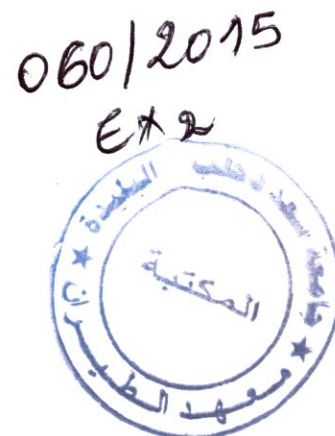




République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Saad Dahlab de Blida 1  
Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales

**PROJET DE FIN D'ETUDE**  
Pour obtenir le grade de  
**MASTER EN AERONAUTIQUE**  
Spécialité : Exploitation Aéronautique



**ETUDE DE LA CAPACITE DU SECTEUR NORD-EST  
AU CCR D'ALGER**

**Présenté par :**  
BENLEKEHAL Sarah

**Encadré par :**  
Mr. F. ABDELOUAHAB  
Mel .F.HAMANI  
Mr. A. MOUEFEK

ANNEE UNIVERSITAIRE 2014-2015

## Résumé

La gestion d'un espace aérien est parmi les activités les plus complexes dans le domaine aéronautique, en plus des contraintes liées aux moyens et équipements utilisés pour assurer cette gestion, l'intervention des êtres humains (pilotes, contrôleurs) fait que la performance dans la fourniture des services et l'exécution des instructions ne sont pas linéaires

Notre étude porte sur l'estimation d'une capacité relative au secteur Nord/Est, du fait de sa complexité et du nombre de trafic qui opère (routes croisées et trafic dense), ce dans le but d'aider le contrôleur aérien à mieux gérer son trafic.

Mots clés : Trafic aérien, contrôle, congestion, charge de travail, capacité secteur.

## Abstract

The management of airspace is among the most complex activities that can be found in the aviation field, in addition to the constraints of resources and equipment used to ensure this management, the intervention of human beings (pilots, controllers) improve that performance in the provision of services and the execution of the instructions are not linear

Our study focuses on the estimation of capacity on the North / East sector, because of its complexity and the number of traffic operating (cross-roads and heavy traffic), with the aim of helping to improve the air traffic controller manage its traffic.

Keyword: Air traffic, control, congestion, workload, sector capacity.

## ملخص

تسيير المجال الجوي هو من بين الأنشطة الأكثر تعقيدا في مجال الطيران بالإضافة إلى القيود المفروضة على الوسائل والمعدات المستخدمة لضمان هذا التسيير، نجد ان التدخل البشري (طيارين و مراقبين جويين) يجعل الامكانية في تقديم الخدمات وتنفيذ التعليمات ليست متكافئة.

دراستنا تركز على تقييم قدرة القطاع شمال /شرق نظرا لتعقيده و حركة المرور التي يسيرها ( طرق متقاطعة وحركة مرور كثيفة)، بهدف مساعدة المراقب الجوي على تسيير الحركة الجوية كما ينبغي.

الكلمات المفتاحية : الحركة الجوية, المراقبة, الازدحام, ضغط العمل, قدرة القطاع .

# *Remerciements*

Tout d'abord, louange à **ALLAH**, notre créateur de nos avoir donné la forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Je tiens ensuite à remercier mes parents pour le soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve depuis que mon projet professionnel est défini. Merci pour le soutien financier, moral, psychologique et matériel. Si je suis ici aujourd'hui, c'est grâce à vous!

Ma gratitude va également à mon encadreur **Mr.F.ABDELOUAHAB**, enseignant à l'institut d'aéronautique et ancien DG de l'ENNA, pour tout le soutien, l'aide, l'orientation, la guidance qu'il m'a apporté ainsi que pour ses précieux conseils et ses encouragements lors de la réalisation de mon mémoire.

Je tiens à remercier vivement **Mr. A.MOUEFEK**, contrôleur au centre de contrôle régional, pour la confiance qui ma accorder en proposant ce sujet de mémoire et pour m'avoir guidé grâce à ses compétences dans mon travail de recherche en tant que promoteur.

Je remercie, plus particulièrement, ma Co-promotrice **Mel .F.HAMANI** ingénieure en statistiques au département de développement de la navigation aérienne, pour son aide et ses orientations efficaces, je lui exprimer toute ma gratitude.

Je tiens à remercier également, l'ensemble des enseignants de l'institut d'aéronautique ainsi que tout le personnel du CCR qui ont rendu ce travail possible par leurs aides et leurs contributions.

Je remercie cardinalement les membres de jury qui ont consacré de leurs temps pour examiner mon travail et juger mon comportement.

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers :*

*Premièrement à **mes parents** qui s'inquiètent toujours pour moi, et qui m'ont élevé, veillé sur moi, et entouré d'affection et de tendresse, et qui m'ont soutenue durant mes années d'études. Merci à vous monsieur et madame **BENLEKEHAL** d'avoir fait de moi une femme de principe.*

*A ma sœur **HANANE** et mon frère **NADIR** que je les souhaite une vie pleine de joie et de succès.*

*A mes cousines **NACIRA** et **AMEL** et leurs petites familles.*

*A toute ma famille.*

*A mon amie **NADJET**, pour avoir été une copine d'exception.*

*A tous mes collègues de la promotion d'Exploitation 2010.*

*« La vie de l'homme dépend de sa volonté ; sans volonté, elle serait abandonnée au hasard ». (Confucius / 551 à 479 avant JC*

# *Table des matières*

<b>Résumé</b>	page
<b>Remerciement</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Le contexte de la gestion du trafic aérien en Algérie</b>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Le concept de gestion du trafic aérien.....	2
I.2 .1 Définition.....	2
I.2 .2 Objectif de l'ATM.....	2
I.2 .3 Les composantes du système ATM.....	3
I.2 .3.1 Gestion de l'espace aérien ASM.....	3
I.2 .3.1.1 Définition.....	3
I.2 .3.1.2 But.....	3
I.2 .3.1.3 Subdivision de l'espace aérien.....	4
I.2 .3.1.4 Classification des espaces aériens.....	8
I.2 .3.2 Gestion des flux de trafic aérien ATFM.....	10
I.2 .3.2.1 Définition.....	10
I.2 .3.2.2 Procédures de gestion des courants de trafic.....	10
I.2 .3.3 Services de la circulation aérienne.....	11
I.2 .3.3.1 Service d'alerte.....	12
I.2 .3.3.2 Le service d'information de vol (FIS).....	12
I.2 .3.3.3 Le service de contrôle (ATC).....	13

I.3	Présentation de la FIR ALGER.....	14
I.3.1	Situation actuelle.....	14
I.3.2	Limite de l'espace aérien algérien.....	14
I.3.3	Division de l'espace aérien algérien.....	14
I.3.4	Les zones d'approche CTA.....	16
I.3.5	Réseau de routes.....	17
I.3.6	Moyen CNS.....	19
I.4	Présentation du secteur NORD- EST.....	23
I.4.1	Limitation géographique.....	23
I.4.2	Limites latérales et verticales et classe d'espace aérien.....	24
I.4.3	Aérodromes, approches et routes ATS.....	24
I.4.4	Les zones militaires existantes.....	27
I.5	Conclusion.....	27
<b>Chapitre II : Charge de travail et limitations humaines</b>		
II.1	Introduction.....	28
II.2	Problématique.....	28
II.3	Le contrôle en route.....	29
II.3.1	Les types de contrôle.....	29
II.3.2	Le binôme de contrôle en-route.....	30
II.3.3	Outils de travail des contrôleurs.....	31
II.3.4	Caractérisation de la tâche de contrôle.....	33
II.3.5	Les phases de traitement de vol au sein d'un secteur.....	35
II.3.6	La charge de travail des contrôleurs.....	36
II.4	Nécessité de l'automatisation.....	36
II.5	Analyse du trafic.....	38
II.5.1	Evolution du trafic en route 2010-2014.....	38
II.5.2	Evolution du trafic en route par secteur 2012-2014.....	40

II.5.3	Pointe de trafic de la TMA EST.....	41
II.5.4	Prévision du trafic en route pour la TMA EST.....	42
II.6	Congestion des secteurs de contrôle.....	42
II.6.1	Types de congestion.....	42
II.6.2	L'impact de la congestion aérienne.....	43
II.6.3	Les solutions au problème de congestion.....	43
II.7	Notion de capacité.....	45
II.7.1	Évaluations de capacité.....	46
II.7.2	Nécessité de déterminer la capacité.....	46
II.8	Conclusion.....	46
 <b>Chapitre III : Méthodes d'estimation de la capacité d'un secteur ATC</b>		
III.1	Introduction.....	47
III.2	Capacité de l'espace aérien.....	47
III.3	Le concept de charge de travail.....	47
III.4	Définition de capacité.....	48
III.5	Modèles utilisés pour l'estimation de la capacité d'un secteur ATC.....	48
III.5.1	Modèle DORATASK.....	48
III.5.2	Méthode MBB.....	50
III.5.3	Modèle de calcul de la capacité du secteur utilisé au Brésil.....	52
III.5.4	La méthode basée sur la charge de travail.....	54
III.5.5	Méthode du débit moyen.....	56
III.5.6	Méthode d'EUROCONTROLE pour estimer la capacité du secteur.....	57
III.6	Conclusion.....	60

## **Chapitre IV : Application pour le calcul de capacité du secteur NORD/EST**

IV.1	Introduction.....	62
IV.2	But du travail.....	62
IV.3	Présentation du programme suivi.....	63
IV.4	Formule et données utilisées.....	64
IV.5	Présentation des résultats dans les conditions normales.....	67
IV.6	Présentation des résultats dans les conditions inhabituelles.....	68
IV.7	Simulation.....	69
IV.8	Conclusion.....	70

### **Conclusion et perspectives**

#### **Annexes**

- A. Présentation du centre de control régional CCR
- B. Mise en œuvre du RVSM dans la partie Nord de la FIR ALGER
- C. Programmes et critères d'accès à la qualification « contrôleur régional »

#### **Bibliographie**



## *Liste des figures*

Figure I.1 Les échanges liés à l'ASM.....	4
Figure I.2 Zones de contrôle.....	5
Figure I.3 Subdivision de l'espace aérien.....	6
Figure I.4 Les espaces restreints en Algérie.....	7
Figure I.5 Limites de l'espace aérien inférieur.....	8
Figure I.6 Limites de l'espace aérien supérieur.....	8
Figure I.7 Services de la circulation aérienne.....	13
Figure I.8 : Limite de l'espace aérien Algérien.....	14
Figure I.9 : Sectorisation de l'espace aérien algérien.....	16
Figure. I 10 : Les centres de contrôle d'approche (CTA).....	17
Figure. I 11 : Réseau de routes.....	18
Figure I.12 : Couverture VHF actuelle.....	19
Figure I.13 : Couverture des stations VOR.....	21
Figure I.14 : Emplacement des aides à la navigation.....	2
Figure I.15 : Couverture Radar actuelle.....	22
Figure I .16 : Secteurs adjacents au secteur Nord/Est.....	24
Figure I.17 les CTA du secteur NORD/EST.....	25
Figure II.1 Image radar.....	31
Figure II.2 Le strip papier.....	32
Figure II.3 Les moyens de communication des contrôleurs.....	33
Figure II.4 Le cycle de la tâche de contrôle.....	34
Figure II.5 Evolution du trafic en route 2010-2014.....	3
Figure II.6 Évolution du trafic en route par secteur 2012-2014.....	40

Figure II.7 charge horaire de la TMA EST.....	41
Figure II.8 Prévision du trafic de la TMA EST.....	42
Figure III.1 Le nombre d'aéronefs en fonction de la charge de travail.....	60
Figure IV.1 Logigramme illustrant la détermination des différents paramètres pour le.... calcul de la capacité	63
Figure IV.2 Résultat donné par l'application.....	67
Figure IV.3 Capacité du secteur Nord-Est dans le cas d'une mauvaise météo.....	68
Figure IV.4 Capacité du secteur Nord-Est en cas d'existence de zones militaires.....	69
Figure IV.5 Logigramme de simulation.....	70

## *Liste des tableaux*

Tableau I.2 : Classification des secteurs aériens.....	9
Tableau. I.1 Type de vol avec service de circulation aérienne rendue.....	15
Tableau I.3 Classification des CTA.....	17
Tableau I.4 : Moyen de communication.....	20
Tableau I.5 : Moyens de navigation.....	20
Tableau I.6 : Les stations radar en Algérie.....	22
Tableau I.7 : Les routes aériennes supérieures et inférieures.....	26
Tableau I.8 : Les routes domestiques.....	26
Tableau I.9: Les routes RNAV.....	26
Tableau I.10 : Avertissements à la navigation aérienne.....	27
Tableau II.1 Evolution du trafic en route 2010-2014.....	38
Tableau II.2 Évolution du trafic en route par secteur 2012-2014.....	40
Tableau II.3 heures de surcharge de la TMA EST.....	41
Tableau IV.1 Les tâches effectuées par le contrôleur dans son poste de control.....	66

## *Liste des abréviations*

<b>ACC</b>	: Area Control Centre
<b>A/C</b>	: Aircraft
<b>AD</b>	: Aérodrome
<b>ADS-C</b>	: Automatic Dependent Surveillance - Contract
<b>AL</b>	: Alerte
<b>AIP</b>	: Aeronautical Information Publication
<b>ASM</b>	: Air Space Management
<b>ATC</b>	: Air Traffic Control
<b>ATFM</b>	: Air Traffic Flow Management
<b>ATM</b>	: Air Traffic Management
<b>ATS</b>	: Air Traffic Services
<b>AWY</b>	: Airways
<b>CA</b>	: Circulation Aérienne
<b>CAG</b>	: Circulation Aérienne Générale
<b>CAM</b>	: Circulation Aérienne Militaire
<b>CAPAN</b>	: ATC CAPacity ANalyser tool
<b>CCR</b>	: Centre de Contrôle Régional
<b>CER</b>	: Circulation d'Essai et de Réception
<b>CIV</b>	: Centre d'Information de Vol
<b>CFMU</b>	: Central Flow Management Unit

<b>CNS</b>	: Communication, Navigation and Surveillance
<b>COCA</b>	: Complexity and capacity
<b>COM</b>	: Circulation Opérationnelle Militaire
<b>CPDLC</b>	: Controller-Pilot Data Link Communications
<b>CTA</b>	: Control Area
<b>CTR</b>	: Control Region
<b>D</b>	: Dangerous area
<b>DENA</b>	: Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne
<b>DME</b>	: Distance Measuring Equipment
<b>DORA</b>	: Directorate of Operational Research and Analysis
<b>ENNA</b>	: Etablissement Nationale de Navigation Aérienne
<b>FAA</b>	: Federal Aviation Administration
<b>FDO</b>	: Flight Data Operator
<b>FIR</b>	: Flight Information Region
<b>FIS</b>	: Flight Information Service
<b>FL</b>	: Flight Level
<b>FMP</b>	: Flight Mode Panel
<b>FUA</b>	: Flexible Use Area
<b>GND</b>	: Ground
<b>HF</b>	: High Frequency
<b>IFR</b>	: Instrument Flight Rules
<b>ILS</b>	: Instrument Landing System
<b>MBB</b>	: Messerschmidt, Bolkow et Blohm

<b>MSL</b>	: Mean Sea Level
<b>NDB</b>	: Non-Directional radio Beacon
<b>NM</b>	: Nautical Miles
<b>NOTAM</b>	: NOtice To Air Man
<b>OACI</b>	: Organisation de l'Aviation Civile Internationale
<b>P</b>	: Prohibited area
<b>PDGEA</b>	: Plan de Développements de la Gestion de l'Espace Aérien
<b>PSR</b>	: Primary Surveillance Radar
<b>R</b>	: Reglemented area
<b>RADAR</b>	: Radio Detection and Ranging
<b>RAMS</b>	: Reorganized ATC Mathematical Model Simulator
<b>RCC</b>	: Rescue Coordination Center
<b>RNAV</b>	: Area Navigation
<b>RPL</b>	: Repetitive Flight Plan
<b>RSFTA</b>	: Réseau du Service Fixe des Télécommunications Aéronautiques
<b>RVSM</b>	: Reduced Vertical Separation Minimum
<b>SAR</b>	: Search and Rescue
<b>SIA</b>	: Service d'Information Aéronautique
<b>SSR</b>	: Secondary Surveillance Radar
<b>TMA</b>	: Terminal Control Area
<b>TOS</b>	: Traffic Orientation Scheme
<b>TRAFCA</b>	: Traitement Automatique des Fonctions de la Circulation Aérienne
<b>TWR</b>	: Aerodrome control tower or aerodrome control

**UAC** : Upper Area Centre  
**UIR** : Upper Information Region  
**UNL** : Unlimited  
**UTA** : Upper Control Area  
**VFR** : Visual Flight Rules  
**VHF** : Very High Frequency  
**VOR** : VHF Omnidirectional Radio Range  
**VSAT** : Very Small Aperture Terminal

**WOODSTOCK:** Wide Object-Oriented Data Standard Traffic Observable Complexity  
Knowledge (complexity toolbox)

## Introduction générale

Le trafic aérien, en adéquation avec les avancées techniques et le niveau de vie des populations, croît de manière soutenue et toutes les prévisions indiquent que cette tendance va se poursuivre à un rythme comparable pendant les vingt prochaines années.

L'espace aérien est divisé en secteurs sous la responsabilité de contrôleurs aériens. Lorsque des secteurs de contrôle en route ou des aéroports sont saturés en trafic aérien, cela peut engendrer des risques d'une augmentation de la charge de travail des contrôleurs aériens et d'un dépassement de leurs capacités, ainsi, la sécurité du trafic aérien peut s'en trouver compromise. C'est là qu'intervient le concept de la gestion des flux de trafic aérien pour limiter le nombre de vol dans un espace aérien donné. Pour ce faire, un ensemble de procédures et d'activités sont mis en place pour veiller à ce que la charge de travail pour chaque secteur de contrôle ou aéroport ne dépasse pas une limite qui mettrait la sécurité des vols en danger : soit par un étalement de certains décollages grâce à l'établissement de créneaux horaires, ou bien l'imposition de changements de route ou d'altitude d'un certain nombre de vols qui sont ainsi retardés ou déroutés afin de ne pas surcharger les secteurs concernés.

La connaissance de la valeur de la capacité des secteurs de contrôle de la circulation aérienne est primordiale pour deux raisons :

- premièrement, pour la planification à long terme, il est nécessaire d'avoir un avertissement suffisamment à l'avance de toute insuffisance future de la capacité, révélée par les prévisions de trafic ;
- deuxièmement, si la capacité risque d'être dépassée, il est nécessaire de connaître la valeur admissible afin de pouvoir limiter le nombre de vol à un niveau qui ne surchargera pas le système et ne pénalisera pas excessivement les exploitants en gaspillant des ressources en termes de capacité disponible.

Le but de notre travail est d'estimer avec une méthode efficace la valeur de la capacité du secteur NORD/EST, afin de répondre aux besoins actuels et futurs de disponibilité de capacité dans système ATC Algérien. Ce mémoire est articulé de la façon suivante :

1. Le contexte de la gestion du trafic aérien en Algérie : Cette partie présente des généralités sur l'espace aérien Algérien et sur l'ensemble des moyens destinés à permettre l'écoulement du trafic aérien.
2. Charge de travail et limitations humaines : Ce chapitre est consacré à la congestion du secteur NORD/EST et son impact sur le travail des contrôleurs et donc sur la sécurité.
3. Etat de l'art des méthodes d'estimation de la capacité d'un secteur ATC : Dans ce chapitre nous présentons les différentes méthodes utilisées pour calculer la capacité d'un secteur ATC en faisant ressortir la méthode qui paraît la plus adaptée pour le CCR d'Alger.
4. Application pour le calcul de capacité du secteur Nord/Est : Ce chapitre présente une approche pour calculer la capacité à partir de méthode choisie.

5. Conclusion et perspectives.

Enfin, nous concluons et présentons les perspectives qui peuvent être entreprise pour prendre en charge d'éventuelles améliorations possibles.



## **Chapitre I**

# **Le contexte de la gestion du trafic aérien en Algérie**

## **I.1 Introduction**

Le nombre d'avions circulant dans le ciel étant devenu considérable, engendrant une progression continue du trafic aérien et en raison d'avoir une bonne gestion de ce dernier aux différentes échelles géographiques. Viens l'importance de savoir la divisions et les types d'espace aérien Algérien ainsi que les zones aériennes constituant qu'on va détailler ci-après.

## **I.2 Le concept de gestion du trafic aérien ATM [3]**

### **I.2 .1 Définition**

Gestion dynamique intégrée de la circulation aérienne et de l'espace aérien, comprenant les services de la circulation aérienne, la gestion de l'espace aérien et la gestion des courants de trafic aérien — de façon sûre, économique et efficace — par la mise en œuvre des installations et des services sans discontinuité en collaboration avec tous les partenaires et faisant intervenir des fonctions embarquées et des fonctions au sol.

### **I.2 .2 Objectif de l'ATM**

- Garantir un haut niveau de sécurité ;
- Augmenter la capacité du système, et optimiser l'utilisation de la capacité des aéroports et de l'espace aérien ;
- L'utilisation efficace et flexible de l'espace aérien ;
- Planification plus dynamique des vols ;
- Diminuer les retards et les coûts d'exploitation ;
- Réduire la charge de travail des contrôleurs, et augmenter la productivité.

### **Comment l'ATM peut s'assurer**

1. La sécurité
2. La Capacité
3. La Flexibilité

### **Comment assurer la sécurité**

- Éviter les abordages et les collisions ;
- La gestion des conflits à travers :
  - ☞ **Organisation et actions stratégiques**
    - Organisation de l'espace aérien
    - Gestion du courant de trafic
    - coordination de la circulation
  - ☞ **Actions tactiques**
    - procédure
    - radar
    - Avion autonome

**Comment augmenter la capacité**

- Organisation de l'espace et du trafic aérien
- Augmenter la productivité des ATC et du secteur
- Distribution des tâches

**Comment augmenter la flexibilité**

- L'utilisation des routes préférentielles (Free routes)
- Réduction des minimums de séparation
  - ☞ Espace verticale 2000 ft---1000 ft (RVSM)
  - ☞ longitudinale (en route) 80 NM to 20 NM / 10 min to 7 min (non-radar)
- Meilleure utilisation de l'espace aérien (utilisation Flexible de l'espace aérien FUA)

**I.2 .3 Les composantes du système ATM**

1. ASM : Gestion de l'espace aérien
2. ATFM : Gestion des courants de trafic aérien
3. ATS : Services de la circulation aérienne:
  - FIS: Services d'information de vol
  - AL : Services d'Alerte
  - ATC : Service de Contrôle (contrôle en route, contrôle d'approche, contrôle d'aérodrome)

**I.2 .3.1 Gestion de l'espace aérien ASM****I.2 .3.1.1 Définition**

C'est le processus par lequel les options de l'espace aérien seront choisies et appliquées pour répondre aux besoins de la communauté ATM.

C'est la composante de la gestion du trafic aérien (ATM) qui assure la compatibilité des différentes activités aériennes.

**I.2 .3.1.2 But****Optimiser l'utilisation de l'espace aérien**

L'espace aérien est souvent réservé aux :

- ⇒ activités militaires
- ⇒ voies aériennes où le trafic civil est concentré

**Utiliser l'espace en fonction de la demande**

Le concept du « Flexible Use of Airspace » (FUA)

- ⇒ quand les besoins civils augmentent, utiliser la ressource dédiée aux militaires
- ⇒ introduction de la notion d'espace temporairement réservé au lieu d'espace exclusivement réservé

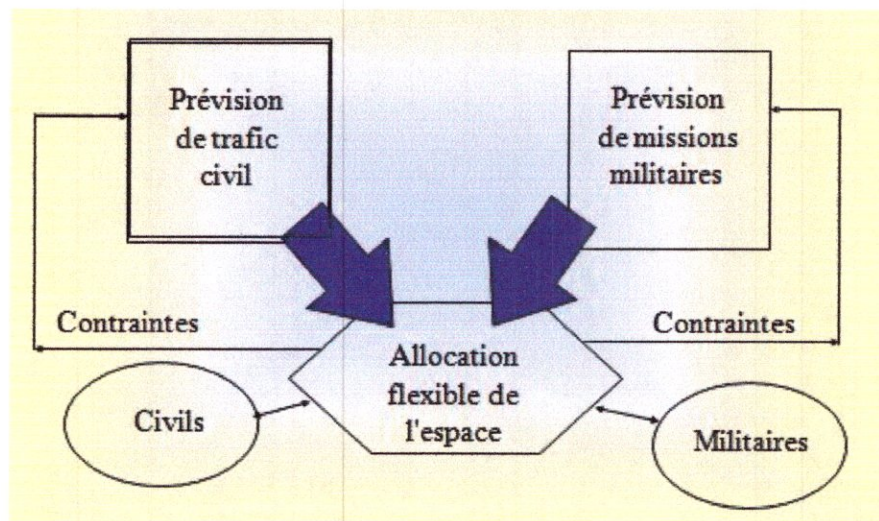


Figure I.1 Les échanges liés à l'ASM

### I.2.3.1.3 Subdivision de l'espace aérien [4]

La subdivision de l'espace aérien est faite pour :

- Séparer les différents types de trafic (CAM, CAG, IFR, VFR...etc.) et,
- Délimiter la responsabilité concernant le service rendu, l'espace aérien est divisé en plusieurs parties chacune étant adaptée à la densité et au type de trafic auxquels elle est soumise tout d'abord en espace contrôlé et non contrôlé puis inférieur et supérieur et en différents espaces interdit, réglementé et dangereux.

#### a) Selon le service rendu

##### Espace aérien contrôlé

L'espace aérien contrôlé est un espace dans lequel les services rendus sont les services de contrôle, d'information de vol et d'alerte. Il comprend:

1. Région supérieure de contrôle (UTA): FL 245 - FL 460
2. La région Inférieure de contrôle CTA: dans la CTA on distingue :
  - La région de contrôle terminal TMA
  - Les voies aériennes AWY
3. Les zones de contrôle CTR

#### 1. Région supérieure de contrôle UTA

A fin de limiter le nombre de régions de contrôle que les aéronefs volant à haute altitude aurait à traverser, il a été créé une région de contrôle supérieur englobant tout l'espace aérien supérieur, l'UTA ayant pour base le niveau de vol FL 195, et pour sommet le FL 460.

#### 2. Région inférieure de contrôle CTA

Sont délimitées de telle sorte qu'elles englobent un espace aérien suffisant pour contenir les trajectoires ou parties de trajectoires des aéronefs en vol IFR auxquels on désire fournir les services de contrôle de la circulation aérienne, compte tenu des possibilités des aides à la navigation normalement utilisées dans ces régions.

Dans la CTA en distingue :

➤ **Région de contrôle terminale TMA**

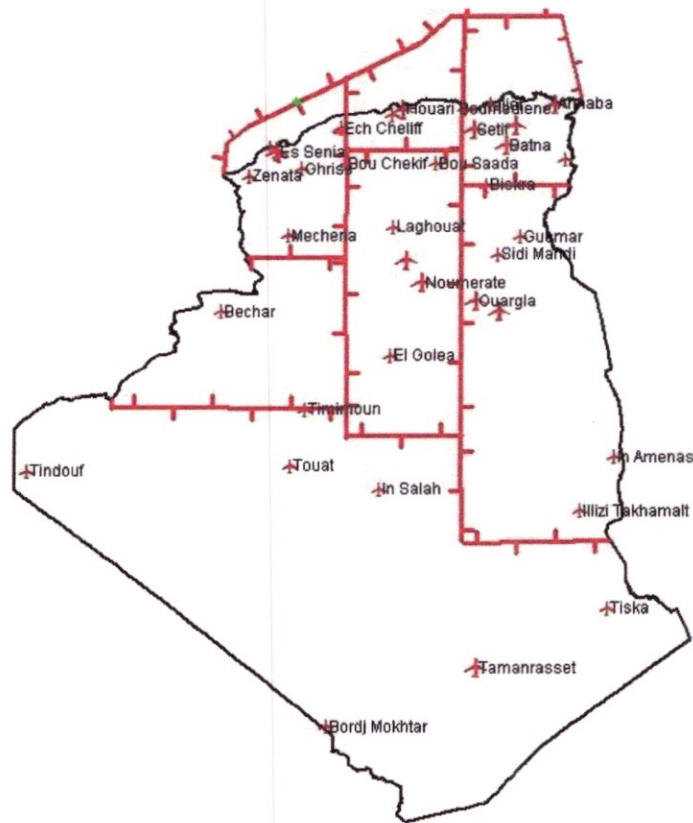
Région de contrôle établie au carrefour de routes ATS, situées au dessus d'un ou plusieurs aéroports importants, les TMA peuvent être un espace contenant des trajectoires d'arrivées et de départs d'un ou plusieurs aéroports.

➤ **Voies aériennes AWY**

Elles se présentent sous la forme de routes qui relient les TMA entre-elles, équipées d'aide à la navigation, la largeur des voies aériennes est fixée à 10NM.

**3. Zone de contrôle CTR**

C'est un espace aérien contrôlé s'étendant verticalement à partir de la surface jusqu'à une limite supérieure spécifiée. Les limites latérales d'une zone de contrôle sont d'au moins 9,3 km (5 MN) à partir du centre de l'aéroport.



**Figure I.2 Zones de contrôle CTR**

**Espace aérien non contrôlé**

Espace de trafic moindre, où l'intervention des services de la CA est limitée à l'information et l'Alerte. On distingue :

- 1- Région Inférieure d'information de vol FIR.
- 2- Région supérieure d'information de vol UIR.
- 3- Zones à statut particulier.

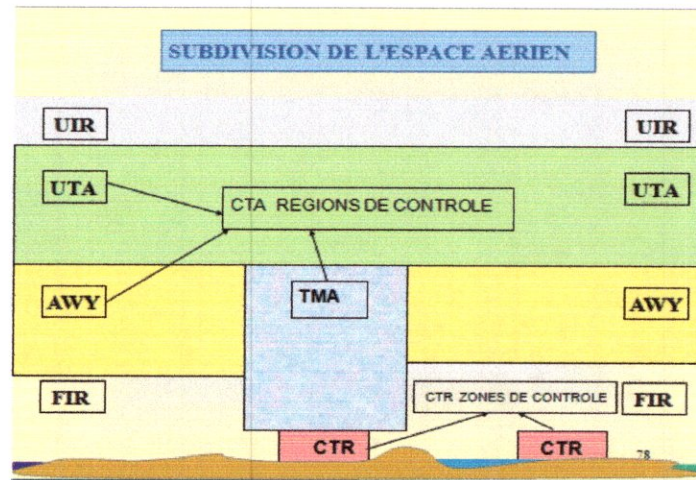


Figure I.3 Subdivision de l'espace aérien

### 1. Région Inférieure d'information de vol FIR

Régions dans lesquelles les services d'information de vol sont assurés, leurs limites géographiques sont déterminées en fonction des caractéristiques de portée du moyen de liaison au sol, elles sont généralement adjacentes.

### 2. Région supérieure d'information de vol UIR

Une région supérieure d'information de vol englobe l'espace aérien située à l'intérieur des limites latérales d'un certain nombre de FIR.

### 3. Zones à statut particulier

Il est admis que les états auront besoin de réglementer certaines parties de l'espace aérien d'une manière plus ou moins stricte :

#### ➤ Zone Interdite P (Prohibited)

Espace aérien de dimensions définies, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un état, dans les limites duquel, le vol des aéronefs est interdit. La zone est affectée d'une appellation composée de lettres de nationalité- (DA) suivi de la lettre (P) indiquant le type et le numéro de la zone. Un nom géographique peut être utilisé avec l'identification.  
Exemple : DA-P51 AIN OUSSARA.

#### ➤ Zone Réglementée R (Reglemented)

Espace aérien de dimensions définies, au-dessus du territoire ou des eaux territoriales d'un état dans les limites duquel le vol des aéronefs est subordonné à certaines conditions spécifiées. La zone est affectée d'une appellation composée de lettres de nationalité- (DA) suivi de la lettre (R) indiquant le type et le numéro de la zone. Un nom géographique peut être utilisé avec l'identification.  
Exemple : DA-R49 BOUSFER.

➤ **Zone Dangereuse D (Dangerous)**

Espace aérien, de dimensions définies, à l'intérieur duquel des activités dangereuses pour le vol des aéronefs peuvent se dérouler pendant des périodes spécifiées. La zone est affectée d'une appellation composée de lettres de nationalité- (DA) suivi de la lettre (D) indiquant le type et le numéro de la zone. Un nom géographique peut être utilisé avec l'identification.

Exemple DA-D74 TAFRAOUI.

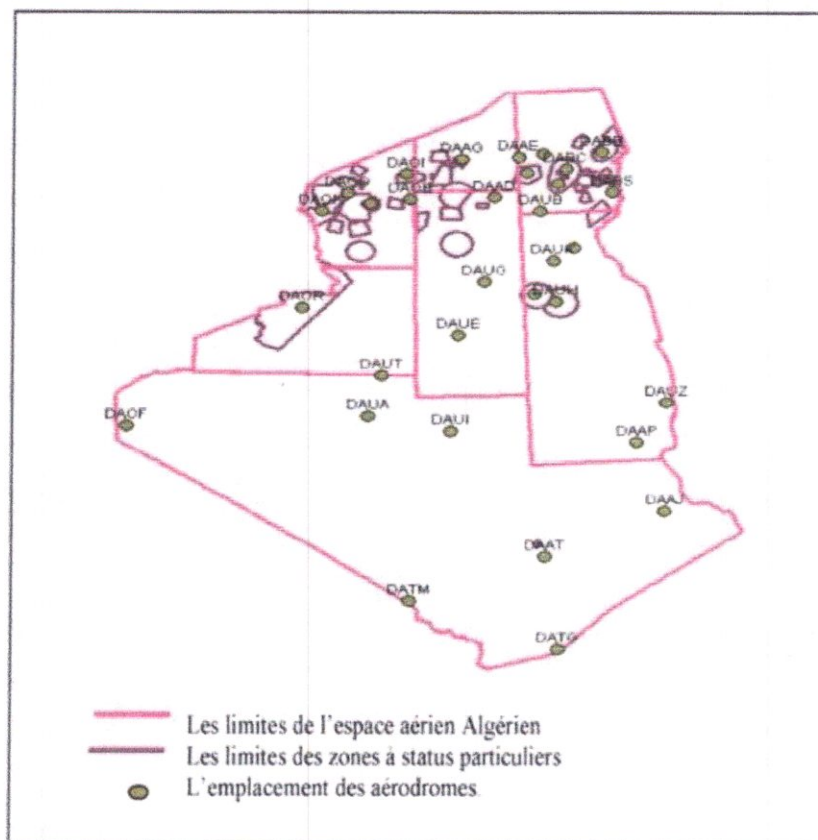
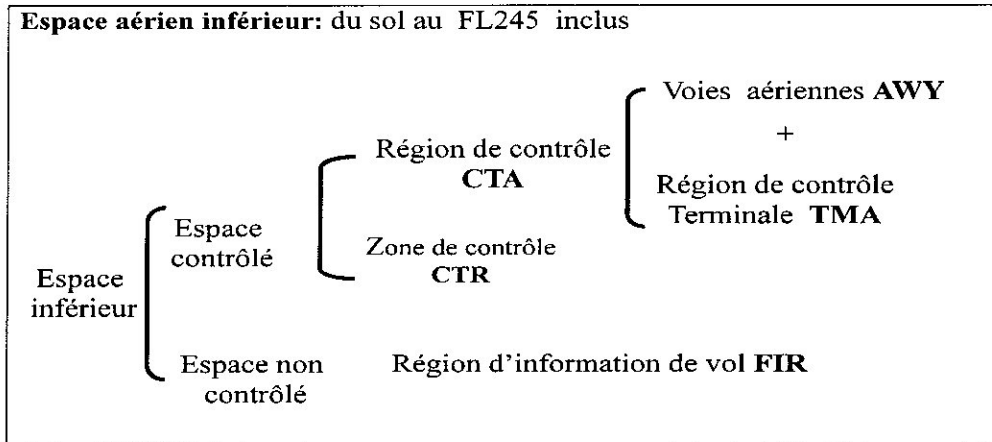


Figure I.4 Les espaces restreints en Algérie

**b) Division verticale de l'espace aérien**

**Espace aérien inférieur**

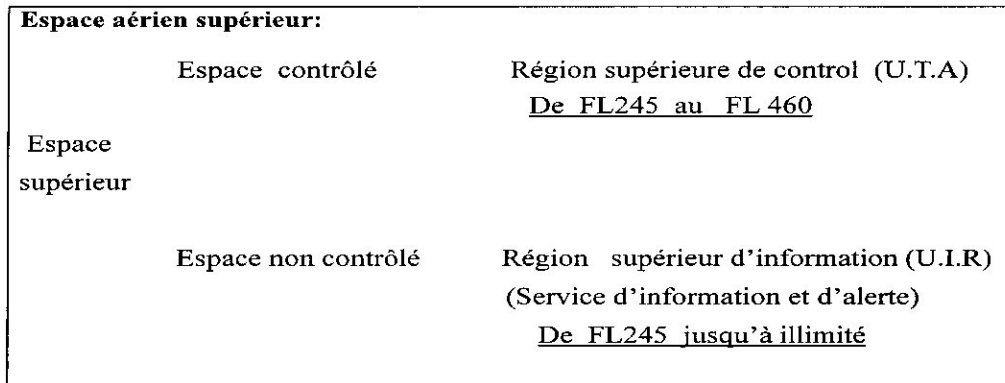
Il va de 450m de la surface de la terre ou de l'eau jusqu'au niveau FL 245 voir figure.



**Figure I.5 limites de l'espace aérien inférieur**

**Espace aérien supérieur**

Il va du niveau FL245 sans limitation de plafond voir figure



**Figure I.6 limites de l'espace aérien supérieur**

**I.2 .3.1.4 Classification des espaces aériens**

Pour assurer la sécurité aux aéronefs et adapter l'espace aérien aux besoins de ces différents utilisateurs, cet espace a été divisé en six catégories nommée « classe ».

Dans chaque classe on trouve des vols contrôlés et d'autres non contrôlés. L'expression « vol contrôlé » veut dire qu'il peut bénéficier de la séparation par rapport à d'autres vols non contrôlés, ou de l'information de trafic par rapport aux autres vols non contrôlés.



Le Tableau ci-après fait état des conditions auxquelles sont assujettis les aéronefs dans les diverses classes d'espace aérien.

classe	Type de vol	Séparation Assurée entre	Service assuré	Autorisation ATC Obligatoire
A	IFR Seulement	Tous aéronefs	Service du contrôle de la circulation aérienne	Oui
B	IFR	Tous aéronefs	Service du contrôle de la circulation aérienne	Oui
	VFR	Tous aéronefs	Service du contrôle de la circulation aérienne	Oui
C	IFR	IFR et IFR IFR et VFR	Service du contrôle de la circulation aérienne	Oui
	VFR	VFR et IFR	1) Service du contrôle de la circulation aérienne pour la séparation des aéronefs IFR ; 2) Information de trafic VFR/VFR (et sur demande avis d'évitement de trafic)	Oui
D	IFR	IFR et IFR	Service du contrôle de la circulation aérienne avec informations de trafic au sujet des vols VFR (et, sur demande, avis d'évitement de trafic)	Oui
	VFR	Sans objet	Information de trafic entre les vols VFR et IFR (et, sur demande, avis d'évitement de trafic)	Oui
E	IFR	IFR et IFR	Service du contrôle de la circulation aérienne avec information de trafic au sujet des vols VFR dans la mesure du possible	Oui
	VFR	Sans objet	Information de trafic dans la mesure du possible	Non
F	IFR	IFR et IFR Autant que possible	Service consultatif; service d'information de vol	Non
	VFR	Sans objet	Service d'information de vol	Non
G	IFR	Sans objet	Service d'information de vol	Non
	VFR	Sans objet	Service d'information de vol	Non

Tableau. I 1 Type de vol avec service de circulation aérienne rendue [6]

## I.2 .3.2 Gestion des flux de trafic aérien ATFM [5]

### I.2 .3.2.1 Définition

L'ATFM est un service complémentaire aux ATS, institué pour aider l'ATC à assurer l'écoulement optimal de la circulation aérienne à destination ou en provenance de régions déterminées, pendant les périodes de temps **où la demande dépasse ou qu'il est prévu qu'elle va dépasser la capacité** disponible du système ATC.

Un service de gestion des courants de trafic aérien (ATFM) sera mis en œuvre pour l'espace aérien où la demande de trafic dépasse par moments la capacité ATC définie.

L'ATFM devrait être mise en œuvre sur la base d'un accord régional de navigation aérienne ou, s'il y a lieu, par voie d'accord multilatéral.

Le service ATFM à l'intérieur d'une région ou d'une autre zone définie devrait être développé et mis en œuvre comme organisme ATFM centralisé, appuyé par des postes de gestion des courants de trafic établis à chaque ACC de la région ou de la zone d'application.

Certains vols pourront être exemptés de mesures ATFM ou recevoir la priorité sur d'autres vols. Des procédures détaillées régissant la fourniture des mesures et du service ATFM dans une région ou une zone devraient être prescrites dans un manuel ou un autre document ATFM régional.

### I.2 .3.2.2 Procédures de gestion des courants de trafic [1]

L'ATFM devrait comporter trois phases de réalisation :

- a) planification stratégique, si les mesures sont décidées plus d'un jour avant le jour où elles prendront effet. La planification stratégique est normalement réalisée bien à l'avance, en général de deux à six mois à l'avance ;
- b) planification pré tactique, si les mesures sont décidées la veille du jour où elles prendront effet ;
- c) opérations tactiques, si les mesures sont décidées le jour où elles prennent effet.

#### a) Planification stratégique

La planification stratégique devrait être réalisée en liaison avec l'ATC et les exploitants d'aéronefs. Elle devrait consister à examiner la demande pour la prochaine saison, à évaluer où et quand la demande sera susceptible de dépasser la capacité ATC disponible et à travailler à résoudre le déséquilibre :

- en prenant des dispositions avec l'autorité ATC pour offrir une capacité suffisante à l'endroit et au moment voulus ;
- en réacheminant certains courants de trafic (orientation du trafic) ;
- en établissant ou révisant comme il convient les horaires des vols ;
- en déterminant la nécessité de mesures ATFM tactiques.

Aux endroits où il a été prévu d'introduire un dispositif d'orientation du trafic (TOS), les routes devraient, dans la mesure du possible, réduire au minimum les pénalités de temps et de distance pour les vols concernés et permettre un certain degré de souplesse dans le choix des routes, en particulier pour les vols long-courriers. Lorsqu'il a été convenu d'un TOS, les détails devraient être publiés par tous les États intéressés, dans une forme commune.

#### **b) Planification pré tactique**

La planification pré tactique devrait affiner le plan stratégique, à la lumière des données actualisées sur la demande. Au cours de cette phase :

- a) certains courants de trafic peuvent être réacheminés ;
- b) des routes de délestage peuvent faire l'objet d'une coordination ;
- c) des mesures tactiques seront décidées ;
- d) des précisions pour le plan ATFM du lendemain devraient être publiées et mises à la disposition de tous les intéressés.

#### **c) Opérations tactiques**

Les opérations ATFM tactiques devraient consister 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 ;
- surveiller l'évolution de l'état de la circulation aérienne, pour s'assurer que les mesures ATFM appliquées aient l'effet désiré et prendre des mesures correctives si de longs retards sont signalés, comme des mesures de réacheminement du trafic ou d'attribution de niveaux de vol, de façon à utiliser au maximum la capacité ATC disponible

Si la demande de trafic dépasse, ou s'il est prévu qu'elle dépassera, la capacité d'un secteur ou d'un aéroport donné, l'organisme ATC responsable en informera l'organisme ATFM responsable, le cas échéant, ainsi que les autres organismes ATC intéressés. Les équipages de conduite des aéronefs qui doivent voler dans la région touchée ainsi que les exploitants devraient être avisés dès que possible des retards prévus ou des restrictions qui seront appliquées.

### **1.2 .3.3 Services de la circulation aérienne (ATS)**

La circulation aérienne représente l'ensemble des mouvements aériens de tous les aéronefs civils commerciaux et privés, militaires opérationnels ou non ainsi que les aéronefs en essai ou en cours de certification.

La circulation aérienne est séparée en deux grandes catégories [4]:

#### **Circulation Aérienne Générale CAG**

- Ensemble des mouvements aériens des A/C civils auxquels s'ajoutent les A/C d'état lorsque ceux-ci effectuent des vols assimilables au précédents du fait de leur nature.
- Relève du ministère des transports.

- Les organismes de la CAG rendent les services de la Circulation Aérienne aux A/C en CAG (parfois également aux A/C en CAM).

### **Circulation Aérienne Militaire CAM**

Comporte deux types de circulation

- Circulation Opérationnelle Militaire COM :  
Ensemble des mouvements d'A/C (d'état) qui pour des raisons d'ordre techniques ou militaires relève d'une réglementation propre à la COM.
- Circulation d'Essai et de Réception CER :  
Ensembles des A/C en essai ou en réception qui pour des raisons techniques relève d'une réglementation particulière.

La CAM relève du ministère d'Armées.

Conformément au paragraphe 2.3 de l'annexe 11 à la convention relative à l'aviation civile internationale, les services de la circulation aérienne sont subdivisés en trois :

- Le service de contrôle
- Le service d'information de vol
- Le service d'alerte

Commençons par détailler le service commun à tous les types d'espace, à savoir le service d'alerte [2] :

#### **I.2 .3.3.1 Service d'alerte**

Sa mission principale est de déclencher l'alerte auprès des organismes de recherche et de sauvetage auprès des centres de coordination de sauvetage (RCC pour Rescue Coordination Center) lorsque les aéronefs ont besoin d'aide (aéronefs ne s'étant pas reporté dans les délais réglementaires ou ayant envoyé un message ou signal d'urgence ou de détresse). Les centres de coordination de sauvetage (RCC) déterminent les moyens à mettre en œuvre et organisent les opérations de recherche et de sauvetage dites opérations recherche et sauvetage (SAR).

Tous les services ATC sont tenus d'assurer le service d'alerte.

#### **I.2 .3.3.2 Le service d'information de vol (FIS)**

Le rôle de ce service est de délivrer toute information utile à l'exécution sûre et efficace des vols. Il permet de disposer durant le vol de renseignements concernant les conditions météorologiques sur le parcours, l'état des aérodromes et des installations radioélectriques, la présence éventuelle, si elle est connue par l'organisme, d'un aéronef dont la trajectoire pourrait interférer avec celle d'un autre appareil. L'information de vol peut aller jusqu'à la transmission de suggestions des manœuvres pour empêcher les collisions.

Le service d'alerte et le service d'information de vol sont fournis pour tous les aéronefs se trouvant à l'intérieur d'une région d'information de vol FIR.

### I.2 .3.3.3 Le service de contrôle (ATC)

L'objectif général du service de contrôle est d'empêcher les abordages entre les aéronefs, d'accélérer et de régulariser la circulation aérienne et d'empêcher les collisions sur l'aire de manœuvre entre les aéronefs qui évoluent au sol et les obstacles (grue, véhicule, etc.).

En fonction de la phase du vol, le service ATC a été subdivisé en trois parties :

- a) Le contrôle d'aérodrome (décollage/atterrissage).
- b) Le contrôle d'approche (en évolution).
- c) Le contrôle en route (évolution/croisière).

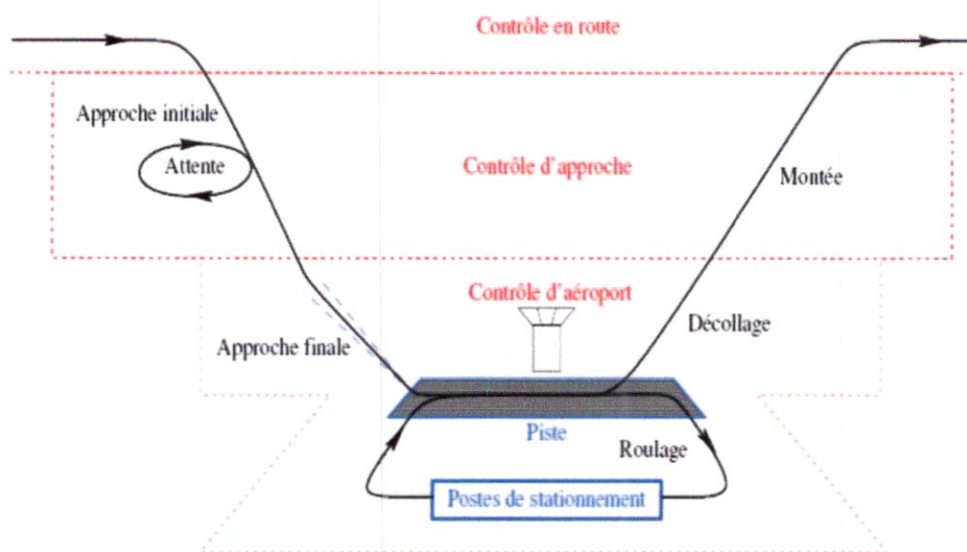


Figure I.7 Services de la circulation aérienne.

#### a) Le contrôle d'aérodrome

Fournit le contrôle sur les aérodromes et leurs abords immédiats ainsi que le contrôle de la circulation des aéronefs et des véhicules au sol afin d'éviter les collisions. Il est assuré à partir de la tour de contrôle TWR.

#### b) Le contrôle d'approche

Egalement fourni au voisinage des aérodromes. Le travail des contrôleurs aériens consiste à ramener les aéronefs entrant de leur point d'entrée dans la zone d'approche jusqu'à la piste ou la limite avec le contrôle tour de contrôle, et à guider les aéronefs au décollage, depuis leur transfert par la tour de contrôle jusqu'à leur point de sortie de la zone d'approche, tout en respectant les cadences d'utilisation des pistes.

#### c) Le contrôle en route

Le contrôle en route prend en charge tout le trafic (national et international) qui pénètre dans sa zone de responsabilité. Il concerne généralement les aéronefs en phase de croisière (en Algérie le centre de contrôle régional de Cherarba est le seul centre qui assure les services de la CA. Pour toute la FIR Alger).

Après décollage et pendant son évolution, le passage de l'aéronef d'un organisme à un autre obéit à des règles de coordination et de transfert bien définis. Le contrôleur recevra la coordination relative à un vol, par message ou par téléphone, entre dix à vingt minutes avant que ce vol n'arrive dans son secteur.

### I.3 Présentation de la FIR ALGER

#### I.3.1 Situation actuelle

La position géographique de l'Algérie est entre le 19°N jusqu'au 39°N de latitude et de 9°W jusqu'au 12°E de longitude.

La totalité de l'espace aérien algérien est appelé « FIR ALGER », affectée au centre de contrôle, et délimitée en secteurs.

#### I.3.2 Limite de l'espace aérien algérien

L'espace aérien algérien est limité au Nord par l'espace aérien Espagnol et Français, à l'Est par celui de la Tunisie et à l'Ouest par l'espace aérien Marocain jusqu'au parallèle 26° Nord. Du parallèle 19° au parallèle 26°N à l'Ouest par l'espace aérien de DAKAR (Sénégal). Vers le sud par celui de NIAMEY (Niger).

A l'Est du parallèle 22° au parallèle 30° par TRIPOLI (Libye) [6].

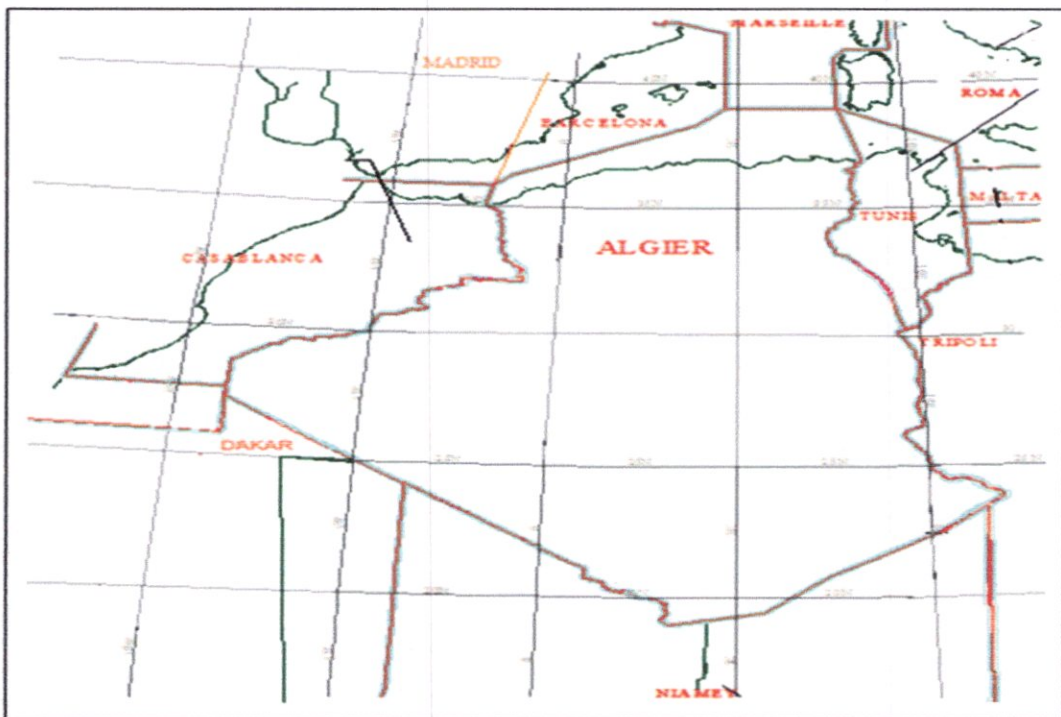


Figure I.8 : Limite de l'espace aérien Algérien

#### I.3.3 Division de l'espace aérien algérien

A l'intérieur de la FIR ALGER, l'espace aérien est divisé en 07 secteurs, classés et désignés par une lettre : A, D, F ou G plus ou moins équivalentes aux catégories recommandées par l'OACI.

Trois (03) classes B, C, et E qui ont été adoptées par l'ALGERIE sont disponibles à des fins d'utilisation mais à l'heure actuelle aucune portion de l'espace aérien n'a été classée dans ces catégories.

Cette FIR a été divisée en sept (07) secteurs et sont classés comme suit :

1- Les trois (03) secteurs du Nord à savoir Nord/Est, Centre et Nord/Ouest sont à statut de contrôle, où figure trois (03) TMA classées en espace D. pour la TMA Alger centre, en plus de la classification de l'espace D, existe l'espace A ayant pour limite verticale inférieure FL245 allant jusqu'au FL450 comme limite supérieure.

2- Trois (03) secteurs juxtaposés aux trois secteurs cités ci-dessus, à savoir Sud/Est, Sud/Centre et Sud/Ouest sont des secteurs à statut consultatif, à l'intérieur desquels l'organe de la circulation aérienne, fournis des informations et propose des suggestions. Ces trois secteurs sont classés suivant la classification F.

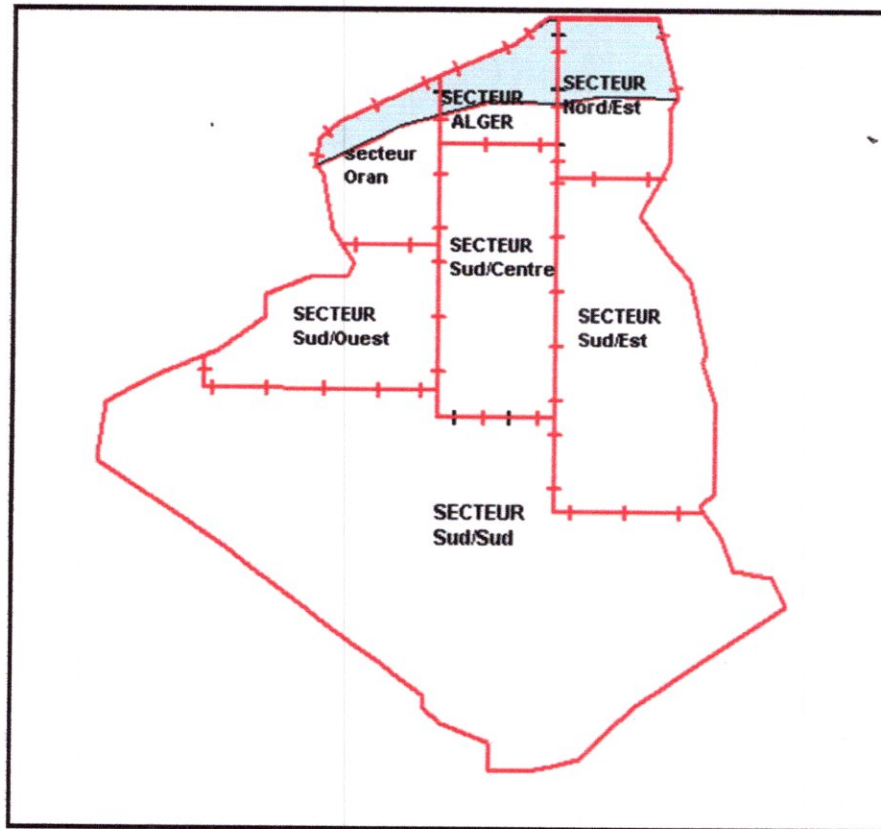
3- Le dernier secteur c'est le Sud/Sud. Un secteur purement d'information, l'organe de la circulation aérienne (CIV : Centre d'information de vol), fournit uniquement des informations, elles sont au nombre de trois :

- Information de trafic ;
- Information météorologique ;
- Information d'infrastructure.

Ce secteur est de classe G.

Secteurs		Classe	Limite inférieure	Limite supérieure
Secteur Alger	Espace supérieur	A	FL 245	FL 450
	Espace inférieur	D	450m GND/MSL	FL 245
Secteur Nord Est		D	450m GND/MSL	FL 450
Secteur Nord Ouest		D	450m GND/MSL	FL 450
Secteur Sud Centre		F	GND/MSL	UNL
Secteur Sud- Est		F	GND/MSL	UNL
Secteur Sud- Ouest		F	GND/MSL	UNL
Secteur Sud- Sud		G	GND/MSL	UNL

**Tableau I .2 : Classification des secteurs aériens**



**Figure I.9 : Sectorisation de l'espace aérien algérien**

### **I.3.4 Les zones d'approche CTA [6]**

Pour mieux gérer les manœuvres des avions autour des aéroports ayant la plus grande densité de trafic, l'Algérie a développé dans ce cadre cinq zones d'approche gérées par cinq centres de contrôle d'approche qui sont :

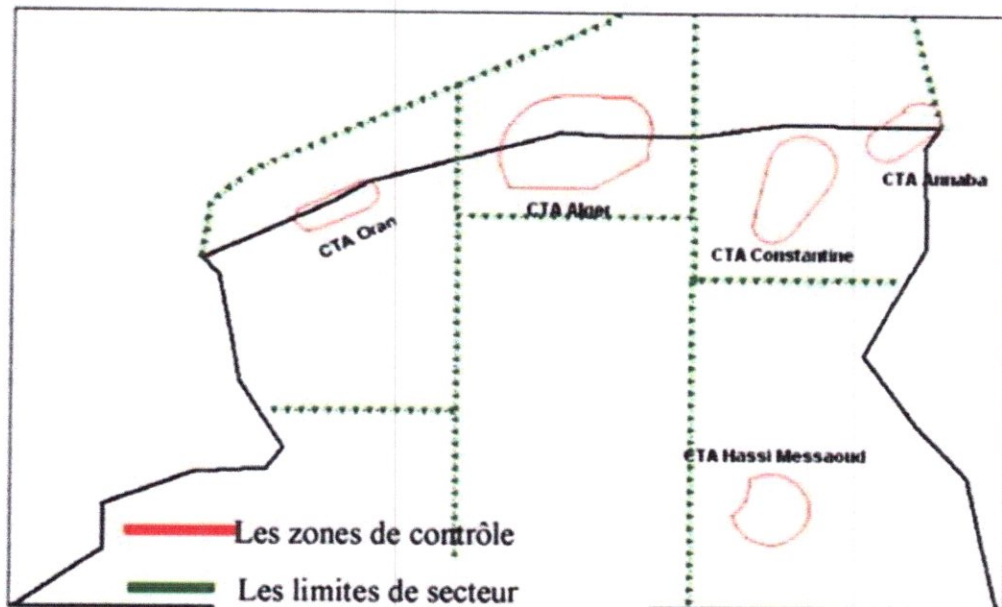
- Approche Alger / HOUARI Boumediene ;
- Approche ANNABA / El Mellah ;
- Approche Constantine / Mohamed Boudiaf ;
- Approche Hassi Messaoud/Oued Irara Krim ;
- Approche Oran/Essenia



Le tableau suivant résume la classification des CTA :

Désignation	Classe	Limite inférieur	Limite supérieur
CTA Alger / HOUARI Boumediene	D	450m GND/MSL	FL 105
CTA ANNABA / El Mellah	D	450m GND/MSL	FL 85
CTA Constantine / Mohamed Boudiaf	D	450m GND	FL 105
CTA Hassi Messaoud / Oued Irara Krim	F	900m GND	FL 105
CTA Oran / Essenia	F	450m GND	FL 40

**Tableau I.3 Classification des CTA**



**Figure. I 10 : les centres de contrôle d'approche (CTA)**

### I.3.5 Réseau de routes

Le réseau de routes en Algérie est composé de routes : domestiques, de transit internationales et s'appuyant parfois sur la navigation de surface (RNAV) [6].

- **Routes ATS domestiques**

Une route domestique est une voie aérienne utilisée par les avions civils entre deux aéroports Algériens. Elle est caractérisée par la lettre J suivi un chiffre pour les routes inférieures et UJ suivi d'un chiffre pour les routes supérieures.

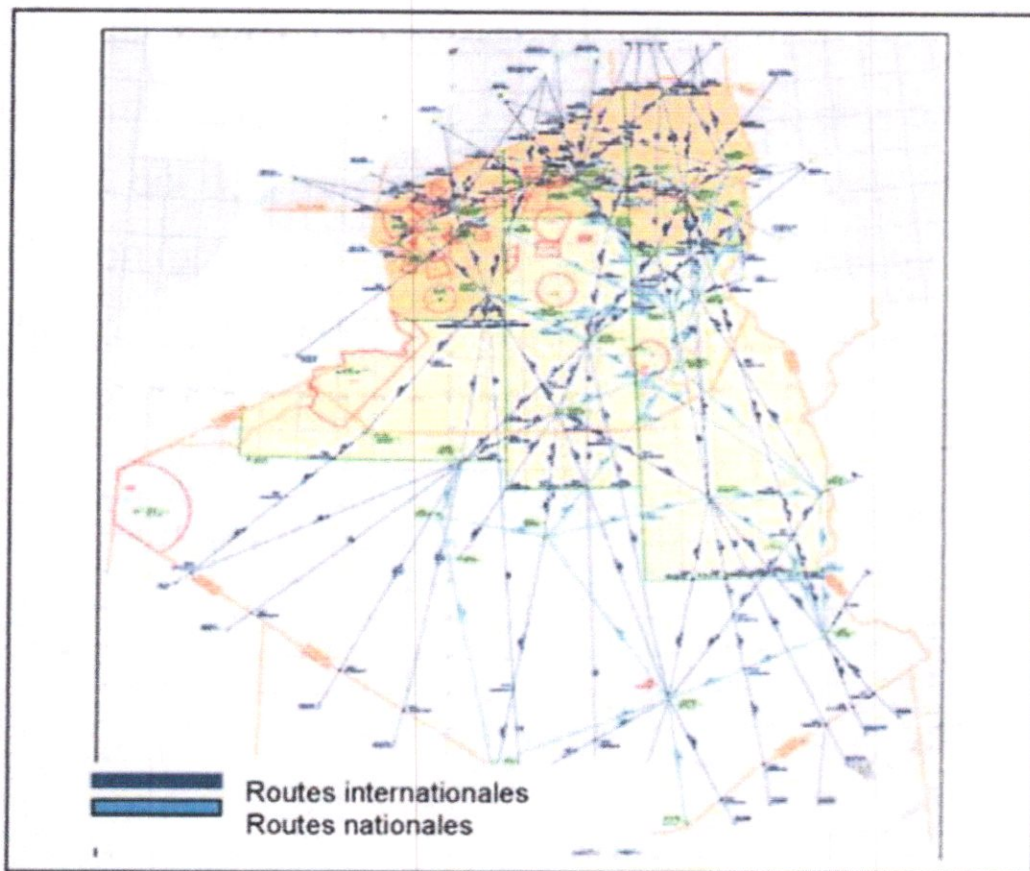
- **Route ATS internationales**

Les autres routes ATS sont des cheminements utilisés par les aéronefs pour la desserte de l'Algérie ou le transit. Ces routes sont caractérisées par les lettres A, B, G, R suivi d'un chiffre pour les routes inférieures et UA, UB, UG, UR suivi d'un chiffre pour les routes supérieures.

- **Routes RNAV**

Une route RNAV est une voie aérienne utilisée par les aéronefs civils avec une méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites de la couverture des aides à la navigation à référence sur station ou des limites des possibilités d'une aide autonome ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

Une route RNAV en A Algérie est caractérisée par les lettres UN, UM suivie d'un chiffre.



**Figure. I 11 : Réseau de routes**

### I.3.6 Moyen CNS [6]

#### 1. Communication

- **Couverture VHF/HF**

La communication en Algérie est assurée par les liaisons VHF permettant la couverture d'une partie importante de l'espace aérien Algérien au dessus du FL240. Actuellement, il existe (16) sites radio VHF réparties sur FIR Alger, avec une couverture double au Nord. Signalons que sur la zone extrême Sud, aucune couverture radio VHF n'est assurée d'où la nécessité d'utiliser la couverture HF.

La couverture VHF est actuellement inférieure à 90% de la totalité de la FIR. De nouvelles antennes VHF sont en phase d'installation pour compléter la couverture actuelle.

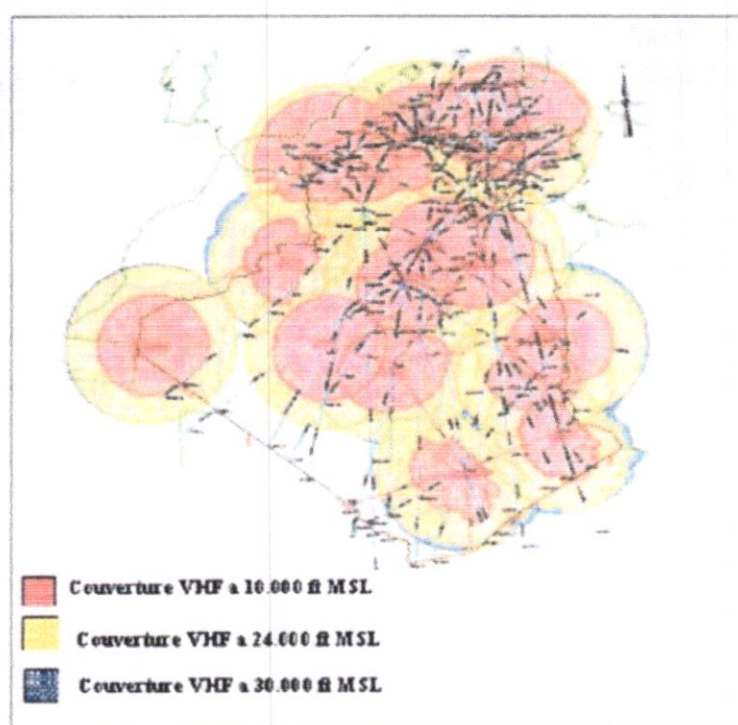


Figure I.12 : couverture VHF actuelle

- **CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications)**

Le CPDLC est une application de liaison de données qui permet l'échange direct fondé sur message entre le contrôleur et le pilote, au lieu d'une communication vocale. Le CPDLC améliore les capacités de communication dans les zones désertiques où l'utilisation des communications vocales n'est pas considérée comme efficace, en particulier dans les cas où les contrôleurs et les pilotes doivent s'en remettre à un tiers HF.

- **Réseau Service Fixe de Télécommunication Aéronautique (RSFTA)**

L'échange des messages tel que les NOTAM, plan de vols, ...etc., est assuré par le réseau du service fixe de télécommunication aéronautique (RSFTA). L'Algérie dispose d'un système de commutation des messages RSFTA. Les supports de télécommunication en Algérie sont assurés par le réseau national géré par Algérie Télécom, et le réseau VSAT est à la charge de l'ENNA.

Type d'équipement	Nombre
- Antenne Avancée	20
- Station VSAT	15
- Station Emetteur-Récepteur Haute Fréquence	08
- Emetteur-Récepteur VHF Tour	34
- Emetteur-Récepteur VHF CCR	03
- Enregistreur	27
- Station Inmarsat	06
- Thuraya	18

**Tableau I.4 : Moyen de communication.**

## 2. Navigation

La navigation en Algérie s'appuie sur le système VOR/DME, qui comprend environ trente-cinq (35) stations, la plupart de ces stations sont installées dans les aéroports aux prolongements des pistes principales à l'exception de quelques unes qui sont implémentées dans des sites plus éloignées. Ces stations couvrent la majorité de la FIR Algérie au FL 100 à l'exception d'une petite partie dans l'extrême sud.

Type d'équipement	Nombre
- ILS (Instrument Landing System)	13
- VOR (VHF Omni Range)	39
- DME (Distance Measuring Equipment)	45
- NDB (Non Directional Beacon)	33
- VOR Mobile	06
- Radiogoniomètre	09

**Tableau I.5 : Moyens de navigation.**

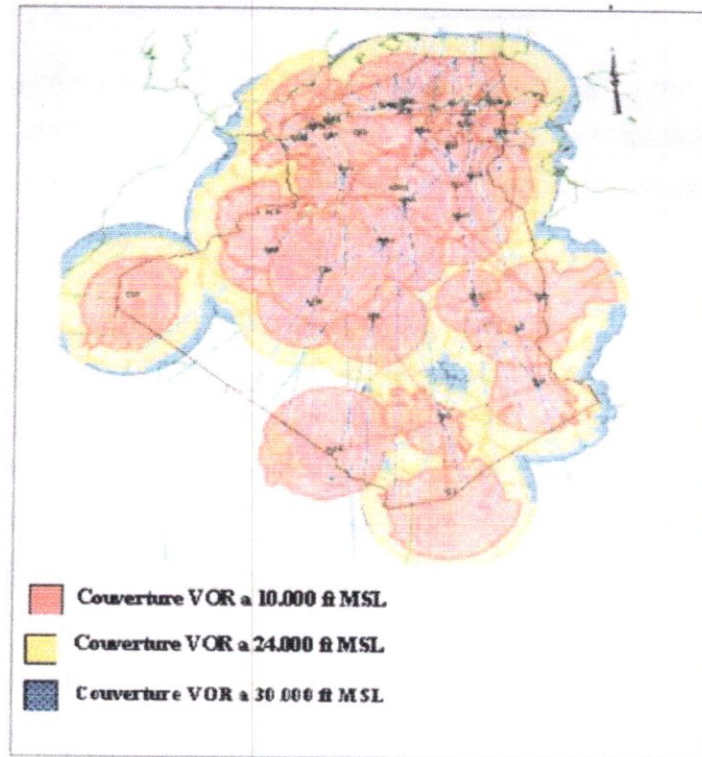


Figure I.13 : ouverture des stations VOR

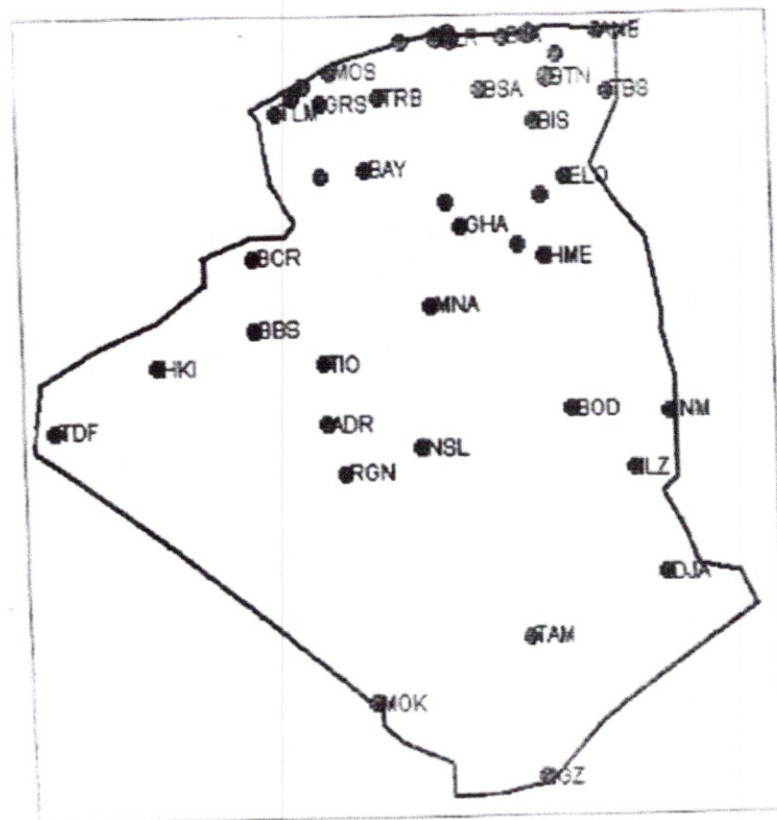


Figure I.14 : Emplacement des aides à la navigation

### 3. Surveillance

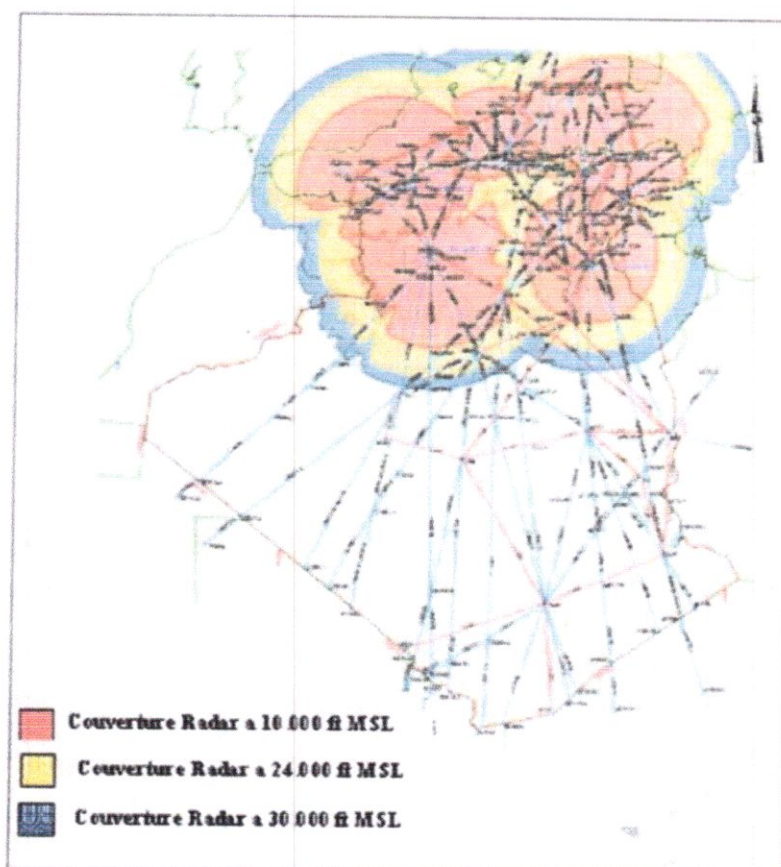
#### • Couverture Radar

L'ENNA est l'organisme public chargé du contrôle aérien au dessus de tout le territoire algérien. Et il a opté pour la mise en œuvre d'un radar primaire (PSR) à Alger, et de cinq (5) radars secondaires (SSR) d'une portée de 450km répartis dans les régions suivantes : Alger, Annaba, Oran, El Oued et El Bayadh.

Station radar	Site	Type	Date d'installation
Oued Smar	Alger	PSR/SSR	Février 2001
Seraïdi	Annaba	SSR	Décembre 2001
Murdjadjo	Oran	SSR	Janvier 2001
Guemmar	El Oued	SSR	Avril 2002
Bouderga	El Bayadh	SSR	Mai 2003

**Tableau I.6 : Les stations radar en Algérie**

Ces radars coopèrent entre eux selon la topologie de projet TRAFCA, ils assurent une double couverture du partie Nord de la FIR algérienne, à l'exception de l'espace situé au Nord-Ouest de Constantine à 10.000 pieds d'altitude, un radar primaire est prévu à Oran afin de mieux gérer la complexités de la convergence des activités civils et militaires dans la région.



**Figure I.15 : Couverture Radar actuelle.**

- **ADS-C**

Est une application utilisée pour surveiller automatiquement la position réelle de l'avion par des communications point à point. Suite à des requêtes envoyées par les contrôleurs appelées les « contrats », plusieurs informations comme la position avion, les intentions de vol, etc. sont récupérées depuis les calculateurs de bord et sont envoyées à intervalles réguliers vers le sol. Par contre, à cause des durées de mises à jour pour les informations, l'ADS-C est généralement utilisé dans le cas où le radar classique n'est pas disponible (ex : régions océaniques).

Le système ADS est en phase d'essais, au fur et à mesure que la flotte deviendra plus équipée, l'ADS deviendra la méthode principale de surveillance de l'espace aérien Sud.

#### **I.4 Présentation du secteur NORD- EST**

Un secteur est un volume de l'espace défini par un plancher et éventuellement un plafond, et traversé par des routes aériennes. Chaque secteur est sous la responsabilité de contrôleurs aériens chargés de maintenir les séparations minimales horizontales et verticales entre les avions, et de définir les niveaux de vols des avions entrant et quittant le secteur [8].

Un secteur est un polyèdre, en général un cylindre vertical, doté d'une capacité, à chaque secteur de contrôle est associée une fréquence radio VHF (dans la gamme de 108/118 MHz) permettant les communications bilatérales entre les pilotes et le contrôleur.

##### **I.4.1 Limitation géographique**

Le secteur Nord-Est est d'apparence complexe que par le nombre d'aérodromes qui s'y trouve. Il possède deux limites internationales : au Nord, la France (CCR de Marseille), à l'Est la Tunisie (CCR de Tunisie) et adjacent à l'Ouest au secteur TMA Alger et au Sud au secteur Sud Est.

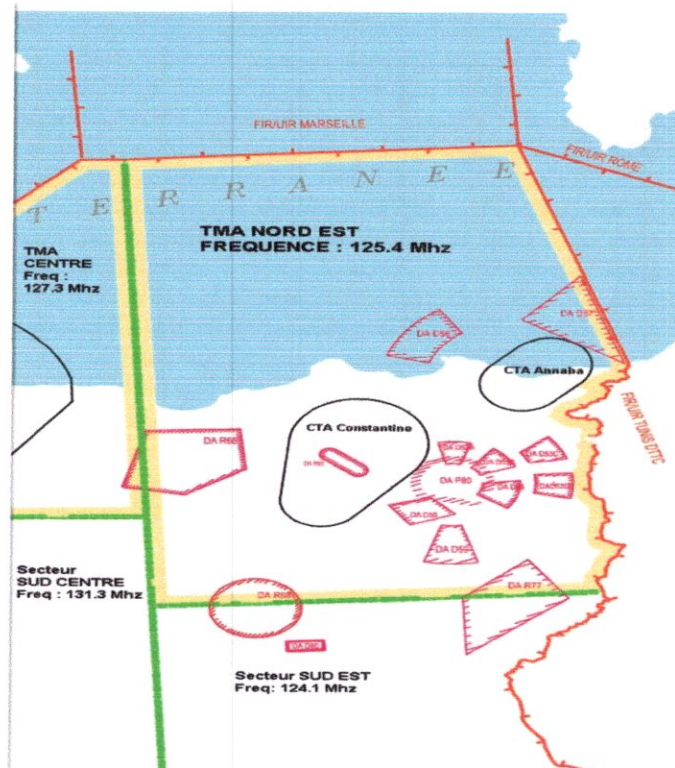


Figure I.16 : Secteurs adjacents au secteur Nord/Est [7]

#### I.4.2 Limites latérales et verticales et classe d'espace aérien [6]

- Ligne joignant les points suivants: 3900N 00800E - 3656N 00839E puis, point d'intersection de la frontière Algéro/Tunisienne avec la côte méditerranéenne puis, la frontière Algéro/Tunisienne jusqu'à son intersection avec le parallèle 3448N ensuite 3448N 00500E - 3900N 00500E - 3900N 00800E. FL 450 / 450 M GND/MSL (5)
- Classe de l'espace aérien D.
- Espace RVSM entre FL290 et FL410 inclus. Le CCR d'Alger assure le service de contrôle sur la fréquence 125.4 Mhz.

Note : (5) ; sauf dans les régions de contrôle de Annaba et Constantine.

#### I.4.3 Aérodrômes, approches et routes ATS [6]

##### Aérodrômes

Dans le secteur Nord/Est se trouve neuf (09) aérodrômes :

- Constantine (DABC), International ;
- Annaba (DABB), International ;
- Batna (DABT), national ;
- Jijel (DAAV), national ;
- Tébessa (DABS), International ;



- Sétif (DAAS), international ;
- Bejaia (DAAE), national ;
- Oum El Bouaghi (DAEO), Militaire ;
- Biskra (DAUB), national.

### Approches

Il existe deux (02) approches qui sont :

- Approche ANNABA/El Mellah - Portion de cercle de 15 NM de rayon centré sur le point (364900N 0074800E). - Portion de cercle de 15 NM de rayon centré sur le point (370008N 0080033E). - Les tangentes extérieures communes à ces deux cercles. FL 105 450 M GND/MSL Classe de l'espace aérien D.
- Approche Constantine: CTA CONSTANTINE/Mohamed BOUDIAF - Cercle de 25 Nm de rayon centré sur le DVOR/DME CSO (361735.75N 0063629.96E). - Cercle de 15 NM de rayon centré sur le DVOR/DME BTN (354617.50N 0062037.66E) . - Tangentes extérieures communes à ces deux cercles. FL 105 450 M/GND Classe de l'espace aérien D.

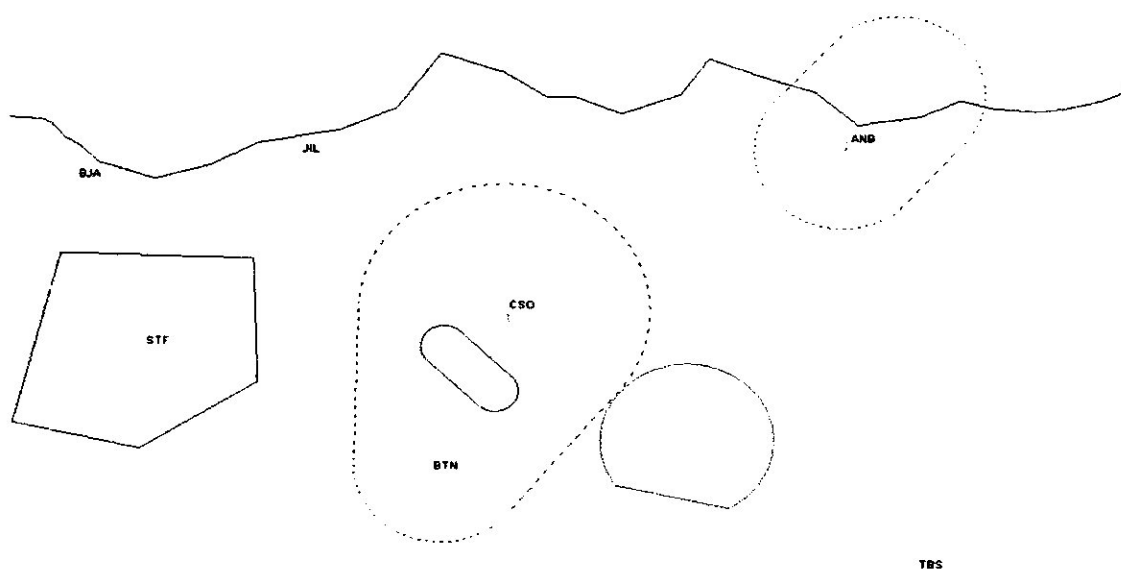


Figure I.17 les CTA du secteur NORD/EST

**Les routes ATS [6]****- Routes ATS Inférieures/Supérieures**

A31	LABRO KIRLA CHE ALR BNA BABOR
UA31	LABRO KIRLA CHE ALR BNA BABOR TAJEN CSO TBS
A/UA411	ORSUP ORA MOS DAHRA CHE ALR BNA BJA JIL ANB
A/UA605	CIRTA CSO AMIRA RIMEL NAGAH TILMA TARAT DJA
UN736	DOLIS BJA BSA
B734	DOLIS BJA BSA
G/UG6	SALMA ANB
G/UG14	KAWKA CSO
G/UG 26	REQIN BOURI LIMON ZEM ALR CHE TRB BAY GOLIB TIO
G/UG859	ANB CSO BIS DAYAT CITER GHA MNA KSOUR NSL ROFER MOKAT
UG864	TBS RADJA ROANE GOBET GHA ABLOD MOUNA TIO BRENA
R/UR34	MOUET ANB
R/UR978	KAMER CSO NADJI ELO BOD ATAF A BERTI MELOG ERKEL
R/UR 985	BSA ZIBAN ELO RIMEL IMN
UV18	TBS DAFRI TON
W/UW254	CSO DIMAO

**Tableau I.7 : les routes aériennes supérieures et inférieures****- Routes ATS Domestiques**

J/UJ5	CSO JIL
J/UJ7	CSO BJA LIMON
J/UJ9	BNA TAGRO BTN
J/UJ10	BTN TBS
J/UJ14	CSO BTN
J/UJ30	TBS ZENAD ELO HME

**Tableau I.8 : Les routes domestiques****- Routes RNAV**

UM2	CIRTA CSO AMIRA RIMEL NAGAH TILMA TARAT DJA
UM134	LUXUR PAGRE ANB
UM998	KAMER CSO TOLGA BOD TIDOU TOBUK
UV508	KAMER JIL TAJEN BIS ROANE TGU BOD
UM986	REQIN BOURI LIMON ZEM ALR CHIGA TRB BESBA AGREB BBS TABAL MERAT BRENA
UN854	SALMA CSO BIS DAYAT CITER GHA ABLOD MOUNA TIO CHAMI BRENA

**Tableau I.9: les routes RNAV**

Le réseau de routes aériennes le plus fréquent : A/U411 (Est/Ouest), R/UR978 Nord/Sud, UM605 Nord-Est/Sud, A/UA31 Sud-Est /Ouest, UG864 Sud/Sud-Est.

#### I.4.4 Les zones militaires existantes [6]

Indicatif	Nom	Limite SUP / Limite INF	Nature du D	Heures d'activit és
DA R65	CONSTANTINE	F65 / GND	Avions école	HJ
DA R68	AIN ARNAT	F105 / GND	Evolution hélicoptères	Du lever au coucher du soleil, les vols de nuit annoncés par NOTAM
DA R77	OUM EL BOUAGHI	Annoncée par NOTAM	Exercices aériens	Annoncée par NOTAM
DA R88	BISKRA	FL100/GND	Exercices aériens	H24
DA P80	OUM EL BOUAGHI	F280 / GND	Interdite	H24
DA D53A	OUM EL BOUAGHI	UNL / GND	Dangereuse	H24
DA D53B	OUM EL BOUAGHI	UNL / GND	Dangereuse	H24
DA D53C	OUM EL BOUAGHI	UNL / GND	Dangereuse	H24
DA D53D	OUM EL BOUAGHI	UNL / GND	Dangereuse	H24
DA D55	OUM EL BOUAGHI	F280 / GND	Dangereuse	H24
DA D56	OUM EL BOUAGHI	F100 / GND	Dangereuse	H24
DA D59	OUM EL BOUAGHI	UNL / GND	Dangereuse	H24
DA D86	ANNABA	F290 / MSL	Dangereuse	H24
DA D87	ANNABA	F290 / MSL	Dangereuse	

**Tableau I.10 : Avertissements à la navigation aérienne**

### I.5 Conclusion

Comme nous l'avons vu dans ce chapitre, pour mieux gérer le trafic aérien, la FIR d'Alger est subdivisée en secteurs et chaque secteur est affecté par une équipe de contrôleurs chargée d'assurer la séparation entre les aéronefs mais quand la demande dépasse la capacité le contrôleur ne peut plus accepter de nouveaux avions ce qui représente une menace pour la sécurité, tout cela et d'autres seront détaillés dans le chapitre suivant.

## **Chapitre II**

### **Charge de travail et limitations humaines**

## II.1 Introduction

Chaque système de contrôle a une capacité en termes de nombre d'aéronefs par heure. Quand la demande dépasse l'offre, on ne peut pas accepter tout les vols en même temps sous peine d'avoir un dépassement de capacité du secteur aérien. Donc la congestion aérienne est un problème universel, que connaissent particulièrement tous les grands aéroports et les centres de contrôle régionaux, ce qui engendre une dégradation de la qualité de service et un risque accru d'accidents.

Dans ce chapitre, nous présentons le système de contrôle aérien en route et la charge de travail des contrôleurs en mettant l'accent sur les problèmes de congestion liés à la densité du trafic et les approches possibles pour y faire face.

## II.2 Problématique

Le secteur Nord-est est caractérisé par sa complexité au point de vue structure du réseau de route (croisement de routes), nombre d'aérodromes, zones militaires, etc. Malgré l'évolution qui été faite en matière des équipements (le passage au contrôle radar) les contrôleurs utilisent aussi le contrôle aux procédures à cause d'un manque de couverture radar. Du point de vue densité de trafic, le secteur Nord-Est (comparée aux autres secteurs) est l'un des secteurs les plus chargés. Pendant les heures de pointe les contrôleurs en poste expriment une gêne importante dans la gestion du trafic aérien sous leur responsabilité.

Après une série d'observations réalisée sur le secteur considéré et après avoir enquêté en dialoguant avec les contrôleurs affectés à ce secteur, nous avons constaté que des lacunes menant à des problèmes de surcharge existent depuis un certain nombre d'années, ce qui constitue une source de perturbation pour le contrôleur en poste et donc une source de danger pour la sécurité des vols.

De ce constat et pour garantir un niveau de sécurité adéquat en limitant la charge de travail au niveau de ce secteur, il est nécessaire de connaître la valeur de la capacité de ce secteur.

Toutefois, pour répondre à la question : Quelle est la valeur de la capacité du secteur Nord-Est du CCR d'Alger ? Il est nécessaire de définir un ensemble de concepts en relation avec la charge de travail dans un secteur de contrôle de la circulation arienne, et d'identifier et d'argumenter le choix de la méthode la plus appropriée pour le calcul de la capacité de ce secteur en détaillant les différents paramètres et facteurs intervenant dans le calcul de la capacité.

**b. Le contrôle aux procédures (classique)**

Qui est effectif en Algérie. Il consiste à la gestion des flux aériens, où le positionnement d'un appareil se fait en se basant sur les informations des stations de radionavigation au sol (VOR, DME, NDB,...). L'aéronef communique sa position relative au contrôleur par contact radio, ce dernier détermine grâce à l'aide de bandes de progression de vol appelée « strip » une image mentale du trafic. Le contrôleur assure les séparations en conformité avec les standards OACI conformément aux aides à la navigation utilisées.

**II.3.2 Le binôme de contrôle en-route [10]**

En contrôle En-Route, les contrôleurs aériens travaillent en binôme. Chaque binôme gère le trafic aérien s'écoulant sur un secteur de contrôle. Au sein du binôme, on distingue :

- **Le contrôleur organique (assistant)**

Il assure les coordinations (sous forme de communications) avec les binômes de contrôleurs adjacents, étant chargés de superviser les secteurs entourant le secteur dont lui et son binôme ont la charge. Son rôle principal est de préparer la séquence de trafic se situant à t+1 pour faciliter le travail de son binôme. Cette facilitation va consister en trois actions principales :

La première est de pré-intégrer les vols qui vont arriver dans le secteur dont le binôme a la charge (une dizaine de minutes avant leur arrivée) ;

La deuxième est d'analyser le devenir de la situation pour en détecter les risques de conflit susceptibles de se produire en entrée et en sortie du secteur ;

La troisième est de résoudre, si possible, ces conflits par la demande d'intervention (modifications de trajectoires d'avion(s)) du binôme de contrôleurs adjacents concernés (gérant le secteur où l'(es) avion(s) en question se trouve(nt) encore). Dans le cas où cela n'est pas possible et en fonction de l'état de la situation à l'instant t (quantité de trafic, complexité du trafic géré, profils des avions en conflit...), l'organique peut être amené à avertir son binôme pour que celui-ci puisse agir sur la situation.

- **Le contrôleur radariste (tactique)**

Il assure les communications avec les pilotes des avions qui se trouvent sur le secteur dont le binôme a la charge, et ce en respectant une phraséologie dédiée. Au minimum, le contrôleur a deux échanges vocaux avec chacun des pilotes : le message « bonjour » quand l'avion rentre dans le secteur, le message « au revoir » quand l'avion s'oriente vers un autre secteur.

Le radariste a pour rôle principal de superviser la situation de trafic aérien d'y détecter et résoudre les conflits susceptibles de se produire. Pour cela, le radariste se crée une représentation mentale de la situation de trafic qu'il supervise ; il anticipe la position future des avions afin de détecter les conflits susceptibles de se produire. Enfin, pour les conflits dont le risque est avéré, il va définir une solution permettant d'écarter les avions impliqués. Pour rendre effective cette solution, le contrôleur va communiquer aux pilotes

**b. Le contrôle aux procédures (classique)**

Qui est effectif en Algérie. Il consiste à la gestion des flux aériens, où le positionnement d'un appareil se fait en se basant sur les informations des stations de radionavigation au sol (VOR, DME, NDB,...). L'aéronef communique sa position relative au contrôleur par contact radio, ce dernier détermine grâce à l'aide de bandes de progression de vol appelée « strip » une image mentale du trafic. Le contrôleur assure les séparations en conformité avec les standards OACI conformément aux aides à la navigation utilisées.

**II.3.2 Le binôme de contrôle en-route [10]**

En contrôle En-Route, les contrôleurs aériens travaillent en binôme. Chaque binôme gère le trafic aérien s'écoulant sur un secteur de contrôle. Au sein du binôme, on distingue :

- **Le contrôleur organique (assistant)**

Il assure les coordinations (sous forme de communications) avec les binômes de contrôleurs adjacents, étant chargés de superviser les secteurs entourant le secteur dont lui et son binôme ont la charge. Son rôle principal est de préparer la séquence de trafic se situant à t+1 pour faciliter le travail de son binôme. Cette facilitation va consister en trois actions principales :

La première est de pré-intégrer les vols qui vont arriver dans le secteur dont le binôme a la charge (une dizaine de minutes avant leur arrivée) ;

La deuxième est d'analyser le devenir de la situation pour en détecter les risques de conflit susceptibles de se produire en entrée et en sortie du secteur ;

La troisième est de résoudre, si possible, ces conflits par la demande d'intervention (modifications de trajectoires d'avion(s)) du binôme de contrôleurs adjacents concernés (gérant le secteur où l'(es) avion(s) en question se trouve(nt) encore). Dans le cas où cela n'est pas possible et en fonction de l'état de la situation à l'instant t (quantité de trafic, complexité du trafic géré, profils des avions en conflit...), l'organique peut être amené à avertir son binôme pour que celui-ci puisse agir sur la situation.

- **Le contrôleur radariste (tactique)**

Il assure les communications avec les pilotes des avions qui se trouvent sur le secteur dont le binôme a la charge, et ce en respectant une phraséologie dédiée. Au minimum, le contrôleur a deux échanges vocaux avec chacun des pilotes : le message « bonjour » quand l'avion rentre dans le secteur, le message « au revoir » quand l'avion s'oriente vers un autre secteur.

Le radariste a pour rôle principal de superviser la situation de trafic aérien d'y détecter et résoudre les conflits susceptibles de se produire. Pour cela, le radariste se crée une représentation mentale de la situation de trafic qu'il supervise ; il anticipe la position future des avions afin de détecter les conflits susceptibles de se produire. Enfin, pour les conflits dont le risque est avéré, il va définir une solution permettant d'écarter les avions impliqués. Pour rendre effective cette solution, le contrôleur va communiquer aux pilotes

concernés la où les modifications de trajectoire à effectuer, que l'on appelle ordre de pilotage ou encore clairance.

### II.3.3 Outils de travail des contrôleurs [10]

On distingue trois principaux outils au sein de la position de travail des contrôleurs :

- **L'image radar**

Le contenu de l'image radar, est la position des avions, s'actualise toutes les 8 secondes en fonction des données communiquées par les radars au sol. L'image radar a pour arrière-plan la géographie du secteur (les limites) avec les différentes routes aériennes qui le composent. Les avions qui se déplacent dans le secteur sont représentés sous la forme de plots radar.

Pour reconnaître facilement les vols, une étiquette sur laquelle figure notamment l'identifiant du vol est associée aux plots radar. L'image radar est également équipée de certaines fonctions qui permettent aux contrôleurs de calculer des distances (entre avions notamment),



**Figure II.1 image radar**

- **Le strip papier**

Il constitue, comme son nom l'indique, une bande de papier. Elle est destinée à matérialiser un vol. En contrôle En-Route, un strip papier est imprimé sur la position de contrôle, dix minutes avant l'entrée d'un vol sur le secteur associé.

Les strips imprimés relatifs au secteur sont disposés par le contrôleur organique et à destination du contrôleur radariste sur un tableau de strips. Le contrôleur radariste va répartir les strips en fonction de la nature de la situation supervisée (regroupement les strips des avions en conflit par exemple).

Le strip papier regroupe l'ensemble des informations relatives au vol qui sont utiles pour le contrôleur et qui lui permettent de suivre l'évolution de ce dernier. Le strip est composé de trois parties principales, avec de gauche à droite :



La case « informations générales » (identification du vol) ; la case « coordination et niveaux » (étapes de vol dans le secteur) ; la case « route et archive » (itinéraire détaillé du vol).

Le strip papier fait office de « pense-bête » pour le contrôleur, car il lui permet de noter les faits marquants des vols (les ordres de pilotage donnés, les changements par rapport au plan de vol initial). Le strip papier joue également un rôle de support de communication entre contrôleurs organique et radariste. L'organique récupère, annote et fait passer les strips au radariste avant que les avions ne rentrent sur le secteur. Ce passage est également susceptible d'être commenté oralement.

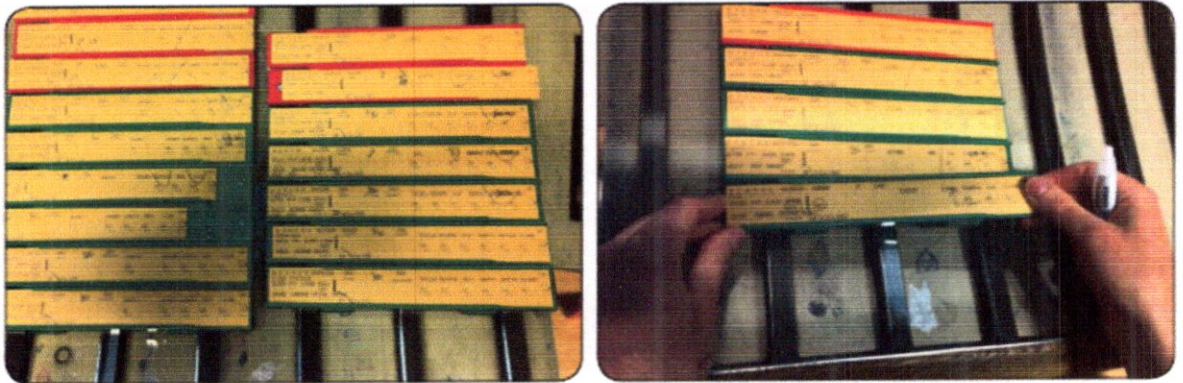


Figure II.2 le strip papier

- **La radiotéléphonie**

Enfin le dernier outil utilisé par les contrôleurs est le système de communication. Pour le contrôleur organique ce système prend la forme d'un téléphone lui permettant d'être contacté et de contacter les contrôleurs des secteurs adjacents.

Pour le contrôleur radariste, ce système constitue un système de radio appelé « Phonie », et qui par le biais de fréquences (une fréquence radio attribuée à chacun des secteurs) permet d'être contacté par les avions du secteur. A bord des avions, le numéro de fréquence radio est rentré dans le système de radio de bord pour contacter les contrôleurs. Le numéro de fréquence sur laquelle l'avion doit se trouver est communiqué par les contrôleurs (chaque contrôleur annonce lors du message « au revoir », la fréquence à laquelle l'avion doit appeler le secteur suivant).



**Figure II.3 les moyens de communication des contrôleurs**

### **II.3.4 Caractérisation de la tâche de contrôle**

La sécurité est indispensable dans le domaine du contrôle aérien. En effet, le moindre dysfonctionnement expose la situation à des risques d'une gravité élevée. De plus l'expertise humaine y est essentielle car l'opérateur est le moyen principal employé pour assurer la sécurité du système. Ces caractéristiques illustrent la nécessité, pour l'opérateur, de sécuriser la moindre action réalisée et agissant sur la situation de trafic par le biais d'une évaluation des risques. Elle permet d'assurer le maintien d'un niveau de sécurité élevé dans la situation, par le biais de stratégies efficaces.

Ici, la place centrale occupée par le « conflit » et la mise en place de moyens de prévention par le contrôleur au sein de la tâche de contrôle est mise en exergue.

Pour synthétiser, la tâche de contrôle est directement liée à une évaluation subjective entourée d'incertitude omniprésente quant à la position des avions, potentiellement différentes de celles prescrites (plans de vol) en fonction des conditions météorologiques (orientation et sens du vent) et des événements se produisant à bord (panne, retard, malaise, prise d'otage par exemple). Pour s'adapter à la dynamique de la situation, le contrôleur actualise la représentation initiale qu'il s'est construite en fonction des événements qu'il s'y produit. Cette caractérisation de la tâche de contrôle est illustrée dans la figure ci-dessous illustrant les grandes étapes de la tâche de contrôle sous la forme d'un cycle [10]:

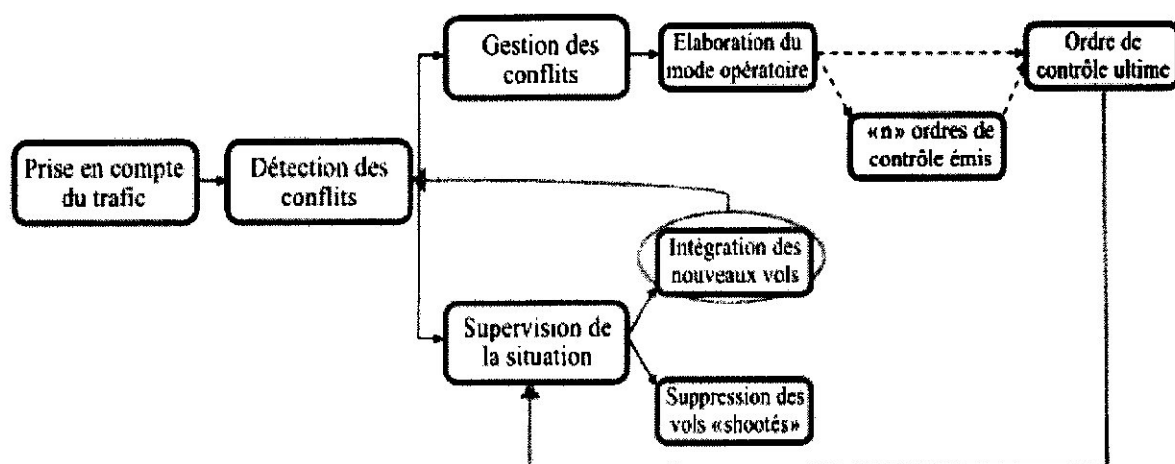


Figure II.4 Le cycle de la tâche de contrôle

Le contrôle en route concerne la surveillance des avions en dehors des secteurs d'aérodromes, le travail des contrôleurs aériens, responsables de secteurs aériens dépend de deux types de critères :

- Critères qualitatifs
- Critères quantitatifs

#### Critères qualitatifs

Regroupe les facteurs humains. Le facteur principal est le stress, puisque tous les contrôleurs n'ont pas la même réaction face aux nombreuses situations.

#### Critères quantitatifs

- **Charge de résolution de conflits** : quand la distance de séparation entre deux aéronefs risque d'être inférieure à une valeur particulière, le contrôleur doit modifier la route des avions pour éviter ce conflit.
- **Charge de coordination** : tous les aéronefs qui se trouvent dans un même secteur se communiquent au moyen par la même fréquence, quand un avion sera transféré vers un autre secteur la fréquence change et il y aura une négociation entre le contrôleur du secteur de départ de celle qui reçoit l'aéronef pour lui assurer que l'aéronef est accepté dans son secteur. Donc cette opération de transfert risque d'être erronée due à l'incompréhension, cette charge de transfert est appelée charge de coordination.
- **Charge de monitoring (surveillance)** : quand un aéronef n'est pas en conflit ou en transfert d'un secteur à l'autre, il aura besoin d'une surveillance de la part du contrôleur pour vérifier son niveau et sa position, c'est-à-dire le bon déroulement des

plans de vol sur l'écran radar et essaye de déterminer les futurs risques de conflit qui peut avoir, cette charge dépend du nombre d'avions.

La charge de conflit dépend du nombre de croisements d'avion, la charge de coordination varie en fonction des débits d'entrée et de sortie et la charge de travail pour la surveillance croît avec le nombre d'avions dans le secteur.

Il existe d'autres charges de contrôle facilement quantifiables mais leur impact sur l'ensemble de la charge de contrôle du secteur est négligeable par rapport aux trois précédentes.

La charge de contrôle dans un secteur est la somme des trois charges.

### II.3.5 Les phases de traitement de vol au sein d'un secteur

On distingue trois phases de traitement d'un vol dans un secteur : son acceptation par le contrôleur, sa traversée en toute sécurité vis-à-vis des autres aéronefs et son transfert vers le secteur suivant.

- **La coordination en entrée**

Dix minutes au minimum avant son entrée dans un secteur. Les éléments du vol suivant sont transmis au contrôleur recevant :

- Indicatif.
- Niveau de vol.
- Point d'entrée et heur estimée à ce point.

- **Le contrôle dans le secteur**

La responsabilité du contrôleur dans un secteur est d'assurer la prévention des abordages selon les normes de séparation réglementaire :

- Espacement vertical, la norme réglementaire est de 1000ft ou 2000ft selon l'instruction de contrôleur.
- Espacement latéral (norme radar) ou à l'aide de la séparation stratégique (réseau de route).
- Réduction de la vitesse pour éviter un rattrapage.

- **La coordination en sortie**

Environ 10 minutes avant la sortie du secteur, les éléments du vol sont transmis. Les éléments du vol suivant sont transmis au contrôleur recevant :

- Indicatif.
- Niveau de vol.
- Point de sortie et heur estimée à ce point.

### II.3.6 La charge de travail des contrôleurs

Elle peut être considérée comme étant l'ensemble d'efforts mentales et physiques réalisés durant une période de temps suffisante ou insuffisante, tout en décrivant la peine et la frustration ressentie pour atteindre l'objectif et réaliser la tâche associée.

Dans un secteur une équipe de contrôleurs assure la sécurité des vols qui y transitent en séparant les aéronefs entre eux. Plus le nombre d'avions dans un secteur est important, plus la charge de contrôle induite augmente. Il existe une limite au-delà de laquelle le contrôleur en charge du secteur ne peut plus accepter de nouveaux aéronefs. On dit alors que le secteur est saturé. Le seuil au-delà duquel le secteur est saturé est très difficile à estimer car il dépend du type de vol et de la structure du secteur.

Nous allons citer ci-dessus entre autre quelques facteurs de charge :

- Nombre de conflits élevés.
- Complexité des conflits.
- Trafic évolutif.
- Trafic mixte.
- Complexité du réseau de routes et de nombre de croisements.
- Existence des zones militaires.
- Perturbations météorologiques.
- Le temps moyen de traversé du secteur.
- Secteurs de grande taille.
- Brouillage ou mauvaise réception.

Un seuil généralement admis est de 3 conflits et 14 avions dans un secteur donné. Cette charge maximum ne doit pas perdurer plus de 10 minutes car elle provoque un fort stress aux contrôleurs qui risquent alors de ne plus pouvoir assurer la gestion du trafic dans des conditions optimales de sécurité.

Saturation : elle peut être définie comme une charge mentale surabondante sur l'opérateur humain lorsque celui-ci est soumis à un excès de sollicitations, ces performances se voient fortement et brutalement dégradées. Les règles suivantes ne sont pas des limiteurs de capacité bien au contraire :

- un contrôleur ne doit pas travailler de manière permanente à limite de sa capacité ;
- il peut néanmoins atteindre cette limite, mais à condition de lui garantir que ce sera pendant un temps très court et avec une fréquence faible.

### II.4 Nécessité de l'automatisation [11]

L'accroissement continu du trafic aérien entraîne une augmentation:

- de la charge de travail des contrôleurs (plus de coordination et de transferts de contrôle nécessaires entre secteurs);
- de la complexité du système ATC poussé aux limites de sa capacité.

L'automatisation du contrôle du trafic aérien se justifie s'il faut accroître encore l'efficacité:

- si la charge de certaines fonctions ou de certains processus ATC devient trop lourde ou demande trop de temps pour être confiée à des opérateurs humains;
- si l'on ne peut accroître sensiblement la régularité et la rapidité des opérations en recourant à d'autres moyens;
- si l'automatisation permet d'obtenir un service plus sûr ou plus efficace.

L'automatisation ATC génère de nombreux coûts:

- a) élaboration d'un plan d'automatisation à long terme;
- b) bâtiments destinés à abriter l'équipement et les services techniques;
- c) équipements (ordinateurs, visuels, périphériques, interfaces de saisie des données, pièces de rechange, etc.);
- d) élaboration des programmes machine d'exploitation et de diagnostic;
- e) formation, documentation et financement d'équipes de techniciens, de programmeurs et du personnel ATC;
- f) essais opérationnels, évaluation (vérifications en vol, intégrations des systèmes, etc.);
- g) maintenance et modifications de l'équipement et des logiciels;
- h) besoins en communications;
- i) contrôle des performances du système.

L'automatisation ATC apporte la possibilité de réduire les coûts en:

- a) rendant plus efficace l'utilisation de l'espace aérien;
- b) augmentant la capacité de cet espace;
- c) réduisant les retards du trafic aérien;
- d) acheminant un volume accru de circulation aérienne.

L'automatisation ATC présente un certain nombre d'avantages:

**a) amélioration de la sécurité**

Réduction des périodes de pointe à forte charge de travail sous tension; réductions des erreurs humaines et détection rapide de ces erreurs; amélioration de la continuité de la surveillance, y compris données d'altitude SSR mode C; amélioration des moyens de coordination et de transfert du contrôle; avertissement automatique de conflit et d'altitude minimale de sécurité; contrôle continu des performances du système et avertissement automatique des écarts;

**b) amélioration de la gestion ATS**

Amélioration de l'utilisation de l'espace aérien; amélioration de la fourniture d'installations et de la dotation en personnel; augmentation de la capacité du système ATC; réduction des retards; amélioration de la rentabilité; amélioration de la gestion de la circulation aérienne;

**c) amélioration du service**

Actualisation automatique des données météorologiques, d'informations aéronautiques et de plan de vol, disponibles pour contrôleurs, pilotes agents d'exploitation;

**d) disponibilité de données enregistrées**

Enquêtes sur accidents et incidents; administration des redevances (facturation); recherches et sauvetage; diagnostic et rectification des défaillances du matériel et du logiciel; formation

**II.5 Analyse du trafic**

**II.5.1 Evolution du trafic en route 2010-2014**

Comme le définit l'OACI, le trafic aérien en route est comptabilisé par le nombre de vols d'aéronefs réalisés au niveau des régions de contrôle et d'information en vol.

L'analyse du trafic aérien en route est faite par nature de trafic et par courant de trafic afin de le cerner dans l'espace aérien Algérien dans toute son étendue et sa globalité. On a pris les statistiques officielles de l'ENNA des :

- ❖ **Survol avec escale** : vol comportant au moins une escale sur le territoire national. Il est divisé en deux trafics, nationaux et internationaux.
- ❖ **Survol sans escale (transit)** : ensemble des vols ayant pour aéroports de provenance et de destination un aéroport autre que ceux situés à l'intérieur de l'espace aérien concerné.

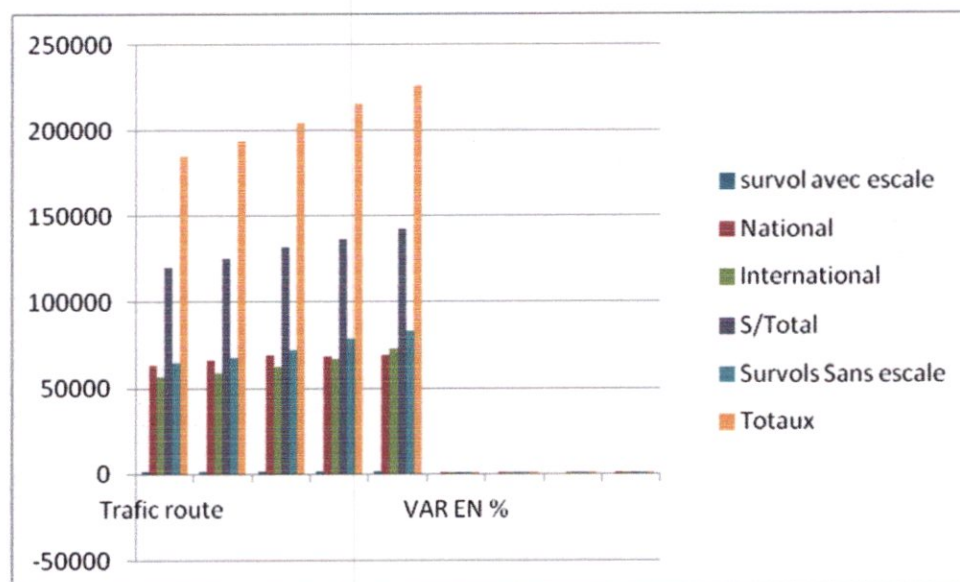
Le tableau ci dessous récapitule le trafic en route (2010-2014) :

	Trafic route					VAREN %			
	2010	2011	2012	2013	2014	11/10	12/11	13/12	14/13
<b>survol avec escale</b>									
<b>National</b>	63406	66 256	69170	69 010	69 247	4,5	4,4	-0,2	0,3
<b>International</b>	57010	59 258	63057	67 447	72 825	3,9	6,4	7,0	8,0
<b>S/Total</b>	120 416	125 514	132 227	136 457	142 072	4,2	5,3	3,2	4,1
<b>Survol Sans escale</b>	64620	68 247	72116	78 909	83 546	5,6	5,7	9,4	5,9
<b>Totaux</b>	185 036	193 761	204 343	215 366	225 618	4,7	5,5	5,4	4,8

**Tableau II.1 Evolution du trafic en route 2010-2014**

En termes de trafic en route enregistré sur la période 2010-2014, on remarque que tous les types de survols ont augmenté jusqu'aux **225 618 vols** en 2014 avec des taux de croissance moyens annuels de :

- 2.25% pour le trafic national.
- 6.32% pour le trafic international.
- 6.65% pour le transit.



**Figure II.5 Evolution du trafic en route 2010-2014**

La figure (II.5) montre l'évolution du trafic en route sur la période 2010 à 2014 ainsi qu'elle donne un aperçu du trafic évolutif, on constate dans l'ensemble des vols que le trafic n'a pas cessé d'évoluer, une nette croissance qui a été enregistrée jusqu'à l'année 2014 où le plus grand nombre de vols a été atteint. On peut voir aussi que :

- Les survols sans escale viennent en première position avec des taux de croissance importants à cause de la particularité qu'à l'Algérie dans la capture des routes européennes.
- Le trafic national vient en seconde position, dont sa majorité se situe généralement dans la partie Nord de l'Algérie. Pratiquement la grande majorité du trafic part d'Alger vers plusieurs destinations du territoire national ce qui rend l'aérodrome de Dar El Beida très sollicité en mouvements aussi bien départs qu'arrivés.
- Les vols internationaux sont en troisième position avec un nombre de vol enregistrée proche à celui réalisé par les deux autres types de trafic pendant les cinq ans derniers.



## II.5.2 Evolution du trafic en route par secteur 2012-2014

SECTEUR	2012	2013	2014
TMA ALGER	107165	116 880	119 359
TMA EST	96122	63 798	66 303
SUD/EST	62392	97 347	100 651
SUD/SUD	58659	49 705	51 724
TMA OUEST	56682	20 115	21 539
SUD/CENTRE	45233	60 787	64 685
SUD/OUEST	19340	62 470	67 055
<b>TOTAL DES MOUVEMENTS</b>	<b>445593</b>	<b>471 102</b>	<b>491 316</b>

Tableau II.2 Évolution du trafic en route par secteur 2012-2014

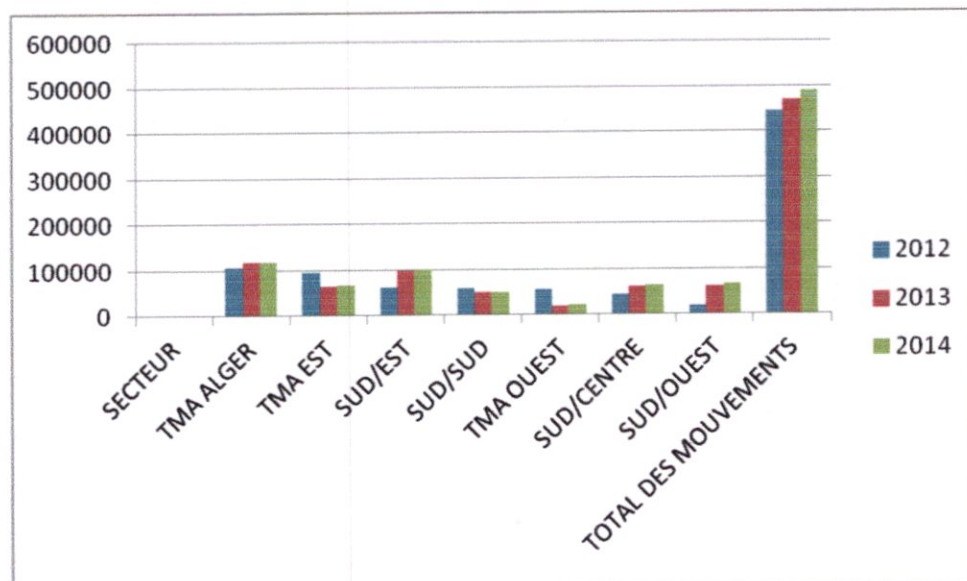


Figure II.6 Évolution du trafic en route par secteur 2012-2014

En termes des secteurs de contrôle la distribution du trafic en route se partage sur la partie nord présentée par la TMA Alger et la TMA Nord-Est sur la partie sud présentée par les secteurs Sud-Sud et Sud-Est.

L'évolution du trafic dans la partie nord est due à la localisation d'aérodromes internationaux dans les principales villes du nord Algérien dont « Alger » la capitale, et à la position géographique de ces secteurs qui constituent l'entrée et la sortie des flux de transit Nord-Sud et Est-Ouest.

Dans la partie sud le secteur Sud-Est compte un nombre important du trafic dû à la présence d'une zone pétrolière, et aussi des vols transitaires, le secteur Sud-Sud connaît un trafic dense qui dépend d'une grande proportion à des vols en transit.

### II.5.3 Pointe de trafic de la TMA EST

La TMA EST fait partie des secteurs qui gèrent un trafic important en FIR Alger, la majorité du trafic est soit en montée ou en descente, la pointe de trafic est le plus souvent enregistrée la matinée.

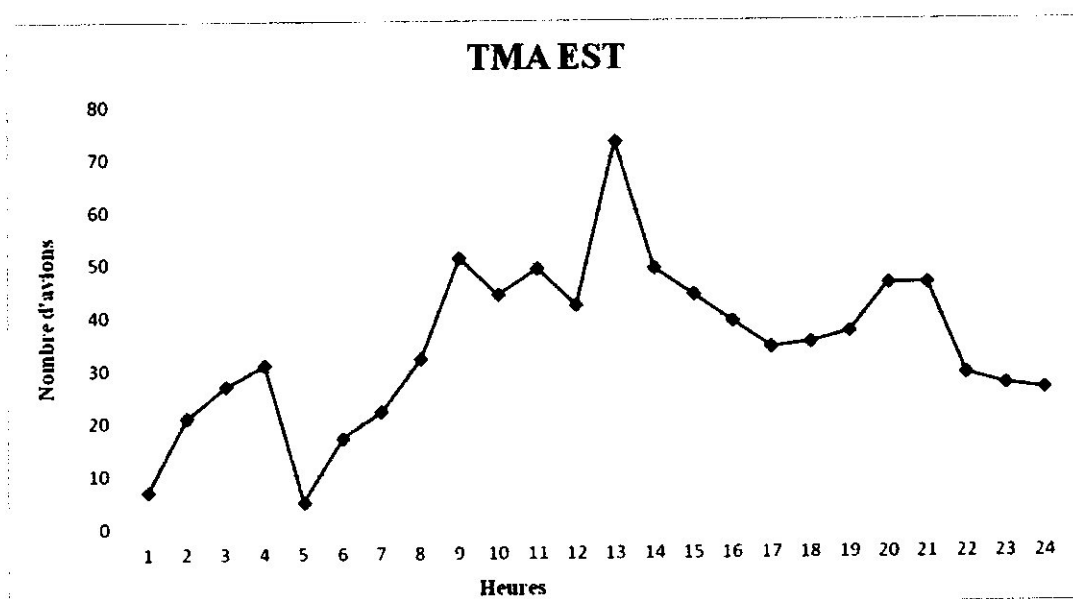


Figure II.7 charge horaire de la TMA EST

Ce tableau présente un échantillon du trafic aux heures de surcharge, on remarque qu'il a un surplus du trafic pendant la matinée et exactement à 12h, les 73 vols enregistrés représentent une augmentation très importante.

Heure de surcharge	Nombre d'avions
08	51
09	44
10	49
11	42
12	73
13	49
14	44

Tableau II.3 heures de surcharge de la TMA EST

### II.5.4 Prédiction du trafic en route pour la TMA EST

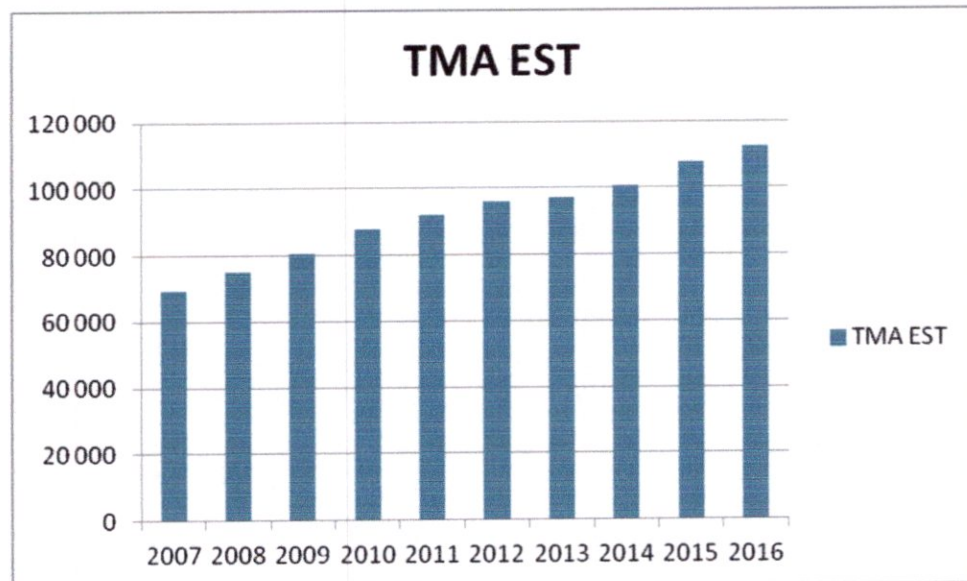


Figure II.8 Prédiction du trafic de la TMA EST

La figure II.7 nous montre clairement que le trafic aérien traité au niveau de la TMA EST est en nette augmentation d'année en année, cette évolution entraîne une diminution de la capacité de l'espace (TMA EST), ce qui représente une menace pour la sécurité au futur.

### II.6 Congestion des secteurs de contrôle

Tous les systèmes de transport sont sensibles au phénomène de congestion lié à la structure du réseau et à la confrontation d'une forte demande à une capacité limitée. En trafic aérien, les indicateurs de congestion se traduisent par la présence simultanée de plusieurs vols dans une même portion de l'espace aérien. Cette proximité peut influencer sur la sécurité des vols et nécessite de ce fait une surveillance en temps réel des positions et séparations entre vols. Pour ce faire, des normes de séparation verticale et horizontale ont été définies, ainsi qu'un découpage de l'espace aérien en secteurs de contrôle.

Il est donc nécessaire, aujourd'hui, d'optimiser la planification des vols de manière à optimiser l'utilisation des ressources de l'espace aérien et des aéroports.

#### II.6.1 Types de congestion

La congestion aérienne se divise en plusieurs types :

- **La congestion récurrente**

La congestion récurrente est une congestion répétitive dans l'espace et/ou le temps (de la journée, du mois ou de l'année). Elle exprime la notion de récurrente de la demande du transport, et plus précisément le fait que le volume de la circulation aérienne excède

l'offre du système ATC pendant des périodes, des jours ou des heures donnés liée aux déplacements dus aux activités habituelles de la société (étude, travail, congés, loisirs, pèlerinage...) ce qui engendre « des heures de pointe ». Son traitement nécessite des améliorations opérationnelles et des mesures agissant essentiellement sur la demande [12].

- **La congestion non récurrente**

La congestion non récurrente appelée aussi la congestion incidente, est due aux phénomènes aléatoires ou événementiels, et est causée localement par un accident, la météo, les activités militaires, événements exceptionnels, événements sportif (coup du monde de football, jeux olympique)...etc. elle peut se produire à toute heure du jour, mais elle est particulièrement pénalisante lorsqu'elle s'ajoute à la congestion à la congestion récurrente. Elle est mieux maîtrisée par des améliorations opérationnelles en temps réel stratégies de la gestion des incidents [12].

- **La congestion inconnue**

Lorsque un utilisateur envisage de choisir un chemin ou un horaire de départ qu'il n'a jamais expérimenté, ou dont il ne se souvient plus donc il risque de rencontrer ou de produire une congestion [13].

### II.6.2 L'impact de la congestion aérienne

La congestion aérienne se manifeste, aujourd'hui, principalement par des retards, mais elle risque, à plus long terme, de poser des problèmes de sécurité. Elle augmente les risques d'accident, réduit la mobilité et ralentie l'évolution économique. Elle est aussi une cause majeure des émissions polluantes (contribution de 2.5% du total des émissions polluantes), et compte tenu de la croissance du transport aérien, les prévisions à l'horizon 2050 porteront la part de l'aérien à 3%.

### II.6.3 Les solutions au problème de congestion [9]

Pour faire face au problème de saturation de l'espace aérien, des mesures sont prises déférents niveaux. Les principales décisions à long terme portent sur l'organisation de l'espace aérien (ASM). Pour une organisation de l'espace donnée, il faut s'assurer que le trafic ne dépasse pas la capacité des secteurs. C'est le but de la gestion des flux de trafic (ATFM). Les deux directions d'étude pour décongestionner l'espace aérien sont donc :

\_ adapter la capacité à la demande (construction de nouveaux aéroports et d'infrastructures, nouvelle sectorisation, ...)

\_ adapter la demande à la capacité (gestion des flux de trafic et meilleur partage des informations)

Pour mettre en adéquation la demande et la capacité, il paraît aussi nécessaire que les différents acteurs du système coopèrent. Cela fait partie des grands projets d'amélioration de la gestion du trafic aérien.

- **Adapter la capacité à la demande**

- **Aspects structurels**

\_ Pour augmenter la capacité, les moyens couramment mis en œuvre reposent sur l'accroissement du nombre de secteurs et la réorganisation du réseau des routes aériennes.

Mais ce système présente des limites. D'une part, si les secteurs sont trop petits, la résolution des conflits par le contrôleur est rendue plus difficile. D'autre part, plus les routes sont entrelacées, plus la gestion du trafic dans le secteur se complique en raison du nombre important de croisements d'avions.

\_ L'augmentation de la capacité passe par un meilleur partage de l'espace entre l'aviation civile et militaire. En effet, une activation des zones militaires en dehors des heures de pointe du trafic civil, comme cela se pratique déjà en Hongrie, offrirait une capacité d'espace bien supérieure et limiterait les retards de façon significative.

- **Aspects technologiques**

\_ Les progrès technologiques réalisés dans le domaine des équipements avioniques contribuent à une meilleure exploitation de l'espace aérien.

\_ L'utilisation d'outils automatisés de plus en plus sophistiqués avec de meilleures interfaces homme/machine facilite le travail du contrôleur. Ils bénéficient ainsi d'une meilleure assistance dans leurs activités de prises de décision.

\_ Les développements en technologie de l'information, grâce notamment à la technologie satellitaire, aux communications entre les mobiles et le sol par liaisons de données, améliorent l'efficacité du transport aérien.

- **Aspects organisationnels**

L'introduction de nouveaux outils nécessitent une définition nouvelle des rôles de chaque acteur. Une répartition différente des tâches entre les contrôleurs, une plus grande autonomie des pilotes dans la prise de décision, par exemple, le transfert partiel, du contrôleur vers le pilote, de la responsabilité du maintien de la séparation, sont des modifications qui permettent une réduction de la charge de travail des contrôleurs et donc un accroissement de la capacité des secteurs.

Outre ces mesures visant à obtenir des gains de capacité, une autre manière de réduire la congestion serait d'adapter la demande à la capacité disponible.

- **Adapter la demande à la capacité**

Le fonctionnement opérationnel actuel pour éviter que la demande de passage dans un secteur dépasse la capacité du secteur, des mesures de régulation sont prises par l'unité de gestion des flux. Ces actions de régulation s'opèrent en trois phases :

\_ La phase stratégique consiste à organiser le trafic à moyen et long terme (supérieur à 6 mois). Pendant cette phase, l'unité de gestion des flux recueille le nombre de vols planifiés par les compagnies aériennes. Ces données lui permettent d'avoir une prévision de la demande et de prendre des premières mesures de régulation, appelées

Trafic Orientation Scheme (TOS), permettant d'étaler le trafic dans l'espace à l'aide d'itinéraires obligatoires.

\_ La phase pré-tactique consiste à réguler une journée de trafic la veille ou l'avant veille.

Des créneaux de décollage sont alloués aux avions devant traverser des zones prévues saturées.

\_ La phase tactique, consiste à réguler le trafic le jour même en prenant des mesures qui tiennent compte des conditions réelles d'écoulement des flux (conditions météorologiques, pannes, retards,...). L'unité de gestion des flux alloue à chaque avion un créneau de décollage, propose éventuellement un re-routage (changement de route) ou des plans de vols alternatifs afin d'assurer des débits maximaux en toute sécurité.

On trouve aussi des actions de régulation portant sur la vitesse des avions et sur l'attente en l'air.

## II.7 Notion de capacité

- Le nombre d'aéronefs auxquels un service ATC est assuré ne dépassera pas celui qui peut être acheminé en toute sécurité dans les circonstances existantes par l'organisme ATC intéressé.
- La capacité ATC devrait être exprimée sous la forme du nombre maximal d'aéronefs qui peuvent être acceptés au cours d'une période donnée dans l'espace aérien concerné.
- La capacité d'un système ATS dépend de nombreux facteurs, notamment de la structure des routes ATS, de la précision de navigation des aéronefs qui utilisent l'espace aérien considéré, d'éléments liés aux conditions météorologiques et de la charge de travail des contrôleurs. Il faut tout mettre en œuvre afin d'assurer une capacité suffisante pour le trafic normal et le trafic de pointe.  
Cela dit, lors de la mise en œuvre de toute mesure visant à accroître la capacité, l'autorité ATS responsable s'assurera que les niveaux de sécurité ne sont pas compromis [1].

Note. — La mesure de capacité la plus appropriée sera vraisemblablement la capacité horaire d'acheminement acceptable. Les capacités horaires ainsi obtenues pourront être, par exemple, converties en valeurs journalières, mensuelles ou annuelles.

### II.7.1 Évaluations de capacité [1]

Pour l'évaluation de la capacité, les facteurs à prendre en compte devraient comprendre :

- le niveau et le type de services ATS fournis ;
- la complexité structurelle de la région de contrôle, du secteur de contrôle ou de l'aérodrome considéré ;
- la charge de travail des contrôleurs, y compris les tâches de contrôle et de coordination à accomplir ;
- les types de systèmes de communications, de navigation et de surveillance utilisés, leur degré de fiabilité et de disponibilité techniques, ainsi que la disponibilité de systèmes et/ou procédures de secours ;
- l'existence de systèmes ATC assurant des fonctions d'appui aux contrôleurs et d'alarme ;
- tout autre facteur ou élément jugé pertinent pour ce qui concerne la charge de travail des contrôleurs.

### II.7.2 Nécessité de déterminer la capacité

Depuis sa création, le secteur du transport aérien est un domaine globalement en forte croissance. Le trafic aérien ne cesse d'augmenter, causant des saturations de plus en plus fréquentes des systèmes de contrôle aérien.

La TMA Est fait partie des secteurs qui gèrent un trafic important en FIR Alger, mais si le nombre d'avions traversés le secteur dépasse une certaine limite (la limite au-delà de laquelle les contrôleurs en charge du secteur ne peuvent plus accepter de nouveaux avions), les contrôleurs de ce secteur ne sont plus en mesure d'assurer la gestion du trafic dans des conditions optimales de sécurité. Pour cette raison vient l'importance de déterminer la capacité de ce secteur.

## II.8 Conclusion

Ce chapitre décrit le fonctionnement de contrôle aérien et les problèmes associés. De fait, une telle évolution de contexte questionne quant à la capacité du système de contrôle aérien actuel pour faire face à une augmentation du nombre de vols à superviser.

Donc, on est dans le besoin de connaître la limite où le contrôleur peut gérer son trafic de manière sûre et efficace pour réduire la congestion, afin de déterminer cette limite, de nombreuses méthodes ont été établies dont certaines nous allons citer dans le chapitre suivant.

**Chapitre III**  
**Méthodes d'estimation de la capacité d'un**  
**secteur ATC**



### III.1 Introduction

Le but de l'ATFM est d'atteindre un équilibre entre la demande du trafic aérien et la capacité du système pour assurer une utilisation optimale et efficace du système de l'espace aérien. Ceci est réalisé en équilibrant la demande et la capacité déclarée par les fournisseurs de services de la circulation aérienne appropriés afin d'accueillir un nombre maximum de vols sous un concept de porte à porte.

Afin de gérer cet équilibre demande-capacité, il est nécessaire de connaître la demande actuelle et prévue, pour établir une base de capacité en utilisant un calcul analytique et d'analyser l'impact qu'aura prévu de la demande sur la capacité existante, afin d'élaborer un plan d'amélioration de capacité.

### III.2 Capacité de l'espace aérien

La capacité de l'espace aérien est non absolue, mais elle peut être plus ou moins optimisée en fonction de nombreux facteurs, tels que la conception et la flexibilité de l'espace aérien; la capacité du système ATC; nombre de secteurs et de leur complexité; espace aérien réservé; la disponibilité, la formation, et la capacité du personnel de réponse; infrastructure disponible CNS; degré d'automatisation; et même l'équipage et le type d'avions de la flotte.

Lorsque l'on analyse la capacité de l'espace aérien, nous sommes intéressés à se concentrer sur la capacité du système de l'ATC et, dans ce sens, nous avons mis en évidence certains concepts qui doivent être prises en compte comme indicateurs pour calculer la capacité du secteur de l'ATC, tels que: la charge de travail, l'importance de l'observable et tâches non observables effectuées par les contrôleurs de la circulation aérienne. Nous présentons également quelques modèles utilisés pour mesurer et évaluer les paramètres utilisés pour déterminer la capacité afin de répondre à la demande du trafic aérien [16].

### III.3 Le concept de charge de travail

Il est nécessaire d'analyser l'impact que le contrôleur "charge de travail" a sur la mesure de la capacité ATC dans un secteur de l'espace aérien donné, et d'identifier les techniques nécessaires pour calculer la gestion du trafic dans un système automatisé en utilisant des modèles.

Des tentatives ont été faites à la mesure de la charge de travail en assignant une valeur à diverses tâches (tâches de charge) effectuées par le contrôleur.

Il faut également tenir compte des études approfondies sur, et les approches de la charge de travail qui tiennent compte des facteurs humains, où la sensibilisation de la situation, la détection d'erreur et la surveillance du système, le travail d'équipe, la

confiance et une formation adéquate, l'erreur humaine, etc., sont des aspects fondamentaux à être pris en compte [16].

Lors de l'analyse des capacités, il est important de considérer la nature des tâches qui composent la charge de travail, car il ya des tâches qui peuvent être observables et quantifiables, tandis que d'autres ne peuvent être observés et, par conséquent, ne sont pas si faciles à quantifier.

Néanmoins, il est possible d'établir des valeurs constantes pour ces tâches non quantifiables fondées sur des analyses statistiques et, ainsi, tenir les dans la méthodologie utilisée dans certains modèles.

### **III.4 Définition de capacité**

La capacité d'un système de gestion du trafic aérien est le pouvoir de fournir des services de navigation aérienne à un certain volume du trafic aérien, en ligne avec le haut niveau ciblé de sécurité et sans imposer des significatives opérationnelles, économiques ou pénalités environnementales dans des circonstances normales [19].

#### **- Capacité du secteur**

La capacité horaire du secteur est le nombre maximum d'entrées de vol à une heure qui peut sans risque être assignées aux contrôleurs du secteur. Autrement dit, les contrôleurs du secteur peuvent traiter tous ces vols sans dépasser la durée maximale de travail, qui est le seuil de surcharge [19].

### **III.5 Modèles utilisés pour l'estimation de la capacité d'un secteur ATC**

Il existe de nombreuses méthodes de calcul de la capacité et, aussi facilement noté dans les différents modèles décrits dans ce mémoire, la charge de travail de contrôleur de la circulation de l'air est un paramètre important dans ces modèles. Par conséquent, une meilleure connaissance des facteurs de charge de travail et leurs implications fourniront pour un ajustement opérationnel plus approprié des services fournis pour répondre à la demande.

#### **III.5.1 Modèle DORATASK « Directorate of Operational Research and Analysis » (Méthode anglaise)**

Un modèle largement utilisé pour l'évaluation des tâches et l'analyse de la charge de travail est le modèle DORATASK. C'est un modèle analytique basée sur la simulation en temps rapide qui fournit des exemples clairs et des calculs logiques. Ce modèle a été utilisé d'abord par la recherche opérationnelle Royaume-Uni et le Bureau d'analyse pour estimer la capacité du secteur de l'ATC (DORA Rapport intérimaire 8818), pour les secteurs terminaux (DORA rapport intérimaire 8916) et de calibrer un modèle simulé pour deux secteurs de l'itinéraire de la London ACC (DORA Rapport 8927).

Dans ce modèle, la charge de travail est calculé en additionnant le temps qu'il faut le contrôleur pour effectuer toutes les tâches nécessaires, à la fois observables et non observables, associés à l'écoulement du trafic aérien dans sa / son secteur et de la position de travail. La capacité du secteur est déterminée en additionnant la charge totale de la tâche à un paramètre qui indique la quantité de temps nécessaire pour la récupération du contrôleur [16].

#### **a) Tâches observables**

Les tâches observables sont celles qui peuvent aisément être enregistrées et chronométrées par un observateur extérieur; exemples : communications radiotéléphoniques et téléphoniques, marquage de fiches et coordination par liaisons vocales directes.

Sont les tâches de routine effectuées par le contrôleur, tels que ceux qui sont applicables à tous les aéronefs, indépendamment de combien d'avions sont sous sa / son contrôle (par exemple, les communications standard), et ces tâches visant à la résolution des conflits lorsqu'un aéronef est confronté à une réelle ou de conflit potentiel [15].

#### **b) Tâches non observables**

Sont les tâches de planification menées par le contrôleur et les tâches mentales nécessaires pour détecter ou de prévoir les conflits. Mais il est important de noter que certaines tâches ne peuvent être observées dans les systèmes de procédure, mais peuvent être observées et quantifiées dans les systèmes automatisés (par exemple, la planification, la prévision des conflits). Bien que la planification soit une tâche non observable, le modèle DORATASK contient des algorithmes qui estiment la charge de travail. Ces estimations et les exemples sont basés sur des données statistiques qui fournissent des valeurs constantes utilisées pour régler des formules analytiques.

Dans le cas des terminaux calculs de la capacité de la zone, le modèle DORATASK identifie deux tâches non observables, le traitement initial et la surveillance radar. Ces tâches sont modélisés en utilisant le nombre d'écrans radar et la combinaison de paires d'avions qui doivent être vérifiées. Étant donné que ces tâches sont, par définition, linéaires et quadratiques par rapport au nombre d'aéronefs, chacune de ces mesures est multipliée par un nombre indéterminé (valeur constante) qui est estimée par chaque analyste après une comparaison avec les secteurs de la capacité connue [16].

Le modèle DORATASK a servi de base pour de nombreuses autres applications et modèles de calcul des capacités, en tenant compte la charge de travail du contrôleur. Cependant, ce n'est pas le seul modèle à prendre en compte étant donné que, comme indiqué, il a quelques limitations. Néanmoins, ce modèle est tout à fait approprié pour les études de capacité du secteur de l'ATC et, avec les modifications appropriées, peut être ajusté pour des systèmes automatisés.

### III.5.2 Méthode MBB de Messerschmidt, Bolkow et Blohm (Méthode allemande)

La méthode MBB relative aux estimations de la capacité d'un poste de travail ATC est fondée sur la quantification du volume de travail d'un poste de contrôleur radar. Cela a été rendu possible :

- a) Par la classification en catégories de toutes les démarches de travail observées, c'est-à-dire le nombre d' « unités de travail » que le contrôleur est capable d'exécuter ;
- b) Par la mesure du temps nécessaire à toutes les catégories observées ;
- c) Par la prise en compte de la capacité de l'espace aérien, qui dépend des risques de conflit à l'intérieur du secteur et par conséquent de la structure du secteur et des caractéristiques du trafic.

Comme il n'a pas été possible d'observer toutes les unités de travail, les temps correspondants ont été enregistrés indirectement. Cela a été effectué par un travail supplémentaire destiné à enregistrer « la capacité libre » du contrôleur, c-à-d le temps dont le contrôleur n'a pas besoin pour exécuter sa tâche de contrôle. Les catégories ci-après de démarches de travail ont été définies, afin de permettre leur évaluation au regard du temps :

- a) Durée des transmissions en radiotéléphonie ;
- b) Durée des démarches (marquage de fiches, ordonnancement des fiches de contrôle aux fins de la planification) ;
- c) Temps nécessaire pour enregistrer et traiter les informations.

Cela comprend les catégories ci-après, qui ne peuvent être qu'en partie observées directement :

- 1) Dialogue de coordination entre contrôleur exécutif et coordonnateur;
- 2) Notification visuelle des informations grâce à des affichages et des fiches ;
- 3) Utilisation de toutes les informations dans le processus de réflexion et de décision ;
- 4) Capacité libre mesurée grâce au travail supplémentaire.

Le temps nécessaire pour les catégories « enregistrement des informations » et « traitement des informations » a dû faire l'objet d'investigation indirectes. Le temps nécessaire mentionné ci-dessus résulte de la différence entre le temps nécessaire pour les catégories de travail qui peuvent se mesurer directement et le temps total disponible [15].

#### • Calcul de la capacité

De manière plus générale, si  $t$  est le temps de fréquence pour un aéronef, et  $r$  la proportion du temps passé à la fréquence, une UW nécessite  $t$  secondes.

Pendant une heure, un contrôleur peut traiter (à 100%)

$$\frac{3600 \cdot r}{t} \text{ UW/h} \quad (1)$$

Si  $C_i$  est le coefficient de complexité relevé pour  $n_j$  aéronefs de même catégorie, le nombre d'UW est pour  $n$  aéronefs :

$$\frac{\sum n_j \cdot c_j}{N} = \sum_i P_i \cdot C_i \quad (2)$$

Avec  $P_i$  la proportion d'aéronefs de complexité  $C_i$ .

La capacité d'un secteur est donc (à 100%) :

$$\frac{3600 \cdot r}{t \cdot \sum_i P_i \cdot C_i} \quad (3)$$

#### • Méthode MBB simplifiée

Si on appelle :

$Q$  : la quantité de trafic pondérée, c-à-d le nombre de minutes de contrôle cumulées pour tous les aéronefs traversant le secteur, mesuré par heure,

$C_i$  : le coefficient de complexité de la classe de trafic  $i$ ,

$P_i$  : la proportion du trafic de classe  $i$  qui traverse le secteur,

$T_i$  : le temps moyen de vol de ce trafic

Alors la capacité  $N$  se calcule ainsi :

$$N = \frac{Q}{\sum_i C_i \cdot P_i \cdot T_i} \quad (4)$$

Avec :

$Q=600$  mn ce qui est l'équivalent de 60 aéronefs traversant le secteur en 10 mn, et trois classes de trafic :

- Stable :  $C1=1$  ;
- Evolutif dans la même tranche d'espace :  $C2=1,24$  ;
- Evolutif entre deux tranches d'espace :  $C3=1,62$  ;

La méthode MBB simplifiée induit une limitation supplémentaire qui concerne la saturation du contrôleur organique : le nombre de strips actifs ne doit pas excéder 15. Les résultats de calcul sont rassemblés sur des abaques qui sont des courbes paramétrées du type hyperbole. Cette méthode qui apparaît simple et cependant assez lourde à mettre en œuvre.

En effet, il est très difficile de mesurer des temps de vol pour chaque classe de trafic. Les coefficients dits de complexité ne tiennent pas compte des conflits de convergence mais uniquement du type d'évolution. Il n'existe pas dans cette méthode de lien entre la charge et la capacité [18].

- **Méthode MBB simplifiée affinée**

Cette méthode tient compte des situations de conflit, ce qui manquait à la MBB simplifiée. Les classes initiales (stable évolutifs dans la même couche et évolutifs inter-couches) sont conservées mais on y adjoint 3 sous classes qui correspondent aux cas de conflits, assorties des coefficients suivant :

C1=1	avec conflit Ck1=2,4
C2=1,24	avec conflit Ck2=2,64
C3=1,62	avec conflit Ck3=3,02

On détermine ensuite les pourcentages P1, P2, P3, Pk1, Pk2, Pk3 et les temps moyens de vol T1 T2 T3 Tk1 Tk2 Tk3 pour chaque catégorie.

La capacité est donnée par la formule suivante :

$$N = \frac{600}{\sum_i C_i \cdot P_i \cdot T_i \sum_i C_{ki} \cdot P_{ki} \cdot T_{ki}} \quad (5)$$

Cette méthode qui répond au vœu d'intégrer la complexité induite par les conflits n'est facilement applicable que sur une simulation. En effet, l'étude d'un secteur en temps réel ou avec des archives pour déterminer les pourcentages et les temps de chaque catégorie, serait très lourde et très coûteuse en temps et en personnel [16].

### III.5.3 Modèle de calcul de la capacité du secteur utilisé au Brésil

Au Brésil, le nombre d'appareils qui peuvent être contrôlés simultanément par un seul contrôleur (N) dans un secteur donné est estimé en utilisant la formule suivante (ICA 100-30):

$$N = \varphi \cdot \delta \cdot (\eta \cdot \tau m \cdot \nu m) - 1 \quad (1)$$

Où la capacité de l'ATC est une fonction directe ou inverse de certains facteurs (ICA 100-30) à considérer: Facteurs directement proportionnelle à la capacité ATC:

$\varphi$ : le facteur de disponibilité de l'unité de commande, définie comme le pourcentage de temps disponible pour préparer des procédés de séparation de l'aéronef;

$\delta$ : distance moyenne parcourue par les avions dans le secteur, qui est une fonction des chemins et en route ou procédures terminales établies pour chaque secteur; facteurs inversement proportionnelle à la capacité ATC:

$\eta$ : nombre de communications pour chaque avion dans le secteur, qui doit être limité au nombre le moins possible nécessaire pour une entente entre le pilote et le contrôleur. Ce nombre peut être réduit au minimum en délivrant une attestation complète suffisamment à l'avance pour la planification de vol;

$\tau_m$ : la durée moyenne de chaque message. Ce facteur peut être minimisée par l'émission de messages de façon objective, sans longues explications qui sont préjudiciables pour la compréhension entre le pilote et le contrôleur; et

$v_m$ : vitesse de l'aéronef dans le secteur signifie.

Les valeurs des coefficients  $\phi$ ,  $T$ ,  $\eta$  et  $x_m$  sont empiriquement obtenus en suivant les procédures standards (DECEA, 2007).

Par exemple, nous pouvons considérer  $T = 12$  minutes,  $x_m = 9$  secondes,  $\phi = 60\%$ ,

$\eta = 6$ , ce qui donne un certain nombre d'aéronefs  $N = 8$  contrôlé simultanément par le contrôleur dans le secteur donné. En d'autres termes, dans ce secteur et dans ces conditions, un contrôleur serait simultanément contrôler 8 appareils.

Il ya plusieurs facteurs qui constamment influent sur le nombre  $N$  et qui sont directement liés, tels que la taille de la modification du secteur ou de la route. Par conséquent, chaque fois qu'un changement significatif est observé, la valeur obtenue doit être mis à jour.

Dans des conditions idéales, la collecte de données doit être faite avec trafic intense. Par conséquent, la sélection de la période idéale est un facteur à prendre en compte, car il a une incidence directe sur le résultat final [16].

- **Avantage de la méthode du Brésil**

- Elle nous donne de façon globale une estimation sur la capacité du secteur.
- L'utilisation d'un modèle qui est applicable à la fois à l'aéroport et de la capacité du secteur de l'ATC.
- Il ne nécessite pas des valeurs constantes provenant de bases de données que certains états n'ont pas encore disponible.

### III.5.4 La méthode basée sur la charge de travail [17]

Les attributs d'un secteur et son trafic génèrent des tâches pour le contrôleur. S'il y a  $j$  tâches distinctes, nous pourrions exprimer la charge de travail comme suit :

$$G = \sum_{j=1}^j \tau_j * \lambda_j \quad (1)$$

Où  $\tau_j$  est le temps nécessaire pour compléter une tâche  $j$ , et  $\lambda_j$  est le taux de son apparition. La métrique  $G$  peut alors être considérée comme « l'intensité de la charge » ou la fraction du temps disponible pour le contrôleur afin d'exécuter les tâches dans le secteur occupé. Il y a une certaine valeur  $G_m$  au cours de laquelle un contrôleur se sentira mal à l'aise d'accepter le trafic supplémentaire. Ce niveau de confort maximum définit la capacité du secteur.

Ce modèle emploie quatre types de tâches, différentes selon les caractéristiques de leur apparition. Les quatre types de tâches sont définis comme :

- Tâches de fond,
- Tâches de transition,
- Tâches récurrentes,
- Et les tâches de conflit.

#### a) Les tâches de fond

Les tâches de fond se produisent sans égard au nombre d'avions dans le secteur. Elles se produisent à une moyenne de taux  $\lambda_b$  et exigent une moyenne de temps à compléter  $\tau_b$ . Les tâches de fond comprennent les activités de routine telles que la configuration d'affichage, la coordination avec les gestionnaires et les superviseurs, le maintien de zones de travail, de vérifier les performances de surveillance, et en examinant les prévisions météorologiques.

Ces tâches absorbent une petite fraction de temps constante du contrôleur :

$$G_b = \lambda_b * \tau_b \quad (2)$$

#### b) Les tâches de transition

Les tâches de transition se produisent chaque fois qu'un avion passe dans le secteur. Elles comprennent des tâches telles que l'acceptation, le contact initial, la familiarisation avec les informations de plan de vol, et planification d'itinéraire initial. La méthode regroupe les tâches de transition en tenant compte de leur besoin d'une moyenne de temps  $\tau_t$  pour remplir ces tâches et de se produire à une moyenne des taux  $\lambda_t$ .



Le taux d'apparition des tâches de transition  $\lambda_t$  égale à la moyenne des aéronefs dans le secteur  $E[N]$  divisé par le temps de transit moyen dans le secteur  $T$ . ce taux est équivalent au débit du secteur.

$$\lambda_t = E[N] / T \quad (3)$$

**c) Les tâches récurrentes**

Les tâches récurrentes se produisent à plusieurs reprises pour chaque avion qui reste dans le secteur. Ces tâches exigent une moyenne de temps  $\tau_r$  pour les terminer. Ils se reproduisent à une moyenne de  $\lambda_r$ , où :

$$\lambda_r = E[N] / P \quad (4)$$

Ici  $P$  est la période de récurrence de la tâche moyenne par avion. Les tâches récurrentes comprennent des activités telles que l'analyse de la circulation, l'espace aérien restreint et l'évitement de conditions météorologiques dangereuses, les changements de plan de vol, et les mises à jour de statut. Ces tâches récurrentes comprennent également des activités destinées à prévenir les conflits, comme la surveillance de la conformité et de la planification de séparation.

**d) Les tâches des conflits**

Les tâches de conflit se produisent quand il y a des conflits entre deux avions. (Bien que les conflits entre trois appareils ou plus sont une préoccupation majeure pour les contrôleurs, cette préoccupation est généralement déclenchée par un conflit paire. Le taux de conflit multi-avion est trop faible par rapport au taux de conflit paire de nécessiter un traitement distinct).

Les tâches de conflit incluent des activités telles que la détection des conflits, vectorisation pour la résolution des conflits, l'examen de rencontres secondaires, et la récupération de l'itinéraire post-conflit. Les tâches de conflit sont regroupées en considérant qu'ils nécessitent une moyenne de temps  $\tau_c$  pour les remplir et de se produire à une moyenne des taux  $\lambda_c$ .

Pour un secteur avec un nombre d'aéronefs  $N_s$ , le taux de conflit varie comme le carré de  $N_s$  multiplié par  $B$  divisé par le volume du secteur  $Q$ .

$$\lambda_c = (B * N_s^2) / Q \quad (5)$$

Dans cette équation,  $B$  est une constante physique sur la base de la vitesse de fermeture de l'aéronef et des normes de séparation.

$$B = 2 * M_h * M_v * E [V_{12}] \quad (6)$$

Où  $M_h$  et  $M_v$  sont les distances horizontales et verticales qui définissent une violation de la séparation, et  $E [V_{12}]$  est la valeur attendue de la vitesse de fermeture.

Si la densité de la circulation volumétrique locale est  $\kappa$ ,

$$\kappa Q = E[N] \quad (7)$$

L'hypothèse de poisson donne un taux moyen de conflit :

$$\lambda_c = B\kappa * (\kappa Q + 1) \quad (8)$$

#### e) La charge de travail totale

L'intensité  $G$  est la fraction de temps disponible du contrôleur consacré à chacun de ces quatre types de tâches :

$$G = (\tau_b * \lambda_b) + (\tau_t * \lambda_t) + (\tau_r * \lambda_r) + (\tau_c * \lambda_c) \quad (9)$$

Cela s'élargit à :

$$G = G_b + (\tau_t * (\kappa Q / T)) + (\tau_r * (\kappa Q / P)) + (\tau_c * B\kappa (\kappa Q + 1)) \quad (10)$$

On calcule les termes liés à la vitesse ( $\kappa, T, B$  et  $Q$ ) directement à partir de la géométrie du secteur et les paramètres de trafic. Les valeurs ( $G_b, \tau_t, \tau_r, P$  et  $\tau_c$ ) sont tous empiriques.

L'addition de fond, la transition, récurrent, et des tâches de conflit atteignent une limite de confort  $G_m$  nominale de 80% du temps total disponible, les contrôleurs déclarent que le secteur avait atteint sa charge maximale  $G_m$ .

- **Avantage**

Ce modèle analytique permet de quantifier l'impact de la charge de travail, la géométrie du secteur, le sens d'écoulement, et les conflits air-air.

Il pourrait permettre une estimation en temps réel de la capacité de l'espace aérien résiduel lorsque le temps bloque partiellement un secteur.

### III.5.5 Méthode du débit moyen

Elle se base sur la connaissance de deux facteurs moyens :

- La charge moyenne de trafic instantané acceptable sur une unité de contrôle (vols en contact + vols coordonnés).
- Le temps moyen de présence sur une unité de contrôle.

Elle se détermine ainsi :

$$\text{capacité} = \frac{\text{nombre d'aéronefs en compte}}{\text{temps moyen de présence}} \quad (1)$$

Le nombre moyen d'aéronefs en compte a été fixé forfaitairement à 12, sachant que la distribution des arrivées dans un secteur occasionnera inévitablement des pointes de charge, malgré les efforts de régulation. C'est un nombre moyen qui doit pouvoir s'appliquer à tous les secteurs, il relève d'un consensus au sein du centre et semble donner satisfaction par des calculs à priori qui seront ensuite validés sur des configurations et des flux réels par des calculs de fréquence et de durée de dépassement.

La difficulté principale de l'application de cette formule reste la connaissance du temps moyen de présence de l'aéronef dans le secteur. En fonction des statistiques de trafic qui fournissent des pourcentages des principaux flux et des longueurs des axes correspondants, on peut évaluer un temps moyen de traversée qui est ensuite corrigé en fonction des pourcentages on lui ajoute enfin une estimation du temps moyen de coordination.

Bien que cette méthode offre l'énorme avantage de tenir compte de la nature du trafic en se basant sur des statistiques de fréquentation par axe, elle présente l'inconvénient de ne pas considérer la distribution des arrivées d'aéronefs dans le secteur, même si elle prévoit des marges pour les pointes de charge. La prise en compte d'un nombre moyen d'aéronefs qui restent en charge pendant un temps moyen, revient à dire qu'un secteur est alimenté par un flux constant d'aéronefs, sa capacité étant son débit. On ne sait donc pas quel niveau de charge sera induit sur le secteur, ni le temps pendant lequel il faut prévoir cette charge [18].

### III.5.6 Méthode d'EUROCONTROL pour estimer la capacité du secteur

- **Introduction à une nouvelle méthodologie pour évaluer la capacité du secteur à un niveau macroscopique**

L'évaluation de la charge de travail et les estimations de capacités sont les pierres angulaires dans de nombreuses études EUROCONTROL: par exemple, pour tester l'efficacité d'un nouveau processus, d'une nouvelle conception des routes ... Ces évaluations doivent être traitées rapidement, à différentes échelles de temps et les différentes zones en fonction des différentes demandes.

La préparation d'une étude de calcul de la charge de travail par le processus CAPAN est très exigeante. Il faut l'accord des experts opérationnels sur la définition de nombreuses tâches prédéfinies, avec leur calendrier en quelques secondes, et tous les paramètres de contrôle pour déclencher l'action de l'ATC.

CAPAN est un processus long et complexe, par conséquent, une formule simplifiée pour calculer la charge de travail du contrôleur a été développée. Il est moins précis que le processus RAMS, mais peut être affiné au moyen de paramètres de charge de travail d'optimisation et de classification du secteur par leur complexité de la circulation. Cette

formule simplifiée satisfait aux conditions mentionnées à 2 (objectif) et est adapté à une nouvelle méthodologie pour évaluer la capacité COCA. Nous décrivons cette formule et nous présentons brièvement cette méthode.

- **Formule simplifiée pour calculer la charge de travail**

La simplification est basée sur l'hypothèse que, grosso modo, chaque action ATC tombe dans l'une de ces trois catégories de tâches:

- tâche de routine
- tâche de surveillance du changement de niveau
- tâche de surveillance des conflits

Pour chaque tâche, nous avons besoin:

- Durée de la tâche: pondéré par un temps en secondes pour exécuter la tâche
- occurrences de la tâche: le nombre de routine, montée / descente, et les tâches de conflit

$$WL = t_{r} * O_{r} + t_{cnf} * O_{cnf} + t_{cl} * O_{cl} \quad (1)$$

$O_{r}$ ,  $O_{cnf}$ ,  $O_{cl}$  respectivement, sont les occurrences de routine, montée / descente, et les tâches de conflit au cours de la période considérée (une heure généralement).

$t_{r}$ ,  $t_{cnf}$ ,  $t_{cl}$  respectivement, sont les durées des tâches de routine, montée / descente et de conflit.

Cette formule a été développée dans l'ordre:

- Pour être en mesure d'isoler les principaux facteurs de charge de travail
- Pour être en mesure de calculer les paramètres nécessaires pour l'ensemble de l'Europe
- Pour perdre le moins de précision que possible, par rapport à RAMS

RAMS est un «générateur d'événement ATC qui rend compte de ses événements discrets, ou les déclencheurs, permettant ainsi le modelleur de programmer un ensemble unique d'activités, y compris les ensembles de tâches ATC et les participants ATC définis par l'utilisateur sont nécessaires, d'effectuer une étude de simulation".

Pour évaluer le poids de ces trois macro-tâches dans la formule de charge de travail simplifiée, les experts de RAMS divisées chacune de leurs tâches "élémentaires" en trois composantes (de routine, dédouanement de niveau et de résolution des conflits). Chacune de ces composantes a reçu une moyenne de leurs poids sous-tâches comme un coefficient de charge de travail ( $t_j$ ).

Puis, ils ont comparé deux courbes de charge de travail au cours d'une simulation: celui résultant des micro-tâches habituelles; l'autre en utilisant la correspondance entre micro et macro-tâches.

### La manipulation des données

Afin de satisfaire les objectifs de développement de la formule simplifiée et plus généralement, au produit de donnée appropriée pour l'analyse de la complexité, EEC (Eurocontrol Experimental Centre) a développé la boîte à outils WOODSTOCK.

- **WOODSTOCK**

#### Entrée

- Plan de vol
- ACC configuration (par exemple sectorisation à différents moments de la journée)
- description géométrique des structures de l'ACC (par exemple des listes de waypoints et aides à la navigation)

#### Sortie

- comptages de la circulation
- La densité du trafic
- Nombre d'entrées du secteur par vol
- Nombre de conflits
- Les mesures de changements de niveau de vol
- La distance moyenne parcourue par vol
- Répartition du trafic par type d'avion
- Etc.

WOODSTOCK produit une sortie sous la forme d'un compte de trois tâches principales occurrences (entrées de vol, les conflits et les changements de niveau) dans la formule simplifiée pour les quatorze secteurs de Maastricht Upper Area Centre (UAC).

Pour cette étude, nous avons utilisé les tâches de durée "standard". Tâches de durée standard ont été définis comme de la durée des tâches moyenne calculée pour certains ACC représentant au cours du processus de validation. Une amélioration du calcul de ces tâches de durée en fonction de la complexité est en cours, tel que mentionné dans les objectifs.

Durée de la tâche standard utilisé (en secondes):

- tâche de routine = 43
- Montées et suivi de descente task = 15
- Nous introduisons une spécialisation de la durée du conflit en trois ensembles de catégories de conflit.
  - Tâche de surveillance Crossing-des conflits = 70
  - Along- tâche de surveillance piste conflit = 10
  - Opposite- tâche de surveillance piste conflit = 10

Nous appliquons la formule ci-dessous, qui donne la charge de travail du contrôleur, en supposant qu'ils travaillent avec un équipement standard et l'application de procédures standard.

$$WL = 43 * nbFL + 70 * nbCnfCross + 10 * nbCnf (Tr + Opp) + 15 * nbMcl \quad (2)$$

- **L'évaluation des capacités en utilisant la formule simplifiée**

Comme nous calculons la charge de travail par la formule simplifiée, nous pouvons tracer les valeurs (la demande de trafic / charge de travail). Ensuite, nous attirons une régression parabolique à travers le nuage de point obtenu. L'abscisse de l'intersection de cette ligne et le seuil prédéfini est la capacité du secteur par régression [19].

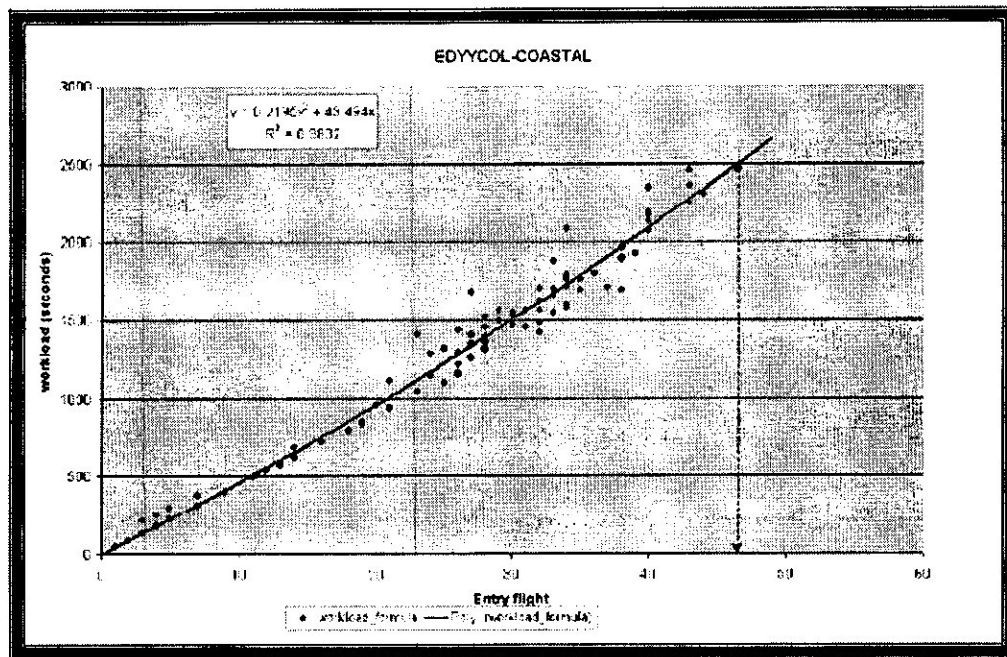


Figure III.1 Le nombre d'aéronefs en fonction de la charge de travail

### III.6 Conclusion

Plusieurs paramètres ont une influence sur la capacité de l'espace aérien, ces paramètres sont parfois mis en forme mathématique pour calculer cette capacité. Pour cela beaucoup de travail est consacré pour l'estimation de la capacité de l'ATC, on remarque que la charge de travail du contrôleur est un paramètre important dans ces modèles.

Dans l'absolu, la méthode EUROCONTROL est une méthode qui se justifie, du fait que le type de trafic est vraisemblablement de même nature, même si la complexité et les moyens sont différents.

Néanmoins, nous trouvons que cette méthode est bonne et peut être justifiée (pour

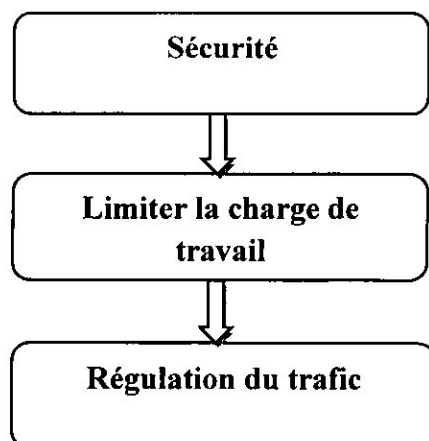
les secteurs du nord) par la présence de contrôle radar, et du fait que nous sommes un pays qui coopère avec le CFMU, il est plus apporté d'adopter des techniques et des normes compatibles ou qui utilisent une même base.

## IV.1 Introduction

La méthode d'EUROCONTROLE consiste à obtenir une valeur basée sur une formule mathématique. Les données de base pour une telle formule sont dérivées d'une enquête menée par un groupe de travail spécial à l'unité ATC, en tenant compte d'une période d'activité intense dans laquelle les actions du contrôleur et la disponibilité pour gérer le trafic du secteur de contrôle sont observés et datés; cela fournit un échantillon de données pour être utilisé dans la méthode de calcul de la capacité du secteur ATC.

## IV.2 But du travail

La capacité est calculée afin de garantir un niveau de sécurité des vols à travers le calcul et la limitation de la charge de travail des contrôleurs aériens. Une des méthodes utilisées pour limiter la charge de travail est la régulation par la location des créneaux horaires (slots).



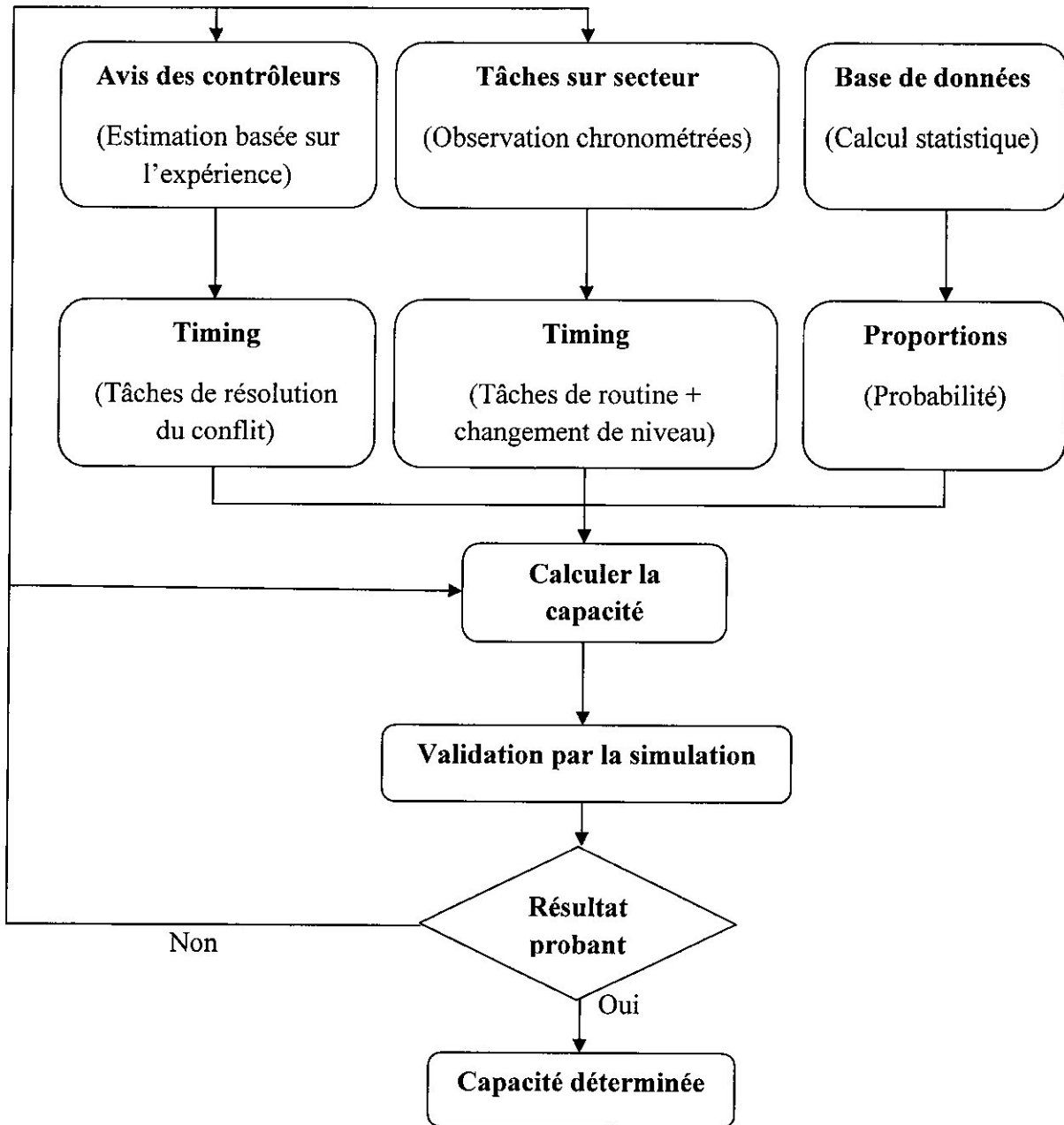
Le calcul de la capacité est exclusivement consacré aux tâches de contrôle, les tâches de coordination exécutées par l'assistant sont considérées moins contraignantes et du fait négligées lors du calcul de la capacité.

Il est inutile de calculer la saturation de l'assistant du fait que la charge de travail est plus grande pour le contrôleur en poste aussi les tâches de coordination exécutées par l'assistant ont une urgence relativement plus faible que celle du contrôleur en poste.

On définit la saturation comme étant la charge de travail qui dépasse 2/3 du temps total alloué au travail du contrôleur (20 mn pour chaque heure sont considérés comme temps nécessaire pour le repo et la récupération).



**IV.3 Présentation du programme suivi**



**Figure IV.1** Logigramme lustrant la détermination des différents paramètres pour le calcul de la capacité

La base de données relative au trafic aérien dont sont décrits les trajectoires des vols, forme un outil de base pour le calcul de la capacité.

Afin de pouvoir la valider, celle-ci est tributaire de:

- l'effectif qualifié à travers les avis des contrôleurs affectés au secteur concerné, par leur expériences dans la gestion de ce secteur ;
- du tour de service et les tâches effectuées sur le secteur.

Après le calcul de la capacité, on le valide par une simulation, si le résultat est probant on dit alors que la capacité est bien déterminée sinon on revient aux occurrences (timing) et on affine les résultats.

#### IV.4 Formule et données utilisés

Nous appliquons la formule ci-dessous, qui donne la charge de travail du contrôleur :

$$WL = t_{fl} * O_{fl} + t_{cnf} * O_{cnf} + t_{cl} * O_{cl}$$

$O_{fl}$ ,  $O_{cnf}$ ,  $O_{cl}$  respectivement, sont les occurrences de routine, montée / descente, et les tâches de conflit au cours de la période considérée (une heure généralement).

$t_{fl}$ ,  $t_{cnf}$ ,  $t_{cl}$  respectivement, sont les durées des tâches de routine, montée / descente et de conflit.

Les durées estimées et les occurrences prises de la base de données sont illustrées dans le (tableau IV.1)

Les timings (durées) nécessaires pour l'exécution de chaque tâche par le contrôleur en poste, ont été chronométrés sur position opérationnelle réelle (secteur Nord Est au CCR d'Alger).

Les valeurs considérées sont obtenues par le calcul de la moyenne arithmétique de plusieurs mesures effectuées durant deux vacations (entre 10h00 et 12h00 UTC).

Cette période a été choisie pour avoir une configuration de trafic mixte équilibré (arrivées/ départs avec trafic en transit), avec un nombre entre 6 et 14 aéronefs simultanément présent dans le secteur afin d'éviter les conditions aux limites où la charge de travail est trop faible ou au contraire excessive (dans de telles conditions les contrôleurs ont une tendance à exécuter leurs tâches de manière lente ou expéditive).

### 1. Tâches de routine

On peut distinguer :

- la coordination entre le contrôleur principal et son assistant (coordination avec OLDI et sans OLDI).

NB : le temps nécessaire pour vérifier le transfert du trafic par OLDI ou la coordination entre le contrôleur principal et son assistant est sensiblement le même, en moyenne on considère 6 sec pour la coordination du trafic entrant et sortant du secteur.

Les changements de niveau à moins de 13 mn d'entrée ou de sortie du secteur introduisent une coordination supplémentaire (13 mn : durée nécessaire pour le transfert OLDI) et de 20 mn par rapport aux autres secteurs.

OLDI (Online-Data-Interchange) est une procédure standard que le passage de chaque avion à travers la limite des zones de responsabilité des deux unités est coordonné entre eux avant le vol atteint la limite.

- Vérification et suivie du trafic : on considère qu'un temps d'environ 20 sec est nécessaire pour vérifier d'éventuels conflits chaque 5mn.
- Communication VHF pilote-contrôleur  
Les communications pilote-contrôleur -dans les conditions normales- sont essentiellement dues à :
  - ⇒ L'entrée/sortie du secteur ;
  - ⇒ Passage d'un point significatif ;
- Mise à jour du strip et d'affichage du système.

### 2. Tâches de changement de niveau

- Changement de niveau en route
- Changement de niveau Arrivées et départs

La tâche « Changement de niveau » pour arrivée/départ subit plusieurs changements de niveau par contre pour les trafics en transit dans le secteur sont généralement stables.

### 3. Tâches de conflits

On distingue deux types de conflits :

#### Trafic en route

- Présence de couverture radar
- Absence de couverture radar

**Arrivées/Départs**

- Présence de couverture radar
- Absence de couverture radar

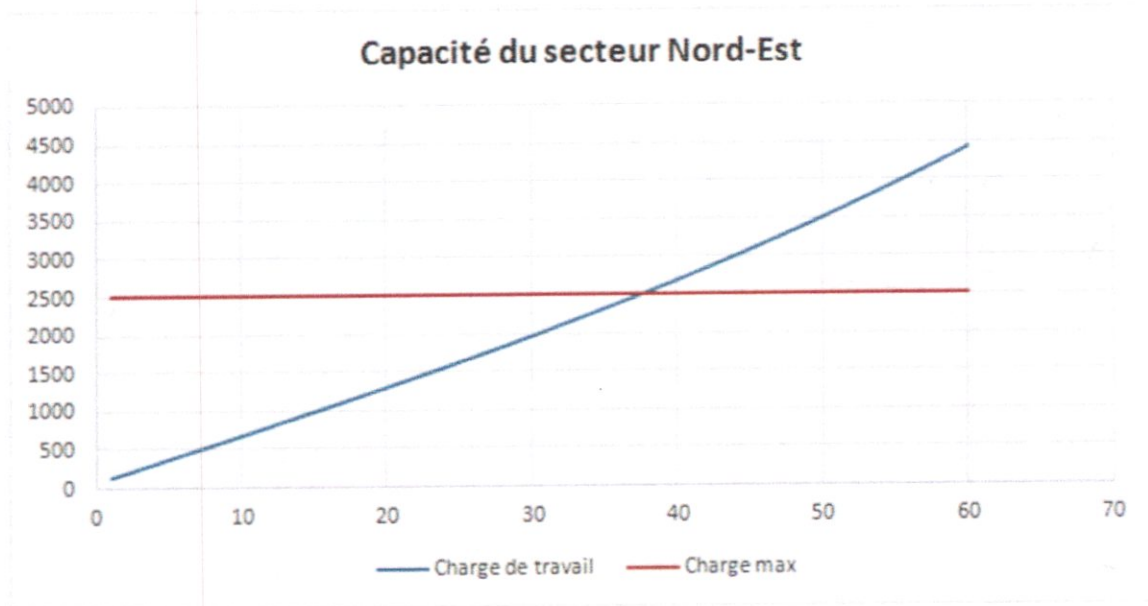
Ces valeurs nous a été difficiles d'estimer le temps nécessaire pour la gestion du conflit, néanmoins, un questionnaire a été présenté aux contrôleurs travaillant au niveau du secteur N/E. On a fait une moyenne et on a trouvé les résultats ci-dessus (voire tableau IV.1)

Tâches effectuées			Timing	Probabilité	Proportion		
Tâches de routine	Coordination	Avec OLDI	Sans Changement du FL avant 13 min du passage	6	1	0,4	
			Avec Changement du FL avant 13 min du passage	6	0,04		
		Sans OLDI	Sans Changement du FL avant 20 min du passage	6	1	0,6	
			Avec Changement du FL avant 20 min du passage	6	0,08		
	Vérification et suivie du trafic			80			
	Communication VHF pilote-contrôleur			Entrée Secteur	12	1	
				Sortie Secteur	8	1	
				Passage d'un point significatif	12	0,4	
				Mauvaise météo	40	1,4	0
				Mise à jour du strip	6	3,4	
				Mise à jour de l'affichage système	3	2,6	
Tâches de changement de niveau	Changement de niveau en route			10	0,02	0,82	
	Changement de niveau Arrivées et départs			8	0,41	0,18	
Tâches de conflits	Trafic en route	Présence de couverture radar		17	0,93		
		Absence de couverture radar		40	0,07		
	Arrivées/Départs	Présence de couverture radar		10	0,08	0,02	
		Absence de couverture radar		32	0,92		

**Tableau IV.1 Les tâches effectuées par le contrôleur dans son poste de contrôle**

### IV.5 Présentation des résultats dans les conditions normales

Notre calcul a été fait par une petite application avec Excel, et après avoir introduire les données considérées et appliquer la formule précédente on a tracé le graphe (voire figure IV.2) et on trouvé le résultat suivant :



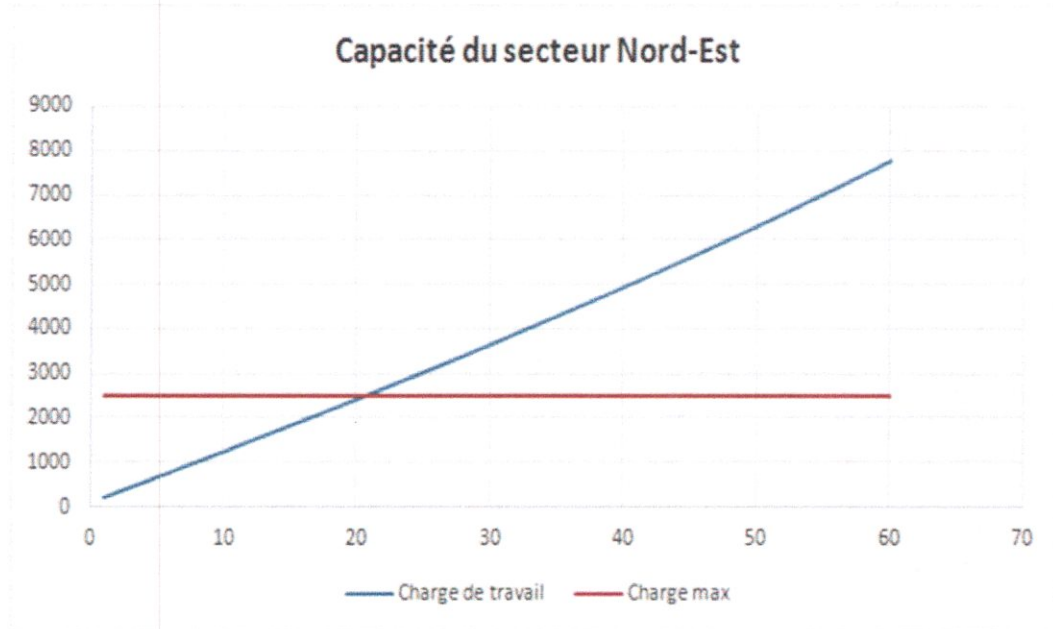
**Figure IV.2 Résultat donné par l'application**

D'après le graphe ci-dessus nous remarquons que le contrôleur affecté au poste Nord-Est peut gérer environ 37 aéronefs par heure c-à-d, au moyen de 15 aéronefs pendant 25 mn (le temps d'occupation du secteur considéré), et cela est déterminé dans les conditions normales.

## IV.6 Présentation des résultats dans les conditions inhabituelles

Il existe de plusieurs facteurs influant la capacité secteur, dans notre travail nous avons satisfait de ces deux cas :

### 1. Dans le cas de mauvaise météo

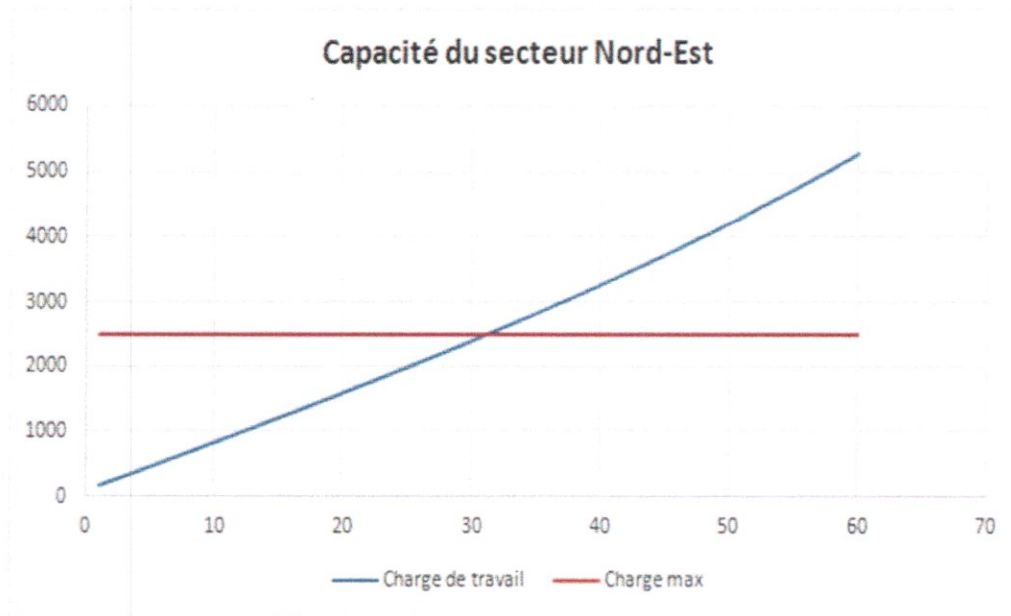


**Figure IV.3 Capacité du secteur Nord-Est dans le cas d'une mauvaise météo**

Nous remarquons que les changements météorologiques influent directement à la capacité (elle est dans les environs de 20 aéronefs par heure) du secteur du fait que le contrôleur affecté à ce secteur a une tâche de plus pour aviser le pilote de ces changements et garantir un niveau de sécurité adéquat.

Concernant les données obtenues à partir de calcul de capacité, ils ne sont pas seulement utiles pour identifier les limitations système ou un comportement, mais aussi sont extrêmement importants pour définir le nombre de contrôleurs aériens nécessaires dans un service ATC donné.

## 2. Dans le cas de l'existence de zones militaires



**Figure IV.4 Capacité du secteur Nord-Est en cas d'existence de zones militaires**

Quand une zone militaire est activée, la circulation du trafic civil à l'intérieur du volume de la zone est soit interdite, soit soumise à une autorisation préalable pour chaque vol traversant la zone. Ce fait provoque une augmentation de la charge de travail des contrôleurs pendant ces périodes et donc la capacité va diminuer (31 aéronefs par heure).

En effet, il a moins d'espace pour manœuvrer les avions afin de résoudre les conflits, et il doit éventuellement coordonner certains vols avec les organismes militaires.

### IV.7 Simulation

Les méthodes statistiques sont des méthodes approchées le fait que le facteur humain joue un rôle important dans la détermination de la capacité d'un secteur il est impossible d'avoir une valeur précise néanmoins, une approximation peut être faite et évaluée par des simulations avec un personnel qualifié et exerçant.

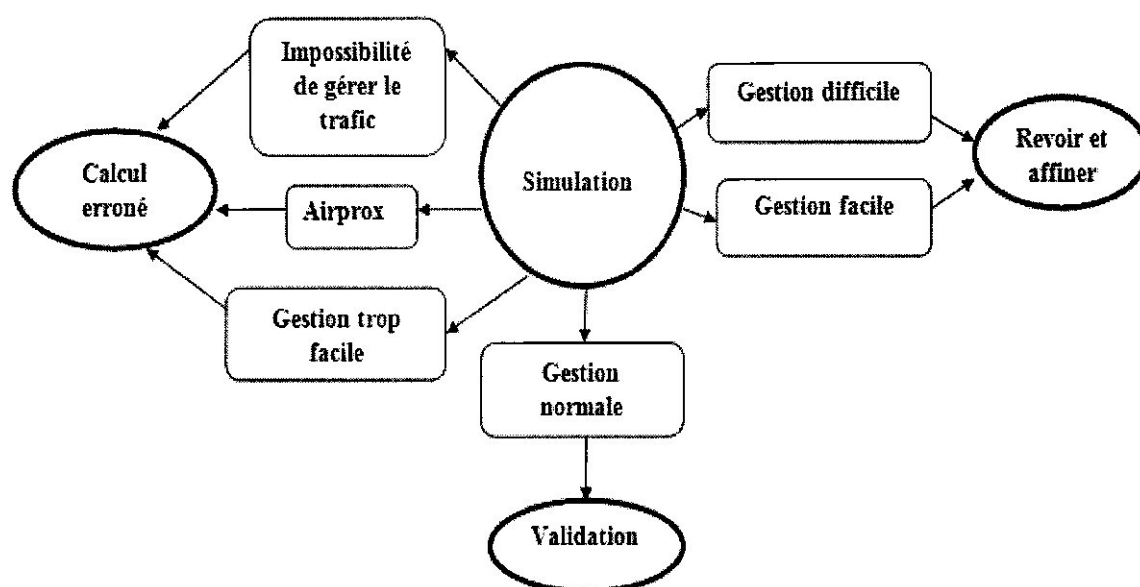


Figure IV.5 Logigramme de simulation

La capacité d'un secteur est définie en phase stratégique, c'est la quantité d'avion par heure que les contrôleurs aériens peuvent accepter en maintenant la sécurité et la fluidité du trafic. Elle est définie dans des conditions normales, c-à-d pas d'événements inattendus, tel que les problèmes de grève, événements sportifs comme la coupe du monde, mauvaises conditions météorologiques, activités militaires, aiprox, etc.....

la capacité est continuellement revue afin de l'affiner selon les conditions observées et enregistrées durant la période de sa validité, à titre d'exemple, une gestion difficile à cause d'un trafic complexe où il y a beaucoup de croisement fait qu'on est amené à revoir la capacité et la diminuer, une gestion facile pour le contrôleur fait que cette capacité est revue, toujours en phase stratégique afin de l'augmenter.

Pour cela, des simulations sont établies et les avis des contrôleurs sont pris en considération afin de valider cette capacité.

**N.B : Airprox.** Expression conventionnelle désignant la proximité d'aéronefs dans un compte rendu d'incident de la circulation aérienne.

## IV.8 Conclusion

Cette étude statistique nous a permis de définir une valeur approchée de la capacité du secteur N-E et à partir de cette valeur on peut connaître la limite au-delà de laquelle le contrôleur ne peut plus supporter de nouveaux aéronefs dans son secteur et donc on fait l'adapter selon le trafic existant.



## **Conclusion et perspectives**

## **Conclusion**

Ce travail nous a permis d'identifier les différents facteurs influant dans la détermination de la capacité secteur dans un environnement mixte (contrôle radar et contrôle aux procédures) utilisant des moyens de transfert automatiques (OLDI avec le CCR Exe En Provence « Marseille ») et non automatique (utilisation du téléphone) ce qui nous a permis de calculer les valeurs de la capacité du secteur Nord-Est en fonction des moyens de communications et de contrôle disponibles ainsi qu'en prenant en considération les conditions de travail ( météo, activités militaires...)

Ce calcul permet de limiter le nombre d'aéronefs par heure présent dans le secteur Nord-Est de façon à assurer un niveau de sécurité adéquat aux conditions opérationnelles.

## **Perspectives**

- Affinement des valeurs considérées en fonction de la population (les reflexes diffèrent d'une génération à une autre).
- Généraliser la méthode pour le calcul des capacités des autres secteurs de la FIR Alger.
- Utiliser les valeurs de capacité obtenues pour la régulation du trafic.
- Refaire le calcul par les autres méthodes pour comparer les résultats des différentes méthodes utilisées.
- Faire des simulations pour confirmer la capacité obtenue par l'utilisation de cette méthode et garantir un niveau de sécurité adéquat.
- Améliorer la méthode d'EUROCONTROLE afin de prendre en considération les pannes d'équipement de navigation de situations d'urgence ou autres paramètres spécifiques à la FIR Alger, exemple : l'utilisation de plusieurs antennes avec la même fréquence dans le même secteur (trois fréquences au N-E).



## **Annexes**

## Annexe A

### Présentation du Centre de Contrôle Régional CCR

Le centre de contrôle régional est réalisé à Alger Oued-Smar. Ce centre répond à des exigences techniques et fonctionnelles qui ont apportées une importante amélioration des services de contrôle aérien en Algérie.

Durant la période de mon stage effectué au niveau de l'ENNA, j'ai eu l'occasion de visiter le centre de contrôle régional, qui m'a permis de voir comment se passe le travail de contrôle en-route.

D'une manière générale le CCR comprend :

- Une salle opérationnelle de contrôle avec : 14 position de contrôle ; une position de supervision opérationnelle et deux positions FMP.
- Une salle technique disposant d'une position de supervision technique.
- La salle CCR dotée des moyens techniques suivants :
  - L'éclairage
  - La climatisation
  - Système d'impression
  - Les moyens de télécommunications (RSFTA, les téléphones et fréquences)



Figure A.1 : salle CCR

Dans la salle, on retrouve aussi la position de chef de salle plus connue sous le nom de position de superviseur, qui a la responsabilité de la gestion de la salle, et par exemple : le choix des configurations des secteurs (le regroupement et dégroupement de ces derniers) quand la nécessité se fait sentir.

D'autres positions existent comme la position FDO (flight data operator) qui s'occupe principalement de la correction des erreurs de syntaxe détectés sur mes plans de vol et qui ont été rejetés par le système.

On retrouve aussi la banque RPL qui contient une base de données de tous les plans de vols répétitifs.

Un projet analogue dans le PDGEA est également envisagé pour la réalisation d'un deuxième centre de contrôle pour la région Sud à Tamanrasset.

### **Quelques chiffres : ENNA en chiffres**

#### **Effectifs**

#### **Moyens Techniques**

<b>Catégorie</b>	<b>Totaux</b>
Cadres	1436
Maitrises	974
Exécution	615
<b>Total</b>	<b>3025</b>

### Moyens de communication

Type d'équipement	Nombre
Antenne Avancée	20
Station VSAT	15
Station Emetteur-Récepteur Haute Fréquence	08
Emetteur-Récepteur VHF Tour	34
Emetteur-Récepteur VHF CCR	03
Enregistreur	27
Station Inmarsat	06
Thuraya	18

### Moyens de radionavigation

Type d'équipement	Nombre
ILS (Instrument Landing System)	13
VOR (VHF Omni Range)	39
DME (Distance Measuring Equipment)	45
NDB (Non Directional Beacom)	33
VOR Mobile	06
Radiogoniomètre	09

### Moyens de simulation ATC

Type d'équipement	Nombre
RADAR	05
Système automatisé du traitement du trafic aérien	05

### Moyens de simulation ATC

Type d'équipement	Nombre
Simulateur de route	01
Simulateur d'aérodrome	01

- Aviser les équipages de tout phénomène météorologique (turbulences, vent, CB, givre...)
- Pouvant affecter le bon déroulement des vols ;

### **Méthodes de travail**

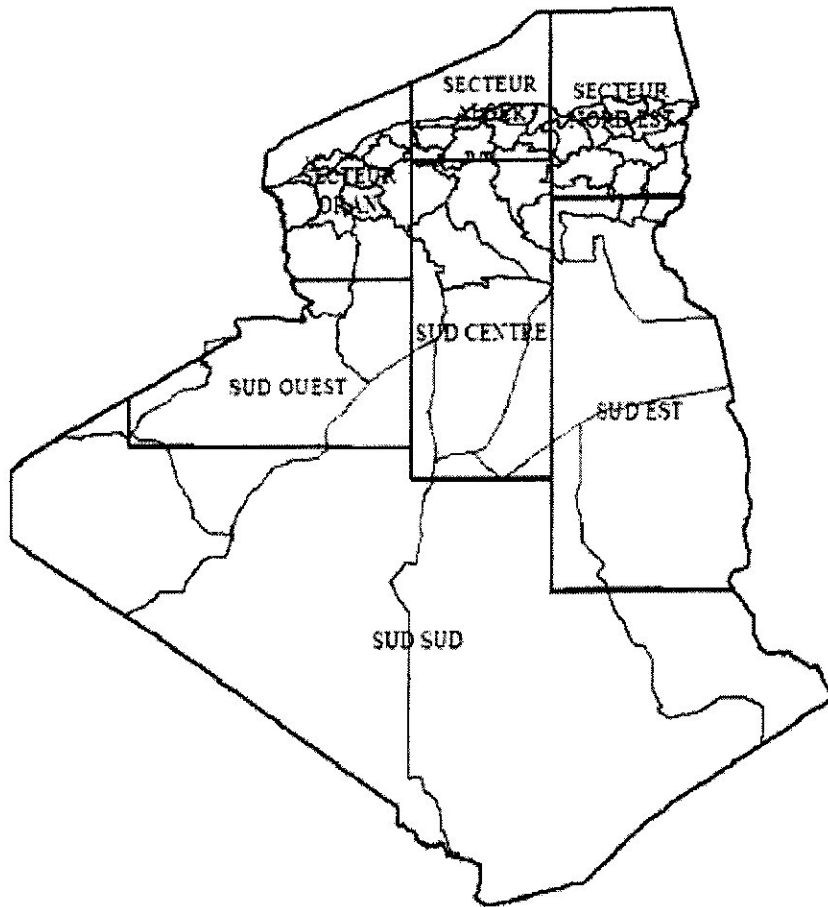
Les contrôleurs civils en route travaillent en brigade (équipe) et chaque secteur ne peut prendre en charge qu'un certain nombre d'aéronefs à la fois, nettement inférieur au nombre total d'aéronefs contrôlé dans un centre.

Chaque secteur est un volume d'espace aérien bien défini. Les aéronefs, qui se trouvent dans un même secteur, communiquent au moyen d'une même fréquence, sont en contact bilatéral. Opérer un transfert de contrôle, c'est-à-dire un changement de secteur, nécessite un changement de fréquence, c'est ce qui est défini par le transfert de contrôle et de communication.

Lorsque la densité du trafic augmente fortement, les autorités du contrôle aérien sont amenées à redéfinir la taille et le nombre de secteurs de contrôle. La charge de contrôle est alors réduite, au détriment d'un travail accru de coordination entre secteurs. Il existe donc un arbitrage entre un nombre moindre d'aéronefs à contrôler, associé à plus de transferts, d'une part, et plus de contrôle lié à moins de transferts, d'autre part. En revanche, pendant les périodes de faible trafic, où seul un petit nombre d'aéronefs évolue dans les secteurs, le responsable de vacation peut envisager une nouvelle forme d'organisation de travail, c'est-à-dire : regroupement de secteurs ; puis les diviser à nouveau juste avant que le trafic n'augmente dans un souci de rééquilibrage des tâches entre secteurs.

Lorsqu'une zone militaire est activée, les contrôleurs doivent organiser le trafic de façon à contourner cette zone. L'activation de zones militaires peut réduire nettement la capacité des secteurs.

La FIR Alger est divisée en sept secteurs de contrôle, le sud-sud, sud-centre, sud-ouest, sud-est, nord-ouest, nord-centre (inférieur et supérieur).



## A.2 Présentation schématique de la sectorisation actuelle

Chaque secteur de contrôle est affecté à une position physique en salle. Les positions sont disposées de manière à faciliter autant que possible les coordinations verbales des contrôleurs de secteurs adjacents.



## **Annexe B**

### **Mise en œuvre du RVSM dans la partie Nord de la FIR ALGER**

#### **1. INTRODUCTION**

1.1 La présente circulaire est une notification de mise en œuvre du RVSM dans la partie Nord de la FIR ALGER à compter du 15 mars 2007.

1.2 Un minimum de séparation verticale de 300 mètres (1000 pieds) entre les niveaux FL 290 et FL 410 Inclus est désigné Minimum de Séparation Verticale Réduite (RVSM),

1.3 A compter du 15 mars 2007, les exploitants désirant pénétrer dans cet espace devront avoir reçu, de la part de leur Etat de tutelle, une homologation RVSM, concernant leurs aéronefs (navigabilité) et leur procédure d'entretien et d'exploitation.

1.4 La mise en œuvre du RVSM dans la partie Nord de la FIR ALGER permettra l'utilisation de six niveaux de vol supplémentaires au-dessus du FL 290. Ces niveaux de croisière supplémentaires augmenteront la capacité de l'espace aérien, les rendements de consommation carburant, des profils de vol et la flexibilité opérationnelle des organismes de contrôle de circulation aérienne, chargés d'assurer la gestion du trafic aérien dans la partie Nord de la FIR ALGER.

1.5 La mise en œuvre du RVSM permettra d'harmoniser l'espace RVSM Algérie et la région EUR.

#### **2. BUT**

La présente circulaire d'information déclare la mise en œuvre du RVSM dans la partie Nord de la FIR ALGER, à compter du 15 mars 2007.

#### **3. DOMAINE D'APPLICATION**

Le RVSM sera mis en œuvre dans la partie Nord de la FIR ALGER, entre le FL 290 et le FL 410 inclus.

## **4. OPERATIONS DANS L'ESPACE AERIEN RVSM DE LA FIR ALGER**

4.1 À compter du 15 mars 2007, seuls seront autorisés à opérer dans l'espace aérien de la FIR Alger entre le FL 290 et le FL 410 inclus, les aéronefs homologués RVSM, à l'exception des Aéronefs suivants :

- Aéronefs d'Etat non homologués RVSM
- Aéronefs civils non homologués RVSM effectuant des vols d'état.

4.2 À compter du 15 mars 2007, le minimum de séparation verticale appliqué par l'ATC entre les aéronefs évoluant au sein de l'espace aérien RVSM Algérien sera fonction du statut d'homologation RVSM des aéronefs, tel que mentionné dans le plan de vol déposé. En conséquence, il est capital que les exploitants se conforment rigoureusement aux exigences de planification des vols pour les besoins du RVSM Algérie

4.3 Les niveaux de croisière appropriée au sens du vol dans l'espace Aérien RVSM Algérie tels qu'ils sont prescrits dans l'Annexe 2 « Règles de l'Air » de l'OACI , sont illustrés à la partie III de cette annexe.

4.4 Le RVSM sera mis en œuvre dans la FIR Alger conformément aux accords régionaux OACI.

L'OACI recommande que les critères d'homologation RVSM des exploitants et de leurs aéronefs par les états soient basés soit sur le FAA Interim Guidance 91-RVSM, soit sur le JAA Temporary Guidance Leaflet 6.

Toute autre information nécessaire, ainsi que les documents relatifs à l'homologation RVSM, y compris leurs révisions, peuvent être consultés via Internet sur les sites gérés sous le couvert des bureaux régionaux de l'OACI, et d'autres services.

Ci-après deux de ces sites :

[www.afi.icao.int](http://www.afi.icao.int)

[www.faa.gov/ato/rvsm1.htm](http://www.faa.gov/ato/rvsm1.htm)

4.5 Pour toutes questions relatives au processus d'implémentation du RVSM dans la partie Nord de la FIR Alger, veuillez vous adresser à la Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA

- Centre de Contrôle Régional (CCR) :

Tel / Fax : (+213) 21 67 21 30

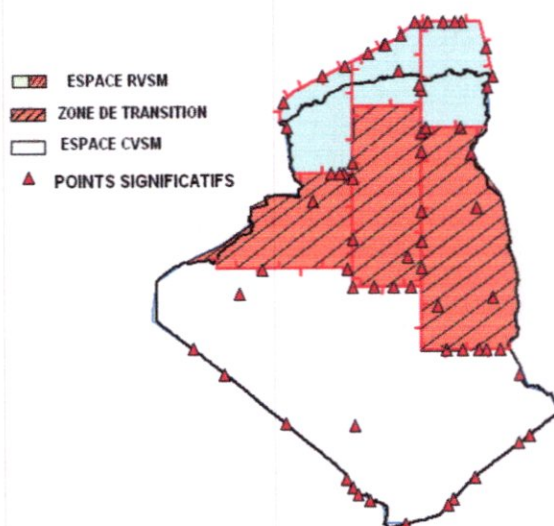
E-mail : [dena.ccr@enna.dz](mailto:dena.ccr@enna.dz)

- Service de l'Information Aéronautique (SIA) :

Tel/Fax : (+213) 21 67 96 46

E-mail : [algerian.ais@sia-enna.dz](mailto:algerian.ais@sia-enna.dz)

## I. Carte de l'espace aérien RVSM Algérie



L'espace aérien RVSM Algérien est défini comme suit :

### - Limites géographiques

Au Nord : FIR de Marseille, Barcelone et Seville.

A l'Ouest : FIR de Casablanca.

A l'Est : FIR de Tunis, FIR Tripoli.

Au Sud : Secteur Sud Sud de la FIR Alger.

### - Limites verticales

Volume d'espace entre le niveau de vol FL290 et le FL410 inclus.

Les points d'entrée/sortie de l'espace RVSM Algérie, point de compte rendu obligatoire sont définis ci-dessous :

**– Points d'entrée/sortie RVSM Algérie au Nord**

MOUET: UR34	LUXUR: UM134
CIRTA: UM605	MOGIL: UB31
SELMA: UG6	BUYAH: UM855
REQUIN: UG26	SADAF: UG30/UA29
KAMER:UR978/UV508	LABRO: UA31/UA6
DOLIS: UB734	HAMRA: UA34
OTARO: UA24	CARBO: UA44
PECES: UB16	LIGUM: UB738

NB : le point PECES est seulement un point de sortie

**– Points d'entrée/sortie RVSM Algérie à l'Ouest**

OUJDA: UA411

**– Points d'entrée/sortie RVSM Algérie à l'Est**

KAWKA: UG14	DAFRI: UV18
MORJA: UA411	KRIMA: UV71
TBS: UA31/UG864	IMN: UB727
DIMAO	

**– Points d'entrée/sortie RVSM Algérie au Sud**

RTILA: UJ53	OUCIF: UJ41
TARAT: UM605	TIFOU: UA615
TIHET: UJ61	TABAL: UA29
OUREL: UB730	SIHAR: UA604/UM114/UJ8
HINAN: UB727	KSOUR: UB726
TIDOU: UM998	RAHIL: UG852
ATAFA: UR978	JOKKA: UM608
HOGAR: UG855	TIMIMOUN: UR990/UG864/UG26/UM725/UB735UA614

## **II. Exigences de planification des vols pour**

### **A. AERONEFS CIVILS HOMOLOGUES RVSM**

A compter du 15/03/07 les exigences de planification des vols s'appliqueront aux exploitants d'aéronefs civils homologués RVSM :

1. Les exploitants d'aéronefs civils homologués RVSM doivent mentionner leur statut d'homologation en inscrivant la lettre W dans la case 10 du formulaire de plan de vol OACI quel que soit le niveau de vol demandé.
2. Les exploitants d'aéronefs civils homologués RVSM déposant des plans de vol répétitifs doivent inscrire la lettre W dans la case Q dans le cadre EQPT/ quel que soit le niveau demandé. Si un changement d'équipage ou d'aéronef opéré conformément au plan de vol répétitif donne lieu à un changement du statut d'homologation de l'aéronef tel que mentionné dans la case Q un message de changement doit être émis par la compagnie.
3. les exploitants d'aéronefs civils homologués RVSM opérant au sein de l'espace aérien Algérien doivent inclure les éléments suivants dans la case 15 du formulaire de plan de vol OACI :
  - Le point d'entrée aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le tronçon de la route commençant immédiatement après le point d'entrée RVSM.
  - Le point de sortie aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le tronçon de la route commençant immédiatement après le point de sortie RVSM.

NB : les aéronefs civils homologués RVSM ne sont pas autorisés par l'ATC à voler en formation

## **B. AERONEFS CIVILS NON HOMOLOGUE RVSM**

A compter du 15/03/07 les exigences de planification des vols s'appliqueront aux exploitants d'aéronefs civils non homologués RVSM :

1. A l'exception des opérations effectuées dans l'espace aérien de transition RVSM désigné pour faire transiter les aéronefs non homologués RVSM les exploitants d'aéronefs

civils non homologués RVSM doivent établir un plan de vol pour opérer en dehors de l'espace aérien RVSM Algérien.

2. Les exploitants d'aéronefs civils non homologués RVSM opérant à partir d'un aéroport de départ situé hors des limites de l'espace RVSM vers un aéroport d'arrivée situé dans les limites de l'espace aérien RVSM, doivent inscrire dans case 15 du formulaire de plan de vol

OACI les informations suivantes :

- Le point d'entrée aux limites latérales de l'espace aérien RVSM.
- Le niveau de vol demandé au-dessous du FL 290 pour le reste du vol juste après le point d'entrée.

3. Les exploitants d'aéronefs civils non homologués RVSM opérant à partir d'un aéroport de départ vers un aéroport d'arrivée situé dans les limites de l'espace aérien RVSM doivent inscrire dans case 15 du formulaire de plan de vol OACI, un niveau de vol demandé au-dessous du FL 290.

4. Les exploitants d'aéronefs civils non homologués RVSM opérant à partir d'un aéroport de départ situé à l'intérieur des limites de l'espace RVSM vers un aéroport d'arrivée situé hors des limites de l'espace aérien RVSM, doivent inscrire dans case 15 du formulaire de plan de vol OACI les informations suivantes :

- Le niveau de vol demandé au-dessous du FL 290 pour la route située à l'intérieur de l'espace aérien RVSM.
- Le point de sortie aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le reste du vol après le point de sortie.

5. Les exploitants d'aéronefs civils non homologués RVSM opérant à partir d'un aéroport de départ situé hors des limites de l'espace RVSM vers un aéroport d'arrivée situé hors des limites de l'espace aérien RVSM avec un tronçon de route dans les limites latérales de l'espace aérien RVSM, doivent inscrire dans case 15 du formulaire de plan de vol OACI les informations suivantes :

- Le point d'entrée aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi qu'un niveau de vol demandé au-dessous du FL 290 ou au-dessus du FL 410 pour le reste du vol juste après le point d'entrée.
- Le point de sortie aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le reste du vol après le point de sortie.

## **B. AERONEFS D'ETAT HOMOLOGUES RVSM**

A compter du 15/03/07 les exigences de planification des vols s'appliqueront aux exploitants d'aéronefs civils d'Etat homologués RVSM :

1. Outre les opérations militaires, les exploitants de la police et des douanes doivent inscrire la lettre M dans la case 8 du formulaire de plan de vol OACI.
2. Les exploitants d'aéronefs d'Etat homologués RVSM doivent préciser leur statut d'homologation en inscrivant la lettre W dans la case 10 du formulaire de plan de vol OACI quel que soit le niveau de vol demandé. Toutefois, les exploitants de vols en formation des aéronefs d'Etat ne doivent pas inscrire la lettre W dans la case 10 du formulaire de plan de vol OACI, quel que soit le statut d'homologation.
3. Les exploitants de vols d'aéronefs d'Etat en formation opérant en CAG dans l'espace aérien RVSM doivent inscrire la mention « **STS/NON RVSM** » dans la case 18 du formulaire de plan de vol OACI, quel que soit le statut d'homologation RVSM des aéronefs.
4. Les exploitants de vols d'aéronefs d'Etat homologués RVSM opérant dans l'espace aérien RVSM doivent mentionner dans la case 15 du formulaire de plan de vol OACI les informations suivantes :
  - Le point d'entrée aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le tronçon de route commençant juste après le point d'entrée RVSM.
  - Le point de sortie aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le tronçon de route commençant juste après le point de sortie RVSM.

## **D. AERONEFS D'ETAT NON HOMOLOGUES RVSM**

A compter du 15/03/07 les exigences de planification des vols s'appliqueront aux exploitants d'aéronefs civils d'Etat non homologués RVSM :

1. Outre les opérations militaires, les exploitants de la police et des douanes doivent inscrire la lettre M dans la case 8 du formulaire de plan de vol OACI.

Les exploitants d'aéronefs d'Etat non homologués ne doivent pas inscrire la lettre W dans la case 10 du formulaire de plan de vol OACI.

2. Les exploitants d'aéronefs d'Etat non homologués RVSM dont le niveau de vol demandé est FL 290 ou supérieur doivent inscrire la mention « STS/NON RVSM » dans la case 18 du formulaire de plan de vol OACI.

3. Les exploitants de vols d'aéronefs d'Etat en formation opérant en CAG dans l'espace aérien RVSM doivent inscrire la mention « STS/NON RVSM » dans la case 18 du formulaire de plan de vol OACI, et ne doivent pas inscrire W dans la case 10 du formulaire de plan de vol OACI, quel que soit le statut d'homologation RVSM.

4. Les exploitants de vols d'aéronefs d'Etat non homologués RVSM opérant dans l'espace aérien RVSM doivent mentionner dans la case 15 du formulaire de plan de vol OACI les informations suivantes :

- Le point d'entrée aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le tronçon de route commençant juste après le point d'entrée RVSM.
- Le point de sortie aux limites latérales de l'espace aérien RVSM, ainsi que le niveau de vol demandé pour le tronçon de route commençant juste après le point de sortie RVSM.

NB : En phraséologie l'équipage de conduite est tenu de terminer son message par NON RVSM

### **PHRASEOLOGIE**

Le contrôleur au pilote pour la confirmation du statut RVSM:

« DAH1002 confirm RVSM approved »

« DAH1002 Confirmez homologue RVSM »



Le pilote au contrôleur quant à son statut RVSM:

« **Affirm RVSM** »

« **Affirme RVSM** »

Le pilote au contrôleur quant à son statut RVSM:

« **négative RVSM** »

« **RVSM négatif** »

Cette formule doit être utilisée:

- Lors de l'appel initial sur n'importe quelle fréquence dans l'espace aérien RVSM
- Lors de tout changement de niveau de vol concernant les niveaux de vol dans les limites de l'espace RVSM
- Dans toutes les lectures de vérification des autorisations vers un niveau de vol situé dans les limites de l'espace RVSM

Le pilote d'un aéronef d'Etat indique que l'aéronef n'est pas homologué RVSM :

« **Négative RVSM state aircraft** »

« **Aéronef d'état RVSM négatif** »

- Dans toutes les lectures de vérification des autorisations vers un niveau de vol situé dans les limites de l'espace RVSM

« **DAH1002, unable clearance into RVSM airspace, maintain (or climb or descent) flight level... »**

« **... DAH1002, autorisation impossible pour espace aérien RVSM maintenez (descendez ou montez) niveau de vol** »

Le pilote signale de fortes turbulences ou tout autre phénomène météorologique important:

« **... Unable RVSM due turbulence** »

« **.....RVSM impossible raison turbulence** »

Le pilote signale la dégradation de son équipement à un niveau inférieur à la MASPS

« **... Unable RVSM due equipment** »

« **.....RVSM impossible raison équipement** »

Le pilote signale qu'il est mesure de reprendre le vol dans l'espace RVSM à la suite d'une urgence liée aux équipements ou d'une urgence liée aux conditions météorologiques

« . . . Ready to resume RVSM »

« .....pret à reprendre l'exploitation RVSM »

Le contrôleur souhaitant solliciter cette information:

« . . . Report able to resume RVSM »

«.....indiquez si capable reprendre RVSM »

### **III. Assignation des niveaux de vol en espace RVSM**

#### **– Au Nord de l'espace RVSM Algérien**

Tout trafic venant du Nord (FIR Marseille, FIR Barcelone, FIR Seville) doit rentrer à un niveau de vol

IMPAIR (290-310-330-350-370-390-410).

Tout trafic partant vers le Nord doit sortir à un niveau de vol PAIR (300-320-340-360-380-400).

#### **– A l'Ouest de l'espace RVSM Algérien**

Tout trafic venant de l'Ouest (Casablanca) doit rentrer à un niveau de vol IMPAIR (290-310-

330-350-370-390-410).

Tout trafic partant vers l'Ouest doit sortir à un niveau de vol PAIR (300-320-340-360-380-400).

#### **– A l'Est de l'espace RVSM Algérien**

##### **Trafic venant de l'Est :**

a) MORJA- DIMAO-TBS-DAFRI : trafic doit prendre des niveaux PAIRS (300-320-340-360-380-400).

b) KAWKA : trafic doit prendre des niveaux PAIRS (300-320-340-360-380-400).

##### **Trafic partant vers l'Est**

a) MORJA- DIMAO-TBS-DAFRI : trafic doit prendre des niveaux IMPAIRS (290-310-330-350-370- 390-410).

b) KAWKA: trafic doit prendre des niveaux IMPAIRS (290-310-330-350-370-390-410).

**- Au Sud de l'espace RVSM Algérien**

Tout trafic sortant de l'espace RVSM (Zone de transition) doit prendre un niveau CVSM en fonction de la semi-circulaire y compris le point KRIMA.

Tout trafic venant de l'espace CVSM vers l'espace RVSM (Zone de transition) doit être à un niveau de vol répondant à la semi-circulaire y compris le point KRIMA.

Etant donné que l'espace aérien RVSM ne couvre pas toute la FIR Algérie, il y a création d'une ZONE

DE TRANSITION au Sud de l'espace aérien RVSM Algérien.

**LE NORD DE LA ZONE DE TRANSITION**

**- Limite de la TMA Est : point géographique**

ZENAD : UJ30

RADJA : UG864

AMIRA : UA605/UJ13

TOLGA : UM998

NADJI : UR978/UM998/UJ12

BIS : UG859/UV508

**- Limite de la TMA Centre : point géographique**

BSA : UB734/UB726/UJ36

**- Limite de la TMA Ouest : point géographique**

TRB : UJ4

SAKNA : UJ24

ANIEB : UA604

BREZI: UM608

GOLIB: UG26

BESBA: UA29

**LE SUD DE LA ZONE DE TRANSITION**

Points géographiques délimitants le Sud de la zone de transition :

RTILA : UJ53

OUCIF : UJ41

TARAT : UM605

TIFOU : UA615

TIHET : UJ61

SIHAR : UA604/UM114/UJ8

OUREL: UB730      KSOUR: UB726  
HINAN: UB727      RAHIL: UG852  
TIDOU: UM998      JOKKA: UM608  
ATAFA: UR978      TABAL: UA29  
HOGAR: UG855      TIMIMOUN: UR990/UG864/UG26/UM725/UB735UA614

#### **L'EST DE LA ZONE DE TRANSITION**

Points géographiques délimitant l'Est de la zone de transition :

KRIMA : UV71 (FIR Tunis)

IMN : UR985/UB727/UJ41/UJ25/UJ24/UJ53 (FIR Tripoli)

#### **ALLOCATION DES NIVEAUX DE VOL DANS LA ZONE DE TRANSITION**

Les niveaux de vol FL310-FL350-FL390 sont interdits pour tout aéronef ayant un cap entre 000° et 179°.0.

Les différents points ou balises qui constituent le début de l'interdiction :

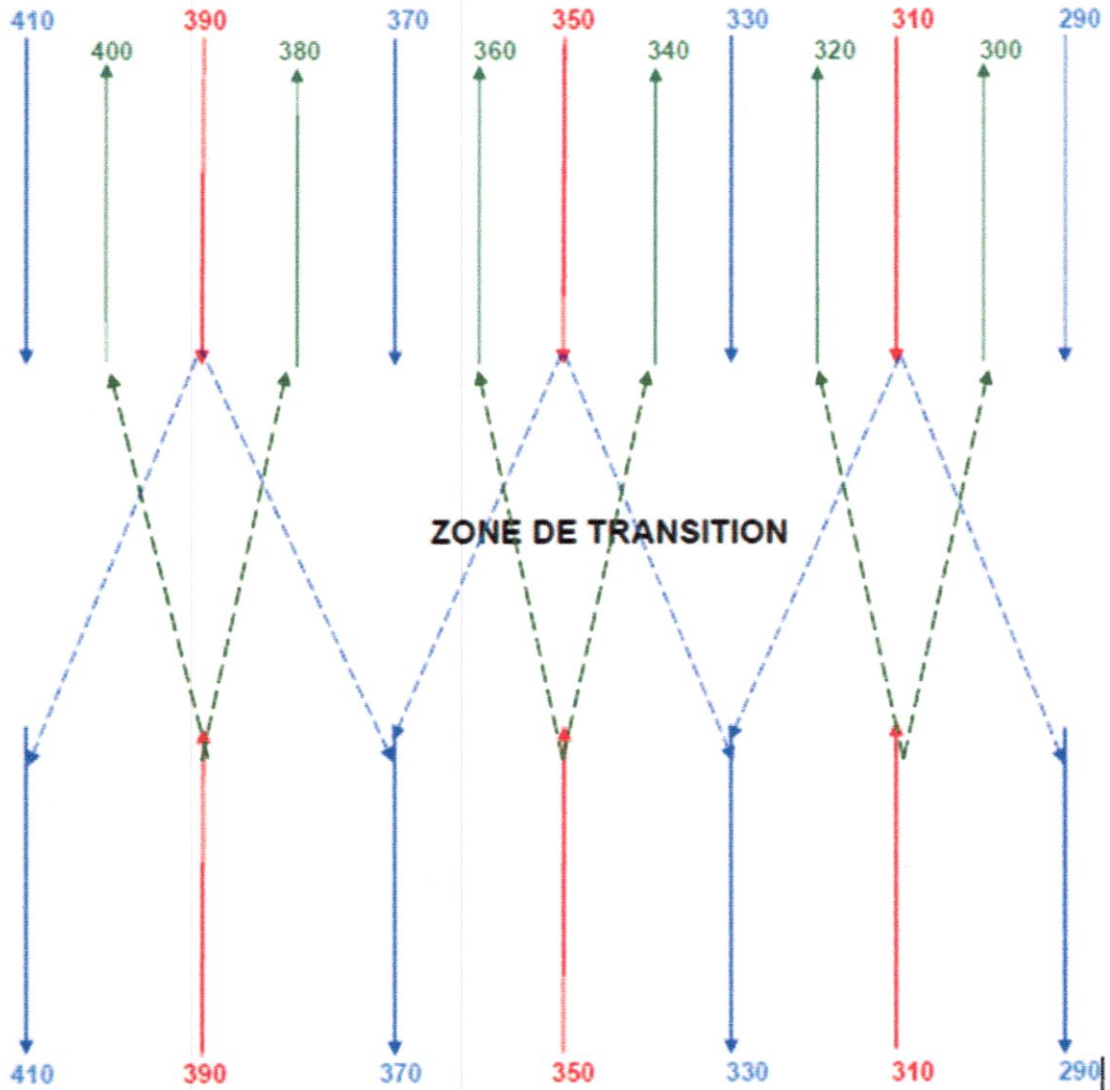
AMIRA : UA605      TRB : UJ4  
NADJI : UR978      SAKNA : UJ24  
TOLGA: UM998      ANIEB: UA604  
BIS: UV508      HINAN: UB727  
BSA : UR985/UJ36

Les niveaux de vol FL290-FL330-FL370-FL410 sont interdits pour tout aéronef ayant un cap entre 180° et 359°.

Les différents points ou balises qui constituent le début de l'interdiction :

ZENAD: UJ30      GOLIB: UG26  
RADJA: UG864      BESBA: UA29  
BIS : UG859      AMIRA : UJ13  
BREZI : UM608      NADJI : UJ12  
BSA : UB726/UG859/UG852/UM114

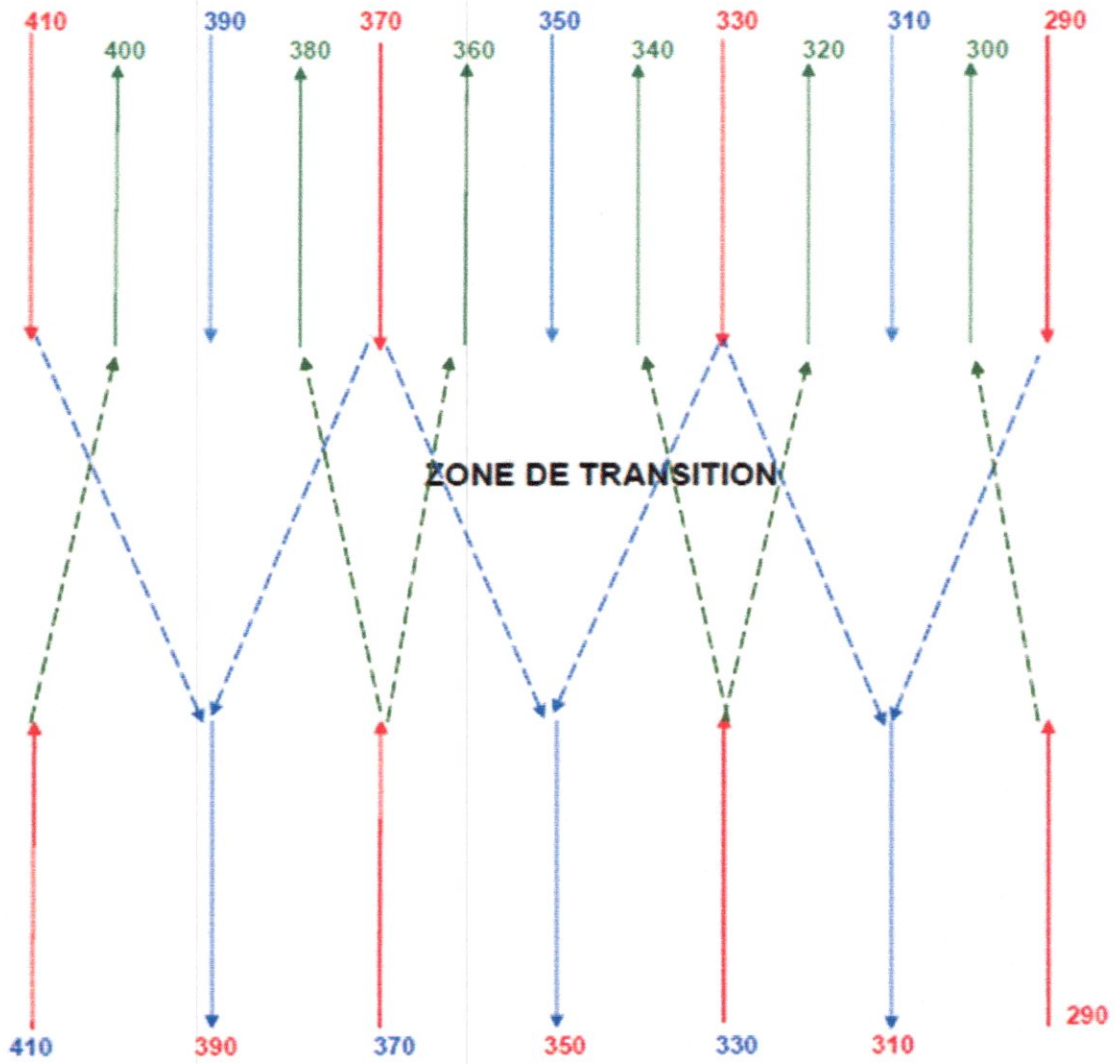
**RVSM ESPACE  
FLAS  
000°---179°**



**ZONE DE TRANSITION**

**CVSM ESPACE**

**RVSM ESPACE  
FLAS  
180°---359°**



**CVSM ESPACE**

## **Annexe C**

# **Programme et critères d'accès à la qualification Contrôleur Régional**

### **I. Qualification « Contrôleur Régional aux procédures »**

#### **1. Conditions d'accès :**

L'accès à cette qualification est ouvert aux candidats (es) ayant une formation initiale homologuée et avoir obtenu un diplôme de contrôleur de la circulation aérienne délivré par une école agréée et justifiant d'un certificat d'aptitude physique et mentale.

A ce titre, ces candidats doivent suivre un stage d'initiation et ce, en vue d'acquérir les connaissances requises pour l'obtention de la qualification et pour l'adaptation pratique au poste de travail.

#### **2. Formation complémentaire**

Durée : Quatre (04) mois

##### **2.1 Période de familiarisation**

Dès son affectation au centre de contrôle régional ; le contrôleur CCR stagiaire est versé en salle de contrôle afin de se familiariser sous la supervision du chef de quart avec les particularités de la FIR Alger, les différents secteurs de contrôle et les moyens techniques y afférents pour une durée de deux (02) semaines ; prend connaissance sous l'encadrement d'un contrôleur instructeur ou d'un contrôleur confirmé.

- De la carte de croisière de la FIR Alger ;
- Des secteurs Sud/Sud, Sud/Ouest, Sud/Centre, Sud/Est ;
- Des routes domestiques et internationales ;
- Des routes RNAV ;
- Des zones interdites, réglementées et dangereuses ;
- Des signes conventionnels ;
- Du striping ;
- Des fonctions de la position FDO ;
- De la position FMP ;
- Des lettres d'agrément et des consignes d'exploitation.

## **2.2 Stage d'initiation « contrôleur régional aux procédures »**

Le stage d'initiation intervient au plus tard six (06) mois après la prise de fonction de l'intéressé au niveau du CCR.

La durée de ce stage est de sept (07) semaines.

- **Phase théorique**

Durée : deux (02) semaines

- **Phase pratique**

Durée : cinq (05) semaines

La phase pratique est dispensée par des instructeurs homologués « contrôle régional aux procédures classiques » sur simulateur et le nombre d'exercices par stagiaire est fixé à vingt-cinq (25).

## **3. Stage de qualification « contrôleur régional aux procédures »**

Durée : Sept (07) semaines

### **3.1 Connaissances**

Dans le cadre de ce stage, le candidat (e) doit connaître au moins les sujets ci-après indiqués dans la mesure où ils ont une influence dans la zone dont il sera chargé à un niveau correspondant aux privilèges octroyés :

- Organisation de l'espace aérien ;
- Classification des espaces aériens ;
- Sectorisation ;
- Autorisation de contrôle ;
- Minima de séparation ;
- Altimétrie, altitudes de secteurs ;
- Phénomènes météorologiques ;
- Régulation de trafic (exploitation des messages CFMU) ;
- Procédures d'interruption des communications ;
- Lettres d'agrément avec les différents centre régionaux, les organes de contrôle approche et de tours de contrôle éventuellement ;
- Procédures d'urgence ;
- Equipement et moyens de radiocommunication ;
- Coordination entre civils et militaires ;



- Classification d'espace aérien et services rendus ;
- Procédures RVSM.

### **3.2 Phase théorique**

Durée : deux (02) semaines

#### **- Examen théorique**

A l'issue de l'examen théorique et afin de pouvoir accéder à la phase pratique, le candidat doit avoir obtenu une moyenne générale égale ou supérieure à 65%.

Si cette moyenne est inférieure à 13/20 (65%), un second examen théorique lui sera accordé sous quinzaine.

Dans le cas d'un deuxième échec à l'examen théorique le candidat ne pourra pas prétendre à la phase pratique et sera de ce fait déclaré non admis à ce stage de qualification et devra être programmé à un deuxième stage de qualification.

### **3.3 phase pratique**

Durée : cinq (05) semaines

La phase pratique est dispensée par des instructeurs homologués sur simulateur, et le nombre d'exercices par stagiaire est fixé à vingt (20) au minimum.

#### **- Examens pratique**

Le jury d'examen composé d'instructeurs homologués, et présidé par un instructeur/examineur homologué déclare le candidat admis si la note de l'examen pratique est égale ou supérieure à 65% et la moyenne générale théorie/pratique est égale ou supérieure à 65%.

Au cas où la note à l'examen pratique est égale ou supérieure à 60% et inférieure à 65% un examen pratique de rattrapage doit avoir lieu sous quinzaine.

Tout candidat à un examen pratique de rattrapage ne passera pas à nouveau l'examen théorique.

Une note inférieure à 65% à l'examen pratique de rattrapage est éliminatoire quel que soit la moyenne obtenue en théorie et le candidat aura droit à passer un deuxième stage de qualification.

Le deuxième stage de qualification devra être programmé au plus tôt 12 mois et au plus tard 24 mois après le premier stage de qualification.

En cas d'échec au deuxième stage de qualification, l'intéressé est réorienté vers un autre organe ou service de la circulation aérienne.

### **3.4 période probatoire**

La période est de six (06) mois d'exercice effectif au poste de contrôle.

La période probatoire être prorogée de deux (02) fois trois (03) mois.

La période probatoire doit être sanctionnée par la communication écrite de l'appréciation du chef de quart de l'équipe si le contrôleur régional aux procédures qualifié (e) est en brigade, et la communication écrite des deux chefs de quart des deux équipes si le contrôleur régional aux procédures qualifié (e) est en semi brigade et ce, conformément aux fiches d'appréciation de l'intéressé (e). Dans les deux cas l'avis écrit des instructeurs homologués doit être pris en compte.

## **II. Qualification « contrôleur régional Radar Niveau 1 »**

### **1. Conditions d'accès**

Le candidat à la qualification « contrôleur régional Radar Niveau 1 » doit :

- Etre détenteur de la qualification « contrôleur régional aux Procédures » en état de validité ;
- Avoir exercé les privilèges de la qualification « contrôleur régional aux Procédures » durant une période d'au moins de trois (03) années ;
- Avoir suivi le stage initiation Radar.

### **2. Formation complémentaire**

#### **2.1 Stage de formation « système ATC automatisé »**

Durée : trois (03) semaines

Ce stage de formation qui précède le stage de qualification « contrôleur régional Radar Niveau 1 », est programmé durant les trois (03) années d'exercice de la qualification « contrôleur régional aux Procédures ».

#### **2.2 Stage d'initiation Radar**

Durée : sept (07) semaines

##### **2.2.1 Phase théorique**

Durée : deux (02) semaines

##### **2.2.2 Phase pratique**

Durée : cinq (05) semaines

La phase pratique est dispensée par des instructeurs homologués sur simulateur, et le nombre d'exercices par stagiaire est fixé à vingt (20) au minimum.

### **3. Connaissances**

Dans le cadre de ce stage, le candidat (e) doit connaître au moins les sujets ci-après indiqués dans la mesure où ils ont une influence dans la zone dont il sera chargé à un niveau correspondant aux privilèges octroyés :

#### **Contrôle régional aux Procédures**

- 1) Organisation de l'espace aérien
- 2) Classification des espaces aériens
- 3) Sectorisation
- 4) Autorisation de contrôle
- 5) Minima de séparation
- 6) Régulation de trafic aérien (exploitation des messages CFMU)
- 7) Procédures d'urgence et d'interruption des communications
- 8) Lettres d'agrément avec les différents centres régionaux, les organes de contrôle d'approche
- 9) Procédures d'urgence
- 10) Moyens de communications

#### **Contrôle régional aux Procédures Radar**

- 1) Principes, emploi et limites d'emploi du Radar et de l'équipement associé
- 2) Systèmes de transpondeur ATC
- 3) Phraséologie Radar
- 4) Séparation Radar
- 5) Identification Radar
- 6) Contrôle de vitesse
- 7) Transfert d'identité aux CCR adjacents et à l'organe de contrôle d'approche au Radar
- 8) Surveillance Radar
- 9) Service d'information de vol Radar
- 10) Procédures locales
- 11) Coordination entre civils et militaires
- 12) Classification d'espace aérien et service rendu
- 13) Procédures d'urgence en cas de panne Radar
- 14) Surveillance Radar. Contrôle de vitesse/séquence d'approche
- 15) Procédures RVSM

#### **4. Stage de qualification « contrôleur régional Radar Niveau 1 »**

Durée : treize (13) semaines

##### **4.1 Phase théorique**

**Durée : trois (03) semaines**

##### **Examen théorique**

A l'issue de l'examen théorique et afin de pouvoir accéder à la phase pratique, le candidat doit avoir obtenu une moyenne générale égale ou supérieure à 65%.

Si cette moyenne est inférieure à 13/20 (65%), un second examen théorique lui sera accordé sous quinzaine.

Dans le cas d'un deuxième échec à l'examen théorique le candidat ne pourra pas prétendre à la phase pratique et sera de ce fait déclaré non admis à ce stage de qualification et devra être programmé à un deuxième stage de qualification.

##### **4.2 Phase pratique « contrôleur régional aux Procédures »**

Durée : cinq (05) semaines

La phase pratique est dispensée par des instructeurs homologués sur simulateur et le nombre d'exercices par stagiaire est fixé à vingt (20) au minimum.

##### **Examen pratique**

L'examen pratique incluant notamment les consignes locales, est assuré par un jury d'examen composé d'instructeurs/examineur homologué. Le candidat est déclaré admis si la note de l'examen pratique est égale ou supérieure à 65% et la moyenne générale théorie/pratique est égale ou supérieure à 65%.

Au cas où la note à l'examen pratique est égale ou supérieure à 60% et inférieure à 65% un examen pratique procédures de rattrapage doit avoir lieu sous quinzaine.

Tout candidat à un examen pratique « contrôleur régional aux Procédures » de rattrapage ne passera pas à nouveau l'examen théorique.

Une note inférieure à 65% à l'examen pratique de rattrapage est éliminatoire quel que soit la moyenne obtenue en théorie et la candidat aura droit à passer un deuxième stage de qualification contrôle régional Radar Niveau 1.

Le deuxième stage de qualification contrôle régional Radar Niveau 1 devra être programmé au plus tôt 12 mois et au plus tard 24 mois après le premier stage de qualification.

En cas d'échec au deuxième stage de qualification, l'intéressé exercera les privilèges de la qualification « contrôleur régional aux Procédures »

### **4.3 Phase pratique « contrôle régional Radar Niveau 1 »**

Durée : cinq (05) semaines

La phase pratique « contrôle régional Radar Niveau 1 » est dispensé par des instructeurs homologués sur simulateur et le nombre d'exercices par stagiaire est fixé à vingt (20) au minimum.

#### **Examen pratique**

L'examen pratique « contrôle régional Radar Niveau 1 » est assuré par un jury d'examen composé d'instructeurs homologués, et présidé par un instructeur/examineur homologué. Le candidat est déclaré admis si la note de l'examen pratique Radar est égale ou supérieure à 65% et la moyenne générale théorie/pratique est égale ou supérieure à 65%.

Au cas où la note à l'examen pratique est égale ou supérieure à 60% et inférieure à 65% un examen pratique de rattrapage doit avoir lieu sous quinzaine.

Tout candidat à un examen pratique « contrôle régional Radar Niveau 1 » de rattrapage ne passera pas à nouveau les examens : théorique et pratique « contrôle régional aux procédures ».

Une note inférieure à 65% à l'examen pratique de rattrapage est éliminatoire quel que soit la moyenne obtenue en théorie et le candidat aura droit à passer un deuxième stage de qualification « contrôle régional Radar Niveau 1 ».

Le deuxième stage de qualification « contrôle régional Radar Niveau 1 » devra être programmé au plus tôt 12 mois et au plus tard 24 mois et après le premier stage de qualification.

En cas d'échec au deuxième stage de qualification, l'intéressé exercera les privilèges de la qualification « contrôleur régional aux Procédures ».

#### **4.3 Période probatoire :**

La période probatoire est de six (06) mois d'exercice effectif au poste de contrôle.

La période probatoire peut être prorogée de deux (02) fois trois mois.

La période probatoire doit être sanctionnée par la communication écrite de l'appréciation du chef de quart de l'équipe si le contrôleur régional aux procédures qualifié (e) est en brigade, et la communication écrite des deux chefs de quart des deux équipes si le contrôleur régional Radar qualifié (e) est en semi brigade et ce,

conformément aux fiches d'appréciation de l'intéressé (e). Dans les deux cas l'avis écrit des instructeurs homologués doit être pris en compte.

### **III. Qualification « contrôleur régional Radar Niveau 2 »**

#### **1. Conditions d'accès**

Le candidat à la qualification « contrôleur régional Radar Niveau 2 » doit :

- Doit être détenteur de la qualification « contrôleur régional Procédures/Radar Niveau 1 » en état de validité ;
- Avoir exercé les privilèges de la qualification « contrôleur régional Radar Niveau 1 » durant une période d'au moins de trois (03) années.

#### **2. Connaissances :**

Dans le cadre de ce stage, le candidat (e) doit connaître au moins les sujets ci-après indiqués dans la mesure où ils ont une influence dans la zone dont il sera chargé à un niveau correspondant aux privilèges octroyés :

#### **Contrôle régional aux Procédures**

- 1) Organisation de l'espace aérien
- 2) Classification des espaces aériens
- 3) Sectorisation
- 4) Autorisations de contrôle
- 5) Minima de séparation
- 6) Régulation de trafic aérien (exploitation des messages CFMU)
- 7) Procédures d'urgence et d'interruption des communications
- 8) Lettres d'agrément avec les différents centres régionaux, les organes de contrôle d'approche
- 9) Procédures d'urgence
- 10) Moyens de communications

#### **Contrôle régional aux procédures Radar**

- 1) Principes, emploi et limites d'emploi du radar et de l'équipement associé
- 2) Système de transpondeur ATC
- 3) Phraséologie radar
- 4) Séparation radar
- 5) Identification radar

- 6) Contrôle de vitesse
- 7) Transfert d'identité aux CCR adjacents et à l'organe de contrôle d'approche au radar
- 8) Surveillance radar
- 9) Procédures locales
- 10) Coordination entre civils et militaires
- 11) Classification d'espace aérien et service rendus
- 12) Procédures d'urgence en cas de panne Radar
- 13) Surveillance radar
- 14) Contrôle de vitesse/séquence d'approche
- 15) Procédures RVSM

### **3. Stage de qualification « contrôleur régional Radar Niveau 2 »**

Durée : treize (13) semaines

#### **3.1 Phase théorique**

Durée : trois (03) semaines

##### **Examen théorique**

A l'issue de l'examen théorique et afin de pouvoir accéder à la phase pratique, le candidat doit avoir obtenu une moyenne générale ou supérieure à 60%.

Si cette moyenne est inférieure à 12/20 (60%), un second examen théorique lui sera accordé sous quinzaine.

Dans le cas d'un deuxième échec à l'examen théorique le candidat ne pourra pas prétendre à la phase pratique et sera de ce fait déclaré non admis à ce stage de qualification et devra être programmé à un deuxième stage de qualification.

#### **3.2 Phase pratique « contrôle régional aux Procédures »**

Durée : cinq (05) semaines

La phase pratique « contrôle régional aux Procédures » est dispensée par des instructeurs homologués sur simulateur et le nombre d'exercices par stagiaire est fixé à vingt (20) au minimum.

##### **Examen pratique**

L'examen pratique incluant notamment les consignes locales, est assuré par un jury d'examen composé d'instructeurs homologués, et présidé par un instructeur/examineur homologué. Le candidat est déclaré admis si la note de l'examen pratique est égale ou supérieure à 60% et la moyenne générale théorie/pratique est égale ou supérieure à 65%.

Au cas où la note à l'examen pratique est égale ou supérieure à 60% et inférieure à 65% un examen pratique de rattrapage doit avoir lieu sous quinzaine.

Tout candidat à un examen pratique « contrôle régional aux Procédures Radar » de rattrapage ne passera pas à nouveau les examens théoriques et pratiques « contrôle régional aux Procédures ».

Une note inférieure à 65% à l'examen pratique de rattrapage est éliminatoire quel que soit la moyenne obtenue en théorie et le candidat aura droit à passer un deuxième stage de qualification « contrôleur régional Radar Niveau 2 ».

Le deuxième stage de qualification « contrôleur régional Radar Niveau 2 » devra être programmé au plus tôt 12 mois et au plus tard 24 mois après le premier stage de qualification.

En cas d'échec au deuxième stage de qualification, l'intéressé (e) exercera les privilèges de la qualification « contrôleur régional Radar Niveau 1 ».

### **Période probatoire**

La période probatoire est de six (06) mois d'exercice effectif au poste de contrôle.

La période probatoire peut être prorogée de deux (02) fois trois (03) mois.

La période probatoire doit être sanctionnée par la communication écrite de l'appréciation du chef de quart de l'équipe si Contrôleur Régional Radar niveau 2 qualifié (e) est en brigade, et la communication écrite des deux chefs de quart des deux équipes si Contrôleur Régional Radar niveau 2 qualifié (e) est en semi brigade et ce, conformément aux fiches d'appréciation de l'intéressé (é). Dans les deux cas l'avis écrit des instructeurs homologués doit être pris en compte.



## *Bibliographie*

- [1] Document OACI 4444 : Procédures pour les services de navigation aérienne ; « Gestion du trafic aérien », Quinzième édition — 2007.
- [2] Annexe 11 à la convention relative à l'aviation civile internationale : Services de la circulation aérienne, Treizième édition, juillet 2001.
- [3] Cours troisième année Licence, ATM.
- [4] Cours troisième année Licence, Circulation aérienne.
- [5] Cours première année Master, ATFM.
- [6] AIP Algérie, Amendement 2014.
- [7] Algérie Carte de Croisière, 2014.
- [8] David GIANAZA, Thèse doctorat, « Optimisation des flux de trafic aérien », Institut National Polytechnique de Toulouse, novembre 2004.
- [9] Karine DESCHINKEL, Thèse doctorat, « Régulation du trafic aérien par optimisation dynamique des prix d'utilisation du réseau », Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, novembre 2001.
- [10] Caroline MARTIN, Thèse doctorat, « La gestion de la charge mentale des contrôleurs aériens en-route : apport de l'eye-tracking dans le cadre du projet européen SESAR », Université de Toulouse, septembre 2013.
- [11] Cours troisième année Licence, Systèmes automatisés du contrôle du trafic aérien.
- [12] Fatima Zahra DRARNI, Thèse Magister, « Décongestion des secteurs de contrôle en route par le processus d'allocation de créneaux aux départs », Institut d'Aéronautique de Blida, novembre 2008.
- [13] Sofiane OUSSEDIK, Thèse d'état, « Application de l'évolution artificielle aux problèmes de congestion du trafic aérien », 2002.
- [14] Note Circulaire : Programmes des qualifications des contrôleurs de la Circulation Aérienne, février 2012.
- [15] Document OACI 9426 : Manuel de planification des services de la circulation aérienne, Première édition (provisoire) — 1984.

- [16] Roberto Arca Jaurena, Regional Project: ICAO RLA/06/901, « Guide for the application of a common methodology to estimate airport and ATC sector capacity for the SAM Region », Lima, Peru, 6 to 17 July 2009, Version 1.0
- [17] Jerry D. Welch, John W. Andrews, and Brian D. Martin, « Macroscopic workload for estimating en route sector capacity», M.I.T. Lincoln Laboratory, Lexington, MA 02420-9185 Banavar Sridhar, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 90435.
- [18] Romain SZPAK, Thèse d'ingénieur ENAC, « Recherche d'une méthode générale de détermination de capacité secteur », juin 1992.
- [19] EUROCONTROL Experimental CENTRE, Pessimistic sector capacity estimation EEC Note No. 21/03, Project COCA, Issued: November 2003.
- [20] Document OACI 8400: Procedures for Air Navigation Services; « ICAO Abbreviations and Codes », Eighth edition — 2010.
- [21] AIC SERIE A, NR 02 / 07, « Circulaire d'information aéronautique », 18 janvier 07.