

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherche

Université de Blida -1-

Institut d'aéronautique et des études spatiales



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du

diplôme de **MASTER**

Spécialité: Exploitation Aéronautique

Thème

Elaboration d'un nouveau schéma de circulation
PBN pour l'aérodrome de Constantine

Soutenu par :

- ZERGUINE IKRAM
- ABID CHAHIRA

Encadré par :

- M^{me}. F.DRARENI
- M^r. MOKHBAT AKRAM

2018-2019

Remerciements

Tout d'abord, Nous tenons à remercier le bon Dieu le tout Puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, également nous remercions infiniment nos parents, qui nous ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de notre formation.

Nous tenons à remercier tous ceux et celles qui ont contribué à finaliser ce modeste travail.

Notre remerciement va à notre encadreur MOKHBAT Akram pour nous avoir guidé pour la réalisation de ce projet et qui nous a appris à s'envoler sans aucun acquis et soutenu lors de notre stage au niveau de l'ENNA.

Nos plus grands remerciements vont à notre promotrice Mme DRARENI Fatima .Z pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

Un grand merci à nos professeurs d'institut d'Aéronautique ainsi qu'aux membres du jury qui nous ont honoré de leur présence

Enfin, nous remercions tous ceux dont nous n'avons pas cité le nom, et qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

A celle qui m'a entouré par son amour, à l'étincelle de mes yeux.....

Et voila, le jour arriva que t'as attendis depuis ma naissance, grâce à tes efforts et ton attention, tes yeux qui me surveillaient toujours seulement pour que je puisse atteindre mon but, je te remercie énormément en t'offriront ce travail.

Grace à toi mon cher père, je suis là aujourd'hui, tous ce que je peux te donner ce simple travail, un résultat de toutes les sacrifices que t'as perdues pour me voir toujours à la hauteur.

A mon cher petit frère et aussi ma sœur ABDOU et SOUSOU qui ont cru toujours en mes capacités.

À toutes mes copines en précisant ZAINÉ AMEL.

À celle que j'ai partagé mon parcours scolaire plein des bons moments inoubliables, l'exemple de l'amitié et la fidélité KABLEDJ SAFIA ; en la souhaitant la réussite en suivant le bon chemin.

A celle que j'ai partagé avec l'encouragement, la patience pour réaliser un travail parfait qui signifie nos efforts ZERGUINE IKRAM .

« ABID CHAHIRA »

Dédicace

Je dédie ce mémoire à:

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

A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement,

A mes amies.

Merci d'être toujours là pour moi.

« ZERGUINE IKRAM »

Résumé

L'objectif de notre travail est d'élaborer un schéma de circulation aérienne PBN (navigation fondée sur les performances) Pour la piste 16/34 de l'aérodrome de Constantine pour améliorer la sécurité et permettre aux aéronefs d'emprunter des routes plus directes et plus précises.

Notre travail porte donc sur la conception d'une approche RNP APCH de type LNAV (avec une configuration en T) et LNAV/VNAV pour le seuil 16. Aussi l'élaboration des STAR RNAV-1 reliant les points BABOR, KAMER, DIMAO et NADJI avec le repère d'attente et également la réalisation des SID RNAV- 1 pour les deux seuils.

Ainsi que la réalisation d'un raccordement ILS-PBN pour le seuil 34.

Enfin l'élaboration des MVL.

Grace à l'étude détaillée sur la situation du site en question, notre travail s'efforcera d'atteindre l'objectif souhaité.

Les mots clés : PBN, RNP APCH, LNAV, LNAV/VNAV, STAR RNAV-1, SID RNAV-1, ILS-PBN, MVL.

Abstract

The purpose of our work is to elaborate an air traffic PBN scheme for the 16/34 runway of Constantine 's aerodrome in order to improve safety and allow aircrafts to use more direct and accurate routes.

So, Our work is about the conception of an RNP APCH approach procedure "LNAV type" with a configuration on T and LNAV /VNAV procedure for the threshold 16.

Also the elaboration of RNAV-1 STARs connecting the significant points BABOR, KAMER, DIMAO, and NADJI with the patterns fix and the realisation of RNAV-1 SID for both runways.

As well as the connection between the existing ILS procedure and the new PBN procedure for the threshold 34.

In addition the realisation of the cerclings.

Due to the detailed study of the situation of the site in question, our work will endeavor to achieve the desired objective.

Key words : PBN, RNP APCH, LNAV, LNAV/VNAV, STAR RNAV-1, SID RNAV-1, ILS-PBN, cerclings.

ملخص

الهدف من عملنا هو انجاز مخطط للحركة الجوية PBN من اجل المدرج 16/34 في مطار قسنطينة لتحسين السلامة والسماح للطائرات باستخدام طرق أكثر عملية ودقة.

ويرتكز عملنا على تصميم مخطط الاقتراب القائم على أداء الملاحة المطلوبة للنوع LNAV (على شكل الحرف T) و LNAV/VNAV لعتبة المدرج 16.

وأیضا إنشاء STARRNAV-1 الذي يربط BABOR ,KAMER,DIMOA,NADJI مع علامة الاستعداد لدائرة الانتظار. بالإضافة إلى ذلك إنشاء SID RNAV -1 لكلا العتبتين 16/34

كما سيتم تصميم اتصال ILS/PBN للعتبة 34 وأخيرا إنشاء مخطط مناورة الإبصار.

وبفضل الدراسة التفصيلية لحالة الموقع المعني سيسعى عملنا إلى تحقيق الهدف المنشود

الكلمات المفتاحية :الملاحة القائمة على الأداء,مخطط الاقتراب القائم على أداء الملاحة المطلوبة , الملاحة الجانبية , جهاز الهبوط الآلي ,مناورة الإبصار.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I : le concept PBN et généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances

I.1.Introduction 2

I.2.Le concept PBN 2

I.2.1.Historique de la navigation fondée sur les performances 2

I.2.2. Origine de la PBN 3

I.2.3.Avantages 4

I.2.4.Contexte de la PBN 4

I.2.5.Applications de navigation PBN pour les différentes phases de vol 7

I.2.6.RNAV GNSS 8

I.2.7.Opération PBN et senseurs 10

I.2.8.Plan algérien de mise en œuvre de la PBN 10

I.3. généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances 14

I.3.1.critères de conception 14

I.3.2. Procédure d'attente 16

I.3.3.généralités sur les procédures RNP APCH 17

I.3.4: Les arrivées RNAV 17

Altitude d'arrivée en région terminale (TAA) 17

Procédures d'arrivées normalisées aux instruments « RNAV » 18

I.3.5. Procédures de départs normalisés aux instruments 18

I.4.Conclusion 20

Chapitre II : L'étude de l'existant de l'aérodrome de Constantine

II.1.Introduction 21

II.2.Présentation de l'aérodrome	21
II.3.Renseignements généraux sur l'aéroport de Constantine	22
II.4.Infrastructure liée à l'aéroport de Constantine	22
II.5.Les zones à statut particulier	25
II.6.Les procédures existantes	27
II.7.La région de contrôle "CTA" de Constantine	28
II.8.Situation géographique de Constantine.....	29
II.9. Statistique du trafic aérien.....	29
II.10.Choix de la piste 16/34 pour l'élaboration des procédures PBN	30
II.11.Conclusion	31
Chapitre III: Elaboration d'un schéma PBN pour l'aérodrome de Constantine	
III.1.Introduction	32
III.2.Elaboration d'une procédure d'attente pour le seuil 16/34.....	32
III.3.Elaboration des Procédures RNP APCH pour le QFU 16.....	35
III.3.1.Etude d'une procédure d'approche LNAV	35
III.3.2.Elaboration des procédures APV BARO (VNAV).....	44
III.4. La Réalisation d'un raccordement PBN/ILS (seuil 34).....	51
III.5.Elaboration des arrivées.....	54
III.5.1.Altitude d'arrivée en région terminale TAAs	54
III.5.2.Elaboration des STARs RNAV1.....	55
III.6.Elaboration des SID pour l'aérodrome de Constantine	56
III.6.1.Elaboration de deux SID Pour RWY 34	56
III.6.2.Elaboration des deux SID pour RWY 16.....	59
III.7 : Elaboration des procédures MVL.....	62
III.8 : Conclusion	66
Conclusion générale	67

Liste des figures

Chapitre I : le concept PBN et généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances

Figure I.1 : le concept RNP	3
Figure I.2 : le concept PBN	3
Figure I.3 : illustration des bénéfices de la PBN	4
Figure I.4 : concept de PBN.....	5
Figure I.5 : Désignations de spécification de navigation.....	6
Figure I.6: Configuration TAA en Y	17
Figure I.7 : Configuration TAA en T.....	18

Chapitre II : L'étude de l'existant de l'aérodrome de Constantine

Figure II.1 : l'aéroport de Constantine.....	21
Figure II.2: la situation géographique de Constantine	29

Chapitre III: Elaboration d'un schéma PBN pour l'aérodrome de Constantine

Figure III.1 : procédure d'approche aux instruments ILS RWY 34-Z-[6]	51
Figure III.2 : transition RNAV 1 à ILS angle d'interception 90 °	52
Figure III.3 : protection de virage à l'IF avec angle d'interception 90°	53

Liste des tableaux

Chapitre I : le concept PBN et généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances

Tableau I .1: Spécifications de navigation par phase de vol.....	7
Tableau I.2 : Opérations PBN et Senseurs.....	10
Tableau I.3: L'utilisation en fonction du type de WP.....	14
Tableau I.4: erreur technique de vol	15
Tableau I.5: valeurs tampons	16

Chapitre II : L'étude de l'existant de l'aérodrome de Constantine

Tableau II .1 : Les aides de radionavigation et d'atterrissage	24
Tableau II.2.les zones dangereuses	26
Tableau II.3.les zones interdites	26
Tableau II.4 : les zones réglementées	27
Tableau II.5 : les statistiques de trafic en 2017/2016/2017	29
Tableau II.6: Résultats statistiques du nombre des arrivées et départs.....	30

Chapitre III: Elaboration d'un schéma PBN pour l'aérodrome de Constantine

Tableau III.1 : Calculs liés à la construction du gabarit de circuit d'attente	34
Tableau III.2 : détermination de l'altitude minimale d'attente	34
Tableau III.3 : les données nécessaire de segment d'app initiale	35
Tableau III.4 : l'étude des obstacles de segment d'app initiale gauche	35
Tableau III.5 : l'étude des obstacles de segment d'app initiale gauche	36
Tableau III.6 : les paramètres de virage à IF avec un angle de 90 °	36
Tableau III.7 : les données nécessaire de segment d'app intermédiaire	37
Tableau III.8 : l'étude des obstacles de segment d'app intermédiaire gauche	38
Tableau III.9 : l'étude des obstacles de segment d'app intermédiaire droite	38
Tableau III.10 : les données nécessaire de segment d'app finale	38
Tableau III.11 : l'étude des obstacles de segment d'app finale gauche	38
Tableau III.12 : l'étude des obstacles de segment d'app finale droite.....	39
Tableau III.13 : les données nécessaires de segment d'API initiale.....	39
Tableau III.14 : l'étude des obstacles de segment API initiale.....	41
Tableau III.15 : les données nécessaires de segment API intermédiaire	41
Tableau III.16 : l'étude des obstacles de segment API intermédiaire	41

Tableau III.17 : les paramètres de virage de l'API finale	42
Tableau III.18 : traitement des obstacles de l'API finale	43
Tableau III.19 : Les minimums opérationnels LNAV	43
Tableau III.20 : données générales sur l'aérodrome.....	44
Tableau III. 21 : évaluation des obstacles des surfaces OAS	49
Tableau III.22 : les minimums opérationnels LNAV/VNAV.....	50
Tableau III.23 : les paramètres des deux virages.....	52
Tableau III.24: l'étude des obstacles pour chaque segment d'arrivée	55
Tableau III.25:Les paramètres de virage de 45 ° RWY 34.....	57
Tableau III.26: l'étude des obstacles dans l'aire de mise en virage	57
Tableau III.27 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.....	58
Tableau III.28: Les paramètres de virage de 170 ° (RWY 34).....	58
Tableau III.29 : Etude des obstacles dans l'aire de mise en virage	59
Tableau III.30 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.....	59
Tableau III.31: paramètres de virage 45pour RWY 16	60
Tableau III.32 : Etude des obstacles dans l'aire de mise en virage.	60
Tableau III.33 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.....	60
Tableau III.34: paramètres de virage de 160° pour RWY 16	61
Tableau III.35 : Etude des obstacles dans l'aire de mise en virage	61
Tableau III.36 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.....	62
Tableau III.37 : vitesses pour les manœuvres à vue	63
Tableau III.38 : les valeurs des MFO et OCH	64
Tableau III.39 : Détermination de rayon d'aire de manœuvre à vue	64
Tableau III.40 : détermination de l'OCH pour la MVL	65
Tableau III.42 : Les minimums opérationnels du MVL	65

Pour soulever les contraintes qu'engendre la navigation conventionnelle (rallongement des trajectoires, les erreurs de positionnement, les coûts d'implémentation, les volumes d'aires de protection important ...etc.) basées essentiellement sur les moyens de radionavigation au sol d'une part, et dû à la complexité du terrain de l'aérodrome de Constantine (en matière de présence de relief d'une élévation importante) le passage à une navigation plus performante et plus précise est une exigence. L'OACI a initié et depuis (année) le concept PBN ou navigation fondée sur les performances et a demandé à chaque état contractant de l'adopter. Dans le cadre de la mise en œuvre l'ENNA a été chargé de la conception des procédures de départ, arrivée et RNP APCH pour les cinq aérodromes (Constantine, Alger, Annaba, Hassi Messaoud, et Oran). Le projet consiste en l'élaboration d'un schéma de circulation comportant: une procédure d'attente point fixe, une approche RNP APCH, des SIDs et des STARs ainsi qu'un raccord RNAV1 /ILS.

Les questions que doivent être posées lors de notre étude sont :

- Quelles sont les exigences essentielles pour introduire la RNAV/RNP en Algérie ?
- Est-ce que la mise en œuvre de RNAV /RNP est nécessaire pour l'Aéroport de

Le mémoire sera organisé de la façon suivante :

Nous allons commencer par une introduction générale, suivie dans le premier chapitre par une présentation du concept PBN et des généralités sur les procédures de navigation fondées sur les performances.

Dans le deuxième chapitre, nous allons étudier l'environnement de l'aérodrome de Constantine.

Dans le troisième chapitre, nous allons présenter les étapes de conception des procédures fondée sur les performances : RNP APCH de type LNAV avec configuration en T ainsi que le type LNAV/VNAV, des SID RNAV-1 et des STAR RNAV-1.

Et aussi l'élaboration d'un raccordement ILS-PBN et des MVL.

Nous allons terminer enfin par une conclusion générale et des perspectives.

I.1.Introduction :

En raison de défaillances de la méthode de navigation conventionnelle (rallongement des trajectoires, coûts d'implémentation des aides au sol....) et pour soutenir et encourager le déploiement d'une navigation aérienne basée essentiellement sur les moyens satellitaires, l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) a développé le concept "PBN" et a demandé à chaque pays d'établir son plan de mise en œuvre.

I.2.Le concept PBN :

La navigation classique dépend d'aides radio situées au sol. Elle est le pilier de l'aviation depuis soixante dix ans [2], ce qui veut dire que pilotes, exploitants, constructeurs et ANSP connaissent tous : la technologie, l'avionique, l'instrumentation, les opérations, la formation et les performances qui s'y rapportent.

La navigation fondée sur les performances (PBN) repose sur les principes de la navigation de surface. Diverses méthodes de navigation de surface existent depuis longtemps, mais la généralisation de la navigation de surface comme mode premier de navigation est un phénomène assez récent. Le concept de PBN vise à mieux définir l'utilisation des systèmes de navigation de surface. Il est appelé à remplacer bien des routes de navigation classique d'ici une vingtaine d'années [2].

Les principes fondamentaux de la PBN sont relativement simples, et le processus d'approbation opérationnelle n'est compliqué ni pour le demandeur, ni pour l'autorité de réglementation. Néanmoins, le passage à une nouvelle technologie, un nouveau mode de navigation, de nouveaux concepts opérationnels et des opérations guidées par des données demande à être géré avec soin. Le processus d'approbation opérationnelle PBN a pour but de garantir, au niveau approprié, la supervision de toutes les opérations PBN dans un environnement où existent actuellement de nombreuses variables dans les réglementations nationales et dans l'expérience acquise du matériel, des études techniques et des questions opérationnelles concernées. De la sorte, les avantages que procure la PBN pourront être obtenus de façon cohérente et en sécurité.

I.2.1.Historique de la navigation fondée sur les performances :

A la 36^{ème} session de l'assemblée de l'OACI en 2007, les représentants des états ont adopté la résolution A36-23, qui priait instamment tous les états membres de l'OACI de mettre en œuvre des routes ATS et des procédures d'approches RNAV et RNP conformes aux éléments d'orientation et aux spécifications de navigation fondée sur les performances (PBN) de l'OACI [3].

I.2.2. Origine de la PBN [5]:

La RNAV basée sur le concept RNP OACI tel que défini dans le « Manuel RNP » pouvait être interprétée d'un grand nombre de façons différentes. En effet un état ou industriel peut choisir pour une même opération :

- RNP x, x variable
- RNP avec ou sans intégrité
- Spécifications de fonctions RNAV très diverses

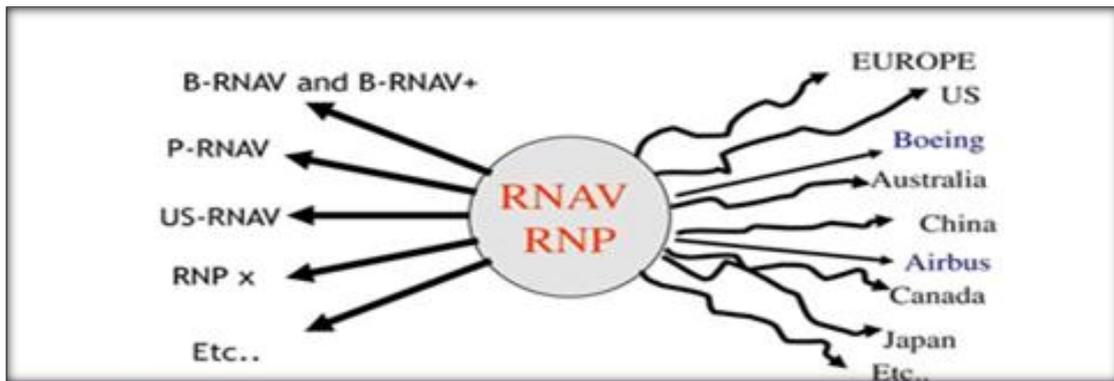


Figure I.1 : le concept RNP [5].

Cette situation était très pénalisante pour l'aviation, l'OACI a donc décidé, suite à la 11ème Conférence de la Navigation Aérienne (2004), de remplacer le concept RNP du « Manuel RNP » par le concept PBN.

- **Objectif:** Définir un concept intégré de navigation de surface: PBN.

Nouveau document de référence: « Performance Based Navigation manual » publié début 2007[5].

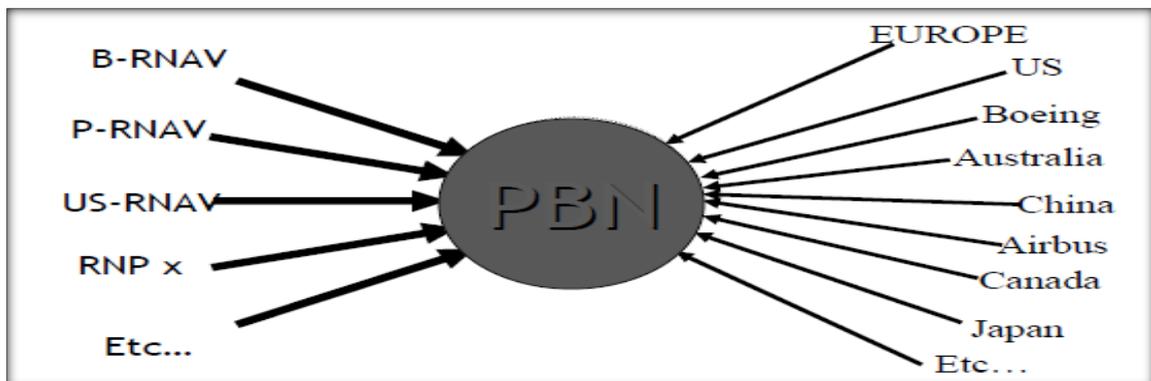


Figure I.2 : le concept PBN [5].

I.2.3. Avantages [2] :

La PBN est une méthode de navigation qui permet d'exploiter un aéronef sur toute trajectoire de vol souhaitée, ce qui permet plus de souplesse et une plus grande efficacité des opérations aériennes par rapport aux itinéraires traditionnels fixes utilisant des NAVAID au sol. Une PBN offre certains avantages, notamment :

- a) réduit la nécessité de maintenir des routes et des procédures à capteurs spécifiés, avec les coûts connexes ;
- b) évite d'avoir à mettre au point des opérations à capteurs spécifiés à chaque évolution nouvelle des systèmes de navigation, ce qui aurait un coût prohibitif ;
- c) permet une utilisation plus efficace de l'espace aérien (choix de l'emplacement des routes, efficacité énergétique, atténuation du bruit, etc.) ;
- d) clarifie la façon dont sont utilisés les systèmes RNAV et RNP ;
- e) facilite le processus d'approbation opérationnelle pour les exploitants, en apportant une série limitée de spécifications de navigation destinées à être utilisées à l'échelle mondiale.



Figure I.3 : illustration des bénéfices de la PBN [5].

I.2.4. Contexte de la PBN :

La PBN est un des éléments habilitants d'un concept d'espace aérien, dont les communications, la surveillance ATS et l'ATM sont aussi des éléments essentiels, comme le montre la Figure I.4 La PBN s'appuie sur l'utilisation d'un système de navigation de surface et comprend trois composantes :

- 1) l'infrastructure NAVAID ;
- 2) la spécification de navigation ;
- 3) l'application de navigation [2].

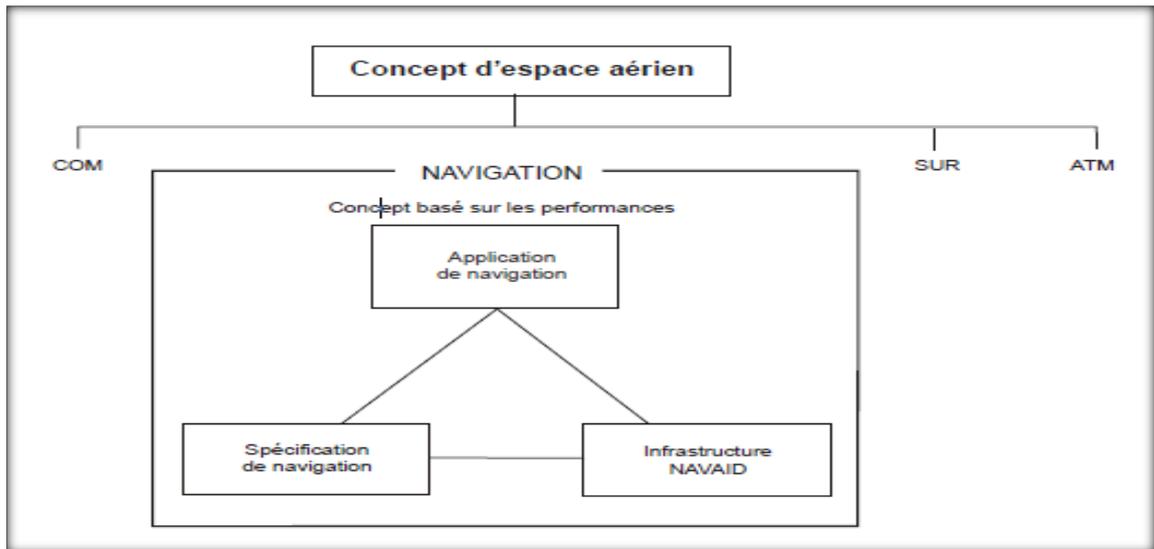


Figure I.4 : concept de PBN [2].

1-Infrastructure NAVAID :

À noter que le terme « infrastructure NAVAID » couvre à la fois les aides radio basées au sol et les aides spatiales. Les NAVAID au sol comprennent le DME et le VOR. Les NAVAID spatiales comprennent les éléments du GNSS définis dans l'Annexe 10 (Télécommunications aéronautiques) [2].

2- Applications de navigation :

Une application de navigation représente la mise en pratique d'une spécification de navigation dans le contexte de l'infrastructure NAVAID à des routes ATS, à des procédures d'approche aux instruments ou à un volume d'espace aérien défini, en conformité avec le concept d'espace aérien. Une application RNP correspond donc à une spécification RNP. De même, une application RNAV correspond à une spécification RNAV [2].

3- La spécification de navigation : c'est un ensemble de conditions à remplir par un aéronef et un équipage de conduite pour l'exécution de vols en navigation fondée sur les performances dans un espace aérien défini[2].

Selon la PBN, une spécification de navigation s'entend soit d'une spécification de qualité de navigation requise (RNP) ou d'une spécification de navigation de surface (RNAV) :

-- **spécification RNAV :** une spécification de navigation fondée sur la navigation de surface qui ne prévoit pas une obligation de surveillance et d'alerte à bord en ce qui concerne les performances et qui est désignée par le préfixe RNAV.

-- **spécification RNP**: une spécification de navigation fondée sur la navigation de surface qui prévoit une obligation de surveillance et d'alerte à bord en ce qui concerne les performances et qui est désignée par le préfixe RNP.

3.1. Désignation des spécifications RNP et RNAV [2] :

Pour les opérations en région océanique, en zone continentale éloignée, en route et en région terminale, une spécification RNP porte la désignation RNP X, par exemple RNP 4. Une spécification RNAV porte la désignation RNAV X, par exemple RNAV 1. Pour deux spécifications de navigation partageant une même valeur de X, la distinction peut se faire au moyen d'un préfixe. Pour une spécification de navigation qui couvre plusieurs phases de vol avec différentes exigences de précision de navigation latérale — en milles marins — selon la phase, on utilisera un préfixe, mais pas de suffixe, par exemple A-RNP (voir Figure I.5).

Pour les désignations tant RNP que RNAV, le suffixe « X » (s'il est présent) se rapporte à la précision de navigation latérale (TSE) en milles marins, qui est présumée maintenue pendant au moins 95 % du temps de vol par toute la population d'aéronefs évoluant dans l'espace aérien, sur la route ou selon la procédure (voir Figure I.5)

Approche :

Les spécifications de navigation relatives à l'approche portent sur tous les segments de l'approche aux instruments.

Les spécifications RNP sont désignées en utilisant RNP comme préfixe et un suffixe textuel abrégé, par exemple RNP APCH ou RNP AR APCH. Il n'existe pas de spécifications d'approche RNAV.

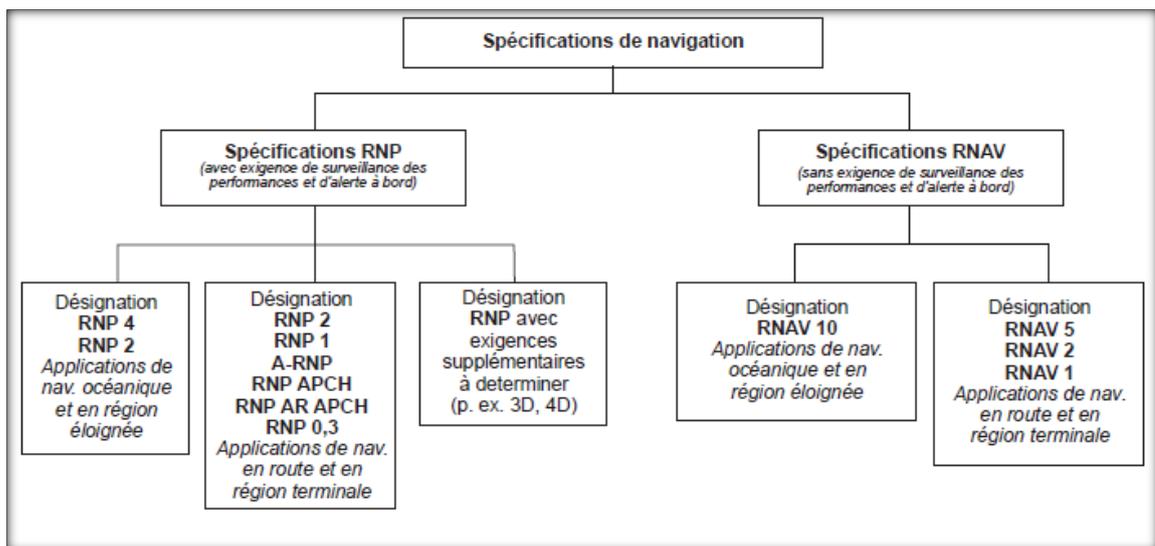


Figure I.5 : Désignations de spécification de navigation.

I.2.5. Les applications de la navigation PBN pour les différentes phases de vol :

Les spécifications de navigation possibles en fonction des phases de vol, sont présentées dans le tableau suivant :

Phase de vol		Spécification de navigation PBN
départ		RNAV2, RNAV1, RNP1(SID), A-RNP 1(SID), RNP 0.3 (hélicoptère)
En route, continental		RNAV5, RNAV2, RNAV1, RNP2, A-RNP2/1, RNP 0.3 (hélicoptère)
arrivée		RNAV5, RNAV2, RNAV1, RNP1(STAR), A-RNP1(STAR), RNP 0.3 (hélicoptère)
approche	initiale	RNAV1, RNP1, A-RNP1, RNP APCH, RNP APCH AR, RNP 0.3 (hélicoptère)
	intermédiaire	RNAV1, RNP1, A-RNP1, RNP APCH, RNP APCH AR, RNP 0.3 (hélicoptère)
	finale	A-RNP 0,3, RNP APCH, RNP APCH AR 0,3/0,1
	interrompue	RNAV1, RNP1, A-RNP1, RNP APCH, RNP APCH AR, RNP 0.3 (hélicoptère)

Tableau I.1 : Spécifications de navigation par phase de vol [1].

Note :

- RNP1 : utilisée pour appuyer des opérations RNP dans le cadre de SID, de STAR et d’approche jusqu’au FAF /FAP sans surveillances ATS limitée et en présence d’une circulation de densité moyenne a faible.
- RNP2 : utilisé pour appuyer des opérations RNP dans la phase de croisière en espace aérien océanique, éloigné ou continental.
- RNP4 : est conçu pour l’espace aérien océanique ou éloigné, où l’infrastructure de NAVAID terrestre n’est pas disponible
- RNP10 : est utilisé pour appuyer les opérations RNAV dans le cadre de la phase de croisières pour permettre des miniums de séparations latérales et longitudinales dans un espace aérien océanique ou éloigné.
- RNP5 : utilisée pour appuyer des opérations RNAV dans le cadre de certains segments d’arrivée et de départ.
- RNAV1 : utilisé pour appuyer des opérations RNAV dans le cadre de SID, de STAR et d’approche jusqu’au FAF /FAP
- RNP APCH : utilisée pour appuyer des approches aux minimums LNAV, LNAV/VNAV, LP et LPV.
- RNP(AR) APCH : utilisée pour appuyer des approches RNP dont l’ensemble des segments y compris le segment d’approche finale, constitués de segments

rectilignes et /ou de segment a rayon fixe et avec des valeurs de RNP pouvant être égales a 0,3 NM ou moins en finale et 1NM ou moins sur les autres segments de l'approche [1].

I.2.6.RNAV GNSS :

GNSS (Global Navigation Satellite System) :

Le système de positionnement par satellites est un ensemble de composants reposant sur une constellation de satellites artificiels permettant de fournir à un utilisateur par l'intermédiaire d'un récepteur portable de petite taille sa position 3D, sa vitesse et une information du temps. Cette catégorie de systèmes de géo positionnement se caractérise par une précision décimétrique, sa couverture mondiale et la compacité des terminaux certains systèmes d'augmentation et de fiabilisation de portée régionale ou mondiale, gratuits ou payant, permettant de fiabiliser et d'améliorer encore la précision disponible (DGPS, EGNOSetc.).

Les systèmes de renforcement (d'augmentation) GNSS :

Pour assurer des performances de précision et de sécurité garanties, des signaux supplémentaires sont émis par des satellites ou des balises de correction, appelés systèmes d'augmentation.

1. Systèmes d'augmentation au sol (GBAS) :

Le GBAS fournit une surveillance d'intégrité GNSS a partir des donnée obtenues au sol .Ils augmentent également la précision de la navigation par satellite, ouvrant la voie a l'approche de précision GNSS et a l'atterrissage .une station au sol a l'aéroport transmet des correction locales ,des données d'intégrité et des données d'approche pertinentes aux aéronefs situées dans la zone terminale de la bande VHF .

2. Systèmes d'augmentation au niveau des aéronefs (ABAS) :

L'augmentation de l'avion peut fournir des informations GNSS si nécessaire pour des moyens de navigation supplémentaires .Un ABAS est essentiellement un système qui augmente et /ou intègre les informations obtenues a partir des autres éléments GNSS avec des informations disponibles a bord de l'avion.

Le système d'augmentation basé sur l'avion peut être mis en œuvre par :

- ✓ Surveillance d'intégrité autonome de récepteur (RAIM), grâce à un processeur récepteur GNSS détermine l'intégrité de la position GNSS à l'aide de signaux GPS ou de signaux GPS augmentés d'altitude.
- ✓ Surveillance de l'intégrité autonome de l'avion (AAIM), grâce au signal GNSS est intégrée a d'autre capteurs de navigation, tels que le système de navigation

inertielle (INS qui peut effectuer une vérification de l'intégrité des données GNSS lorsque RAIM n'est pas disponible.

3. Systèmes d'augmentation au niveau des satellites (SBAS) :

Les systèmes SBAS implémentés dans plusieurs régions améliorent la précision, la fiabilité et l'intégrité du signal GPS. Les navigateurs GNSS-SBAS qui respectent les réglementations des organisations internationales (comme l'OACI, la FAA, Eurocontrol peuvent être utilisés uniquement pour naviguer pour toutes les phases du vol, y compris une approche de précision dans les aéroports.

Les systèmes SBAS offrent aux aéroports la possibilité d'acquérir une capacité d'approche du système d'atterrissage aux instruments (ILS) sans l'achat ou l'installation d'un équipement de navigation au sol à l'aéroport.

Les procédures d'approche orientées verticalement SBAS sont considérées comme LPV (performance localizer avec guidage vertical et fournissent des minimums d'approche équivalente ILS (Instrument landing system) à moins de 200 pieds dans les aéroports admissibles. Les minimums réels sont basés sur l'infrastructure actuelle d'un aéroport, ainsi qu'une évaluation de toute obstruction existante.

La mise en place récente des systèmes SBAS (satellite based augmentation system) est une première étape dans le sens d'établir un système GNSS mondial. Il s'agit d'un ensemble de satellites géostationnaires destinés à renseigner en temps réel les utilisateurs de GPS sur la qualité de signaux qu'ils reçoivent. Trois ensembles ont actuellement en activité ; EGNOS (Européen Géostationnaire Navigation Overlay Service) pour les Etats-Unis, CWAAS pour le Canada, et le MSAS (Multi functional transport satellite space-based augmentation system appelé aussi QZSS ; Quasi –zénith satellite system) pour le Japon.

Utilisation opérationnelle d'un récepteur GNSS :

- Les aéronefs équipés d'un récepteur GNSS autonome sont considérés comme équipés RNAV avec un suffixe approprié à indiquer dans le plan de vol et une information de panne à signaler immédiatement.

- Protection des procédures GNSS ELLE repose sur les hypothèses suivantes :

- Avant un vol, le pilote s'assure que l'équipement GNSS et l'installation ont été agréés et certifiés pour le vol prévu.
- Le pilote respecte les procédures spécifiques de mise en route et d'autocontrôle du récepteur GNSS qui sont énoncées dans les consignes d'utilisation.

4. EGNOS :

Chapitre I généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances (PBN)

EGNOS est un système de correction du GPS assurant la couverture d'une zone centrée sur l'Europe. ce système ESTB(EGNSOS System test bed) a pour vocation de rendre disponible en temps réel ,grâce a des satellites géostationnaires de télécommunication ,des corrections différentielles (troposphère ,ionosphère) ainsi qu'une information d'intégrité .les signaux transmis sont semblables a ceux de GPS . Pour les utilisateurs ces satellites apparaissent comme de satellites GPS supplémentaires. L'objectif d'EGNOS est donc de permettre l'utilisation du GPS en toute sécurité, y compris dans des domaines critiques, comme par exemple le guidage d'un avion par GPS en phase finale d'atterrissage.

I.2.7.Opération PBN et senseurs :

Le tableau suivant indique les capacités de navigation en fonction de la disponibilité des capteurs de bord :

	RNAV 5	SID RNAV1 STAR RNAV1 INA RNAV 1	RNP APCH		
			NPA	APV Baro VNAV	APV SBAS
VOR/DME	✓				
DME/DME (INS)	✓	✓			
ABAS	✓	✓	✓	✓	
SBAS	✓	✓	✓	✓	✓

Tableau I.2 : Opérations PBN et Senseurs.

Remarque :

Les approches RNP APCH ne reposent que sur l'utilisation de capteurs satellitaires

I.2.8.Plan algérien de mise en œuvre de la PBN :

Le plan suivant est proposé pour la mise en œuvre des opérations PBN en FIR Alger. Il est établi sur trois périodes : court terme (2015/2019), moyen terme (2020/2024) et long terme (2025 et après). Les objectifs et les moyens envisagés pour les atteindre sont précisés pour les différentes phases de vol.

A. Court terme (2015/2019) :

Cette première phase constitue une transition partant de l'existant en termes de moyens terrestre et de moyens à bords. Ses objectifs sont:

1. mettre en place les instances de travail définies pour valider avec l'ensemble des acteurs les hypothèses de travail,

2. poursuivre le déploiement déjà amorcé de certaines opérations PBN dans les différents types d'espaces aériens en FIR Alger, en fonction des priorités identifiées.

Les différentes spécifications de navigation retenues pour accompagner cette transition sont, par domaine :

- En route: RNAV-5 ;
- Espace terminal : RNAV-1 ;
- Approche : RNP APCH

En- Route : Le réseau fondé sur la spécification de navigation RNAV-5 sera déployé durant ce terme (court terme) en FIR Alger.

Espace terminal : Actuellement toutes les routes RNAV implémentées en espace terminal en FIR Alger sont de type conventionnel. Le réseau fondé sur la spécification de navigation RNAV-1 ou RNP-1 de base sera déployé durant ce terme (court terme).

L'Algérie s'engage dans la mise en œuvre progressive des trajectoires RNAV-1 dans les régions de contrôle terminales avec surveillance radar.

La mise en œuvre de trajectoires RNAV-1 doit s'étendre progressivement à tous les espaces terminaux pour accroître les bénéfices opérationnels des usagers ayant la capacité RNAV-1.

Durant cette phase un retrait progressif de certains moyens de radionavigation en remplaçant certaines trajectoires conventionnelles par les nouvelles trajectoires RNAV1 ou RNP 1. Toutefois, ce processus de rationalisation doit être pondéré et l'étude sera menée en coordination avec les opérateurs aériens concernés.

La robustesse du système de remplacement déterminera également le calendrier d'allègement du réseau de moyens de radionavigation, autour d'un réseau minimal à définir et à faire évoluer en fonction des nouveaux moyens satellitaires de navigation disponibles et des procédures publiées

Approche : Les objectifs visés sont la publication, d'ici fin 2019 (GNSS est obligatoire) d'approches RNAV(GNSS) sur l'ensemble des extrémités de pistes des aéroports IFR contrôlés dotés de services d'approche (DAAG, DAOO, DABB, DABC et DAUH) dont un certain nombre avec guidage vertical (APV Baro-VNAV).

Les éléments suivants seront pris en compte pour établir le plan de publication au cours des années à venir :

- besoin d'amélioration de la sécurité (publication d'une APV sur des aéroports où aucune procédure avec guidage vertical n'est disponible) ;

- possibilité de retrait d'aides à la navigation aérienne;
- données disponibles (par exemple relevés d'obstacles récents) ;
- niveau d'approbation et d'équipement de la piste.

Durant cette phase des études peuvent être initiées également pour la mise en œuvre de procédures RNP-AR APCH sur les aérodromes dont l'environnement opérationnel est complexe.

Déployées sur les pistes disposant déjà d'un ILS, ces approches s'avèreront utiles en secours lors des périodes de panne ou de maintenance programmée des ILS. En l'absence d'ILS, elles permettront d'accroître la sécurité lors des phases d'approche finale.

De même certaines procédures ILS Cat I pourraient être remplacées par une procédure APV. Ces analyses seront menées au cas par cas. Les éléments suivants devront être pris en compte:

- ✓ environnement (obstacles) ;
- ✓ équipement des usagers fréquentant l'aérodrome ;
- ✓ rentabilité économique (trafic justifiant le maintien de l'installation) ;

B. Moyen terme (2020/2024)

Cette seconde phase doit consolider les choix et hypothèses de la phase initiale « le court terme ». L'objectif principal est de renforcer les changements induits par cette première phase et d'améliorer les bénéfices dus aux trajectoires PBN par la mise en œuvre de spécifications de navigation plus précises.

Les différentes spécifications de navigation retenues pour accompagner cette phase sont :

- en route : RNAV-5 (réflexions lancées sur l'application de l'Advanced RNP);
- espace terminal : RNAV-1 (réflexions lancées sur l'application de l'Advanced RNP);
- approche : RNP APCH et RNP AR APCH.

En- Route : L'utilisation des spécifications en espace supérieur continuera à être étudiée pour application au cas par cas en fonction des besoins.

Des premières réflexions seront menées à cette fin, pour analyser les bénéfices et l'opportunité d'utiliser de nouvelles spécifications de navigation pour le réseau En-route, telles que la future "Advanced RNP", de manière à réduire l'espacement entre les routes et à améliorer l'écoulement du trafic.

Espace terminal : Afin d'accroître l'écoulement du trafic grâce à un plus grand nombre de trajectoires indépendantes, le déploiement de la RNAV1/ RNP1 sera généralisé au niveau des espaces terminaux.

Ce déploiement sera également accompagné d'un déploiement accru d'opérations en descente ou en montée continue.

Enfin, comme pour l'en-route, les premières réflexions seront menées pour analyser les bénéfices et l'opportunité d'utiliser de nouvelles spécifications de navigation pour les zones terminales, comme la future "Advanced RNP". L'utilisation de meilleurs niveaux de précision mais également de fonctionnalités avancées (virage à rayon constant RF) pourrait en effet permettre d'offrir de nouvelles solutions de conception dans des TMA aux environnements opérationnels complexes.

Les trajectoires d'arrivée et de départ RNAV1 seront conçues pour réduire la distance parcourue et permettre des profils de vol optimisés au décollage et à l'atterrissage.

Ces trajectoires RNAV1 ou RNP 1 vont améliorer l'efficacité de la conduite des opérations de descente et de montée continue qui permettent de conduire le vol à l'arrivée ou au départ d'un aéroport en évitant les paliers et en réduisant la sollicitation des moteurs.

Ces restructurations de l'espace aérien permettront d'évaluer l'opportunité du maintien de certains moyens de navigation de type NDB ou VOR utilisés uniquement pour les opérations en-route ou en zones terminales. Toutefois, ce processus de rationalisation doit être pondéré et l'étude sera menée en coordination avec les opérateurs aériens.

Approche : Cette phase devrait conclure la mise en œuvre de procédures RNAV(GNSS) (GNSS est obligatoire) sur l'ensemble des extrémités de piste des aéroports internationaux, avec un nombre croissant de procédures de type APV qui pourront être utilisées par une communauté croissante d'opérateurs aériens ayant acquis une capacité SBAS ou Baro-VNAV.

De nouvelles procédures RNP AR APCH pourront potentiellement être publiées sur les aéroports ayant des environnements opérationnels complexes.

Comme pour le cas des moyens utilisés pour les opérations "en-route" ou en "zones terminales", cette phase devrait permettre d'aboutir à la mise en place d'un premier réseau réduit de moyens de radionavigation utilisés pour l'approche (ILS Cat 1, VOR et NDB), au moins en ce qui concerne les aéroports internationaux.

Toutefois, ce processus de rationalisation doit être pondéré et l'étude sera menée en coordination avec les opérateurs aériens.

C. Long terme (2025 et après)

Cette troisième phase se caractérisera par la mise en œuvre du règlement dénommé “IR PBN” et en particulier par la mise en vigueur de l’obligation d’emport qui sera définie par ce règlement.

Cette phase devrait donc permettre une nouvelle étape de rationalisation du réseau d’installations sol défini jusqu’alors (ILS, VOR et DME).

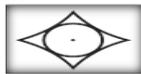
I.3. généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances :

I.3.1.critères de conception :

Les types des points de cheminement :

Deux types de point de cheminement sont examinés :

- a. point de cheminement par le travers ;



- b. point de cheminement à survoler.



Le tableau suivant résume l’utilisation en fonction du type de WP :

Repère	FB	FO
IAF	✓	✓
IF	✓	✓
FAF	✓	✓
MAPT		✓
MAHWP		✓
HWP		✓
AWP	✓	✓
DWP	✓	✓

Tableau I.3: L’utilisation en fonction du type de WP [5].

Longueur de segment :

Quatre séquences sont possibles dans le cas d’un segment limité par deux points de cheminement :

- a) deux points de cheminement par le travers

Chapitre I généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances (PBN)

- b) point de cheminement par le travers, puis point de cheminement à survoler
- c) deux points de cheminement à survoler
- d) point de cheminement à survoler, puis point de cheminement par le travers

Erreur technique de vol :

Les valeurs de FTE 95 % à partir desquelles les critères de conception d'applications PBN ont été établis sont détaillées dans le Tableau I.4 :

Phase de vol	FTE (95%)
Croisière [distance supérieure ou égale à 56 km (30 NM) du point de référence (ARP) de l'aérodrome de départ ou de destination]	RNAV 5 – 4 630 m (2,5 NM) RNP 4 – 3 704 m (2 NM) RNAV 2 – 1 852 m (1 NM) RNAV 1 – 926 m (0,5 NM) RNP 1 – 926 m (0,5 NM)
Terminale [SID, STAR, approches initiale et intermédiaire à moins de 56 km (30 NM) de l'ARP]	RNAV 2 – 1 852 m (1 NM) RNAV 1 – 926 m (0,5 NM) RNP 1 – 926 m (0,5 NM) RNP APCH – 926 m (0,5 NM)
Approche finale	RNP APCH – 463 m (0,25 NM)
Approche interrompue	RNP APCH – 926 m (0,5 NM)

Tableau I.4: erreur technique de vol [1].

Valeurs tampons :

Les valeurs des tolérances d'écart latéral RNAV et RNP sont calculées à partir de la NSE et de la FTE. Les valeurs tampons (BV) sont indiquées dans le tableau I.5 :

<i>Phase de vol</i>	<i>BV CAT A-E</i>
Croisière, SID et STAR [distance supérieure ou égale à 56 km (30 NM) par rapport au point de référence (ARP) de l'aérodrome de départ ou de destination]	3 704 m (2,0 NM)
Terminale [STAR, approches initiale et intermédiaire à moins de 56 km (30 NM) de l'ARP, SID et approches interrompues à moins de 56 km (30 NM) de l'ARP mais à plus de 28 km (15 NM) de l'ARP]	1 852 m (1,0 NM)
Approche finale	926 m (0,5 NM)
Approches interrompues et SID jusqu'à 28 km (15 NM) de l'ARP	926 m (0,5 NM)

Tableau I.5: valeurs tampons [1].

I.3.2. Procédure d'attente :

Pour éviter l'encombrement, un seul circuit d'attente devrait être établi pour chaque procédure. L'emplacement normal serait à un des IAF. Le point de cheminement d'attente est traité comme un point de cheminement à survoler.

Types de procédures d'attente en RNAV

On distingue deux types de procédures d'attente en RNAV :

1. attente en RNAV avec un seul point de cheminement :
2. attente dans une aire RNAV.

Procédures d'entrée :

Attente en RNAV avec un point de cheminement

Les procédures d'entrée dans une attente en RNAV avec un point de cheminement seront les mêmes que celles qui sont utilisées pour l'attente conventionnelle.

Attente dans une aire

Toute procédure d'entrée qui est contenue à l'intérieur de l'aire donnée est admissible.

I.3.3: Généralités sur les procédures RNP APCH :

Les types de procédures RNP APCH:

Il ya quatre type :

- LNAV : Le guidage vertical est assuré par les signaux électromagnétiques du système mondial de la navigation par satellite (GNSS);
- LNAV/VNAV : Le guidage latéral est assuré par les signaux électromagnétiques du GNSS et le guidage vertical par la navigation barométrique verticale (Baro-VNAV) ou par les signaux électromagnétiques du GNSS;
- LP (Performance d'alignement de piste) : Le guidage latéral équivalent à une approche selon l'alignement de piste est assuré par les signaux électromagnétiques du GNSS renforcé;
- LPV (Performance d'alignement de piste avec guidage vertical) : le guidage latéral et vertical est assuré par les signaux électromagnétiques du GNSS renforcé.

I.3.4: Les arrivées RNAV :

1. Altitude d'arrivée en région terminale TAAs

Des altitudes minimales d'arrivée en région terminale (TAA) sont normalement fixées pour chaque aéroport où des procédures d'approche aux instruments RNAV fondées sur la configuration en «T» ou en «Y»; cependant une altitude minimale de secteur (MSA) peut être établie au lieu d'une TAA si elle s'avère plus appropriée.

Les points de référence d'une aire de TAA sont le repère d'approche initiale et/ou le repère d'approche intermédiaire ;

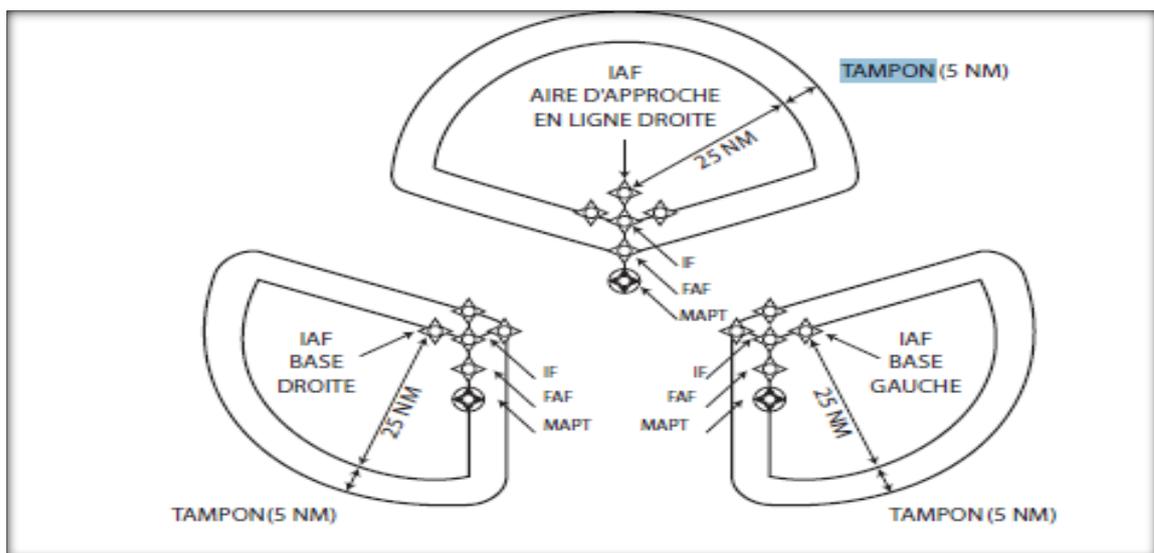


Figure I.6: Configuration TAA en Y [1].

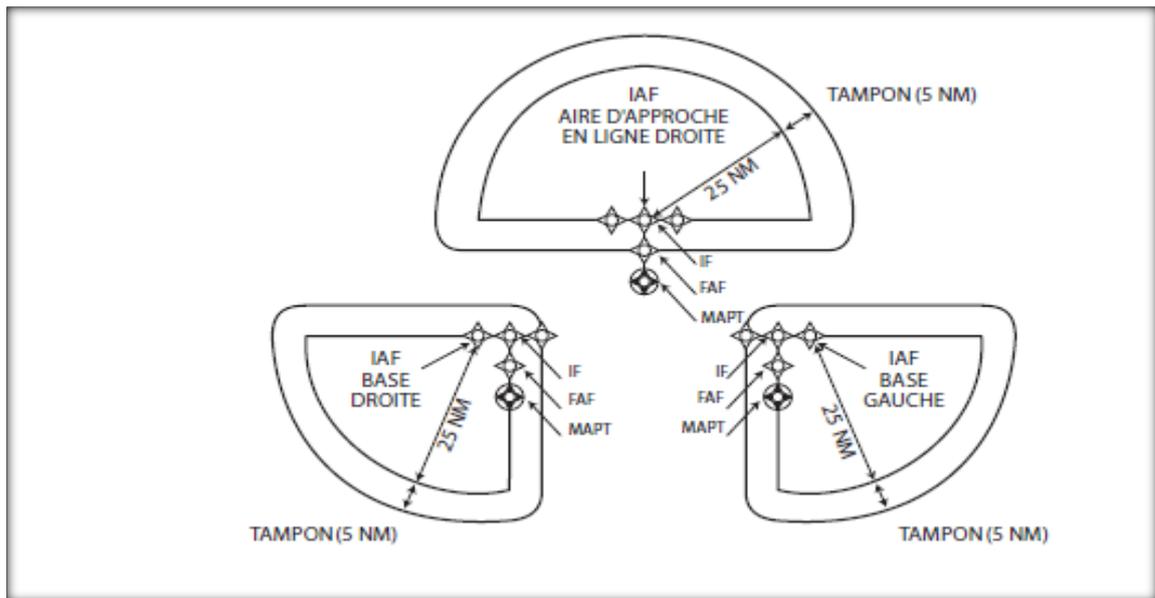


Figure I.7 : Configuration TAA en T [1].

2. Procédures d'arrivées normalisées aux instruments « RNAV » :

Les routes d'arrivée normalisée aux instruments (STAR) devraient être simples et faciles à comprendre, et seuls les moyens de navigation, repères ou points de cheminement essentiels pour la définition de la trajectoire de vol d'un aéronef et pour les besoins des services de la circulation aérienne (ATS) seront inclus dans la procédure.

I.3.5. Procédures de départs normalisées aux instruments :

Généralités :

Une procédure de départ prévoit une marge de franchissement d'obstacles immédiatement après le décollage, jusqu'à ce que l'aéronef intercepte un segment en route. Les procédures de départ incluent, sans s'y limiter, des routes de départ normalisé et les procédures correspondantes. Une procédure de départ n'est pas déterminée uniquement en fonction des impératifs de franchissement d'obstacles, mais peut aussi être requise pour des motifs de contrôle de la circulation aérienne, de gestion de l'espace aérien et d'autres raisons (par exemple atténuation du bruit).

Début de la procédure de départ :

Dans le cas des avions, la procédure de départ commence à l'extrémité départ de la piste (DER), qui correspond à l'extrémité de l'aire déclarée adéquate pour le décollage (c'est-à-dire l'extrémité de la piste ou, le cas échéant, du prolongement dégagé).

Chapitre I généralités sur les procédures de navigation fondée sur les performances (PBN)

Étant donné que le point d'envol varie, et afin de protéger les virages avant la DER, l'aire protégée commence en un point situé à 600 m du début de la piste. Cela est basé sur l'hypothèse que la hauteur minimale de virage à 120 m (394 ft) au-dessus de l'altitude topographique de la DER pourrait être atteinte à 600 m du début de la piste.

Note :

L'altitude topographique de la DER est l'altitude de l'extrémité de la piste, ou l'altitude de l'extrémité du prolongement dégagé si cette dernière est plus élevée.

Fin de la procédure de départ :

La procédure de départ prend fin au point où la route rejoint le segment suivant et où la PDG atteint l'altitude/hauteur minimale autorisée pour la phase de vol suivante (en route, attente ou approche).

I.4. Conclusion :

La navigation fondée sur les performances (PBN) devra être appliquée à l'emplacement de la navigation conventionnelle puisque étant meilleur en matière de sécurité et permettra aux aéronefs d'emprunter des routes plus directes et plus précises. Il en résultera une amélioration marquée de la consommation de carburant.

II.1.Introduction

Le présent chapitre donne une description détaillée (liée à la conception des procédures D'approche) de l'aérodrome de Constantine, l'analyse de l'existant va nous permettre de Ressortir les lacunes pour pouvoir les résoudre dans la partie qui suit ce chapitre.

II.2.Présentation de l'aérodrome :

L'aéroport de Constantine est un aéroport civil international construit en 1943 pour l'armée américaine situé à 5.4 Nm au sud de la ville. [8]

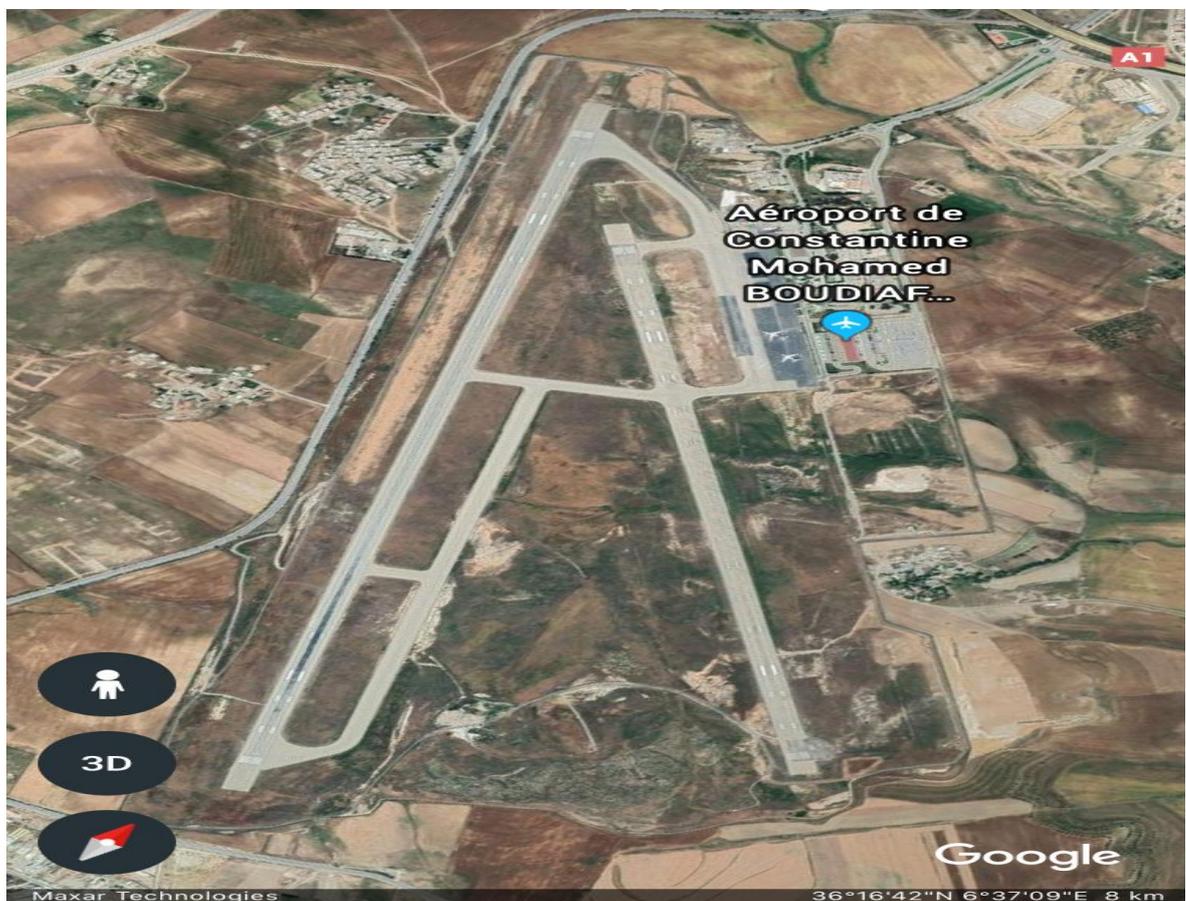


Figure II.1 : l'aéroport de Constantine (Google Earth)

II.3.Renseignements généraux sur l'aéroport de Constantine [8] :

- Nom de l'aérodrome : Constantine /Mohamed Boudiaf
- Code IATA : CZL
- Code OACI : DABC
- Pays : Algérie
- Ville desservie : Constantine
- Type d'aéroport : civile
- Gestionnaire : EGSA de Constantine
- Altitude : 706m /2316ft
- Température : 33.6 °C
- Coordonnées du point de référence :
 - ❖ Latitude : 36° 17' 07'' N
 - ❖ Longitude : 06° 37'09''E
- Déclinaison magnétique : 2°E (2017)
- Type de trafic autorisé : IFR/VFR
- Classification de l'espace aérien : D

II.4.Infrastructure liée à l'aéroport de Constantine [6]:**II.4.1.Les pistes :**

L'aéroport de Constantine dispose de deux pistes convergentes construites en dur. La piste principale (16/34) est en béton bitumineux et l'autre piste (13/31) en asphalte, les deux pistes sont des pistes de précision et utilisées pour le décollage et l'atterrissage et desservies par un ILS catégorie 1.

A. Piste principale : 16/34

C'est la piste la plus fréquentée qui est caractérisée par :

- Dimension : 3000 m × 45 m

- Résistance (PCN) et revêtement de la piste et SWY : 93 F/D/W/T Béton bitumineux
- Dimension de bande : 3200 m × 300 m
- Dimension de SWY : 100 m × 45 m
- Pente de la piste et SWY : RWY 16 : 0 %
RWY 34 : 0,054 %
- Altitude de seuil : RWY 16 : 705 m
RWY 34 : 706 m

➤ **Les distances déclarées :**

Au niveau de cette piste il y a un prolongement d'arrêt (stopway) mais pas de prolongement dégagé (clearway), donc les distances seraient comme suivantes :

- RWY16: TORA = TODA = LDA = 3000m

$$ASDA = 3100m$$

- RWY34: TORA = TODA = LDA = 3000m

$$ASDA = 3100 m$$

B. Piste secondaire 13/31 :

Cette piste est caractérisée par :

- Dimension : 2400m×45m
- Résistance (PCN) et revêtement de la piste et SWY : 54 F/C/W/T Asphalte
- Dimension de bande : 2600m×200m
- Dimension de SWY : 60m×45m
100m×45m
- Pente de la piste et SWY : RWY13 : -0,6%
RWY31 : +0,6%
- Altitude de seuil : RWY 13 : 702m
RWY 31 : 687m

➤ **Les distances déclarées :**

Au niveau de cette piste il y a un prolongement d'arrêt (stopway) mais pas de prolongement dégagé (clearway), donc les distances seraient comme suivantes :

- RWY 13: TORA=TODA=LDA=2400m

ASDA=2460m

- RWY 31: TORA=TODA=LDA=2400m

ASDA =2500m

C. Le type des deux pistes :

Les deux pistes 16/34 et 13/31 sont des pistes de précision desservies par un ILS catégorie 1 destinées à l'approche avec une hauteur de décision au moins de 60m et avec une visibilité au moins est égale à 800m ;portée visuelle de piste au moins de 550m.

II.4.2.Les instruments de radionavigation :

Les aides de radionavigation qui sont sur l'aérodrome et au voisinage de l'aérodrome de Constantine et qui servent pour le guidage des avions au décollage et lors de l'atterrissage sont illustrées dans le tableau suivant :

Type d'aide CAT d'ILS/MLS VOR/ILS/MLS (pour Indiquer déclinaison)	Identification	Fréquences	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission
DVOR/DME (2°E 2017)	CSO	115.5 Mhz CH 102 X	361735.75N0063629.96E
NDB	CNE	397 Khz	361125.09N 0064337.83E
LLZ31/ILS CAT I (2°E 2017)	CS	109.3 Mhz	361710.89N 0063645.23E
GP 31		332 Mhz	361619.36N 0063753.14E
DME/P	CS	CH 30X	361619.36N 0063753.14E
LLZ34/ILS CAT I (2°E 2017)	CT	108.3 Mhz	361724.90N 0063634.50E
GP 34		334.1 Mhz	361553.34N 0063712.77N
DME/P	CT	CH 20X	361553.34N 0063712.77N

Tableau II .1 : Les aides de radionavigation et d'atterrissage [6].

II.4.3. Les Voies de circulations :

Sur l'aérodrome de Constantine on a quatre voies de circulation reliant les deux pistes avec l'aire de trafic :

- Largeur : 23m
- Type de surface : béton bitumineux.
- Résistance : PCN93/F/D/W/T

II.4.4. Les aires de stationnement :

Sur l'aérodrome de Constantine on a un parking contient neuf postes de stationnement; construit en béton bitumineux.

II.4.5. L'aérogare :

L'aéroport Mohamed Boudiaf de Constantine, possède actuellement 2 aérogares. L'aérogare principale a une capacité de 1 million de passagers et a été mise en service en juin 2013. L'ancienne aérogare internationale d'une capacité de 700 000 passagers va être rénovée et modernisée pour recevoir des vols domestiques, des vols charters ainsi que des vols de pèlerinages.

Le type de ces aérogares est linéaire c'est-à-dire les avions alignent le long de l'aérogare et en sont tous à proximité, l'embarquement est fait par bus.

II.5. Les zones à statut particulier [6] :

L'espace aérien à statut particulier se compose de deux zones dangereuses, une zone interdite et une zone réglementée.

- Les zones dangereuses :

Zone		Activation	Limites latérales	Limites supérieures / Limites inférieures
OUM EL BOUAGHI	DA- D53 A	H24	360317N 0071306E 360249N 0071958E 361530.92N 0071025.71E 361428N 0072514.37E	UNL/GND
OUM EL BOUAGHI	DA- D59	H24	352908N 0070743E 352830N 0071902E 350827N 0070000E 350701N 0072214E	UNL/GND

Tableau II.2.les zones dangereuses [6].

- La zone interdite :

Zone		Activation	Limites latérales	Limites supérieures / Limites inférieures
OUM EL BOUAGHI	DA – P80	H24	35 39 32N 007 24 35E 35 44 04N 006 5954E	FL 280 GND

Tableau II.3.les zones interdites. [6]

▪ La zone réglementée :

Zone		Activation	Limites latérales	Limites supérieures Limites inférieures
AIN ARNAT	DA – R68	H 24 Pénétration soumise à une autorisation de la tour de contrôle. Fréquence 119.9 Mhz. Exercices aériens Vols Hélicoptères	362800N 0054300E - 360400N 0054400E 355100N 0051900E - 355600N 0045200E 362900N 0050200E - 362800N 0054300E	FL 105 GND

Tableau II.4 : les zones réglementées [6].

II.6. Les procédures existantes [6] :

II.6.1. Les procédures d'approches existant :

Actuellement, l'aérodrome de Constantine dispose de 7 procédures d'approche aux instruments pour les catégories A/B/C/D :

- DVOR/DME RWY 34
- ILS RWY 34 -Y-
- ILS RWY 31 -Y-
- ILS RWY 34 -Z-
- ILS RWY 31 -Z-
- DVOR/DME RWY 31 (cat C/D)
- DVOR/DME RWY 31 (cat A/B) [6].

II.6.2. Les circuits d'attente existants:**Vertical VOR/DME pour le seuil 16 :**

- L'orientation du circuit est : 157°/337°
- Le temps d'éloignement : 1 minute
- Altitude minimale : 2050 M

Vertical VOR/DME pour le seuil 13 :

- L'orientation du circuit : 134°/314°
- Le temps d'éloignement : 1 minute
- Altitude minimale : 2050 M

Intersection radiale/distance DME (seuil 34 et 31) :

- Situé à 19.5 NM du VOR/DME(TOPGI) avec radiale de 057°
- L'orientation du circuit : 057/237°
- Le temps d'éloignement : 1 minute
- Altitude minimale : 2100 M

II.7. La région de contrôle "CTA" de Constantine :

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

CTA Constantine/Mohamed BOUDIAF :

- Au nord : arc de cercle de 25 Nm de rayon centré sur le DVOR/DME CSO (361735.75N 0063629.96E)
- Au sud : arc de cercle 15 NM de rayon centré sur le DVOR/DME BTN (354617.50N 0062037.66E)
- Limite inférieure : 450 M/GND
- Limite supérieure : FL 105
- Classe de l'espace aérienne : D.

II.8.Situation géographique de Constantine :

L'aérodrome de Constantine se trouve situés dans une région montagneuse de ce fait des restrictions en matière de pente pour les décollages et les atterrissages doivent être exigés pour le respect de la sécurité.



Figure II.2: la situation géographique de Constantine (Google Earth)

II.9.Statistique du trafic aérien :

Les statistiques de trafic pour les trois années (2015/2016/2017) pour chaque seuil de piste.

années	Seuil 16	Seuil 34	Seuil 13	Seuil 31
2015	3409	8898	267	165
2016	3968	10931	134	123
2017	2442	6785	49	34

Tableau II.5 : les statistiques de trafic en 2017/2016/2017.

Avant l'élaboration des **STARs** et des **SIDs**, une étude statistique du nombre des arrivées et des départs doit être prise en considération ; ce qui permet la classification des axes les plus chargées.

Et en coopération avec le département de statistique de l'établissement nationale de la navigation aérienne nous avons obtenu les résultats statistiques (pour un mois) suivants :

Nom de la route	Nombre des arrivées	%	Nombre des Départ	%
BABOR	53	38,4	8	6.1
KAMER	27	19,5	24	18.32
CIRTA	11	7,97	9	6.87
BIS	10	7,24	10	7.63
NADJI	15	10,86	15	11.45
DIMAO	15	10,86	15	11.45
ANB	3	2,17	3	2.29
AMIRA	01	0,72	1	0.76
BJA	01	0,72	44	33.58
ROGBA	2	1,44	2	1.52

Tableau II.6: Résultats statistiques du nombre des arrivées et départs

II.10.Choix de la piste 16/34 pour l'élaboration des procédures PBN :

Nous avons choisi la piste 16/34 tout dépend de :

- flux de trafic aériens aux départs et aux arrivées.

-présence des reliefs importants à proximité de la piste 16/34 ce que requiert le passage vers la PBN.

II.11.Conclusion :

Des obstacles topographiques d'une part, et l'absence des procédures d'approche pour la Piste 16, nous allons élaborer un nouveau schéma de circulation aérienne basée sur le plan PBN pour permettre une navigation plus sûre, plus efficace et plus précise.

III .1.Introduction :

La conception des procédures aux instruments se fait en plusieurs phases, chacune étant conformes aux exigences OACI présentées dans le doc 8168 volume II.

III.2.Elaboration d'une procédure d'attente pour le seuil 16/34 :

III.2.1.Attente point fixe :

Pour diverses raisons, un aéronef peut être amené à attendre un circuit d'attente en forme d'hippodrome est prévu à cet effet. Le repère d'attente « point d'attente » coïncide en général avec l'IAF (ou l'un des IAF si la procédure en comporte plusieurs).

Lors de la conception de la procédure nous avons posé un circuit d'attente sur le segment d'approche initiale gauche et va être exécuté sur un point fixe (WP) d'une distance oblique de 19.5 NM par rapport le point de référence de l'aérodrome, avec un temps d'éloignement d'1 min à une altitude spécifiée de 10000 FT.

III.2.2.Construction de procédure d'attente point fixe :

1. Paramètres du circuit d'attente :

Les paramètres qui servent à réaliser le circuit d'attente sont :

- IAS =230 kT
- Altitude =10000 Ft
- Temps =1 min
- Température = ISA+15
- Catégories d'aéronef D

2. Construction de gabarit d'attente :

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

Ligne de paramètre	Formule	Valeur
k	Facteur de conversion pour 10 000 ft et ISA + 15 °C (voir Partie I, Section 2, Chapitre 1, Appendice doc 8168)	1.1958

V (kT)	$V = K \times IAS$ * La vitesse vraie peut aussi être tirée de la Partie II, Section 4, Chapitre 1, Appendice A doc 8168	275.025
v	$v = V * 3 600$	0.076
R	La moins élevée des valeurs suivantes : $R = 509,26 * V$, ou $3^\circ/s$	1.852
r	$r = V * 62,83 R$	2.364
h	en milliers de pieds	10
w	$w = 2 h + 47$	67
w'	$W' = w * 3 600$	0.019
E45	$E45 = 45w' * R$	0.452
t	$t = 60T$	60
L	$L = v t$	4.584
ab	$ab = 5v$	0.382
ac	$ac = 11v$	0.84
Gi1	$gi1 = gi3 = (t - 5) v$	4.202
Gi2	$gi2 = gi4 = (t + 21) v$	6.188
Wb	$Wb = 5w'$	0.093
Wc	$Wc = 11w'$	0.205
Wd	$Wd = Wc + E45$	0.657
We	$We = Wc + 2E45$	1.109
Wf	$Wf = Wc + 3E45$	1.562
Wg	$Wg = Wc + 4E45$	2.014
Wh	$Wh = Wb + 4E45$	1.902
Wo	$Wo = Wb + 5E45$	2.355
Wp	$Wp = Wb + 6E45$	2.807
Wi1	$Wi1 = Wi3 = (t + 6) w' + 4E45$	3.037
Wi2	$Wi2 = Wi4 = Wi1 + 14w'$	3.298

Wj	$Wj = Wi2 + E45$	3.750
Wk	$Wk = Wl = Wi2 + 2E45$	4.203
Wm	$Wm = Wi2 + 3E45$	4.655
Wn3	$Wn3 = Wi1 + 4E45$	4.847
Wn4	$Wn4 = Wi2 + 4E45$	5.107
Xe	$XE = 2r + (t + 15) v + (t + 26 + 195 *R) w'$	14.018
Ye	$YE = 11 v \cos 20^\circ + r (1 + \sin 20^\circ) + (t + 15) v \operatorname{tg} 5^\circ + (t + 26 + 125 \div R) w'$	7.320

Tableau III.1 : Calculs liés à la construction du gabarit de circuit d'attente

III.2.3.Evaluation d'obstacle dans l'aire d'attente :

L'évaluation des obstacles dans l'aire d'attente est basée sur :

Hauteur d'obstacle le plus pénalisant =1316 M situé dans l'aire de base

Nature de l'obstacle	Alt _{obs} plus pénalisant (M)	MFO (M)	altitude minimale d'attente (M)
Relief	1316	300	1616

Tableau III.2 : détermination de l'altitude minimale d'attente

Remarque :

Il faut augmenter la hauteur minimale d'attente pour égaler l'altitude de segment initiale

III.3.Elaboration des procédures RNP APCH pour le QFU 16:

III.3.1.Etude d'une procédure d'approche LNAV :

1- Les segments de procédure « LNAV » :

A. Segment d'approche initiale :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	Fin	Longueur (NM)	La pente
IAF (1683.4 M)	IF	5(TRD =4.46)	4 %

Tableau III.3 : les données nécessaire de segment d'app initiale

- **Calcule de la distance de trajectoire TRD en utilisant la formule suivante :**

$$TRD=5-(2.47*\text{tg}90 /2) + (2.45* \pi/180*90/2)=4.46 \text{ NM}$$

- **Vérification de la pente de descente :**

Pour assurer que la pente de descente sur le segment initial à gauche est conforme aux exigences PANS-OPS pour cette phase de vol.

On a :

- pente = h /TRD

- h=370.4 M

Pente =370.4 /(4.46*1852)=4.5 % < 8% (vérifié)

A.1.Segment d'approche initiale gauche :

Etude des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Obstacle	Altitude obs. (M)	MFO(M)	MOCA /H (M)	Alt A /C au dessus de l'obs(M)
relief	762	300	1062	1581

Tableau III.4 : l'étude des obstacles de segment d'app initiale gauche

A.2.Segment d'approche initiale droite :

Etude des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Obstacle	Altitude obs. (M)	MFO(M)	MOCA /H (M)	Alt A /C au dessus de l'obs(M)
relief	771	91	862	1345

Tableau III.5 : l'étude des obstacles de segment d'app initiale gauche

Virage de 90° à l'IF :

Les paramètres de virage sont indiqués dans le tableau suivant :

Début de virage	IF (FB)
IAS	250 kT
Altitude	1683.4 (5523 Ft)
Angle de virage	90°
TAS	282.5 kt
Inclinaison	25°
Rayon	2.49 NM
C (réaction de pilote à TAS+30)	0.9 NM
R(vitesse angulaire)	1.8°/s
Effet de vent	0.4 NM
Vitesse de vent	30 NM
$KK' = -ATT - rtg(A/2)$	-3.29 NM
$SS' = ATT + C - rtg(A/2)$	-0.8 NM

Tableau III.6 : les paramètres de virage à IF avec un angle de 90 °

B. Segment d'approche intermédiaire :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	fin	Longueur (NM)	La pente
IF (1313 M)	FAF	5	nul

Tableau III.7 : les données nécessaire de segment d'app intermédiaire

Calcul de la longueur minimale du segment intermédiaire :

$$L=2N M +MSD$$

Détermination de la distance minimale de stabilisation pour un virage fly-by :

$$MSD=r *tg \Theta/2+C /3600*TAS$$

- ✓ **r** : rayon du virage au WP : r=2.47 NM
- ✓ **Θ** : Angle de virage qui égale à 90 °
- ✓ **C** : 5 secondes de mise en inclinaison
- ✓ **TAS** =277 kT

Alors :

- $MSD=2.47+0.38=2.85$ NM

- Distance nécessaire pour la transition entre le mode terminal et le mode approche : 2NM

- Longueur minimale du segment intermédiaire est :

$$2NM+MSD=4.85 \text{ NM } \sim 5NM$$

B.1.Segment d'approche intermédiaire gauche :

Etude des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

obstacle	Alt obs (M)	MFO _P (M)	MFO _S (M)	MOCA /H (M)
Relief	783	150	0	783

Tableau III.8 : l'étude des obstacles de segment d'app intermédiaire gauche

B.2.Segment d'approche intermédiaire droite :

Etude des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

obstacle	Alt obs (M)	MFO _P (M)	MFO _S (M)	MOCA /H (M)
Relief	1163	150	87.9	1250.9

Tableau III.9 : l'étude des obstacles de segment d'app intermédiaire droite

C. Segment d'approche finale :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	fin	Longueur (NM)	La pente
FAF(1313)	MAPT	6.1	5.24 % (3°)

Tableau III.10 : les données nécessaire de segment d'app finale

C.1.Segment d'approche finale gauche :

Etude des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

obstacle	Alt (M)obs	MFO_P (M)	MFO_S (M)	MOCA /H(M)	Alt A /C au dessus de l'obs(M)
Relief	770	75	64.29	834.29	837.9

Tableau III.11 : l'étude des obstacles de segment d'app finale gauche

C.2.Segment d'approche finale droite :

Etude des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

obstacle	Alt obs (M)	MFO_P	MFO_S (M)	MOCA /H(M)	Alt A /C au dessus de l'obs(M)
Relief	770	75	64.29	948	837.9

Tableau III.12 : l'étude des obstacles de segment d'app finale droite

D. Segment d'approche interrompue avec virage (coté gauche) :

Le segment d'approche interrompue commence au MAPT et inclut les trois phases suivantes :

1- Approche interrompue initiale :

- Début : MAPT
- Fin : SOC

2- Approche interrompue intermédiaire :

- Début : SOC
- Fin : TP (FO)

3- Approche interrompue finale :

- Début : TP
- Fin : va jusqu'à ce que l'aéronef soit prêt à recommencer la procédure, de retour dans l'attente ou raccordé à la phase en route

1. Approche interrompue initiale :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	fin	Longueur (NM)	La pente	Altitude (M)
MAPT	SOC	1.27	NUL	834.29

Tableau III.13 : les données nécessaires de segment d'API initiale

- **Point d'approche interrompue (MAPT) :**

Le MAPT est défini comme suite : procédure avec FAF – par une installation de navigation ou un repère au MAPT ; placé au seuil 16 de la piste.

- **Position SOC :**

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

- ❖ **Calcul de SOC :**

Le SOC est déterminé par la somme de :

- La tolérance de MAPT
- La distance de transition (X)

- **Calcul de la tolérance de MAPT :**

La tolérance longitudinale de MAPT est définie par la somme de : la tolérance du repère égale à 0.24 NM et une distance (d) prévue pour le temps de réaction du pilote

- $TAS = IAS * K = 185 * 1.0618 = 196.43 \text{ Kt}$
- $t = 3 \text{ s}$
- $d = (TAS + \text{vitesse du vent}) * t$

$$= (196.43 + 10) * 3 / 3600 = 0.172 \text{ NM}$$

D'où la tolérance du MAPT = 0.24 + 0.172 = 0.412 NM

- **La distance de transition (X) :**

La distance de transition (X) est basée sur : t=15s de vol à une IAS basée sur la vitesse d'approche finale la plus élevée, à l'altitude de l'aérodrome qui est égale à 706 M (2316.24 Ft) avec température ISA +15°C et un vent arrière de 10 KT (19 km /h)

On a :

$$X = (TAS + \text{vitesse vent arrière}) * t$$

$$X = (196.43 + 10) * 15 / 3600 = 0.86 \text{ NM}$$

D'où : la distance de transition X = 0.86 NM

Alors : Le SOC se trouve à 1.27 NM en aval du seuil

Etude des obstacles :

obstacle	Alt obs(M)	MFO_P (M)	MFO_S (M)	MOCA/H(M)
Relief	769	75	45.65	814.65

Tableau III.14 : l'étude des obstacles de segment API initiale

MOCA de l'API initiale =814.65M

MOCH de l'API initiale =109.65 M

Remarque :

Pour OCA /H de l'approche interrompue initiale on prend l'OCA/H de final

2. Approche interrompue intermédiaire :

On a :

$D_{MAPT-TP} = 4\text{NM}$ (valeur proposée)

$D_{MAPT-SOC} = 1.27\text{ NM}$

Alors :

$D_{SOC-TP} = 4 - 1.27 = 2.73\text{ NM}$

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Début	fin	Longueur(NM)	La pente	Altitude (M)
SOC	TP	2.73	2.5 %	955.39

Tableau III.15 : les données nécessaires de segment API intermédiaire

Etude des obstacles :

Obstacle	Alt obs (M)	MFO(M)	MOCA /H(M)
Relief	746	30	776

Tableau III.16 : l'étude des obstacles de segment API intermédiaire

$$\text{Gain} = \text{dist SOC/Obs} \times \text{Pente API}$$

$$= 7.8 \times 500 \times 0.025 = 97.5$$

$$\text{OCA} + \text{gain} > \text{Alt}_{\text{obs}} + \text{MFO}$$

$$\text{OCA} + \text{Gain} = 834,29 + 97,5 = 931,79 \text{ M} > 776 \text{ M}$$

Donc on prend l'OCA de finale comme un OCA de l'API Intermédiaire

3. Approche interrompue finale :

Remarque :

- Pour le segment d'approche finale il faudrait utiliser un parcours DF dans le dessin
- Le DF assure que la trajectoire la plus courte sera parcourue à partir du point de virage (point de cheminement à survoler)

Les paramètres de virage :

Début de virage	TP (fly/over)
IAS	265 KT
Altitude	955.4 M (3134.47 Ft)
TAS	290.6 KT
Angle de virage	160°
Rayon	4.6 NM
Inclinaison	15°
Réaction pilote (à TAS+30 Kt)	0.53 NM
FTE	0.5 NM
Vitesse angulaire de virage (R)	1.008
Effet du vent (EΘ)	1.32 NM
KK'=-ATT	-2.8 NM
SS' =ATT+C	1.33 NM

Tableau III.17 : les paramètres de virage de l'API finale

Traitement des obstacles :

Nom	Alt obs(M)	MFO (M)	MOCA(M)	Dz(M)	Doi(M)	gain	Alt de l'a/c(M)
01	735	50	785	5055.96	2050	177.64	1011.93
02	866	50	916	5055.96	1100	152.64	986.93
03	743	50	793	5055.96	700	143.89	978.18
04	1203	50	1253	5055.96	17100	553.9	1388.19
05	1206	50	1256	5055.96	19450	612.65	1446.94
06	1149	50	1199	5055.96	14150	480.15	1314.439
07	1288	50	1338	5055.96	17550	565.15	1399.44

Tableau III.18 : traitement des obstacles de l'API finale

On remarque que les altitudes de l'aéronef sont supérieures à MOCA/H donc on prend l'OCA de finale comme un OCA de l'API finale

✚ **Calcul de l'OCA /H d'approche LNAV :**

On a : $OCA_{app} = \text{Max de (MOCA final ; MOCA interrompue)}$

Alors : **$OCA_{app} = MOCA_{final} = 834.29$**

$OCH_{app} = 129.29 \text{ M}$

Catégories d'aéronef	OCH	OCA
A	129.29 m (424 ft)	834.29 m (2737 ft)
B		
C		
D		

Tableau III.19 : Les minimums opérationnels LNAV

III.3.2.Elaboration d'une procédure APV BARO (VNAV):

Les procédures APV/Baro-VNAV procurent une marge de sécurité plus grande que les approches classiques (NPA) en assurant une descente guidée et stabilisée jusqu'à l'atterrissage

1. Etude de segment APV BARO (VNAV) :

- **Début** : FAP (l'intersection de la trajectoire verticale et de l'altitude de la procédure spécifiée pour le segment précédent)
- **Fin** : TP ou MAHF
- **Longueur max** : FAP à moins de 10NM de seuil de piste
- **VPA** : compris entre 3° et 3.5°
- **Alignement avec l'axe de piste**

Remarque : seuls la finale et le segment rectiligne d'approche interrompue seront étudiés

Données générales :

Altitude de l'aérodrome	706 M (2316 Ft)
QFU	16
Coordonnées du THR 16	36 17 16.82 N 006 36 38.44 E
Longueur de la piste	3000 M
Altitude THR 16	705 M
Température minimale	-10
Orientation de piste	VRAI 159° (MAG 157 °)
Code de piste	4 E

Tableau III.20 : données générales sur l'aérodrome

Données de la procédure :

- Vertical Path Angle (VPA) ° : 3.0
- RDH : 15 m ou 49.2 Ft
- FAP Altitude : 1313 M (4307.7 Ft)
- API : Monter dans l'axe jusqu'au waypoint situe à 4 Nm du THR 16
- Pente de montée en API : 2.5 %

Données aéronefs :

Catégorie : D

Conditions Standard :

- Envergure : 65m
- Distance roue / antenne : 7m
- Hauteur de l'aéronef le plus pénalisant : 24m

1. Calcul de la FAS :

a. Calcul de la correction de température :

$$L_0 = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C/M} \text{ ou } 0.00198 \text{ } ^\circ\text{C/Ft} \text{ [5]}$$

$$t_0 = t_{a/d} + L_0 * H_{ad} = (-10) + 0.0065 * 706 = -5.42 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ [5]}$$

$$T_{corr} = H * \left(= \frac{15 - t_0}{273 + t_0 - 0.5 * L_0 * (H + H_{ss})} \right) \text{ [5].}$$

$$= (1313 - 705) * \left(\frac{15 - (-5.42)}{273 + (-5.42) - 0.5 * 0.0065 * (1313 + 705)} \right) = 47.56 \text{ M (156.03 Ft)}$$

H_{ss} : Altitude de la source de calage

T_{ad} : Température de l'aérodrome = -10 °C

H_{ad} : Altitude de seuil

b. Vérification de la VPA minimale :

Le **Min VPA** doit être supérieur à 2.5° et la VPA est obtenu en considérant l'impact de la correction de température sur l'altitude réelle au FAP. L'altitude attendue au FAP est de 1205.224M.

$$\text{Tan (min VPA)} = (\text{Hauteur FAP} - T_{corr} - \text{RDH}) / \text{Distance (FAP/THR)} \text{ [5]}$$

$$= (608 - 47.56 - 15) / 11297.2 = 0.0482$$

Min VPA = 2.76 ° (> 2.5 ° donc acceptable)

c. Calcul de XFAS :

$$\text{On a : } \text{XFAS} = ((\text{MFO}_{app} - \text{RDH}) / \text{Tan VPA}) + \text{ATT} \text{ [5]}$$

Avec :

$$ATT=444M$$

$$RDH =15M$$

$$MFO_{app}=75M$$

Alors :

$$\mathbf{XFAS = 1589 M}$$

d. Calcul d'Angle de la FAS (α FAS) [5] :

$$\begin{aligned} \text{Tan}\alpha\text{FAS} &= [(HFAP - MFO_{app} - \text{Corr}) / (HFAP - MFO_{app})] \times \text{Tan VPA} \\ &= [(608 - 75 - 47.56) / (608 - 75)] \times \text{Tan } 3 = 0.0477 \end{aligned}$$

$$\text{Tan}\alpha\text{FAS} = 0.0477$$

$$\alpha\text{FAS} = 2.7^\circ$$

Equation de la FAS [5] :

$$z = (x - \text{XFAS}) * \text{Tan} (\alpha\text{FAS})$$

$$=(x-1589)* 0.0477$$

$$\mathbf{Z=0.0477 x -75.8}$$

2. Equation de la surface W [5] :

Déterminer l'équation de la surface W :

Distance roue/antenne : 7 m

RDH : 49.2ft

VPA : 3 °

$$\mathbf{Z(W) = 0.0285x - 9.01}$$

Identifier le point de transition entre les surfaces FAS et W :

$$X (\text{FAS} \cap \text{W}) \Rightarrow 0.0477x - 75.8 = 0.0285x - 9.01$$

$$X (\text{FAS} \cap \text{W}) = (75.8 - 9.01) / (0.0477 - 0.0285) = 3478.6 \text{ m}$$

3. Détermination du surface d'approche interrompue intermédiaire Zi :

1. Calcul de l'origine de la surface Zi : XZi

$$XZi = [(MFO_{app} - RDH) / \text{Tan VPA}] - ATT - d - X + (MFO_{app} - 30) / \text{TanZ}. [5]$$

$$= [(75 - 15) / \tan 3] - 444 - 1911,63 + (75 - 30) / 0,025 = 589,24$$

$$X_{zi} = 589,24 \text{ m}$$

$$MFO_{app} = 75 \text{ m}$$

$$RDH = 15 \text{ m}$$

$$ATT = 444 \text{ m}$$

$$\tan Z = 2,5\%$$

$d + X$ correspondent au délai de réaction du pilote et à la distance de transition soit 18 s à

TAS + 10 KT

IAS max cat D : 185 KT

Altitude : 706 M (2316 FT)

$$K = 1,0618$$

$$TAS + 10 \text{ KT} : 196,43 + 10 = 206,43 \text{ KT}$$

$$d + X = 206,43 * 18 / 3600 = 1,0322 \text{ NM} (1911,63 \text{ M})$$

$$\mathbf{X_{zi} = 589,24 \text{ M}}$$

Détermination de l'équation de Z_i :

$$z(Z_i) = - (x - X_{zi}) \tan Z. [5]$$

$$z(Z_i) = -(x - 589,24) * 0,025$$

$$\mathbf{z(Z_i) = - 0,025 x + 14,73}$$

Détermination de l'origine de la surface finale z_f :

$$X_{zf} = [(50 - 15) / \tan 3] - 444 - 1911,63 + (50 - 50) / 0,025. [5]$$

$$\mathbf{X_{zf} = -1687,8 \text{ M}}$$

4. Le plan horizontal :

→ Le plan horizontal **H** est compris entre **XFAS** et **XZi**

Evaluation des obstacles :

a. Après la détermination de ces surfaces d'évaluation d'obstacles on passe à la deuxième étape qui est :

b. Positionner tous les obstacles situés dans les surfaces OAS (**FAS**, plan horizontal **H** et plan **Z**).

c. Déterminer leurs coordonnées géographiques sur les cartes topographiques

d. Voir tous les obstacles qui percent les plans (**FAS**, plan horizontal **H** et plan **Z**)

e. Déterminer les obstacles qui font partir de l'approche finale et puis ceux qui font partir de l'API.

f. Calculer **OCH** des obstacles qui percent dans l'approche finale et ceux de l'API il faut premièrement calculer la hauteur équivalente des obstacles qui percent dans l'API.

Obs	Type d'obs	surface	Primaire Ou secondaire	X(M)	Y(M)	H obs	H du plan au niveau de l'obstacle (M)	Pénétration
Pylône HT1	Artificiel	FAS	S	1725	1125	25	6.49	oui
Pylône HT2	Artificiel	FAS	P	1750	900	25	7.68	oui
Pylône HT3	Artificiel	FAS	P	1700	575	25	5.29	oui
Pylône HT4	Artificiel	FAS	P	1725	275	25	6.48	oui
Pylône HT5	Artificiel	FAS	S	2250	-1400	25	31.52	Non
Pylône HT6	Artificiel	FAS	S	2300	1200	25	33.9	Non
Pylône HT7	Artificiel	FAS	S	2300	1200	25	33.9	Non
Clôture1	Artificiel	Z	P	-1450	200	3	51	Non
Clôture2	Artificiel	Z	P	-800	200	3	34.75	Non
Coin de maison	Artificiel	Z	P	-1300	375	10	47.25	Non
Pylône 1	Artificiel	Z	P	-1050	-650	22	41	Non
Pylône4	Artificiel	Z	P	-850	-600	22	36	Non
Pylône6	Artificiel	Z	P	-750	-550	22	33.5	Non

Pylône 8	Artificiel	Plan H	P	-600	-550	22	38.2	Non
Pylône 10	Artificiel	Pla H	P	-50	-50	22	-1.26	Oui
Réservoir carburant 1	Artificiel	Plan H	P	-250	-400	20	11.35	Oui
Réservoir carburant 2	Artificiel	Plan H	p	-275	-425	20	13.2	Oui
New twr	Artificiel	Plan H	p	-650	-625	45	44.09	Oui
Gp 31	Artificiel	Z	P	-2350	-950	17	73.5	Non
Loc 13	Artificiel	Plan H	P	-150	-50	3	3.4	Non
Gp 34	Artificiel	Z	S	-2200	-1500	17	69.75	Non
Loc 16	Artificiel	Plan H	P	250	-50	3	-15.5	Oui
radar	Artificiel	Z	P	-1000	425	25	39.75	Non
Obs 1	Relief	FAS	S	2200	975	65	29	Oui
Obs2	Relief	FAS	S	9600	1600	111	382	Non
Obs 3	Relief	Z	p	-6275	1400	41	171.605	Non
Obs4	Relief	Z	S	-1525	1500	64	52.855	Oui
Obs5	Relief	Plan H	P	1400	625	19	-19.25	Oui
Obs6	Relief	Plan H	S	250	1425	30	14.73	Oui

Tableau III.21 : évaluation des obstacles des surfaces OAS

Détermination de l'OCH pour le segment APV :

1. Catégorie D :

a. Calculer l'OCH de l'obstacle le plus pénalisant dans la FAS (Obs 1) qui fait partir de l'approche finale :

$$OCH = H_{obs} + \text{marge de perte de hauteur [1].}$$

$$\text{Marge de perte de hauteur (surface latérale)} = 49 * (1.5/1.75) = 42 \text{ M}$$

$$OCH = 65 + 42 = 107 \text{ M}$$

b. Calcul de l'**OCH** de l'obstacle le plus pénalisant dans le plan horizontal (new TWR) qui fait partir de l'approche finale :

$$\text{OCH} = H_{\text{obs}} + \text{marge de perte de hauteur}$$

$$\text{Marge de perte de hauteur (plan horizontal)} = 49 \text{ M}$$

$$\text{OCH} = 45 + 49 = 94 \text{ M}$$

c. Calcul de l'**OCH** de l'obstacle le plus pénalisant dans la surface Z (obs4) qui fait partir de l'approche interrompue :

$$\text{Il faut calculer l'obstacle équivalent : } [(H_{\text{obst}} / \tan z) + (x_{\text{obst}} - X_{\text{zi}})] / [(1/\tan z) + (1/\tan VPA)] = [(64 / 0.025) + (-1525 - 589.24)] / [(1/0.025) + (1/\tan 3^\circ)] = 7.54 \text{ M}$$

Calcul de la perte de hauteur applicable :

$$[(1760 - Y_{\text{obst}}) / 880] \times 49 = [(1760 - 1500) / 880] \times 49 = 14.5 \text{ m}$$

$$\text{OCH} = 7.54 + 14.5 = 22.07 \text{ m}$$

Alors à partir de résultats qu'on a obtenus ci-dessus on choisit l'OCH le plus élevé

$$\text{OCH} = 107 \text{ m}$$

Alors on choisit l'OCH le plus élevé : **OCH = 107 m**

Après toute cette étude de la procédure APV BARO-VNAV, pour le QFU 16 de l'aérodrome de Constantine nous avons trouvé l'**OCH = 107 m**.

2- Catégorie A et B et C :

$$\text{OCH} = 65 + 40 * (1.5/1.75) = 99.3 \text{ M (pour catégorie A)}$$

$$\text{OCH} = 65 + 43 * (1.5/1.75) = 101.9 \text{ M (pour catégorie B)}$$

$$\text{OCH} = 65 + 46 * (1.5/1.75) = 104.4 \text{ M (pour catégorie C)}$$

Catégorie d'aéronef	OCH	
A	99.3 m	804.3 ft
B	101.9 m	806.9 ft
C	104.4 m	809.4 ft
D	107 m	812 ft

Tableau III.22 : les minimums opérationnels LNAV/VNAV

Remarque :

Les procédures RNP APCH sont élaborées tout en assurant une marge de franchissement d'obstacle depuis l'IAF jusqu'à l'atterrissage ou la phase suivante de vol.

III.4. La Réalisation d'un raccordement PBN/ILS (seuil 34) :

III.4.1.Approche ILS existant :

Le seuil 34 du piste (16/34) est équipé d'un ILS de classe 1, et la figure suivante indique la procédure d'approche ILS existant.

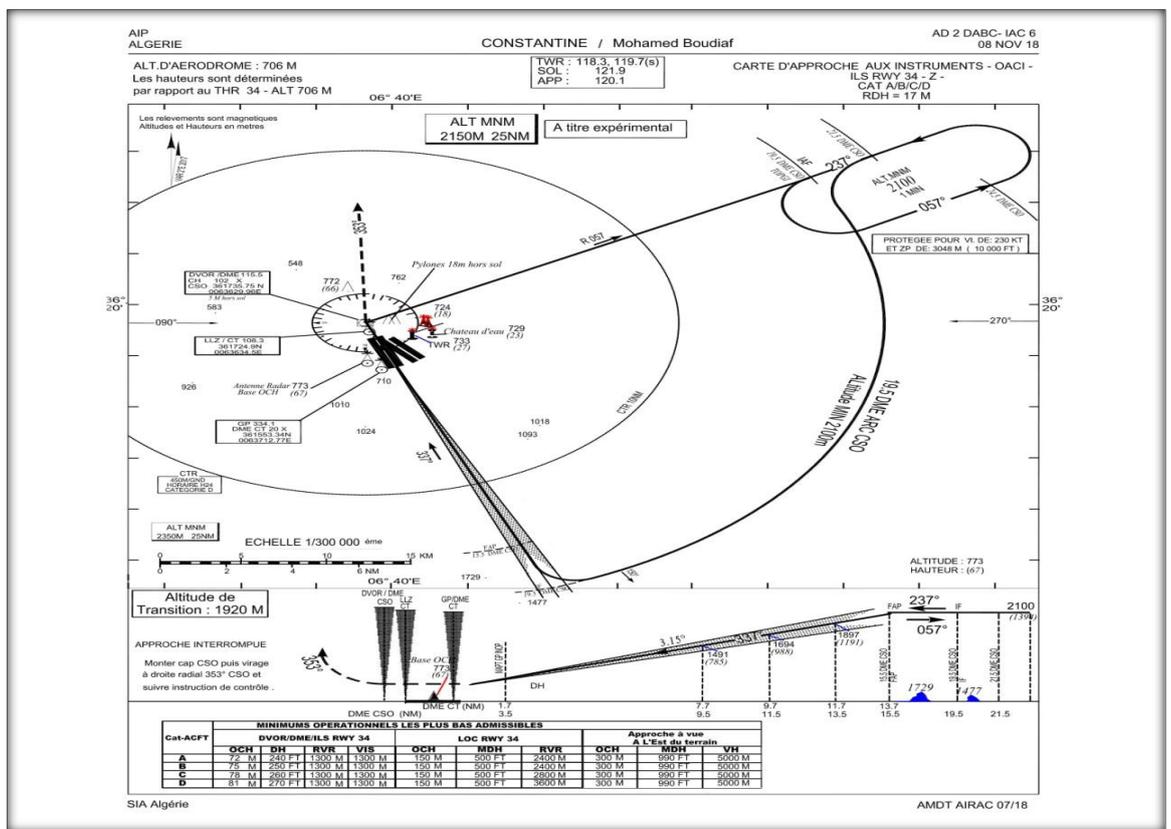


Figure III.1 : procédure d'approche aux instruments ILS RWY 34-Z-[6]

III.4.2.Transition RNAV 1 à l'ILS, angle d'interception de 90°:

Des trajectoires RNAV 1 couvrant toute l'approche initiale et intermédiaire jusqu'à l'IF (Initial Fix), les vols suivront ensuite l'ILS. La distance au seuil de piste devient disponible.

La nouvelle approche RNAV1-ILS sera comme indiqué dans la figure suivante :

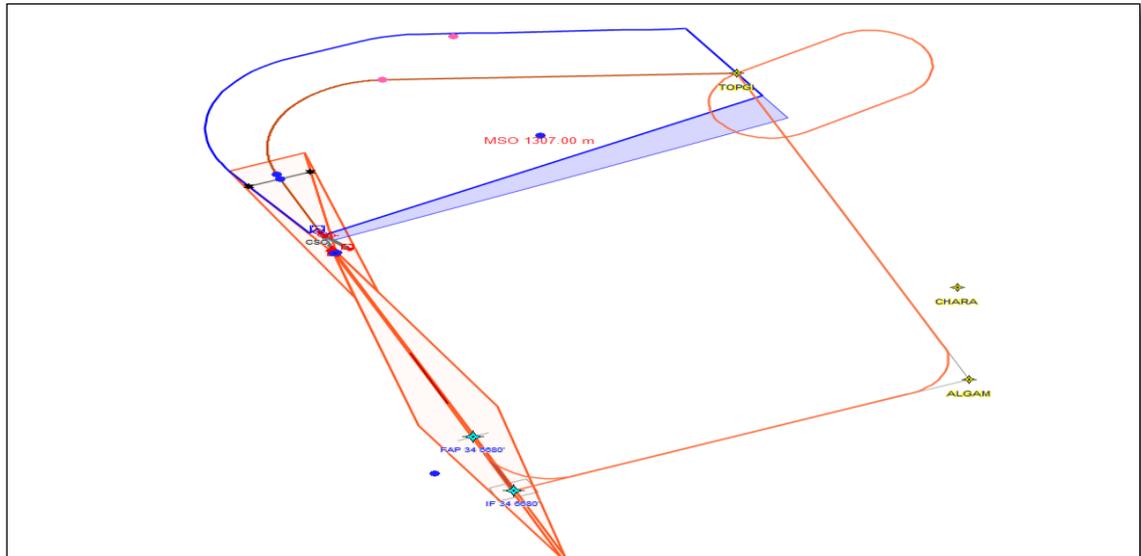


Figure III.2 : transition RNAV 1 à ILS angle d'interception 90 °

III.4.3. Les paramètres des deux virages de 90 ° :

Altitude	2100 M = 6890 ft
TAS	287.123 Kt
Angle de virage	90°
Rayon	2.57 NM
Inclinaison	25°
Réaction pilote (à TAS+30 Kt)	0.53 NM
Vitesse angulaire de virage (R)	1.77
Effet du vent (EΘ)	0.42 NM
KK'=-ATT	-3.37 NM
SS' =ATT+C	-1.24 NM

Tableau III.23 : les paramètres des deux virages

III.4.4. Protection d'un virage à l'IF :

La protection d'un virage à l'IF sera comme indiqué dans la figure suivante :

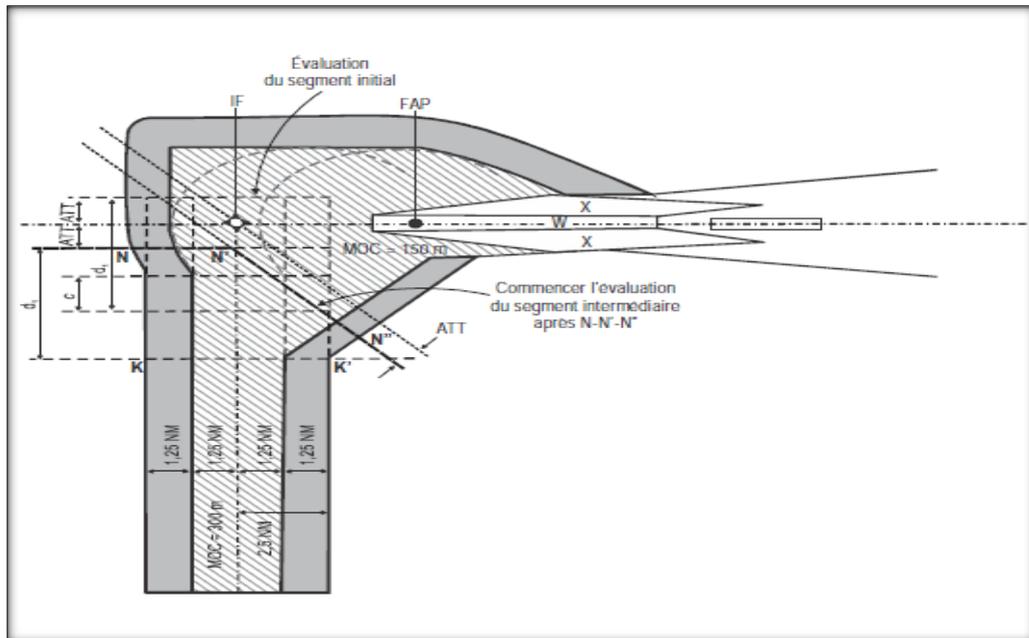


Figure III.3 : protection de virage à l'IF avec angle d'interception 90° [1]

III.5.Elaboration des arrivées :

III.5.1.Altitude d'arrivée en région terminale TAAs :

La configuration normale consiste en trois aires de TAA : entrée directe, base gauche et base droite.

Les points de référence de TAA sont des repères d'approche initiales (IAF) définis par :

- 1- Segment initiale à gauche
- 2- Segment initiale à droite

Détermination de l'altitude minimale de secteur gauche :

On a :

- H obstacle plus pénalisant =1729 M (se trouve à l'intérieure de l'aire TAA gauche)
- MFO=600 M
- (ALT obs > 1500 ft → MFO=2000 ft)**
- MSA=1729+600=2329~ 2350 M

Alors :

TAA de secteur gauche =2350 M

III.5.2.Elaboration des STARs (RNAV-1) :

D'après ce qu'on a constaté, nous allons élaborer des STAR RNAV 1 reliant les points BABOR, KAMER, DIMAO et NADJI avec le repère d'attente avec la création des points d'entrée TMA et des points de cheminement intermédiaires selon le cas.

Etudes des obstacles :

Les données nécessaires sont présentées dans le tableau suivant :

Segment STAR	Obstacle	Altobs	MFO	MOCA
Segment d'arrivé ouest (BABOR)	relief	1259m (4130 ,56ft)	300m (984 ft).	1559m (5114,8ft)
Segment d'arrivé Nord (KAMER)	relief	1349m (4425,8ft)	300m (984 ft).	1649m (5410 ,0392ft)
Segment d'arrivé est (DIMAO)	relief	1400 m (4593.12 ft)	300 m (985 ft)	1700 m (5577.36ft)
Segment d'arrivé sud (NADJI)	relief	1754m (5754 ,52ft)	$300 \times 4,5 / 10 = 1$ 35m	1880m (6167,9ft)

Tableau III.24: l'étude des obstacles pour chaque segment d'arrivée

Remarque :

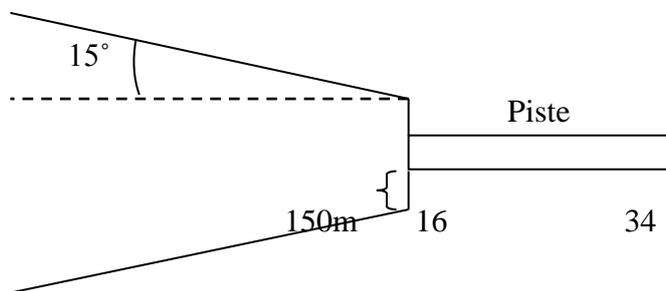
Les procédures d'arrivées normalisées aux instruments sont élaborées tout en assurant une marge de franchissement d'obstacle depuis le début du route d'arrivée jusqu'au repère d'attente.

III.6.Elaboration des SID RNAV- 1 pour l'aérodrome de Constantine :

Cette partie sera axée sur l'élaboration des SID pour l'aérodrome de Constantine (RWY16, RWY34).

III.6.1.Elaboration deux SID Pour RWY 34 :

Pour les départs du seuil 34, un évasement de 15° qui commence d'une distance de 150m par rapport au seuil(16) de la piste, un départ avec une pente exigé de 3,3% pour éviter les obstacles qui perse les surfaces OIS.



On a pris une distance DER /TP de 3Nm (5556m)

Vérification de la longueur du segment (TP/DER) :

Fly-Over WP :

$$D_{min} = 1,9 + ATT$$

$$= 1,9 + 0,8$$

$$= 2,7 \text{ Nm}$$

À partir de TP, On a réalisé un virage à un TP désigné d'un angle $\Theta = 45^\circ$

NB :

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

Les critères de départ en ligne droite s'appliquent jusqu'au premier TP.

Les paramètres de virage :

Les paramètres sur lesquels sont basées les aires de virage sont les suivants :

SID avec virage de 45° :

Altitude (h) de virage : virage à un point de cheminement à survoler.	$ALT=705+10\% \times 3 \times 1852$ $=4136 \text{ ft (1260.6 m)}$
Vent :	56km/h (30kt)
Température	$VAR=33,6+ (-2 \times 4139 / 1000) =25^\circ\text{C}$
Vitesse indiquée (IAS)	$IAS = 265 + (10\% \times 265) = 291,5 \text{ k}$
Vitesse vraie (TAS) : $TAS = IAS \times K$	$TAS = 291,5 \times 1,1103$ $=324,06 \text{ kt}$
α : Angle d'inclinaison	20°
C	6s
Le rayon de virage r	4,2Nm
Vitesse angulaire de virage R :	$R = 1,227$
l'effet de vent(E_{45})	$E_{90} = 0.3 \text{ NM}$
SS'	1.4 NM
KK'	-0.8 NM

Tableau III.25: Les paramètres de virage de 45 ° RWY 34

Etude des obstacles :

✓ *Aire de mise en virage :*

Obstacle	Hl_{obs}(m)	D_m(m)	MFO(m)	MOCH(m)	Ha /c à obs. (m)
Relief	754-705	2250	18	67	79,25

Tableau III.26: l'étude des obstacles dans l'aire de mise en virage

✓ Aire de virage :

Obstacles	Altitude obs(m)	dr(m)	do(m)	MFO(m)	MOCH(m)	Ha/c à obs(m)
Relief	816	4050	950	90	201	318 ,5
Relief	977	4050	8950	104	376	434
Relief	1018	4050	9600	109 ,2	422 ,2	455 ,45
Relief	1116	4050	11850	90	501	529 ,7

Tableau III.27 : Etude des obstacles dans l'aire de virage

NB :

Pour le SID avec virage de 45° on remarque que l'altitude de l'aéronef vertical des obstacles avec une pente de 3, 3% est supérieure à l'altitude minimale de franchissement d'obstacles ce qui assure la justification de notre SID.

SID avec virage de 170° :

Altitude (h) de virage : virage à un point de cheminement à survoler	$ALT=705+10\% \times 3 \times 1852$ $=1260,6m$ (4136 ft)
Vent :	56km/h (30kt)
Température	VAR =25°C
Vitesse vraie (TAS) : $TAS = IAS \times K$	324 ,06kt
α : Angle d'inclinaison	20°
Tolérance technique de vol :	6s
Le rayon de virage r	4,2Nm
Vitesse angulaire de virage R :	1,227
l'effet de vent(E ₄₅) :	1.15 NM
SS'	1.4 NM
KK'	-0.8 NM

Tableau III.28: Les paramètres de virage de 170 ° (RWY 34)

Eude des obstacles :

✓ Aire de mise en virage :

Obstacles	Altitude obs(M)	d (M)	MFO(M)	MOCH(M)	Ha/c à obs(M)
Relief	754	2300	18 ,4	67,4	80,9

Tableau III.29 : Etude des obstacles dans l'aire de mise en virage.

✓ Aire de virage :

Obstacles	Altitude obs(M)	dr(M)	do(M)	MFO(M)	MOCH(M)	Ha/c à obs(M)
Relief	1025	4050	10400	115 ,6	435,6	481,85
Relief	1087	4050	13500	140	522	584,15
Relief	1116	4050	11800	90	501	528,05
Relief	1134	4050	12550	90	519	552,8
Relief	1185	4050	15850	159 ,2	639,2	661,7

Tableau III.30 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.

NB : pour le SID avec virage de 170° de seuil 34 on remarque que l'altitude de l'aéronef vertical des obstacles avec une pente de 3,3% est supérieure à l'altitude minimale de franchissement d'obstacles ce qui assure la justification de notre SID.

III.6.2.Elaboration des deux SID pour RWY 16 :

Départ avec virage de 45 ° :

On a pris une distance DER /TP de 5Nm (9260m)

La vérification de la longueur du segment (TP/DER) :

Fly-BY WP :

$$D_{min} = D \min (Nm) = 1.9 + r \times \text{tg } A/2 + ATT$$

$$= 1,9 + 4,2 \times \text{tg } (45/2) + 0,8$$

$$= 4,5Nm$$

Puis à partir de TP, On a réalisé un virage à un TP désigné d'un angle $\Theta = 45^\circ$

Les paramètres de virage :

SID avec virage de 45° :

Altitude (h) de virage : virage à un point de cheminement par le travers	$ALT=706+10\% \times 5 \times 1852Nm$ =1632m (5354,3ft)
- Vent :	56km/h (30kt)
Température : ISA+VAR	VAR =23°C
Vitesse indiquée (IAS)	$IAS = 265 + (10\% \times 265) = 291,5 kt$
Vitesse vraie (TAS)	329 ,1kt
α : Angle d'inclinaison	25°
Tolérance technique de vol	6s ($d = 0.6 NM$)
Le rayon de virage r	3,4Nm
Vitesse angulaire de virage R	R= 1,55 Nm
l'effet de vent(E_{45})	0.24 NM
SS'	0.04 NM
KK'	-2.2

Tableau III.31: paramètres de virage 45 pour RWY 16

Etudes des obstacles :

✓ **Aire de mise en virage :**

Obstacles	Hobs(m)	D(m)	MFO(m)	MOCH(m)	H a/c à obs(m)
Relief	889	8750	70	253	293.75
Relief	775	7500	60	129	252.5

Tableau III.32 : Etude des obstacles dans l'aire de mise en virage.

✓ **Aire de virage :**

Obstacles	Hobs(m)	dr(m)	do(m)	MFO(m)	MOCH(m)	Ha/c à obs(m)
Relief	934	5250	4350	90	318	321.8

Tableau III.33 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.

Départ avec virage de 160 ° :

On a pris une distance DER /TP de 3 Nm (5556 m)

à partir de TP, On a réalisé un virage à un TP désigné d'un angle $\Theta=160^\circ$

Les paramètres de virage :

SID avec virage de 160° :

Altitude (h) de virage : virage à un point de cheminement par le travers	ALT=706+10% × 3×1852 =1261.6 M =4139.06ft
Vent :	56km/h (30kt)
Température : ISA+VAR	VAR =25°c
Vitesse indiquée (IAS)	IAS = 265 + (10% × 265) = 291,5 kt =149 ,96m/s
Vitesse vraie (TAS)	TAS =324 ,06kt
α : Angle d'inclinaison	25°
Tolérance technique de vol	6s (d =0.6 NM)
Le rayon de virage r	4.2 NM
Vitesse angulaire de virage R	R= 1.2
l'effet de vent(E ₄₅)	E ₁₆₀ =1.1 NM
SS'	1.4 NM
KK'	-0.8 NM

Tableau III.34: paramètres de virage de 160° pour RWY 16

Etudes des obstacles :

✓ **Aire de mise en virage :**

Obstacles	Hobs(m)	D(m)	MFO(m)	MOCA(m)	Altitude a/c à obs.(m)
Relief	676	1850	14.8	690.8	772.1
Relief	683	2300	18.4	701.4	786.9
Relief	742	4100	32.8	774.8	846.3

Tableau III.35 : Etude des obstacles dans l'aire de mise en virage.

✓ Aire de virage :

Obstacles	Altitude obs(m)	dr(m)	do(m)	MFO(m)	MOCA(m)	altitude a/c à obs(m)
Relief	852	4060	3500	90	942	960.48
Relief	996	4060	4800	90	1086	1003.38
Relief	1002	4060	5550	90	1092	1028.13
Relief	1122	4060	15950	160.08	1282.08	1370.33
Relief	1188	4060	18000	176.48	1364.48	1438.98
Relief	1274	4060	19500	188.48	1462.48	1488.48
Relief	1288	4060	19500	188.48	1476.48	1488.48

Tableau III.36 : Etude des obstacles dans l'aire de virage.

NB : pour les deux SID de seuil 16 on remarque que l'altitude de l'aéronef vertical des obstacles avec une pente de 3,3% est supérieure à l'altitude minimale de franchissement d'obstacles ce qui assure la justification de notre SID.

Remarque :

Les procédures de départ pour le seuil 16 et 34 sont élaborées tout en assurant une marge de franchissement d'obstacle depuis l'extrémité départ de la piste jusqu'au raccordement avec la phase suivante de vol.

III.7 : Elaboration des procédures MVL [4] :

La procédure de manœuvres à vue libre est une évolution libre aux abords de l'aérodrome (on suppose néanmoins que l'avion reste dans les limites de l'aire prise en compte pour déterminer la MDH). Ces évolutions peuvent être limitées à des catégories d'aéronefs en fonction des pistes à desservir et des obstacles présents aux abords de l'aérodrome.

Une manœuvre à vue est publiée lorsque :

- ✓ l'atterrissage peut s'effectuer dans une direction différente de celle de l'approche aux instruments
- ✓ l'approche finale ne peut pas être exécutée en approche directe
- ✓ des contraintes opérationnelles imposent de ne pas se poser directement sur la piste desservie par la procédure.

Remarque :

Pour des raisons opérationnelles, les minima correspondants peuvent être définis pour l'aérodrome, par QFU ou par groupe de QFU.

III.7.1.Généralités :**Aire de protection [4].**

- Les dimensions de l'aire MVL varient selon la catégorie d'aéronefs.
- L'aire est obtenue en traçant à partir du seuil de chaque piste utilisable, un arc de cercle de rayon approprié (R_c) correspondant à la catégorie d'aéronefs la plus rapide pouvant atterrir sur cette piste, puis en menant les tangentes à ces arcs.

Paramètre :

Les paramètres sur lesquels sont basés les rayons de manœuvres à vue (approche indirecte) sont les suivants :

- a) vitesse : vitesse pour chaque catégorie
- b) vent : ± 46 km/h (25 kT) dans la totalité du virage ;
- c) inclinaison latérale : 20° effective en moyenne, ou l'angle d'inclinaison qui produit une vitesse angulaire de virage de 3° par seconde si cette deuxième valeur est inférieure

Méthode de détermination

Le rayon se détermine par la formule $R_c = 2r + S$ ou : S est le segment rectiligne d'alignement et r : est le rayon de virage

Par : l'application d'un vent de 46 km/h (25 kT) à la vitesse vraie (VV) pour chaque catégorie d'aéronefs utilisant la VI de manœuvres à vue figurant dans les Tableaux suivant :

- a) **l'altitude** : altitude topographique de l'aérodrome + 300 m (1 000 ft) ;
- b) **la température** : ISA + 15° .
- c) **Longueur du segment rectiligne S** : A 0,3 NM ; B 0,4NM ; C 0,5 NM ; D 0,6 NM [4].

Catégories d'aéronef	Vitesses pour les manœuvres a vue (Kt)
A	110
B	135
C	180
D	205

Tableau III.37 : vitesses pour les manœuvres à vue [4].

MFO et OCH

L'OCH de la MVL assurera la MFO minimale spécifiée par catégorie

D'aéronefs au-dessus de l'obstacle le plus élevé dans l'aire de protection de la trajectoire prescrite.

Elle sera également conforme aux limites spécifiées et ne sera pas inférieure à l'OCH calculée pour la procédure aux instruments qui mène à la manœuvre à vue.

L'OCH sera la plus grande des trois valeurs :

OCH de la procédure d'approche aux instruments

OCH minimale par catégorie d'aéronefs

Hauteur obstacle déterminant de l'aire MVL + MFO

Le tableau suivant indique les valeurs des MFO et OCH :

Catégories d'aéronef	MFO		OCH minimales	
	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds
A	90	300	120	400
B	90	300	150	500
C	120	400	180	600
D	120	400	210	700

Tableau III.38 : les valeurs des MFO et OCH [4].

III.7.2.Partie pratique :

A. Détermination de rayon d'aire de manœuvre à vue (approche indirecte) :

Catégories d'aéronefs/VI (kT)	A/110	B/135	C/180	D/205
Vv à 3316 Ft+facteurs vent 25 kT	145.9	173.4	222.9	250.4
Rayon (r) de virage (NM)	0.85	1.2	2	2.5
Segment rectiligne S(NM)	0.3	0.4	0.5	0.6
Rayon (Rc) à partir du seuil (NM)	2	2.8	4.5	5.6

Tableau III.39 : Détermination de rayon d'aire de manœuvre à vue

B. Calcul de l'OCH pour le manœuvre à vue :

OCH = Hauteur obstacle déterminant de l'aire MVL + MFO

Le tableau suivant résume les calculs d'OCH :

Catégories d'aéronef	MFO (M)	Hauteur de l'obs le plus pénalisant(M)	OCH (M)
A	90	120	210
B	90	161	251
C	120	218	338
D	120	337	457

Tableau III.40 : détermination de l'OCH pour la MVL

C. Comparaison entre OCH de la procédure d'approche aux instruments, OCH minimale par catégorie d'aéronefs et l'OCH calculé (obs. plus pénalisant+MFO) :

Catégories d'aéronef	OCH LNAV(M)	OCH minimale (M)	OCH calculé (M)
A	129.29	120	210
B		150	251
C		180	338
D		210	457

Tableau III.41 : comparaison entre les OCH

On remarque que : L'OCH calculé est la plus grande des trois valeurs

Les minimums opérationnels du MVL :

Le tableau suivant indique les minimums opérationnels du MVL :

Catégories d'aéronef	OCA		OCH	
	mètres	pieds	mètre	Pieds
A	915	3001.9	210	689
B	956	3136.4	251	823.5
C	1043	3421.9	338	1108.9
D	1162	3812.3	457	1499.3

Tableau III.42 : Les minimums opérationnels du MVL

III.8.Conclusion :

En réponse de ce qui a été soulevé dans la partie étude de l'existant, nous avons élaboré une approche RNP APCH de type LNAV (avec une configuration en T) et LNAV/VNAV pour le seuil 16. Aussi des STAR RNAV-1 et des SID RNAV-1. Ainsi que un raccordement ILS-PBN pour le seuil 34. Enfin un manœuvre a vue libre MVL.

Conclusion générale

A cause de la topographie de l'aérodrome de Constantine nous avons élaboré des procédures basées sur les performances s'appuyant sur le système mondial de navigation par satellite (GNSS ;) afin de permettre d'abaisser les minimums d'exploitation.

Dans le but de valoriser l'importance de la mise en œuvre de la RNAV/RNP pour l'aérodrome de Constantine, on s'est basé sur les deux axes principaux :

Etudier tout d'abord et en détail le concept RNP qui spécifie les exigences en matière de performance du système RNAV de bord qui sont définies sous forme de conditions de précision, d'intégrité, de disponibilité, de continuité et de fonctionnalité nécessaire pour les vols envisagés dans le contexte d'un espace aérien particulier, elle assurera aux équipages de conduite une grande souplesse tout en augmentant la sécurité et l'efficacité.

On s'intéresse ensuite à la réalisation des procédures basées sur les performances :

Des procédures RNP APCH (LNAV seulement et approche verticale APV/navigation verticale barométrique) pour le QFU 16. Des SID et des STAR RNAV 1 pour les deux QFU et aussi une transition RNAV1/ILS pour le QFU 34.

- Les exigences essentielles pour introduire la RNAV/RNP en Algérie sont :
- Signal GNSS
- des aéronefs équipés RNAV
- formation des personnels
- Adaptation de réseau des routes aériennes
- acquisition des systèmes de contrôle

Les spécifications RNAV/RNP offrent à l'aérodrome de Constantine une réduction de la distance parcourue et permettent des profils de vol optimisés au décollage et à l'atterrissage, un guidage vertical généralisé en approche finale (Baro-VNAV), une diminution des minimums opérationnels (l'existence des reliefs), et l'amélioration de l'efficacité de la conduite des opérations de descente et de montée continue qui permettent de conduire le vol à l'arrivée ou au départ d'un aérodrome en évitant les paliers et en réduisant la sollicitation des moteurs.

On conclue que la mise en œuvre de la RNAV /RNP est très nécessaire pour l'Aéroport de Constantine.

Conclusion générale

Suite aux travaux effectués, plusieurs points restent à vérifier et à faire. Parmi lesquels citons :

- Le codage de bases de données de navigation.
- Revoir le côté droit d'approche PBN et mettre en place les API.
- Revoir le SID avec virage 160° RWY 16

ANNEXES

Référence :

1. DOC OACI 8168 OPS/611 Procédures pour les services de navigation aérienne Exploitation technique des aéronefs Sixième édition — 2014.
2. DOC OACI 9613 manuel de navigation fondée sur les performances (PBN), édition — 2013.
3. Introduction aux procédures d'approche PBN, ANTOINE Hervé DGAC /DSAC /NO/ST
4. Cours PANS- OPS module 1 Concept généraux et approche classique –2013 'Sandrine Fournié, Hervé Pradines'.
5. Cours PANS- OPS module 3 –RNAV 2013 'Sandrine Fournié, Hervé Pradines'.
6. AIP d'Algérie : Service d'information aéronautique. (Www .sia-enna.dz) 2018.
7. ENAVAPV Baro-VNAV.Rabat, 16/27-03-2015.
8. Mr. AZIZI et ZELLAGUI, thèse magistère étude et calcul de la capacité piste aéroport de Constantine « Mohamed Boudiaf », Université Saad Dahleb de Blida, 2015.
9. Plan national de mise en œuvre de la navigation fondée sur les performances - **PBN**, Ver 1.0 / Août 2015.

1-Historique :

Depuis l'indépendance cinq organismes ont été chargés de la gestion de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie ; OGSA, ONAM, ENEMA, ENESA, ENNA

De 1962 à 1968 c'est l'organisation de gestion et de sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français, qui a géré l'ensemble des services d'exploitation de l'Aviation en Algérie.

Le 1 janvier 1968, l'OGSA a été remplacé par l'office de la navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM) ce dernier a été remplacé, en 1969, par l'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (ENEMA) qui a géré la navigation aérienne jusqu'à 1983.

En 1975, les activités de météorologie ont été transférées à l'office National de Météorologie créé le 29 avril 1975, sous forme d'Etablissement public à caractère administratif.

Le décret N°83.311 du 17/05/1983 a réaménagé les structures de l'ENEMA et modifié sa dénomination pour devenir ENESA « entreprise nationale d'exploitation et de sécurité aéronautique » avec statut d'entreprise nationale à caractère économique.

Afin de clarifier les attributions de l'ENESA, il a été procédé aux réaménagements de ce statut ainsi qu'au changement de dénomination en « ENNA » par décret exécutif N°91-14 du 18 mai 1991.

L'ENNA, établissement 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.

2-Missions :

Conformément au décret N°91-149 du 18 mai 1991 portant réaménagement des statuts de l'Exploitation et de Sécurité Aéronautiques (E.N.S.A.) et dénomination nouvelle : Etablissement National de la Navigation Aérienne, l'ENNA est un Etablissement public à caractère Industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle du Ministère des transports.

Ses principales missions sont :

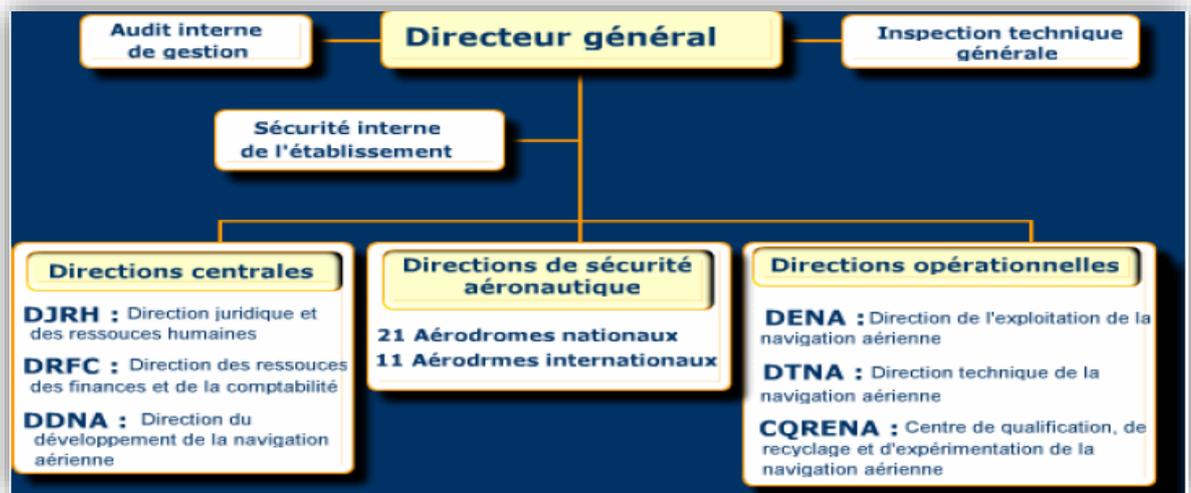
- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et du nom de l'Etat ;

ANNEXE A Représentation de l'établissement national de navigation aérienne

- 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 aéroports ouverts à la circulation aérienne publique.
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aéroports, aux installations et équipements relevant de sa mission ;
- Assurer l'exploitation technique des aéroports ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

3-Organisation :

L'établissement 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, des Finances et de la comptabilité
- ✓ DJRH : Direction juridique et Ressources Humaines
- ✓ CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.

3.1. Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne :

La DENA est organisé comme suit :

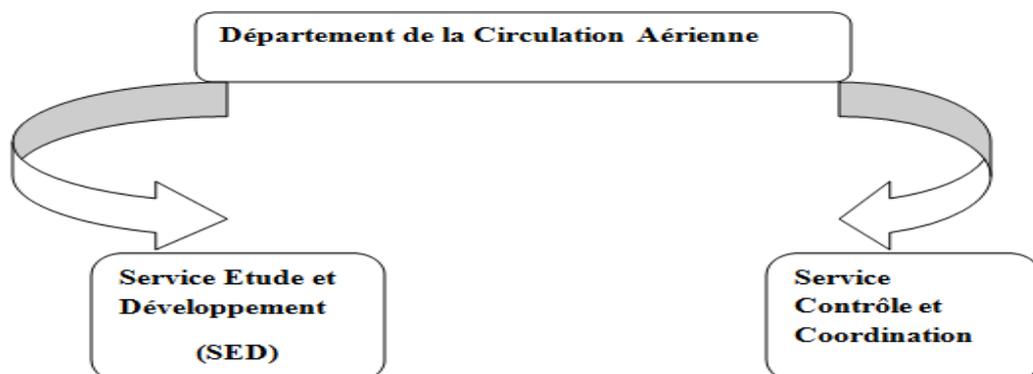


Remarque : Notre conception du schéma de circulation aérienne PBN pour l'aérodrome de Constantine se fait au niveau de département de la Circulation Aérienne (DCA) de l'Etablissement de la Navigation Aérienne.

3.1.1. Département de la Circulation Aérienne :

Le département de la circulation aérienne est chargé du contrôle et du suivi de l'espace aérien géré par les aérodromes et le CCR ainsi que les études liées au développement de la navigation aérienne .Il chapeaute deux services :

- ✓ Le Service Etudes et Développement(SED).
- ✓ Le Service Contrôle et Coordination(SCC).



	anglais	français
APCH	Approach	Approche
API	Missed Approach	Approche Interrompue
APV	Approach Procedure with Vertical guidance	Procédure d'approche avec guidage vertical
ARP	Aérodrome Reference Point	Point de référence de l'aérodrome
ATT	Along Track Tolerance	Tolérance d'écart latérale
AWP	Arrival WayPoint	Point de cheminement d'arrivée
Baro-VNAV	Barometric Vertical Navigation	Système de navigation verticale barométrique
BV	Buffer value	Valeur tampon
DER	Departure End of the Runway	Extrémité départ de la piste
DWP	Departure WayPoint	Point de cheminement de départ
ENR	Enroute	En Route
FAF/P	Final Approach Fix /Point	Repère/point d'approche finale
FB	Fly- by	Point de cheminement par le travers
FO	Fly-Over	Point de cheminement à survoler
FTE	Flight Technical Error	Erreur technique de vol
FTT	Flight Technical Tolerance	Tolérance technique de vol
GNSS	Global Navigation Satellite System	Système mondiale de navigation par satellite
HL	Height Loss	La marge de perte de hauteur
HP	Holding point	Point de cheminement d'attente
IAF	Initial Approach Fix	Repère d'approche initiale
IAS	Indicated Air Speed	Vitesse indiquée
IF	Intermediate Fix	Repère d'approche intermédiaire
ISA	International Standard Atmosphere	Atmosphère type internationale
LNAV	Lateral Navigation	Navigation latérale
LPV	Localizer Performance With Vertical Guidance	Performance d'alignement de piste avec guidage verticale

MAHWP	Missed Approach Holding Way Point	Point d'attente en approche interrompue
MAPT	Missed Approach Point	Point d'approche interrompue
MFO/MOC	Minimum Obstacle Clearance	Marge minimale de Franchissement d'Obstacles
MSD	Minimum Stabilization Distance	Distance minimale de stabilisation
NAVAID	Navigation Aid	Aide de Navigation
NM	Nautical Miles	Mille marin
NSE	Navigation System Error	Erreur du système de navigation
OACI	International Civil Aviation Organisation	Organisation de l'aviation civile internationale
OAS	Obstacle Assesment Surface	Surface d'évaluation d'obstacles
OCA/H	Obstacle Clearance Altitude /Hauteur	Altitude/Hauteur de franchissement d'obstacles
PBN	Performance Based Navigation	Navigation Fondée sur la performance
PDG	Procedure design gradient	Pente de calcul de procédure
RNAV	Area Navigation	Navigation de surface
RNP	Required Navigation Performance	Qualité de navigation requise
RWY	Runway	Piste
SID	Standard Instrument Departure	Départ normalisé aux instruments
SOC	Start Of Climb	Début de la montée
STAR	Standard Instrument Arrival	Arrivée normalisée aux instruments
TAA	Terminal Arrival Area	Altitude d'arrivée en région terminale
TAS	TrueAir Speed	Vitesse vraie
THR	Threshold	Seuil
TP	Turning Point	Point de virage
TSE	Total System Error	Erreur Totale du système
VNAV	Vertical Navigation	Navigation verticale
VPA	Vertical path angle	Angle de trajectoire verticale
WP	WayPoint	Point de cheminement

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

Aire secondaire : Aire définie située de part et d'autre de l'aire primaire, le long de la trajectoire de vol nominale, à l'intérieur de laquelle une marge 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 (MSL).

Altitude d'arrivée en région terminale (TAA) : Altitude la plus basse qui assurera une marge minimale de franchissement de 300 m (1 000 ft) au-dessus de tous les objets situés à l'intérieur d'un arc de cercle défini par un rayon de 46 km (25 NM) centré sur le repère d'approche initiale (IAF) ou, à défaut d'IAF, sur le repère intermédiaire (IF), et délimité par des lignes droites joignant les extrémités de l'arc à l'IF. Combinées, les TAA associées à une procédure d'approche forment un cercle autour de l'IF.

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.

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

Altitude minimale de franchissement d'obstacles (MOCA) : Altitude minimale d'un segment de vol défini, qui assure la marge de franchissement d'obstacles nécessaire.

Altitude minimale de secteur (MSA) : Altitude la plus basse qui puisse être utilisée et qui assurera une marge minimale de franchissement de 300 m (1 000 ft) au-dessus de tous les objets situés dans un secteur circulaire de 46 km (25 NM) de rayon centré sur un point significatif, le point de référence d'aérodrome (ARP) ou le point de référence d'hélistation (HRP).

Angle de trajectoire verticale (VPA) : Angle de la descente en approche finale publiée dans les procédures Baro-VNAV.

Arrivée normalisée aux instruments (STAR) : Route désignée d'arrivée suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant un point significatif, normalement situé sur une route ATS, à un point où peut commencer une procédure d'approche aux instruments.

Déclinaison de la station. Angle entre le R 360° du VOR et le nord vrai.

Départ normalisé aux instruments (SID) : Route désignée de départ suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant l'aérodrome ou une piste spécifiée de l'aérodrome à un point significatif spécifié, normalement situé sur une route ATS désignée, auquel commence la phase en route d'un vol.

Distance de trajectoire (TRD) : La TRD entre deux points de cheminement par le travers est définie comme la longueur de segment diminuée de la distance de stabilisation aux deux virages.

Distance minimale de stabilisation (MSD) : Distance minimale à l'intérieur de laquelle une manœuvre de virage doit être achevée et après laquelle une nouvelle manœuvre peut être amorcée. La distance minimale de stabilisation est utilisée pour calculer la distance minimale entre points de cheminement.

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

Hauteur du point de repère (RDH) : Hauteur de l'alignement de descente prolongé ou d'une trajectoire verticale nominale au seuil de la piste.

Navigation de surface (RNAV) : Méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites de la couverture des aides de navigation à référence sur station, ou dans les limites des possibilités d'une aide autonome, ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

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 1 013,2 hectopascals (hPa), et séparée des autres surfaces analogues par des intervalles de pression spécifiés.

Obstacle significatif : Tout détail naturel du relief, ou tout objet fixe artificiel, à caractère permanent ou temporaire, se détachant en hauteur sur son entourage et considéré comme pouvant présenter un danger pour le passage des aéronefs dans le cadre de l'opération pour laquelle la procédure a été conçue.

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 sera respectée.

Point de cheminement : Emplacement géographique spécifié utilisé pour définir une route à navigation de surface ou la trajectoire d'un aéronef utilisant la navigation de surface. Les points de cheminement sont désignés comme suit :

- ✓ Point de cheminement par le travers. Point de cheminement qui nécessite une anticipation du virage de manière à intercepter le segment suivant d'une route ou d'une procédure ; ou
- ✓ Point de cheminement à survoler. Point de cheminement auquel on amorce un virage pour rejoindre le segment suivant d'une route ou d'une procédure.

Point significatif : Emplacement géographique spécifié utilisé pour définir une route ATS ou la trajectoire d'un aéronef, ainsi que pour les besoins de la navigation et des services de la circulation aérienne.

Procédure d'approche aux instruments (IAP) : Série de manœuvres 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 interrompue : Procédure à suivre lorsqu'il est impossible de poursuivre l'approche.

Procédure d'attente : Manœuvre prédéterminée exécutée par un aéronef pour rester dans un espace aérien spécifié en attendant une autorisation.

Qualité de navigation requise (RNP) : Expression de la performance de navigation qui est nécessaire pour évoluer à l'intérieur d'un espace aérien défini.

Repère d'approche initiale (IAF) Repère qui marque le début du segment initial et la fin du segment d'arrivée, s'il y a lieu.

Repère d'attente : Emplacement géographique qui sert de référence dans le cadre d'une procédure d'attente.

Repère d'attente en approche interrompue (MAHF) : Repère utilisé en applications RNAV pour marquer la fin du segment d'approche interrompue et le point central d'attente en approche interrompue.

Repère intermédiaire (IF) : Repère qui marque la fin d'un segment initial et le début du segment intermédiaire.

Route : Projection à la surface de la terre de la trajectoire d'un aéronef, trajectoire dont l'orientation, en un point quelconque, est généralement exprimée en degrés par rapport au nord (vrai, magnétique ou grille).

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.

Système mondial de navigation par satellite (GNSS) : Système de détermination de la position et du temps, qui se compose d'une ou de plusieurs constellations de satellites, de récepteurs placés à bord des aéronefs et d'un contrôle de l'intégrité, renforcé selon les besoins pour obtenir la qualité de navigation requise dans la phase d'exploitation considérée.

Tolérance d'écart latéral (XTT) : Tolérance de repère mesurée perpendiculairement à la trajectoire nominale, résultant des tolérances d'équipement embarqué et d'équipement au sol ainsi que de la tolérance technique de vol (FTT).

Tolérance d'écart longitudinal (ATT) : Tolérance de repère le long de la trajectoire nominale, résultant des tolérances de l'équipement embarqué et de l'équipement au sol.

Trajectoire d'approche finale : Trajectoire de vol sur le segment d'approche finale qui est normalement alignée sur l'axe de la piste. Dans le cas des segments d'approche finale décalés, la trajectoire d'approche finale est alignée selon l'orientation du FTP et du FPAP.

Vitesse (VI) pour les calculs de procédures, en nœuds (kt)

Catégorie d'aéronefs	V_{at}	Fourchette de vitesses pour l'approche initiale	Fourchette de vitesses d'approche finale	Vitesses maximales pour manœuvres à vue (approche indirecte)	Vitesses maximales pour approche interrompue	
					intermédiaire	finale
A	<91	90/150(110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180(140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275
H	S/O	70/120**	60/90***	S/O	90	90
CAT H (PinS) ***	S/O	70/120	60/90	S/O	70 ou 90	70 ou 90

Vitesse (VI) pour les calculs de procédures, en kilomètres à l'heure (km/h)

Catégorie d'aéronefs	V_{at}	Fourchette de vitesses pour l'approche initiale	Fourchette de vitesses d'approche finale	Vitesses maximales pour manœuvres à vue (approche indirecte)	Vitesses maximales pour approche interrompue	
					intermédiaire	finale
A	<169	165/280(205*)	130/185	185	185	205
B	169/223	220/335(260*)	155/240	250	240	280
C	224/260	295/445	215/295	335	295	445
D	261/306	345/465	240/345	380	345	490
E	307/390	345/467	285/425	445	425	510
H	S/O	130/220**	110/165***	S/O	165	165
CAT H (PinS)***	S/O	130/220	110/165	S/O	130 ou 165	130 ou 165

GéoTITAN :

Un logiciel conçu par des experts, pour des experts.

GéoTITAN gère, affiche et enregistre toutes les informations nécessaires à la conception des trajectoires IFR et des zones de protection associées, rapidement, avec précision et conformément à la norme DOC 8168-OPS /611. Il opère dans un environnement aéronautique géo référencé.

GéoTITAN propose une automatisation efficace de la conception au travers de fonctions puissantes et éprouvées, telles que :

- Calcul de toutes les trajectoires aéronautiques selon des lignes géodésiques (et non sur des lignes droites)
- Calcul automatique de l'altitude minimale de vol (OCA : Obstacle Clearance Altitude) lorsqu'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est disponible.
- Calcul automatique des aires de protection des trajectoires.

Les buts de ce logiciel :

- 1- Gestion des bases de données :
 - Géographique
 - Topographique
 - Aéronautique
- 2- Aide au dessin des trajectoires
- 3- Aide à la protection des trajectoires
- 4- Aide à la création de cartes aéronautiques et de rapports
- 5- Aide à la mise à jour des études

Système information géographique :

GéoTITAN, le logiciel de conception de procédure, s'appuie sur le Système d'Information Géographique GéoConcept.

GeoConcept : est un progiciel qui apporte une base de données et des fonctionnalités d'affichage de différents types d'informations dans un environnement géographique.

ANNEXE E Présentation du logiciel GEOTITAN

Ainsi, GeoConcept travaille normalement en coordonnées (X,Y) et en mètres, mais dans GéoTITAN le concepteur utilise directement WGS84 et des miles nautiques.

Afin de permettre aux utilisateurs de bénéficier des fonctionnalités les plus adaptées à chaque tâche, lors de l'installation de GéoTITAN les deux outils sont installés en parallèle:

GéoTITAN : est utilisé pour la gestion des données aéronautiques et la conception de procédure.

GeoConcept : est utilisé pour la préparation et l'intégration de données géographiques.

Les dessins des procédures sur papier calque

Informatisation des procédures par le logiciel GeoTITAN