue, elle s'étend avec un évasement constant jusqu'au niveau de la surface horizontale intérieure, puis continue avec la même pente mais avec un évasement de 25% jusqu'à la fin du segment de précision.

♣ les surfaces de transition qui s'étend longitudinalement le long des cotés des surfaces d'approche et d'approche interrompue jusqu'à une hauteur de 300m au dessus de l'altitude du seuil.

Voici le schéma illustratif des surfaces ILS de base, voir figure (II.3) :

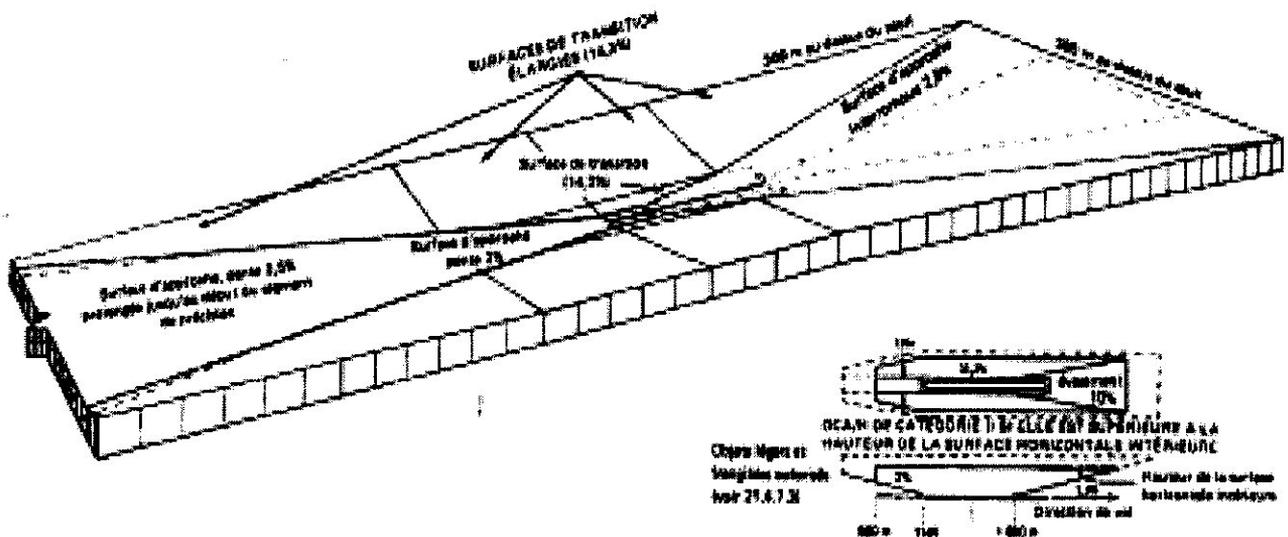


Figure (II.3) : Les surfaces d'ILS de base

Détermination de l'OCA/H :

Lorsque aucun obstacle ne dépasse les surfaces ILS de base spécifiées, l'OCA/H pour la catégorie I et la catégorie II est définie par des marges spécifiées dans le tableau (marges de perte de hauteur / erreur altimétrique) on va le définir dans le chapitre III (Application des critères OAS)

Dans le cas contraire la détermination de l'OCA/H sera effectuée par d'autres méthodes.

II.9 : Deuxième méthode : surface d'évaluation d'obstacles (OAS) :

Les surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS) comprennent six surfaces planes inclinées (désignées par les lettres W, X, Y et Z disposées symétriquement par rapport au segment de précision et au plan horizontale passant par le seuil comme il est montré dans la figure (II.4) ci-dessous :

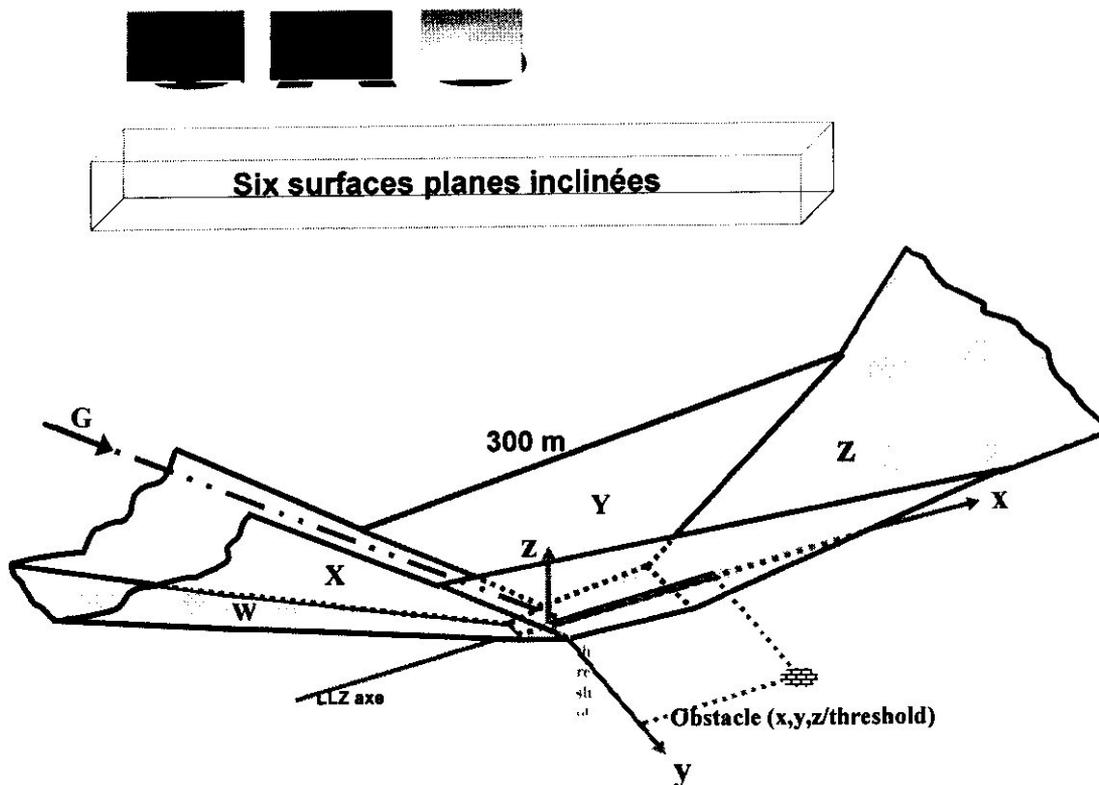


Figure (II.4) : surfaces OAS.

La géométrie des surfaces inclinées est définie avec précision par quatre équations linéaires simples de la forme $Z = AX + BY + C$, dans ces équations X et Y sont des coordonnées de position et Z est la hauteur de la surface à cette position.

Pour chaque surface les constantes A, B et C sont spécifiés pour la gamme opérationnelle des distances entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil et des angles d'alignement de descente.

Les surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS) de catégorie I sont limitées par la longueur du segment de précision à l'exception des surfaces W et X qui sont limitées par une hauteur maximale de 300m, cependant concernant la catégorie II les surfaces OAS sont limitées par une hauteur de 150 m .

Note :

Lorsque les surfaces ILS de base définies précédemment pour les pistes avec approche de précision dépassent les surfaces OAS si dessus ce sont ces surfaces qui deviennent les OAS.

Concernant la détermination de OCA/H ce sera dans les autres chapitres.

II.10 - Troisième méthode : Collision Risk Model (CRM) :

Le CRM est un programme d'ordinateur qui établit le risque numérique qui peut être comparé au niveau de sécurité visé pour un aéronef évoluant à une OCA/H spécifiées, on trouvera dans le manuel d'utilisation du modèle de risque de collision (CRM) pour l'approches ILS (Doc 9274) la description du programme et les instructions au sujet de son emploi, y compris le format exacte des données d'entrée nécessaire et les résultat de sortie.

II.10.1- Données d'entrées :

Le CRM exige les données d'entrée suivantes :

a) Détails sur l'aérodrome :

Nom, emplacement du seuil de piste, orientation de la piste et altitude de seuil.

b) Paramètre ILS :

Catégorie, angle d'alignement de descente, distance entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil, ouverture du faisceau du radioalignement de piste, hauteur du point de repère ILS au dessus du seuil.

c) Paramètres de l'aéronef :

Type, hauteur de l'antenne au dessus de la partie inférieure des roues, demi-envergure, catégorie d'aéronefs (A, B, C, D ou E) et pente de montée à l'approche interrompue.

d) Données sur les obstacles :

Limites des obstacles (soit sous forme de coordonnées X et Y par rapport au seuil de piste, soit en coordonnées du carroyage de la carte) et les hauteurs des obstacles (hauteur au dessus du seuil ou altitude).

II.10.2- Résultat de sortie et emploi :

Le résultat de sortie du programme représente le risque global de collision avec des obstacles pour un aéronef qui vole jusqu'à l'OCA/H spécifiée et effectue une procédure d'approche interrompue.

D'autres renseignements peuvent également être donnés en utilisant diverses possibilités de données de sortie dont dispose l'utilisateur, ces possibilités sont indiquées en détail dans le Doc 9274 de l'OACI, par exemple les risques que présente chacun des obstacles peuvent être indiqués et ces risques vont être classés soit en fonction de la distance des obstacles, soit plus utilement en

fonction de l'ampleur du risque, de façon que l'utilisateur puisse voir d'un coup d'œil les obstacles qui contribuent le plus au risque totale.

En prenant le CRM avec les paramètres appropriés, l'utilisateur peut évaluer l'effet sur la sécurité de l'exploitation de toute modification des paramètres, plus particulièrement en faisant varier l'angle d'alignement de descente ou en augmentant ou diminuant l'OCA/H. le risque ainsi obtenu et comparé à un niveau de risque admissible spécifique à l'avance (ne dépassant pas $1 \cdot 10^{-7}$) qui répond à l'objectif de sécurité globale.

II.10.3 : Détermination de l'OCA/H :

La détermination de l'OCA/H est un processus dans lequel le CRM est repris successivement en changeant les valeurs de l'OCA/H jusqu'à ce que le risque obtenu devienne acceptable (c'est-à-dire inférieur à $1 \cdot 10^{-7}$).

Une OCA/H calculée de cette manière est donc compatible avec l'objectif de sécurité fixé. Comme le montre les figures (II.5) et (II.6) ci-dessous ;

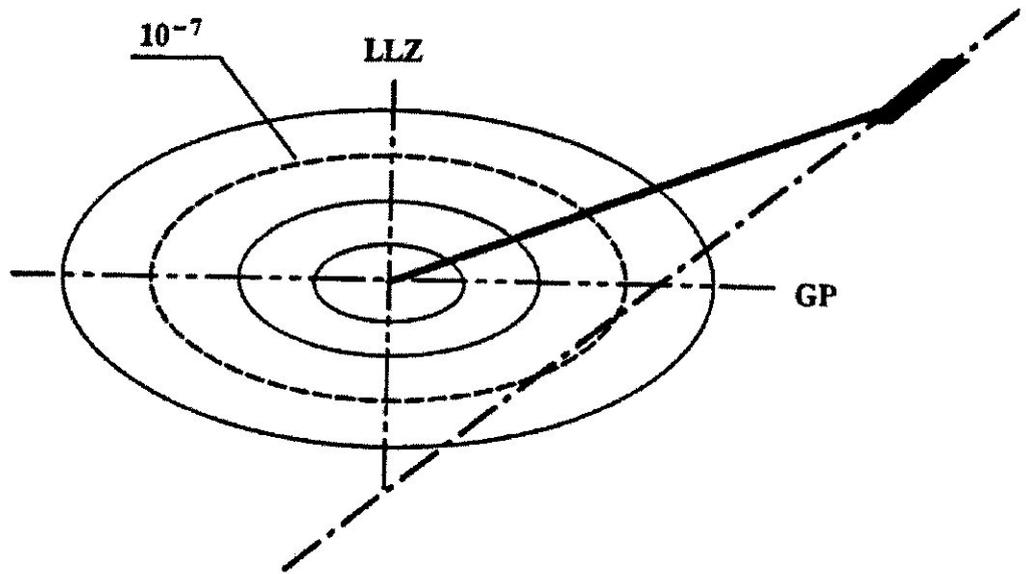


Figure (II.5)

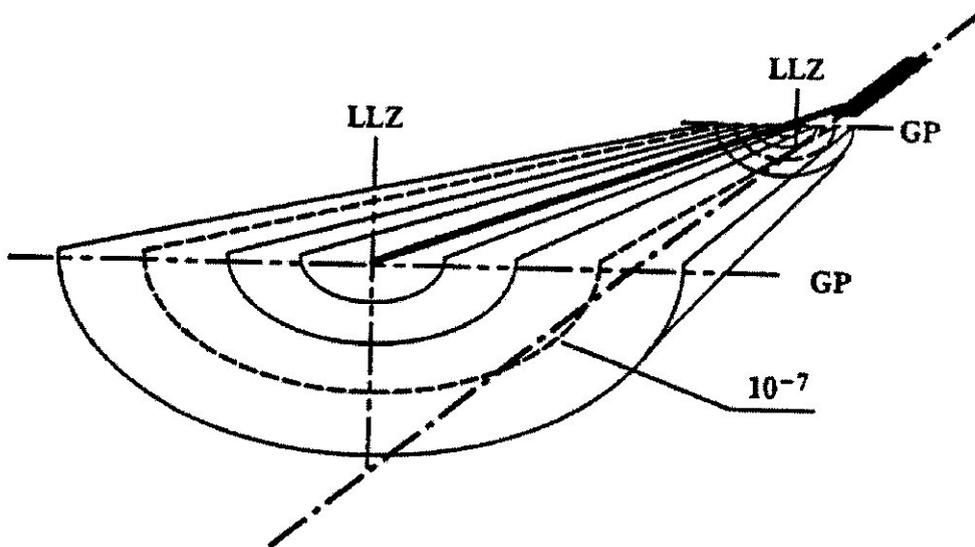


Figure (II.6)

Chapitre III

CONCEPTION :

*Application des critères
des surfaces d'évaluation
d'obstacles (OAS)*

III.1-Système de coordonnées des obstacles :

Les positions des obstacles sont indiquées en fonction d'un système de coordonnées X, Y et Z avec origine au seuil voir la figure (III.7) ci dessous

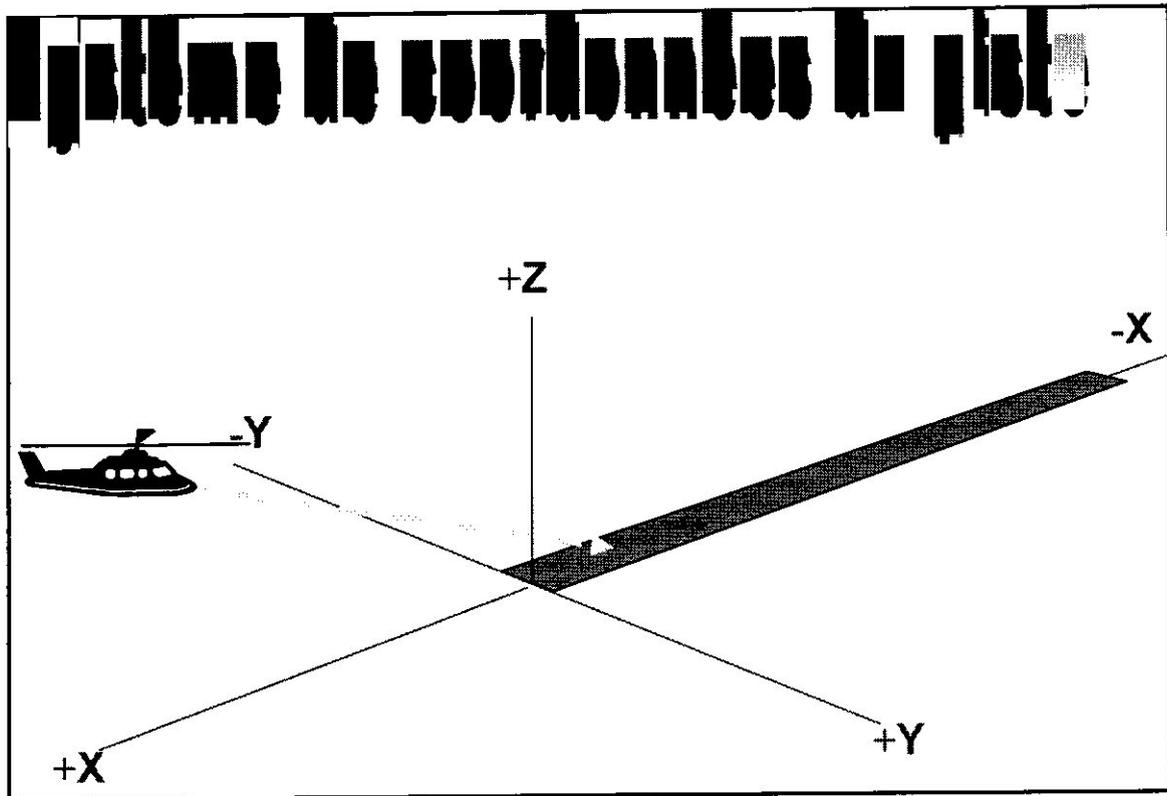


Figure (III.7) : Système de coordonnées des obstacles.

L'axe des X est parallèle au segment de précision les valeurs positives de X sont mesurées en amont du seuil, les valeurs négatives en aval du seuil.

L'axe des Y est perpendiculaire à l'axe des X, bien qu'elle soit représentée de la manière classique sur la figure(7) ci-dessus, les valeurs de Y sont toujours considérées comme positives dans tous les calculs associés à la géométrie des OAS.

Toutes les dimensions en rapport avec l'OAS sont indiquées en mètre uniquement sinon on pourrait utiliser des dimensions en pieds, il suffit juste de faire la conversion suivante : **1 ft = 0.3048m.**

Les dimensions devraient comprendre toutes corrections nécessaires pour tenir compte de tolérances de levé topographique.

L'axe des Z est vertical, les hauteurs au dessus du seuil étant positives.

III.2- Les constantes OAS :

Pour l'exploitation de catégorie I et de catégorie II, les constantes A, B et C dans le chapitre précédant sont indiquées pour chaque surface inclinée dans des tables spécifiques, on peut les trouver dans le supplément I à la III partie du Doc 8168. Elles sont données pour toutes les combinaisons de distances entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil et l'angles d'alignement de descente pour les valeurs comprises respectivement entre 2000m et 4500m et entre 2.5° et 3.5° par tranche de 200m et de 0.1°.

Voici un exemple des tables utilisées :

DONNEES OAS ILS ANGLE AL. DESC. 3,00 DIST. LLZ/SEUIL 5000.

CONSTANTES OAS ILS						CONSTANTES OAS MODIFIEES POUR PIL. AUTOM. CAT II			
	CAT I			CAT II			A	B	C
	A	B	C	A	B	C			
W	.028500	.000000	-8.01	.035800	.000000	-8.19	.035800	.000000	-8.19
W*							.042000	.000000	-12.39
X	.0276P1	.182500	-16.72	.035282	.234700	-21.50	.041370	.275200	-25.32
Y 5.0P	.017858	.254997	-29.32	.025666	.366481	-42.13	.025666	.366481	-42.13
Z	-.050000	.000000	-45.00	-.050000	.000000	-45.00	-.050000	.000000	-45.00
Y 4.0P	.020198	.238021	-26.37	.028152	.332409	-36.82	.028152	.332409	-36.82
Z	-.040000	.000000	-36.00	-.040000	.000000	-36.00	-.040000	.000000	-36.00
Y 3.0P	.022585	.220112	-23.26	.030627	.296491	-31.54	.030627	.296491	-31.54
Z	-.030000	.000000	-27.00	-.030000	.000000	-27.00	-.030000	.000000	-27.00
Y 2.5P	.023948	.210054	-21.51	.031955	.280291	-28.70	.031955	.280291	-28.70
Z	-.025000	.000000	-22.50	-.025000	.000000	-22.50	-.025000	.000000	-22.50
Y 2.0P	.025360	.199629	-19.70	.033287	.262031	-25.85	.033287	.262031	-25.85
Z	-.020000	.000000	-18.00	-.020000	.000000	-18.00	-.020000	.000000	-18.00

COORDONNEES GABARIT OAS (M)

	ALTITUDE DU SEUIL CAT I		CAT II		PIL. AUTOM. CAT II	
	X	Y	X	Y	X	Y
C	281	49	173	66	173	66
D	-286	135	-286	135	-286	135
E 5.0P	-900	178	-900	178	-900	178
4.0P	-900	187	-900	187	-900	187
3.0P	-900	198	-900	198	-900	198
2.5P	-900	205	-900	205	-900	205
2.0P	-900	213	-900	213	-900	213

	HAUTEUR 300 M CAT I		HAUTEUR 150 M CAT II		HAUTEUR 150 M** PIL. AUTOM. CAT. II	
	X	Y	X	Y	X	Y
C#	10807	94	4362	75	3866	55
C##					1000	49
D#5.0P	5438	910	2576	343	1404	425
E#	-6900	1774	-3900	797	-3900	797
D#4.0P	5438	910	2576	343	1143	465
E#	-8400	2082	-4650	955	-4650	955
D#3.0P	5438	910	2576	343	605	546
E#	-10900	2587	-5900	1213	-5900	1213
D#2.5P	5438	910	2576	343	-13	639
E#	-12900	3001	-6900	1424	-6900	1424
D#2.0P	5438	910	2576	343	-1462	856
E#	-15900	3621	-8400	1738	-8400	1738

P = POURCENTAGE
 ** NOTE
 LES COORDONNEES C## SONT CELLES DU GABARIT A LA HAUTEUR DE 29,6M
 C'EST-A-DIRE A L'INTERSECTION DES SURFACES W ET W* (PIL. AUTOM. CAT II SEULEMENT)

Pour les valeurs intermédiaires de la distance entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil ou l'angle d'alignement de descente, il y a lieu d'utiliser la valeur immédiatement inférieure de la distance ou de l'angle. Lorsque la distance entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil ou l'angle d'alignement de descente sort des limites de la gamme de valeurs pour

laquelle des données figurent dans le tableau, on doit utiliser les données indiquées pour la valeur maximale ou minimale appropriée.

Pour plus de commodité toutes les données pour chaque combinaison de la distance entre le radiophare d'alignement de piste et le seuil et de l'angle d'alignement de descente figurent dans la même page.

III.3 – Calcul des hauteurs OAS :

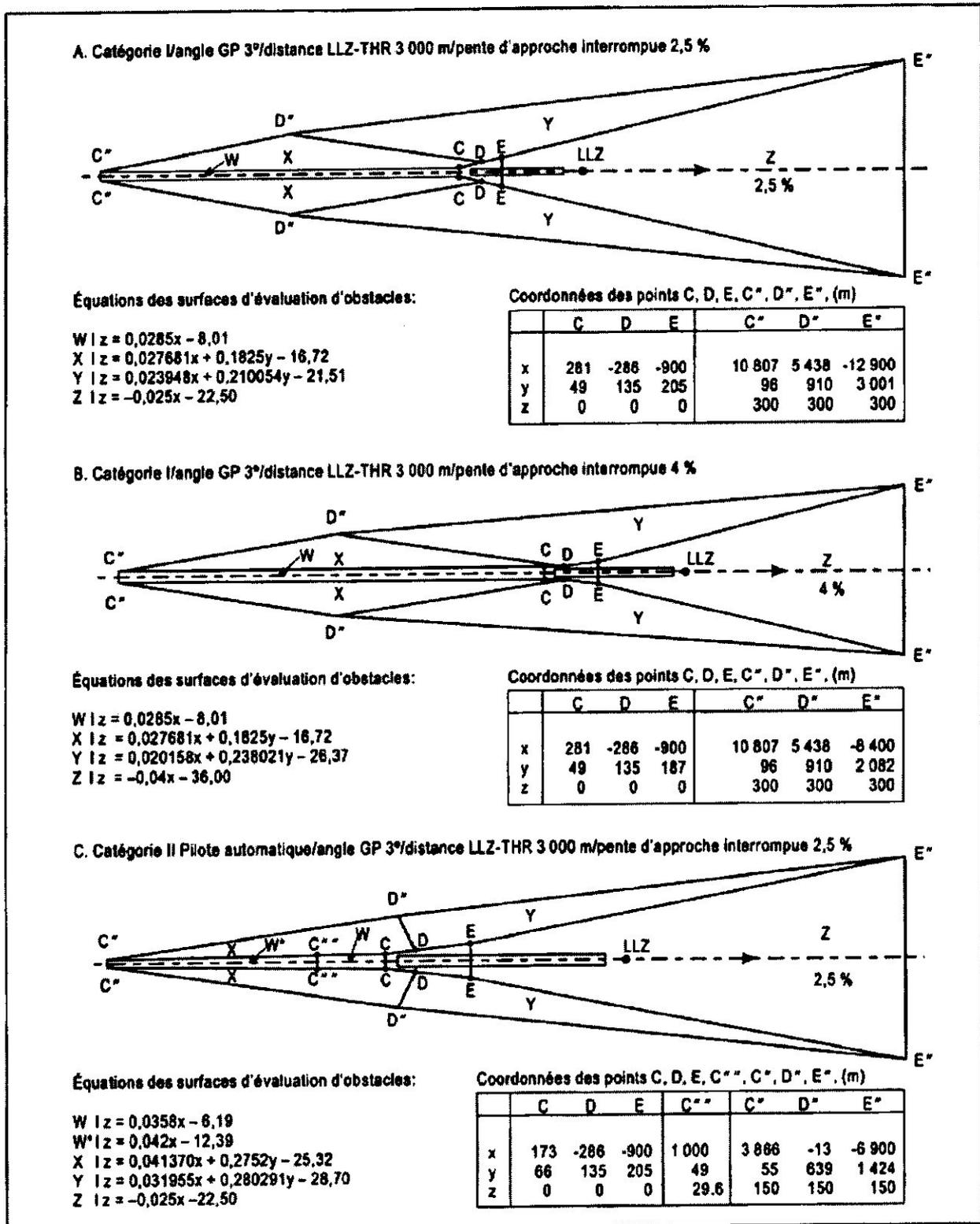
Pour calculer la hauteur Z de l'une des surfaces inclinées en un point X', Y', les constantes appropriées devraient d'abord être tirées des tables (modifiées si cela est nécessaire c'est-à-dire en ajoutant les corrections appropriées). ces valeurs sont alors appliquées dans l'équation :
$$Z = AX' + BY' + C.$$

Si l'OAS qui se trouve au dessous de l'emplacement de l'obstacle n'est pas évident, cette opération devra être répétée pour les autres surfaces inclinées. La hauteur OAS est la plus grande des hauteurs du plan (zéro si toutes les hauteurs du plan sont négatives).

III.4 Construction du gabarit des OAS :

Des gabarits ou vues en plan des contours des OAS à l'échelle d'une carte sont parfois utilisées pour faciliter l'identification des obstacles lors de l'exécution d'un levé détaillé .voir figure (III.8) ci-dessous .

Figure (8) : Le gabarit des surfaces OAS.



Pour la catégorie II c'est à 150m au dessus .voir figure (III.10) ci-dessous.

DONNEES OAS ILS ANGLE AL. DESC. 3,00 DIST. LLZ/SEUIL 3000.

	CONSTANTES DAS ILS						CONSTANTES DAS MODIFIEES POUR P.I.L. AUTOM. CAT II		
	CAT I			CAT II			A	B	C
	A	B	C	A	B	C			
W	.02M500	.000000	-2.00	.035000	.000000	-4.19	.045000	.000000	-4.19
W*							.042000	.000000	-4.19
X	.0276P1	.3P2500	-11.72	.035202	.234700	-21.49	.041370	.275200	-21.49
Y 5.0P	.017F50	.254997	-29.32	.0756F1	.306491	-42.13	.0256F0	.306491	-42.13
Z	-.030000	.000000	-45.00	-.050000	.000000	-45.00	-.030000	.000000	-45.00
Y 4.0P	.020150	.216021	-26.37	.020152	.216000	-26.37	.020152	.216000	-26.37
Z	-.040000	.000000	-36.00	-.040000	.000000	-36.00	-.040000	.000000	-36.00
Y 3.0P	.022509	.220112	-23.26	.030677	.294491	-31.34	.030677	.294491	-31.34
Z	-.030000	.000000	-27.00	-.030000	.000000	-27.00	-.030000	.000000	-27.00
Y 2.5P	.023940	.210054	-21.51	.031955	.240291	-28.70	.031955	.240291	-28.70
Z	-.025000	.000000	-22.50	-.025000	.000000	-22.50	-.025000	.000000	-22.50
Y 2.0P	.025360	.199629	-14.70	.033247	.202031	-25.25	.033247	.202031	-25.25
Z	-.020000	.000000	-18.00	-.020000	.000000	-18.00	-.020000	.000000	-18.00

COORDONNEES GABARIT OAS (M)

	ALTEUR DU SEUIL CAT I		CAT II		P.I.L. AUTOM. CAT II	
	X	Y	X	Y	X	Y
C	201	49	173	49	173	49
D	-200	135	-200	135	-200	135
E 5.0P	-900	178	-900	178	-900	178
4.0P	-900	187	-900	187	-900	187
3.0P	-900	196	-900	196	-900	196
2.5P	-900	205	-900	205	-900	205
2.0P	-900	213	-900	213	-900	213

	HAUTEUR 300 M CAT I		HAUTEUR 150 M CAT II		HAUTEUR 150 M P.I.L. AUTOM. CAT. II	
	X	Y	X	Y	X	Y
C*	10007	94	4302	75	1000	49
C**					1000	49
D*5.0P	5430	910	2570	343	1604	425
E*	-6900	1774	-3900	797	-3900	797
D*4.0P	5430	910	2570	343	1143	464
E*	-8400	2082	-4750	955	-4650	955
D*3.0P	5430	910	2570	343	605	344
E*	-10900	2907	-5900	1213	-5900	1217
D*2.5P	5430	910	2570	343	-13	490
E*	-12900	3001	-4900	1474	-6900	1474
D*2.0P	5430	910	2570	343	-1482	956
E*	-15900	3621	-4400	1730	-4400	1730

P = POURCENTAGE
 ** NOTE
 LES COORDONNEES C** SONT CELLES DU GABARIT A LA HAUTEUR DE 19,6M (C'EST-A-DIRE A L'INTERSECTION DES SURFACES W ET W* (P.I.L. AUTOM. CAT II SEULEMENT))

Figure (III.10)

Les coordonnées de l'intersection au niveau du seuil sont appelées C, D et E, lorsque les constantes OAS seront modifiées c'est-à-dire en ajoutant les corrections, les coordonnées X et Y du gabarit sont obtenues en résolvant deux équations linéaires à deux inconnues

$$\left\{ \begin{array}{l} Z1 = A1X+B1Y+C1 \\ Z2 = A2X+B2Y+C2 \end{array} \right\}$$

III.5- Correction des constantes :

III.5.1 Dimensions des aéronefs :

L'élément qui intervient dans le calcul des critères OAS est l'élément dimensions des aéronefs , une correction est obligatoire lorsque les dimensions de l'aéronef dépassent celle qui sont spécifiées dans le chapitre II (généralité), cette correction est facultative pour les aéronefs plus petits . Les surfaces peuvent être corrigées selon les dimensions des aéronefs au moyen des formules de correction suivantes du coefficient C pour les surfaces W, W*, X, Y :

♣ Surface W : correction $C_w = C_w - (t-6)$

♣ Surface W* : correction $C_{w^*} = C_{w^*} - (t-6)$

♣ Surface X : correction $C_x = C_x - B_x.P$

♣ Surface Y : correction $C_y = B_y .P$

Où

$P = [\text{le plus élevé de } t/B_x \text{ ou } S+ t-3/B_x] - [\text{le plus élevé de } 6/B_x \text{ ou } 30+3/B_x]$ Et

S= demi envergure.

t= distance verticale entre la trajectoire de l'antenne du radioalignement de descente et celle de la partie la plus basse des roues.

III.5.2 – Hauteur du point de repère ILS (RDH) :

Les constantes figurants dans les tables utilisées pour les surface OAS sont fondées sur une hauteur du point de repère ILS de 15m. Une correction aux constantes OAS est obligatoire pour une RDH de l'ILS inférieur à 15m, et facultative pour une RDH supérieur à 15m. Cette correction est effectuée en modifiant le coefficient C pour les surfaces W, W*, X et Y comme suit :

$$C_{corr} = C + (RDH-15)$$

Où

C_{corr} = valeur corrigée du coefficient C pour la surface considérée

C = valeur donnée dans le tableau.

III.5.3- Radiophares d'alignement :

Lorsque le valeur du faisceau de radiophares d'alignement de piste de catégorie I est supérieure à la valeur nominale de 210m on utilisera le modèle de risque de collision (CRM). Il ne doit pas être fait de correction pour des largeur de secteur inférieur à 210m.

III.5.4 – Emploi du pilote automatique (à couplage automatique) pour l'exploitation de catégorie II :

Les OAS de catégorie II peuvent être réduites pour tenir compte de l'amélioration des performances de maintien sur l'axe des pilotes automatiques lorsque ceux-ci sont certifiés pour l'exploitation par l'autorité compétente. Cette réduction est effectuée en utilisant les constantes A, B et C modifiées pour la surface X et en introduisant une surface supplémentaire (appelée W*) dans les données figurant dans les tables OAS.

L'emploi de ces surfaces réduites ne devrait pas être autorisé pour les approches sans couplage automatique.

III.5.5 – Pente d'approche interrompue :

S'il est démontré que les aéronefs ont des performances de montée en approche interrompue supérieur à la valeurs minimale de 2.5%, les surfaces Y et Z peuvent être corrigées .Cette correction est réalisée en choisissant les constantes des surfaces Y et Z pour les pentes d'approche interrompue de 3%,4%et 5% spécifiées dans les tables OAS, ces tables donnent également les constantes pour une pente de 2%, ces valeurs peuvent être utilisées dans aérodromes ou il n'existe aucun obstacle important à l'approche interrompue , si les indications de protection nécessaires peuvent être fournies.

III.6. Détermination de l'OCA/H :

L'OCA/H est déterminée en tenant compte de tous les obstacles qui dépassent les surfaces d'évaluations d'obstacles OAS, les surfaces qui s'appliquent à chaque catégorie d'exploitation ILS sont :

- ♣ ILS catégorie I : OAS ILS catégorie I.
- ♣ ILS catégorie II : OAS ILS catégorie II et parties de l'ILS catégorie I qui se trouve au dessus des limites de l'ILS catégorie II.
- ♣ ILS catégorie III : comme l'ILS catégorie II.

III.6.1 – Calcul des valeurs de l'OCA/H :

Les obstacles dont il y a lieu de tenir compte c'est-à-dire ceux qui dépassent les surfaces OAS sont divisés en obstacles à l'approche et à l'approche interrompue.

Le critère le plus simple de classement est la distance : les obstacles à l'approche sont ceux situés entre le FAP et 900m après le seuil, et les obstacles à l'approche interrompue sont ceux situés dans le reste du segment de précision, voir la figure(III.11) ci-dessous :

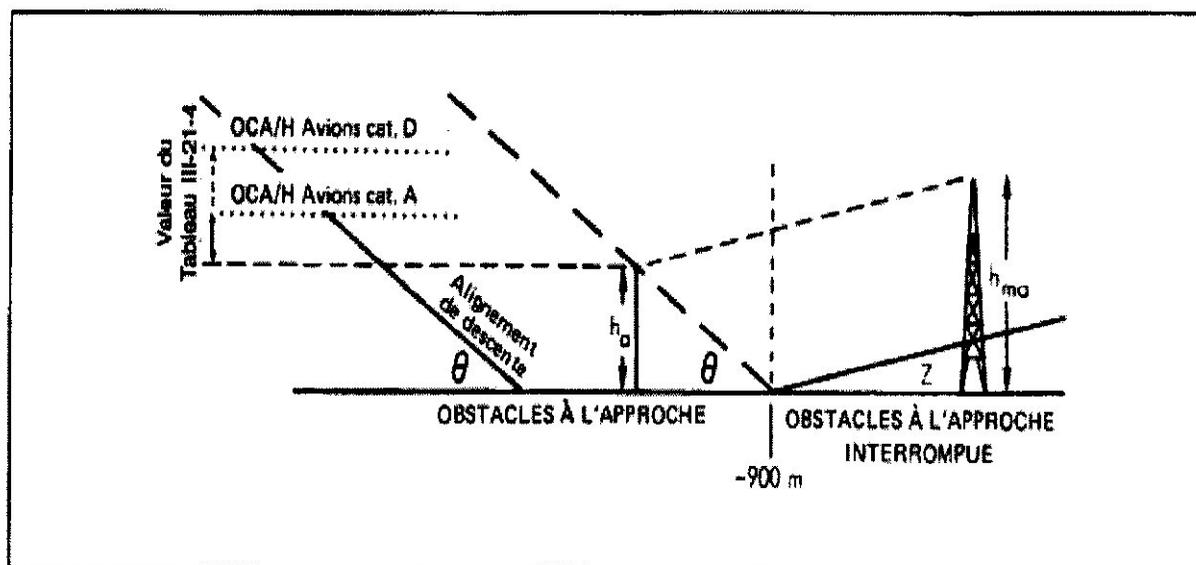


Figure (III.11)

Toute fois, dans certain cas il peut en résulter une pénalisation excessive pour certains obstacles à l'approche interrompue car l'OCA/H qui en résultait pouvait être telle que le point d'intersection de l'OCA/H et de l'alignement de descente se trouvait si loin avant l'obstacle qu'il aurait été plus correcte de le traiter comme un obstacle à l'approche interrompue. Il a donc été prévue une réparation plus complexe en définissant les obstacles à l'approche et à l'approche interrompue par rapport à une surface plane débutant à 900 m au delà du seuil et s'élevant dans l'aire d'approche parallèlement au plan de l'alignement de descente. Donc les obstacles auront une hauteur supérieure à $[(900 + x) \text{tg}\theta]$.voir figure (III.12) au dessous.

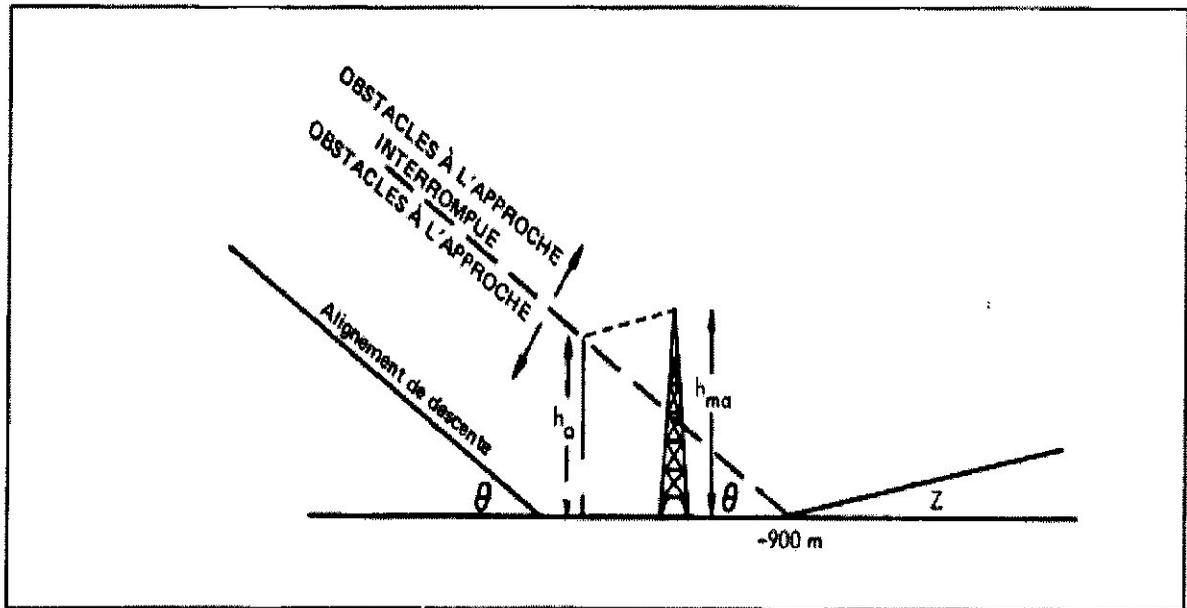


Figure (III.12)

On détermine d'abord la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus élevé, ensuite les hauteurs de tous les obstacles à l'approche interrompue sont ramenée aux hauteurs des obstacles à l'approche équivalente au moyen de la formule suivante :

$$H_a = \frac{h_{ma} \cot z + (900 + x)}{\cot z + \cot \theta}$$

Où :

h_a : hauteur de l'obstacle à l'approche équivalent.

h_{ma} : hauteur de l'obstacle à l'approche interrompue.

θ : angle d'alignement de descente.

z : angle de surface d'approche interrompue.

x : distance de l'obstacle par rapport au seuil (comptée négativement si l'obstacle est en aval du seuil).

L'OCA/H est déterminée en ajoutant la marge appropriée relative à la trajectoire d'aéronef figurant dans le tableau ci-dessous :

Catégorie d'aéronefs (Vat)	Marges avec radioaltimètre		Marges avec altimètre barométrique	
	mètres	ft	mètres	ft
A- 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B- 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C- 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D- 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161

III .6.2.1 Emploi du tableau de marge de perte de hauteur / erreur altimétrique :

Les marges indiquées dans le tableau ci-dessus seront corrigées comme suit :

a) Pour une altitude d'aérodrome supérieur à **900m** soit **2953 ft** on augmente les tolérances indiquées de **2%** de la marge avec radioaltimètre par tranche de **300m** soit **984 ft** d'altitude.

Par exemple si on prend un aérodrome d'altitude **1650 m** la correction s'effectue comme suit :

$$22 * 2/100 * 1650/300 = 2.42m$$

b) Pour les angles d'alignement de descente supérieur à **3.2°**, dans certains cas exceptionnels, les tolérances calculées seront augmentées de **5%** de la marge avec radioaltimètre, par tranche de **0.1°** d'augmentation de l'angle entre **3.2°** et **3.5°**.

Des procédures avec des alignements de descente supérieur à 3.5° , ou tout angle lorsque le taux nominale de descente (V_{att} pour le type d'aéronef x le sinus de l'angle d'alignement de descente) excède 5 m/s (1000ft /min), sont des procédures non normalisées. Elle exigent d'augmenter la marge de perte de hauteur (qui peut être spécifique à un type d'aéronef), d'ajuster l'origine de la surface d'approche interrompue, la pente de la surface W, de revoir les obstacles et d'appliquer des contraintes opérationnelles corrélatives. Elles sont normalement limitées à des exploitants et des aéronefs expressément agréés, et sont promulguées avec des restrictions appropriées applicables à l'aéronef et à l'équipage de conduite. Elles ne doivent pas être utilisées comme moyen d'introduire des procédures d'atténuation du bruit.

Prenant par exemple un angle d'alignement de descente de 3.5°

La correction est effectuée comme suit :

$$22 \times 5/100 \times 3.5 - 3.2 / .1 = 3.3\text{m.}$$

♣ Pour la correction totale on prendra la somme des deux correction, c'est-à-dire celle pour l'altitude de l'aérodrome et de l'angle d'alignement de descente, on rajoute cette somme à les valeurs indiqués dans le tableau.

♣ Les valeurs indiquées au tableau de marges de perte de hauteur /erreur altimétrique sont calculées de manière à tenir compte des avions qui utilisent des procédures manuelles d'approche interrompue à partir de l'OCA/H sur la trajectoire d'approche nominale.

♣ Ces valeurs ne s'appliquent pas à l'exploitation de catégorie III. Le tableau ne tient pas compte du décalage latéral d'un obstacle ni de la probabilité qu'un avion se trouve ainsi décalé. S'il est nécessaire d'envisager que ces probabilités se conjurent on utilisera la méthode du model de risque de collision (CRM).

Les valeurs du tableau peuvent être également ajustées pour des types d'avions déterminées lorsque des indications suffisantes sur les plans des performances de vol et des performances théoriques sont disponibles, c'est-à-dire les valeurs des pentes de hauteur correspondant à une probabilité de 1.10^{-5} (fondée sur un taux d'approche interrompue de 10^{-2}).

♠ Si une valeur de la marge altimétrique de perte de hauteur est nécessaire pour une vitesse V_{at} données, on applique les formules suivantes :

a) Emploi du radioaltimètre :

Marge = $(0.096 V_{at} - 3.2)$ mètre pour V_{at} en Km/h.

Marge = $(0.177 V_{at} - 3.2)$ mètre pour V_{at} en Kt.

b) Emploi de l'altimètre barométrique :

Marge = $(0.068 V_{at} + 28.3)$ mètre pour V_{at} en Km/h.

Marge = $(0.125 V_{at} + 28.3)$ mètre pour V_{at} en KT.

Où V_{at} est la vitesse au seuil égale à 1.3 fois la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale d'atterrissage certifiée.

On peut utilisé le graphe suivant représenté par la figure (III.13) :

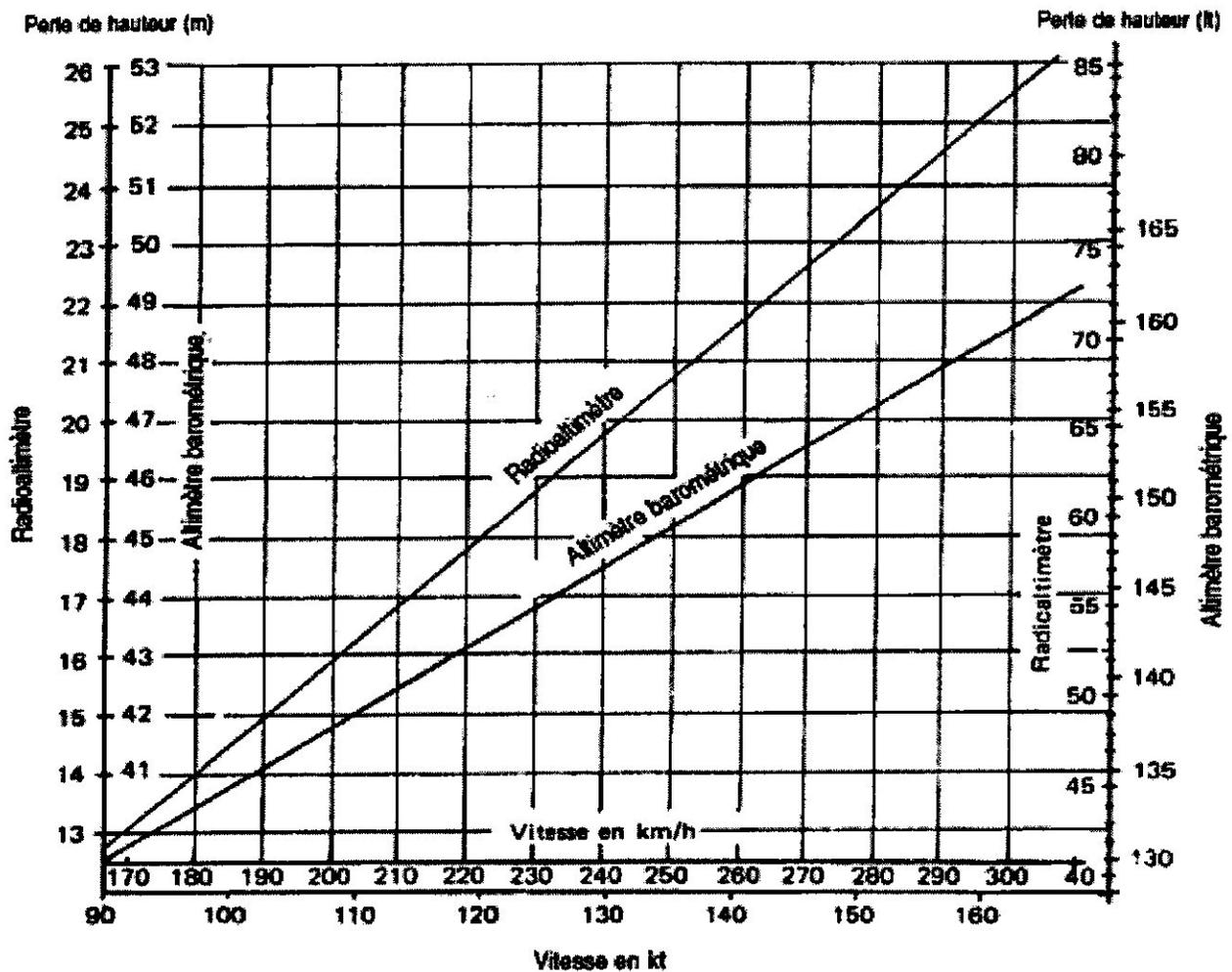


Figure (III.13) Marge de perte de hauteur / erreur altimétrique en fonction de la vitesse

♣ Pour évaluer l'admissibilité de la densité des obstacles au dessous de l'OAS, le CRM peut être utilisé. Ce modèle peut être utile en comparant les environnements d'aérodrome et en évaluant des niveaux de risque associés à des valeurs données de l'OCA/H. Il y a lieu de souligner que ce modèle ne remplace pas le jugement en exploitation.

D'après les chapitres précédant, on a constaté que les surfaces d'évaluation d'obstacles OAS dépend de plusieurs paramètres et le tracé de ses surfaces change à chaque valeur bien déterminé qui conduit à refaire tous les calculs de nouveaux, c'est pour cela qu'un outil automatique est très utile, il permet non seulement de gagner du temps mais aussi de déterminer les minima opérationnels plus efficacement et rapidement.

Cette outil automatique fonctionne comme suit :

En premier lieu on introduit les positions des obstacles, qui sont indiquées en fonction d'un système de coordonnées X, Y et Z. ce programme va d'abord tester si les obstacles sont en dessous des plans sinon les autres ne sont pas pris en considération ; par la suite il va effectuer une comparaison des hauteurs des obstacles avec la hauteur des surfaces ou ils se trouvent pour déterminer ceux qui percent ces plans et inversement.

Une fois les données sont analysées le programme doit afficher tous les obstacles qui dépassent ces surfaces tout en indiquant l'obstacle le plus pénalisant, en fonction de cette obstacle le calcul de l'OCA/H sera déterminée.

On va le voir plus en détail dans le chapitre IV.

Chapitre VI

Conception du logiciel

Dans ce chapitre, nous allons présenter le logiciel d'une manière générale, fonctionnelle et structurale, qu'on a nommé **Léo** (logiciel d'évaluation d'obstacle), écrit en langage DELPHI.

IV.1 Langage de programmation :

On a utilisé comme langage de programmation DELPHI, ce dernier est un enrobage, une enveloppe de confort autour du Pascal, c'est-à-dire qu'il simplifie de nombreuses tâches liées à la programmation en langage Pascal. Il est à noter aussi que DELPHI est destiné à écrire des programmes fonctionnant exclusivement sous Windows.

L'environnement de développement DELPHI s'appuie sur un éditeur d'interface graphique associé à un éditeur de code source. Il doit son succès à sa facilité d'utilisation pour développer des applications graphiques et/ou liées aux bases de données. (Figure IV.1)

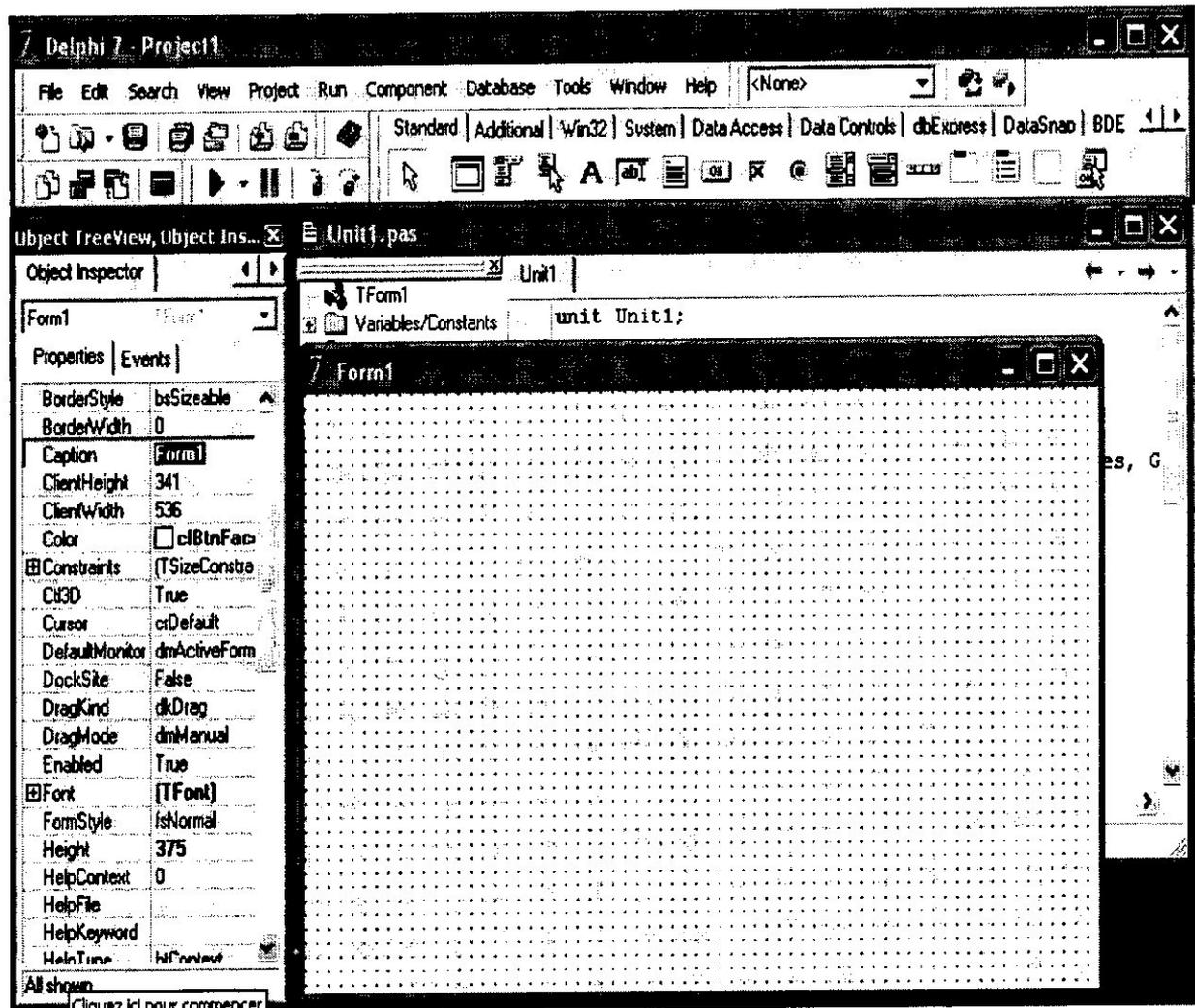


Figure IV .1 : Interface Delphi 7

IV.2 la description du logiciel :

IV.2.1 Données d'entrée :

L'utilisateur peut faire rentrer les données manuellement à partir du clavier, ces données sont des renseignements sur l'aérodrome (nom, code, altitude, température de référence et la déclinaison magnétique).

Des renseignements sur les pistes (numéro, QFU, azimuth vrai et les distances). A la fin les coordonnées des obstacles aux alentours de l'aérodrome (position X et Y par rapport au seuil ainsi ça hauteur Z).

IV.2.2 Données de sortie :

Une fois le calcul sera fait le logiciel affiche directement l'obstacle le plus pénalisant et l'altitude ou hauteur de franchissement d'obstacle (OCA/H), on pourra même visionner la position de tous les obstacles et le gabarit OAS dans un schémas.

IV.2.3 La structure du programme :

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

Au-dessus de ces fonctions nous avons créé une fenêtre principale servant comme interface pour notre logiciel. (Figure IV.2)

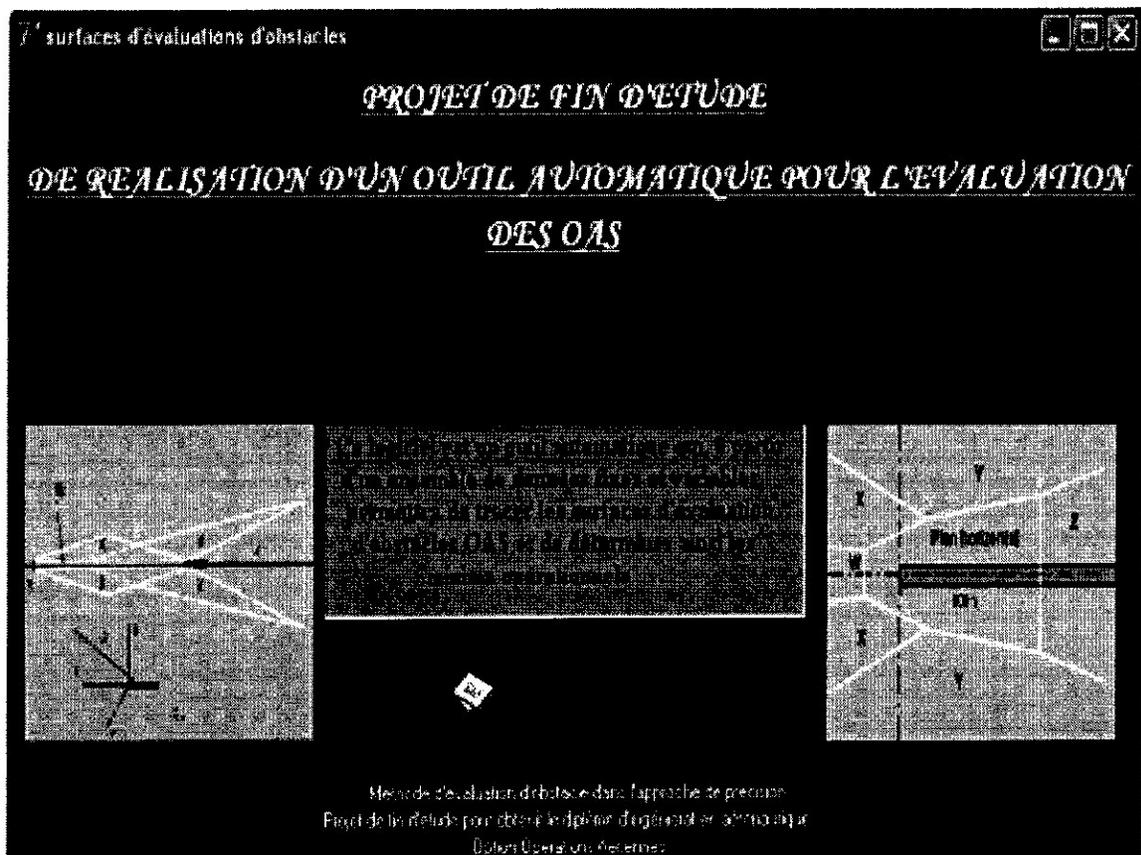
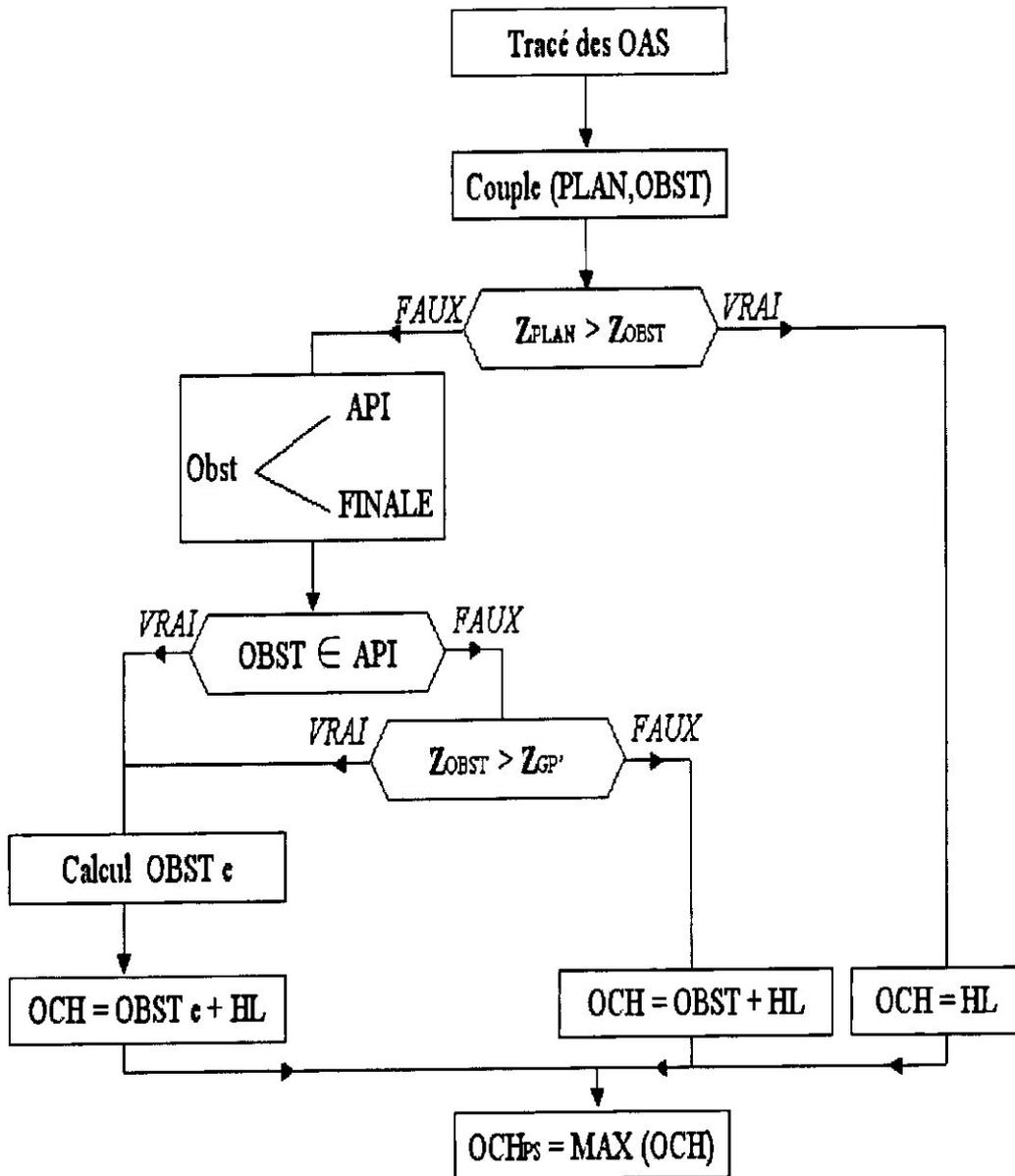


Figure (IV .2)

IV.2.4 L'organigramme du logiciel :



IV.3 Le fonctionnement du logiciel :

IV.3.1 Les différentes parties constituant le logiciel :

Afin de faciliter l'utilisation de notre logiciel on l'a décomposé en plusieurs parties bien distinctes regroupant ainsi des informations utiles pour chaque étape.

Pour y accéder on a une fenêtre principal voir figure (IV.3) ci-dessous :

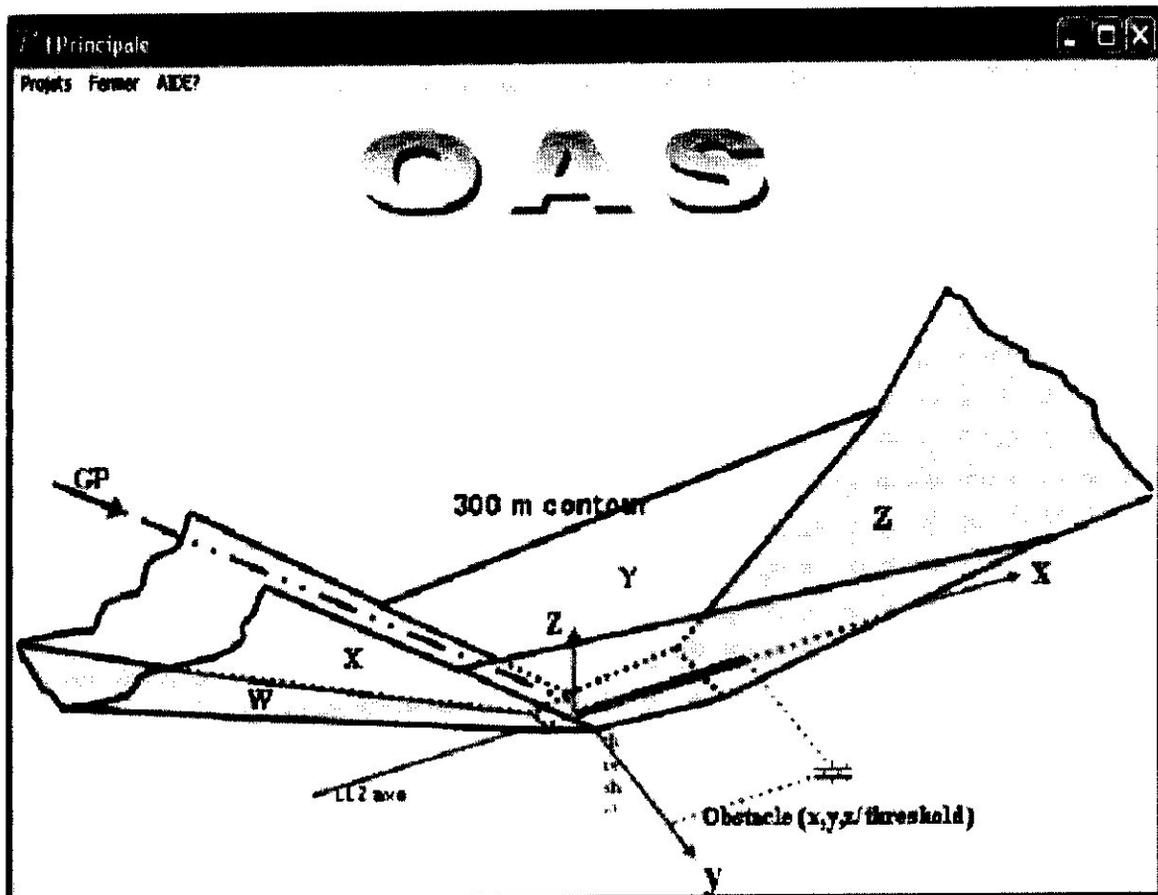


Figure (IV .3)

Au sommet de cette fenêtre on trouve trois fonctions principales qui constituent le menu principal.

IV.3.2 Menu principal :

Ce menu principal est composé de plusieurs menus différents, on distingue :

- 1- Projet .
- 2- Fermer.
- 3- Aide ?

IV.3.2.1 Menu Projet :

Ce menu est le plus important de tous, en cliquant sur lui on accédera à l'enchaînement de notre programme.

En premier, on aura la fenêtre des données des Obstacles montrées dans la figure (IV.4) ci-dessous :

The screenshot shows a software window titled 'Projet' with a menu bar containing 'Insérer', 'Modifier', 'Supprimer', 'Ajouter', 'Annuler', and 'Fermer'. The main content area is titled 'Caractéristiques des Aéroports' and contains the following fields and data:

- Nom Aéroport: alger
- Code: 3333
- Altitude (m): 25
- Température de Référence C: 36,6
- Déclinaison magnétique (degré): 1 W/E
- Liste des Aéroports:

DAAG	alger
DABC	constantine
deab	oran
- Numero Piste: 9
- QFU: 92
- Azimut vrai: 93
- TORA (m): 3500
- ASDA (m): 3500
- TODA (m): 3500
- LDA (m): 3500

At the bottom of the window, there are two buttons: 'Ajouter Obstacles' and 'Fermer'.

Figure (IV .4)

Dans cette fenêtre l'utilisateur peut introduire les données de l'aérodrome comme le nom, le code, l'altitude de l'aérodrome, la température de référence et la déclinaison magnétique de l'aérodrome, et il peut aussi introduire les données de la piste qui se trouve dans l'aérodrome comme le numéro de piste, le QFU, l'Azimut vrai et les distances (TORA, TODA, ASDA, LDA).

Dans cette fenêtre se trouve deux boutons et un menu en haut voir figure IV-5 et figure IV-6 ci-dessous :

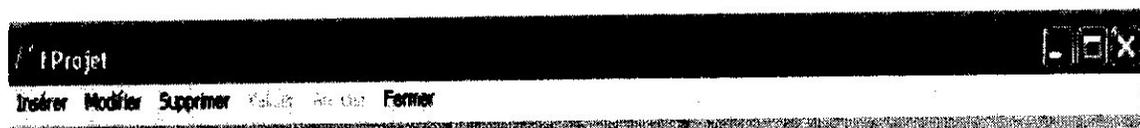


Fig (IV .5)



Fig (IV .6)

Le menu est composé des boutons : **Insérer, Modifier, Supprimer, Valider, Annuler et Fermer.**

♠ **Bouton Fermer** : il sert à retourner dans la fenêtre précédente et a fermer cette application.

♠ **Bouton Ajouter Obstacles** : sert à accéder à la fenêtre des données des Obstacles pour la suite des calculs.

Après cela on a la fenêtre suivante (figure IV.7) ci-dessous :

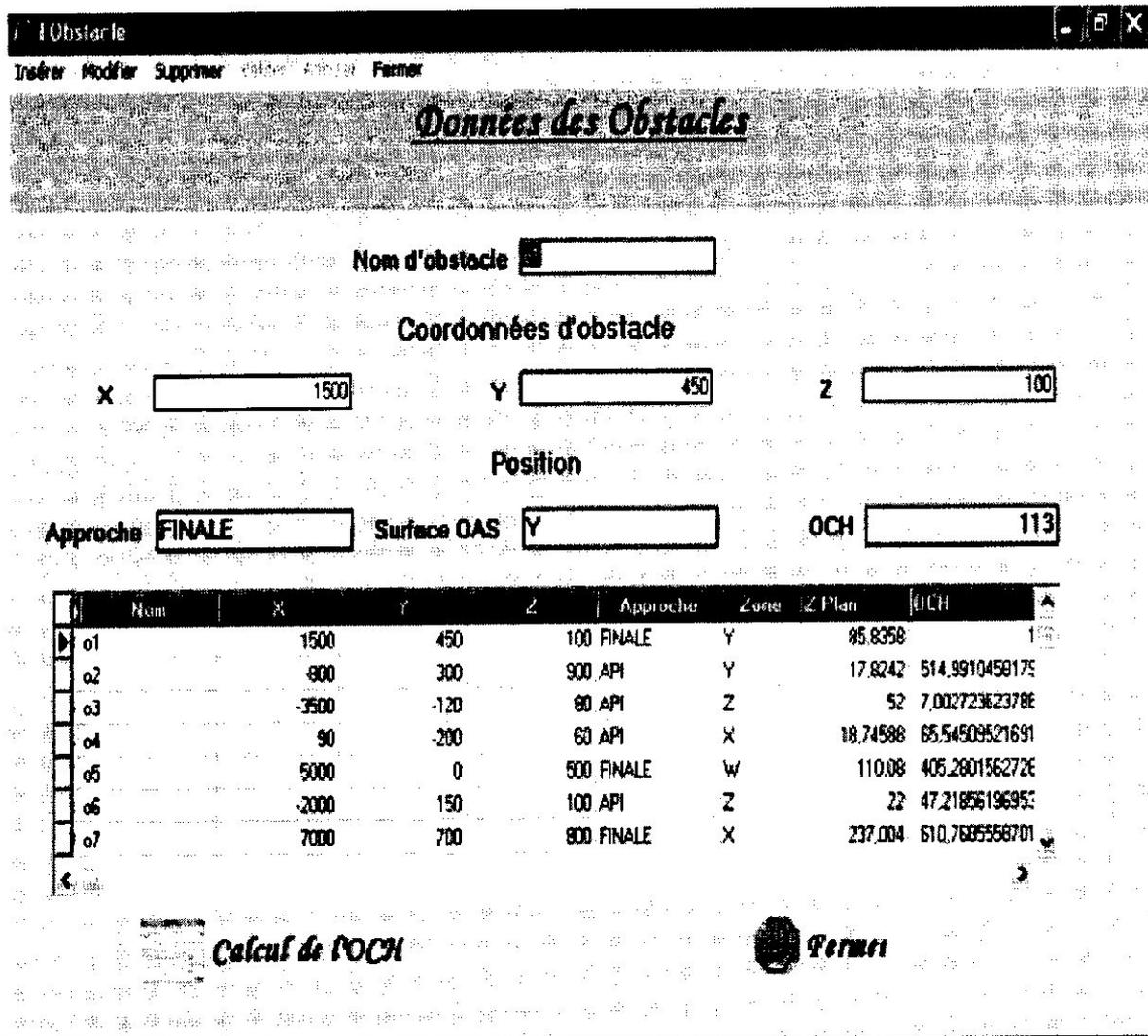


Figure (IV .7)

Dans cette fenêtre l'utilisateur peut introduire les coordonnées des obstacles qui se trouvent aux alentours de l'aérodrome.

Il existe deux boutons importants dans cette fenêtre, voir figure (IV.8) ci-dessous :



Figure (IV .8)

♣ **Bouton Fermer** : il sert à retourner dans la fenêtre précédente et à fermer cette application.

♣ Bouton Calcul de l'OCA/H : sert à accéder à la fenêtre des calculs.

Ensuit on a la fenêtre de calcul montré dans la figure (IV .9) ci-dessous :

Programme

Données de Navigations

Catégorie d'approche Alignement de descente Distance LLZ seuil

RDH Largeur de faisceau au seuil

Données d'obstacles

Pente de montée en approche instrumentée (%)

Catégorie d'aéronefs Installation Valeur HL : 13 m

Constantes OAS

	A	B	C
Surface W	0	0,0239	-9,42
Surface X	0,020732	0,15	-13,12
Surface Y	0,019085	0,160774	-15,14
Surface Z	-0,02	0	-18

Coordonnées du Gabarit OAS en (m)

	Altitude au seuil		Hauteur 300 m	
	X	Y	X	Y
C	394	33	12946	298
D	-344	135	6527	1185
E	-900	201	-15900	3847

Résultat

L'Obstacle le plus pénalisant (Nom de l'obstacle)



OCA/H (m)



Calculer Dessin Permet

Figure (IV .9)

Dans cette fenêtre l'utilisateur peut choisir différentes possibilités selon ces besoins.

a) données de navigations. Figure (IV.10) :

Données de Navigations

Catégorie d'approche Alignement de descente Distance LLZ seuil

RDH Largeur de faisceau au seuil

Figure(IV .10)

Ces donnes sont :

Catégorie d'approche (CatI, CatII), angle alignement de descente (2.5°,2.6.....3.5°), distance LLZ/seuil (2000m, 2200m,.....,4500m), RDH 15m et la largeur de faisceau au seuil 210m.

b) Donnes concernant l'aéronef. Figure (IV.11) :

Données d'aéronefs

Pente de montée en approche interrompue (%)

Catégorie d'aéroneuf Installation Valeur HL :

Figure (IV.11)

Ces données sont :

Pente de montée en approche interrompue (2°,2.5°,3°,4°,5°), Catégorie d'aéronefs (A, B, C, D) et type d'installation (Radioaltimètre, Altimètre barométrique).

c) Constant et coordonnées du Gabarit OAS. Figure (IV.12).

Constante OAS			Coordonnées du Gabarit OAS en (m)					
	A	B	Altitude au seuil		Hauteur 300 m			
			X	Y	X	Y		
Surface W	0	0,0239	C	394	33	C'	12946	298
Surface X	0,020732	0,15	D	-344	135	D'	6527	1185
Surface Y	0,019085	0,160774	E	-900	201	E'	-15900	3847
Surface Z	-0,02	0						

Figure (IV .12)

Ces données sont :

Les constantes A, B, et C des surfaces W, X, Y et Z ainsi que les coordonnées X et Y des points C, D, E, C'', D'', E'' du gabarit OAS, ils sont affichés directement lors d'un changement des paramètres.

Viendra ensuite le résultat qui consiste à afficher directement l'obstacle le plus pénalisant ainsi l'altitude ou hauteur de franchissement d'obstacle OCA/H optimal .Figure (IV.13).

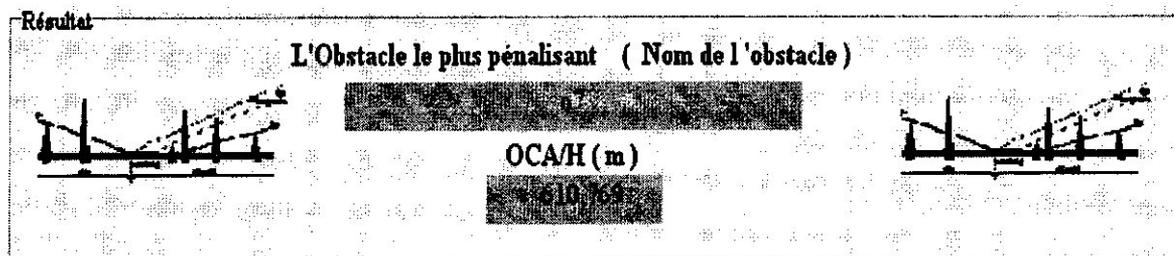


Figure (IV .13)

Dans la fenêtre de calcul se trouvent trois boutons qui sont :

- ♣ **Bouton1 calcul** : il permet de faire le calcul.
- ♣ **Bouton2 Dessin** : il permet d'accéder à la fenêtre de dessin.
- ♣ **Bouton3 Fermer** : il permet de retourner dans la fenêtre précédente et a fermer cette application.



Figure (IV. 14)

Finalement on termine avec le dessin qui consiste à tracer le gabarit d'OAS et de positionner tous les obstacles. Figure (IV. 15).

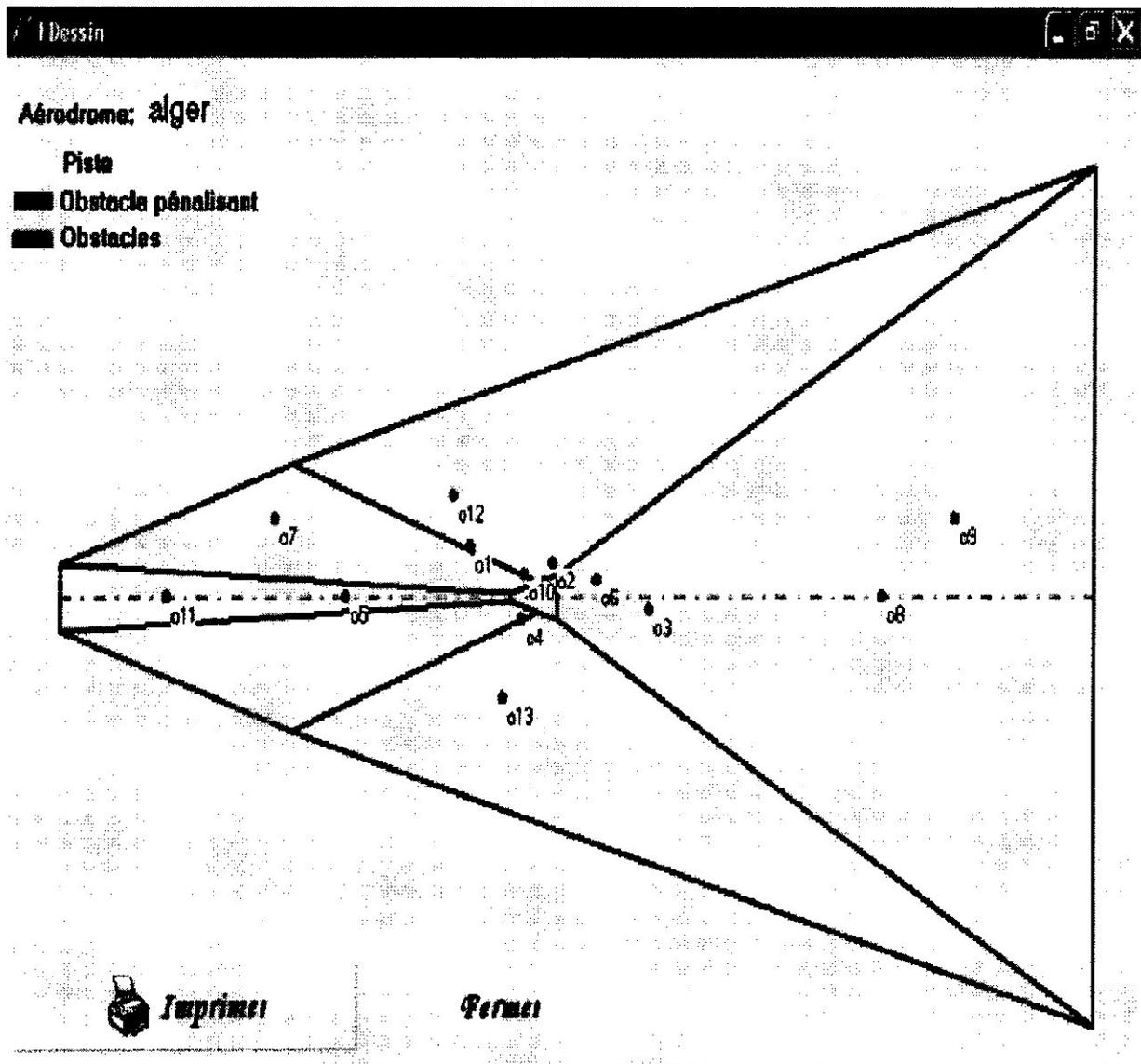


Figure (IV. 16)

IV.3.2.2 Menu Fermer :

Il permet de quitter définitivement le programme et de fermer toutes les applications précédentes.

IV.3.2.3 Menu Aide :

On Cliquant sur lui on aura deux choix. Figure (IV.17).

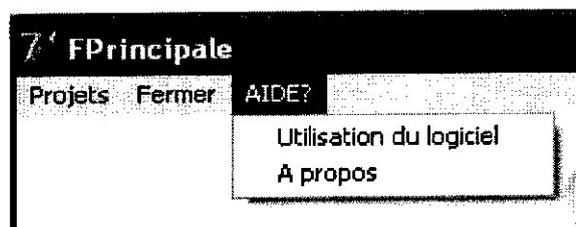


Figure (IV.17)

a) Utilisation Du logiciel : voir figure (IV.18)

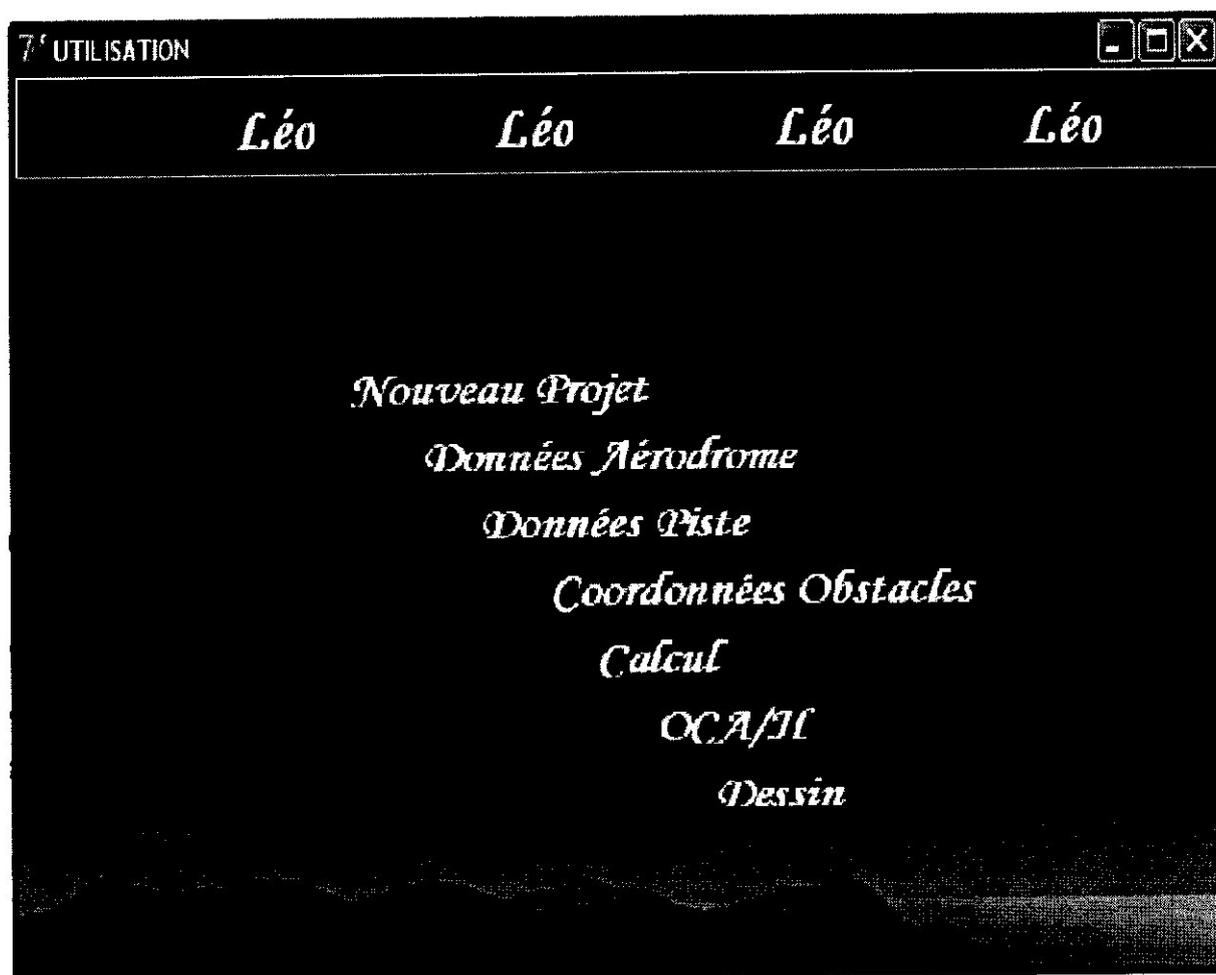


Figure (IV.18)

Cette fenêtre permet à l'utilisateur de comprendre l'enchaînement du logiciel en suivant pas à pas l'ordre les étapes écrites.

b) A Propos : voir figure (IV.19).



Figure (IV. 19)

Cette fenêtre donne les renseignements sur le réalisateur du projet ainsi que ces encadreur.



Conclusion

Conclusion :

Le logiciel élaboré dans notre projet de fin d'étude permet d'automatiser l'évaluation des obstacles qui rentrent dans la détermination des minima opérationnels lors des opérations d'atterrissage en optimisant :

- ♣ Le temps de calcul des OCA/H.
- ♣ La suppression des erreurs qui peuvent être dues aux erreurs de calcul manuel.
- ♣ La précision au niveau des tracés.

Ainsi il faut souligner que les calculs effectués dans l'Etablissement demandent des jours de calcul alors que l'utilisation de ce logiciel prendra le temps de quelques clics seulement.

Toutefois la particularité fort intéressante de ce logiciel c'est que son programme repose sur des calculs qui utilisent des données de l'ordre de 10^{-7} , minimisant ainsi le cumul d'erreur et donne un résultat plus fiable.

A partir d'une même batterie de test, nous avons validé notre logiciel en utilisant une application standard OACI et après tests les résultats observés sont quasi-identiques.

Ce logiciel après une phase de test pourra être exploité par l'établissement national de la navigation aérienne, en leur permettant d'avoir un outil efficace et performant afin d'assurer l'évaluation des obstacles rapides et efficaces avec une meilleure précision de calcul et de tracé.

ABREVIATIONS

ATC	Contrôle de la circulation aérienne.
ATT	Tolérance d'écart longitudinal.
AZM	Azimut.
CAT	Catégorie.
CDI	Indicateur de déviation de cap.
COP	Point de transition.
CRM	Modèle de risque de collision.
DA/H	Altitude/hauteur de décision.
DER	Extrémité départ de la piste.
DME	Dispositif de mesure de distance.
DR	Navigation à l'estime.
EUROCAE	Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile.
FAF	Repère d'approche finale.
FAP	Point d'approche finale.
FATO	Aire d'approche finale et de décollage.
FAWP	Point de cheminement d'approche finale.
FMC	Ordinateur de gestion de vol.
FMS	Système de gestion de vol.
FTT	Tolérance technique de vol.
GNSS	Système mondial de navigation par satellite.
GP	Alignement de descente.
GPWS	Dispositif avertisseur de proximité du sol.
HL	Perte d'altitude.
IAF	Repère d'approche initiale.
IAWP	Point de cheminement d'approche initiale.
IF	Repère d'approche intermédiaire.
EFR	Règles de vol aux instruments.
ILS	Système d'atterrissage aux instruments.
IMAL	Limite d'alerte du moniteur d'intégrité.
IMC	Conditions météorologiques de vol aux Instruments.

	ISA	Atmosphère type internationale.
IWP		Point de cheminement intermédiaire.
LLZ		Alignement de piste.
MAHWP		Point de cheminement d'attente en approche Interrompue.
MAPt		Point d'approche interrompue.
MATWP		Point de cheminement de virage d'approche Interrompue.
MAWP		Point de cheminement d'approche interrompue.
MDA/H		Altitude/hauteur minimale de descente.
MLS		Système d'atterrissage hyperfréquences.
MM		Radio borne intermédiaire.
MOC		Marge minimale de franchissement d'obstacles.
MSA		Altitude minimale de secteur.
MSL		Niveau moyen de la mer.
NDB		Radiophare non directionnel.
OAS		Surface d'évaluation d'obstacles.
OC A/H		Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles.
OCA/H _{fin}		OCA/H pour l'approche finale et l'approche. Interrompue en ligne droite.
OCA/H _{ps}		OCA/H sur le segment de précision.
OCS		Surface de franchissement d'obstacles.
OIS		Surface d'identification d'obstacles.
OM		Radio borne extérieure.
PAPI		Indicateur de trajectoire d'approche de précision.
PAR		Radar d'approche de précision.
PDG		Pente de calcul de procédure.
R		Taux de virage.
RAIM		Contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur.
RDH		Hauteur du point de repère (ILS).
RNAV		Navigation de surface.
RNP		Qualité de navigation requise.
RSR		Radar de surveillance de route.
SD		Écart type.

SI	Système international d'unités.
SID	Départ normalisé aux instruments.
SOC	Début de montée.
ST	Tolérance de calcul du système.
STAR	Arrivée normalisée aux instruments.
TAR	Radar de surveillance de région terminale.
TMA	Région de contrôle terminale.
TNA/H	Altitude/hauteur de virage.
TP	Point de virage.
TTT	Technique de traçage par gabarit.
VASIS	Indicateur visuel de pente d'approche.
VDF	Station radio goniométrique VHF.
VHF	Très hautes fréquences.
VI	Vitesse indiquée.
VOR	Radiophare omnidirectionnel VHF.
VV	Vitesse vraie.
WGS	Système géodésique mondial.
XTT	Tolérance d'écart latéral.

DEFINITIONS

Altitude de franchissement d'obstacles (OCA) ou hauteur de franchissement d'obstacles (OCH) :

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

Note 1. — L'altitude de franchissement d'obstacles est rapportée au niveau moyen de la mer et la hauteur de franchissement d'obstacles est rapportée à l'altitude du seuil ou, en cas d'approches classiques, à l'altitude de l'aérodrome ou à l'altitude du seuil si celle-ci est inférieure de plus de 2 m (7 ft) à l'altitude de l'aérodrome. Une hauteur de franchissement d'obstacles pour une approche indirecte est rapportée à l'altitude de l'aérodrome.

Note 2. — Pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme «altitude/hauteur de franchissement d'obstacles» et abrégées «OCA/H».

Note 3. — Pour les applications particulières de cette définition.

Point d'approche interrompue (MAPt) :

Point d'une procédure d'approche aux instruments auquel ou avant lequel la procédure prescrite d'approche interrompue doit être amorcée afin de garantir que la marge minimale de franchissement d'obstacles est respectée.

Procédure d'approche aux instruments :

Série de manoeuvres prédéterminées effectuées en utilisant uniquement les instruments de Vol, avec une marge de protection spécifiée au-dessus des obstacles, depuis le repère d'approche initiale ou, s'il y a lieu, depuis le début d'une route d'arrivée définie, jusqu'en un point à partir duquel l'atterrissage pourra être

effectué, puis, si l'atterrissage n'est pas effectué, jusqu'en un point où les critères de franchissement d'obstacles en attente ou en route deviennent applicables.

Procédure d'approche de précision :

Procédure d'approche aux instruments qui utilise les informations d'azimut et de trajectoire de descente fournies par un ILS ou un PAR.

Procédure d'approche interrompue :

Procédure à suivre lorsqu'il est impossible de poursuivre l'approche.

Segment d'approche finale :

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

Segment d'approche initiale :

Partie d'une procédure d'approche aux instruments située entre le repère d'approche initiale et le repère d'approche intermédiaire, ou, s'il y a lieu, le repère ou point d'approche finale.

Segment d'approche intermédiaire :

Partie d'une procédure d'approche aux instruments située soit entre le repère d'approche intermédiaire et le repère ou point d'approche finale, soit entre la fin d'une procédure d'inversion, d'une procédure en hippodrome ou d'une procédure de navigation à l'estime et le repère ou point d'approche finale, selon le cas.

Seuil : Début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage.

Surface d'évaluation d'obstacles (OAS) :

Surface définie en vue de déterminer les obstacles dont il faut tenir compte dans le calcul de l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles pour une installation ILS donnée et une procédure donnée.

Bibliographie

- [1] Doc.8168- OPS : Exploitation techniques des aéronefs. Volume I et II.
Réf : OACI.
- [2] Doc. 4444 - RAC : Règles de l'aires et services de la circulation aérienne.
Réf : OACI.
- [3] Doc .9368- AN : Manuelle de construction des procédures de vols aux
instrument. Réf : OACI.
- [4] Manuelle d'aide a la conception des procédures de vols: ENAC-PANS-OPS.
- [5] Doc. 8400 : Abréviations et codes de l'OACI. Réf : OACI.
- [6] AIP Algerie.
- [7] Beaulieu, F. 2004. Introduction à la programmation orientée objet
PASCAL-DELPHI. Berti Edition.536 p.
- [8] www.enna.dz.
- [9] www.sia-enna.dz.
- [10] www.aéro-doc.fr.
- [11] www.OACI.com.
- [12] www.wikipedia.fr.