



République Algérienne Démocratique Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de recherche scientifique



**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1**

**Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales**

**Département de la Navigation Aérienne**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

*En vue de l'obtention du*

## **MASTER EN AERONAUTIQUE**

*Spécialité : Exploitation Aéronautique*

*Réalisé par :*

Mlle AISSAOUIA SAMIA  
Mme ROULA CHAHINEZ

**Thème :**

---

**ETUDE DE LA MISE EN ŒUVRE D'UN ESPACE AERIEN A  
CHEMINEMENT LIBRE « FREE ROUTE AIRSPACE »  
EN FIR ALGER**

---

*Encadré par :*                      *Mme F. DRARENI*  
   *Mr A.MOUFEK*

Blida, Septembre 2021

## ***RESUME***

Le volume du trafic aérien est en constante augmentation, ce qui implique la nécessité d'une amélioration continue de la gestion du trafic aérien ATM, qui est basé sur la prédictibilité des trajectoires de vol. Des nouvelles solutions doivent être développées pour résoudre les problèmes qui peuvent survenir, c'est-à-dire le manque de capacité de l'espace aérien, la faible efficacité des vols, l'impact sur la sécurité des vols, les retards ATFM et des coûts d'exploitation élevés pour les compagnies aériennes. L'une des solutions possibles est la mise en œuvre d'espaces aériens à cheminement libre FRA, afin d'augmenter la capacité et l'efficacité du système ATFM, tout en préservant les aspects liés à l'environnement et la sécurité des vols. Cette solution est déjà mise en œuvre dans de nombreux Etats comme ceux appartenant à Eurocontrol.

L'objectif de notre travail est la réalisation d'un plan pratique pour la mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre en FIR

**Mots clés :** FRA, espace aérien à cheminement libre, DCT, routes ATS, ATC. Alger.

## **ABSTRACT**

The volume of air traffic is constantly increasing, which implies the need for continuous improvement in ATM, which is based on the predictability of flight paths. New solutions must be developed to address the problems that may arise, i.e. lack of airspace capacity, low flight efficiency, impact on flight safety, ATFM delays and increased operating costs for airlines.

One of the solutions is the implementation of Free Route Airspace FRA, in order to increase the capacity and efficiency of the ATFM system, while preserving the environment and increasing the safety of flights. This solution is already implemented in many States such as those belonging to Eurocontrol.

The objective of our work is the realization of a practical plan for the implementation of Free Route Airspace FRA in Algiers FIR.

**Keywords:** FRA, Free Route Airspace, DCT, ATS routes, ATC.

## ملخص

يتزايد حجم الحركة الجوية باستمرار، مما يعني الحاجة إلى التحسين المستمر لإدارة الحركة الجوية ATM، والتي تستند إلى إمكانية التنبؤ بمسارات الطيران. يجب تطوير حلول جديدة لمعالجة المشاكل التي قد تنشأ، مثل نقص سعة المجال الجوي، وانخفاض كفاءة الطيران، والتأثير على سلامة الطيران، وتأخيرات ATFM، وارتفاع تكاليف التشغيل لشركات الطيران. أحد الحلول الممكنة هو تنفيذ فضاءات FRA الجوية ذات التدفق الحر، من أجل زيادة قدرة وكفاءة نظام ATFM، مع الحفاظ على الجوانب البيئية وسلامة الطيران. تم تنفيذ هذا الحل بالفعل في العديد من الدول مثل تلك التي تنتمي إلى Eurocontrol. الهدف من عملنا هو تحقيق خطة عملية لتنفيذ مجال جوي حر في منطقة معلومات الطيران.

الكلمات الرئيسية: Free Route Airspace، مفهوم DCT، شبكة مسار ATS، ATC

## ***REMERCIEMENT***

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Ensuite, nous tenons à exprimer nos remerciements avec un grand plaisir et un grand respect à :

Madame DRARENI Fatima Zahra, pour ses conseils, sa disponibilité et son encouragement. Notre encadreur Mr. MOUFEK Ahcene, Directeur de l'Inspection Général Technique et Instructeur au Centre de Contrôle Régional d'Alger, qui a rendu ce travail possible par ses compétences et sa contribution. Et Qui nous a guidées grâce à son expérience dans nos recherches.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Aussi, un grand hommage à tous nos professeurs qui nous ont guidés tout au long de nos études universitaires.

Enfin nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

## ***DEDICACES***

Je dédie ce travail :

A mes parents, **Maman**, à celle que le paradis est sous ses pieds, une épaule qui réchauffe, des mots qui consolent, des pas qui accompagnent, ma mère qui m'a comblé de tendresse et d'affection tout en long de mon parcours. Je vous aime très fort.

Grand homme, **Papa**, celui qui m'a à tout encourager, soutenue, doté d'une éducation digne et surtout sculpté la femme que je suis maintenant, en ce jour mémorable pour moi ainsi que pour vous, ce travail est pour vous.

A mes sœurs **Assia, Soulef** et **Amina**, qui m'ont poussé à donner le meilleur de moi, et à être toujours l'exemple digne d'une sœur, je vous aime. Ainsi mes neveux et mes nièces et spécialement **Tissourassi Mohamed**.

A mes précieuses amies, **Asma G, khadidja, chanez, Imane, souhila** et **Chahinez B**.

A ma famille, **AISSAOUIA** et **BOUDJELOUL** mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous ceux que j'aime

**Samia**

## ***DEDICACES***

Je dédie ce travail :

A ma très chère mère : Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père : Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A ma petite famille que j'aime du plus profond de mon cœur : mon cher mari **Yousseuf**, et ma jolie petite fille **Zekraoui Maria Rosa** qui illumine ma vie et qui me donne de l'amour et de la vivacité. Que dieu les protègent et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes frères **Abd arraouf** et **djallal**, mes sœurs **Hana** , **Mimi**, **Selma** et **Lilia** , et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail , ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours A toutes mes amies **Imen** ,**Nihad** et **Chahinez** qui m'ont toujours encouragé , et à qui je souhaite plus de succès.

**Chanez**

## ***TABLE DES MATIERES***

RESUME	i
REMERCIEMENT.	ii
DEDICACES	iii
TABLE DES MATIERES .	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX	vi

### INTRODUCTION GENERALE

### CHAPITRE I : NOTIONS D'ESPACE AERIEN

I.1.introduction .....	19
I.2. Division de l'espace aérien .....	19
I.2.1. Espace aérien contrôlé .....	20
I.2.2.Espace aérien non contrôlé .....	21
I.2.3. Région d'information de vol FIR.....	21
I.2.4. Région supérieure d'information de vol UIR .....	21
I.2.5.Route ATS .....	21
I.2.6.Zones à statut particulier .....	22
I.3.Classification de l'espace aérien .....	23
I.4.Services fournis.....	25
I.4.1. objectifs des services de la circulation aérienne .....	25
I.4.2.Service du contrôle de la circulation aérienne .....	26
I.4.3. Service d'information de vol .....	27
I.4.4. Service d'alerte .....	27
I.5. Navigation classique .....	29
I.6. la navigation fondée sur les performances PBN .....	29
I.6.1. Navigation de surface RNAV .....	31
I.6.2. Qualité de navigation requise RNP .....	31
II.6.3.les types de spécification RNAV et RNP .....	31
I.7.présentation de la FIR Alger .....	35

I.7.1.Secteurs de la FIR Alger .....	37
I.7.2.Réseau de routes .....	39
I.8.Gestion des flux de trafic aérien ATFCM.....	42
I.8.1.Définition .....	43
I.8.2.objectifs de l'ATFCM.....	44
I.8.3.Les phases ATFCM .....	44
I.8.4.Gestion des vols .....	46
I.8.5.Planification des vols .....	47
I.9. Conclusion .....	48

## CHAPITRE II : CONCEPT FREE ROUTE AIRSPACE FRA

II.1.Introduction .....	49
II.2.Historique .....	49
II.3. Définition du concept d'espace aérien à cheminement libre FRA .....	51
II.4. Concept d'espace aérien en route directe DRA .....	54
II.4.1.Definition.....	54
II.4.2.les limites d'application du concept DRA .....	54
II.4.3.Free Route Airspace « FRA» et les DCTs.....	55
II.5. les bénéfices de l'espace aérien en Free Route.....	55
III.6. les défis de la mise en place d'un espace aérien FRA.....	57

## CHAPITRE III : MISE EN ŒUVRE DU CONCEPT FRA EN FIR ALGER

III.1. Introduction .....	59
III.2. Etat du réseau de routes aériennes en FIR Alger .....	59
III.3.concept opérationnel .....	59
III.3.1.Cheminement libre dans un environnement à forte densité .....	59
III.3.2. Impact du FRA sur la charge de travail et les capacités des secteurs .....	60
III.3.3.Cheminement libre et l'efficience des vols.....	61
III.3.4. Cheminement libre et son rapport avec l'environnement .....	62

III.3.5. Limites de l'application du cheminement libre en route .....	62
III.3.6. Quelle approche pragmatique et progressive devons nous adapter ? .....	63
III.4. Exigence pour la mise en service du concept FRA .....	82
III.4.1. Catégorie de l'espace aérien .....	82
III.4.2. Gestion de la capacité et des flux du trafic aérien ATFCM .....	83
III.4.3. Performances minimales des avions .....	83
III.4.4. Visualisation de trafic et contrôle radar .....	84
III.4.5. Coordination avec les militaires et utilisation flexible de l'espace aérien .....	85
III.4.6. Possibilités du système automatisé de gestion et de visualisation du trafic aérien et les exigences des plans de vol (intégration des FPL, impression des strips ... ) .....	86
III.5. Les contraintes des utilisateurs .....	87
III.5.1. L'applicabilité de la parité des niveaux de vol par rapport aux cheminements libres .....	87
III.5.2. Coordination avec les secteurs et FIRs Adjacentes .....	88
III.5.3. Le réseau de routes ATS dans l'espace aérien à cheminement libre .....	88
III.5.4. Disponibilités des trajectoires en FRA .....	90
III.5.5. La gestion opérationnelle des réservations d'espace aérien et des zones à statuts particuliers .....	91
III.5.6. Gestion de l'espace aérien ASM et impact sur la sectorisation .....	93
III.5.7. Aspects liés aux informations à publier AIP/NOTAM Publication FRA – AIP ENRIP .....	95
III.6. Mise en place progressive du concept de cheminement libre : .....	95
III.7. Plan de mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre (en route) dans la FIR Alger .....	99
III.8. Limites à l'application du FRA .....	100
III.8.1 Limites verticales de FRA .....	101
III.8.2 Limites horizontales de FRA .....	101
III.9. Conclusion et possibles évolutions de l'application du FRA dans la FIR Alger : .....	101

CONCLUSION GENERALE

ANNEXE A

DEFINITIONS

ANNEXE B

PRESENTATION ENNA

REFERENCES

## ***LISTE DES ABREVIATIONS***

### **A**

**ACAS** : Airborne Collision Avoidance System  
**ACC** : Area Control Centre  
**ADA**: Advisory Area  
**ADR**: Advisory Route  
**ADS/B** : Automatic Dependent Surveillance/Broadcast  
**AIP** : Aeronautical Information Publications  
**AIS** : Aeronautical Information System  
**AIS** : Aeronautical Information Services  
**ALRS**: Alerting Service  
**ANM**: Active Network Management  
**ANSP**: Air Navigation Service Provider  
**AO** : Aircraft Operator  
**APCH**: Approach  
**APP** : Approach control  
**ARES** : Area Reservation  
**ASM** : Airspace Management  
**ATC**: Air Traffic Controller  
**ATCO** :Air Traffic Control Operations  
**ATFCM**: Air Traffic Flow And Capacity Management  
**ATFM**: Air Traffic Flow Management  
**ATSU** : Air Traffic Services Unit

### **C**

**CAA** : Civil Aviation Authority  
**CAG** : Circulation Aérienne Générale  
**CANSO** : Civil Air Navigation Services Organisation  
**CDM** : Collaborative Decision Making  
**CDR** : Conditionnal Route  
**CONOPS** : Concept Opérationnel  
**COP** : Change-Over Point

**CPDLC** : Controller-Pilot Data Link Communications

**CTA** : Control area

**CTR** : Control zone

## **D**

**DME** : Distance Measuring Equipment

**DRA** : Direct Route Airspace

**DRO** : Direct Routing Opérations

## **E**

**ERNIP** : European Route Network Improvement Plan

## **F**

**FAB** : Functional Airspace Bloc

**FAF** : Final Approach Fix

**FDP** : Flight Data Processor

**FIR** : Flight Information Region

**FIS** : Flight Information Service

**FRA** : Free Route Airspace

**FUA** : Flexible Use Airspace

## **G**

**GNSS** : Global Navigation Satellite System

## **I**

**IAF** : Initial Approach Fix

**IAP** : Instrument Approach Procedure

**IATA** : International Air Transport Association

**IFPS** : Integrated Initial Flight Plan Processing System

**IFR** : Instrument Flight Rules

**ILS** : Instrument Landing System

**IMC** : Instrument Meteorological Conditions

**INS** : Inertial Navigation System

**IRS** : Inertial Reference System

## **M**

**MLS** : Microwave Landing System

## **N**

**NDB** : Non-Directional radio Beacon

**NEST** : Network Strategy Tool

**NFZ** : No Fly Zone

## **O**

**OPMA** : On Board Performance Monitoring And Alerting

## **P**

**PBN** : Performances Based Navigation

**PDGEA** : Projet De Gestion d'Espace Aérien

## **R**

**RAD** : Route Availability Document

**RNAV** : Area Navigation

**RNP** : Required Navigation Performances

**RVSM** : Reduced Vertical Separation Minimum

## **S**

**SESAR** : Single European Sky ATM Research

**SID** : Standard Instrument Departure

**STAR** : Standard Instrument Arrival

## **T**

**TCAS** : Traffic Collision Avoidance System

**TMA** : Terminal Control Area

**TRA** : Temporary Reserved Airspace

**TRAFCA** : Traitement automatique des fonctions de la circulation aérienne

**TSA** : Temporary Segregated Areas

**TWR** : Tour de contrôle

## **U**

**UAC** : Upper Area Control Centre

**UTA** : Upper Control Area

## **V**

**VFR** : Visual Flight Rules

**VHF** : Very High Frequency

**VOR** : VHF Omnidirectional Radio Range

## ***LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX***

<b><i>FIGURE I.1 : Organisation de l'espace aérien.</i></b> .....	23
<b><i>FIGURE I.2 : les services de contrôle de la circulation aérienne.</i></b> .....	26
<b><i>FIGURE I.3 : types des spécifications de la navigation PBN.</i></b> .....	30
<b><i>FIGURE I.4 : évolution de la navigation aérienne</i></b> .....	34
<b><i>FIGURE I.5 : l'utilisation des spécifications de navigation RNAV et RNP.</i></b> .....	34
<b><i>FIGURE I.6 : sectorisation en Algérie.</i></b> .....	39
<b><i>FIGURE I.7 : Réseau des routes en Algérie.</i></b> .....	41
<b><i>FIGURE I.8 : les pays couverts par ATFCM.</i></b> .....	43
<b><i>FIGURE I.9 : Exemple de planification des vols.</i></b> .....	47
<b><i>FIGURE II.1 : Implémentation FRA dans la région européenne. [10].</i></b> .....	50
<b><i>FIGURE II.2 : Exemple d'un espace FRA.</i></b> .....	51
<b><i>FIGURE II.1 : Types des points FRA.</i></b> .....	53
<b><i>FIGURE II.3 : Exemple des points FRA.</i></b> .....	54
<b><i>FIGURE III.1 : flux de trafic en vol contrôle et vol a cheminement libre.</i></b> .....	60
<b><i>FIGURE III.2 : couverture radar et ADS/B assurée par le projet PDGEA.</i></b> .....	65
<b><i>FIGURE III.3 : zone d'espace aérien protégé en cas de conflit.</i></b> .....	73
<b><i>FIGURE III.4 : Règle Est\ Ouest = Règle Italie \Portugal</i></b> .....	75
<b><i>FIGURE III.5 : Assignation des niveaux de vol en espace RVSM.</i></b> .....	76
<b><i>FIGURE III.6: Exemple d'analyse des trajectoires à l'aide de NEST. [17].</i></b> .....	81
<b><i>FIGURE III.7 : exemple du concept DRA et FRA</i></b> .....	82
<b><i>FIGURE III.8: L'ASD (Air Situation Display)</i></b> .....	85
<b><i>FIGURE III.9 : Réseau des routes ATS au sein de FRA.</i></b> .....	89
<b><i>FIGURE III.10 : Exemple connexion réseau des routes ATS avec FRA</i></b> .....	90
<b><i>FIGURE III.11 : Les zones à statuts particuliers au sein du FRA.</i></b> .....	93

<i>TABLEAU I.1 : Résumé sur la classification de l'espace aérien.....</i>	<i>25</i>
<i>TABLEAU I.2 : les centres d'approche en Algérie.....</i>	<i>27</i>
<i>TABLEAU I.3 : les zones à statuts particuliers en Algérie.....</i>	<i>37</i>
<i>TABLEAU I.4 : Sectorisation de la FIR Alger. ....</i>	<i>38</i>
<i>TABLEAU I.5 : Réseau des routes en Algérie. [4] .....</i>	<i>42</i>
<i>TABLEAU II.5 : Types des points FRA. ....</i>	<i>53</i>

## ***INTRODUCTION GENERALE***

## ***INTRODUCTION GENERALE***

Depuis l'apparition de l'aviation, la demande du trafic aérien n'a cessé d'augmenter et devrait poursuivre cette tendance au cours des prochaines décennies. La capacité d'un espace aérien est déterminée par le nombre maximal d'aéronefs pouvant pénétrer dans cette espace pendant une durée de temps donnée (le plus souvent par heure) permettant ainsi une gestion sécurisée du trafic aérien par les contrôleurs de la circulation aérienne. Pour des raisons de sécurité, des restrictions de flux de trafic aérien peuvent être appliquées aux portions d'espace aérien lorsque leurs volumes de trafic dépassent les capacités déclarées. Ces limitations peuvent induire, par exemple, le changement des trajectoires prévues, créant ainsi des goulots d'étranglement engendrant des retards, des consommations supplémentaires de carburant, des émissions additionnelles de CO<sub>2</sub>, etc.

Pour la réalisation de leurs vols, les aéronefs sont souvent appelés à planifier des trajectoires en suivant un ensemble de points de cheminement constitués par un réseau de routes aériennes (ATS). Ces routes sont divisées en deux types : routes conventionnelles et routes de navigation de surface. Les routes conventionnelles sont conçues de façon à survoler des moyens de radionavigation disposés au sol, ce qui oblige les aéronefs à procéder sur des trajectoires en formes de segments de droites non optimales.

Les routes de navigation de surface permettent des cheminements plus directs sans contraindre les aéronefs à survoler des points balisés au sol, néanmoins ces routes reste assez statiques et ne permettent pas des trajectoires optimales pour les vols (en fonction des conditions météorologiques, les restrictions en routes, les activités militaires, les phénomènes naturelles ...).

Pour un aéronef, l'idéal reste toujours de pouvoir suivre la trajectoire la plus optimale, le plus souvent cette trajectoire est une route directe entre le point de départ et la destination. Cependant, comme l'utilisation de l'espace aérien fait l'objet de nombreuses demandes des différents usagers, parfois incompatibles, et compte tenu de différentes considérations, il est rarement possible de satisfaire les usagées d'un espace aérien par des routes optimales. La considération de trajectoires flexibles (cheminement libre) permet l'adaptation dynamique de la gestion des flux de trafic aérien et peut être considérée comme solution des problèmes liés à l'adaptation des capacités disponibles au flux de trafic aérien, en vue de réduire l'impact négatif du réseau de routes statiques sur l'économie et à l'efficacité de l'exploitation aérienne.

Le concept FRA « Free Route Airspace » a été mis en place pour permettre aux utilisateurs de pouvoir planifier librement leurs itinéraires entre des points de cheminement sans se référer à un réseau de routes du service de la circulation aérienne (ATS), contribuant ainsi dans l'optimisation des vols et l'amélioration de l'utilisation de l'espace aérien en termes d'efficacité des services de la circulation aérienne.

Au niveau de la FIR Alger, les itinéraires de vols disponibles sont fixes et s'adaptent assez lentement aux évolutions continues des flux de trafic aérien. Le réseau des routes ATS est basé essentiellement sur l'utilisation de routes dites conventionnelles présentant de ce fait plusieurs contraintes pour les compagnies aériennes. Malgré que les contrôleurs de la circulation aérienne du CCR d'Alger, autorisent (quand cela est possible) aux aéronefs de procéder sur des itinéraires directs dans leurs secteurs respectifs, néanmoins cela génère des différences notoires entre les trajectoires planifiées et celle réellement effectuées, impliquant une surconsommation en carburant et une augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

En Algérie l'ENNA étant le premier responsable de la gestion de trafic aérien ATM et le service de contrôle aérien, assure la sécurité des aéronefs et la fluidité du trafic aérien. Les contrôleurs Enna ont déjà commencé à établir le concept des routes directes DCT en fonction de la congestion d'espace aérien et des conditions météorologiques. Parmi les conséquences de ce concept l'emport inutile de quantité supplémentaire de carburant, réduisant en même temps la charge utile de vol et un impact négatif sur l'environnement. Par ailleurs les routes DCT autorisées par les contrôleurs en service agissent d'une manière négative sur le système de gestion du trafic aérien qui est basé sur la prédictibilité des trajectoires de vol.

Eurocontrol a adopté pour la première fois cette initiative en 2008. [9] et prévoit sa généralisation en 2024.

Le projet PDGEA entrepris par ENNA a pour but d'assurer une couverture radar globale dans l'espace aérien supérieur de la FIR Alger et une intégration d'ADS-B, généralisation de la navigation basée sur les performances PBN permettant ainsi la considération de la mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre FRA dans l'espace aérien sous la responsabilité de l'Algérie. Cette solution contribuera dans la suppression des contraintes liées au réseau de routes ATS et l'amélioration de la prévisibilité des trajectoires de vols.

Le but de notre travail est de réaliser un plan pragmatique dans la mise en œuvre d'un espace FRA au niveau de la FIR Alger, tout en prenant en considération les moyens et configurations dont dispose l'espace aérien et en ayant l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité dans la gestion du trafic aérien.

Tout d'abord, le premier chapitre décrit la notion d'espace aérien, sa gestion et la gestion du trafic aérien par les services de contrôle de la circulation aérienne. Ensuite dans le deuxième chapitre nous allons définir le concept FRA, avec une analyse des avantages/défis que nécessite la mise en place d'un tel concept. En suite ; le troisième chapitre s'intéresse à la mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre dans la FIR Alger en prenant en considération les moyens et réseau de routes actuel. En dernier lieu ; on clôturera par une conclusion et les perspectives pouvant être envisagées suite à l'introduction de ce concept au niveau de l'espace aérien Algérien.

## ***CHAPITRE I***

### ***NOTIONS D'ESPACE AERIEN***

## **I.1.introduction**

La navigation aérienne moderne repose sur l'utilisation d'un système de gestion du trafic **ATM (Air Traffic Management)** capable d'organiser le flux de trafic aérien des nombreux aéronefs utilisant le même espace aérien. Les agents chargés de sa gestion du trafic aérien sont les contrôleurs de la circulation aérienne, ils sont en communication permanente avec les vols sous leurs responsabilités via des moyens de communication radio (HF, VHF) ou par liaison de donnée (CPDLC). Leur principale mission est d'assurer la sécurité des vols (séparations) la fluidité et efficacité dans la gestion du trafic aérien.

L'espace aérien au niveau mondial a connu une forte demande, certains Etats comme ceux membres d'Eurocontrol ont mis en place des procédures et installations permettant la gestion des courants de trafic aérien ATFCM, qui joue un rôle important dans la sécurité, régularité et l'efficacité de la circulation aérienne. De nos jours, les systèmes automatisés de traitement et de visualisation du trafic aérien, sont des outils incontournables pour une bonne gestion des flux de trafic aérien. Un secteur donné est pris en charge par un groupe de contrôleurs, et une capacité lui est associée, dans la perspective d'une surcharge d'un secteur de contrôle aérien, deux solutions sont à envisager, soit on applique des mesures ATFM pour agir sur la demande (level capping, rerouting, régulations ...) ou bien on peut agir sur la capacité du secteur (offre) (FUA, division de l'espace aérien, mesure permettant d'augmenter la capacité du secteur ...).

## **I.2. Division de l'espace aérien**

L'espace aérien est la partie de l'atmosphère sous la responsabilité d'un Etat constitué par un volume tridimensionnel spécifique ou l'un des services de la circulation aérienne est fourni.

L'espace aérien des services de la circulation aérienne est un espace aérien de dimensions définies, désignés par une lettre de l'alphabet, à l'intérieur desquels des types précis de vol sont autorisés et pour lesquels il est spécifié des services de la circulation aérienne et des règles d'exploitation. [1]

Pour assurer la séparation des aéronefs dans un même espace aérien et pour éviter une charge de trafic qui risque d'avoir un impact significatif sur les vols, l'espace aérien est divisé en plusieurs parties, chacune étant adaptée à la densité et le type de trafic auxquels elle est soumise. D'une manière générale il existe deux types d'espace aérien : espace aérien contrôlé et espace aérien non contrôlé.

### I.2.1. Espace aérien contrôlé

Espace aérien où le service de contrôle de la circulation aérienne est assuré, il peut être subdivisé comme suit :

- a) **la région de contrôle CTA** : c'est une portion de l'espace aérien situé au-dessus d'une limite déterminée par rapport à la surface. [2]

Les CTA peuvent être constitués par :  $CTA = AWY + TMA + CTR$

- **Région de contrôle terminale (TMA)** : Région de contrôle terminale établie aux environs d'un ou plusieurs aérodromes importants avec un volume de trafic élevé, en principe au carrefour de voies aériennes (routes ATS). Elle permet de protéger les trajectoires de départ et d'arrivée d'un ou de plusieurs aéroports.

Les TMA ont :

- ✓ une largeur déterminée par la précision avec laquelle les aéronefs qui les utilisent sont capables de suivre leur trajectoire assignée, ainsi que par les moyens de navigation dont disposent ces aéronefs et leur aptitude à les utiliser.
- ✓ une étendue verticale couvrant tous les niveaux auxquels il faut assurer un service de contrôle. [3]

Dans l'espace aérien algérien on distingue cinq TMA :

- ✓ TMA ALGER
  - ✓ TMA ORAN
  - ✓ TMA ANNABA
  - ✓ TMA CONSTANTINE
  - ✓ TMA HASSI MESSAOUD
- **Les voies aériennes AWY** : une portion de région de contrôle présentant la forme d'un couloir et qui a une largeur déterminée par la précision avec laquelle les aéronefs qui les utilisent sont capables de suivre leur trajectoire assignée. [3]
  - **zone de contrôle CTR** : Espaces aériens contrôlés s'étendant verticalement à partir de la surface jusqu'à une limite supérieure spécifiée. Et la limite latérale de cette zone

englobe au moins une portion d'espace aérien contenant les trajectoires des vols IFR à l'arrivée et au départ des aérodromes dont l'utilisation est prévue dans les conditions météorologiques de vol aux instruments, qui ne sont pas à l'intérieur d'une région de contrôle . [2]

**b) Région supérieure de contrôle (UTA) :** Une région de contrôle aérien supérieure et une portion de l'espace aérien délimitée par une limite supérieure et une limite inférieure (le plus souvent coïncident avec les limites d'une UTA).

### **I.2.2.Espace aérien non contrôlé**

L'espace aérien où le service de contrôle de circulation aérienne n'est pas assuré, les services d'information et l'alerte peuvent être fournis.

### **I.2.3. Région d'information de vol FIR**

Espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel le service d'information de vol et le service d'alerte sont assurés. [1]

Il va de 450m de la surface de la terre ou de la mer au niveau de vol FL245 inclus.

Les FIR sont contiguës, afin de permettre la continuité dans la fourniture aux aéronefs, des services de la circulation aérienne. Dans ces FIR sont découpés des réseaux et des ensembles d'espace aériens, qui correspondent à des besoins de trafic et à des activités déterminés. Nous trouverons ainsi l'espace contrôlé et les espace règlementés.

### **I.2.4. Région supérieure d'information de vol UIR**

Espace aérien à partir du niveau FL245 à illimité, Dans cet espace aérien sont déterminés des volumes contrôlés et règlementés, correspondant à des activités et des besoins de trafic définis. Mais sur des principes en générale différents de l'espace Inferieur.

### **I.2.5.Route ATS**

Les routes ATS sont des routes déterminées, destinées à canaliser la circulation pour permettre d'assurer les services de la CA. [1]

Remarque : L'expression route ATS est utilisée pour désigner à la fois :

- Les voies aériennes
- Les routes à service consultatif

### I.2.6. Zones à statut particulier

L'espace aérien à statut particulier comprend généralement des :

- **Zone interdite (P : Prohibited area) :** Une zone interdite est un espace aérien de dimensions définies dans lequel le vol des aéronefs évoluant en circulation aérienne générale est interdit selon des modalités publiées dans la publication d'informations aéronautique .[4]
- **Zone réglementée (R : Restricted area) :** Une zone réglementée est un espace aérien dans lequel le vol des aéronefs est subordonné à des conditions définies pendant des périodes et des circonstances déterminées et publiées dans la publication d'informations aéronautiques.[4]
- **Zone Dangereuse (D : Dangerous area) :** Une zone dangereuse est un espace aérien à l'intérieur duquel se déroulent, pendant des périodes spécifiées, des activités opérationnelles qui présentent un danger pour la circulation aérienne générale. [4]
- **Zone d'avertissement (W : Warning area) :** Une zone d'avertissement est un espace aérien de dimensions définies, qui représente peut être un danger d'activité pour les aéronefs non participant. Le but essentiel de ce type des zones est d'avertir les opérateurs d'aéronef (AO) du danger potentiel.
- **Zone d'alerte (A : Alert area) :** Une zone d'alerte est un espace aérien de dimensions définies, ce type des zones est identifié afin d'informer les opérateurs d'aéronef (AO) non participants des zones pouvant contenir un volume d'activité très élevé ou bien un nouveau type d'activité aérienne.

Remarque :

- Les périodes spécifiées de ces activités sont publiées dans la publication d'informations aéronautiques (AIP) ou par NOTAM.

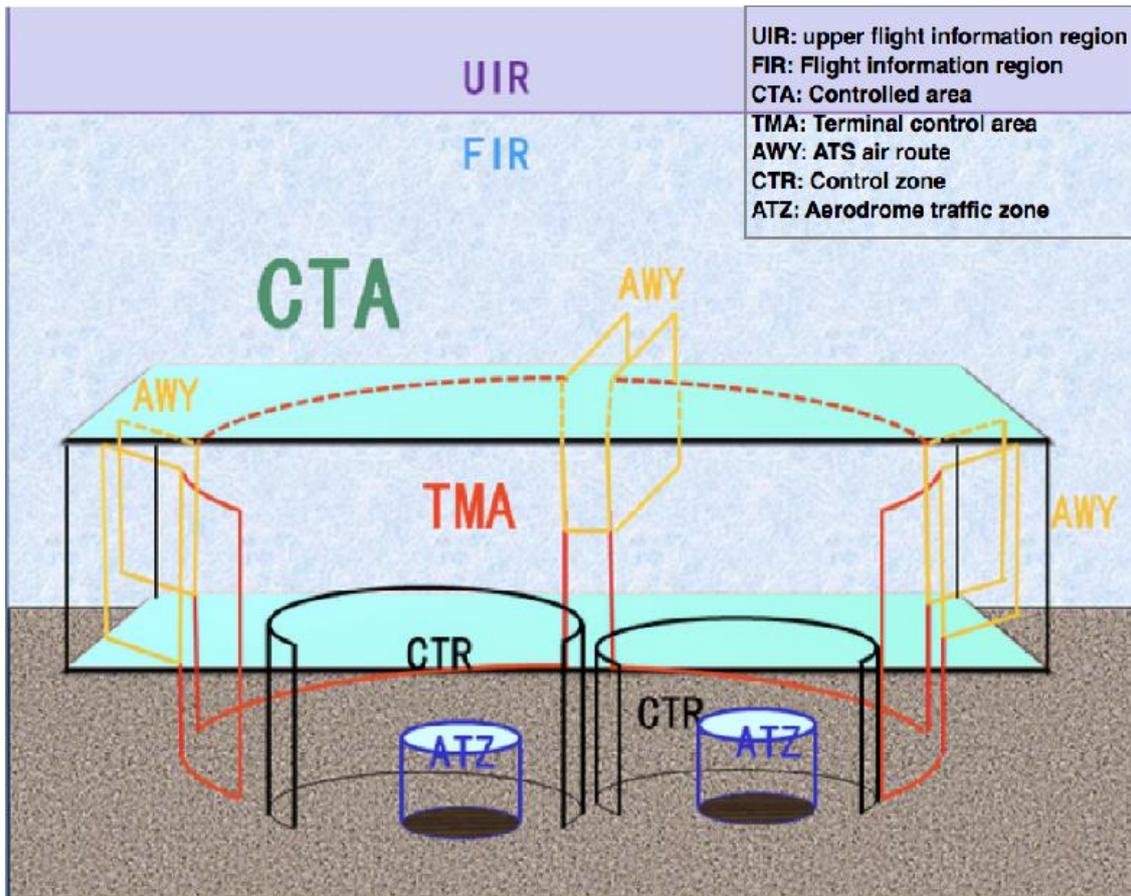


FIGURE I.1 : Organisation de l'espace aérien.

### I.3. Classification de l'espace aérien

Les espaces aériens sont organisés selon la classification suivante :

- **Classe A** : toutes les opérations sont effectuées selon les règles de vol aux instruments (IFR). Il est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols et la séparation est assurée entre tous.
- **Classe B** : Les vols IFR et VFR sont autorisés, tous les aéronefs navigants dans cette zone, et tous les aéronefs qui sont ainsi autorisés reçoivent des services de contrôle de la circulation aérienne et de la séparation dans l'espace aérien.

- **Classe C** : Les vols IFR et VFR sont autorisés ,IL est fourni un service de contrôle de la circulation aérienne à tous les vols, la séparation est assurée entre vols IFR et entre vols IFR et vols VFR, les vols VFR sont séparés des vols IFR et reçoivent des informations de circulation relatives aux autres vols VFR.
- **Classe D** : les vols IFR et VFR sont admis, le service du contrôle entre IFR/VFR et VFR/VFR se borne à apporter une assistance aux pilotes pour assurer « voir et éviter » dès que la séparation risque de passer en dessous de la norme. Autrement dit, l'outil utilisé pour le service du contrôle est « l'information de trafic », qui sera renouvelée jusqu'à ce que les pilotes acquièrent un contact visuel.
- **Classe E** : Les vols IFR et VFR sont admis ; tous les vols IFR sont contrôlés et les séparations sont assurées entre les vols IFR ; tous les vols reçoivent dans la mesure du possible des informations de circulation.
- **Classe F** : Les vols IFR et VFR sont autorisés ; tous les aéronefs en vol IFR bénéficient du service consultatif de la circulation aérienne et tous les vols bénéficient d'un service d'information de vol sur demande.
- **Classe G** : Les vols IFR et VFR sont admis et bénéficie du service d'information de vol s'ils le demandent. [2]

Remarque :

- L'espace aérien algérien contient les classes A, D, E. [4]

**TABLEAU I.1** : Résumé sur la classification de l'espace aérien

		Séparation assurée ATC	Service d'information de vol	Statut de vol
Espace aérien contrôlé	Classe A	IFR/IFR	Non	contrôlé
	Classe B	IFR/IFR VFR/VFR	Non	contrôlé
	Classe C	IFR/VFR	VFR/VFR	contrôlé
	Classe D	IFR/VFR	IFR/VFR VFR/VFR	contrôlé
	Classe E	Non	IFR/VFR	Non contrôlé
Espace aérien non contrôlé	Classe F	Non	Non	Non contrôlé
	Classe G	Non	Non	Non contrôlé

## I.4.Services fournis

### I.4.1. objectifs des services de la circulation aérienne

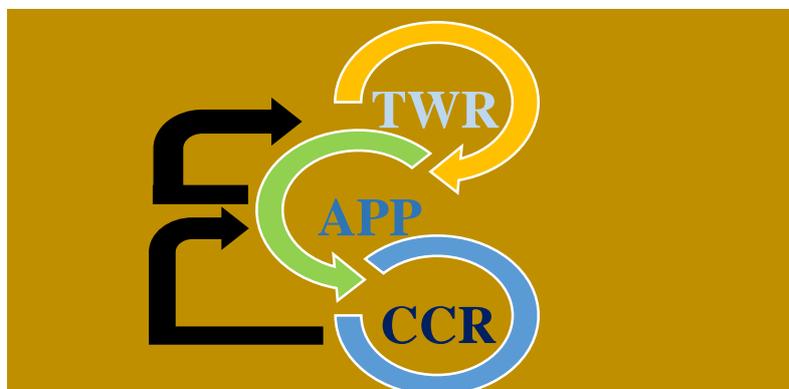
- Prévenir les abordages entre les aéronefs.
- Prévenir les collisions, sur l'aire de manœuvre entre les aéronefs et les obstacles, fixes ou mobiles.
- Accélérer et ordonner la circulation aérienne.
- Fournir les avis et renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols.
- Alerter les organismes appropriés lorsque des aéronefs ont besoin de l'aide des organismes de recherche et de sauvetage, et de prêter à ces organismes le concours nécessaire. [2]

### I.4.2. Service du contrôle de la circulation aérienne

- a) **Définition** : Le contrôle aérien est un ensemble de services rendus aux aéronefs afin d'aider à l'exécution sûre, rapide et efficace des vols.
- b) **But** : la sécurité des aéronefs en évitant les abordages et les collisions. Ainsi l'écoulement sûr et rapide du trafic aux moyens d'instructions et d'autorisations du contrôle la régularité des vols.
- c) **Bénéficiaires** : Le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré au bénéfice :
- ✓ De tous les vols IFR dans l'espace aérien contrôlé.
  - ✓ De tous les vols VFR dans les espaces aériens contrôlés de classe B, C et D.
  - ✓ De tous les vols VFR spéciaux.
  - ✓ De l'ensemble de la circulation d'aérodrome contrôlé.

Le service de contrôle est subdivisé en trois parties selon la phase du vol à laquelle il s'applique : [3]

- **Contrôle régional ACC** : fait partie du service ATC qui est fourni aux vols contrôlés lorsqu'ils sont dans leur phase de croisière et il est normalement assuré par un centre de contrôle régional (ACC).
- **Contrôle d'approche** : il est également fourni au voisinage des aérodromes, mais il s'agit d'un service qui concerne principalement les vols exécutés selon un plan de vol conforme aux règles de vol aux instruments (IFR) et dans des conditions météorologiques de vols aux instruments (IMC).
- **Contrôle d'aérodrome** : le contrôle de la circulation aérienne est normalement fourni par le contrôle d'aérodrome, qui fonctionne à partir d'une tour de contrôle, d'où son abréviation (TWR).



**FIGURE I.2** : les services de contrôle de la circulation aérienne.

L'Algérie contient cinq zones d'approche contrôlées et gérée par cinq centres de contrôle d'approche afin d'assurer une meilleure gestion des aéronefs autour des aéroports. Le tableau ci-dessus spécifie les (5) centres.

**TABLEAU I.2 : les centres d'approche en Algérie.**

Désignation	Classe	Limite inférieur	Limite supérieur
CTA Alger/Houari Boumediene	D	450 M GND/MSL	FL145
CTA Annaba /El Mellah	D	450 M GND/MSL	FL105
CTA Constantine/Mohamed Bouiaf	D	450 M GND/MSL	FL105
CTA Hassi Messaoud/Oued Irara Krim	D	450 M GND/MSL	FL105
CTA Oran /Es Sénia	D	450 M GND/MSL	FL105

#### I.4.3. Service d'information de vol

- a) **Définition :** Service assuré en vue de fournir les avis et les renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols [3]
- b) **But :** Le but du service d'information de vol est de fournir aux aéronefs tous les avis et renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols. [2]
- c) **Bénéficiaires :** Le service d'information de vol doit être assuré au bénéfice de tous les aéronefs auxquels les renseignements correspondants pourraient être utiles, Auxquels est assuré le service du contrôle de la circulation aérienne et Dont la présence est connue par ailleurs. [2]
- d) **Exemple des renseignements fournis :**

✓ Renseignements sur l'activité des zones dangereuses et réglementées.

- ✓ Renseignements sur la présence d'oiseaux sur un aérodrome et au voisinage de celui-ci.
  - ✓ Renseignements sur les conditions météorologiques observées ou prévues aux aérodromes de départ, de destination et de dégagement.
- e) **Organismes chargé d'assurer le service d'information de vol** : ce service est rendu par un centre d'information de vol CIV, pour assurer le Service d'information de vol (FIS) et le Service d'alerte (ALRS), dans un espace aérien définie comme région d'information de vol (FIR).

#### II.4.4. Service d'alerte

- a) **Définition** : Service assure en vue d'alerter les organes appropriés de recherches et de sauvetage lorsque des aéronefs ont besoin de leur aide et de prêter à ces organes le concours nécessaire. [3]
- b) **But** : L'objet du service d'alerte est d'aviser les organismes appropriés au sujet des aéronefs qui ont besoin d'aide de recherches et de sauvetage, et de prêter assistance à ces organismes. [3]
- c) **Bénéficiaires** : ce service est assuré A :
- ✓ tous les aéronefs en vol contrôlé.
  - ✓ tout autre aéronef ayant communiqué un plan de vol.
  - ✓ tout aéronef que l'on sait ou que l'on croit être l'objet d'une intervention illicite.
  - ✓ tout aéronef n'ayant pas communiqué de plan de vol, lorsqu'un organisme de la circulation aérienne estime qu'il possède suffisamment d'éléments lui permettant de douter de la sécurité de l'aéronef ou de ses occupants. [4]
- d) **Organismes chargés d'assurer le service d'alerte** : Les centres de contrôle régional ou les centres d'information de vol servent de centre de rassemblement de tous les renseignements relatifs à un aéronef en difficulté et transmettent ces renseignements aux centres de coordination de sauvegarde intéressé.

## **I.5. Navigation classique**

La navigation conventionnelle utilise des stations au sol de type NDB, VOR, DME, ILS, MLS et le guidage radar. Cette navigation est basé sur des trajectoires dits trajectoires classiques.

Ces derniers sont des voies aériennes sur lesquels sont guidés les avions par les aides à la navigation, ces trajectoires donnent au pilote des informations sur :

- ✓ Sa distance par rapport à la balise de radionavigation.
- ✓ Sa position selon sa trajectoire désignée sur les cartes.
- ✓ Sa radial QDM/QDR par rapport à la station.

Avec la navigation classique, les aéronefs volent d'une aide à la navigation (navaid) basée au sol à une autre. (Navaid= VOR, DME, NDB). Puisque le signal direct se disperse avec l'éloignement par rapport à l'aide à la navigation, l'aire de protection, le long d'une route ATS ou d'une procédure, s'élargit.

Les aéronefs doivent alors survoler l'aide à la navigation ou l'intersection de radial pour maintenir un certain niveau de précision de la navigation. Cette méthode présente des routes et procédures inefficaces, de grands espacements dus aux imprécisions de cette méthode et à la protection contre les erreurs opérationnelles.

L'inconvénient de ce mode de navigation est que les routes sont déterminées par l'emplacement des radiophares de navigation. Il en résulte souvent des routes plus longues, les routes d'arrivée et de départ optimales étant impraticables du fait des contraintes de localisation et des coûts d'installation de nouvelles aides radio basées au sol. De plus, les surfaces de protection d'obstacles sont relativement grandes et l'erreur du système de navigation augmente avec la distance de l'aéronef à la NAVAID. [5]

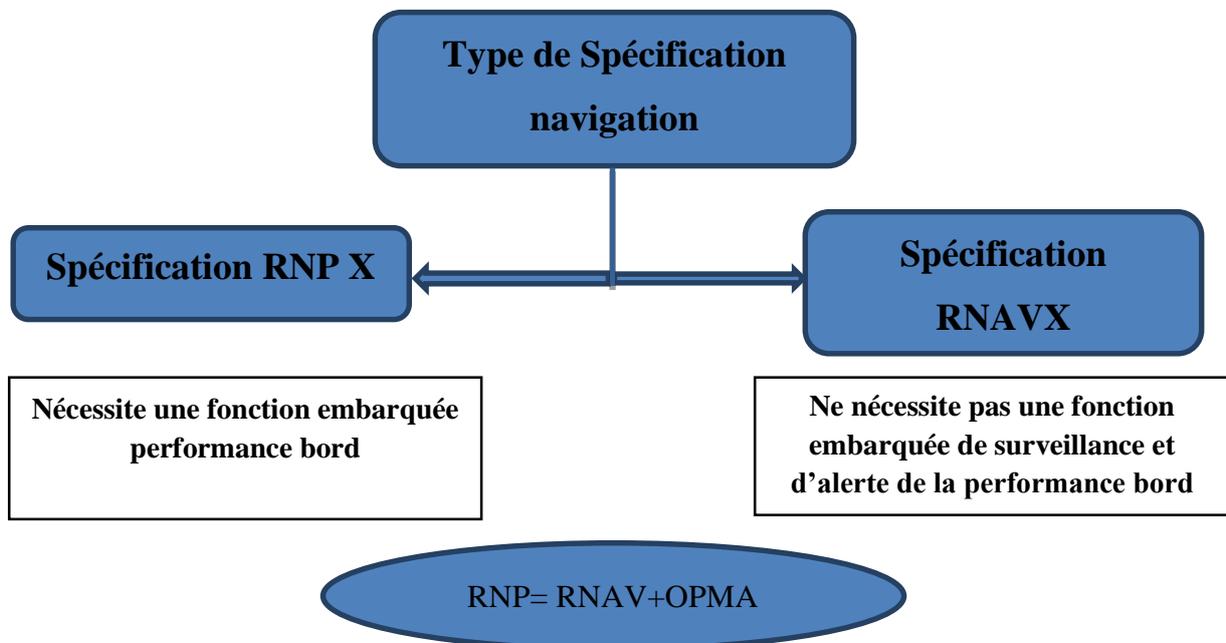
## **I.6. la navigation fondée sur les performances PBN**

Selon l'OACI la navigation basée sur les performances PBN est définie : « navigation de surface fondée sur des exigences (conditions nécessaires) en matière de performance que doivent être respecter par les aéronefs volant sur une route ATS, selon une procédure d'approche aux instruments ou dans un espace aérien désigné ». [5]

C'est un concept qui englobe la navigation de surface RNAV et la qualité de navigation requise RNP. La PBN c'est la solution la plus pratique pour réguler le domaine des systèmes de navigation actuellement en expansion. Elle présente certains avantages opérationnels et environnementaux, notamment :

- ✓ Des structures de route qui accroissent l'efficacité des trajectoires de vol à concevoir, ce qui réduit la consommation de carburant et les émissions.
- ✓ L'accès à des espaces aériens et à des pistes que la technologie de navigation classique ne peut atteindre, ou alors de manière limitée.
- ✓ Une sécurité accrue grâce à des approches directes aux instruments avec guidage vertical.
- ✓ Une augmentation de la capacité de l'espace aérien.
- ✓ Une réduction des coûts d'infrastructure.
- ✓ Une réduction des répercussions environnementales. [7]

Le concept PBN représente un passage de l'approche basée sur les senseurs (les capteurs) vers une approche basée sur les performances. Les exigences de performance sont identifiées par des spécifications de navigation, qui définissent ensuite le choix de l'utilisation des senseurs et des équipements nécessaires pour supporter les opérations de navigation. ces spécifications de navigation sont définies comme suit :



**FIGURE I.3 :** types des spécifications de la navigation PBN.

### I.6.1. Navigation de surface RNAV

Cette méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites de la couverture d'aides de navigation basées au sol ou dans l'espace, ou dans les limites des possibilités d'une aide autonome, ou grâce à une combinaison de ces moyens. [1]

Avec la navigation de surface (RNAV), les aéronefs suivent des points de navigation « **Waypoints** » définis par des coordonnées (latitude et longitude) établies en utilisant les positions relatives aux navais (VOR/DME), ou les systèmes de navigation à inertie (INS), ou le GNSS navigation par satellites.

### I.6.2. Qualité de navigation requise RNP

La qualité de navigation requise (RNP) est RNAV avec l'addition d'une surveillance d'exécution à bord et des possibilités d'alerte (OPMA).

Une caractéristique de définition des opérations de RNP est la capacité du système de navigation d'avion de surveiller l'exécution de navigation qu'il réalise et informe l'équipage si le besoin n'est pas répondu pendant une opération. Ceci des possibilités à bord de surveillance et d'alerte augmente la conscience de la situation du pilote et peut permettre le dégagement d'obstacle réduit ou l'espacement plus étroit d'itinéraire sans intervention par le contrôle du trafic aérien. [6]

### II.6.3.les types de spécification RNAV et RNP

- **Spécification RNAV 5 :**

La RNAV 5 est une spécification de navigation en route qui peut être aussi s'appliquer aux segments initiaux des arrivées normalisées aux instruments (STAR) ou aux derniers segments des départs normalisés aux instruments (SID), lorsque ces segments sont situés à plus de 30 NM d'un aéroport.

Les opérations aériennes selon la spécification RNAV 5 sont fondées sur l'utilisation de l'avionique RNAV qui détermine automatiquement la position de l'aéronef dans le plan horizontal à l'aide de données provenant d'un des capteurs, ou d'une combinaison des capteurs de position suivants : VOR/DME., DME/DME. INS ou IRS et GNSS.

- **Spécification RNAV 1 et 2 :**

Les opérations RNAV 1 et RNAV 2 sont basées sur l'utilisation des mêmes récepteurs de bord que ceux requis pour la spécification RNAV 5. D'autres exigences en matière de fonctionnalité d'aéronef et d'infrastructure d'aides à la navigation doivent être respectées pour satisfaire aux critères des spécifications RNAV 1 et RNAV 2, plus rigoureuses.

Les spécifications de navigation RNAV 1 et RNAV 2 s'appliquent à toutes les routes, à l'intérieur et à l'extérieur de l'espace aérien contrôlé, à tous les SID et à toutes les STAR. Elles s'appliquent également aux segments des procédures d'approche aux instruments jusqu'aux repères de trajectoire d'approche finale (FAF). Les opérations aériennes sur les routes RNAV 1 et RNAV 2 doivent être effectuées dans un environnement de surveillance avec communications directes contrôleur- pilote (CPDLC).

- **Spécification RNAV 10 (anciennement RNP 10 autorisé) :**

Elle concerne les aéronefs équipés d'au moins deux systèmes de navigation à longue portée indépendants. Au cours des opérations effectuées dans l'espace aérien ou sur des routes RNAV 10 (RNP 10), l'erreur latérale totale du système embarqué des aéronefs ne doit pas dépasser plus ou moins 10 NM pendant au moins 95 % du temps de vol. De même, l'erreur longitudinale ne doit pas dépasser plus ou moins 10 NM pendant au moins 95 % du temps de vol. En opération normale, toute erreur ou écart latéral, c'est-à-dire la différence entre la trajectoire calculée par le système RNAV et la position de l'aéronef par rapport à la trajectoire, ne devrait pas dépasser plus ou moins la moitié de la précision associée à la route (soit 5 NM). [8]

- **Spécification RNP 1 :**

La spécification RNP 1 de base est conçue pour les SIDs et STARs aux aéroports disposant d'une surveillance limitée ou nulle à 30 NM ou moins du point de référence d'aérodrome (ARP). Les STARs servent à connecter la structure en route aux IAFs ou aux RNP APCH, et parfois à une approche ILS.

- **Spécification RNP 4 :**

La RNP 4 est conçu pour l'espace aérien océanique ou éloigné, où l'infrastructure de NAVAID terrestres n'est pas disponible. La RNP 4 permet un espacement minimal de 30 NM latéralement et 30 NM longitudinalement dans cet espace. Il pourrait sembler logique

qu'un aéronef approuvé RNP 1 de base ait automatiquement l'approbation RNP 4. Cependant, un aéronef étant approuvé selon des exigences de précision très strictes peut ne pas satisfaire à certaines exigences fonctionnelles d'une spécification de navigation moins exigeante.

- **Spécification RNP APCH :**

Les procédures d'approche de RNP (RNP APCH) incluent celles de RNAV (GNSS) existantes.

- **Spécification RNP AR APCH :**

Les approches AR (autorisation requise) seront publiées dans l'AIP mais ne peuvent être effectuées qu'avec autorisation spéciale. Les exigences qui s'y appliquent sont exceptionnelles.

L'aéronef effectuant une procédure RNP AR APCH peut avoir une RNP aussi faible que 0,1NM en approche initiale, intermédiaire, finale ou interrompue.

Actuellement En Algérie, les différentes spécifications de navigations utilisées sont :

- ✓ En route : RNAV 5 depuis décembre 2020.
- ✓ Espace terminal : RNAV 1.
- ✓ Approche : RNP APCH ; RNPAPCH/ILS.

Remarque :

- la figure ci-dessus montre l'évolution de la navigation aérienne d'une navigation basée sur les senseurs (navigation classique) vers une navigation basée sur les performances (navigation PBN) avec ces deux spécifications RNAV et RNP.

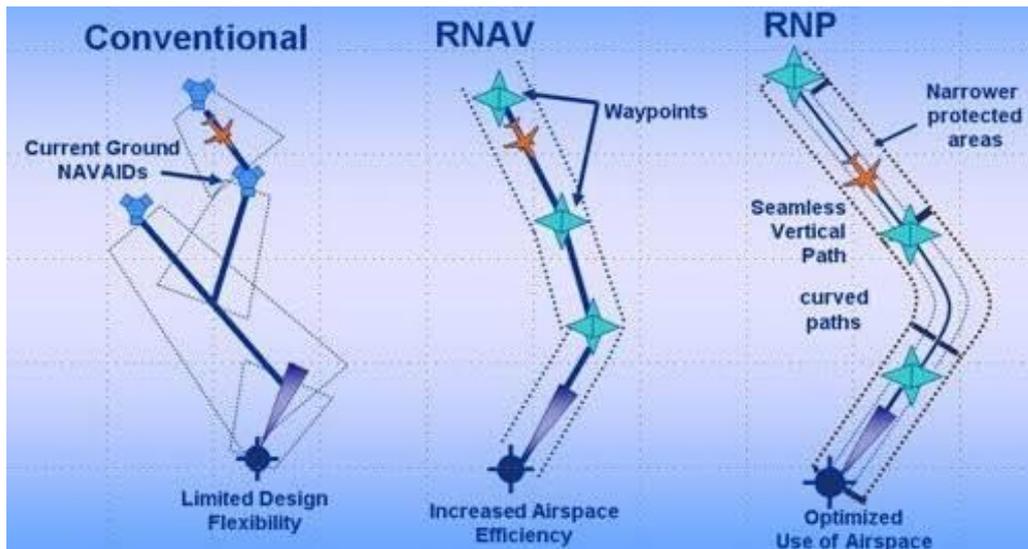


FIGURE I.4 : évolution de la navigation aérienne

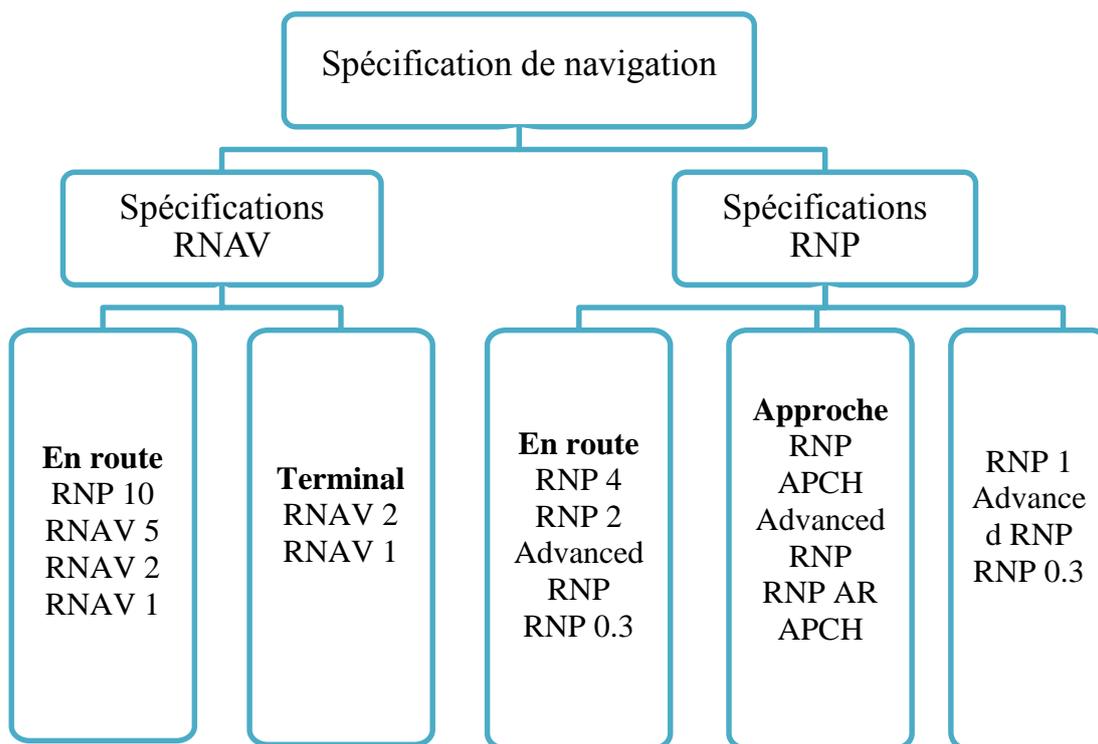


FIGURE I.5 : l'utilisation des spécifications de navigation RNAV et RNP.

## I.7.présentation de la FIR Alger

Au début, il est important de dire que l'espace aérien algérien a été organisé selon les règles de l'OACI, exposées dans l'annexe 11.

L'espace aérien national est vraiment large et vaste, il correspond tout le territoire national et les eaux territoriales, ce qui est équivalent à un espace aérien où les services de la CA sont assurés par l'Établissement National de la Navigation Aérienne (ENNA), comme étant l'organisme civil chargé du contrôle aérien en Algérie.

Chaque état est responsable de l'espace aérien au-dessus de son territoire et ceci sur la base de la souveraineté selon la 1<sup>er</sup> Art de la convention de CHICAGO. « *Chaque Etat a souveraineté complète et exclusive sur l'espace atmosphérique au-dessus de son territoire* ».

Les premières plus grandes divisions à l'intérieur des espaces aériens nationaux sont les FIR (Flight Information Region) et les UIR (Upper Information Region).

Selon l'OACI une région d'information en vol FIR c'est un Espace aérien de dimensions latérales définies qui s'étend vers le haut à partir de la surface de la terre jusqu'à la limite inférieure de la région supérieure d'information (UIR) et dans lequel le service d'information de vol (FIS) et le service d'alerte sont assurés au profit des aéronefs évoluant en circulation aérienne générale (CAG) .[2]

- ✓ Le service d'information de vol est fourni dans le but de donner des conseils et renseignements utiles pour effectuer des vols de manière sûre et efficace et en toute sécurité.
- ✓ Le service d'alerte avise les autorités compétentes si un aéronef est en détresse et ayant besoin d'aide à la recherche et au sauvetage.

• Abréviation : FIR

*En* : Flight Information Région.

Les limites verticales de la FIR ALGER sont déterminées comme suit :

- Plancher = sol ou mer.
- Plafond = FL 245.

L'espace aérien national est composé d'une seule région d'information de vol FIR ALGER, qui est entourée des FIRs de plusieurs pays Africains et Européens, tel que FIR Marseille, Barcelone et Séville au Nord et adjacent à l'Ouest à la FIR Casablanca, à l'Est à la FIR Tunisie et Tripoli, au sud à la FIR Dakar et Niamey.

La FIR Alger est divisée en :

a) **L'espace aérien classifié** : Un espace aérien classifié est défini comme étant un espace où sont rendus les services de la circulation aérienne générale ; La classification de cet espace aérien est effectuée par le ministre chargé de l'aviation civile dans le respect des dispositions du présent décret.

En FIR Alger trois classes d'espace aérien sont utilisées actuellement, A, D, E. [4]

b) **Les zones de non survol NFZ** : Les zones de non survol (ou les NFZ) sont des zones dans l'espace aérien qui sont considérées comme des zones à usage spécial, où la circulation aérienne n'est pas autorisée ou temporairement interdite. Et dans lesquels certaines activités doivent être confinées, ou lorsque des limitations peuvent être imposées aux opérations aériennes qui ne font pas partie de ces activités.

Cependant, ces zones doivent être mentionnées sur la carte de navigation, et publiées dans l'AIP et reconnues par l'OACI, pour que tous les personnels navigants soient conscients de ces zones afin de respecter la souveraineté de chaque pays.

L'espace aérien Algérien contient trois types de zones à usage spécial qui sont signalées sur les cartes et publiées dans les AIPs, l'appellation de chaque zone est constituée de lettres de nationalité « DA » suivie par une lettre qui définit le type de cette zone, en terminant par le numéro de la zone à statut particulier.

Notre espace aérien national contient environ 60 zones spéciales, onze zones interdites, dix réglementées et 39 dangereuses, toutes ces zones peuvent être considérées comme des NFZ, pour les zones qui se peuvent être survolées avec une diffusion d'un NOTAM ou bien une autorisation d'un organisme de contrôle on les considère dans le cas où les NOTAM's et les autorisations sans refus, sans compter les NFZ qui se apparaissent à cause des conditions météorologiques. [4]

**TABLEAU I.3** : les zones à statuts particuliers en Algérie.

Type	Appellation	Exemple
Interdite	DA-PNNN	DA-P73 zone interdite de Tlemcen
Dangereuse	DA-DNNN	DA-D79 exercices aériens
Réglémentée	DA-RNNN	DA-R65 zone réglémentée de Constantine

### I.7.1. Secteurs de la FIR Alger

La sectorisation de l'espace aérien peut se faire en espace aérien en route (niveaux de vol élevés) ou en TMA (zones de manœuvre terminales). Cette structuration consiste à diviser l'espace globale en plusieurs secteurs.

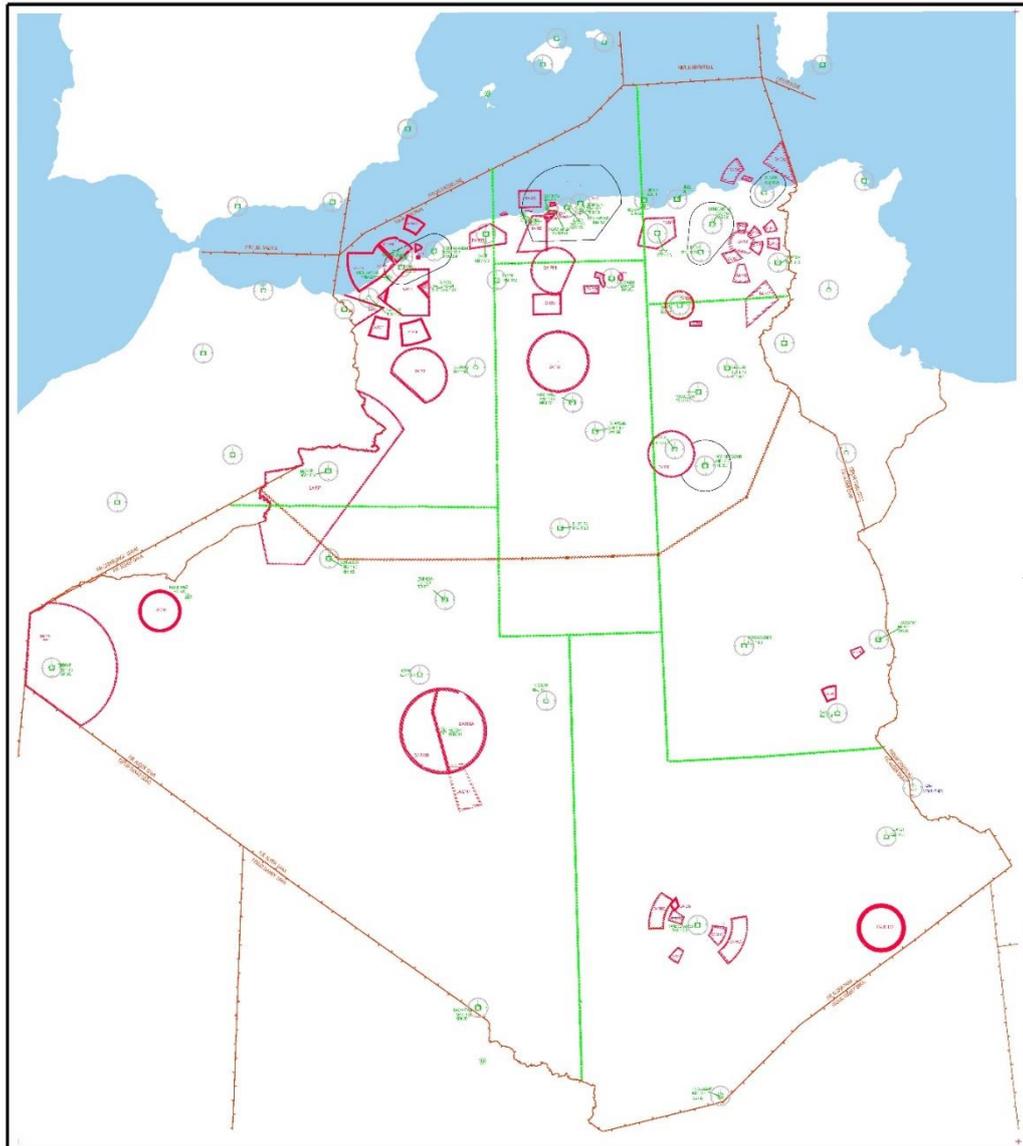
La FIR Alger est découpée en huit secteurs mis sous la responsabilité de huit équipes de contrôleurs, chaque secteur gère le flux de trafic dans la portion d'espace aérien dont il est responsable, utilise une fréquence radio distincte pour la communication avec les aéronefs, dispose également de communications terrestres sécurisées avec les secteurs adjacents, de centres d'information de vol et d'installations de contrôle de l'aviation militaire.

La FIR Alger est classé comme suit : [4]

- ❖ Les quatre secteurs du nord à savoir le Nord-Est, le Nord-Ouest et le secteur TMA centre espace supérieur et inférieur sont contrôlés, avec une classification d'espace aérien D pour la TMA-Nord Est et Nord-Ouest sauf la TMA centre qui possède deux classes : classe A pour l'espace supérieur et classe D pour l'espace inférieur.
- ❖ Les quatre secteurs du sud à savoir le Sud-Centre, le Sud-Est, le Sud-Ouest et le Sud-Sud sont contrôlés avec une classification d'espace aérien E.

TABLEAU I.4 : Sectorisation de la FIR Alger.

Secteurs	Classe	Limite Inférieur	Limite supérieur
Secteur TMA centre Alger /Espace supérieur	A	FL 245	FL 450
Secteur TMA centre Alger /Espace inférieur	D	450 M GND/MSL	FL 245
Secteur TMA NORD / EST	D	450 M GND/MSL	FL 450
Secteur TMA NORD / OUEST	D	450 M GND/MSL	FL450
Secteur SUD / CENTRE	E	900 M GND	FL 450
Secteur SUD / EST	E	900 M GND	FL 450
Secteur SUD / OUEST	E	900 M GND	FL 450
Secteur SUD / SUD	E	900 M GND	FL 450



**FIGURE I.6 :** sectorisation en Algérie.

### **I.7.2. Réseau de routes**

Une route aérienne est un itinéraire réservé et prédéfini par un plan de vol permettant de rallier un aéroport depuis un autre, pouvant comporter des étapes ou escales. La route aérienne emprunte des couloirs aériens, qui sont des zones réservées à la circulation des aéronefs.

Les routes aériennes ne sont jamais modifiées, car chaque avion emprunte les routes qui lui permettent d'arriver le plus rapidement et en toute sécurité à sa destination.

Le réseau des routes en Algérie représente l'ensemble des routes aériennes avec ces différents types, les routes ATS domestiques, les autres routes ATS et les routes dites RNAV. [4]

- **Route ATS domestiques :**

Une route ATS domestique c'est une Voie aérienne utilisée par des aéronefs civils et qui relie deux aéroports algériens.

Exemple : (J/UJ66)

Note 1 :

- L'expression « route ATS » est utilisée pour désigner, selon le cas, les voies aériennes, les routes à service consultatif, les routes contrôlées ou les routes non contrôlées, les routes d'arrivée ou les routes de départ, etc. [2]
- Une route ATS est définie par des caractéristiques qui comprennent un indicatif de route ATS, la route à suivre et la distance entre des points significatifs (points de cheminement), des prescriptions de compte rendu et l'altitude de sécurité la plus basse déterminée par l'autorité ATS compétente. [2]

- **Autre Route ATS :**

Les autres Routes ATS comprennent les routes ATS supérieures et inférieures , ce sont des cheminements bien déterminées utilisées par les aéronefs destinées à canaliser la circulation pour permettre d'assurer les services de la circulation aérienne.

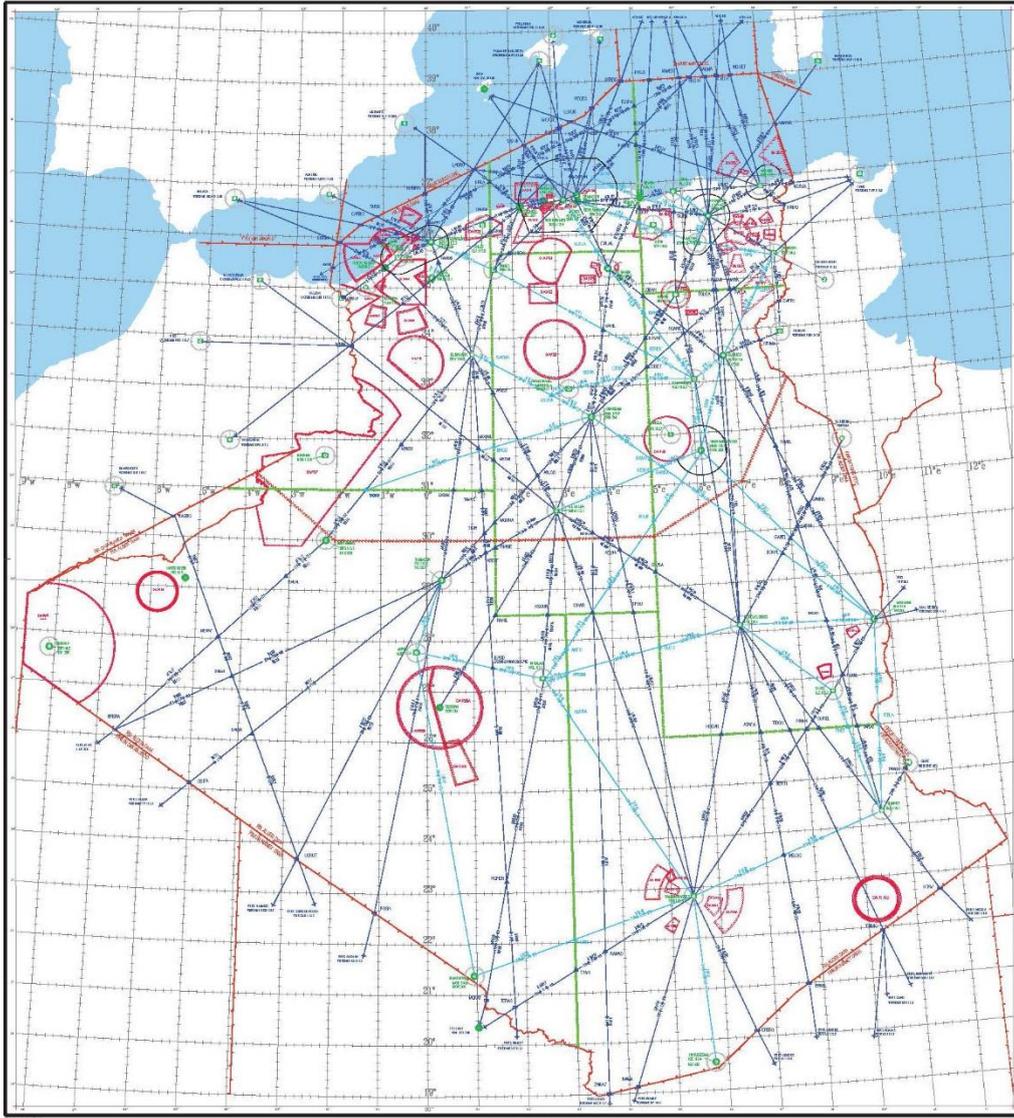
Exemple : (B/UB726)

- **Route à navigation de surface :**

Une route RNAV est une Route ATS établie à l'usage des aéronefs qui peuvent utiliser la navigation de surface. [2]

Donc c'est un couloir qui relie un emplacement spécifié à l'autre à une altitude spécifiée, le long de laquelle un aéronef qui satisfait aux exigences des performances peuvent utiliser la navigation de surface RNAV.

Exemple : (UM114)



**FIGURE I.7 :** Réseau des routes en Algérie.

Remarque :

- les routes sont représentées par des lignes bleues.

**TABLEAU I.5 : Réseau des routes en Algérie. [4]**

Réseau des routes	Nombre	Limite supérieure et inférieure	Classe d'espace	Désignation
ATS domestique	26	FL105-FL455	D, E	J + chiffre "ATS inf" UJ + chiffre "ATS sup "
Autres ATS supérieure	36	FL115-FL455	A, E, D	UA, UB, UG, UR +chiffre "ATS sup "
Autres ATS inférieure	34	FL45-FL245	D, E	A, B, G, R +chiffre "ATS inf"
RNAV	18	FL245-FL455	A, E, D	UN, UM, UL +chiffre

Cependant ces trajectoire nécessite un organisme qui assure la gestion et la planification de ces route malgré quelle permettre la navigation autonome, elle nécessite toujours la présence humaine. Donc qui est l'organisme chargé de cette gestion ?

### **I.8.Gestion des flux de trafic aérien ATFCM**

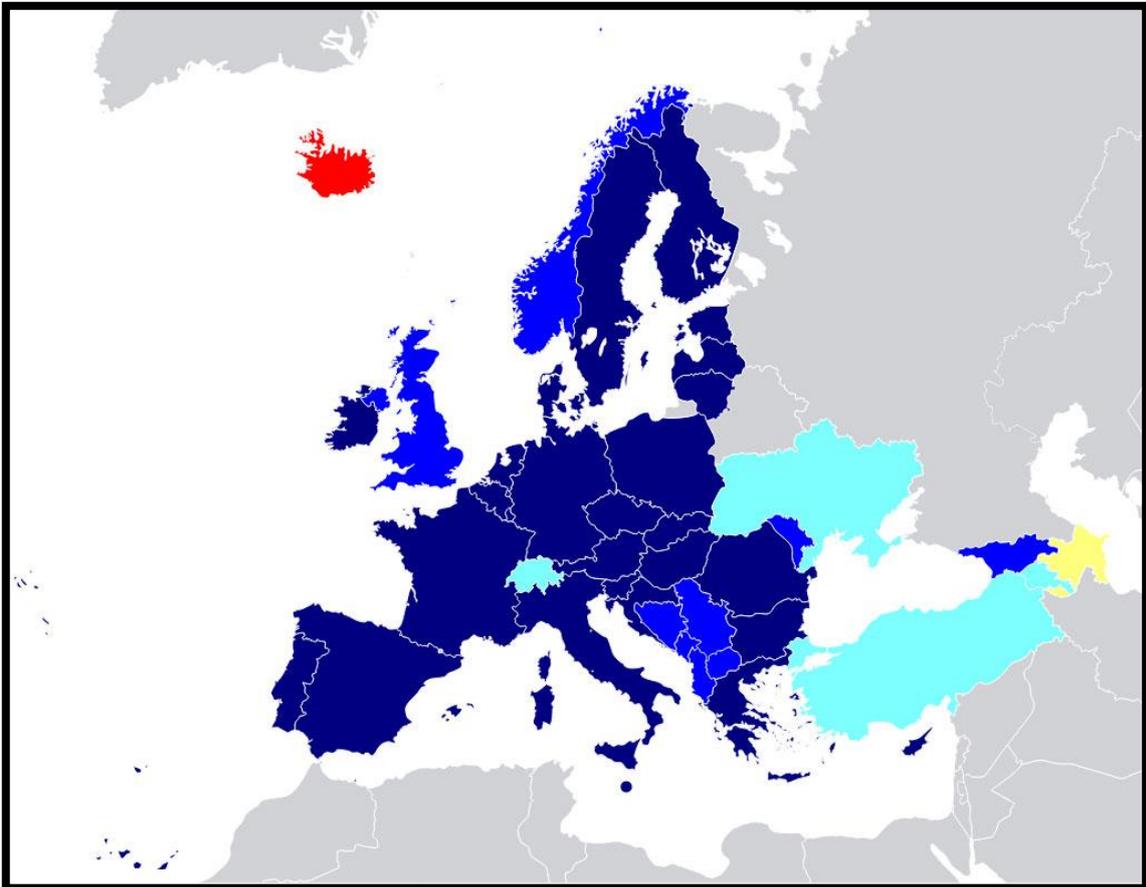
Le nombre d'avions circulant dans le ciel étant devenu considérable, et compte tenu de la progression du trafic aérien mondialisé, il est primordial d'avoir une bonne gestion du trafic aérien, aux différentes échelles géographiques que sont les territoires nationaux, les zones aériennes supranationales (internationales) et les continents de façon plus générale.

L'objectif du Contrôleur du Trafic Aérien (ATC) est d'assurer un écoulement sûr, ordonné et rapide de la circulation aérienne, par l'application d'espacements entre aéronefs et la délivrance d'autorisations optimales spécifiques, dans le cadre général des mesures ATFM applicables.

### I.8.1.Définition

La gestion des flux de trafic aérien (en anglais Air Traffic Flow Management, universellement abrégé en ATFM) est un Service destiné à contribuer à la sécurité, à l'ordre et à la rapidité de l'écoulement de la circulation aérienne en faisant en sorte que la capacité ATC soit utilisée au maximum et que le volume de trafic soit compatible avec les capacités déclarées par l'autorité ATS compétente. [2]

La gestion des flux de trafic aérien a pour mission de permettre l'écoulement de ce trafic dans les meilleures conditions de sécurité et de régularité, où régulation du trafic aérien, est la partie de la gestion du trafic aérien qui vise à éviter la saturation des aéroports et des secteurs de contrôles.



**FIGURE I.8 :** les pays couverts par ATFCM.

### I.8.2. objectifs de l'ATFCM

- ✓ Maintenir un haut niveau de sécurité pour le trafic aérien (Garantir la sécurité des vols).
- ✓ Fournir une capacité suffisante pour répondre à la demande de trafic (Limiter les contraintes sur le trafic).
- ✓ Réaliser l'équilibre entre la capacité et la demande de trafic (Adapter le flux de trafic à la capacité en prévenant les surcharges et en lissant l'écoulement du trafic).
- ✓ Assurer l'écoulement optimal de la circulation aérienne pendant les périodes de temps où la demande dépasse ou prévu qu'elle va dépasser la capacité disponible (Limiter les retards).
- ✓ Il est à noter que l'organe de régulation rend donc un double service vis-à-vis d'acteurs différents du trafic aérien :
- ✓ Le lissage de l'écoulement du trafic est essentiellement un service envers le contrôle aérien puisqu'il s'agit en fait de lisser la charge de travail des contrôleurs aériens pour leur permettre d'assurer au mieux la sécurité des vols.
- ✓ La limitation des contraintes et retards est un service envers les AO pour leur faciliter la planification des vols, minimiser les coûts d'exploitation (allongement des trajectoires, gaspillage des ressources à cause des retards, etc. ...)

### I.8.3. Les phases ATFCM

La régulation du trafic aérien est effectuée en plusieurs phases successives qui sont :

- **Gestion stratégique du flux** : A lieu SEPT JOURS OU PLUS AVANT LE JOURD'OPERATIONS

Au stade stratégique, On étudie le passé pour pouvoir préparer le futur. C'est-à-dire On analyse les prévisions de demande et de capacité, on identifie de potentiels nouveaux problèmes et évalue les solutions possibles pour y répondre, ces activités de recherche, de planification et de coordination sont faites afin de servir le processus de prise de décision collaborative (CDM).

Cette phase comprend la collecte continue des données avec un examen des procédures et des mesures visant à identifier rapidement les grands déséquilibres entre la demande et la capacité.

Lorsque des déséquilibres sont identifiés, le NM est responsable de coordination générale et exécution de la planification stratégique de l'ATFCM pour optimiser tous les capacités et atteindre les objectifs de performance. Le résultat de cette phase est le Plan du Réseau Opérationnelle (NOP).

- **Gestion pré-tactique du flux** : est appliqué pendant LES SIX JOURS PRECEDANT LE JOURDES OPERATIONS.

Cette phase étudie la demande de jour de l'opération, la compare à la capacité disponible prévue ce jour-là et tous les ajustements nécessaires au plan qui a été développé pendant la phase stratégique. [8]

L'objectif principal de la phase pré-tactique est d'optimiser l'efficacité et d'équilibrer la demande / capacité grâce à une organisation efficace des ressources (par exemple, la configuration du secteur gestion, utilisation de scénarios, etc.) et la mise en œuvre d'un large éventail de Mesures de l'ATFCM.

La phase pré-tactique c'est la phase pendant laquelle se fait l'analyse concernant la meilleure manière de gérer la capacité disponible et la décision de mettre en œuvre des mesures de régulation ATFCM (reroutements et régulations aux décollages). Ces derniers sont rendues publics par la diffusion de l'ATFM Notification Message (ANM) à l'attention des AO et de l'ATC.

- **Gestion tactique des flux** : A lieu LE JOUR DES OPERATIONS,

Elle consiste à exécuter les mesures tactiques convenues afin de réduire et de régulariser le courant de trafic là où la demande aurait, autrement, dépassé la capacité. [1]

Cette phase vise à assurer que les mesures prises au cours de la phase stratégique et pré-tactique sont le minimum requis pour résoudre les déséquilibres demande / capacité.

C'est pendant cette phase qu'intervient la mise à jour du plan, en fonction du déroulement des opérations (trafic) et des différents aléas pouvant se produire (retards, météo, grèves).

Ajuste ainsi la capacité actuelle et la demande réelle de trafic pour utiliser au mieux la capacité disponible.

Ces ajustements peuvent induire des allocations différentes de créneaux au décollage, de reroutements de routes différentes ou des niveaux de vols distincts.

Pendant toutes les phases de l'ATFM, les organismes responsables devraient se tenir en liaison étroite avec l'ATC et les exploitants d'aéronefs, en vue d'assurer des services efficaces et équitables. [1]

#### **I.8.4. Gestion des vols**

La CFMU (Central Flow Management Unit), située à Bruxelles et rattachée à Eurocontrol, assure la responsabilité exécutive des activités ATFM (Air Traffic Flow Management) dans la région des 44 Etats membres de la CEAC (Conférence Européenne de l'Aviation Civile). Elle élabore son schéma d'orientation et de gestion du trafic à partir de plusieurs données comme :

Les prévisions de plans de vol CAG-IFR qui sont traités initialement par l'IFPS (Integrated Initial Flight Plan Processing System) composé de deux unités IFPU (Initial Flight Plan Processing Unit), l'une située à Haren près de Bruxelles (son adresse RSFTA est EUCHZMFP), l'autre à Brétigny (son adresse RSFTA est EUCBZMFP). Les deux IFPU fonctionnent en tant que moyen de réserve l'une par rapport à l'autre assurant ainsi une grande fiabilité.

En cas de mise en place d'une régulation sur un secteur, ces créneaux sont calculés par un logiciel d'allocation de créneaux appelé CASA (Computer Assisted Slot Allocation) dont l'adresse RSFTA est EUCHZMTA.

En fait, sur un secteur surchargé, les contrôleurs de la CFMU remontent au moment du décollage. L'ordinateur permet le calcul de nouvelles heures de départ de façon à étaler le trafic sur la capacité possible du secteur. Les vols pourront se dérouler en toute sécurité moyennant un petit retard au décollage.

Naturellement, si la demande excède de beaucoup la capacité des secteurs, le travail se complique et les retards s'accumulent. Ce phénomène est accentué par le fait qu'un appareil effectue plusieurs rotations dans la journée et que le retard du matin est pratiquement irrattrapable dans la journée compte tenu des courts délais d'escale.

### I.8.5. Planification des vols

La planification des vols se fait selon des calculs ; les estimés et les durée de vols cela doit être effectué dans des phases qui établissent cette programmation des vols et leur déroulement, en prenant en considération leur délai, retard et l'erreur effectuer durant le vol, ce qui implique à diviser cette planification en trois phases que l'on a déjà cité auparavant.

Pour les vols au sein de l'espace aérien IFPZ, les exploitants d'aéronefs envoient le plan de vol à l'IFPS, qui accuse réception, traite les données, les intègre à la base de données du CFMU et envoie les informations aux différents organismes de contrôle du trafic aérien responsables du vol.

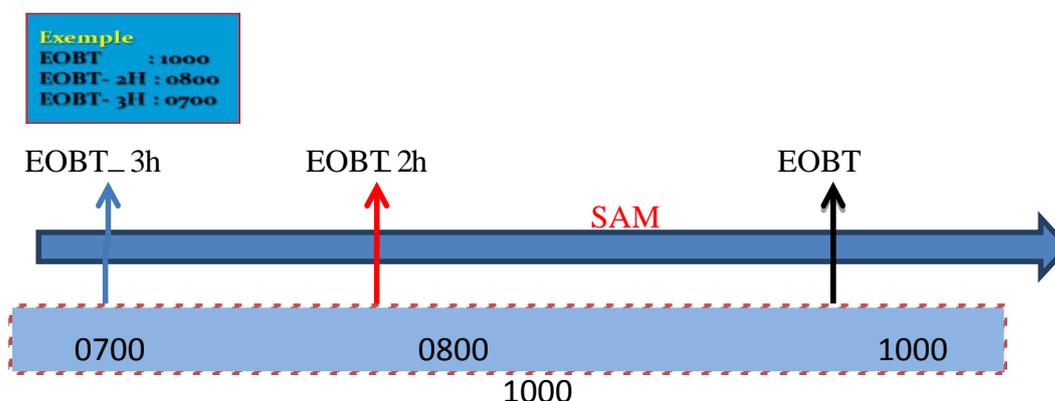
Les plans de vol (FPL) contenant des erreurs sont renvoyés pour traitement manuel à un opérateur IFPS soit à Haren soit à Brétigny, en fonction de l'aérodrome de départ du vol.

Tous les plans de vol IFR intéressant l'Europe sont déposés à la CFMU. L'heure de départ d'un vol (ou plus précisément l'heure estimée de repoussage : Estimated Off Block Time (EOBT)) est spécifiée sur le plan de vol déposé par l'AO à la CFMU.

Dans le cas où la CFMU alloue un créneau à un vol soumis à régulation, la CFMU envoie à l'AO un Slot Allocation Message (SAM) environ 2 heures avant l'EOBT dans lequel est spécifié le Calculated Take Off Time (CTOT : nouvelle heure de décollage estimée en tenant compte de la régulation).

Ce CTOT est calculé par la CFMU grâce à l'outil CASA (Computer Assisted Slot Allocation). Si un vol est soumis à plusieurs régulations, la plus pénalisante s'applique.

L'(EOBT) et les vols non soumis à régulation seulement 1 heure avant l'EOBT.



Les vols soumis à régulation doivent être déposés au moins 3 heures avant.

**FIGURE I.9 :** Exemple de planification des vols.

## I.9. Conclusion

Même avec la largeur de l'espace aérien, et même avec la gestion du trafic aérien, il existe beaucoup de défis à relever concernant l'optimisation du trafic aérien.

Les questions sur les perspectives d'évolution du système de gestion du trafic aérien provenant du milieu opérationnel peuvent être formulées de la façon suivante :

- ✓ Comment faire équilibrer la capacité du système de gestion du trafic aérien à la demande prévisible du trafic aérien tout en maintenant un niveau de sécurité acceptable ?
- ✓ Une meilleure prévisibilité des vols permettrait-elle de réduire les retards ? Si oui, comment l'améliorer ?
- ✓ Comment améliorer l'optimalité du trafic pour réduire les émissions polluantes et la consommation du carburant ?

Le projet européen SESAR a été initié afin de répondre à ces interrogations ; parmi les solutions proposées c'est le concept free-route Airspace (FRA) qu'on va évoquer dans le chapitre suivant.

***CHAPITRE II***  
***LE CONCEPT FREE ROUTE AIRSPACE « FRA »***

## II.1.Introduction

Le système européen de gestion du trafic aérien (ATM) recherche des solutions pour soutenir l'augmentation du trafic aérien par la mise en place d'un nouveau concept. Free Route Airspace FRA est un concept développé par l'Eurocontrol qui prend en charge ce défi permettant aux utilisateurs de planifier un itinéraire libre entre un point d'entrée et un point de sortie défini sans référence au réseau ATS. Cette nouvelle structure de l'espace aérien crée des routes meilleures et plus efficaces tout en maintenant les niveaux de sécurité.

Dans le chapitre qui suit, nous nous concentrerons sur la transition du concept d'espace aérien en route directe DRA vers celui d'un espace aérien à cheminement libre FRA, ainsi les bénéfices et les défis associés à ce dernier.

## II.2.Historique

Le projet du concept de Free Route Airspace FRA est l'un des sujets les plus récents ; c'est un des objectifs fixés du projet européen SESAR dans le cadre de la réalisation d'initiative du ciel unique européen.

Le projet de **gestion du trafic aérien dans le ciel unique européen (SESAR** ou Single European Sky ATM Research) est né du besoin de créer une vision intégrée et commune sur l'évolution du système de gestion du trafic aérien ATM, dans le but de s'adapter à la progression prévue de la demande du trafic aérien dans les années à venir et afin d'augmenter la rentabilité de l'espace aérien. Ces objectifs seront réalisés par la mise en place de nouveaux instruments opérationnels et procédures qui sont en cours d'élaboration techniques ; L'un des procédures est l'espace aérien de route libre FRA.

L'idée du concept Free Route Airspace (FRA) a été adopté en 1998 dans le cadre de la mise en œuvre d'un espace aérien libre de huit états y compris : la Belgique, Luxembourg, l'Allemagne, la Suède, la Finlande et Les Pays-Bas Maastricht UAC.

Ce concept est arrivé en Europe en 2002, sous la pression des ANSP (Air navigation Services provider) et des FAB (Functional Airspaces Blocs) pour faire la transition vers un espace aérien plus adapté, et l'abandonnement de réseau des routes fixes classique. [9]

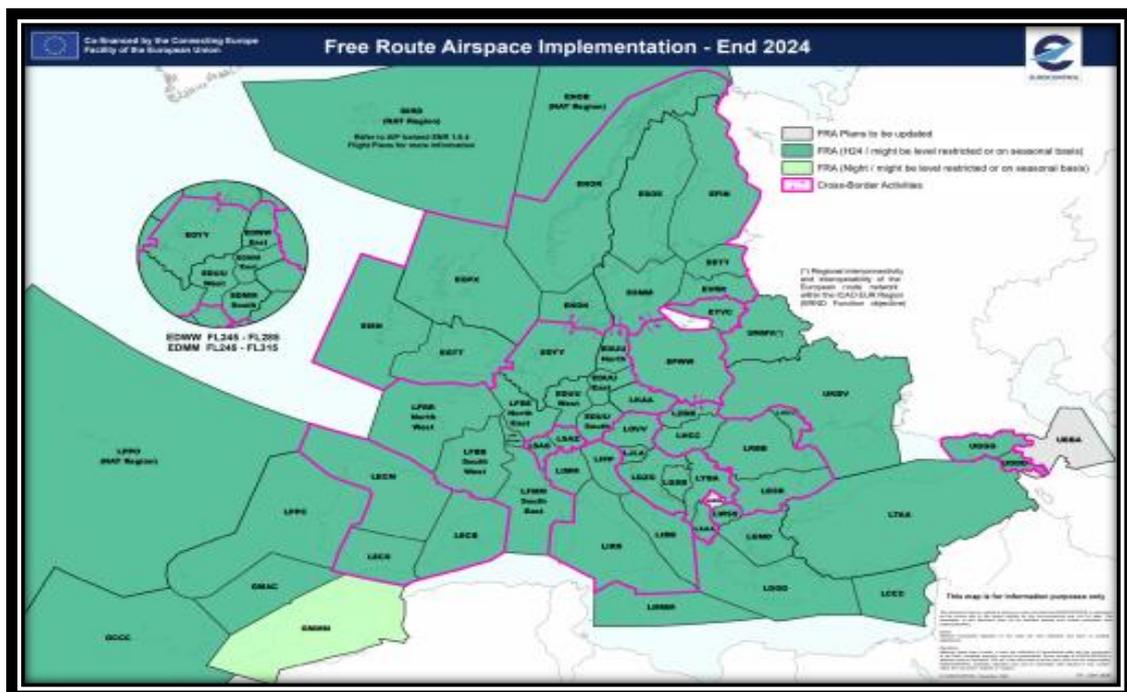
Par la suite et en 2008, EUROCONTROL a déclaré, pour la première fois, l'introduction du FRA ou « espace aérien à cheminement libre » qui était un des cinq principaux points du FEP Flight Efficiency Plan, en coordination avec l'Association internationale du transport aérien IATA et

l'Organisation des services de navigation aérienne civile CANSO, et avec la coopération des utilisateurs d'espace aérien civilo- militaire, et le reste des parties prenantes de l'ATM. [9]

Le premier espace aérien à route libre a été implémenté en 2009 à Lisbonne ACC (Portugal). [9]

Après des années de travail sur le concept et la conception futur de l'espace aérien, les problèmes de mise en œuvre ont été résolus. EUROCONTROL a développé le concept d'espace aérien de route libre européenne dans le contexte de Plan d'amélioration du réseau des routes européen (ERNIP), qui est divisé en 4 parties :

- Partie 1 : Méthodologie de conception de l'espace aérien européen.
- Partie 2 : Réseau de routes ATS européen.
- Partie 3 : Manuel de gestion de l'espace aérien.
- Partie 4 : Manuel d'utilisation du RAD.



**FIGURE II.1** : Implémentation FRA dans la région européenne. [10]  
(Skybrary)

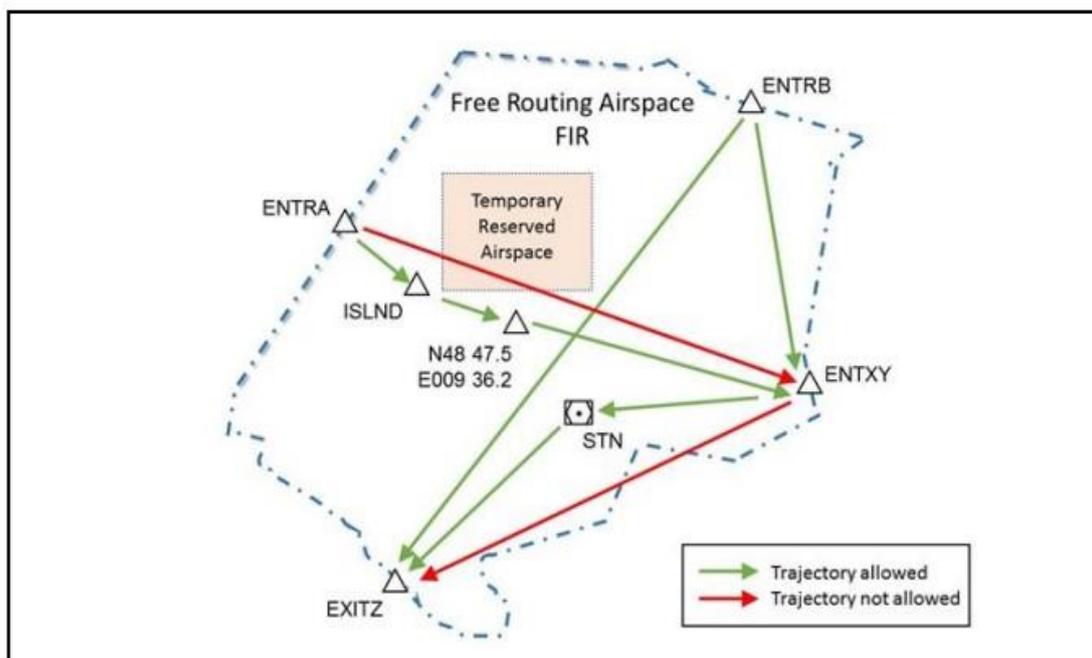
Le concept des opérations de Free Route Airspace est devenu l'une des principales priorités des exploitants d'aéronefs et, Certainement, un défi majeur pour l'ANSP ; il est considéré comme adapté par les administrateurs de la sécurité aérienne.

Cet historique, qui montre une évolution non exhaustive du travail dans le domaine du « Free Route Airspace», prouve que ce projet a sa place dans le monde actuel de la recherche et que l'implémentation d'un espace aérien à cheminement libre est tout à fait à l'ordre du jour.

### II.3. Définition du concept d'espace aérien à cheminement libre FRA

Le concept d'espace aérien à route libre (FRA) est défini comme « un espace aérien spécifié dans lequel les utilisateurs peuvent planifier librement une route entre un point d'entrée défini et un point de sortie défini, avec la possibilité de passer par des waypoints intermédiaires (publiés ou non publiés), sans référence au réseau de route ATS, sous réserve de la disponibilité de l'espace aérien. Dans cet espace aérien, les vols restent soumis au contrôle de la circulation aérienne ». [11]

Selon cette définition, on peut affirmer que le concept de la FRA vient pour éliminer le besoin de suivre le réseau des routes ATS fixe et permet aux exploitants de choisir leurs propres routes, et de suivre des trajectoires de vol les plus optimales et les plus efficaces entre un ensemble prédéfini de points de navigation ; afin de supprimer les Contraintes imposées par les routes classiques. Grâce à l'utilisation optimisée de tous l'espace aérien.



**FIGURE II.2** : Exemple d'un espace FRA.

Remarque :

- la figure au-dessus montre un exemple d'un espace aérien à cheminement libre, avec la ligne bleue comme limite du FRA. Les flèches vertes représentent des trajectoires

autorisées entre des points d'entrée et des points de sortie, et les flèches rouges celles qui ne le sont pas.

Le concept de l'espace aérien à cheminement libre FRA dispose d'un groupe de points d'entrée et de sortie pour les utilisateurs, de sorte que les avions peuvent planifier des trajectoires en fonction de ces points d'entrée et de sortie. Les emplacements des points de cheminement prennent en compte les flux de trafic et les exigences opérationnelles.

La conception d'un espace aérien à cheminement libre FRA contient les types des points de navigation suivants : [11]

**1. Point de correspondance d'arrivée de la FRA (A) :**

Un point significatif publié à partir duquel les opérations de la FRA sont autorisées pour le trafic arrivant à des aérodromes spécifiques.

**2. Point de correspondance de départ de la FRA (D) :**

Un point significatif publié à partir duquel les opérations de la FRA sont autorisées pour le trafic au départ aérodromes spécifiques.

**3. Point d'entrée horizontale de FRA (E) :**

Un point significatif publié sur la limite horizontale de l'espace aérien de Free Route à partir duquel les opérations de la FRA sont autorisées.

**4. Point de sortie horizontal FRA (X) :**

Un point significatif publié sur la limite horizontale de l'espace aérien de Free Route vers lequel les opérations de la FRA sont autorisées.

**5. Point intermédiaire FRA (I) :**

Un point significatif publié ou un point non publié, défini par des coordonnées géographiques ou par relèvement et la distance à partir de laquelle les opérations de la FRA sont autorisées.

**6. Point entrée /départ FRA (EX:) :**

Les deux fonctions autorisées dans ce repère, entrée ou sortie.

**7. Point entrée /départ FRA (AD) :**

Les deux fonctions d'arrivée et de départ standards SID/STAR.

Le point FRA contient soit une abréviation de deux ou trois lettres de l'AID NAV, soit un code de nom à cinq lettres.

FIGURE II.1 : Types des points FRA.

<b>Type de point de navigation FRA</b>	<b>DESIGNATION</b>	<b>Exemple</b>
Départ <b>A</b>	Point d'Arrivé à l'aéroport lié aux STAR	ARS
Arrivée <b>D</b>	Point de départ de l'aéroport lié aux SID	ABAMA
Départ /Arrivée <b>AD</b>	Les deux fonctions, navigation d'arrivée et de départ standards SID/STAR	ALAGU
Entrée <b>E</b>	Point d'entrée obligatoire à la FRA	AKIMA
Sortie <b>X</b>	Point de sortie obligatoire de La FRA	ANASA
Entrée /Sortie <b>EX</b>	Les deux fonctions autorisées dans ce repère, entrée ou sortie	AIOSA
Intermédiaire <b>I</b>	Point de navigation intermédiaire	AGEKU

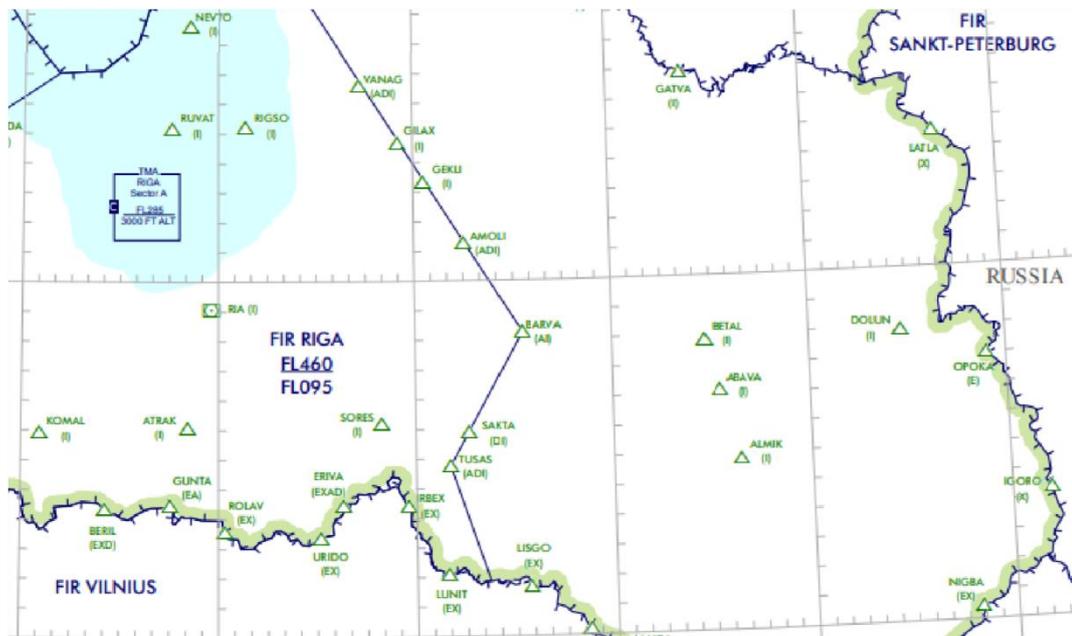


FIGURE II.3 : Exemple des points FRA.

## II.4. Concept d'espace aérien en route directe DRA

### II.4.1. Définition

L'espace aérien à acheminement direct fait référence à un espace aérien défini latéralement et verticalement avec un ensemble des points d'entrée et sortie spécifiques dans lesquelles des itinéraires directs sont disponibles. Dans l'espace aérien à routes directes, les vols restent soumis au contrôle de la circulation aérienne (ATC). [9]

### II.4.2. les limites d'application du concept DRA

Chaque fois qu'un espace aérien à acheminement direct est établi dans une région d'information de vol (FIR), ses limites verticales et horizontales seront publiées dans les publications nationales pertinentes de l'AIS. Les limites verticales supérieure et inférieure seront coordonné avec la région d'information de vol (FIR) adjacente pour assurer une connectivité fluide avec le réseau de routes ATS fixes sous-jacent.

Les limites des opérations des routes directes devraient être basées sur les exigences opérationnelles et pas nécessairement sur les FIR / UIR ou les limites des unités de services de la circulation aérienne (ATS). [9]

### **II.4.3.Free Route Airspace « FRA» et les DCTs**

Une distinction doit être faite entre «Opérations de route directe» (DRO) et «opérations de l'espace aérien Route libre» (FRA). Il est envisagé que les opérations des routes directes précèdent la mise en œuvre De l'espace aérien Free Route. C'est une sorte de transition avant la mise en place finale du concept FRA.

Les routes directes au sein d'un espace aérien a cheminement libre sont prévu par le pilote ; par contre les DCTs sont donné par le contrôleur de l'espace aérien en fonction des plusieurs conditions.

Les opérations des routes directes n'est qu'une série de directives entre certains waypoints et peut être un vol planifiable (pas tactique). Le concept DCT peut également offrir aux fournisseurs de la navigation aérienne ANSP l'occasion d'étudier, de collecter des données et se familiariser avec le concept de FRA.

Note :

1. Cependant, l'itinéraire le plus court ne correspond pas toujours à l'itinéraire le plus efficace ou le moins cher. L'itinéraire optimal est un compromis entre de nombreux facteurs autres que la longueur. Il y a le besoin pour équilibrer le carburant consommé sur un itinéraire donné, le temps passé à parcourir cet itinéraire ou l'itinéraire résultant des charges. Tous ces facteurs dépendent de nombreux paramètres tels que la vitesse et la distance parcourue, les conditions météorologiques dans l'espace aérien, ...
2. Bien que la mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre n'entraîne pas nécessairement le plus direct et l'itinéraire le plus optimal, il facilite une approche plus rapprochée, et par rapport à un espace aérien structuré, le nombre de réacheminements est plus faible.

### **II.5. les bénéfices de l'espace aérien en Free Route**

La mise en œuvre de FRA offre un certain nombre d'avantages évidents aux contrôleurs de la circulation aérienne, basé sur la possibilité de supprimer les contraintes imposées par la structure de route fixe afin d'optimiser la capacité de l'espace aérien, l'efficacité du vol, la flexibilité et la protection de l'environnement. Mais il existe également un certain nombre de défis et de problèmes, liés à ce nouveau concept. En général, cela est considéré comme l'un des changements les plus rentables da la structure d'espace aérien.

Le concept de l'espace aérien en Free Route apporte des avantages à l'ensemble de la communauté aéronautique ; et sur plusieurs échelons dans le terme de sécurité qui représente un but primordial dans tout développement aéronautique, en terme de l'efficacité et l'environnement ; en terme de capacité d'espace aérien qui doit être amélioré en fonction de l'augmentation continue de nombres de trafic aérien et aussi en terme de fluidité ....

Ces avantages sont :

- Ce concept a un intérêt spécial pour l'aviation en terme de l'optimisation des trajectoires, car elle peut fournir l'itinéraire le plus direct et le plus court entre deux points donnés. c'est la route optimale.
- Comme la FRA permet aux exploitants de choisir leurs propres routes sans se limiter à la navigation sur les voies aériennes, elle fournit les moyens de suivre les trajectoires de vol les plus optimales, ce qui signifie que les utilisateurs de l'espace aérien Bénéficieront de temps de vol réduit, d'une consommation de carburant réduite et d'émissions atmosphériques réduites. [9]
- C'est encore plus intéressant lors de l'analyse du concept FRA avec la liberté de sélectionner l'itinéraire préféré et la possibilité de choisir la trajectoire favorable aux utilisateurs de l'espace aérien entre un point d'entrée et un point de sortie identifié
- Avec ce concept, une amélioration de la prévisibilité des flux du trafic atteint et à mesure que les plans de vol reflètent plus précisément les trajectoires effectives. et cela représente un objectif très important pour le système de gestion du trafic ATM.
- l'augmentation de la rentabilité de l'espace aérien, qui est une cible directement adressée par le concept de route libre.
- La FRA est un élément clé pour améliorer la capacité et la sécurité de l'espace aérien et les problèmes d'émissions auxquels l'aviation est actuellement confrontée ; elle Permet à partir des itinéraires plus directs d'entraîner une distance de vol plus courte, ce qui signifie une réduction des coûts, du temps de vol.

- la flexibilité des plans de vol et la possibilité d'emprunter des trajectoires à des altitudes plus efficaces que celles qui sont disponibles dans le cadre des étapes de cheminement fixe, ce qui permet de réduire les niveaux moyens de consommation de carburant et d'émissions par vol.
- la possibilité de planifier de manière flexible des trajectoires de vol en réponse à des intempéries, à des perturbations ou à d'autres restrictions de l'espace aérien.
- la mise en œuvre de la FRA qui résulte un changement important par rapport à la structure actuelle des routes fixes de l'espace aérien (la possibilité de la suppression des points de cheminement fixes), pourrait conduire à une augmentation de la capacité, ce qui signifie que l'espace aérien sera en mesure de gérer plus les aéronefs, utilisant l'ensemble de l'espace aérien de manière plus égale car les vols seront répartis de manière plus uniforme.
- Moins de conflits - puisque le même nombre d'aéronefs est réparti sur plus de routes.

### **III.6. les défis de la mise en place d'un espace aérien FRA**

Comme toute nouvelle innovation et stratégie dans l'aéronautique, le concept FRA représente diverses difficultés pour les utilisateurs de l'espace aérien. Ceux-ci ne dépassent pas les avantages de ce concept, mais doivent être traités de manière appropriée afin de tirer la meilleure partie de la FRA.

Le problème dans la mise en place d'un espace aérien à cheminement libre FRA réside principalement dans la façon d'assurer la sécurité des vols .cette dernière représente un but majeur qui doit être réalisé lors de l'initialisation de n'importe quel nouvelle recherche.

Ces problèmes et défis sont résumés dans les points suivants :

- Modifications des méthodes de séparation utilisées par l'ATC (par exemple, les routes directes sont moins une option pour résoudre les conflits puisque la plupart des aéronefs utilisent de toute façon la route la plus directe disponible).
- Le guidage d'aéronefs qui ont planifié leur itinéraire à l'aide de points avec des coordonnées géographiques et quand il n'existe pas une surveillance radar, cette situation peut entraîner

des problèmes lorsqu'il s'agit de demander à l'équipage de conduite de reprendre sa propre navigation.

- L'utilisation de niveaux impairs/pairs, généralement déterminés dans les AIP respectifs, peut ne pas suivre l'affectation standard (c'est-à-dire impair=est, pair=ouest).
- Nécessité d'une approche coordonnée de la mise en œuvre de la FRA, les gains d'efficacité ne seront atteints que si la FRA est déployée sur de vastes zones et que des mesures appropriées sont prises pour que les aéroports ne deviennent pas des goulots d'étranglement.
- Aéronefs volant le long des limites du secteur, la probabilité de perte d'espacement en cas de déviation de l'itinéraire prévu (par exemple en raison des conditions météorologiques) doit être dûment prise en considération.
- Aéronefs volant à proximité de zones réglementées (zones de danger, TRA, TSA, etc.) sans tampon de sécurité intégré.
- La sectorisation devra peut-être être optimisée pour mieux s'adapter aux nouveaux flux de trafic. Il s'agit d'une tâche particulièrement difficile en cas de mise en œuvre limitée dans le temps de la FRA.
- Cependant, les trajectoires de la FRA présentent également un comportement aléatoire, produisant des conflits zone de l'espace aérien, permettant aux points chauds d'apparaître n'importe où en raison de l'élimination des voies respiratoires.
- Au sein de la FRA, le trafic aérien sera en mesure de planifier les trajectoires préférées des utilisateurs sans référence à une route structure, donc les flux de trafic peuvent changer d'heure en heure, de mois en mois et d'année en année d'une manière qui n'est pas limitée par la conception de l'espace aérien et qui est donc imprévisible. Court et long terme.

### ***CHAPITRE III***

## ***MISE EN ŒUVRE DU CONCEPT FREE ROUTE AIRSPACE***

### ***« FRA » EN FIR ALGER***

### **III.1. Introduction**

Ce chapitre porte sur l'ensemble des points liés à la mise en œuvre du concept d'espace aérien à cheminement libre « FRA », notamment en ce qui concerne le concept opérationnel et l'approche pragmatique de son application en FIR Alger (contraintes et exigences).

Pour ce faire, on évoquera également dans ce chapitre des éléments concernant l'expérience d'autres Etats et organisations comme Eurocontrol dans le domaine de mise en œuvre de ce concept.

### **III.2. Etat du réseau de routes aériennes en FIR Alger**

Actuellement la FIR Alger est dotée d'un réseau de routes comprenant des routes ATS (Air Traffic Services) incluant des routes conventionnelles, routes RNAV (Route à navigation de surface) des routes domestiques et cheminements VFR.

Les routes offertes par les services de gestion de la circulation aérienne sont statiques et la création ou le changement d'une route est assez lent à réaliser et la structure de routes peut être des facteurs contraignants par son manque de souplesse à s'adapter aux besoins des utilisateurs.

Le réseau de routes de navigation de surface existe depuis plusieurs années, néanmoins depuis le 20 décembre 2020 la spécification de navigation RNAV-5 est exigée pour tous les aéronefs devant emprunter une route RNAV en FIR Alger.

### **III.3.concept opérationnel**

#### **III.3.1.Cheminement libre dans un environnement à forte densité**

La mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libres « FRA » dans un environnement à haute densité est un défi majeur. Dans un tel espace aérien, les utilisateurs peuvent librement planifier une route entre un point d'entrée défini et un point de sortie défini, avec possibilité de route via des points de passage intermédiaires (publiés ou non publiés), sans référence au réseau de routes ATS (Les routes ATS deviennent des cas particuliers de l'ensemble des trajectoires possibles). Dans cet espace aérien, les vols restent soumis au contrôle de la circulation aérienne, néanmoins, les utilisateurs (pilotes, compagnies ...) sont libres de choisir leurs propres trajectoires, ce qui implique une complexité accrue dans la gestion du trafic aérien.

La mise en œuvre de la FRA offre aux contrôleurs de la circulation aérienne la possibilité de supprimer les contraintes imposées par la structure de route fixe afin d'optimiser la capacité de l'espace aérien, l'efficacité des vols, la flexibilité et la protection de l'environnement .[24]

L'introduction d'outils de soutien aux contrôleurs est nécessaire pour exploiter pleinement les possibilités de l'espace aérien à cheminement libre dans les zones avec une densité du trafic aérien élevée.

Le nombre important de trajectoires directes, au sein d'un espace FRA dans un environnement à forte densité de trafic, vise à offrir aux utilisateurs des itinéraires plus directs est donc optimisés, permettant ainsi une meilleure flexibilité dans la planification des vols.

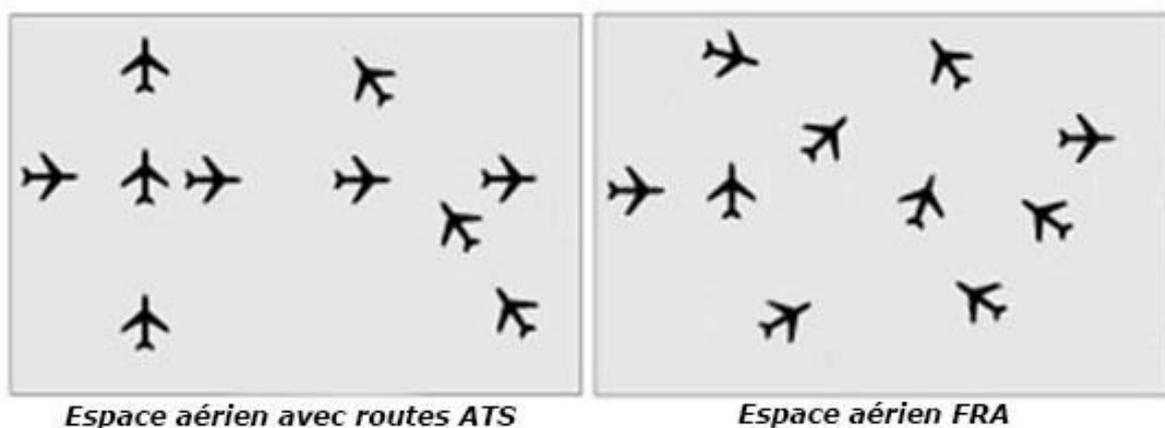
D'autre part, les trajectoires directes contribuent considérablement dans la réduction du temps de vol, du nombre d'heures de fonctionnement des moteurs, de la consommation de carburant, des émissions de gaz à effet de serre et des coûts de fonctionnement.

### III.3.2. Impact du FRA sur la charge de travail et les capacités des secteurs

L'une des considérations importantes lors de l'introduction du concept du Free Route Airspace est l'impact de son application par rapport à la charge de travail et capacités secteurs.

La capacité de chaque secteur aérien est déterminée par le nombre maximum d'aéronefs pouvant être accepté ou géré durant une période de temps donnée (le plus souvent une heure, on parle alors de capacité horaire) dans les conditions de sécurité acceptables. [17]

Cette capacité est établie en fonction de la charge de travail des contrôleurs de la circulation aérienne. Dans un secteur FRA, le flux de trafic aérien n'est plus canalisé par des routes aériennes, mais il suit le plus souvent des trajectoires qui semblent moins corrélées les unes des autres (voir figure III.1).



**FIGURE III.1** : flux de trafic en vol contrôlé et vol à cheminement libre

Cette situation peut avoir un impact sur la charge de travail des contrôleurs de la circulation aérienne et ainsi sur la capacité du secteur de deux manières contradictoires, en raison du flux de trafic désorganisé, le même volume de trafic est réparti plus uniformément dans le même espace aérien, entraînant une augmentation de la distance moyenne entre les aéronefs, ce qui devrait réduire la charge de travail des contrôleurs de la circulation aérienne et augmente la capacité secteur.

La charge de travail est une valeur subjective et ne peut être mesurée que pendant l'activité de fourniture de service. Une des techniques pour évaluer la charge de travail des contrôleurs de la circulation aérienne est l'utilisation des simulations. La performance humaine étant variable d'une personne à une autre et d'une période à une autre (pour la même personne) elle est sujette à conditions opérationnelles et personnelles, pour cela elle ne peut qu'être estimée pour un secteur donné.

Afin d'estimer l'impact de l'application du FRA sur les charges de travail des contrôleurs de la circulation aérienne, il est primordial de déterminer les facteurs pouvant avoir un rôle essentiel, en règle générale, il a été démontré que la charge sectorielle n'est pas le seul élément pour l'évaluation de la charge de travail cognitive qui est subjective. [11]

Plusieurs études ont démontré que la charge de travail est significativement impactée par des indicateurs dit de complexité (par exemple nombre des vols avec un profil vertical changeant, proximité horizontale et verticale entre deux aéronefs, météo, structure de secteur ou encombrement de fréquence). [18]

Une étude réalisée par Eurocontrol pour un ACC spécifique, a démontré que globalement il n'y a pas d'impact significatif du FRA sur la capacité du secteur et la charge de travail ATC associé [17].

Néanmoins, à l'échelle de l'espace aérien, moins de zones de conflit sont projetées dans l'ensemble de l'espace aérien grâce à une meilleure répartition du trafic dans l'espace aérien. Cette amélioration dans la distribution conduit également à des secteurs moins encombrés.

### **III.3.3. Cheminement libre et l'efficience des vols**

La mise en œuvre du FRA a plusieurs avantages visibles en termes d'efficacité et d'optimisation des vols. Au niveau des États membres d'EUROCONTROL où le concept FRA est complètement mis en œuvre en H24, en mesure qu'en moyenne l'efficacité d'un vol est améliorée de 1,6 %. [21]

Le FRA permet d'optimiser les itinéraires et de réduire potentiellement la consommation de carburant et les congestions.

Selon une étude d'Eurocontrol, à la suite des projets de cheminement libre actuel, les distances de vol seraient réduites d'environ 7,5 millions de NM par an. [17]

Par ailleurs, les trajectoires réelles exécutées sont significativement plus proche des plans de vol déposés, avec des itinéraires planifiés par les utilisateurs de manière à être optimisés par rapport aux besoins des opérateurs, dégager des obstacles et reliefs et évitant les espaces aériens dangereux ou restreints.

D'une façon générale, le cheminement libre se rapproche plus d'un système de transport aérien idéal où tous les aéronefs pourraient évoluer sur des trajectoires optimales. En deux dimensions, cela constitue en des itinéraires les plus directs (sans tenir compte des conditions météorologiques) des points de départs vers les destinations. Ces itinéraires optimaux réduisent également les temps de vols et la consommation en carburant.

#### **III.3.4. Cheminement libre et son rapport avec l'environnement**

Le FRA a un effet significatif sur l'environnement, d'abord la plupart des vols reçoivent des itinéraires directs, permettant ainsi une amélioration de la planification des vols de telle sorte que les plans de vol reflètent plus fidèlement les trajectoires de vols réels parcourus. Cela permet aux opérateurs aériens de transporter moins de carburant réduisant ainsi la masse de l'aéronef au décollage ou augmentant la charge utile et contribue ainsi une double économie de carburant et donc une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. [22]

En ce qui concerne la pollution sonore, les intrusions visuelles ou la qualité de l'air au niveau local aucune étude n'a été réalisée dans ces domaines. [22]

#### **III.3.5. Limites de l'application du cheminement libre en route**

La plupart des Etats membre d'Eurocontrol, lors de la mise en place de ce nouveau type d'espace aérien, n'ont pas pu l'appliquer d'une façon directe, permanente et sans restriction. Ils ont privilégié une approche commune présentée dans le manuel dédié, en vue de faciliter la transition entre la structure actuelle des espaces aérien et les FRA. Cette approche est basée essentiellement sur l'application progressive du concept FRA, avec des limitations dans le temps, et dans les possibilités de trajectoires :

- **Limite dans le temps** : le plus souvent le concept FRA est applicable la nuit seulement ou les week-ends, il s'agit généralement d'une étape de transition qui facilite la mise en œuvre précoce et permet une évaluation sur le terrain de la FRA tout en minimisant les risques pour

la sécurité. Même si l'objectif primordial est de mettre en œuvre la FRA sur une base permanente, l'implémentation dans des périodes définie présente une procédure pour la mise en place progressive de ce concept.

- **Limité structurellement ou géographiquement** :(par exemple, restriction des points d'entrées ou de sorties pour certains flux de trafic, applicable dans les CTA ou UTA uniquement, cela pourrait être fait dans des espaces aériens complexes où la mise en œuvre complète pourrait avoir un impact négatif sur la capacité et la sécurité.

### III.3.6. Quelle approche pragmatique et progressive devons nous adapter ?

La croissance prévue du trafic aérien au cours des prochaines années, et le désir d'avoir une capacité d'espace aérien augmentée fait la demande aux utilisateurs d'espace aérien de présenter des nouveaux travaux et des recherches au niveau du système de contrôle et de gestion de trafic aérien partout dans le monde. Ce désir peut être satisfait par des nouvelles procédures et concepts qui sont essentiels pour réaliser un gain de capacité indispensable.

#### a) *Méthodologie* :

La première condition avant l'implémentation d'un espace aérienne à cheminement libre c'est bien l'obligation de mettre un système ATFCM sur et puissant dans le but d'assurer la prédictibilité des vols (à l'aide de dépôt des plans de vols bien sûr). Selon la supervision des vols et la surveillance ; la coordination et la résolution de conflit seront assurées. Donc la sécurité et l'efficacité de l'espace aérien est assuré.

Si nous mettons la FRA sans un système ATFCM au moins de prévision du flux de trafic, le contrôleur opérationnel ne peut pas prédire, du fait il peut être subir une charge de trafic qui sera ingérable dans l'espace aérien à cheminement libre, et ça peut toucher la sécurité de vol qui doit être assuré ou bien amélioré, alors nous aurons plus un problème de congestion d'espace aérien ; ça sera dépasser et devenir un problème de sécurité.

Et dans notre cas nous allons considérer que nous aurons un système ATFCM au moins de prévision en Algérie soit notre propre système qui est basé sur la formation du personnel ATC dans le domaine de la gestion du flux de trafic aérien, ou bien nous pouvons envisager un protocole d'accord bilatéral avec l'EURONCONTROL qui permettra à l'Algérie d'utiliser les services IFPS et ATFM pour assurer une bonne gestion de trafic aérien évoluant dans notre FIR.

La première méthodologie et approche consistait à autoriser certains des vols à faire des routes directs DCT en fonction de la situation par exemple la congestion d'espace aérien, le trafic et les moyens de surveillances .... La génération des directes sur l'ensemble des points représente l'approche initial de Free Route Airspace FRA.

Parmi les avantages souhait par le concept Direct routing est l'évaluation de l'impact opérationnel quand nous autorisons tous les vols à faire DCT, en plus pour détecter les anomalies qui peuvent survenir lors de passage de Free Routing et d'autres bénéfiques que nous avons les cités dans le chapitre précédent.

Selon le concept d'exploitation de FRA, les principes critères suivants doivent être respectés lors de l'implémentation de l'espace aérien Free Route dans notre propre espace aérien :

#### **1. Choix de niveau de vol :**

L'implémentation FRA est prévue dans l'espace aérien supérieur avec un FL aussi élève que possible selon l'existence des zones a statuts particuliers et la couverture des moyens de la surveillance.

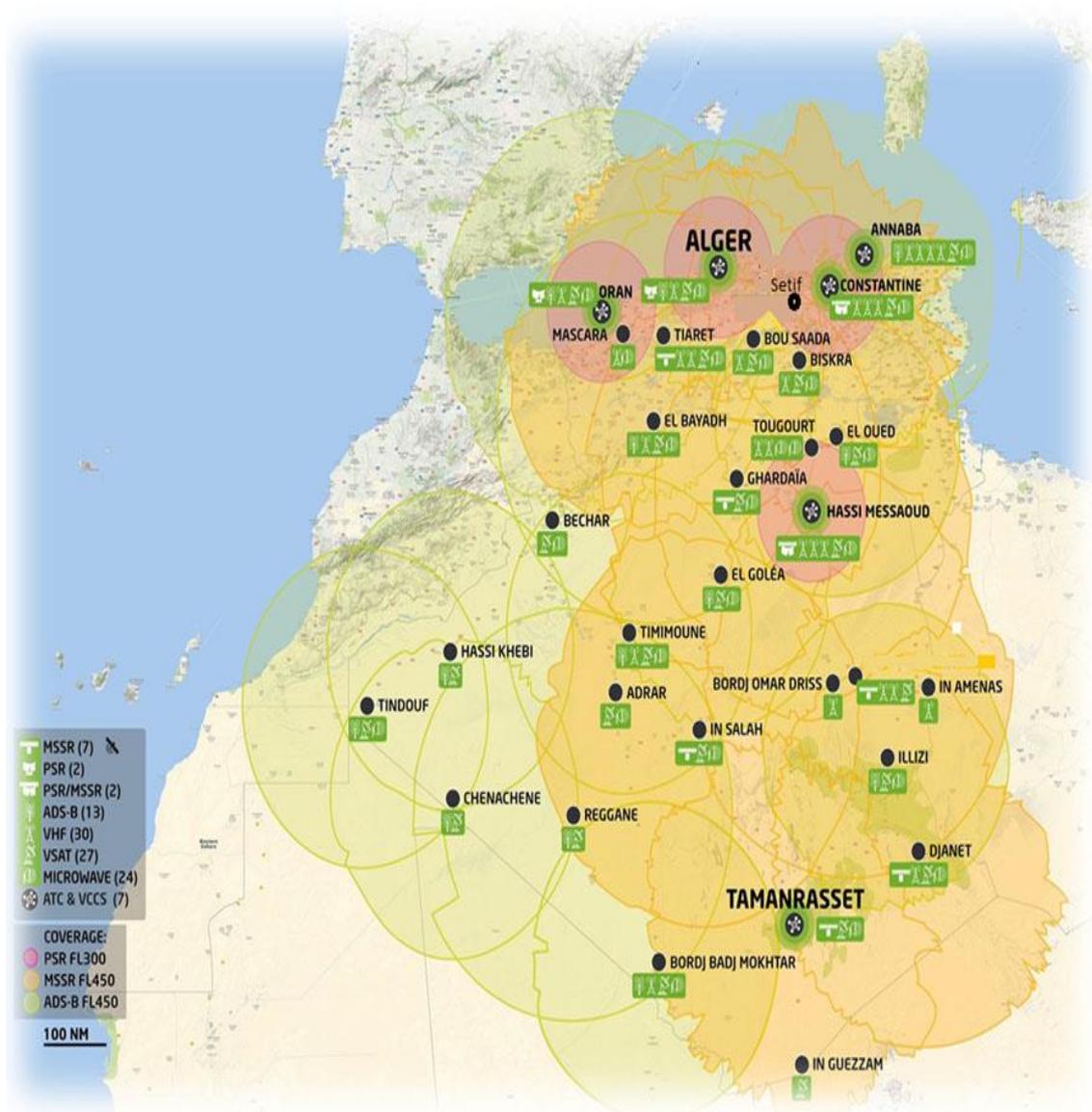
Le constat d'avoir la plut part des zones militaires y compris les zones interdites, les zones dangereuses et les zones réglementés jusqu'au niveau 300. Comme il est montré dans la carte de croisière d'Algérie ; et dans le but d'éviter de mettre plus de contraintes, ou bien plus de détails, qui seront peut-être une source de problème de mal communication et de compréhension par rapport les contrôleurs et les compagnies aériennes.

En plus avec le projet PDGEA (Projet de gestion d'espace aérien) ; qui va permettre d'avoir une couverture presque totale de la FIR Alger au-delà de niveau de vol 300. A l'aide de la mise en place des moyens de surveillance (radar secondaire mode S, radar primaire et ADS-B)

Nous pouvons envisager pragmatiquement de commencer à mettre en place un espace aérien à cheminement libre FRA dans la FIR Alger à partir de niveau FL 320.

Pour les États / ANSPs, la mise en œuvre de la FRA appuyée par les systèmes et l'infrastructure ATM requis, peut améliorer la prévisibilité et assurer une meilleure dispersion des

éventuels conflits par rapport à la concentration des conflits résultant du réseau actuel à routes fixes, améliorant ainsi la sécurité.



**FIGURE III.2 :** couverture radar et ADS/B assurée par le projet PDGEA.

## 2. L'emplacement du FRA :

Une étape de l'approche pragmatique est de commencer d'appliquer la FRA dans le Nord après nous allons vers le sud ou il y'a une couverture radar totale mais avec le projet PDGEA de l'ENNA qui va généraliser la couverture de la surveillance partout dans l'Algérie, à l'aide de l'installation des radars de surveillances et ADS/B ça peut aller vers la partie sud.

Le concept de la couverture des trajectoires consiste à interdire de faire sortir un aéronef dans un espace où le service d'information est assuré sauf suite à la demande de pilote (un cas d'urgence) ; les contrôleurs autorisent des pilotes à faire des directes s'ils peuvent faire une séparation radar, si non avec la séparation procédure conventionnelle, ils sont interdits de donner des DCTs.

## 3. Choix du secteur :

L'implémentation de Free Routing dans la FIR Alger dans le secteur Nord/Ouest bas niveau n'est pas applicable, tellement y'a trop des contraintes et restrictions d'utilisation des trajectoires. Nous allons interdire de suivre par exemple 10 trajectoires sur une totalité de 15 parce qu'ils sont passés par des zones militaires, et il n'existe pas des points intermédiaires.

Du fait le concept FRA dans le secteur Nord/Ouest avec un niveau bas ça ne marche pas, il n'est pas applicable.

Pour un terme pragmatique, il faut choisir un niveau élevé FL320 dans le secteur Nord et le laisser spécialement pour les transits.

## 4. Classe d'espace aérien :

Free Route Airspace devrait être en principe classé au moins comme espace aérien de classe C avec certaines exemptions. [11]

En Algérie l'implémentation de ce concept sera réalisée au niveau d'un espace aérien de classe E/A où les aéronefs en vol IFR sont contrôlés et sont séparés des autres aéronefs en vol IFR.

Les trois services radar y compris service guidage, surveillance et assistance ne peuvent être assurés qu'à des aéronefs identifiés radar.

De plus, certains organismes ne peuvent assurer qu'une partie des services radar, à cause des performances des systèmes ou de la configuration de leur espace aérien. Par exemple, le guidage radar n'est pas recommandé en **classe E**. Dans ce cas, seules la surveillance et l'assistance radar sont fournies. Et ces derniers sont demandés lors de l'implémentation d'un espace FRA.

### **5. Choix des points FRA :**

Pragmatiquement, nous commençons par l'utilisation des points d'entrée et de sortie concernant les routes directes au sein de FRA qui sont identifiées et publiées, donc il est interdit d'utiliser des points intermédiaires sauf qu'ils ont publiés dans l'AIP. La mauvaise compréhension entre l'opérateur de l'espace aérien et le contrôleur aérien ; durant l'énoncé des coordonnées géographiques des points FRA ça peut représenter un risque qui va toucher la sécurité en vol.

Par contre si le pilote trompe et nous avons une couverture radar généralisée, nous pouvons voir qu'il va dévier par rapport à sa propre route. si nous n'avons pas cette possibilité ; nous pouvons envisager d'autoriser les pilotes de choisir n'importe quel point ; mais il est interdit de saisir manuellement le point jusqu'au moment où nous aurons une couverture radar généralisée.

Le choix des points est une restriction structurelle des opérations FRA dans l'espace aérien avec des flux de trafic complexes devrait être limité par exemple en limitant les points d'entrée / sortie disponibles pour certains flux de trafic. [11]

### **6. Choix de temps (restriction de temps) :**

La mise en œuvre de la FRA sera limitée pendant des périodes définies il est important de disposer des procédures pour la transition entre les opérations à itinéraire fixe et à itinéraire libre. [11]

La limitation en temps c'est une étape de transition qui facilite la mise en œuvre précoce et permet une évaluation sur le terrain de la FRA tout en minimisant les risques pour la sécurité.

Dans notre FIR par exemple nous allons appliquer FRA sauf la nuit parce que nous gérons presque juste les vols de transits (pas des départs et des arrivées). Nous avons envisagé dans l'approche pragmatique d'appliquer la FRA dans la nuit à partir de 22h -5h.

Une fois les moyens nécessaires pour la gestion et la séparation de l'ensemble du trafic y compris les départs, les arrivées et les transits sont assurées. Nous pouvons envisager de changer

l'heure par exemple 20h-8h au fur et mesure jusqu'au l'application de ce concept 24h/24h dans la FIR Alger.

La mise en œuvre du concept (FRA) dans la région AFI devrait être progressive.

Cette approche devrait impliquer :

- a) L'identification des États / ANSP qui ont la capacité de mettre en œuvre un routage libre basé sur l'infrastructure et la capacité des systèmes ATM, par ex. communication et surveillance (couverture VHF, ADS-B, ADS-C / CPDLC, radar), normes de séparation requises, outils de détection des conflits pour les contrôleurs de la circulation aérienne, formation des contrôleurs.
- b) Développer le concept des opérations et un plan de mise en œuvre qui comprendra la définition de « l'espace aérien spécifique » applicable, conception de l'espace aérien, heure de mise en service (par exemple nuit, week-end), blocs de niveau de vol applicables (par exemple, au-dessus de FL360 uniquement), procédures et exigences en matière de planification de vol, procédures de transition d'une route libre à une route fixe et vice versa et les points d'entrée / sortie (pour les espaces aériens complexes) .définis par Lat / Long, etc.
- c) La mise en œuvre de la FRA devrait être précédée d'une étude de sécurité et d'une période d'essai avant la mise en œuvre complète. Entre-temps, les États / ANSP identifiés au point a) ci-dessus devraient commencer à autoriser les routes DCT planifiées.

**Remarque :**

- Lors de l'analyse pour la possibilité de la mise en œuvre d'un espace aérien Free Routing dans la FIR Alger, il est important de Suivre une méthodologie qu'on a envisagée dans l'approche pragmatique.
- Cette méthodologie est réalisée selon le Manuel EUROCONTROL et l'expérience des plusieurs pays qui sont déjà implémentés ce type d'espace. Et bien sûr selon la situation de notre espace aérien.

*b) Comparaison entre la structure de l'espace aérien actuelle avec l'espace aérien de cheminement libre :*

La comparaison est faite au niveau de la méthode de gestion du trafic dans notre espace aérien actuel et dans un espace aérien à cheminement libre envisagé, la différence principale est dans la méthodologie de la séparation du trafic aérien en croisière dans le but d'éviter les abordages des aéronefs et tous les risques qui peuvent toucher la sécurité en vol.

- *La structure de l'espace aérien actuel :*

Le contrôleur aérien ATC est responsable de la séparation sûre de tout le trafic aérien. Pour ce faire, le trafic est contraint de passer par des itinéraires prédéterminés dans le ciel c'est bien le réseau des routes fixe ATS.

Sur le plan stratégique, l'ATC gère les flux du trafic de telle sorte que certaines routes aériennes ne deviennent pas trop occupées et la sécurité ne sera pas en jeu.

Les contrôleurs tactiques s'assurent que l'avion reste à une distance sécuritaire de chaque autre à tout moment. Chaque pays est responsable de son propre espace aérien.

Dans notre espace aérien actuel, le flux du trafic aérien en route est géré par les contrôleurs ENNA au niveau du centre régional de contrôle CCR, pour établir des séparations suivantes :

- Séparation aux procédures normalisées basée sur l'utilisation des moyens de navigation conventionnelle comme VOR/DME (aéronef établie sur moyen ou bien obligation de passage balise).
- Séparation radar à l'intérieur des espaces aériens contrôlés ou le service radar est assuré, pour les vols en croisière est de 10 NM. [4]

Le contrôle en route est basé sur le principe de découpage de l'espace aérien en volumes élémentaires appelés secteurs de contrôle, et chaque secteur de contrôle est associé à une position de contrôle. À l'intérieur, les contrôleurs maintiennent chaque aéronef séparé du reste du trafic tel que la séparation horizontale qui est exprimée en milles nautiques (NM) et la séparation verticale qui est exprimée en pieds (ft) avec les autres aéronefs en donnant aux pilotes des clairances afin d'assurer la protection de tout risque de collision.

Les normes de séparation actuelle appliquée dans notre espace aérien sont : [4]

- ✓ La Distance de séparation dans le plan horizontal 10 NM en route et 07 NM au niveau de l'approche d'Alger.
- ✓ Distance de séparation dans le plan vertical= 1000ft espace RVSM et de 2000 ft en espace aérien non RVSM et niveau supérieur à FL290.

**Note :**

- Pour répondre aux nouvelles exigences en matière d'écoulement du trafic aérien national et international, de la sécurité aérienne et des prestations dont il a la charge, l'ENNA a généralisé l'application du Minimum Réduit de Séparation Verticale (RVSM) dans tout l'espace aérien Algérien entre les niveaux FL 290 et FL 410. Grâce aux six nouveaux niveaux de vols FL300, FL320, FL340, FL360, FL380, et FL400 les utilisateurs peuvent accéder à : Des profils de route optimisés, Réduction de la consommation carburant et l'augmentation de la capacité ATC par la réduction de la charge du travail ATC et l'augmentation de la capacité des secteurs ....
- **La structure de l'espace aérien à cheminement libre FRA :**

Le concept Free Route Airspace représente la possibilité pour les fournisseurs des services de navigation aérienne pour une utilisation plus efficace et rentable de l'espace aérien.

Selon l'EUROCONTROL Free Route Airspace représente une partie spécifique de l'espace aérien dans lequel les utilisateurs peuvent librement planifier leurs routes entre un point d'entrée et un point de sortie spécifié sans référence au réseau des routes fixe des services de la circulation aérienne (ATS) .

L'espace aérien où le concept de Free Routing est appliqué reste un espace aérien soumis au contrôle de la circulation aérienne et aux mesures ATFM, c'est-à-dire aux éventuelles restrictions. [17].

Comme nous avons envisagé pragmatiquement au précédant que parmi les critères que nous devons respecter c'est bien l'implémentation d'un espace aérien à cheminement libre dans un espace où la couverture radar est généralisé à l'aide des radars de surveillance ou bien ADS/ B.

Et vue que ce concept est basé sur la liberté de choix des trajectoires cela veut dire qu'ils ne sont plus lié au réseau des routes ATS, cela implique que la séparation envisagé des aéronefs dans un espace à cheminement libre au FIR Alger est basé sur :

1. séparation radar de 10 NM dans espace aérien supérieur ou la couverture radar est généralisée pour le trafic en route. [4]
2. Séparation automatique en vol à l'aide d'ADS/B : Grâce à la technologie ADS-B, Thales a démontré la capacité de deux avions à fusionner leurs trajectoires tout en conservant entre eux une distance de sécurité adéquate, sans intervention d'un contrôleur au sol.

Habituellement, les contrôleurs sont chargés de la séparation entre les avions. Mais si de nouveaux systèmes de bord peuvent remplir la même fonction, notamment dans les zones éloignées ne bénéficiant pas d'une couverture radar dans la partie sud par exemple, c'est la sécurité des vols qui se trouve renforcée, ainsi que l'efficacité du trafic aérien.

Avec le concept FRA, nous pouvons tenter aussi d'améliorer la gestion du trafic, tout en changeant la façon dont l'espace est découpé en secteurs.

Jusqu'à présent, ce découpage a souvent été fait de façon empirique, et une approche plus scientifique peut permettre d'espérer une amélioration capacitive. Il faut cependant garder en mémoire :

- que le découpage actuel est le résultat d'une longue expérience, et qu'il sera difficile de l'améliorer,
- que l'on ne peut augmenter indéfiniment le nombre de secteurs, car lorsque les secteurs deviennent trop petits, la gestion des flux entrant et sortant devient plus coûteuse que le contrôle lui-même.

Pour améliorer la gestion des flux de trafic aérien ainsi que les capacités des secteurs de contrôle de trafic aérien, nous nous proposons d'appliquer le concept de sectorisation dynamique pour la gestion des capacités de l'espace aérien où le cheminement libre.

***c) Hypothèse de base :***

Après l'étude du concept de Free Route Airspace FRA et après avoir une idée claire sur l'ensemble des critères qui doivent être respectés lors de l'implémentation d'espace aérien acheminement libre au FIR Alger, nous arrivons à envisager quelques hypothèses de base dans notre étude.

- **Hypothèse 1 : l'application du principe FRA en FIR Alger ne doit pas remettre en cause le réseau de route actuel.**

Cette hypothèse consiste à conserver un réseau des routes ATS au sein d'un espace aérien à cheminement libre au FIR Alger. Et autoriser les routes directes uniquement entre des points d'entrée et de sortie spécifiées, avec la possibilité d'utiliser des points intermédiaires mais avec restriction dans le choix de ses points.

Cette option est considérée comme une solution réalisable ; tout en ouvrant la voie à l'objectif ultime du concept Free Route Airspace. Cette solution peut être la mise en œuvre dans les contraintes des systèmes existants et sera en mesure de fournir une grande partie des avantages dans un délai relativement court.

- **Hypothèse 2 : la possibilité de reprendre la gestion conventionnelle des flux de trafic aérien (retour arrière) à tout moment sans avoir un impact sur la sécurité.**

Cette hypothèse représente la possibilité de reprendre la gestion classique du flux de trafic aérien qui est basée sur le suivi de réseau des routes ATS à tout moment avec une sécurité assurée.

- **Hypothèse 3 : l'objectif final est l'adoption du principe FRA (avec des éventuelles restrictions) sur toute la FIR Alger au niveau de vol supérieur au FL320.**

Cette hypothèse présente l'objectif final ; c'est la mise en place d'un espace Free Route Airspace dans l'espace supérieur contrôlé de Classe A, de notre FIR Alger, au-delà de niveau de vol 320, dans le secteur Nord où la couverture radar est généralisée, cette implémentation sera limitée en temps à partir de 22h jusqu'à 5h du matin. Les routes DCTs autorisées au sein de FRA seront exclusivement pour les transits et entre des points qui sont identifiés et publiés dans AIP avec restriction.

#### *d) Résolution des conflits :*

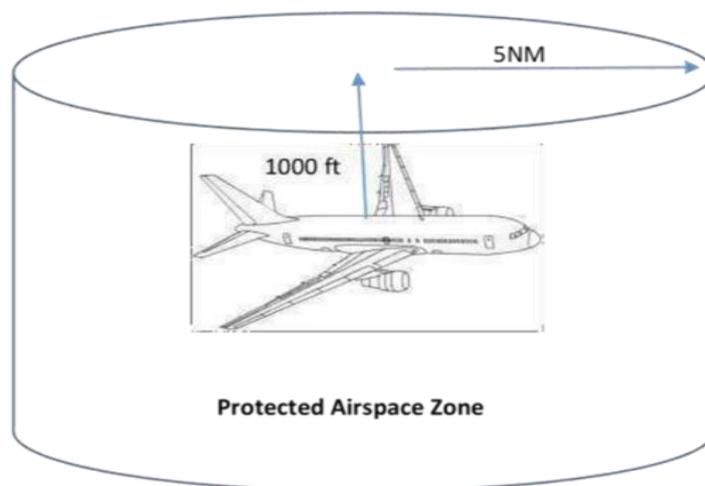
Ce point est centré sur l'étude des incréments possibles de complexité d'une telle configuration de Free Routing. Tout en basant sur l'évolution des conflits liés aux pertes potentielles de séparation entre les aéronefs dans ce nouvel environnement.

Des pertes de séparation en cheminement libre peuvent apparaître à n'importe quel point de l'espace aérien, ce qui peut nécessiter un effort plus important pour les résoudre par rapport à la configuration fixe actuelle, où les conflits se trouvent généralement dans des intersections des voies aériennes bien connues.

Les problèmes à traiter sont bien identifiés, il faut savoir prévoir les trajectoires des avions, détecter les conflits, regrouper ces conflits et terminé par la résolution de ces conflits. Si les problèmes liés à cette dernière sont donc bien identifiés, les techniques à employer sont moins. Avant de rentrer dans les détails techniques du problème.

Un conflit d'aéronefs peut être défini comme une situation anticipée du non-respect des normes de séparation entre deux ou plusieurs vols. Dans l'espace aérien géré, un conflit survient lorsque deux ou plusieurs aéronefs occupent à la même altitude, à moins de 1000 pieds les uns des autres et à moins de 5 NM (nautique miles) les uns des autres. [17]

Le processus de détection des conflits implique la prédiction des trajectoires, la détection de la perte de séparation et décider du moment où les actions doivent être envisagées.[17]



**FIGURE III.3** : zone d'espace aérien protégé en cas de conflit.

Dans un espace FRA, une perte d'espacement est une situation lorsque deux aéronefs se rapprochent l'un de l'autre d'une distance minimale spécifiée à la fois dans les plans horizontal et vertical.

Donc, pour confirmer si cette situation représente une perte d'espace, un « volume interdit » en forme de cylindre est défini autour de l'avion. Comme il est mentionné dans la **Figure III.3**

Selon ce volume, Une perte de séparation existe entre deux aéronefs si l'un d'eux pénètre dans le volume interdit de l'autre. Les pertes d'espace peuvent être de type croisement ou dépassement, en fonction des relations de trajectoire de l'avion aussi bien dans les plans horizontaux que verticaux.

Lors de l'implémentation de FRA au FIR Alger, nous pouvons rencontrer des difficultés lors de la gestion du trafic au sein de FRA, il s'agit des situations conflictuelles qui peuvent être survenir.

Dans notre étude nous allons entamer la configuration de conflit due au parité des vols aussi le panne de communication avec ses résolutions.

➤ « *problème de parité* » :

La résolution des conflits au point de vue classique est basé sur les moyens de navigation au sol, aussi sur la règle de la semi circulaire.

Afin d'améliorer la séparation des aéronefs, il a été décidé d'allouer les niveaux de croisières des aéronefs en fonction de leur route magnétique. De plus pour aider les aéronefs à se séparer, notamment dans les espaces aériens contrôlé et non-contrôlé,

Le but est d'assigner certains niveaux de vols aux aéronefs se dirigeants vers une même direction, et d'assigner des différents niveaux de vols à ceux qui arrivent au sens inverse afin de limiter la possibilité d'abordage. Cette règle de choix est appelée : la règle semi-circulaire.

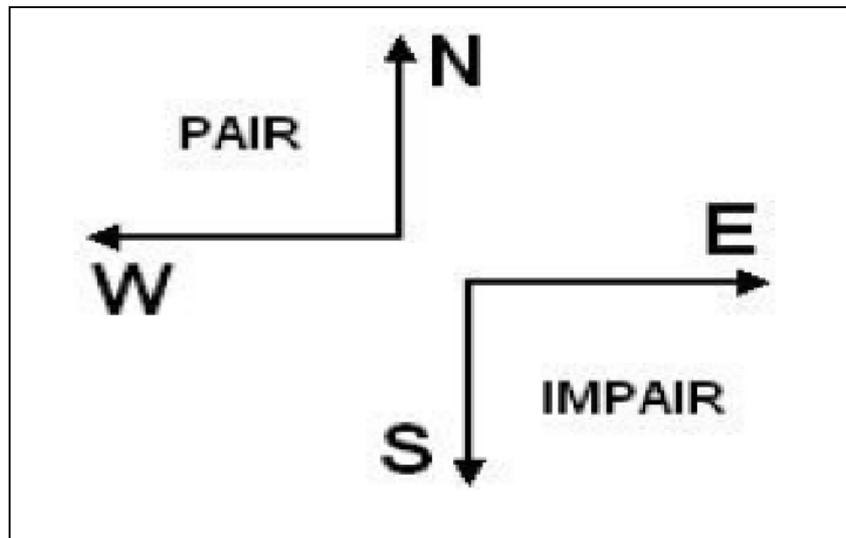
Pour répondre aux besoins de la règle semi-circulaire, les niveaux de vols ont été scindés en deux (02) catégories :

- Les niveaux appelés "PAIR"
- Les niveaux appelés "IMPAIR"

La règle de la semi-circulaire par défaut est la règle d'orientation Est\Ouest des parités des niveaux de vol de croisière :

- L'aéronef a un cap entre  $0^\circ$  et  $179^\circ$ , doit prendre un niveau IMPAIR.

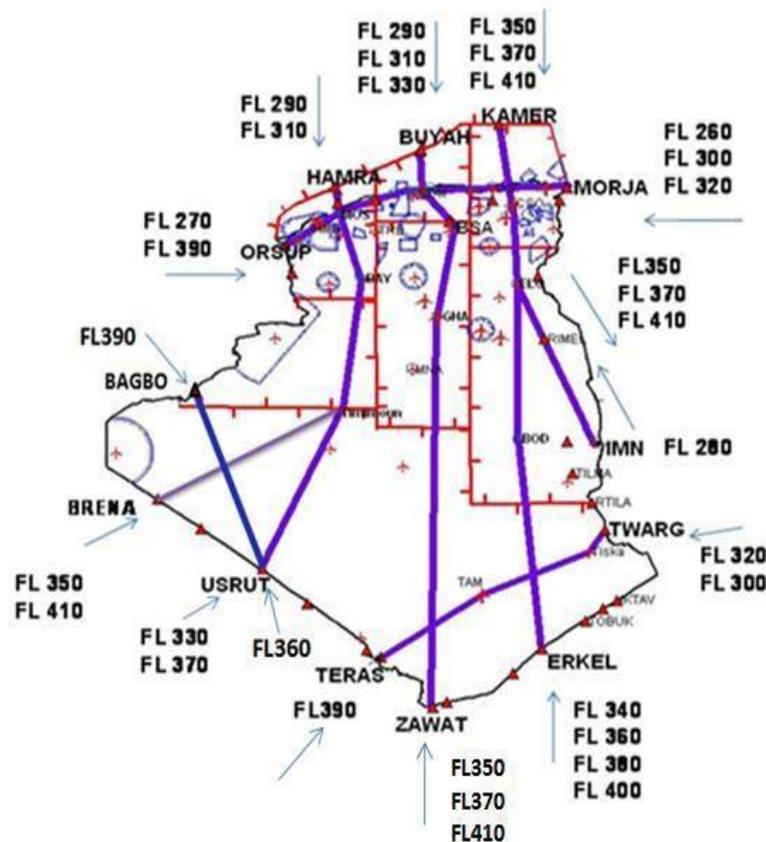
- L'aéronef a un cap entre 180° et 359°, doit prendre un niveau PAIR.



**FIGURE III.4 :** Règle EST\ OUEST = Règle ITALIE \PORTUGAL

Assignation des niveaux de vol dans notre espace aérien supérieur est comme suit :

- 1. Trafic en provenance du Nord :** Les lettres d'accords entre le CCR d'Alger et les FIR adjacentes (FIR Marseille, FIR Barcelone, FIR Séville) stipulent que le trafic en provenance de ces FIR est transféré à des niveaux de vols impairs vers la FIR Alger (sauf coordination et acceptation).
- 2. Trafic partant vers le Nord :** De même le trafic vers les FIRS adjacentes (Nord) est transféré à des niveaux Pairs (conformément aux lettres d'accords).
- 3. Trafic Est/Ouest :** le trafic des FIRs Tunis et Casablanca suivent les règles de la semi-circulaire.



**FIGURE III.5 :** Assignment des niveaux de vol en espace RVSM.

Actuellement au niveau de CCR Alger ; les contrôleurs ENNA suivent la règle précédente de la semi circulaire pour la gestion de trafic au secteur NORD. Ils envoient tous le trafic destination l'EUROPE au niveau PAIR, et le trafic provenance l'EUROPE vers Algérie niveau IMPAIR. C'est une méthode de gestion de trafic pour éviter d'avoir le trafic face à face.

Mais puisque nous avons trop de trafic descend, il existe une convention qui dit que y'a une possibilité d'envoyer certains des vols avec une parité inverse de celui-ci. Par exemple on envoie des vols au niveau de vol impair vers le NORD.

**Remarque :**

- Pour éviter d'avoir des vols en routes opposées au même niveau de vol, le sens et la parité des routes sont établis au niveau de l'AIP Algérie (certaines routes ne respectent pas la règle semi-circulaire).

L'utilisation de routes directes DCTs au niveau de la FRA va générer des trajectoires qui seront plus au moins problématique par rapport la parité.

Quand va mettre des routes directs au sein de la FRA, nous aurons pleine de configuration, nous ne pouvons pas citer tous ces configurations, c'est à dire tous les trajectoires DCTs.

Dans la situation actuelle nous maitrisons les trajectoires avec sa parité .mais dans le Free Routing nous aurons des trajectoires quasiment face à face et de parité identique.

La question qui se pose comment va traiter cette configuration ?

➤ **Résolution de conflit :**

Quand nous aurons l'ensemble des trajectoires, nous définissons les routes et nous mettons la parité, et cette dernière se fait de manière à respecter ; pour ne pas avoir le trafic face à face.

En tant que dans un espace aérien FRA on ne peut pas identifier tous les points et tous les segments de trajectoires face à face. Nous pouvons envisager que la gestion de trafic au sein de FRA ne sera pas exclusivement sous la responsabilité des contrôleurs.

Il faut aussi prévoir le cas de panne de communication ; l'aéronef poursuit le vol conformément au plan de vol déposé. Donc le suivi de la parité publié dans les AIPs est très essentiel surtout dans les espaces ariens qui ne bénéficient pas des services de control, aussi pour ne pas suivre des trajectoires conflictuelles en cas de panne de communication.

e) **Simulation avec trafic réel du concept FRA :**

Dans l'espace aérien conventionnel, tous les aéronefs suivent la structure de route fixe connue. Durant la formation des contrôleurs de la circulation aérienne, les ATC se familiarisent avec la plupart des flux de trafic aérien habituels. Les probables conflits sont étudiés et les solutions possibles expliquées et simulées pour permettre aux contrôleurs d'acquérir les réflexes nécessaires en vue de la prise en charge des futurs vols.

De même, avant de mettre en œuvre le concept FRA, des simulations de flux de trafic aérien doivent être réalisées pour permettre au contrôleur de la circulation aérienne de se préparer aux éventuels changements dans la gestion du trafic aérien ainsi que la détection de toute trajectoire ou contrainte pouvant avoir un impact négatif sur la sécurité des vols.

Les niveaux de vol aussi sont organisés en fonction des directions, et les points de fusion et de croisement sont connus par expérience. Passer de cette organisation à une organisation à itinéraire libre nouvelle et différente enfreint de nombreuses règles et des souvenirs. Un écran ATC plus chaotique, avec des avions à des endroits inattendus.

Actuellement, FRA impliquera des aéronefs sur des routes et / ou des trajectoires qui entreront / sortiront de l'espace aérien Algérien à des points aléatoires qui changent au quotidien, notamment en ce qui concerne la structure océanique en place à un jour donné. De plus, selon le type du secteur, plus d'avions voleront principalement sur des routes directes. Ces nouvelles routes directes peuvent être inconnues du contrôleur, ce sont les principaux changements apportés aux opérations actuelles.

Ces changements devraient avoir un impact sur la connaissance de la situation des contrôleurs et donc sur la complexité et la sécurité de la gestion du trafic.

Afin d'atténuer tout impact négatif un ensemble d'outils de soutien du système ATC a été identifié. Le principe d'outil c'est bien de faire une simulation avant la mise en place réelle de concept FRA.

➤ ***L'intérêt des simulations :***

Comme Free Route Airspace (FRA) est un nouveau projet au sens qu'il n'y a pas eu de projet comme celui-ci auparavant, et plus qu'il est nécessaire de maintenir un haut niveau de sécurité, à l'aide de suivi d'un ensemble des règles et des procédures lors de la mise en place. D'un côté, cette position de leader peut être un avantage mais d'un autre côté, il y a beaucoup de problèmes inconnus qui peuvent apparaître avant/pendant/après la mise en œuvre.

Pour cela nous pouvons prévoir une autre étape qui est la simulation en temps réel de FRA. Cette étape est très importante, elle introduit plusieurs avantages, nous pouvons regrouper son intérêt dans les points suivantes :

1. Préparer les contrôleurs de la circulation aérienne à bien gérer ce nouveau type de trafic au sein de FRA.
2. Détecter quelles sont les contraintes qui peuvent survenir et proposer des solutions avant la mise en œuvre réelle d'un espace aérien acheminement libre au FIR Alger.
3. Détecter les trajectoires et les situations qui peuvent générer un danger sur la circulation aérienne et la sécurité en vol.
4. Formation pour les contrôleurs qui puisse toucher le Free Routing.

5. Malheureusement, la charge de travail ATC représente une valeur subjective et ne peut pas être mesuré pendant l'activité ATC. Donc des simulations ont ainsi été fréquemment utilisées pour évaluer les limites de la charge de travail.
6. Le retour d'expérience va adapter et va permettre de mettre en place les mesures d'atténuations. Vu que l'expérience est également mise à profit pour fixer une capacité à chaque secteur.
7. Réduire les risques d'incidents et les situations qui peuvent toucher la sécurité des vols.

➤ *Comment réaliser les simulations ?*

Nous pouvons envisager deux méthodes afin de réaliser la mise en place de FRA avec la simulation, soit :

1. On va mettre des tests à l'aide de simulation, si nous concluons que tous sera bien ; nous pouvons modifier la sectorisation donc nous pourrons gérer mieux les routes directs DCTs par cette manière, par la suite nous allons mettre des restrictions au niveau d'utilisation d'espace aérien, et nous terminons par l'autorisation de Free Routing.
2. On va réaliser la mise en œuvre de FRA dans la FIR Alger avec des contraintes, après nous allons ré autoriser certains des trajectoires qui étaient interdit dans les premiers tests.

Notamment, nous allons introduire une base des données de tous le trafic qui passe par la FIR Alger ; si nous autorisons les routes directes DCTs, tous les aéronefs vont choisir la trajectoire la plus courte, grâce à un simulateur de control au CCR, par exemple nous allons corriger pendant 2h dans un secteur, un nombre donné des vols, tous vont demander des directes et nous mettons le contrôleur pour travailler ; et nous voyons l'impact :

- Est-ce que tous les vols se regroupent dans un seul sens.
- Est-ce que c'est facile à les gérer.
- Dans la procédure radar, est-ce que c'est facile de les gérer.

Donc nous allons mettre la FRA s'il y'a aucun problème survenu, et si nous avons une difficulté dans un axe précis par exemple l'organisme de control. Dans ce cas, si le contrôleur aérien n'est pas alaise on doit changer la structure d'espace aérien avant la mise en place de FRA.

Quand On va introduire les données simulées des vols avec des différentes trajectoires, on va faire passer des contrôleurs à faire des exercices, et à gérer le trafic simulé de FRA.

Par exemple : On prend le trafic, on simule que tout le trafic qui vient niveau supérieur ne va pas suivre la trajectoire initiale prévu mais il va faire des trajectoires directes, sur les trois secteurs, on va voir les contrôleurs, sa réaction ; les conflits détectés ; les trajectoires qui produisent des dangers de la sécurité comme le cas de la parité qu'on a étudié auparavant.

Alors on fait une simulation avant la mise en place réelle. Une fois on détecte quelles sont les trajectoires susceptibles qui proposent des situations conflictuelles, des Airprox et des incidents, on va faire des restrictions.

➤ ***Le type de contrôleur qui fait la simulation :***

Parmi les exigences essentiels de la mise en œuvre de la FRA, c'est d'avoir une couverture radar ; pour que le contrôleur puisse positionner et séparer le trafic, vue que on ne peut pas les séparer par les procédures conventionnelles parce que les aéronefs au sein d'un espace Free Routing ne sont plus établis sur les moyens de radionavigation.

➤ ***La simulation en temps réel du concept FRA an niveau international :***

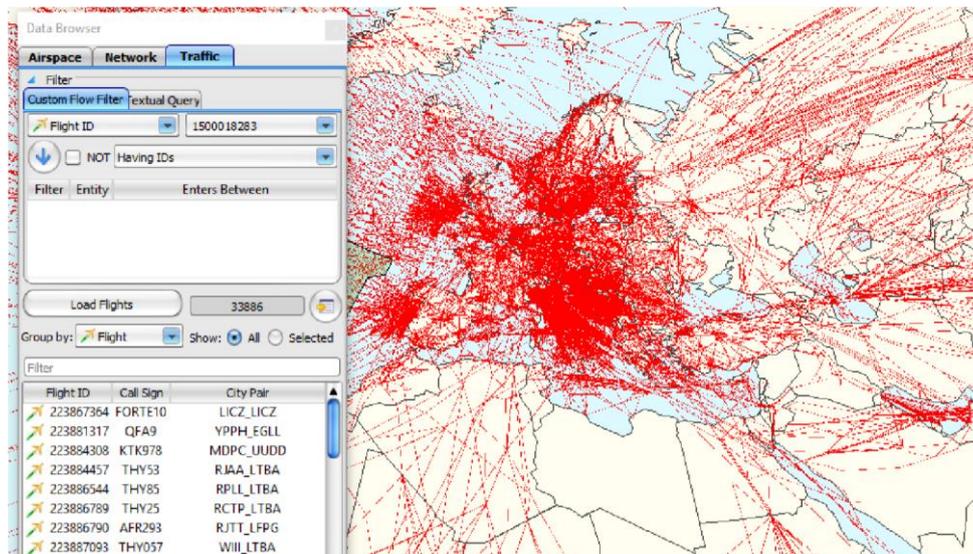
Au niveau international ; la majorité des pays qui ont réalisé le concept FRA, suivent une étape de la simulation en temps réel avant la mise en place finale de ce nouveau type d'espace aérien ; ces travaux de la simulation sont réalisés à l'aide du logiciel NEST (Network Strategy Tool) d'Eurocontrol.

L'outil de simulation d'Eurocontrol, qu'il est nommé Outil stratégique de réseau (NEST). Il est principalement utilisé pour valider de nouveaux concepts liés à la conception de l'espace aérien et les prévisions du trafic, notamment le FRA.

Cette application représente un puissant moteur de modélisation basé sur des scénarios capable d'exécuter une large gamme des analyses pertinentes et fonctionnalités d'optimisation.

L'outil NEST offre une capacité totale pour la conception et le développement de la structure de l'espace aérien, de la même manière qu'il est possible de l'utiliser pour la planification de la capacité, l'analyse post-opérations, l'organisation stratégique des flux de trafic, la préparation de scénarios pour des simulations rapides et en temps réel. [11]

On peut dire que NEST est similaire à la plupart des outils de modélisation ; l'utilisateur crée des scénarios, puis exécute des routines d'analyse et obtient des résultats. [18]



**FIGURE III.6:** Exemple d'analyse des trajectoires à l'aide de NEST. [17]

*f) Phase de transition :*

Comme chaque nouvelle procédure ; il est très important de poser quelques questions .et on peut considérer que la problématique comment on peut passer à une nouvelle structure d'espace aérien « Free Route Airspace » ? .comme une question très importante qui implique de faire plusieurs recherches afin de répondre à cette problématique.

Les procédures de transition entre les opérations au sein d'un espace aérien à cheminement libre FRA, et les opérations dans la structure actuelle qui est basé sur le réseau des routes fixe ATS doivent être ensemble.

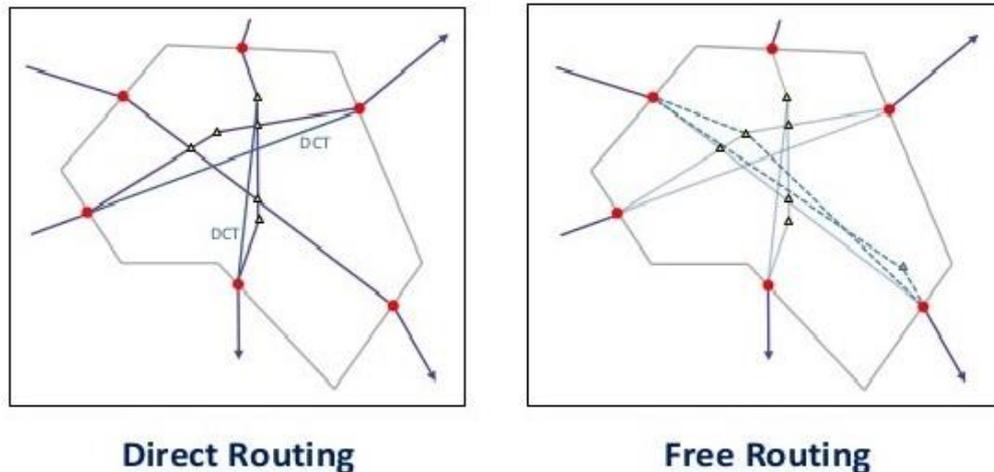
La mise en œuvre initiale de Free Route peut être effectuée sur une base structurellement limitée, par exemple en restreignant les points d'entrée / sortie disponibles pour certains flux de trafic. [17]

Aussi on peut initialement commencer par la publication de DCT, qui permettra aux utilisateurs de l'espace aérien de planifier leur vol sur la base de ces DCT publiés. [17]

La disponibilité du DCT au sein de FRA peut être soumise à la demande du trafic et / ou des contraintes de temps. Cela veut dire que le concept Free Routing pourrait être mis en œuvre de

manière limitée pendant des périodes définies Pour faciliter une mise en œuvre précoce avant la date de déploiement cible.

Notamment, Il est envisagé que les opérations des routes directes précèdent la mise en œuvre De l'espace aérien Free Route. Cette peut également offrir aux ANSP l'occasion d'étudier, de collecter des données et se familiariser avec le concept de FRA. [14]



**FIGURE III.7** : exemple du concept DRA et FRA .

### **III.4.Exigence pour la mise en service du concept FRA**

#### **III.4.1.Catégorie de l'espace aérien**

L'espace aérien d'exploitation de routes libres sera, en principe, classé en classe C, avec certaines dérogations convenues. [11]

Actuellement en Algérie vue qu'on n'a pas de classe C, nous avons envisagé de mettre en place le concept FRA dans un espace aérien de classe A, tant que cette classe d'espace est couverte par les moyens de surveillance ADS/B et radar et les vols IFR sont contrôlés et séparés.

Remarque :

- les classes d'espace aérien existant en Algérie sont : (classe A, D, E).

### III.4.2. Gestion de la capacité et des flux du trafic aérien ATFCM

Avant de mettre en place le concept de cheminement libre, il faut avoir un système ATFCM sûr et efficace qui assure la prédictibilité de trajectoire pour gérer le flux du trafic au sein de la FRA, sachant que l'ATFCM est basé sur deux fonctions principales :

1. Supervision des vols (prédictibilité des trajectoires) pour assurer la sécurité et l'optimisation de trajectoire à l'aide de la surveillance, coordination et résolution des conflits
2. Planification et régulation de trafic pour organiser le flux de trafic afin de faciliter la gestion des vols.

Les usagers de l'espace aérien doivent se conformer aux procédures ATFCM normales à la fois dans et en dehors de la FRA. [11]

Applications à grande échelle de l'espace aérien à route libre ou mise en œuvre des opérations de la route libre dans les unités ATC adjacentes généreront une grande variation de trajectoires.

Mises à jour en temps réel de la situation de l'espace aérien pour les deux secteurs configurations et réservations d'espace aérien seront nécessaires afin d'offrir la situation ATFCM la plus récente au niveau du réseau/local.

### III.4.3. Performances minimales des aéronefs

Les performances minimales des aéronefs reposent sur quatre volets importants :

#### 1. La communication :

Selon la définition du concept FRA décrit par EUROCONTROL les vols évoluant dans un espace FRA restent soumis au contrôle de trafic aérien ce qui nécessite une bonne communication VHF entre contrôleur et pilote.

- Capacité technique, à la fois avant le départ et pendant l'exécution.
  - Capacités progressives pour l'échange par liaison de données air/sol des messages CPDLC.
- [14]

Remarque :

- Il est recommandé qu'un aéronef en FRA soit doté d'un CPDLC, ce dernier représente une nouvelle technologie de communication air-sol disponible pour fournir le service de transfert de fréquence dans l'ensemble de notre espace aérien supérieur.

## 2. La navigation :

les aéronefs utilisent la navigation par satellite pour établir des routes directes entre les points d'entrée et les points de sortie au sein d'un espace aérien à cheminement libre , dans la phase en route ce qui les obligent d'être équipé de la dernière génération des instruments de bord en matière de navigation , parmi les exigences :

- les aéronefs doivent être conformes aux spécifications de navigation de surface RNAV5 en matière de performance.
- capacités de navigation de base pour modifier, supprimer et ajouter manuellement des segments de route de points de cheminement dans le FMS (Flight Management System). [14]

## 3. Surveillance :

L'espace aérien FRA est couvert par les moyens de surveillance qui aident les contrôleurs aériens à faire la séparation entre les aéronefs et pour assurer la visibilité de flux de trafic, parmi ces moyens : Mode S, Transpondeur et ADS-B-Out.

## 4. Filet de sauvegarde ACAS/TCAS :

Du fait que l'espace aérien considéré est un espace RVSM, il est par hypothèse considéré que l'ensemble du trafic aérien est équipé et homologué (sauf exception) avec un TCAS V7.2.

L'ACAS détecte et suit d'autres aéronefs signalant l'altitude, il améliore la sécurité en agissant comme un filet de sécurité de « dernier recours ». Les paramètres ACAS dans la mesure du possible choisis pour être compatibles avec séparation standard–mais l'ACAS :

- N'avertit pas le fil de séparation.
- Génère parfois des alertes (nuisances) inutiles.

### III.4.4. Visualisation de trafic et contrôle radar

La mise en œuvre de la FRA nécessite une surveillance radar assurée par le radar secondaire, ou ADS-B pour assurer la visualisation de trafic aérien sur l'ASB (Air Situation Display), qui présente les données radar, données plan de vol, données ADS et d'autres informations sur différentes fenêtres entièrement maniable par l'opérateur.

Le radar représente un moyen indispensable lors de la mise en place de la FRA, pour positionner les aéronefs et les séparer dans un espace aérien à route libre vu qu'on peut les séparer



Avec l'espace aérien à cheminement libre FRA, il est très recommandé d'appliquer le concept FUA (flexible use or air space). Cette dernière signifie la disponibilité de l'espace aérien à des fins militaires, ce qui est temporairement isolés pour des raisons de sécurité des vols, et routes ATS flexibles (routes conditionnelles) pour trafic aérien général. Ces itinéraires complètent le réseau de routes ATS existant et diriger par l'espace aérien séparé temporaire (TSA). [23]

La FUA est très importante, mais cette dernière n'est pas une condition lors de la mise en œuvre de la FRA, pour les raisons suivantes :

- Les bénéfices seront perdues lors de la mise en œuvre de la FRA, parce qu'il y aura des impositions des zones à statut particulier, par ailleurs il existe des activités militaires qui sont déclarées avant l'exécution en quelques minutes pour des raisons opérationnelles, néanmoins avec le concept FRA il y aura tout le trafic programmé par cette zone d'activité donc, il faut une coordination civile-militaire dur.
- En deuxième lieu, le FUA est très recommandé parce que les activités militaires sont faites en fonction de réseau des routes fixe ATS et de flux habituelle. mais avec l'espace aérien à cheminement libre le flux de trafic ne sera plus canalisé avec le réseau des routes ATS, donc il y aura un risque d'avoir des activités militaires interférées avec le flux au sein d'un espace aérien FRA. et ça devient une exigence si le volume d'activité est assez grandes ; ou la gestion du trafic devient très compliquée.

#### **III.4.6. Possibilités du système automatisé de gestion et de visualisation du trafic aérien et les exigences des plans de vol (intégration des FPL, impression des strips ...)**

Il est très important d'améliorer le système de gestion et de visualisation de trafic aérien qui sera au mesure de surveiller les mouvements des aéronefs dans un espace aérien à cheminement libre ce qui améliore les traitements de données de vol FDP, ainsi que les systèmes de soutiens tel que : **RAM** (Route Adherence Monitoring), **CLAM** (Cleared Level Adherence Monitoring) ; **MTC**D (moyen term conflict détection) et **STCA** (Short Traffic Conflict Advisory).

Dans un espace aérien FRA, le pilote doit remplir son plan de vol avec un point d'entrée et un point de sortie en ligne droite. Si sa route interfère avec une zone hyperactive, il doit choisir un point intermédiaire de réacheminement (contournement), afin d'éviter cette zone.

Ce nouveau concept permet de réduire le nombre des waypoint dans le plan de vol par rapport aux opérations des réseaux ATS ; Afin de bénéficier des meilleures conditions d'exploitation, les usagers de l'espace aérien peuvent être autorisés à utiliser tous les points

intermédiaires non publiés pour la planification de vol définie par coordonnées géographiques ou par relèvement et distance. Cette possibilité doit être clairement promulguée dans les publications AIS nationales. Lorsqu'une telle utilisation n'est pas possible, la publication des points intermédiaires FRA sera assurée. [11]

Remarque :

- Aucun changement n'est envisagé au format du plan de vol de l'OACI en ce qui concerne le FRA.
- les plans de vol doivent continuer à être conformes aux réglementations nationales.
- Utilisation de points intermédiaires non publiés pour la planification de vol. [11]
- Les segments entre les points d'entrée, les points de sortie et les points intermédiaires FRA sont indiqués par DCT dans la case 15 du plan de vol selon le doc 4444 de l'OACI.
- il n'y a pas des restrictions sur la longueur du segment DCT.

Exemple :

- point d'entrée **DCT** point intermédiaire **DCT** point intermédiaire **DCT** point de sortie.

### **III.5. Les contraintes des utilisateurs**

Il a également réfléchi aux difficultés de mise en œuvre de la FRA dans l'espace aérien européen, mais aussi aux difficultés que toute autre région aurait avec le même concept. Jusqu'à présent, tout le contrôle du trafic aérien était basé sur un espace aérien structuré, et la plupart des procédures et des systèmes sont encore conçus à cet effet. [9]

La FRA fait partie intégrante de l'ensemble du réseau ATM, elle s'interface verticalement ou latéralement avec l'espace aérien d'exploitation de route ATS fixe adjacent. Ainsi que, Les réservations d'espace aérien seront maintenues, et comme tous les usagers de l'espace aérien auront un accès égal aux FRA, l'application harmonisée du concept FUA (Flexible Use Airspace) et la coordination civilo-militaire sont prises en compte afin d'assurer des procédures et des prestations de services harmonisées au profit de tous les usagers de l'espace aérien.

#### **III.5.1. L'applicabilité de la parité des niveaux de vol par rapport aux cheminements libres**

Comme nous avons mentionné et étudié au précédent dans l'approche pragmatique du concept Free Route Airspace dans la FIR Alger, nous avons entamé les situations conflictuelle due à le problème de la parité, c'est à dire la possibilité d'avoir le trafic face à face.

Vue que L'Applicabilité de la parité au sein de FRA n'est pas effective, donc nous pouvons voir le trafic face à face, cette dernière est le cas d'avoir des aéronefs avec des parités identiques. Parce que dans un espace acheminement libre FRA. Nous n'arrivons pas à identifier tous les trajectoires et les segments directs possibles entre les points d'entrée et sortie.

### III.5.2. Coordination avec les secteurs et FIRs Adjacentes

Les routes et les structures de l'espace aérien ne sont plus définies conformément aux frontières nationales, mais plutôt en fonction des besoins opérationnels du trafic. Le point important à partir de ceci est que Les systèmes de navigation aérienne et les fonctions associées sont optimisés grâce à une coopération renforcée entre les ANSP, afin de réduire les coûts de navigation.

Dans le cas où on aura des trajectoires au sein de l'espace aérien Free Routing et qui interfèrent avec la FIR adjacente par exemple, y'as deux possibilités soit :

- Nous allons envisager une coordination renforcée entre ces deux FIRs.
- Nous allons interdire cette trajectoire ; parce qu'il peut être une source de conflit, (cette route est interdite ou bien elle n'est pas disponible au sein de FRA).

Concernant le point de sectorisation ; Les contrôleurs devraient coordonner les vols le long des limites du secteur avec le secteur ou l'unité adjacente.

Selon l'Eurocontrol, La norme de la coordination avec les FIRs adjacentes est assurée par utilisation d'OLDI (**On Line Data Interchange**).

### III.5.3. Le réseau de routes ATS dans l'espace aérien à cheminement libre

Le réseau des routes ATS fixe ne sera pas définitivement supprimé dans les zones où l'espace aérien Free Route est appliqué, il reste demeure également pour le moment. Selon la définition du concept FRA, le flux de trafic dans cet espace ne sera plus canaliser avec les voies aériennes fixes ; d'ailleurs le besoin de suivi de ces routes sera annulé pour la plupart de trafic évoluant dans la FRA selon les exigences opérationnelles et les performances minimales.

Un réseau d'itinéraires fixes sera maintenu dans les zones où il est nécessaire de séparer et d'organiser les flux de trafic, et au plus tard ça sera le cas uniquement à proximité des principaux hubs ou en raison d'exigences militaires. [20]

Le réseau des routes ATS fixe sera simplifié pour les grands flux et il existe principalement pour prendre en charge la connectivité entre l'espace aérien en route et la structure des routes

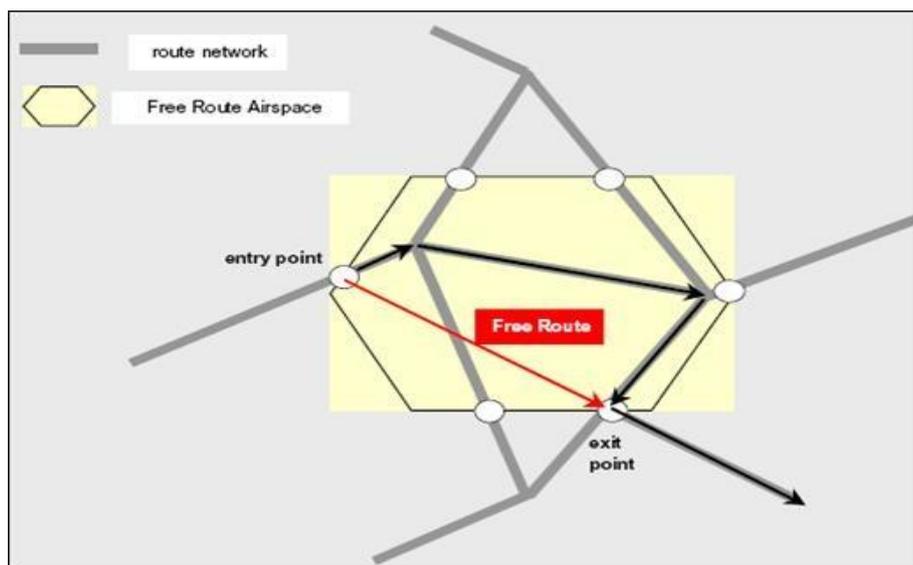
terminales. La réduction de nombre de routes sera le résultat d'un développement continu dans la conception de l'espace aérien. [20]

Selon l'Eurocontrol, les détails de la maintenance d'un réseau de routes fixes ATS au sein de FRA doivent être publiés dans les publications AIPs.

Cette nouvelle FRA implique un certain changement dans les limites entre les vols FRA et les vols conventionnels, de la même manière qu'il est nécessaire d'évaluer la coexistence entre les deux modes d'opération.

**Remarque :**

- Il n'y a pas d'exigence primordiale pour une route ATS fixe d'urgence dans le réseau européen. [11]

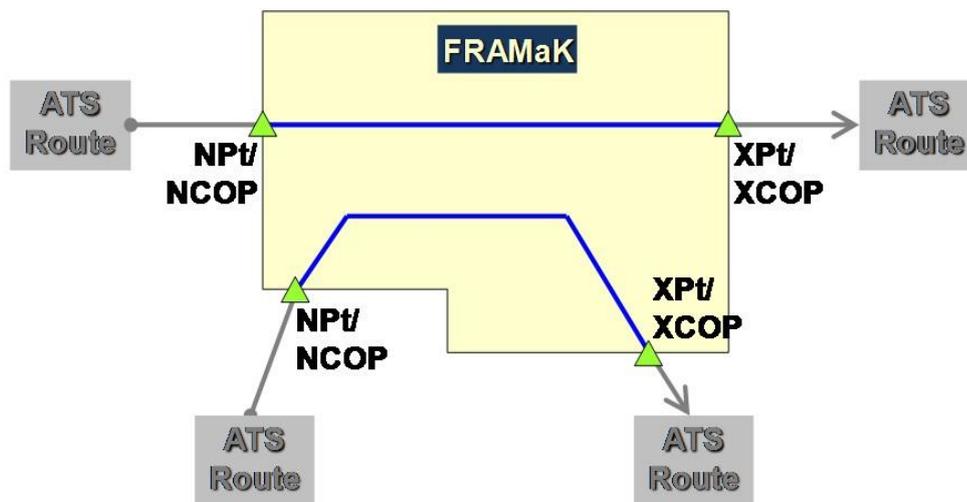


**FIGURE III.9 :** Réseau des routes ATS au sein de FRA.

D'autre part ; La connectivité de Free Route au réseau de routes ATS fixes reposait en grande partie sur l'utilisation de points existants. L'emplacement de ces points peut potentiellement être affiné, offrant des économies et augmentera potentiellement des avantages. [20]

La connexion verticale entre FRA et le réseau de routes ATS fixe sous-jacent doit tenir compte des différents profils de montée et de descente. L'inter connectivité entre FRA et le réseau

de routes ATS fixe sous-jacent doit être assuré par la disponibilité d'un ensemble de points de cheminement reflétant les profils de montée / descente.



**FIGURE III.10** : Exemple connexion réseau des routes ATS avec FRA

#### III.5.4. Disponibilités des trajectoires en FRA

Au sein de la FRA, les exploitants d'aéronefs sont autorisés à planifier des trajectoires préférées en utilisant des points significatifs. Il n'y a aucune restriction sur la distance DCT maximale qui peut être planifiée en vol entre les points.

Donc dans un espace aérien à cheminement libre, toutes les trajectoires sont autorisées sauf :

- ✓ Trajectoires qui présentent une situation conflictuelle qui peuvent toucher la sécurité des vols.
- ✓ Trajectoires qui vont augmenter la coordination avec les secteurs adjacents.
- ✓ Trajectoires qui interfèrent avec les zones à statuts particuliers ou à usage spécial.
- ✓ La planification de segments DCT qui sont en dehors des limites latérales de l'UIR n'est pas autorisée.

Remarque :

- Le rôle, le format et l'applicabilité du document de disponibilité d'itinéraire (RAD) ont été adaptés aux exigences de la FRA. [11]

### **III.5.5. La gestion opérationnelle des réservations d'espace aérien et des zones à statuts particuliers**

La réservation d'espace aérien est parmi les contraintes liés à l'implémentation de concept FRA, qui doit être gère opérationnellement d'une façon sûre et ordonné pour assurer la sécurité du trafic aérien. Un espace aérien réservé fait référence à une partie d'espace aérien avec dimensions à l'usage exclusif d'utilisateurs particuliers et dont la pénétration est interdite aux autres aéronefs, notamment les zones TRA, TSA, CBAs, D, R, P. Il s'agit aussi des volumes d'espace aérien qui sont spécialement conçues dans lesquelles des activités civiles et militaires pourraient avoir lieu.

Les zones à statut particuliers sont actives d'une façon permanente comme les zones interdites, tandis que d'autres sont actives pendant des périodes variables et à des niveaux variables par exemple TSA (zone réservée temporairement à cause d'exercice d'entraînement des forces, l'essai d'avions commerciaux ou militaires...). Les configurations de ces zones peuvent être modifiées pour répondre à différentes tâches et besoins opérationnels.

Les réservations actives d'espace aérien sont franchies ou évitées selon le degré de coordination (y compris la coordination civile / militaire) et l'état de l'activité dans la zone. Cela restera le cas en FRA. [9]

Nous tenons la vision sur les points suivants qui sont liées à cette contrainte :

#### **1. Gestion opérationnels des NFZs :**

Les utilisateurs de l'espace aérien sont autorisés à effectuer des trajectoires via les zones à statuts particuliers. Quand les procédures de coordination spécialement les procédures de coordination civile/militaire et les conditions de l'espace aérien le permettent. Par contre si l'espace aérien n'est pas disponible pour la traversée. Une instruction de réacheminement tactique sera donnée par l'organisme ATC.

Dans d'autres cas, lorsque cet espace aérien n'est pas disponible pour la traversée, les points intermédiaires de la FRA sera défini pour faciliter la planification des vols hors de la réservation d'espace aérien et assurer séparation suffisante de l'activité. [9]

Vue que La planification de vol n'est pas autorisée dans l'espace aérien restreint actif, Les usagers de l'espace aérien planifient leur trajectoire autour des espaces aériens qui ne sont pas disponibles pour les opérations civiles tels que publiés par NOTAM en utilisant les points

intermédiaires FRA publiés. Ces points intermédiaires FRA ne seront publiés que lorsqu'il n'y a pas de points intermédiaires FRA appropriés déjà publiés dans l'AIP.

**Remarque :**

- La publication de l'heure d'activation des réservations d'espace aérien devrait être envisagée. [9]
- La possibilité d'utiliser des coordonnées géographiques doit être envisagée. [9]

**2. Itinéraires de planification de vol via les réservations d'espace aérien :**

La coordination civilo-militaire représente une exigence très importante lors de la gestion opérationnelle des réservations d'espace aérien au sein d'un espace à cheminement libre.

Quand nous aurons un vol de transit qui va traverser l'espace aérien Free Routing, les exploitants de l'aéronef devra connaître le temps et la nature d'activité de toutes les zones de réservation d'espace aérien pertinentes pour permettre la sélection et l'identification d'une route qui les évitera, sauf si aucune n'est publiée et qu'un réacheminement tactique est fourni. L'exigence d'une «vérification rigoureuse» de ces plans de vol doit être prise en considération.

**3. Les points de cheminements au sein de FRA :**

Actuellement dans l'AIP, les points de cheminement sont associés aux routes ATS ou aux procédures aux instruments. L'introduction de la FRA permettra une simplification considérable de l'AIP avec la suppression d'un grand nombre des routes ATS supérieures. De nombreux waypoints existants associés à ces routes seront supprimés. Cependant il sera nécessaire d'avoir des waypoints au sein de l'espace aérien FRA qui serviront de points de contournement.

Le choix de tout point intermédiaire FRA dans le but de contourner l'espace aérien à disponibilité réduite sera laissé à la discrétion des opérateurs et aucune utilisation obligatoire ne sera imposée pour des cas particuliers.

**Exemple :**

- Lorsque les zones a statuts particuliers comme les zones de danger (DA) sont actives au sein de la FRA, les systèmes de planification de vol garantiront que les aéronefs ont la possibilité de se diriger autour du DA. A l'aide des points intermédiaires qui seront définis au sein de l'AIP

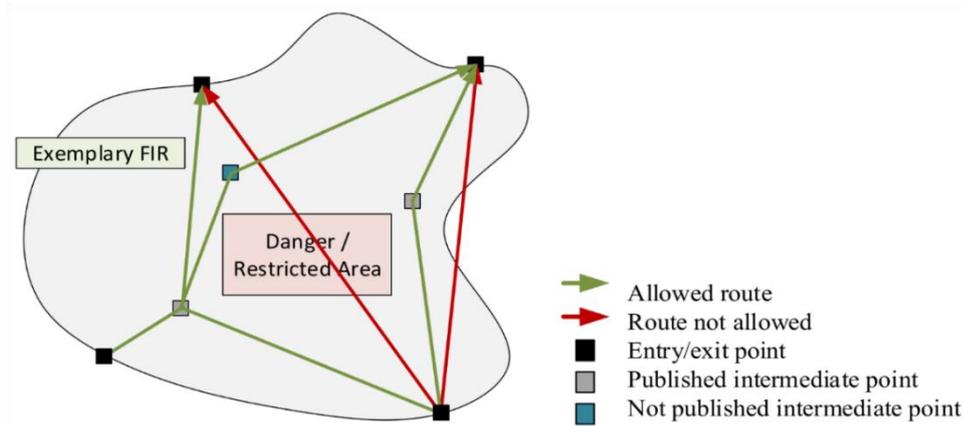


FIGURE III.11 : Les zones à statuts particuliers au sein du FRA.

### III.5.6. Gestion de l'espace aérien ASM et impact sur la sectorisation

La gestion de l'espace aérien ASM dans un espace FRA est différente de celui du réseau de routes ATS fixes, sachant que les opérateurs d'aéronefs AOs ne seront plus recevoir des informations sur les trajectoires disponibles, mais devra savoir dans quel espace aérien est disponible / non disponible. Comme on a mentionné auparavant, il est très important d'avoir une coordination civilo-militaire renforcée afin de connaître la situation des réservations d'espace au sein de FRA et communiquer cette information avec les utilisateurs de l'espace aérien pour permettre la sélection d'une route d'évitement favorable .

Alors, quand nous allons mettre en place l'espace aérien FRA, il faudrait assurer d'avoir un système automatisé puissant pour le partage de la mise à jour des informations concernant l'activité de réservations d'espace aérien. Entre les unités ATC, les autorités militaires correspondantes, les usagers de l'espace aérien et le gestionnaire de réseau.

#### ➤ *Gestion de l'espace aérien ASM :*

Les acheminements directs et les segments directs seront conçus de manière à induire un niveau gérable de complexité de l'espace aérien pour l'opérateur du contrôle de la circulation aérienne (ATCO). [14]

En tant qu'ils ne sont pas purement Conçu en fonction des besoins des utilisateurs de l'espace aérien. Certaines contraintes ATC peuvent être envisagées lors de la phase de conception afin de garantir que le réseau l'acheminement direct sera gérable en toute sécurité par ATCO.

D'autre part, la longueur maximale des segments directs peut introduire des problèmes opérationnels et techniques pour organisme ATC. [14]

Les contraintes opérationnelles et techniques ATC sont :

- 1. Aspects opérationnels :** le problème de reprendre la navigation dans le cas d'une route directe avec une longue distance (si le prochain waypoint est situé dans un autre secteur / ATSU)
- 2. Aspects techniques :** le prochain waypoint pourrait ne pas être connu par le système technique s'il est situé dans un autre ATSU. [14]

La configuration d'espace aérien prédéfinie est parmi les solutions ASM qui peuvent aider à atténuer les problèmes de capacité identifiés dans un domaine particulier de l'espace aérien. Elle est basée sur des combinaisons coordonnées et validées de structures d'espace aérien qui sont les routes conditionnelles (CDR), routes directes (DCT), réservation d'espace aérien (ARES), telles que les zones interdites et sectorisation dynamique ATC, pour répondre aux besoins de l'espace aérien en termes de capacité et / ou d'efficacité des vols.

Cette configuration d'espace aérien prédéfinie pourra être applicable à la fois dans les environnements de réseau à route libre (FRA) et à route fixe. Les configurations de l'espace aérien et la configuration des secteurs flexibles ATC sont déjà utilisées lorsque les flux et les contraintes peuvent être prédits longtemps à l'avance (par exemple, les itinéraires de week-end ou les flux de trafic saisonniers).

➤ ***Impact sur la Sectorisation :***

La conception de l'espace aérien lors de l'implémentation de FRA peut être restructurée afin de répondre aux besoins opérationnels et pour tenir compte du trafic circule à la fois au sein de FRA et selon le réseau de routes ATS fixe sous-jacent.

Au lieu d'avoir régularisé les flux de trafic le long du réseau d'itinéraires ATS à un endroit des points reconnu, le trafic sera potentiellement réparti sur l'ensemble d'un secteur. La conception du secteur devra répondre à ce changement et devra peut-être être plus flexible à mesure que la demande de trafic varie. [11]

Les secteurs de l'espace aérien à cheminements libres devraient répondre conformément aux points suivants : [11]

- Non contraint par les FIR / UIR ou les frontières des États.
- Capable d'être reconfiguré pour répondre à la demande. Une méthodologie structurée où les secteurs sont extraits d'une bibliothèque de dessins déjà connus des systèmes internes et externes est probable dans les domaines où il y a des fluctuations de l'orientation des flux de trafic.

### **III.5.7.Aspects liés aux informations à publier AIP/NOTAM Publication FRA – AIP ENRIP**

Nous pouvons citer les informations liés à la publication FRA dans les points suivants selon le Plan d'amélioration du réseau de routes européen ERNIP :

- Une terminologie commune et des termes/abréviations pertinents pour les opérations de FRA seront utilisés et publiés dans l'AIP, GEN 2.2.
- Un glossaire général des termes/abréviations de la FRA est disponible au paragraphe 6.5.4. Ça peut ne pas être une liste exhaustive et, en tant que telle, n'empêche pas les États d'insérer des termes/abréviations FRA si nécessaire.
- Les termes/abréviations pertinents de FRA qui n'est pas définis dans le Doc 8400 de l'OACI seront marqués d'un astérisque pour indiquer le statut « non-OACI » conformément aux SARP de l'OACI. Il est important que, pour ces termes/abréviations « non-OACI », la terminologie présentée au paragraphe 6.5.4 est utilisée.
- Conformément à l'annexe 15 de l'OACI, une liste de définitions/glossaire classés par ordre alphabétique de termes peut également être ajoutée dans GEN 2.2.
- Les limites verticales de la FRA sont publiées dans les publications AIS nationales. [11]
- Points d'entrée/sortie FRA horizontaux dans / hors de la FRA seront publiés dans les publications AIS nationales avec une référence claire à la FRA et à la nature de point entrée/sortie. [11]

### **III.6.Mise en place progressive du concept de cheminement libre :**

Suivant les règles du concept FRA ; les usagers de l'espace aérien y compris les exploitants d'aéronefs doivent s'adapter à cette nouvelle organisation d'espace ; cette adaptation dépend uniquement d'eux et comment ils planifient les itinéraires au sein du FRA.

En général, les AOs sont satisfaits de s'adapter à ce changement, car pour eux, la FRA offre un moyen de réduire les coûts et ce dernier représente un souhait primordial pour tous les utilisateurs de l'espace aérien.

Alors , Il est important de noter qu'avec la FRA, les utilisateurs de l'espace aérien sont désormais confrontés à une liberté de choix qui n'a pas existé au cours des 50 dernières années de conception et d'exploitation de l'espace aérien. [17]

Le passage de la structure actuelle basée sur les voies aériennes fixes à la disponibilité des routes libres dans un espace FRA représente un défi majeur, et les utilisateurs d'espace aérien adaptent progressivement leurs systèmes de planification de vol pour exploiter pleinement ce concept potentiel.

Selon l'Eurocontrol et l'expérience des plusieurs pays, La mise en place progressive de ce nouveau concept doit respecter les points suivants :

1. Valider et Examiner la conception de l'espace aérien pour s'assurer qu'il accueillera correctement et en toute sécurité la mise en œuvre de la FRA et les changements inhérents aux flux de trafic. Cela comprendra la structure du secteur ATC ; Publication de points intermédiaires pour aider à contourner les réservations de l'espace aérien actives et les nouvelles zones de conflit ...etc.
2. Identifier et rassembler des preuves qui convaincront les parties prenantes que la conception actuelle de l'espace aérien est acceptable sur le plan opérationnel pour la mise en œuvre de la FRA, que les exigences de sécurité ont été respectées et que la capacité de l'espace aérien a été maintenue. [16]

En général et selon les expériences d'autres ANSP, qui exploitent déjà le concept FRA, la mise en place de ce concept se fait de manière progressive et graduelle selon des étapes et des phases suivantes :

- **Phase I** : Le concept FRA peut être déployée à la fois par l'utilisation de l'espace aérien des routes directes

Cette phase sert à déployer la FRA à l'aide de concept des routes directes soit des DCTs publiés ou bien non publiés.

➤ **Raisonnement :**

La première option introduit des contraintes dues à l'obligation de déposer les routes directes publiées (DCT). Par conséquent, l'utilisateur ne peut pas définir lui-même des segments d'itinéraire direct. Ces contraintes limitent les avantages de la FRA aux usagers de l'espace aérien. Et même c'est difficile à gérer pour les systèmes de traitement des données de vols. Pour cette raison, cette option n'est pas considérée comme réalisable.

La deuxième option est préférable ; elle est basée sur le déploiement de FRA à l'aide des DCTs non publiés. Cela fournit la forme la plus flexible de FRA car il permet de planifier des vols entre tous les points publiés ou non publiés n'importe où dans l'espace aérien.

➤ **Phase II :** la mise en œuvre de FRA de manière limitée pendant des périodes définies

Cette phase est basée sur l'implémentation de FRA dans des périodes de temps définie et graduellement pour faciliter la mise en œuvre précoce avant le déploiement cible.

➤ **Raisonnement :**

Déployez initialement FRA de nuit ou bien des week-ends uniquement. Cette option limite les avantages souhaités par la FRA pour les utilisateurs de l'espace aérien, puisqu'il ne serait exploité que pendant les périodes où le trafic est calme. Il nécessite également des transitions deux fois par jour entre le concept d'exploitation de FRA et le concept de route fixe ATS qui implique une complexité pour la Gestion de réseau (NM), ANSP et utilisateurs de l'espace aérien. Cette complexité pose des problèmes de planification de vol pour des pilotes et des exploitants d'aéronefs. Ce n'est donc pas une option privilégiée.

Par contre le déploiement de FRA H24 est préférable. L'introduction de FRA à temps plein, 24 heures sur 24, donnera les plus grands avantages pour les exploitants d'aéronefs en permettant l'utilisation des trajectoires préférées des utilisateurs à tout moment. Ça aussi supprime la nécessité de passer d'une exploitation à itinéraire fixe à une exploitation à itinéraire libre, d'où la complexité pour l'ATC et les pilotes est moindre.

Remarque :

- L'expérience d'autres ANSP a confirmé que le déploiement de H24 FRA était le meilleur, d'autres options étant plus complexes.

- **Phase III** : la mise en œuvre de FRA sur une base structurellement limitée

La mise en place de concept FRA peut être effectuée par les restrictions des points d'entrée/sortie disponibles pour certains flux de trafic, par la publication de DCT, qui permettront aux usagers de l'espace aérien de planifier leur vol sur la base de ces DCT publiés.

- **Raisonnement** :

Selon l'expérience d'autres ANSP qui ont indiqué que le maintien d'un réseau des routes fixes ATS au sein de FRA, est une option viable mais n'est pas préférable et qu'elle pourrait être utilisée comme arrangement transitoire pour aider les compagnies aériennes lorsqu'elles préfèrent continuer à planifier leur vol en utilisant la structure de route existante.

D'autre part, l'Option préférée c'est bien de Supprimer la structure de route ATS mais conserver les points de cheminement avec restrictions, qui peuvent être obligatoires pour certaines trajectoires pour gérer mieux les flux de trafic. L'utilisation des points l'intermédiaire restreint RAD est une option où la systématisation est nécessaire pour aider à décongestionner le trafic dans les zones de haute densité et de gérer les niveaux de complexité créés par les flux de trafic entrant et sortant des aérodromes. Pourtant plus les restrictions introduites sont nombreuses, plus l'opération s'éloigne de la véritable FRA. C'est une option qui pourrait être appelée à aider à la systématisation dans les zones à forte complexité de trafic pour préserver la capacité.

Remarque :

- Supprimer la structure des routes ATS au sein de FRA. Il s'agit de la mise en œuvre la plus pure de FRA et c'est l'objectif à long terme. Il convient de noter qu'EUROCONTROL encourage la suppression des Réseau de routes ATS.

- **Phase VI** : Les procédures de transition entre les opérations de route libre et de route fixe doivent être ensemble.

- **Raisonnement** :

La définition des points d'entrée et de sortie de la FRA en tant que des points de coordination (COP) sur la frontière UIR est similaire à la structure existante. Cela introduit des contraintes dues à la nécessité de voler entre des COP fixes sur les limites de l'UIR que l'utilisateur ne peuvent pas se définir. Ces contraintes limitent l'avantage de FRA, D'où ce n'est pas une option privilégiée.

D'autre part, les arrivées standard au terminal (STAR) sont des procédures d'arrivée vers des aéroports spécifiques. Cependant, les STAR pourraient s'étendre dans le volume FRA assurant une planification cohérente de connectivité entre l'espace aérien systématisé et FRA. C'est faisable.

Du fait ; l'utilisation des restrictions est une option préférée influencée par les expériences des pays, qui exploitent déjà FRA lors de la gestion de flux de trafic entrant et sortant de FRA.

Le flux d'avions descendant de FRA dans la partie inférieure l'espace aérien peut être restreint dans la RAD (par destination). Ceux qui grimpent dans FRA par le bas l'espace aérien et le réseau de routes ATS inférieur seront également limités dans le RAD pour le faire à des points spécifiques.

➤ **Phase V** : le déploiement et l'exploitation de concept FRA dans un espace aérien limité verticalement et latéralement

➤ **Raisonnement** :

L'introduction de FRA avec limites verticales c'est-à-dire au FL305 par exemple et au-dessus au minimum ; permettant à la FRA d'être introduits à des niveaux inférieurs lorsque cela est jugé approprié et gérable. Cela permet un alignement avec la Sectorisation ATC telle que, dans la mesure du possible, tout un secteur de contrôle de la circulation aérienne utilise soit FRA soit routes ATS fixes. Ceci est également dans l'esprit de la FRA complète, l'implémentation de la FRA dans le plus grand volume d'espace aérien pratique, offrant ainsi des avantages accrus aux usagers de l'espace aérien. C'est donc une option préférable.

D'un autre côté. La mise en œuvre de la FRA à travers tout l'espace aérien supérieur simultanément comporterait un risque élevé en raison de la complexité du trafic aérien.

Par contre, Si la mise en œuvre permanente de FRA était latéralement limitée, cela restreindrait les avantages de FRA. D'où l'objectif final est que FRA s'étende latéralement à travers l'ensemble de l'espace aérien. Et le déploiement du FRA qui est prévu pour être limité latéralement permet la mise en place progressive de FRA dans l'ensemble de l'espace aérien et constitue un arrangement pour une transition temporaire. Par conséquent, cette option de la mise en œuvre à titre de mesure provisoire est réalisable et préférable.

### **III.7. Plan de mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre (en route) dans la FIR Alger**

Dans la structure actuelle de notre propre espace aérien, nous s'attendons à ce que de nombreux exploitants d'aéronefs continuent d'utiliser la structure d'itinéraire fixe traditionnelle ATS

pendant un certain temps. Progressivement, nous s'attendons à ce que le mélange des routes fixes et les routes libres évolueront ; par conséquent, nous devons tester la conception de l'espace aérien, les procédures de contrôle de la circulation aérienne ATC et la sécurité stratégies d'atténuation pour différentes combinaisons de trafic fixe et libre à l'aide de l'outil de simulation.

Du fait le plan de la mise en œuvre d'un espace aérien à cheminement libre FRA repose sur deux étapes principales :

- ❖ *Première étape : l'introduction du principe FRA en FIR Alger peut se faire par l'autorisation de routes DCT tout en conserver le réseau de route ATS déjà existant (avec certaines restrictions)*

Cette étape donne plusieurs avantages pour les utilisateurs de l'espace aérien aussi pour les organismes de contrôle de la circulation aérien ; l'autorisation des routes directes DCTs va permettre la familiarisation avec le concept FRA, ainsi par celui-ci, nous pouvons détecter quelles sont les anomalies qui peuvent être introduites lorsque nous appliquons le concept Free Routing.

- ❖ *Deuxième étape : Supprimez toutes les routes ATS en généralisant le concept FRA sur l'espace aérien supérieur de la FIR Alger (avec des éventuelles restrictions)*

L'espace aérien à cheminement libre peut être déployé dans la FIR Alger dans le nord au-dessus de FL 320 ou la couverture radar est généralisée, dans des périodes définies à partir de 22h jusqu'à 5h du matin ; la gestion de trafic au sein de FRA sera exclusivement pour les transits dans la nuit ou le trafic est calme. La mise en œuvre initiale du cheminement libre peut se faire sur une base structurellement limitée, par exemple en limitant les points d'entrée/de sortie disponibles pour certains flux de trafic aérien au FIR Alger.

Au fur et mesure, nous pouvons tenter l'implémentation graduellement dans les périodes de temps ou bien les limites verticales et latérales de l'espace FRA, selon la disponibilité de ses exigences.

### **III.8. Limites à l'application du FRA**

L'implémentation d'un espace aérien à cheminement libre sera limitée dans le plan vertical et horizontal, selon les points suivants :

### **III.8.1 Limites verticales de FRA**

Ce concept FRA vise à faciliter la mise en œuvre harmonisée de FRA partout et à chaque fois que L'État/FAB/ANSP décide de le faire. Dans ce contexte, il n'y a pas de recommandation spécifique sur le FL minimum de telle mise en œuvre. [11]

La fixation de la limite inférieure de FRA ne doit pas nuire les zones adjacentes où la FRA n'est pas encore mise en œuvre où seule une application limitée de la FRA est en cours endroit.

Le niveau minimum doit être le plus bas possible, compte tenu de la complexité de l'espace aérien et la demande. [11]

### **III.8.2 Limites horizontales de FRA**

Les limites horizontales devraient être de préférence basées sur les exigences opérationnelles, et non nécessairement sur les limites des unités FIR/UIR ou ATC.

Dans les zones où la forme des limites latérales d'un FIR/UIR ou l'unité ATC sont tels que les routes directes pourraient conduire à sortir pendant une courte période dans l'espace aérien adjacent, tous les efforts doivent être faits pour garantir que l'applicabilité de la FRA est organisée en fonction des besoins opérationnels et des dispositions appropriées sont prises avec les voisins Unités/États ATC. Si de telles situations sont inévitables, la publication appropriée des points Entrée/sortie horizontaux de FRA doivent être assurés.

Les points d'entrée/sortie horizontaux dans/hors de FRA doivent prendre en compte l'espace aérien adjacent où FRA n'est pas mis en œuvre. Les points d'entrée/sortie horizontaux de FRA seront définis pour permettre une transition structurée entre les deux environnements opérationnels, cela peut ne pas être nécessairement à la limite de la FIR ou de l'unité ATC.

Les points d'entrée/sortie horizontaux de la FRA en provenance/à destination de la zone adjacente non FRA assurera l'interconnectivité avec le réseau de routes ATS fixe. [11]

## **III.9. Conclusion et possibles évolutions de l'application du FRA dans la FIR**

### **Alger :**

Dans ce chapitre nous avons étudié le concept FRA qui est un espace aérien spécifié dans lequel les utilisateurs peuvent librement planifier une route entre un point d'entrée défini et un point de sortie défini ; avec possibilité de route via des points de passage intermédiaires (publiés ou non publiés). ce concept permet d'utiliser l'espace aérien et de planifier les trajectoires de vol en fonction

de trajectoires plutôt que sur des routes ATS prédéfinies, ce qui peut conduire à une consommation de carburant inférieure, à des coûts inférieurs et à un impact environnemental réduit.

Cette revue présente les concepts de base de FRA et donne un aperçu des travaux de recherche les plus importants sur la mise en œuvre de la FRA. Les preuves disponibles suggèrent que la FRA devrait augmenter le flux de trafic et la capacité, ce qui est important pour répondre à la demande croissante.

Nos études ont été consacré sur la mise en œuvre de la FRA en espace aérien algérien ; qui devrait d'abord subir des restrictions au début de l'application de ce concept , ces restrictions concernent la structure de l'espace aérien à cheminement libre et le temps d'application du concept FRA, ce qui signifie que cet espace doit être limité verticalement de FL320 à FL450 ( jusqu'à la fin d'espace aérien contrôlé) et horizontalement .il doit être appliqué en TMA centre( secteur nord), en deuxième lieu le temps idéal pour appliquer ce nouveau concept sera la nuit. Aussi le FRA sera destiné pour les transites seulement.

Avant la mise en place de la FRA en Algérie , il faut d'abord préparer les contrôleurs à faire des routes directes , ce qui est important pour avoir l'expérience de traiter de cas pareil qui sont la base de la FRA, par ailleurs il faut développer le système ATFCM, ainsi que tous les moyens de visualisation et de gestion de trafic aérien, aussi il faut améliorer les outils de contrôle, et avoir un accord ministériel pour pouvoir mettre en place le concept FRA.

Il est possible d'évoluer ce nouveau concept dans la FIR Alger en l'appliquant jour et nuit, sans restriction de temps ou de limites horizontales et verticales, et concernant le type de trafic autorisé de pénétrer l'espace aérien à cheminement libre nous pourrons ainsi ajouter avec les transites les départ et les arrivées.

## ***CONCLUSION GENERALE***

## ***CONCLUSION ET PERSPECTIVE***

Le travail présenté dans ce mémoire s'est porté sur « la réalisation possible d'un plan de la mise en œuvre du concept Free Route Airspace FRA, dans la FIR Alger ». Ce concept est un moyen de surmonter les problèmes d'efficacité, de capacité et d'environnement du secteur de l'aviation en aidant à réduire la consommation de carburant et les émissions, tout en améliorant l'efficacité des vols. Dans le même temps, il ouvre la voie à une conception encore améliorée de l'espace aérien et des concepts opérationnels ATM.

Dans le premier chapitre nous avons présenté l'espace aérien en général, tout en abordant les différents types de navigation, en passant de la navigation classique à la navigation PBN qui est la solution la plus pratique pour réguler le domaine des systèmes de navigation actuellement en expansion. Ce concept englobe la navigation de surface RNAV et la navigation requise RNP. Nous avons présenté ainsi dans le même chapitre la FIR Alger, sa sectorisation et son réseau de route ATS et RNAV. Après la présentation de la FIR Alger, il nous a été indispensables d'évoquer la gestion des flux de trafic aérien, ses différentes phases importantes pour la régulation du trafic aérien et d'expliquer selon qu'elle principe se fait la planification des vols.

Nous avons désiré ensuite nous intéresser à la définition du concept d'espace aérien à cheminement libre (FRA), nous avons pu affirmer alors que ce concept vient pour éliminer le besoin de suivre le réseau des routes ATS fixe et permet aux exploitants de choisir leurs propres routes et de suivre les trajectoires de vol les plus optimales.

Comme dernier chapitre nous avons expliqué la mise en œuvre du concept FRA dans la FIR Alger, qui peut être appliqué au-delà de FL 320 et en TMA centre. Pour éviter la plupart des zones à statut particulier, et dans la période de nuit initialement, donc ça pourra être servi pour les transits seulement, pour cela il nous faut un système automatisé de visualisation et de gestion de trafic efficace, des contrôleurs déjà expérimenté à faire des routes directes qui existent dans ce concept.

Nous proposons également une perspective autour de la mise en œuvre de ce concept dans la FIR Alger. Il porte sur le développement d'une application permettant la détermination automatique de l'impact d'une réservation d'espace aérien sur les trajectoires FRA dans la FIR Alger.

En final, ce mémoire doit ouvrir la porte pour faire d'autre étude sur le domaine de la gestion de l'espace aérien et nous espérons que ce nouveau concept Free Route Airspace soit réalisé .une fois notre gouvernement accorde sur cette idée le domaine de l'aéronautique en Algérie sera amélioré rapidement, et l'aiguille de notre économie sera dirigée vers le haut. Notre vœux est que ce travail sera utile et une documentation fiable pour les prochaines promotions et pour notre glorieux pays.

# ***ANNEXE A***

## **DEFINITIONS**

**CPDLC** : Il permet la transmission des informations échanger par le pilote ou bien un aéronef évoluant au-dessus du FL195 (6000m) et l'organisme du contrôle sous forme de message (texte), ce qui permettra d'éviter le bruit et le mal entendue sur la fréquence (V/UHF).

**ADS-B** : L'Automatic Dépendent Surveillance- Broadcast est un système de surveillance coopératif pour le contrôle du trafic aérien et d'autres applications connexes. Un avion équipé de l'ADS-B détermine sa position par un système de positionnement par satellite (GNSS) et envoie périodiquement cette position et d'autres informations aux stations sol et aux autres appareils équipés de l'ADS-B évoluant dans la zone.

**ACAS** : Airborne Collision Avoidance System est un système qui est Conçu uniquement pour éviter les collisions, il est indépendant des systèmes au sol, le pilote automatique et les systèmes NAV.

**STCA** : L'alerte de conflit à court terme est un filet de sécurité au sol destiné à aider le contrôleur à éviter une collision entre aéronefs en générant, en temps opportun, une alerte d'un potentiel ou violation réelle des minima de séparation. Le réglage des paramètres STCA peut nécessiter une adaptation afin de mieux répondre à cet objectif dans l'environnement Free Route.

**APW** : L'avertissement de proximité de zone est un filet de sécurité au sol destiné à avertir le contrôleur pénétration non autorisée d'un volume d'espace aérien en générant, en temps opportun, une alerte violation potentielle ou réelle de l'espacement requis par rapport à ce volume d'espace aérien, ce qui nécessite attention / action.

**CD/R** : Conflit Détection and Résolution sont des outils pour fournir une assistance automatisée aux Planning Controllers (PC), ainsi que Tactical Controllers (TC).

**OLDI** : L'échange de données en ligne (OLDI) est un protocole de coordination et de transfert des données de vol actuelles entre les unités de contrôle de la circulation aérienne adjacentes. Pour automatiser la coordination et l'échange d'informations de données de vol entre les unités ATC.

**TRA** : Zone réservée temporairement dont la pénétration est soumise à autorisation.

**TSA** : Ce sont des zones réservées temporairement pour l'usage exclusif d'un utilisateur particulier et dont la pénétration est interdite aux autres aéronefs.

**MTCD** (moyen term conflict détection) : pour que l'ATC puisse voir tous les conflits attendus détecte le conflit pour présentation au contrôleur qui résoudra le problème détecté.

**FUA** (flexible use of airspace) : c'est concept développé par l'organisation internationale Eurocontrol, implique que l'espace aérien ne peut pas être considéré comme un espace aérien militaire ou civil mais comme un continuum à utiliser de manière souple au jour le jour.

**PDGEA** (projet de développement de la gestion d'espace aérien) : c'est la réponse d'ENNA aux défis ATM demain. Ses objectifs sont réorganiser et d'augmenter la surveillance dans la FIR Alger, de faire évoluer le système ATM existant. Ce projet prévoit 2 centres de contrôle régional, 2 simulateurs ATC, 7 systèmes VCS, 11 stations radars comprenant 4 radars primaires et 9 radars secondaires, 13 stations ADS/Bs ; 30 stations VHF, 27 VSAT et 24 stations HF.

# ***ANNEXE B***

## **PRESENTATION ENNA**

### **I.1. Introduction**

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

### **I.2. Historique**

Depuis l'indépendance, cinq organismes ont été chargés de la gestion de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie O.G.S.A, O.N.A.M, E.NEMAENESA, ENNA.

De 1962 à 1968, est l'organisation de la Gestion de la sécurité aéronautique (OGSA), un organisme Algéro-Français qui a géré l'ensemble des services d'exploitation de l'aviation civile en Algérie

Le 1er Janvier 1968 l'OGSA a été remplacée 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 été créée par l'ordonnance N83/331 du 07 mai 1983 a modifié la dénomination de l'ENEMA par l'Entreprise Nationale de l'Exploitation de la Sécurité Aéronautique (ENESA). Il a même modifié et réaménagé les structures de cette dernière la séparant de la section météorologique en 1976 et juridiquement en 1983.

A la mise en œuvre de la loi N88/01 du 12 janvier 1988 et du décret N91/149 du 18 mai 1991 ; l'Entreprise Nationale de l'Exploitation et de la sécurité aéronautique (ENESA) a connu une transformation dans sa nature juridique pour devenir un Etablissement Publique a caractère Industriel et Commercial (E.P.I.C) caractérisé par son autonomie financière dénommé < Etablissement National de la Navigation Aérienne > E.N.N.A.

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne et de la participation à des réunions internationales. L'E.N.N.A collabore avec des institutions nationales et internationales qui sont :

- ✓ Ministère du transport ;
- ✓ Institut Aéronautique de Blida (IAB) ;
- ✓ Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Algérie y est membre depuis le 05 mars 1963 ;
- ✓ AEFMP : organisation internationale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc ainsi que le Portugal ;
- ✓ ASENSA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar ;
- ✓ EUROCONTROL Organisation européenne pour la Sécurité de Navigation Aérienne ;
- ✓ Ecole Nationale de l'Aviation Civile à Toulouse (ENAC).

### **I.3. Les missions de l'ENNA**

Les principales missions de l'établissement sont :

- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation en vol et au sol des aéronefs, à l'implantation des aérodromes et aux installations relevant de sa mission.
- Participer à l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aérodromes, établir les plans, en coordination avec les autorités concernées, les plans de servitudes aéronautiques et radioélectriques et veiller à leur application.
- Assurer l'installation et la maintenance des moyens de télécommunication, de radionavigation, assurer l'aide à l'atterrissage les aides visuelles et des équipements d'annexes.
- Contrôler la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien, qu'ils soient en survol, à l'arrivée sur les aérodromes, ou au départ de ces derniers.
- contrôler et assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la CAP (Circulation Aérienne Publique).
- donner l'information aéronautique en vol et au sol et diffuser les informations météorologiques nécessaires à la navigation aérienne.

- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre les incendies sur les plateformes aéronautiques.
- Contribuer à l'effort de développement en matière de recherches appliquées dans les techniques de la navigation aérienne.

#### **I.4. L'organisation de l'ENNA**

Dans le cadre de sa mission et afin de répondre aux besoins du secteur du transport aérien l'ENNA est structuré comme suit :

##### **I.4.1. Direction Générale :**

Elle est équipée des organes suivants

- audit interne de gestion ;
- inspection technique générale ;
- sécurité interne de l'établissement.

Puis se présentent les différentes Directions chacune selon ses préoccupations, nous avons donc :

##### **I.4.2 .Les Directions Centrales :**

Elles comprennent :

- ✓ la Direction Juridique des Ressources Humaines (DJRH).
- ✓ la Direction des Ressources des Finances et de la Comptabilité (DRFC).
- ✓ la Direction du Développement de la Navigation Aérienne (DDNA).

##### **I.4.3. Les Directions de sécurité aéronautique :**

Elles s'occupent de :

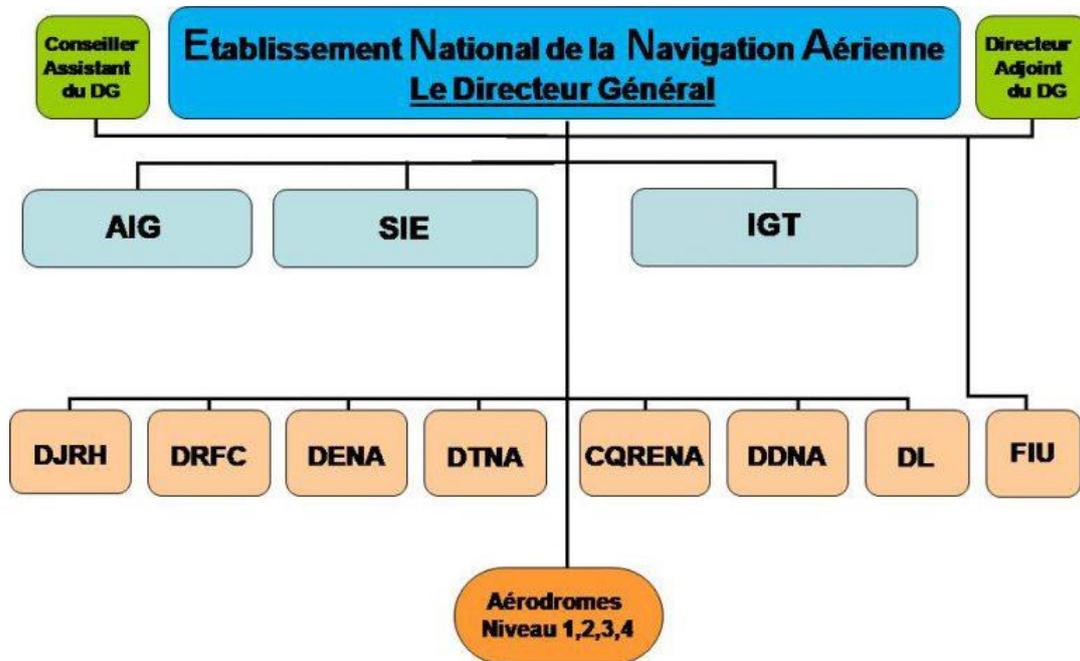
- ✓ 25 aérodromes nationaux ;
- ✓ 11 aérodromes internationaux

##### **I.4.4 Les Directions Opérationnelles :**

Elles sont composées de :

- ✓ Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA).
- ✓ Direction Technique de la Navigation Aérienne (DTNA).

- ✓ Centre de Qualification de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne (CQRENA) (Voir l'organigramme ci-dessous).



- **DDNA** : Direction du Développement de la Navigation Aérienne.
- **DENA** : Direction de l'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 des Ressources Humaines.
- **CQRENA** : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.
- **DL** : Direction de la Logistique.
- **IGT** : Inspection Générale Technique
- **AIG** : Audit Interne de Gestion
- **SIE** : Sûreté Interne de l'Etablissement
- **AERODROMES** : Directions de la Sécurité Aéronautique.
  - 25 Aéroports nationaux.

11 Aéroports internationaux

## ***REFERENCES :***

- [1] Document OACI 4444, Procédures pour les services de navigation aérienne ; « Gestion du trafic aérien », Seizième édition, 2016.
- [2] Annexe 11 de l'OACI, « Service de la circulation aérienne », quinzième édition juillet 2018.
- [3] Document OACI 9426, « Manuel de planification des services de la circulation aérienne », première édition -1984.
- [4] Publication des informations aéronautique Algérie (AIP ALGERIE), ENR 3-1, ENR 3-2, ENR 3-3, ENR 3-5(25 DEC 20), ENR 6-1-1 (20 mai 21) et ENR 5-1-1.
- [5] Document OACI 9613 « manuel de la navigation fondée sur les performances PBN », quatrième édition, 2013.
- [6] Document OACI 9368 AN/911 «Manuel de construction des procédures de vol aux instruments », deuxième édition, 2002.
- [7] Navigation fondée sur les performances (PBN), VANCOUVERT INTERNATIONAL AERPORT, gestion de bruit.
- [8] Document OACI 9854, «Concept opérationnel d'ATM mondiale », première édition -2005.
- [9] Catarina Vieira Araújo ,thèse de Master, "Free Route Airspace Benefits for Business Aviation in Europe" ,May 2018.
- [10] SKYbrary. Free Route Airspace (FRA). Available at: [https://www.skybrary.aero/index.php/Free\\_Route\\_Airspace\\_\(FRA\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Free_Route_Airspace_(FRA)), 2017, [Accessed 03 juin 2021] .
- [11] European Route Network Improvement Plan - Part 1 European Airspace Design Methodology Guidelines Version 2.3,8 April 2021.
- [12] Carlos Aparisi Cantero, thèse d'ingénieur en systèmes aérospatiales, " Study of benefits Free Route Areas in Europe" 20th June 2019.
- [13] Gideon Pappie, " Benefits of direct Routing above Europe Final Report" 21 June 2018.
- [14] DRAFT CONOPS for Free route Airspace (FRA) implementation in AFI region.1
- [15] European PBN Route Spacing Handbook PBN HANDBOOK No. 3.
- [16] AVINOR Edition Number: SIM/RTS/AFR/VAL/BAT-OKE-10641 v 1.0 Edition Validity Date: 18 May 2015 .
- [17] César Antonio, thèse doctorat, "The Future of Free Route in the European Airspace" ,Université de Catalonia – Barcelo, November 2019

[18] César Antonio, Nava Gaxiola , thèse de Master, “Study of the Free Route Airspace in the future Southwest (Spain-Portugal) Functional Airspace Block “ Universitat Politècnica de Catalunya ,Spain.

[19] Carlos Aparisi Cantero, thèse d'ingénieur en systèmes aérospatiales, “ Study of benefits Free Route Areas in Europe” 20th June 2019.

[20] NEFAB Project Initiative 1 ATS Routes and Sectorisation.

[21] Bruno Antulov-Fantulin<sup>1</sup>, thèse d'ingénieur, “Free Route Airspace for Efficient Air Traffic Management” 1 University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, Croatia,2020.

[22] Free route consultation document issue STAKEHOLDER CONSULTATION Prestwick Centre – Route Free Airspace Airspace- Change Proposal.

[23] Free Route Airspace (FRA) in ICAO EUR Region ICAO EUR/NAT Office on behalf of Tihomir Todorov Head of Section Airspace Design 27 MAR 2020.