

CHAPITRE 4

SECTORISATION INDUITE DE L'ESPACE AÉRIEN

4.1. Introduction

Les capacités d'exploitation du trafic aérien dans la FIR d'Alger sont actuellement saturées, ce qui nécessite une nouvelle réflexion sur la gestion du trafic dans son ensemble afin d'apporter les améliorations nécessaires qui amèneront à son optimisation.

L'engagement régional de l'Algérie pour la mise en place du contrôle positif dans l'espace aérien supérieur et des minima de séparation verticale réduite (RVSM) nécessite des améliorations. Les opérations procédurales actuelles devront évoluer avec le contrôle radar d'abord dans l'espace aérien nord, deuxième étape le sud, et enfin vers un environnement d'exploitation de Surveillance Automatique Dépendante (ADS) dans l'extrême Sud au fur et à mesure de l'augmentation du trafic.

4.2. Objectif

L'objet de ce mémoire est basé sur la recherche d'un programme de calcul de la charge du trafic des secteurs de contrôle afin de pouvoir y répartir au mieux les différents flux du trafic. Ce programme se présente comme un outil statistique des données du trafic relevé du plan de vol. Le langage de programmation choisi est le delphi.7, ce dernier permet d'établir une bonne interface homme machine facile à exploiter.

4.3. Les spécifications (Opérations en Route)

La partie nord dans la FIR d'Alger possède une couverture radar, à l'exception d'une zone située à l'ouest de Constantine où est assuré le contrôle aux procédures. Pour assurer une meilleure uniformité de gestion de contrôle, une nouvelle installation au CCR comprenant les équipements d'automatisation et de visualisation nécessaire pour une couverture radar complète.

L'espace aérien de la zone Sud est classé F (service consultatif) en attendant son reclassement en catégorie E (service de contrôle) à compter 25/09/2008. Ceci est justifié par un nombre important et continuellement croissant du trafic aérien dû à l'exploitation pétrolière dans les zones Sud de la wilaya de Ghardaïa et particulièrement à Hassi Messaoud.

En outre, il est attendu aussi que les voyages touristiques vers les parcs naturels autour de Tamanrasset et de Djanet continueront à se développer. Des communications air-sol et sol-sol améliorées sont nécessaires pour mettre en place un contrôle positif dans cet espace aérien.

4.4. Sectorisation

La sectorisation est le découpage de l'espace aérien en secteurs de contrôle. Il a pour but de répartir équitablement les tâches de responsabilité ainsi que les positions de contrôle (donc sur des fréquences de travail) [28].

Généralement, pour faire face à l'accroissement de la demande de trafic on augmente le nombre de secteurs afin de réduire la charge de chacun d'eux[29].

Delà, notre travail a consisté à proposer une reconfiguration des anciens secteurs tout en résolvant les différents points noirs existants. Ce découpage géographique, malgré ses limites verticales que latérales idéales, doit impérativement permettre au contrôleur en poste de bien gérer son trafic. Néanmoins, la multiplication des secteurs augmente le nombre de coordinations.

4.5. Traitement des données disponibles

Pour notre étude, nous avons besoin d'une base de données qui contient les informations suivantes:

- Les vols : un vol décolle d'un aérodrome donné à une date et heure donnée, suit une route prédéfinie à une vitesse fixée et atterrit sur un (autre) aérodrome.
- Les secteurs : l'espace aérien est divisé en secteurs de contrôle traversés par des routes aériennes que devront suivre les aéronefs. Un secteur est doté d'une capacité, cette dernière est une valeur seuil du flux de trafic entrant dans un secteur, au-delà de laquelle celui-ci est considéré comme surchargé [30].
- Les données relatives à l'organisation ATS (Air Traffic Service):
 - Le réseau de routes aériennes : défini selon la réglementation en vigueur à travers des caractéristiques qui comprennent un indicatif de route ATS, la route à suivre sera définie par une succession de points significatifs et par une distance qui les séparent ;
 - Les points significatifs : sont des emplacements géographiques spécifiés utilisés pour définir une route ATS ou une trajectoire d'un aéronef. Un point significatif peut correspondre, selon le cas, à l'emplacement d'une aide à la radionavigation ou d'un point fictif ;
 - Les moyens de radionavigation : Les systèmes de radionavigation comprenant les installations d'aide à l'atterrissage (ILS) et les moyens de radionavigation en route et région terminale (VOR, DME et NDB) ;
 - Les aérodromes : Pour chaque aérodrome on introduit : son indicateur d'emplacement OACI ainsi que sa position géographique ;
 - La sectorisation de la FIR Alger qui nécessite une introduction de différents points définissant les limites géographiques pour chaque secteur.

- Plusieurs tronçons de routes aériennes sont traversées par des petits segments d'un secteur avant de pénétrer dans un autre secteur ; A titre d'exemple, l'UA29 traverse le Secteur Sud/centre sur environ 15 milles.
- Plusieurs exemples d'aéroports, sans contrôle d'approche, situés sur ou près d'une frontière de secteur sont également considérés comme points noirs, à titre d'exemple TRB – TIO – BIS, qui posent des problèmes de coordination voir figure (4.2), aussi bien, sens aéroport/CCR que Inter/secteur.
- Plusieurs frontières de secteurs sont actuellement en proximité étroite des points vers lesquels des volumes de trafic élevés convergent (exemple : Tiaret- Timimoun- Biskra etc...). Dans le contrôle procédural, cette pratique est appropriée. Pour le contrôle radar, ces frontières doivent être revues et corrigées pour permettre aux contrôleurs plus de flexibilité quant à la gestion du trafic sans coordination excessive avec les secteurs voisins.

Le schéma de sectorisation qui sera proposé où le contrôle radar est prévu prendra en considération ces besoins-là.

4.7. Principaux Points de Convergence des Routes

Les points de convergences sont des points situés à la croisée de différentes routes ATS ou à Navigation de surface (RNAV) ou aux croisements de routes de différentes constitutions. A ce niveau, la vigilance du contrôleur est plus accrue, une gestion adéquate du trafic doit être de rigueur.

A titre d'exemple, des points de type moyen radioélectrique comme BOD CSO, ALR, ZEM, MOS, BAY, TIO, DJA, TMS pour ne citer que ceux là, sont des points de convergence critiques. Il est recommandé de ne pas ajouter d'autres problèmes, comme par exemple, celui de TIO point limitrophe à deux secteurs.

Tableau 4.1 : Principaux Points de Convergence des Routes

Points de Convergence	Secteurs	type
ALR	NC	MR
ANB	NE	MR
BAY	NW	MR
BIS	NE SE	MR
BJA	NE	MR
BOD	SE	MR
BSA	SC	MR
BTN	NE	MR
CHE	NC	MR
CSO	NE	MR
DAFRI	SE	PRO
DAHRA	NW NC	PTC
DJA	SS	MR
ELO	SE	MR
GHA	SC	MR
HME	SE	MR
ILZ	SE	MR
IMN	SE	MR
MNA	SC	MR
MOS	NW	MR
NSL	SS	MR
NADJI	NE SE	PTC
ORA	NW	MR
RIMEL	SE	PTC
ROFER	SS	PTC
TBS	NE	MR
TGU	SE	MR
TIO	SW SS	MR
TMS	SS	MR
TRB	NW SC	MR

MR : Moyens Radioélectrique

PRO : Points de report obligatoire

PTC : Points de transfert de contrôle

4.8. La création de statistiques globales sur la couche des points significatifs

Ils sont basés sur une analyse détaillée des statistiques de l'année 2005, recueillie auprès du CCR d' Alger. IL est admis que le mois de JUILLET est considéré comme un mois moyennement chargé. De plus, une analyse détaillée des secteurs a été réalisée avec des données préétablies à partir d'informations des différents plans de vol qui nous ont été communiquées

En premier lieu, nous avons schématisé les données statistiques sur la carte de croisière de l'espace aérien algérien. Ensuite, nous avons rassemblé et repris la totalité des points significatifs (Points de transfert de contrôle, Points de report obligatoire et Moyens radioélectriques) (Appendice D), ainsi que les données statistiques citées ci-dessus.

Ce travail nous permet ainsi de visualiser les différentes régions avec leur charge de trafic respective.

La figure (4.2), ci-dessous, nous donne des constats précis sur les lieux à forte densité de trafic. Nous pouvons observer que, le plus gros du trafic (trafics internationaux, survols), se situe dans la partie nord de l'espace aérien, plus précisément dans les secteurs :

- Secteur Nord et Est ;
- Secteur Sud Est ;
- Sud Centre et la partie Est du grand Sud où on dénote un trafic assez important.

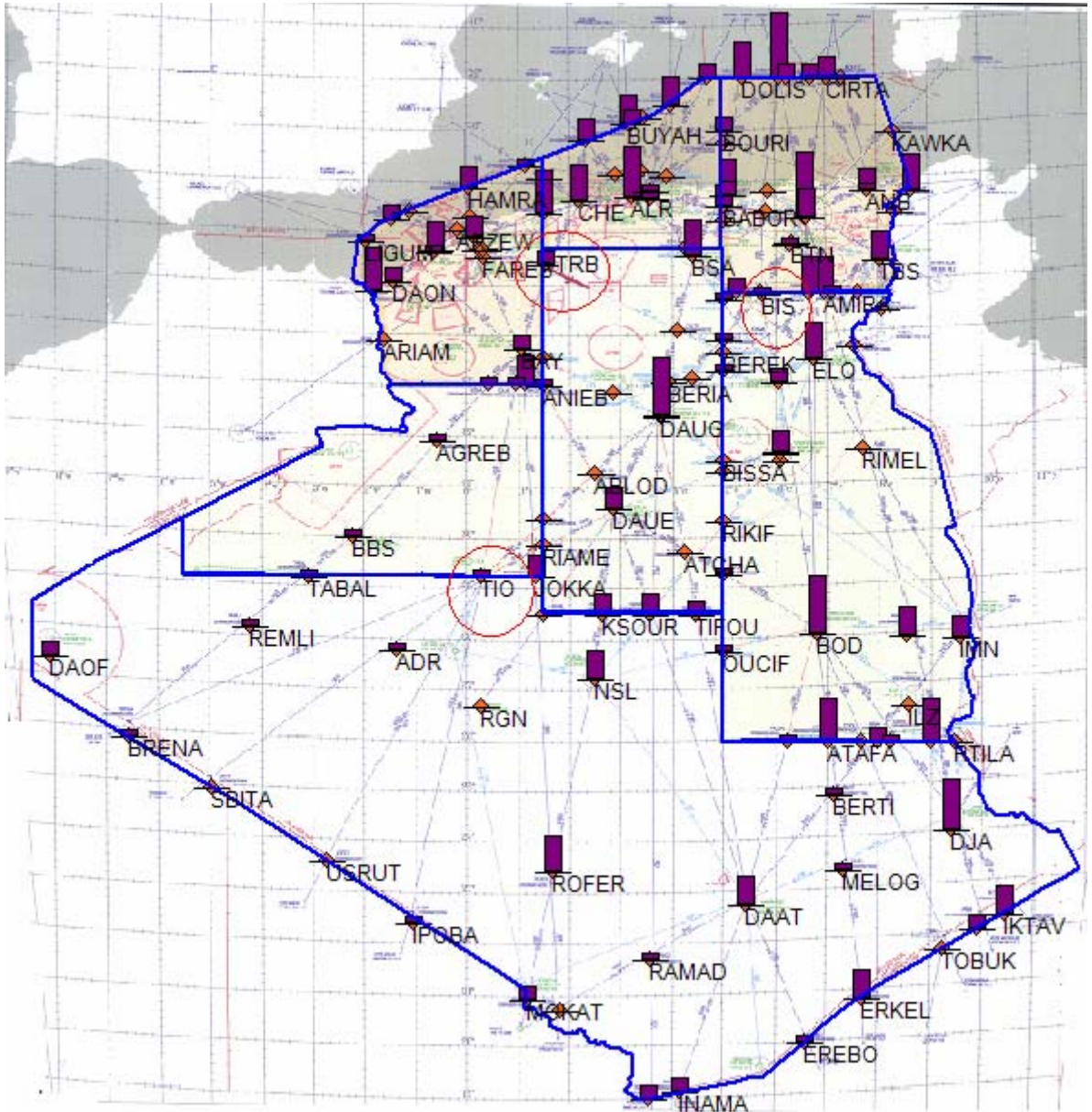


Figure 4.2 : pointe de trafic relevée par point durant une journée moyenne :
Trafic international + Survols sans escales [31]

La sectorisation proposée prendra en compte les flux de trafic de manière à réduire la charge de trafic, également la coordination inter/secteurs. Une charge réduite du trafic par secteur induira :

- Une coordination minimale ;
- Une charge de travail réduite pour le pilote et/ou le contrôleur.

Nul doute que cette nouvelle sectorisation évitera la congestion du trafic d'une part, et améliorera la qualité et la fiabilité des communications, d'autre part.

Concernant le flux du Trafic en Algérie, l'analyse des données ainsi que les suggestions de l'ENNA indiquent que l'espace aérien supérieur doit commencer à partir du FL270 ; ceci permet une transition adéquate dans l'espace aérien sans coordination excessive dans les zones de trafic de haute densité du nord et autour de Hassi Messaoud.

Les secteurs haute altitude peuvent généralement s'accommoder à plus de trafic dans la mesure où il y a moins de vols en transit et où les avions ont des performances similaires. Les secteurs de haute altitude proposés ont été conçus pour faciliter les flux de trafic à partir du FL280. Les secteurs de basse altitude ont été conçus pour faciliter les départs et les arrivées au niveau de l'aérodrome, le trafic en route de basse altitude, et les opérations sur et aux alentours des plates-formes pétrolières et gazières.

La figure (4.3) ci-dessous montre, un trafic assez dense dans la partie nord de l'espace aérien et plus particulièrement les dessertes nationales (exemple : Alger/Oran FL240 ou FL260 - Alger/Annaba ou Constantine FL230 ou FL250 et inversement pour ne citer que ces dessertes, évoluant dans l'espace aérien inférieur), c'est pour cela que nous remarquons un schéma plus étoffé. Les dessertes Nord/Sud et inversement obéissent au même constat.

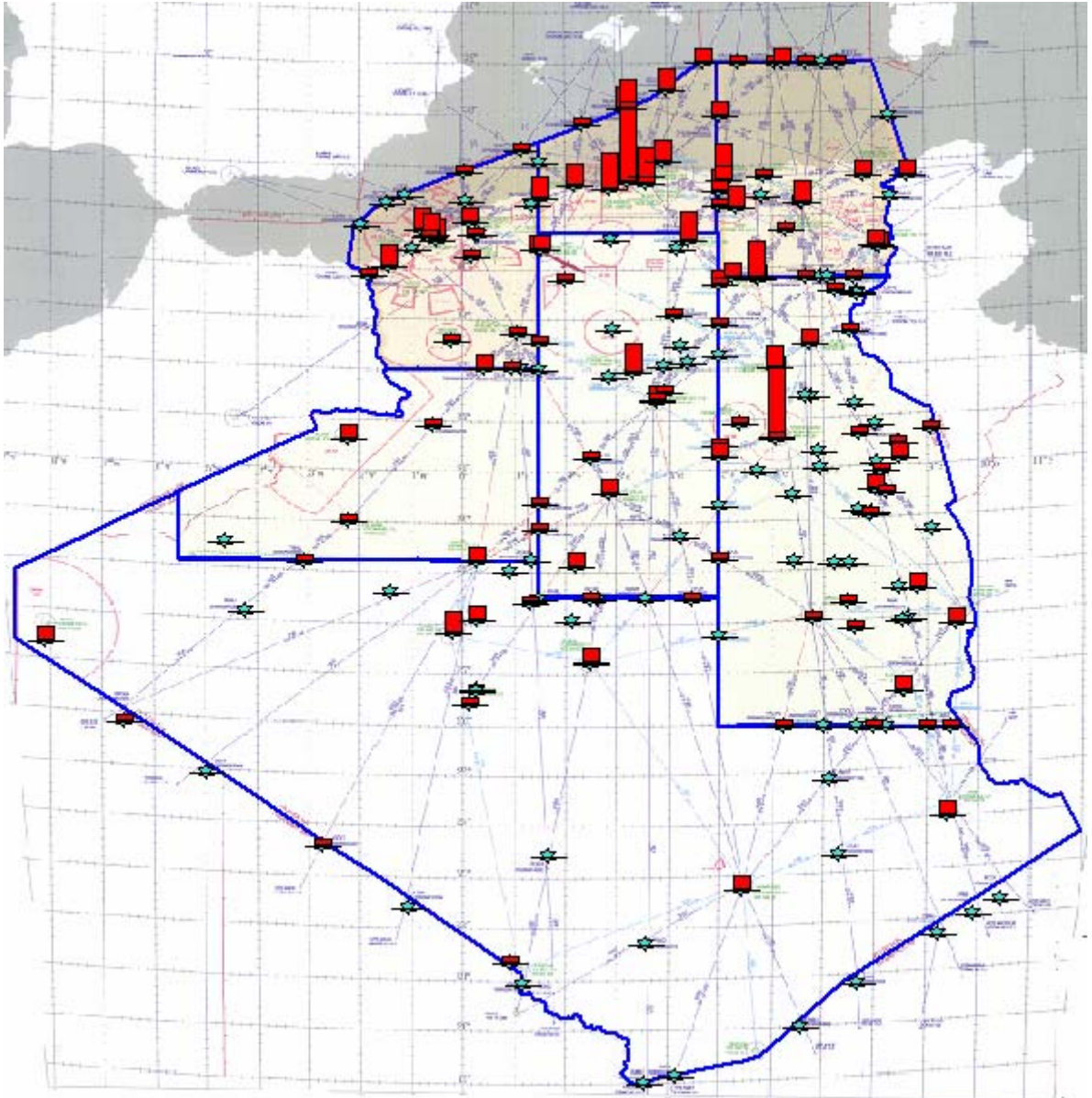


Figure 4.3 : pointe de trafic relevée par point durant une journée moyenne : Trafic national [31]

4.9. Capacité de secteur et saturation

Un secteur de contrôle est une portion de l'espace traversé par des routes aériennes, pour lequel 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 (de façon non linéaire). Il existe une limite au delà de laquelle le contrôleur en charge du secteur ne peut plus accepter de nouveaux avions

et oblige ces derniers à contourner le secteur en traversant des secteurs voisins moins chargés [32]. On dit alors que le secteur est saturé. Cet état critique doit être évité car il provoque un phénomène cumulatif de surcharge sur les secteurs en amont pouvant remonter jusqu'aux aéroports de départ, (c'est ce qui se pratique au niveau du CCR d'Alger, à travers sa position de FMP le reliant directement au centre de régulation de BRUXELLES) En effet, lorsque le trafic ne peut être dévié, il est mis en attente dans les secteurs en amont faisant augmenter progressivement la charge de contrôle de ces derniers jusqu'à ce qu'ils soient saturés.

Le seuil au delà duquel le secteur est saturé est très difficile à estimer car il dépend de la géométrie des routes qui le traversent, de la géométrie du secteur lui-même, de la répartition des avions sur les routes, des performances de l'équipe de contrôle etc. Un seuil généralement admis est de 3 conflits et 14 avions dans un secteur donné [33]. Cette charge maximum ne doit pas perdurer plus de 10 minutes car elle provoque un fort stress des contrôleurs qui risquent alors de ne plus pouvoir assurer la gestion du trafic dans des conditions optimales de sécurité.

4.9.1. Temps de prise en compte

La prise en compte d'un vol dans un secteur de contrôle commence dès sa prise en charge et se termine lorsque l'avion est transféré sur la fréquence du secteur suivant. Ce temps de présence dans le secteur est donc : la somme du temps de coordination en entrée et du temps de traversée jusqu'au transfert de contrôle [34]. Pour les besoins du secteur suivant, le transfert en fréquence peut avoir lieu avant la limite du secteur. Le début de prise en compte correspond au moment où le strip arrive sur le secteur. Dans le cas de coordinations non automatique, le strip arrive environ 10mn avant la prise en compte par le secteur concerné. Le temps traversé dans ce secteur par l'avion plus les 10mn de sa prise en compte avant la limite effective a été pris par nos soins pour le calcul établi de la capacité d'un secteur.

4.9.2. La capacité du secteur de contrôle

La capacité d'un secteur de contrôle est définie par le nombre maximum d'aéronefs qui peuvent être contrôlés dans une période d'une heure. La charge de travail ressentie par les contrôleurs dépend de la structure du secteur, de la précision de la navigation des aéronefs, des conditions météorologiques, du degré de qualification des contrôleurs, du type et de la disponibilité des moyens de communication de navigation et de surveillance utilisés ...

La capacité peut être évaluée par plusieurs facteurs de charge comme :

- Taille du secteur considéré;
- Nombre d'avions traités ;
- Trafic mixte (lent et rapide) ;
- Complexité de conflits ;
- Nombre et configurations des routes (notion de proximité);
- Existence de zones militaires;
- Type de coordinations (manuels, automatiques, inter/secteur, disponibilité des moyens de communication ...) ;
- Saturation de la fréquence ;
- Brouillage ou mauvaise réception ;
- Type de séparation et moyens de radio navigation disponible (séparation radar ou en procédure, présence de moyens au sol ...)
- Mauvaise détection radar ;
- Tenue des strips;
- Perturbations météorologiques ;
- Dégradations techniques ;
- Contrôleur en instruction sur la position.

4.10. Calcul des charges du trafic par secteur

Le calcul de la charge pour chaque secteur (nombre de vol entrant dans le secteur) doit commencer tout d'abord par une collecte de données statistiques procurées et relevées auprès du service des statistiques du département CCR, qui ont pour référence des plans de vol préétablis.

Exemple :

La figure ci-dessous, est la reproduction d'un strip réel avec ses éléments : une étiquette d'un strip à l'extrême gauche montre le point de départ (PARIS/Roissy), la destination ou aéroport d'arrivée (Libreville), l'indicatif de l'avion (AFR976), le type de l'avion (B772), la vitesse 479 (Kts/heure), l'immatriculation réelle de l'avion (FGSPP), le H désigne que cet avion est gros porteur, ensuite la route que doit suivre cet avion à l'intérieur du secteur où il sera pris en charge, du point d'entrée KAMER, puis CSO, au point de sortie NADJI. La dernière case à l'extrême droite correspond: à la date ce vol (jour, mois, année) ainsi que l'heure de transmission de ce strip. Il est à préciser, que ce strip de vol transit appartient au secteur Constantine.

AFR976	H	09 45	350		KAMER	350			CSO		NADJI		11: 54
5002	B772												3 /03
LFPG	F00L												2009
FGSPP	N0479	DGLM											29 SEP

Figure 4.4 : Exemple de strip réel du CCR d'Alger

Les statistiques auxquelles nous avons eu accès étaient contenues dans l'année 2005. Ils comportaient le nombre total des vols ayant survolé, atterri ou décollé de l'Algérie. Après une étude minutieuse, nous avons opté pour le mois de juillet 2005 qui était effectivement un mois assez chargé en comparaison des autres mois de l'année 2005.

Nous avons calculé le nombre réel de vols pour chaque jour du mois de juillet en tenant compte de la journée la plus chargée à la moindre, selon la recommandation de l'OACI. De là, il ressort que la dixième (10^{ème}) journée dans cet ordre, est celle à prendre en considération. C'est la journée du 06 juillet 2005.

Nous avons réparti la totalité des vols de la dite journée à travers l'ensemble des secteurs existants. Nous avons procédé de la façon suivante :

- Détail des vols pour chaque secteur ;
- Calcul des heures selon leur point d'entrée et de sortie à l'intérieur du secteur concerné ;
- Désignation de ces vols selon leur cheminement déterminé ;
- Dénomination des vols selon leur évolution dans l'espace supérieur ou inférieur.

Ci-dessous la représentation de l'interface sous DELPHI.7 qui détermine les résultats pour chaque secteur.

4.10.1. L'organigramme de calcul de charge du trafic

La figure (4.5) donne un aperçu général, sur les étapes à suivre pour le calcul de la charge horaire du trafic. Il tient compte des informations du plan de vols afin de calculer les heures estimées d'entrée et de sortie dans un secteur donné.

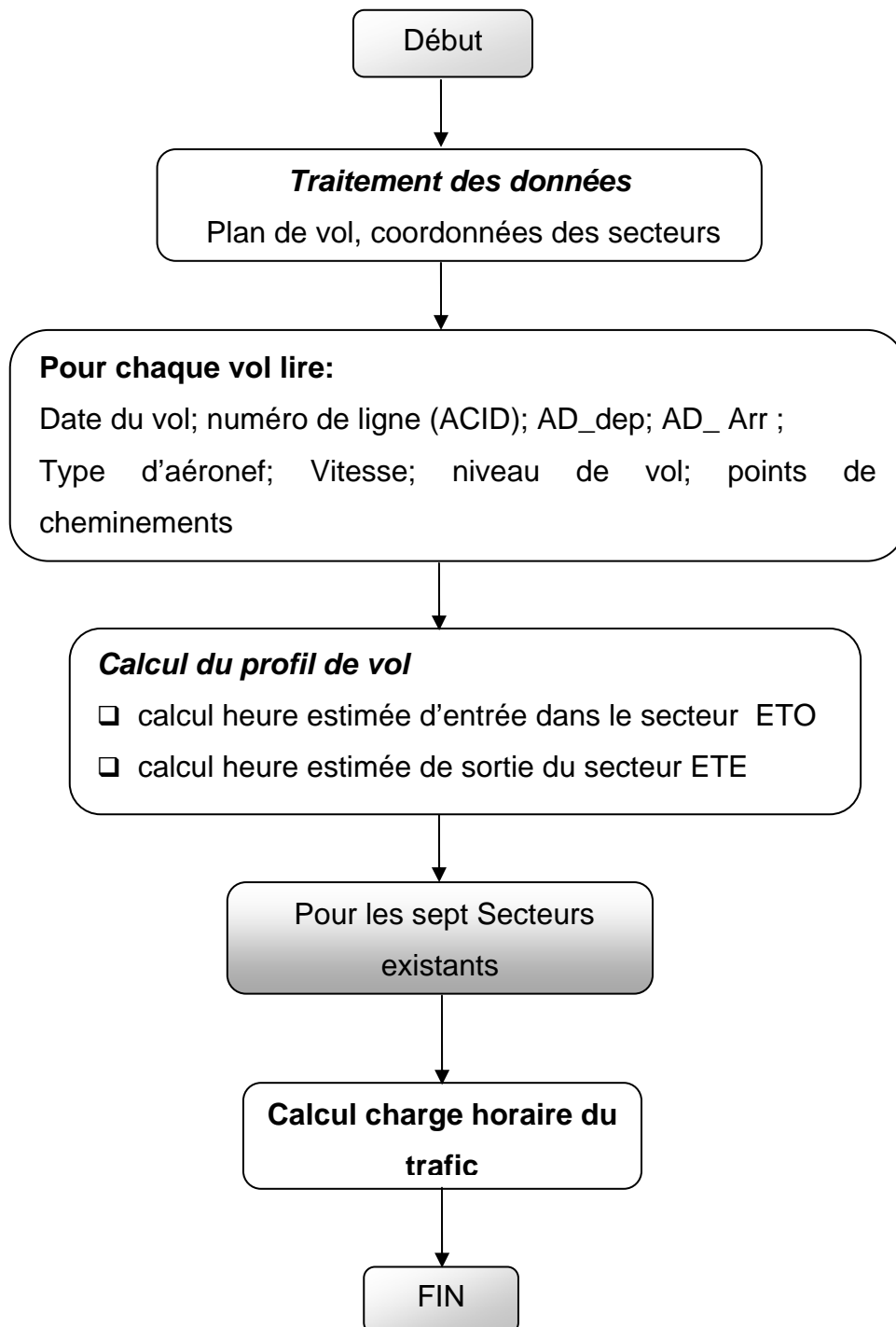


Figure 4.5 : L'organigramme de calcul de charge du trafic

4.11. Analyse des secteurs existants

4.11.1. Secteur Oran

La figure (4.6) représente le secteur d'Oran. Ce dernier possède deux frontières internationales (au nord l'Espagne et à l'ouest le Maroc). Ce secteur de par sa composition comporte une complexité qui limite, un tant soit peu, la facilité d'écoulement du trafic : c'est le nombre élevé des zones à statut particulier, selon l'orientation Est/Ouest ou inversement. Nous avons également quatre aéroports importants au point de vue du trafic aérien : Oran, Tlemcen pour les civils et Tafraoui, Bousfer pour les militaires.

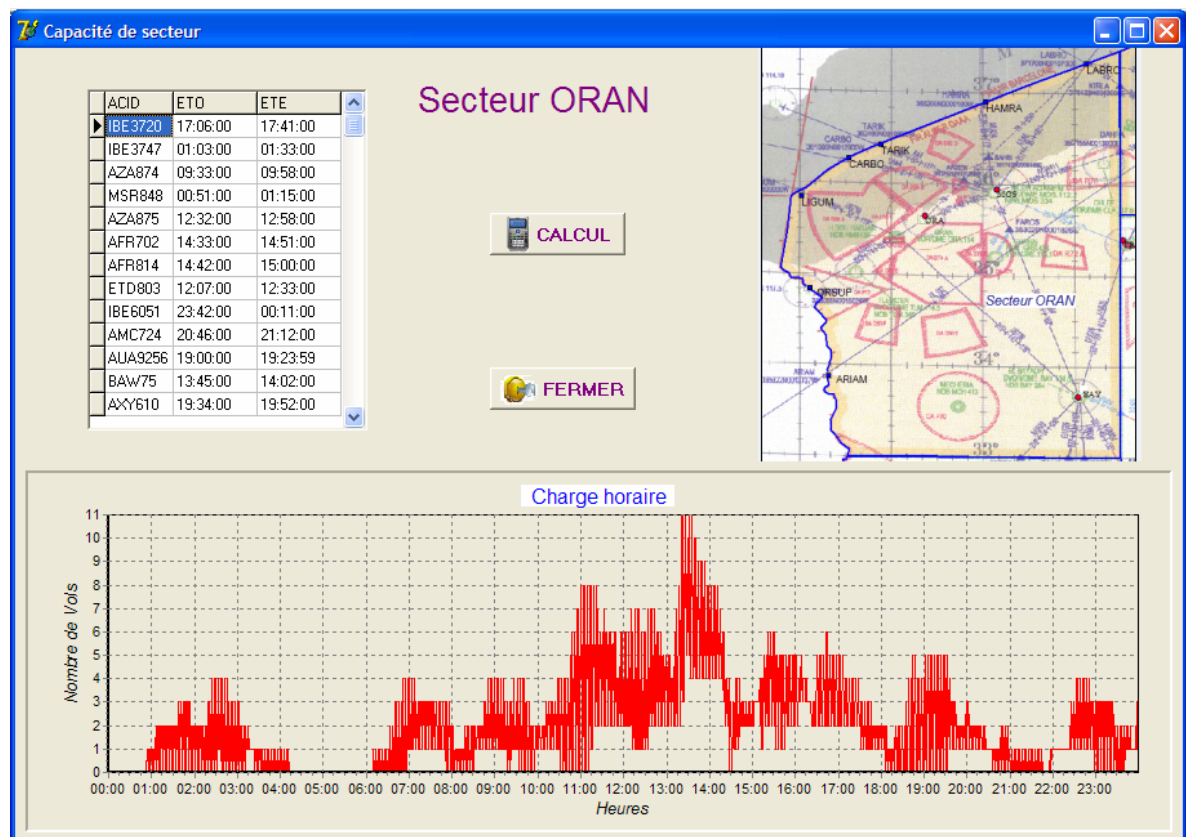


Figure 4.6 : Calcul de la charge horaire Secteur Oran

En plus, des routes aériennes que fréquente un trafic régulier : A/UA411 (Est/Ouest), A/UA604 (Nord/Sud), UB738 (Nord-Ouest/Sud) et enfin A/UA29 (Nord-Est/Sud). La figure ci-dessus, indique une charge horaire maximale de onze (11) avions entre la tranche horaire 13h00 et 14h00, ce qui dénote par rapport

à la complexité du secteur une charge à la limite du supportable. Nous constatons également un trafic régulier pendant toute la journée.

4.11.2. Secteur TMA Alger

La figure (4.7) représente le secteur TMA Alger, ce dernier possède une limite internationale au Nord (l'Espagne, la France). Ce secteur paraît facile mais ses difficultés résident dans un nombre élevé et toujours croissant du trafic ; sa gestion devient de plus en plus difficile. Il comprend un aéroport clé (Alger/Haouari Boumédiène) civil et un aéroport limitrophe Boufarik (militaire). En plus, de deux aéroports mitoyens aux secteurs : Bejaia à l'Est et Boussaâda au Sud. Il est traversé par plusieurs routes aériennes : A/UA411 d'Est/Ouest, A/UA29 Nord-Ouest/Sud-Ouest, G/UG26 Est/Sud-Ouest, B/UB734 Est/Sud-Est.

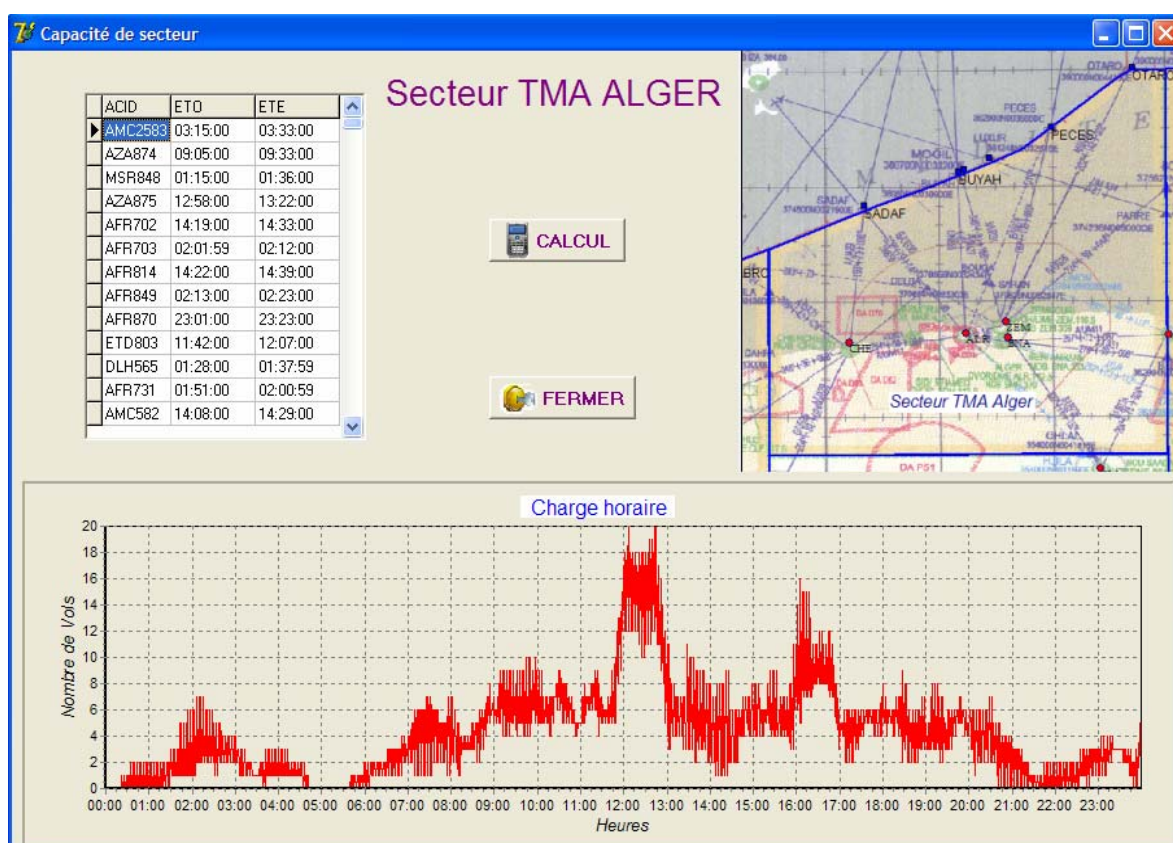


Figure 4.7 : Calcul de la charge horaire Secteur TMA Alger

Ce secteur est trop chargé, on remarque deux (2) pics élevés entre 12h00 et 13h00 et un autre à un degré moindre entre 16h00 et 17h00 avec seize (16) avions. Les fluctuations du graphe confirment bien que ce secteur est trop sollicité.

4.11.3. Secteur Nord Est (NE)

La figure (4.8) représente le secteur Nord Est. Ce dernier est d'apparence un peu plus complexe que le précédent par le nombre important d'aérodrome qui s'y trouve. Il possède deux limites internationales : au Nord, la France (CCR de Marseille), à l'Est la Tunisie (CCR de Tunis). Les aérodromes existants les plus importants au point de vue trafic sont : Constantine, Annaba, Batna, Jijel, Tébessa, Sétif, sans oublier deux (2) aérodromes limitrophes Béjaïa à l'Ouest et Biskra au Sud.

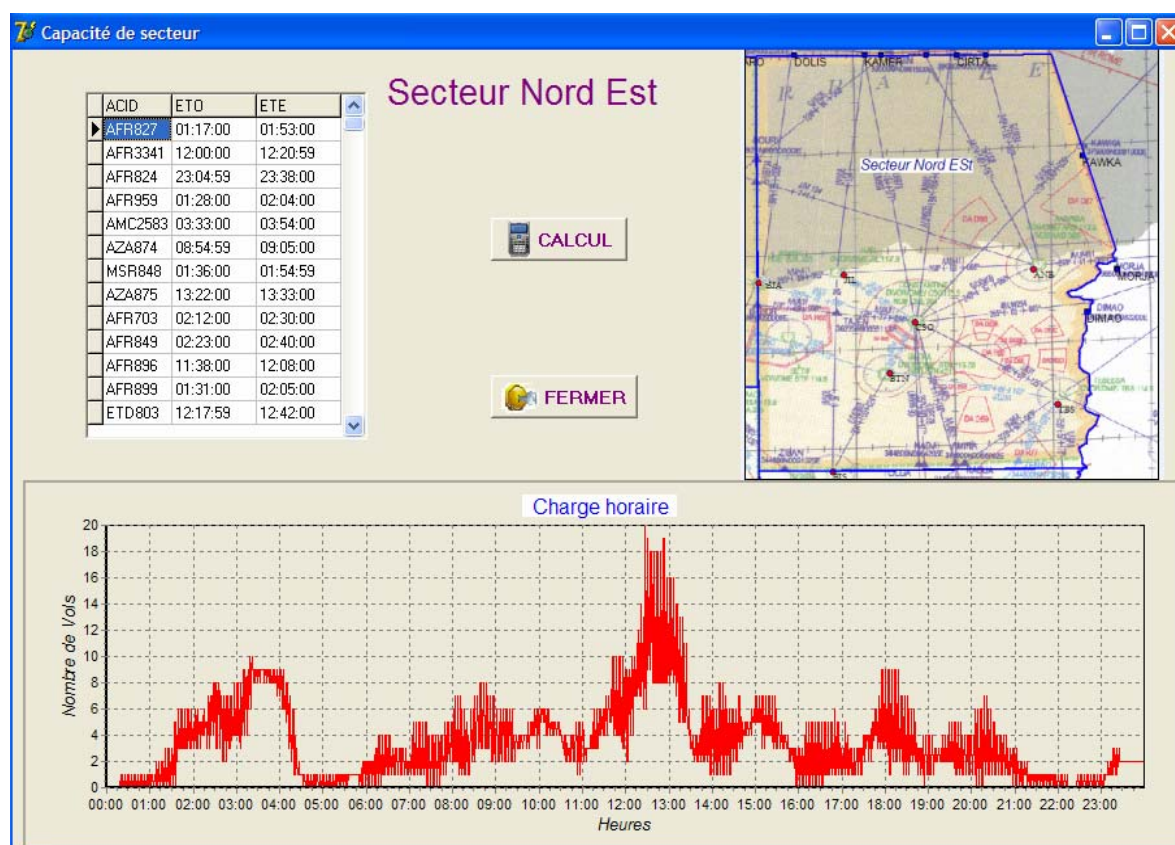


Figure 4.8 : Calcul de la charge horaire Secteur Nord Est

Il apparaît également une densité très fournie du réseau de route aériennes que fréquente un trafic régulier : A/UA411 (Est/Ouest), R/UR978 Nord/Sud, UM605 Nord-Est/Sud, A/UA31 Sud-Est /Ouest, UG864 Sud/Sud-Est. La figure ci-dessus détermine la charge horaire, qui montre clairement qu'en plus de la complexité des routes, deux (2) pic entre 12h00 et 13h00 avec une charge variant entre dix huit (18) et vingt (20) avions. Il est également constaté un trafic continu pendant la journée.

4.11.4. Secteur Sud Est (SE)

La figure (4.9) représente le secteur Sud Est. Ce secteur, immense au point de vue espace d'abord, est limité par deux (2) frontières internationales (Tunisie, Lybie (CCR de Tripoli)). Les aéroports existants les plus importants au point de vue trafic: Hassi Messaoud, In-Aménas (Zarzaïtine), Illizi, El-Oued, Touggout, pour les aéroports civils et Ouargla pour l'Aéroport militaire.

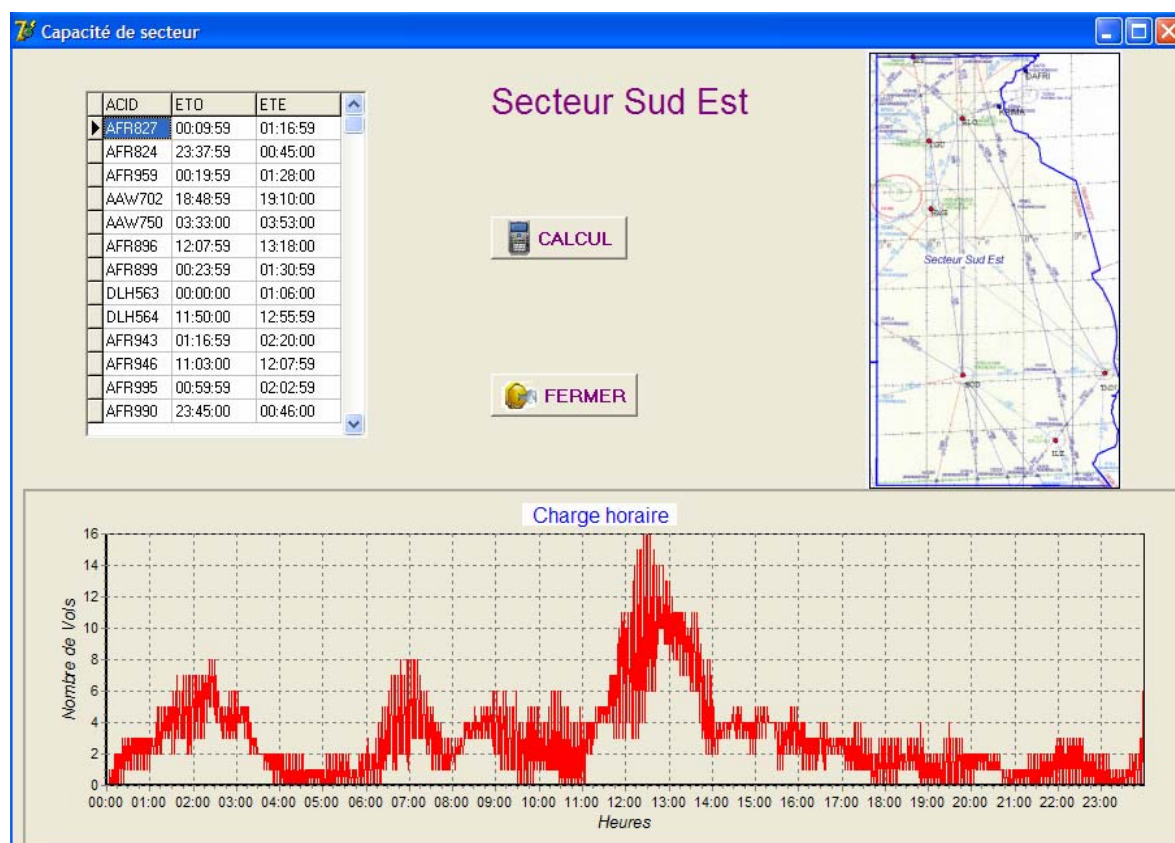


Figure 4.9 : Calcul de la charge horaire Secteur Oran

Le réseau de route aérienne appartenant à ce secteur : R/UR978 Nord/Sud, A/UA605 Nord/Sud-Est, B/UB 727 Est/Sud, J/UJ41 Sud-Est/Sud-Ouest, UG864 Nord/Ouest, B/UB730 Ouest/Sud-Est. La figure ci-dessus nous montre un trafic assez important, surtout en milieu de journée, où le pic arrive entre 12h00 et 13h00 à seize (16) avions, ce qui fait de ce secteur trop chargé et qui nécessite une reconfiguration.

4.11.5. Secteur Sud Centre (SC)

La figure (4.10) représente le secteur Sud Centre. Ce secteur de forme rectangulaire, possède une configuration qui paraît normale, la densité de trafic se trouve tout juste moyenne. Les aéroports les plus importants de ce secteur sont : Ghardaia, El-Goléa, Hassi R'mel (civils) en plus celui de Boussaâda limitrophe avec la secteur TMA Alger, sans oublier les aéroports militaires, à savoir : Ain Ouesséra, Laghouat.

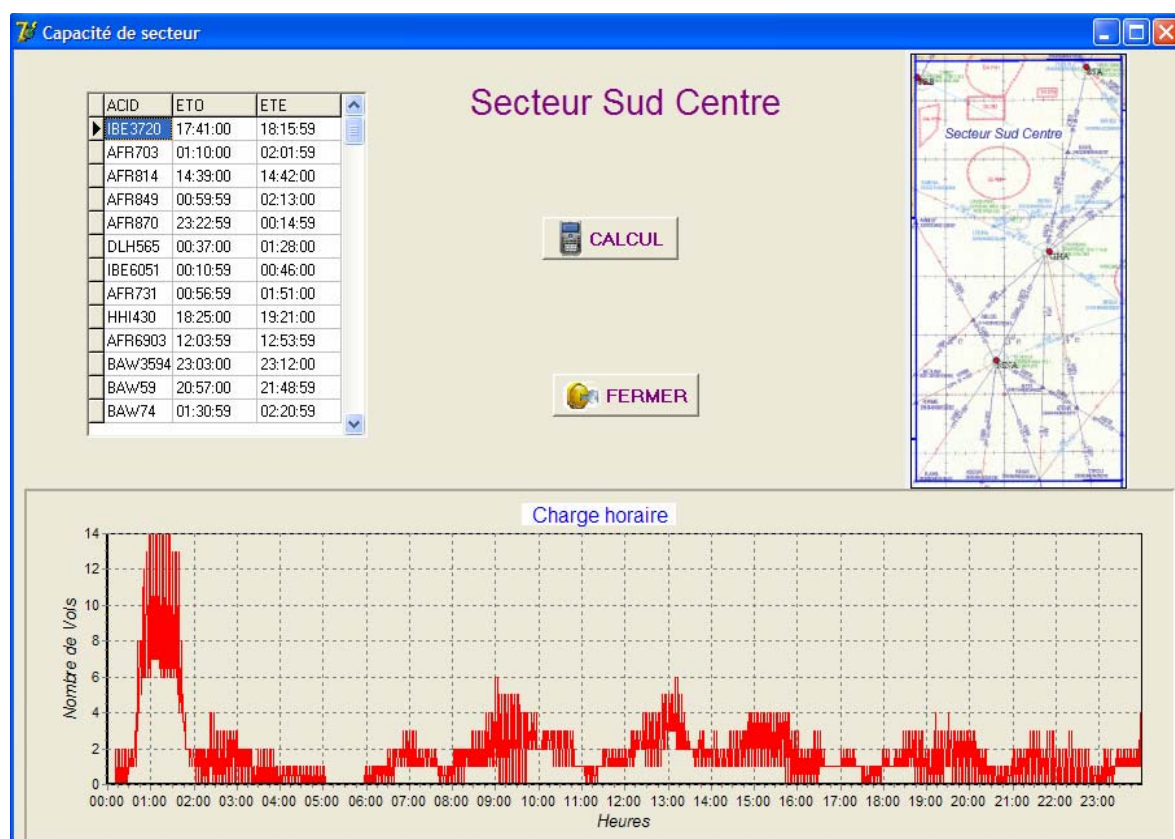


Figure 4.10 : Calcul de la charge horaire Secteur Sud Centre

Le réseau de route aérienne qui traverse ce secteur est constitué de : B/UB726 axe Nord/Sud, A/UA604 axe Ouest/Sud, UG864 Est/Ouest, J/UJ36 Nord/Est. La figure ci-dessus, montre une charge du trafic moyenne de 06 avions avec un pic de quatorze (14) avions entre la tranche horaire 01h00 et 02h00 du matin uniquement dans le cas du transit.

4.11.6. Secteur Sud Ouest (SW)

La figure (4.11) représente le secteur Sud Ouest. Ce secteur présente une densité très faible. Il possède une frontière internationale avec le Maroc. Les routes aériennes qui le traverse sont : UM608 axe Nord/Est, A/UA29 axe Nord/Sud-Ouest, G/UG26 axe Nord/Sud. Les aérodromes qui y figurent sont: Bechar (aérodrome mixte) et Timimoun limitrophe avec le secteur Sud/Sud. La figure (4.11), montre une faible densité de trafic avec quelque pic allant jusqu'à quatre (04) avions aux tranches horaires suivantes : le matin entre 02h00 et 03h00 et à la mi journée entre 12h00 et 13h00. Nous constatons également qu'il y a un trafic discontinu pendant toute la journée.

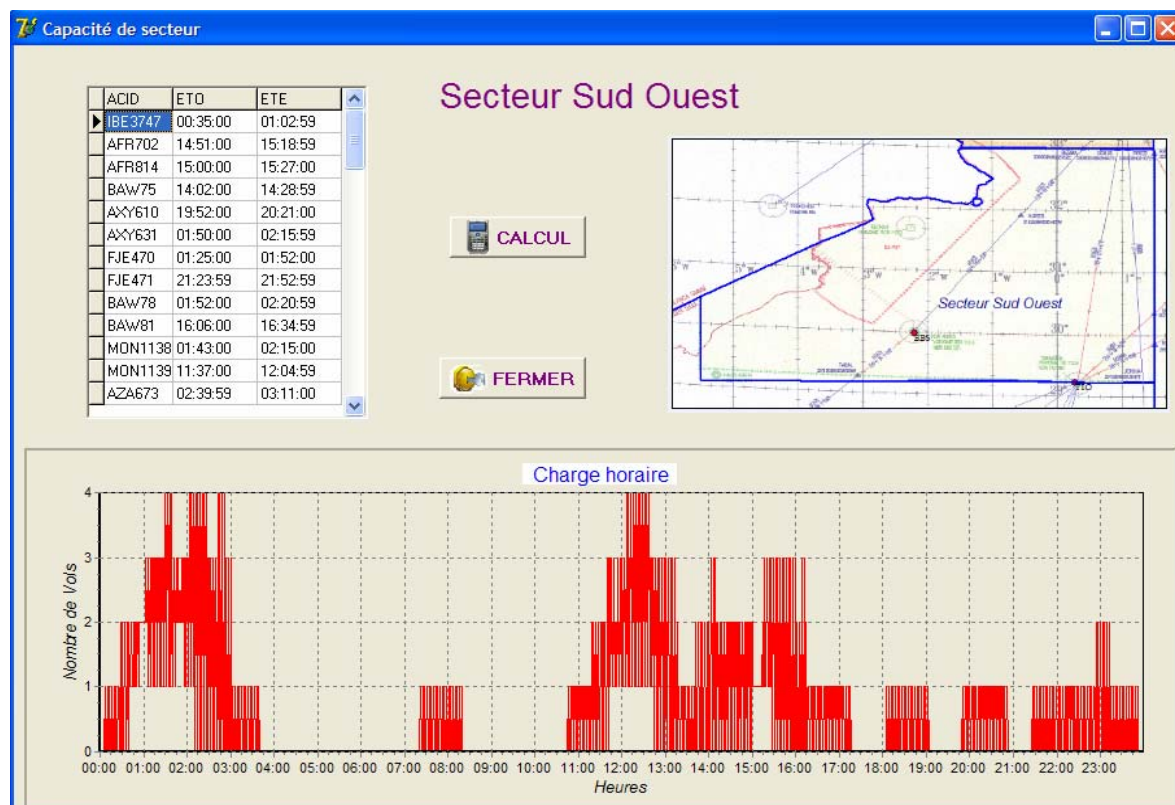


Figure 4.11 : Calcul de la charge horaire Secteur Sud Ouest

4.11.7. Secteur Sud Sud (SS)

La figure (4.12) représente le secteur Sud Sud. Ce dernier, immense par sa configuration actuelle. Possède une frontière internationale (Lybie, le Tchad, le Niger, le Mali et enfin le Sénégal). Les aérodrômes existants les plus importants sont : Tamanrasset, Djanet, In-Salah, Adrar, Tindouf (mixte) et enfin Timimoun aéroport limitrophe avec le secteur Sud Ouest. Le réseau de routes aériennes qui étoffe ce secteur est: A/UA605, B/UB730, B/UB727, G/UG855, A/UA615, G/UG859, UM608, A/UA29. La figure ci-dessous nous donne une densité de trafic peu chargée la journée par contre le plus gros du trafic se trouve entre la tranche horaire 00h30 et 01h30 représentant essentiellement le trafic en transit avec un pic allant jusqu'à vingt et un (21) avions.

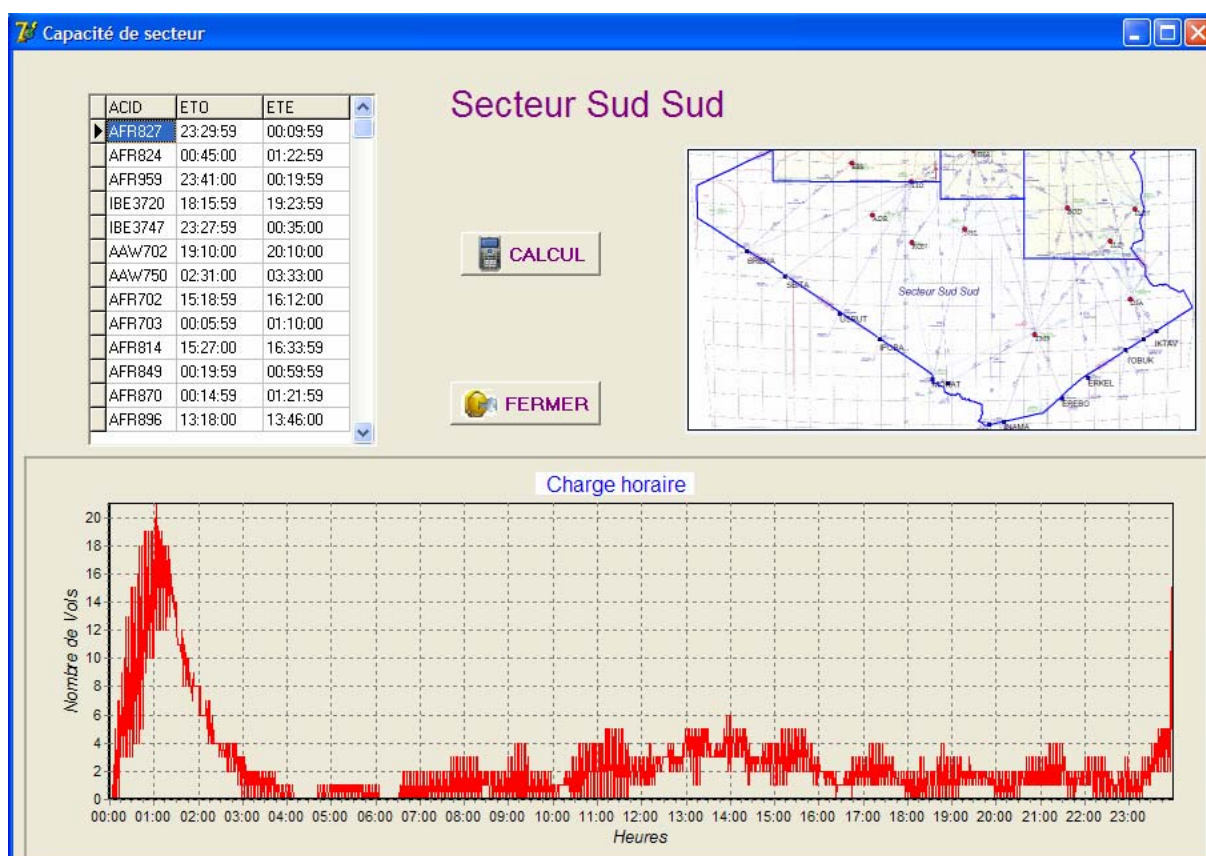


Figure 4.12 : Calcul de la charge horaire Secteur Sud Sud

4.12. Proposition de Resectorisation de l'Espace Aérien

L'approche que nous avons utilisé pour développer le plan de sectorisation proposé pour la FIR d'Alger afin de résoudre les problèmes qui viennent d'être soulevés, est le suivant :

- Conception de nouveaux secteurs facilitant la coordination et l'acceptation des trajectoires ;
- Les frontières de secteurs proposées ne sont pas soumises à des contraintes de frontières régionales ou locales ;
- Une conception appropriée de secteurs se traduit par des procédures de profils de vol permettant à ces derniers d'atteindre plus efficacement les altitudes, les vitesses, et les taux de montée/descente désirés ;
- Les charges de secteur devront être allégées pour une prise en charge efficace.

4.12.1. Les contraintes opérationnelles de sectorisation

Afin de permettre une gestion sûre et efficace du trafic, l'espace aérien est divisé en différents secteurs de contrôle. Un secteur est géré par une équipe de deux contrôleurs. Il est délimité par une série de points (fictifs) définissant une frontière latérale en général convexe, un niveau inférieur et/ou un niveau supérieur. La définition des secteurs [33] est soumise à plusieurs contraintes:

1. Un avion ne doit pas traverser deux fois le même secteur.
2. Le nombre d'avions présents simultanément dans un secteur ne doit pas dépasser une charge acceptable et stressante pour un contrôleur ;
3. Le temps de vol entre la frontière du secteur et la première balise (point de conflit possible) doit être suffisant pour permettre au contrôleur de réagir (prise en charge par radio, détection d'un conflit éventuel, choix de la manœuvre, transmission des instructions suffisamment à l'avance) ;
4. En même le temps la traversée d'un secteur ne doit pas être trop bref (inférieure à 5mn en général), afin que toutes les actions nécessaires puissent être achevées. En particulier, si un avion n'est plus sur sa route

normale au moment où il va changer de secteur, le transfert de responsabilité entre les contrôleurs concernés doit faire l'objet d'une négociation très étroite (appelée coordination). Une manœuvre débutée dans un secteur et devant s'achever dans le secteur adjacent doit faire l'objet d'une coordination étroite et sûre entre les deux contrôleurs des deux secteurs.

Les contraintes 3 et 4 ont pour conséquence qu'il faut tenir compte des délais de réaction nécessaires (eux-mêmes liés pour l'essentiel à la présence d'intervenants humains) afin de reconfigurer le système. En FIR Alger, il existe encore un champ de manœuvre bien suffisant pour entreprendre une reconfiguration des secteurs de contrôle sans pour autant atteindre les limites de charges de coordination.

4.12.2. Première approche

Nous avons étudié, dans un premier temps, les anciens secteurs, ensuite relevé toutes les anomalies qui se présentent et considérées comme étant des points noirs. Ces derniers on peut leur trouver une solution en reconfigurant certains secteurs. La démarche la plus appropriée est de tenir compte de ces points, ainsi les points de report les plus sollicités en terme de nombre de vols tout en construisant autour de ces derniers des nouveaux secteurs.

Nous avons toujours pris le 06 juillet 2005 comme journée de référence pour élaborer un schéma descriptif et précis pour le déroulement et le cheminement emprunté par les avions, nous avons calculé par segment horaire de cinq (5) minutes et déterminé le nombre d'avions effectif à chaque point. Tout prenant en compte les coordonnées géographiques pour chaque point existant (points de compte rendu obligatoires et facultatifs).

De nos résultats, nous avons obtenu les points les plus importants qui sont survolés par un grand nombre d'avions, voir ci-joint : ALR –CSO-GHA-DJA-MOS-BOD-BERTI-BERIA-ELO-ROFER-ORA-TMS-MELOG. Nous avons pris en considération également les diminutions de coordinations inter secteur pour le contrôleur en poste.

4.12.3. Proposition du nombre de secteur retenu

Après avoir étudié les flux de trafic, il apparaît à l'évidence qu'un ajustement des frontières de secteurs, est nécessaire pour :

- Optimiser les flux actuels de trafic aérien ;
- Assurer la croissance du trafic.

Ces ajustements doivent être entrepris, au fur et à mesure de la mise en place des nouvelles technologies. Un nom distinct reflétant le lieu physique de l'espace aérien assigné a été donné à chaque secteur. Un secteur qui englobe une densité de trafic supportable en tant que charge de travail correspond à une présence en ce dernier, de quatorze (14) avions. Ce chiffre de quatorze avions a été pris en considération pour dire qu'un secteur est plein et/ou proposer une séparation verticale du secteur, et ce, à partir du niveau de vol (FL) 270.

Le trafic national est généralement au-dessous du FL280 dans l'espace aérien algérien et est, par conséquent, contrôlé par les secteurs dits inférieurs.

A la lumière des informations obtenues, de l'analyse des anciens secteurs avec tous les aléas qui posent problème, de la charge horaire calculée pour chaque ancien secteur, nous proposons le plan suivant, à savoir, une resectorisation total de onze (11) secteurs qui se répartissent comme suit :

- Sept (07) secteurs pleins, (c'est-à-dire) inférieurs et supérieurs ;
- Deux (02) secteurs inférieurs ;
- Deux (02) secteurs supérieurs ;

➤ **Les Sept (07) secteurs pleins proposés et prévus sont les suivants**

1. Secteur Oran

L'espace aérien proposé pour le secteur d'Oran présenté sur la figure (4.13) est similaire à l'actuel secteur. La frontière sud du secteur existant est déplacée plus au sud pour permettre la gestion du trafic à proximité du VOR d'El Bayadh sans coordination excessive avec les secteurs adjacents. La frontière Est, est reculée par rapport à l'ancien secteur de vingt nautiques afin que

la gestion du trafic de Tiaret soit contenue dans ce secteur. Le point de report ANIEB est commun à trois secteurs également Oran, Sud Centre et Sud Ouest. Par cette nouvelle sectorisation, nous simplifions le transfert et la coordination faites par le contrôleur, puisque ce point-là, deviendra limitrophe uniquement à deux secteurs, à savoir : Le secteur Oran et le Sud Centre. Ce secteur sera désigné comme secteur contrôlé par radar aussitôt que les améliorations aux communications air-sol seront réalisées et que les contrôleurs seront certifiés pour le radar.

1.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivant : 3737N 00150E-3615N 00130W - 3550N 00206W. Delà, en ligne droite jusqu'au point d'intersection de la côte méditerranéenne avec la frontière Algéro/Marocaine. De la frontière Algéro/Marocaine jusqu'au point d'intersection avec la parallèle 3230N puis, ce parallèle jusqu'au point 3230N 00120 E, ensuite vers le point 3200N 00150 E. Enfin, de méridien 00150 E jusqu'au point 3737N 00150 E.
- *Limite verticale.* 300 M GND/MSL jusqu'au FL450. cet espace aérien sera classé D.

1.2. Fréquence

La fréquence utilisée 125.7MHZ, l'emplacement des antennes avancées sont à: Bel horizon – Tiaret (V SAT) et EL Bayadh déjà existantes.

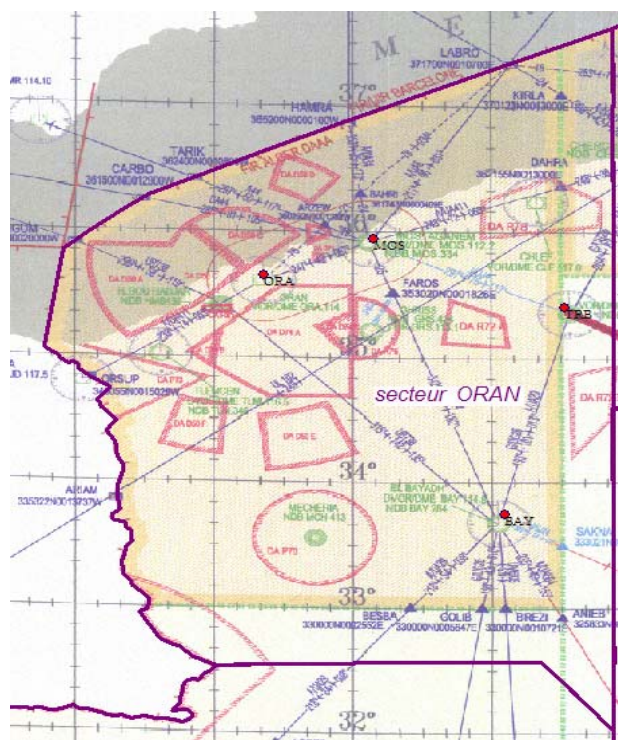


Figure 4.13 : Secteur Oran proposé [31]

2. Secteur Hassi Messaoud

Sur la base des données de trafic analysées sur l'ancien secteur Sud Est, Nous proposons de diviser ce dernier en deux (02) secteurs adjacents (Hassi-Messaoud et Illizi). Le premier ayant été conçu pour prendre en charge principalement le trafic entre Hassi Messaoud et les aéroports intérieurs avoisinants, voir figure (4.14). Sa conception dès le départ, a intégré les techniques de contrôle radar de manière à lui allouer une zone suffisante pour les manoeuvres autour des points de conflit (par exemple ELO, HME) et de transition par la suite. Ce secteur peut prendre également en charge une petite partie des services, comme les opérations des champs pétroliers vers le Nord et le Nord-Est de Hassi Messaoud.

Par cet ajustement, le premier point positif est le déchargement de certaines positions critiques, qui posaient problèmes dans l'ancienne sectorisation :

- Biskra d'abord, elle est prise en charge et à part entière dans le secteur Nord Est ;
- Le point de report DAFRI qui appartient au secteur Sud Est, et dont la responsabilité sera pris en charge par le secteur Nord Est.

La limite Sud de secteur Sud Est a été placée entre les deux points clés HME et BOD, par cette limite, le secteur Sud Est est déchargé de la convergence de routes à BOD ainsi que des aérodromes d'Illizi et d'In Amenas (Zarzaïtine). Ce secteur sera désigné comme secteur contrôlé par radar aussitôt que les améliorations aux communications air-sol seront réalisées et que les contrôleurs seront certifiés pour le radar

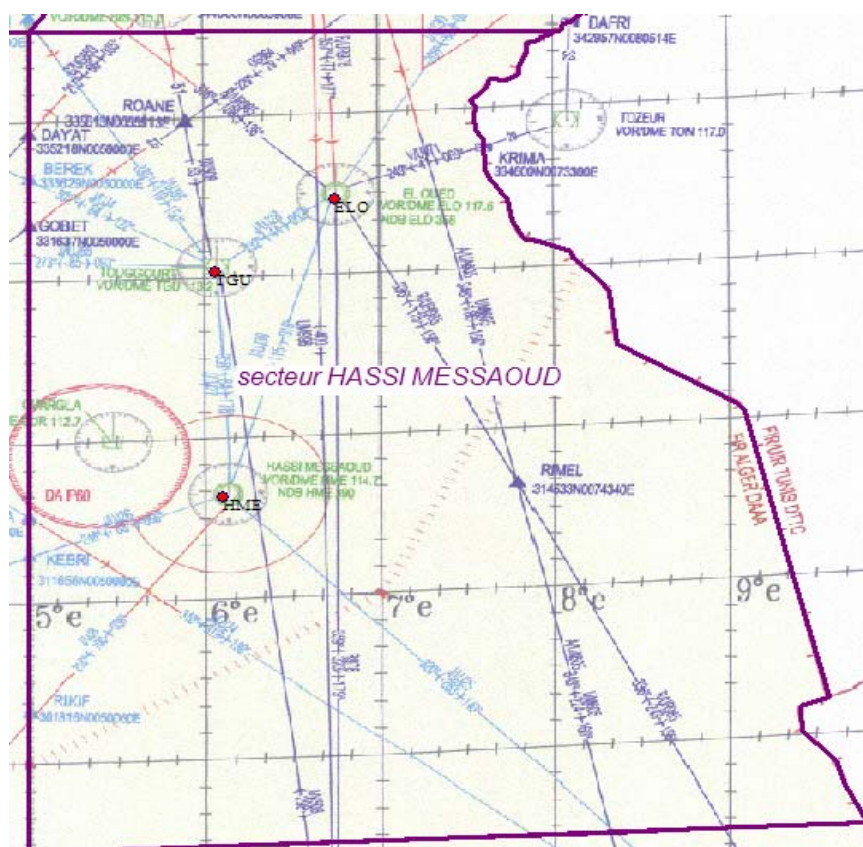


Figure 4.14: Secteur Hassi Messaoud proposé [31].

2.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

Les limites proposées à ce secteur sont :

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivants:
3430N 00500E - 2930N 00500E – 2930N 00950E. De ce dernier point, jusqu'au contour frontalier Algéro/Libyen, Algéro/Tunisien pour atteindre le point DAFRI 3430N– 00805E, et en fin retourner à 3430N 00500E.
- *Limite verticale.* 900 M GND jusqu'au FL 450. cet espace aérien sera classéE.

2.2. Fréquence

Les fréquences utilisées dans l'ancienne sectorisation : 124.6MHZ basée à Biskra et 124.1MHZ basée à Hassi Messaoud.

Recommandations

- Supprimer 124.1MHZ pour la laisser au secteur Sud Est 2 et installer une nouvelle 124.6MHZ à deux antennes avancées l'une à EL-oued et l'autre à Hassi Messaoud ;
- Le Point MAHDI par sa spécificité appartient à ce secteur et à la CTA d'Alger.

3. Secteur Illizi

L'espace aérien proposé pour ce secteur présenté sur la figure (4.15). Il représente la partie restante de l'ancien secteur Sud Est. Nous proposons de modifier ses limites vers le bas. Il pourra ainsi gérer le trafic vers et à partir des champs pétroliers au sud et au sud-est de Hassi Messaoud.

Ce secteur peut fournir également des services de contrôle d'approche pour les aérodromes de Zarzaitine et d'Illizi. Les services fournis dans ce secteur seront procéduraux du trafic aérien (classe E), au fur et à mesure, que les améliorations des communications air-sol seront mises en oeuvre.

Ce secteur, de par le point de convergence BOD, plus les aérodrômes d'Illizi et IN-Amenas, devient donc un secteur important. Un flux de trafic dense sera la principale charge de ce dernier. Toutes les routes venant du secteur Djanet et Tamanrasset convergent vers BOD. Finalement, ce secteur permet un allègement du trafic de l'ancien secteur Sud Est et une prise en charge supplémentaire de l'ancien secteur Sud/Sud.

3.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivants: 2930N 00500E - 2830N 00500E - 2700N 00500E - 2520N 00531E - 2530N 01002E. De ce dernier point, on contourne la frontière Algéro/Libyenne jusqu'au point 2930N - 00950E, pour enfin retourner à 2930N 00500E.
- *Limite verticale.* 900 M GND jusqu'au FL450. Cet espace aérien sera classéE.



Figure 4.15 : Secteur Illizi proposé [31]

3.2. Fréquence

La fréquence utilisée : 124.1MHZ serait nécessaire puisqu'elle existe déjà, de par les antennes avancées d'IN Amenas et d'Illizi.

4. Secteur Sud Centre

L'espace aérien Sud Centre gère principalement le trafic convergeant/croisant à proximité des VOR d'El Goléa et de Ghardaïa. La frontière nord existante du secteur Centre-Sud est déplacée plus au sud afin de s'accommoder avec l'espace aérien qui se décharge du problème de Boussaâda. La frontière Ouest existante est déplacée à l'Est pour s'adapter à l'espace aérien d'Oran. Enfin, la frontière Sud est déplacée vers le Sud de trente (30) nautiques.

Ce secteur voir figure (4.16) n'a pas subi beaucoup de changement. Par cette disposition, le problème du point ANIEB a été réglé et ne concerne plus que deux secteurs, à savoir : Sud Centre et Oran.

De plus, par cet allègement le secteur Sud Centre se décharge du trafic en CAG en provenance et à destination de Ain Ouessara, qui est un aérodrome militaire d'où une zone interdite (DA P51) ; ainsi que l'aérodrome de Tiaret qui était limitrophe à trois secteurs Nord Ouest, Sud Centre et CTA d'Alger. Le secteur Sud Centre sera désigné comme secteur contrôlé par radar dès que les améliorations des communications air-sol auront été réalisées et que les contrôleurs auront été certifiés pour le radar.

4.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Segments de droite joignant les points:3430N 00150E - 3200N 00150E - 2800N 00150E- 2800N 00500E - 2930N 00500E – 3430N 00500E pour retourner enfin au point 3430N 00150E.
- *Limite verticale.* 900 M GND jusqu'au FL 450. Cet espace aérien sera classéE.

4.2. Fréquence

La fréquence nécessaire à ce secteur est évaluée à 131.3MHZ. Elle existe déjà dans l'ancienne sectorisation. Une suggestion, c'est d'installer une antenne avancée à Ghardaïa et un V SAT à El-Goléa.

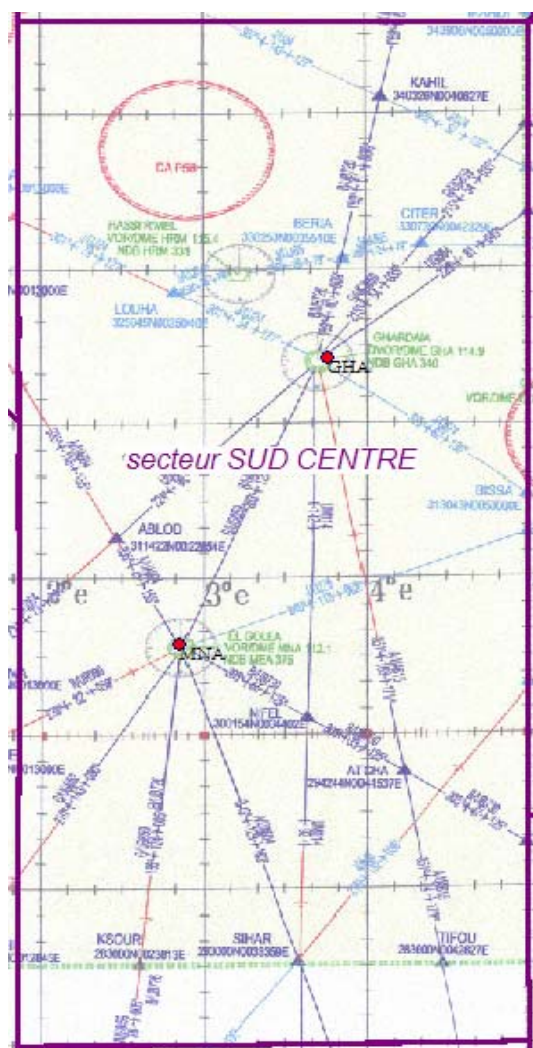


Figure 4.16 : Secteur Sud Centre proposé [31]

5. Secteur Sud Ouest

L'espace aérien du secteur Sud-Ouest, voir figure (4.17) gère principalement le trafic convergeant à proximité du VOR de Timimoun. Nous proposons que la frontière nord existante du secteur, soit déplacée, plus au Sud afin que le point de report ANIEB ne dépende exclusivement que de deux (2) secteurs au lieu de trois (3) actuellement.

On a ajouté une partie de l'ancien secteur Sud/Sud (région ouest) pour ce nouveau secteur. Ce dernier englobera aussi bien l'ancien secteur Sud Ouest que la partie ouest du secteur Sud/Sud car la densité globale de ces derniers est très faible. Il gardera la même appellation que l'ancien secteur. Ses limites deviennent alors : Au nord la limite modifiée du secteur Sud Ouest, vers l'Est le secteur Sud-Centre et le Sud/Est du secteur de Tamanrasset. Vers le Sud, c'est le CCR de Niamey au Niger et enfin vers l'Ouest, c'est le CCR de Dakar au Sénégal.

Nul doute, que cette nouvelle configuration facilitera au contrôleur sa tâche, plus particulièrement lorsqu'il aura à gérer : la position et l'aérodrome de Timimoun, les deux aérodromes de moyennes importances à savoir : Tindouf et Adrar et enfin, l'aérodrome de Reggan utilisé par les militaires.

Ce secteur ne possède pas de difficultés majeures, néanmoins une coordination et un transfert du trafic devront être de rigueur. Il est attendu que la gestion de ce secteur se fera procéduralement. La mise en place de l'ADS/C est un apport supplémentaire pour le contrôleur est nécessaire en attendant prochainement l'ADS/B.

5.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivants: 3230N 00100W - 3230N 00120E - 3200N 00150E – 2700N 00130E – 2155N 000E/W. Delà, contournez les frontières Algéro/Nigérien, Algéro/malien, Algéro/Sénégal jusqu'à la frontière Algéro/Marocaine pour retourner enfin au point 3230N 00100W.
- *Limite verticale.* 900 M GND jusqu'au FL450. Cet espace aérien sera classéE.

5.2. Fréquence

La fréquence nécessaire pour ce secteur peut être de 128.1MHZ avec une antenne avancée à Bechar. Cette dernière existe déjà en V SAT à Tindouf et une antenne avancée à Adrar. Concernant les points limitrophes avec le NIGER et le MALI (la responsabilité du contrôle est léguée au CCR de DAKAR), les HF

(Haute fréquence) 8894KHZ et 11304KHZ pourront être utilisées avec une consolidation d'appel avec le SELCAL déjà existant. (SELCAL : est un système dans lequel l'appel en phonie est remplacé par la transmission de tonalités conventionnelles sur la fréquence utilisée).

Recommandations

Déplacer l'antenne avancée d'Adrar vers Timimoun afin d'augmenter la portée d'utilisation vers le nord.

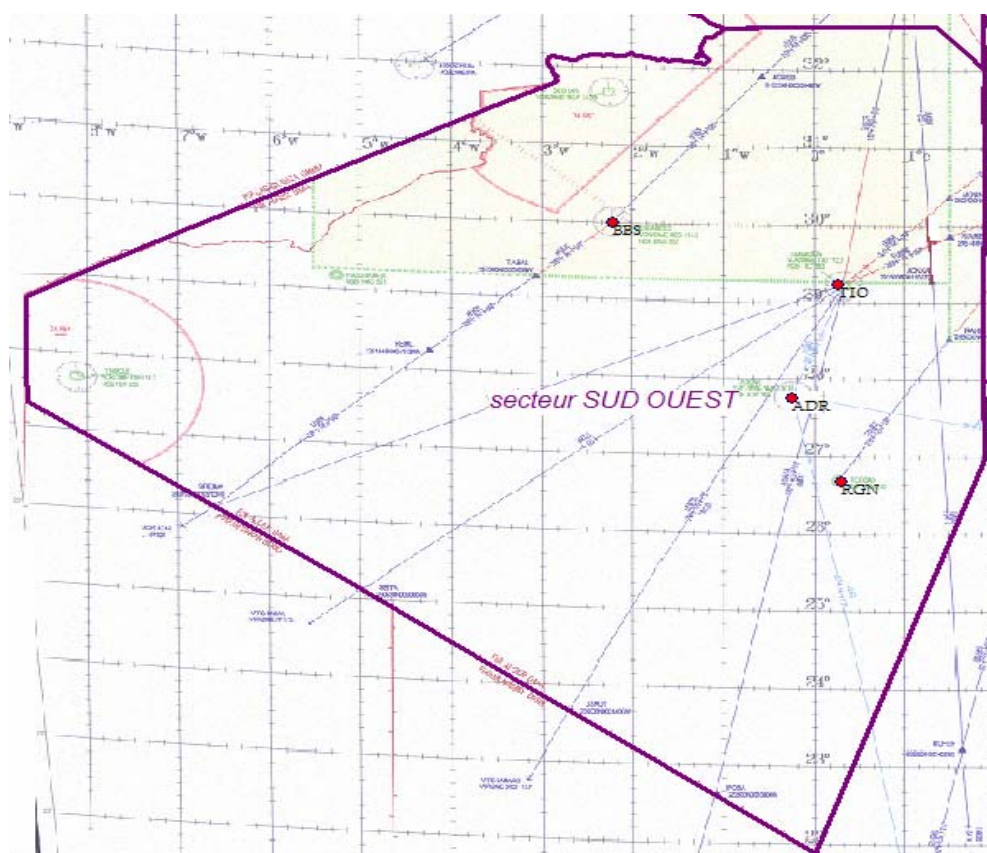


Figure 4.17 : Secteur Sud Ouest proposé [31]

6. Secteur Djanet

L'espace aérien proposé pour le secteur de Djanet comme présenté sur la figure (4.18) englobe la partie de l'espace aérien Sud/Est de la FIR Alger. Les services fournis dans l'espace aérien de ce secteur passeront au contrôle

procédural du trafic aérien (classes E) dès que les améliorations des communications air-sol seront mises en oeuvre. Ce secteur est traversé par un réseau de routes aériennes assez dense en trafic de transit : surtout les UB730, UA605, UR978, UM998, UB727.

6.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivants: 2520N 00531E-2029N 00700E. Delà, on contournera les frontières Algéro/Nigérienne et Algéro/Libyenne jusqu'au point 2520N – 01002E, pour retourner après au point 2520N 00531E.
- *Limite verticale.* 900 M GND jusqu'au FL450. Cet espace aérien sera classé E.

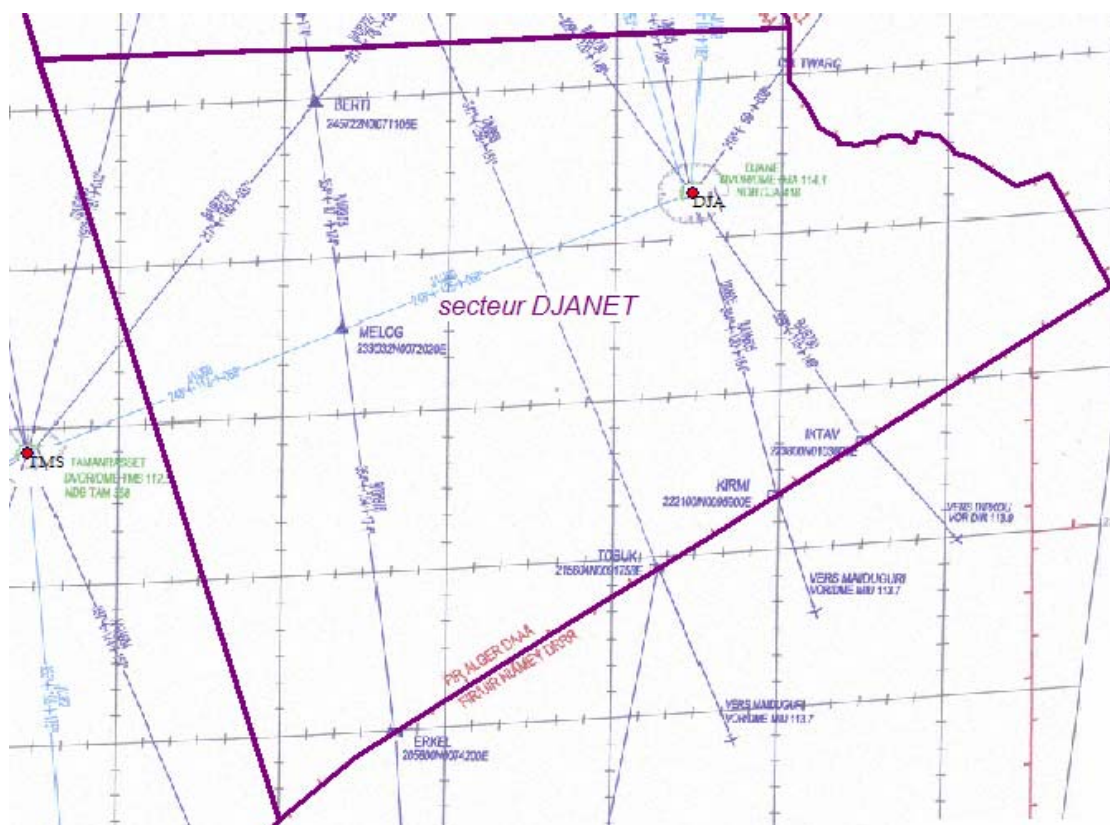


Figure 4.18 : Secteur Djanet proposé [31]

6.2. Fréquence

La fréquence utilisée est de 124.1MHZ. Elle existe déjà en VSAT, de cette façon, le chef de quart peut opérer d'éventuels regroupages de programmation, suivant la charge du secteur.

7. Secteur Tamanrasset

La figure (4.19) représente l'espace aérien proposé pour le secteur de Tamanrasset. Il englobe le reste de l'espace aérien sud de la FIR Alger. Les services fournis dans l'espace aérien du secteur de Tamanrasset passeront au contrôle procédural du trafic aérien (classes E) dès que les améliorations des communications air-sol seront mises en oeuvre. Ce secteur fournit également des services de contrôle d'approche procéduraux pour Ain Guezzam, et Bordj Badji Mokhtar.

Ce secteur de notre espace aérien est plus étoffé. Il possède quatre (04) aérodromes dont deux importants et deux enclavés et six routes aériennes de trafic non négligeables. Néanmoins, une coordination très étroite et plus fournie avec les secteurs limitrophes devra être renforcée.

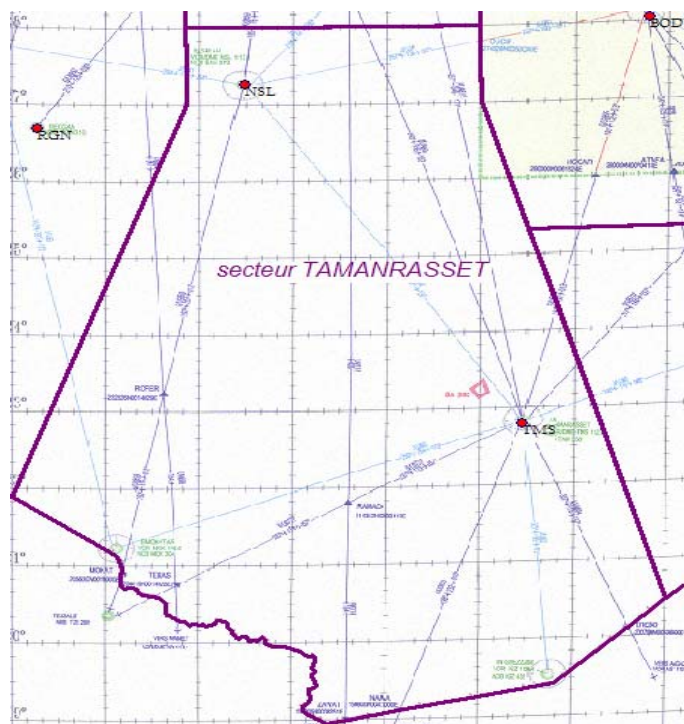


Figure 4.19 : Secteur Tamanrasset proposé [31]

7.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivants: 2830N 00150E – 2700N 00150E–2155N 00000, le contour frontalier Algéro/Nigérien, jusqu'au point 2029N 00700E ensuite les points suivants, 2520N 00531E - 2700N 00500E - 2830N 00500E pour retourner au point 2830N 00150E.
- *Limite verticale.* 900 M GND jusqu'au FL450. Cet espace aérien sera classéE.

7.2. Fréquence

Pour ce secteur la fréquence existante, à savoir : 123.8MHZ est largement suffisante. Elle sera utilisée avec ses deux antennes avancées l'une à IN Amenas et l'autre à Tamanrasset, en plus, d'un VSAT à Bordj Badji Mokhtar.

➤ **Cas des deux secteurs inférieurs et supérieur :**

8. Secteur Inférieur de Constantine

L'espace aérien proposé pour le secteur de Constantine présenté sur la figure (4.20) est similaire à celui englobé par l'espace aérien du secteur Nord-Est actuel. La frontière Ouest est déplacée vers l'Est pour permettre aux secteurs d'Alger Est de contrôler le trafic au-dessus de Bejaia. La frontière Sud de ce secteur est déplacée vers le Sud d'un trait rectiligne allant du point DAFRI vers l'Est jusqu'au point MAHDI. L'aérodrome de Sétif ne fait plus partie du secteur par contre l'aérodrome de Biskra est à part entière intégré au secteur.

Ce secteur fournira également des services de contrôle d'approche procédural pour l'aéroport de Jijel, ainsi pour les aérodromes de Tébessa et Biskra.

Ce secteur sera désigné comme secteur contrôlé par radar aussitôt que les améliorations aux communications air-sol seront réalisées et que les contrôleurs seront certifiés pour le radar.

8.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Ligne joignant les points suivants: 3900N 00800E- 3656N 00839E jusqu'à l'intersection de la frontière Algéro/Tunisienne avec la côte méditerranéenne. De la frontière Algéro/Tunisienne jusqu'à son intersection avec le parallèle 3430N avec les points : 3430N 00500E - 3515N 00535E - 3900N 00535E - 3900N 00800E.
- *Limite verticale.* 450 M GND/MSL jusqu'au FL 270 inclus. Cet espace aérien sera classé D.

8.2. Fréquence

La fréquence utilisée est estimée à 132.45MHZ, avec comme proposition l'installation d'une antenne avancée à Biskra et Annaba.

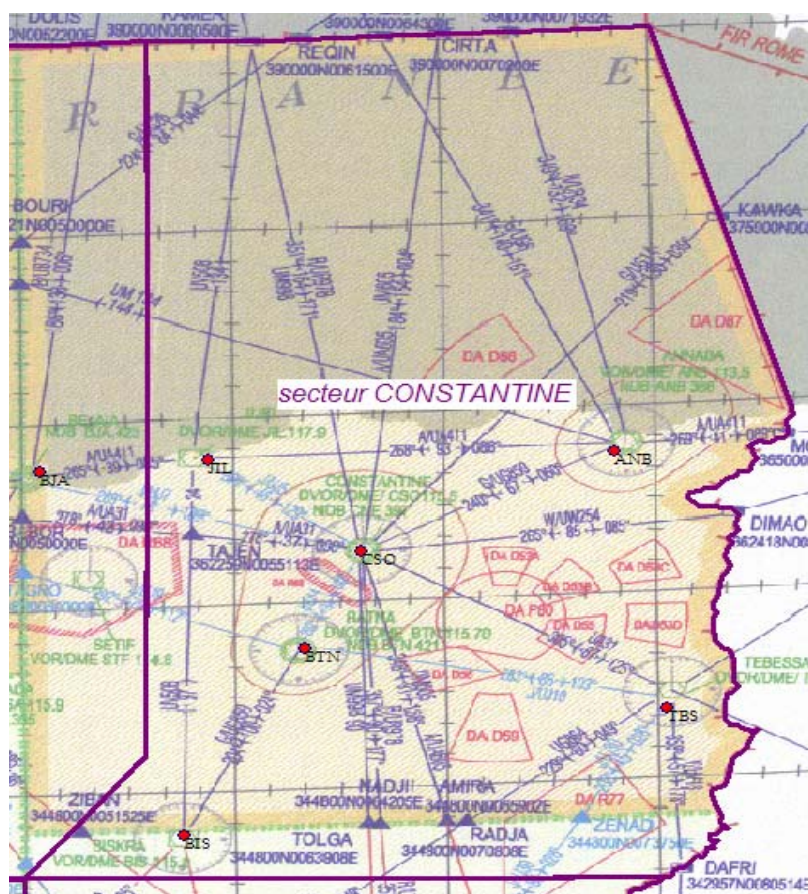


Figure 4.20 : Secteur Constantine proposé [31]

9. Secteur supérieur de Constantine

La proposition de cet espace aérien tient compte de sa complexité et surtout de sa charge horaire trop élevée. Afin d'alléger cette dernière, il est opportun de diviser verticalement l'ancien secteur.

Cet espace sera délesté d'un important trafic dit national qui évolue en deçà du FL280. Ce secteur sera chargé uniquement de l'espace supérieur ou égal à FL280 et inférieur à FL450. Cet espace sera classé A.

9.1. Fréquence

La fréquence utilisée est évaluée à 125.4MHZ (existe déjà avec des antennes avancées à Annaba, El-Kahf et Constantine).

10. Secteur Inférieur CTA Alger

Nul doute que les nouvelles limites proposées à ce secteur permettront une bonne répartition des flux d'arrivées et de départs de l'aéroport d'Alger entre les secteurs d'Alger Est et Ouest. Ce secteur voir figure (4.21), est important par sa densité de trafic. Il aura la lourde tâche de contenir un flux énorme d'avions quotidiens, de charge horaire considérable selon des trajectoires d'arrivées et de départs d'Alger.

Ce secteur sera désigné comme secteur contrôlé par radar après que les améliorations aux communications air-sol auront été réalisées et que les contrôleurs seront certifiés pour le radar.

10.1. La limite proposée à ce nouveau secteur

- *Limite géographique.* Segments de droite joignant les points: 3737N 00150E - 3820N 00345E - 3900N 00440E - 3900N 00535E - 3515N 00535E - 3430N 00500E -3430N 00150E, pour retourner au point 3737N 00150E
- *Limite verticale.* 450 M GND/MSL jusqu'au FL 270. Cet espace aérien sera classé D.

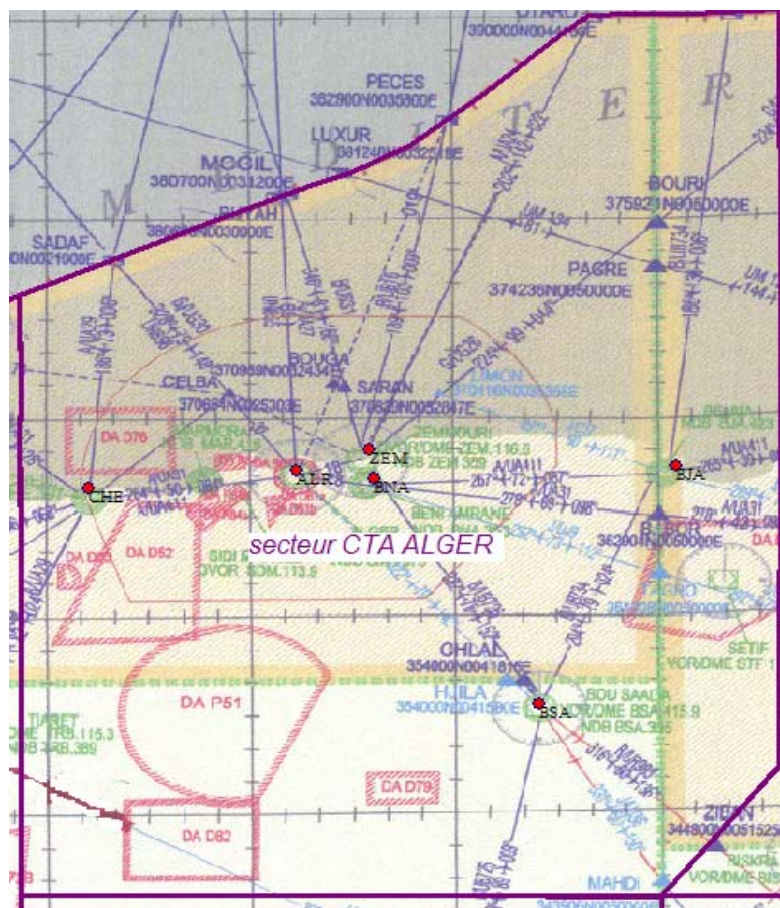


Figure 4.21 : Secteur CTA Alger proposé [31]

11. Secteur supérieur CTA Alger

Après avoir étudié les flux de trafic (inférieur et supérieur). Il apparaît à l'évidence qu'un ajustement des frontières des différents secteurs, voir figure (4.21) est nécessaire afin d'optimiser les flux actuels du trafic aérien.

L'espace aérien du secteur, supérieur au FL270, incluant l'aérodrome de Boussaâda et Bejaia englobe l'espace aérien existant du secteur Centre d'Alger avec des frontières ajustées. Les principaux flux de trafic sont à la fois Est Ouest et Nord-Sud qui convergent au-dessus des VOR d'Alger et de Boussaâda. La frontière sud de l'espace aérien du secteur Centre d'Alger est déplacée vers le sud afin de permettre ce genre de croisement. Les frontières Est et Ouest sont légèrement décalées pour contenir ces flux.

Au Nord, la position du point de report obligatoire DOLIS proposée reviendrait à la nouvelle sectorisation de ce secteur. En effet, au vu des préoccupations des contrôleurs du CCR d'Alger (secteur NE) concernant la route UB/B734 très chargée de nuit. Nous proposons d'agrandir la limite EST de la TMA d'Alger ; qui inclurait le point DOLIS afin d'alléger la charge des contrôleurs.

Ce secteur est considéré comme très important de par, sa densité de trafic et sans cesse croissante vu que c'est l'aérodrome de la capitale.

L'espace aérien supérieur sera désigné comme secteur contrôlé par radar dès que les améliorations des communications air-sol seront réalisées et que les contrôleurs seront certifiés pour le radar. Ce secteur est délesté du trafic inférieur au FL280 considéré comme trafic à majorité national en partance ou venant d'Alger. À partir du FL280 inclus et supérieur, jusqu'au FL450 cet espace sera classé A.

11.1. Fréquence

La fréquence utilisée est de 127.3MHZ.

Recommandations

- L'installation d'une antenne avancée 127.3 MHZ à Boussaâda.
- Nous avons remarqué que l'acronyme TMA doit être appliqué pour une approche par contre l'acronyme CTA doit concerner le CCR. Une mise à niveau de cette appellation est suggérée.

Ci-dessous, une vision générale sur la proposition finale de la nouvelle sectorisation de la FIR Alger :

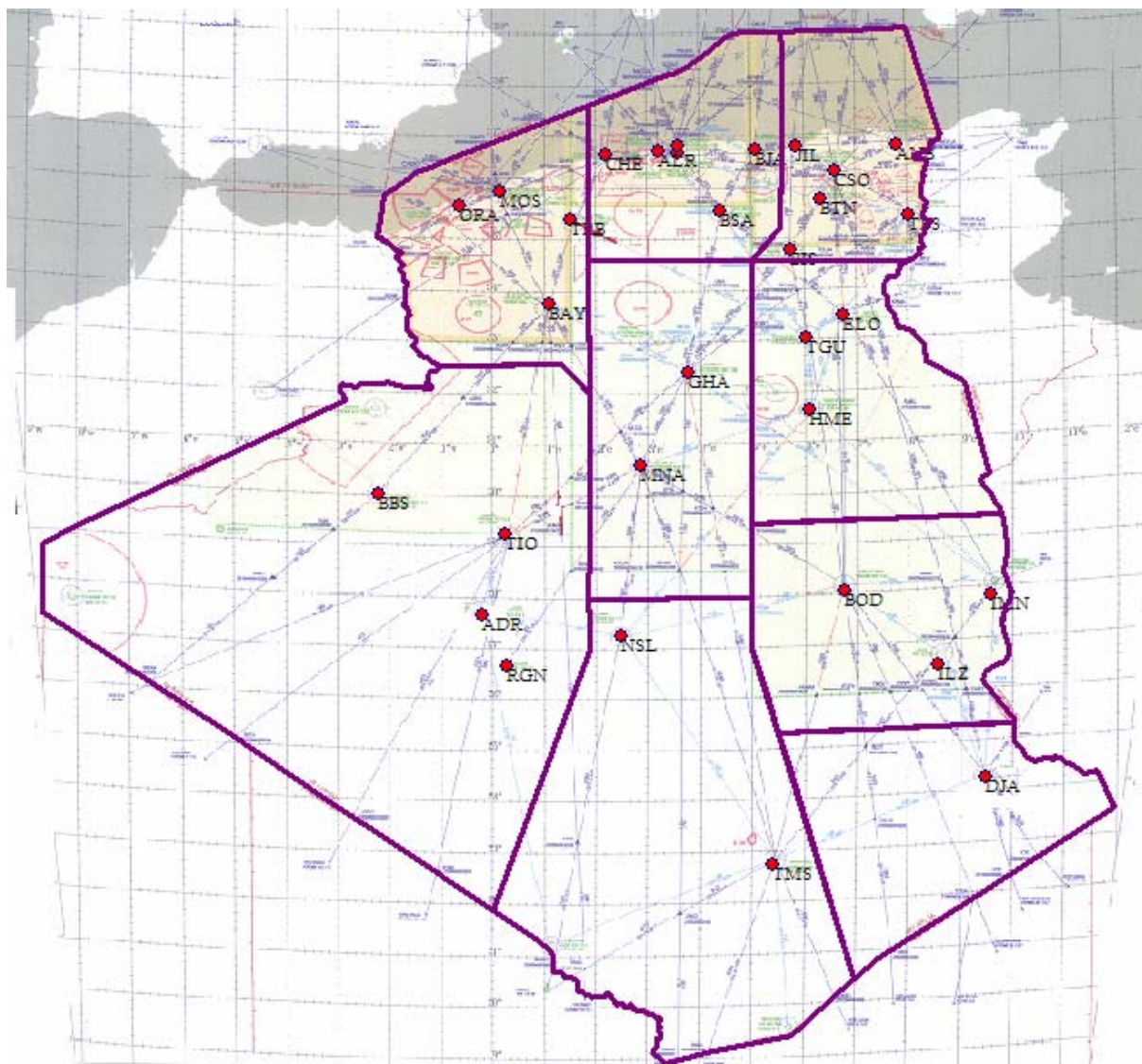


Figure 4.22 : Resectorisation de la FIR ALGER proposée [31]

4.13. Gestion des Fréquences des Secteurs

En général, l'immensité des espaces détermine les différents secteurs. Ils sont généralement regroupés ensemble pour des besoins opérationnels.

Pour plus de sécurité, il est judicieux de recevoir et d'émettre sur plus d'une fréquence dans la plupart de ces secteurs. Bien qu'il puisse y avoir des sites multiples (antennes avancées) pour une seule et même fréquence. De plus, le choix d'un émetteur ou d'un récepteur ne doit pas poser de souci opérationnel au contrôleur.

Le premier souci opérationnel lorsque des fréquences multiples sont en service est celui de la zone de croisement (dite zone de silence). En effet, le système de communications dans cette zone, doit permettre le croisement adéquat, mais également, réduire au minimum le nombre de changements de fréquence nécessaires par secteur.

En outre, chaque secteur doit avoir une fréquence de secours (en cas de défaillance de la fréquence principale) afin de répondre à un avion en détresse.

4.14. Regroupement des secteurs

Cette technique est laissée à la discrétion du responsable de vacation, néanmoins, pendant la phase de sectorisation il est recommandé que les secteurs soient d'abord regroupés haute/basse altitude pour les secteurs possédant ce genre de sectorisation et pour ceux ayant des frontières communes.

Dans notre pays, l'étape suivante serait de regrouper géographiquement au fur et à mesure que les niveaux du trafic le permettent. Les groupements futurs seront possibles que : sur la base d'une analyse des niveaux horaires du trafic dans chaque secteur ; et spécialisation des contrôleurs de la navigation aérienne.

4.15. Calcul des charges du trafic pour les nouveaux secteurs

Après avoir proposé une nouvelle sectorisation en conformité avec les recommandations de l'OACI et les remarques judicieuses des contrôleurs aériens. En tenant compte des changements apportés. Nous avons repris pour chaque secteur le calcul des heures selon leur point d'entrée et de sortie à l'intérieur du secteur concerné.

Ce calcul détermine le temps de vol additionné ou retranché par rapport au temps de vol précédent, en se basant sur les étapes suivantes :

- Localisation des deux points géographiques des deux limites de secteur (ancien, nouveau) selon la route à suivre ;
- Calcul de la distance entre ces deux points en nautique ;

- Relever la vitesse de l'avion mentionnée sur le plan de vol ;
- Calcul du temps imparti.

Les figures (4.23-24), représentent un exemple d'un calcul de distance entre deux points géographiques en utilisant le site spécialisé (GPS Visualizer) [35] et les données cartographiques de Google Earth [36].

Calculate the great circle distance between two points

Lat. 1 Lon. 1 Distance-> map format: Draw map
 bearing
 Lat. 2 Lon. 2 units: N.M.

Figure 4.23 : Calcul de distance (sous GPS) [35]

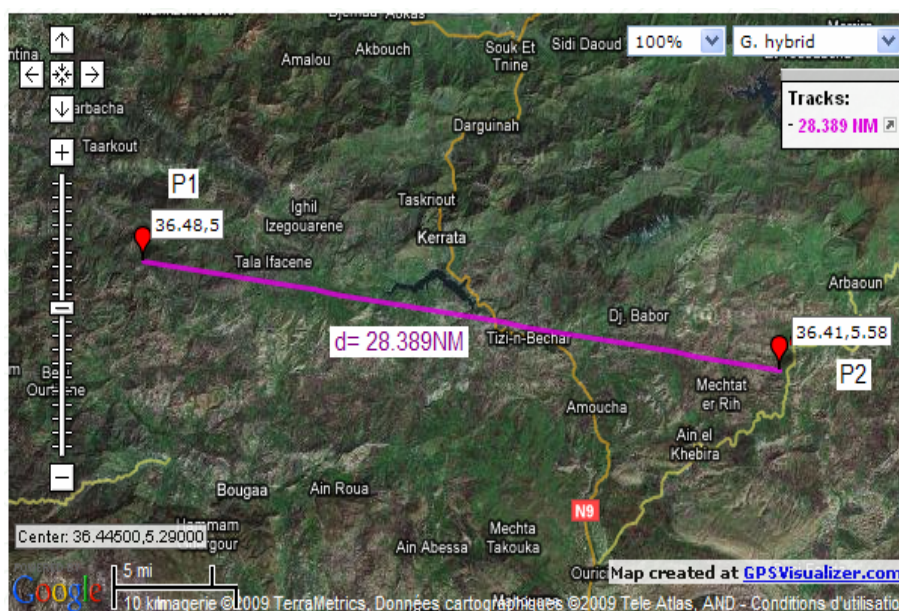


Figure 4.24 : Reproduction de données (Google Earth) [36]

Cette récolte de données, nous permet d'obtenir les données suivantes :

- Les heures d'entrée et de sortie d'un aéronef à l'intérieur d'un secteur donné ;
- Désignation de ces vols selon leur cheminement;
- Dénomination des vols selon leur évolution dans l'espace supérieur et/ou inférieur.

Les résultats seront présentés sur un graphe. Ci-dessous la représentation des charges horaires et instantanées pour chaque nouveau secteur.

4.15.1. Présentation des résultats obtenus

1. Secteur inférieur CTA Alger

A travers le nouveau découpage proposé, la charge horaire du trafic de ce secteur inférieur de la CTA d'Alger présenté sur la figure (4.25) a diminué en comparaison avec l'ancien secteur qui englobait la totalité du secteur aussi bien inférieur que supérieur.

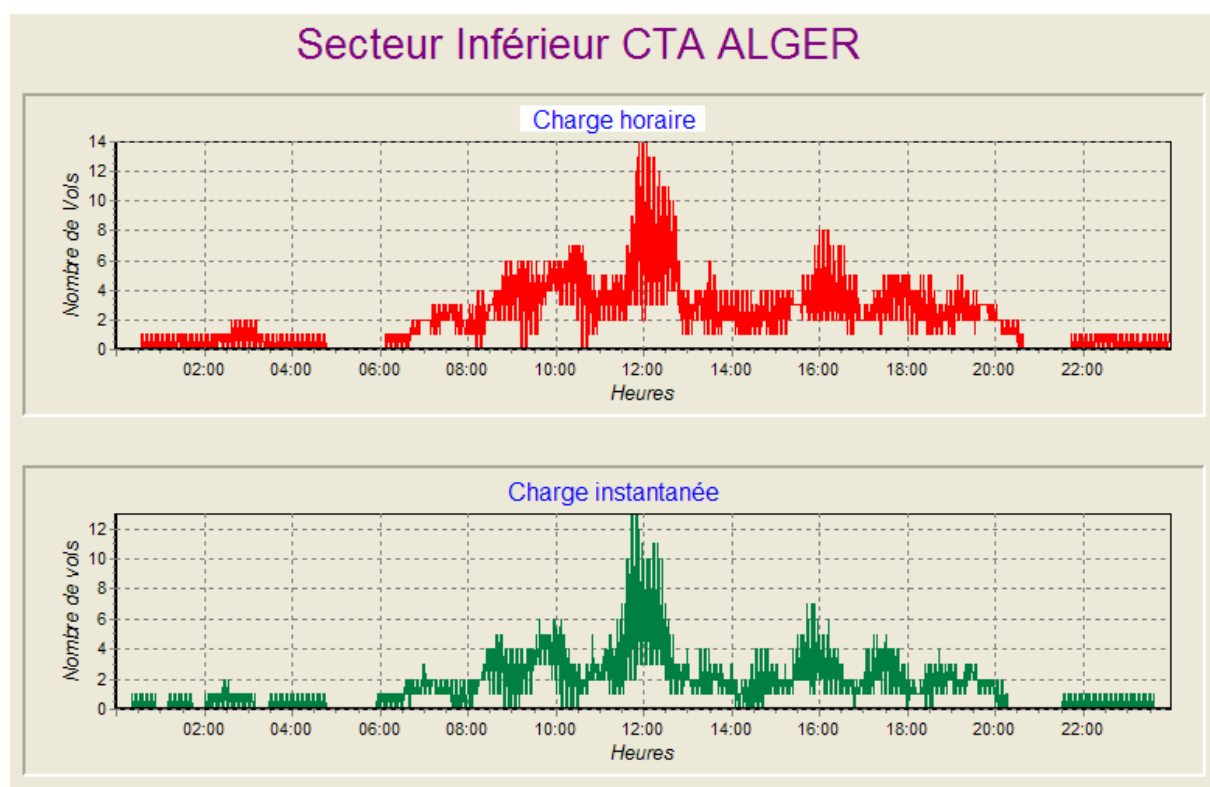


Figure 4.25 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Inf CTA Alger

La figure ci-dessus nous montre un pic de quatorze (14) avions à 12h00 et deux autres de six (6) et huit (8) avions entre 10h00 et 16h00.

La charge instantanée du trafic sur le deuxième graphe de la figure ci-dessus ne peut représenter la charge que subit réellement le contrôleur, mais donne juste une idée sur le nombre de trafics réellement présent au même moment dans le secteur, qui est de treize (13) avions.

2. Secteur supérieur CTA Alger

La figure (4.26) représente la charge horaire du secteur supérieur de la CTA d'Alger. En réalité, ce dernier n'est que la continuité du secteur précédent. Il englobe le trafic du FL280 et au-delà.

On remarque, un pic de quatorze (14) avions entre 12h00 et 13h00 et pratiquement un trafic régulier de 06h00 à 20h00 pendant la journée. De plus, il est à constater que les deux secteurs inférieur et supérieur sont équilibrés.

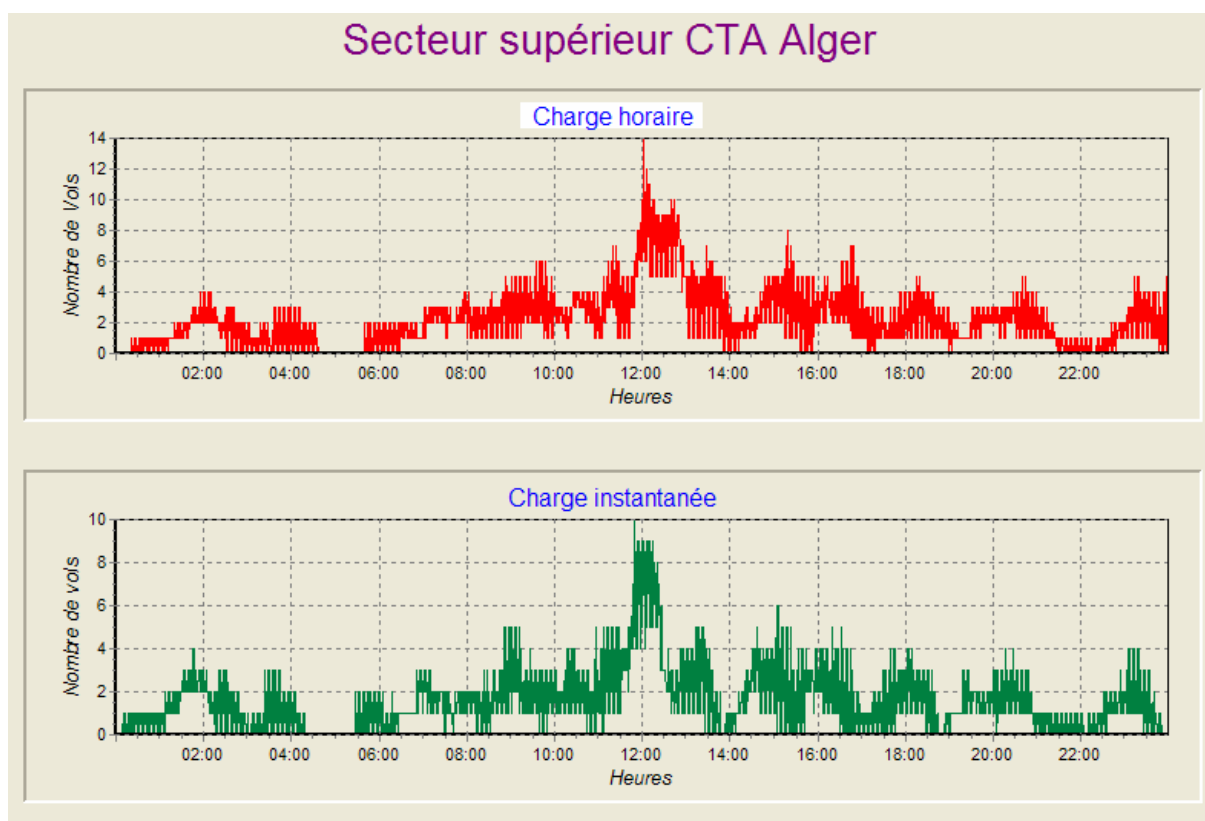


Figure 4.26 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur
Sup CTA Alger

Comme précédemment, la charge instantanée du trafic sur le deuxième graphe de la figure ci-dessus ne peut représenter la charge que subit réellement le contrôleur, mais donne juste une idée sur le nombre de trafics réellement présents au même moment dans le secteur, qui est de dix (10) avions.

3. Secteur inférieur Constantine

La figure (4.27) représente la charge horaire du secteur inférieur de Constantine. On remarque, deux pics, l'un de dix (10) avions dans la tranche horaire de 12h30 et 13h30, l'autre de six (06) avions entre 03h00 et 04h00 du matin. Ce secteur englobe un trafic fourni pendant la journée allant de 06h00 du matin jusqu'à 21h00 du soir. Dans ce secteur apparaît une charge instantanée de dix (10) avions.

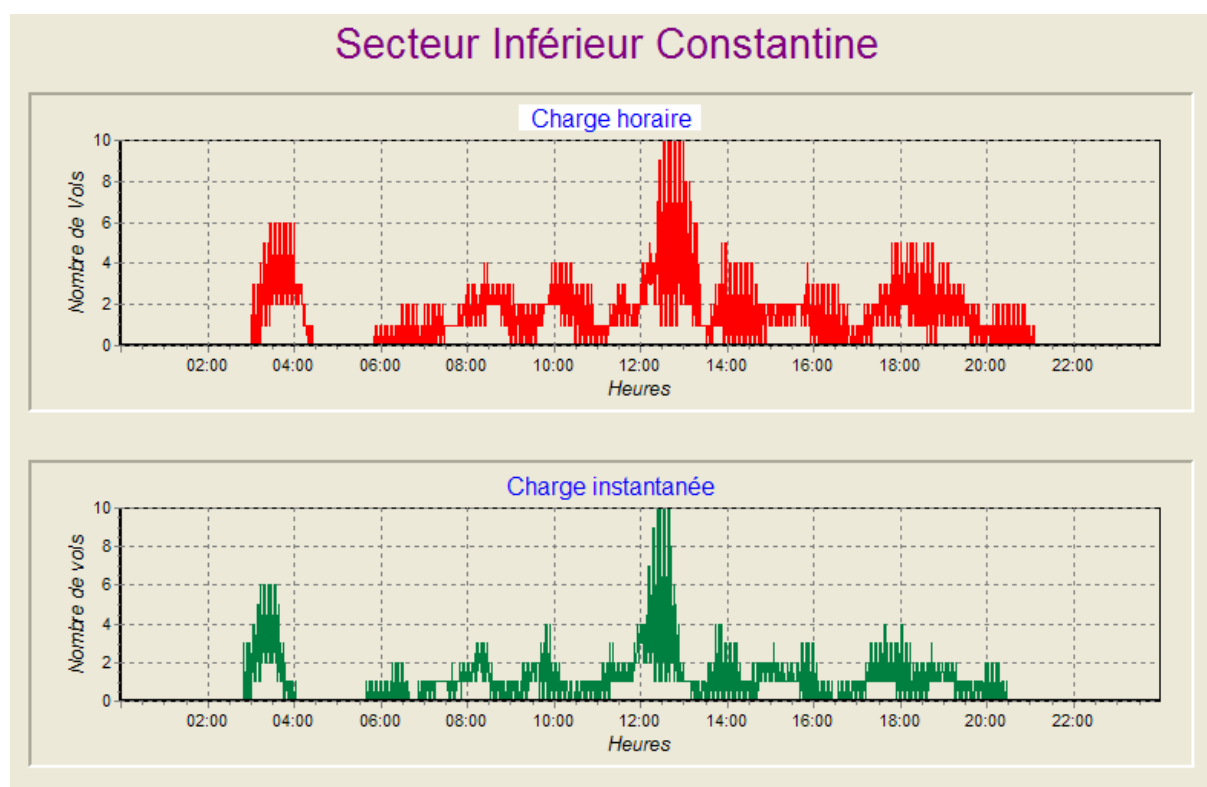


Figure 4.27 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Inf Constantine

4. Secteur Supérieur Constantine

La figure (4.28) représente la charge horaire du secteur supérieur de Constantine (allant du FL280 et au-delà). Il englobe un trafic permanent dans sa configuration durant toute la journée avec un pic de douze (12) avions dans la tranche horaire 12h30 et 13h30. La charge instantanée de ce secteur est égale à onze (11) avions.

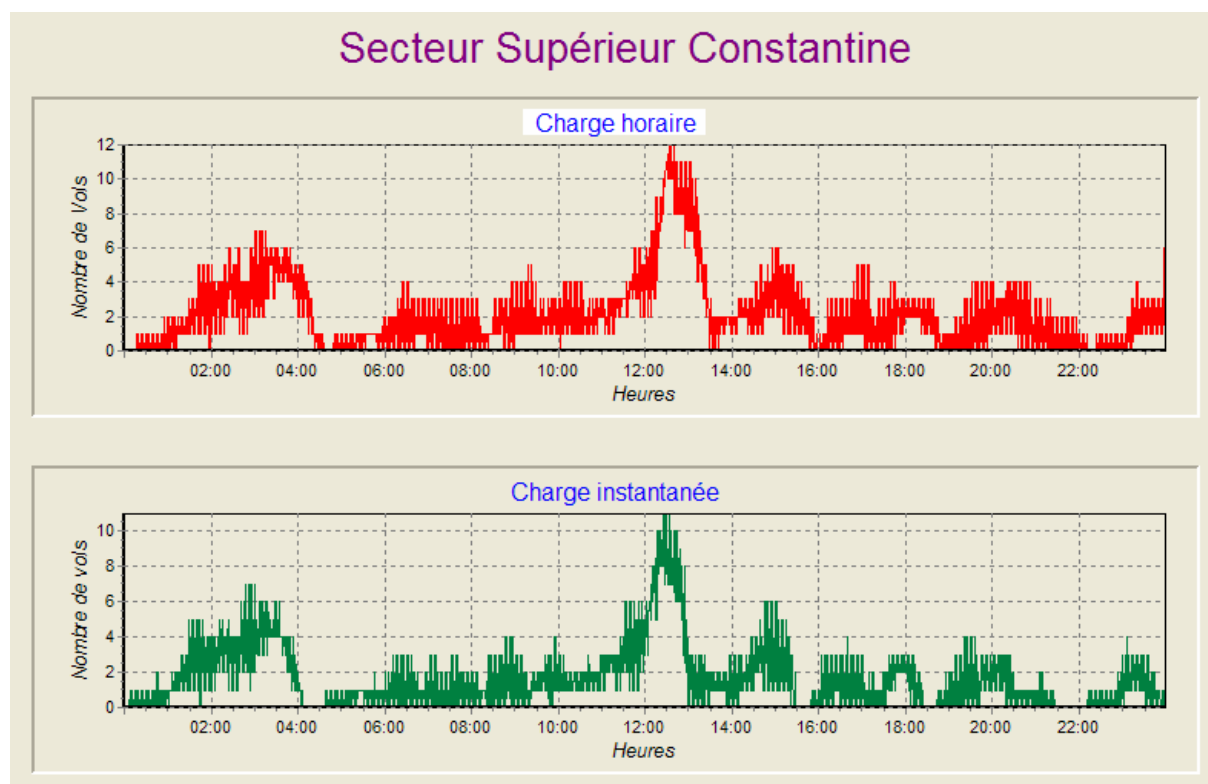


Figure 4.28 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sup Constantine

5. Secteur Sud Centre

La figure (4.29) représente la charge horaire du secteur Sud Centre. Cette dernière correspond à onze (11) avions dans la tranche horaire variant entre 00h30 et 01h30. Une charge instantanée de onze (11) avions est également obtenue sur le deuxième graphe de la figure ci-dessous.

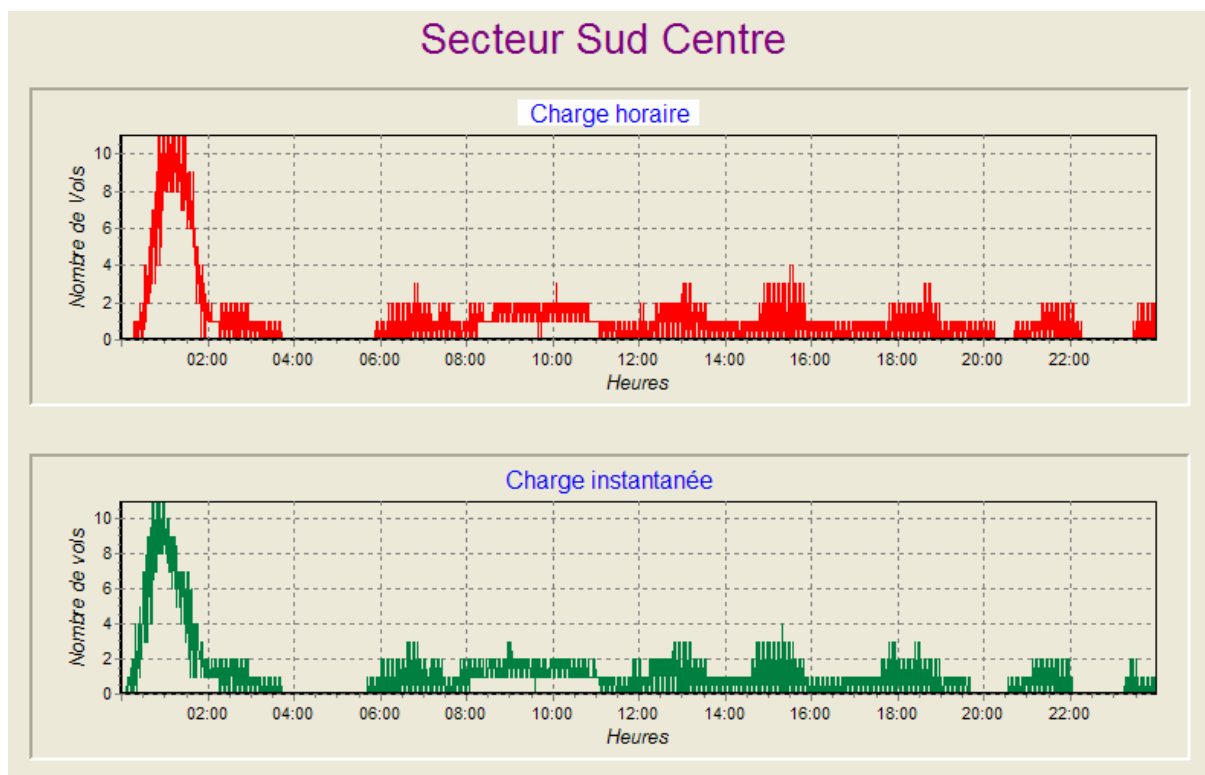


Figure 4.29 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sud Centre

6. Secteur Sud Ouest

La figure (4.30) représente la charge horaire du secteur Sud Ouest. L'analyse de ce graphe nous montre un trafic plutôt dense la nuit que le jour, avec un pic de dix (10) avions, dans la tranche horaire allant de 01h00 à 02h00.

Un autre pic, moins important que le premier se trouve entre 12h00 et 13h00 avec un trafic de sept (7) avions. La charge instantanée dans ce secteur est de neuf (9) avions.

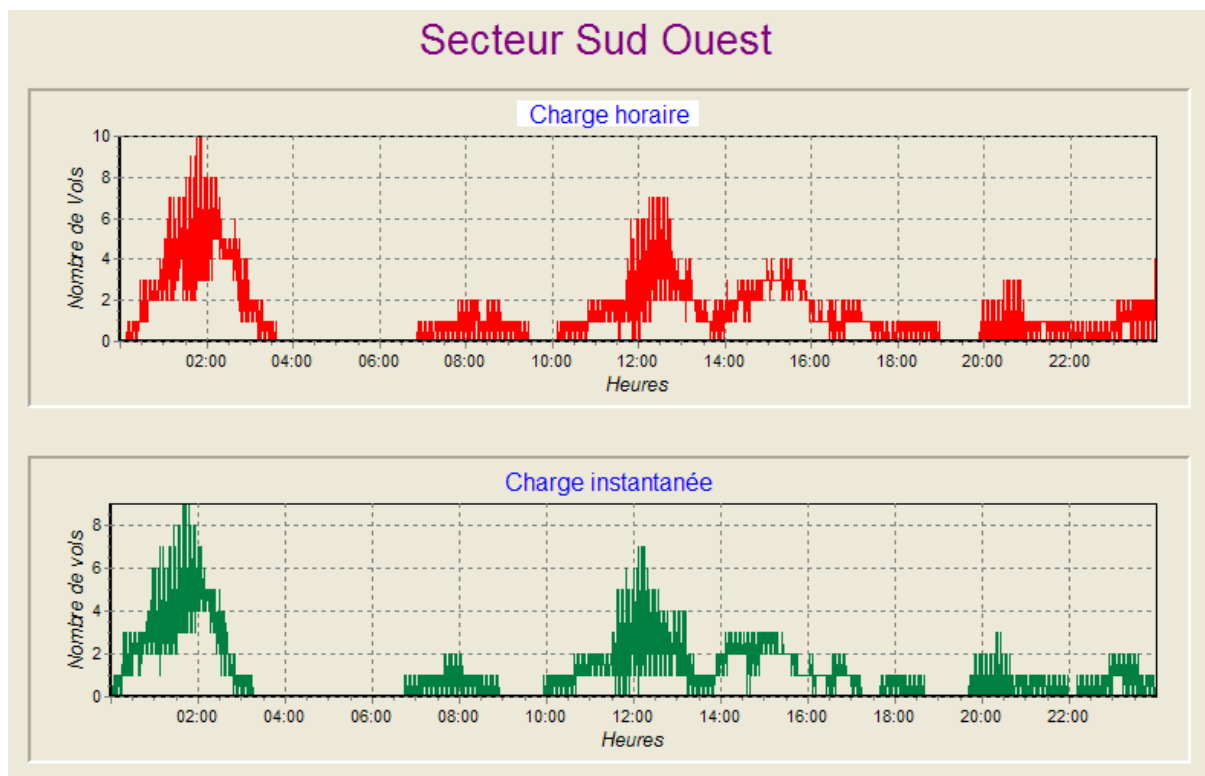


Figure 4.30 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sud Ouest

7. Secteur ORAN

La figure (4.31) représente la charge horaire du secteur d'Oran. On remarque un trafic permanent dans sa configuration pendant toute la journée, avec deux pics de huit (8) et neuf (9) avions qui émergent, pour des tranches horaires 10h30 à 11h30 et 13h00 à 14h00. La charge instantanée de ce secteur est de huit (8) avions.

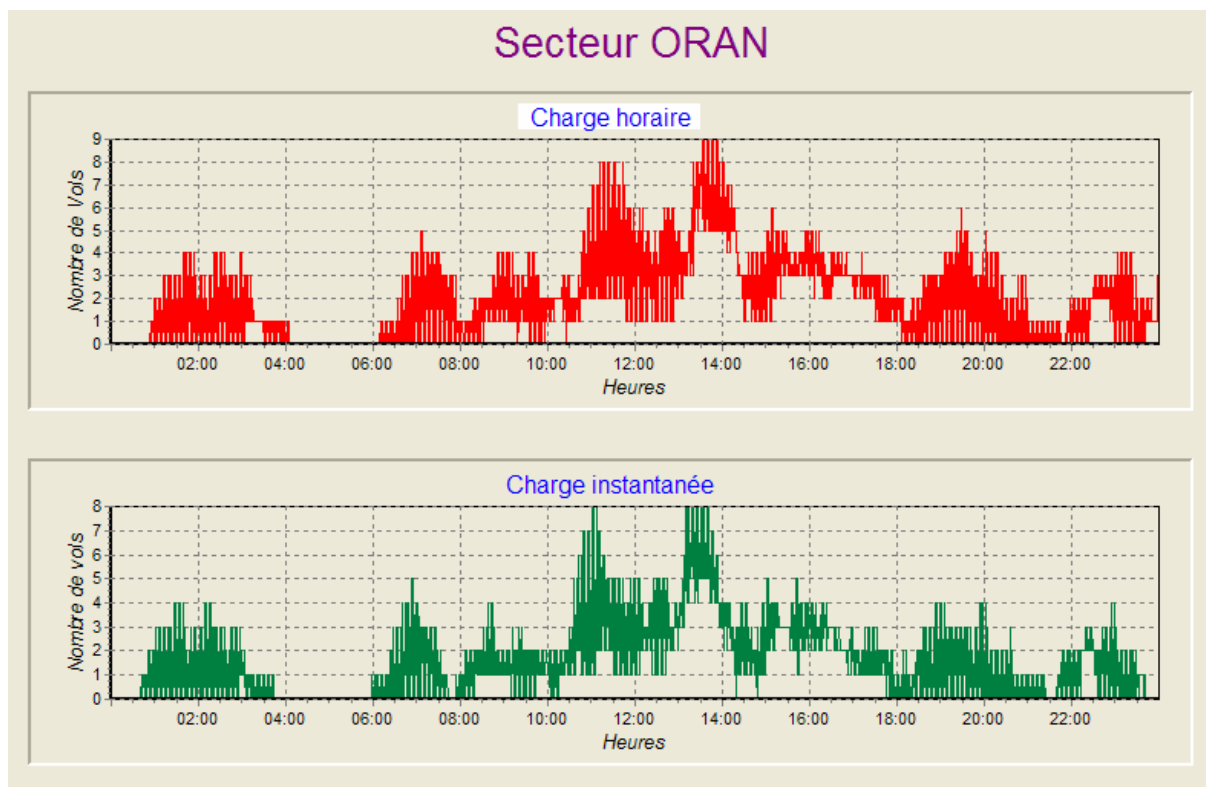


Figure 4.31 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur ORAN

8. Secteur Hassi Messaoud

La figure (4.32) représente la charge horaire du secteur de Hassi Messaoud. On remarque un trafic permanent durant la journée, avec trois pics bien distincts de sept (7), huit (8) et neuf (9) avions dans les tranches horaires 14h30 à 15h30, 06h30 à 07h30 et 12h00 à 13h00. La charge instantanée de ce secteur est égale à neuf (9) avions.

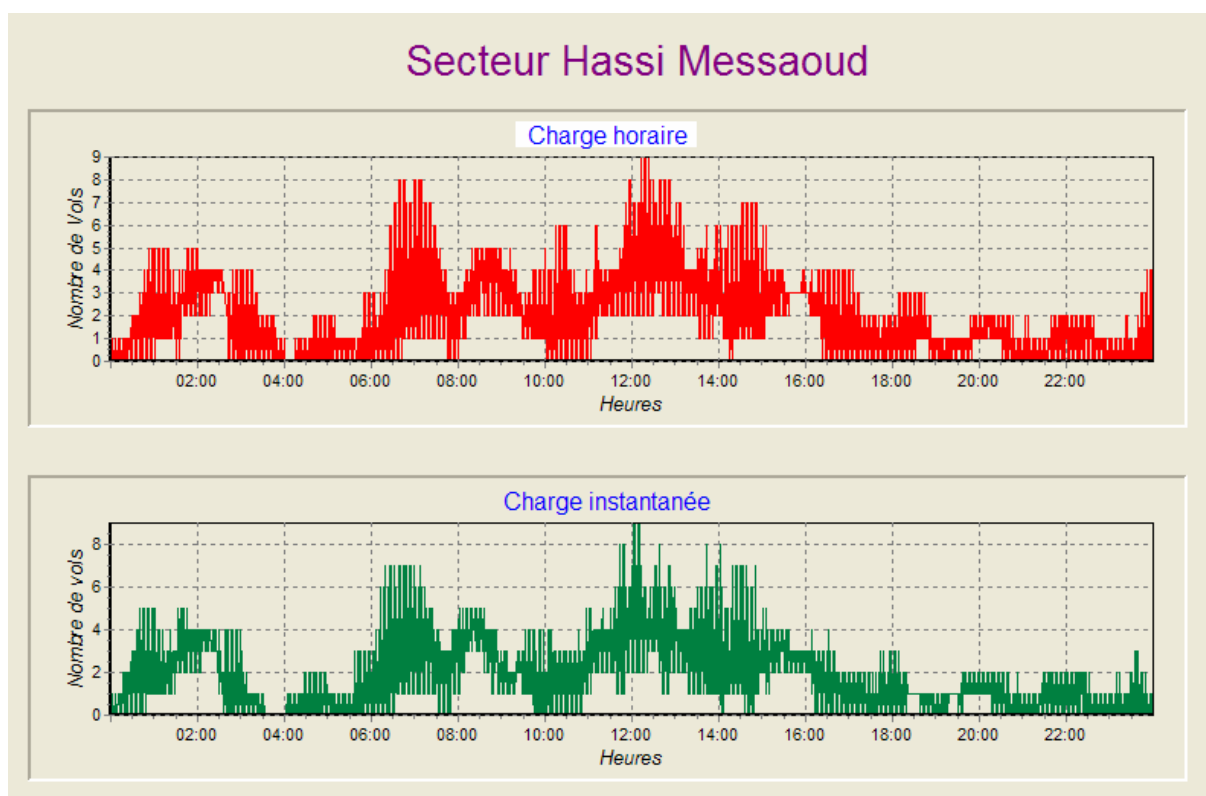


Figure 4.32 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Hassi Messaoud

9. Secteur Illizi

La figure (4.33) représente la charge horaire du secteur d'Illizi. On constate un trafic aérien régulier durant toute la journée. Néanmoins, deux pics sont visibles, le premier de sept (7) et le second de neuf (9) avions dans les tranches horaires 00h30 à 01h30 et 01h00 à 02h00.

La charge instantanée de ce secteur est égale à huit (8) avions.

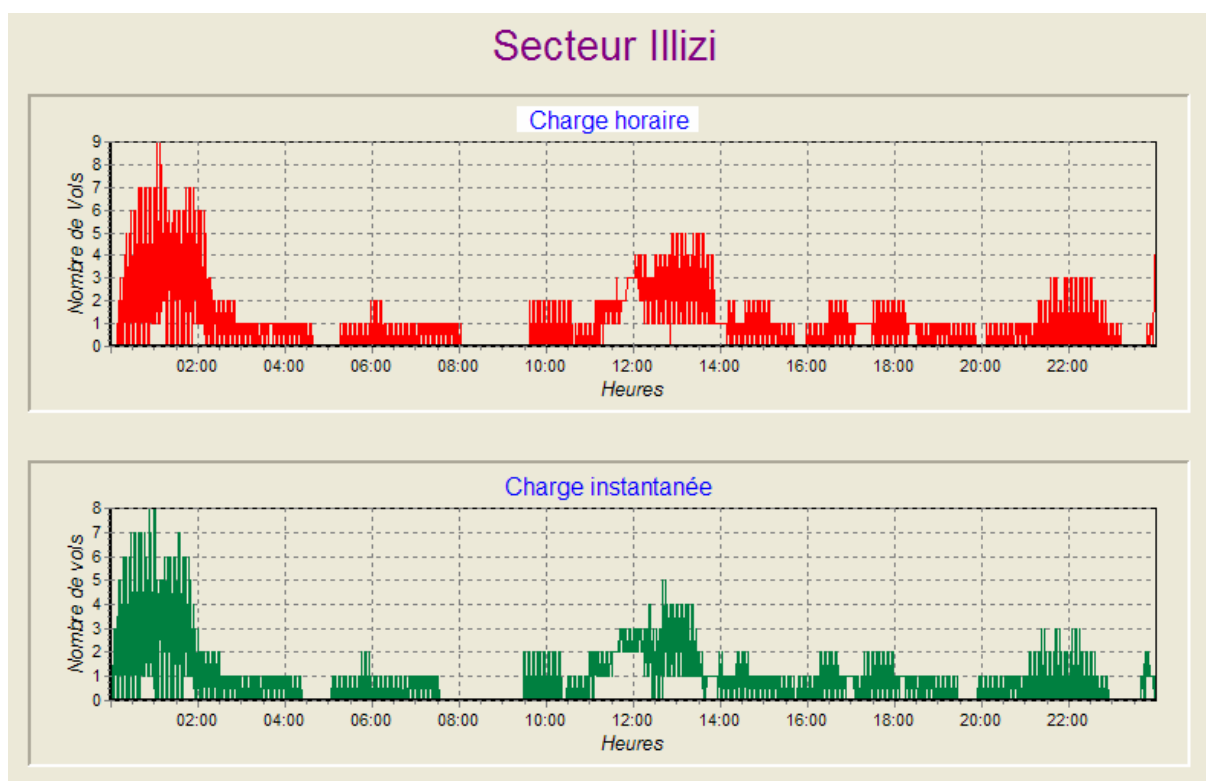


Figure 4.33 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Illizi

10. Secteur Djanet

La figure (4.34) représente la charge horaire du secteur de Djanet. La remarque principale est la discontinuité du trafic aérien dans ce secteur. Mis à part un pic de douze (12) avions entre 00h30 à 01h30.

La charge instantanée de ce secteur est égale à dix (10) avions

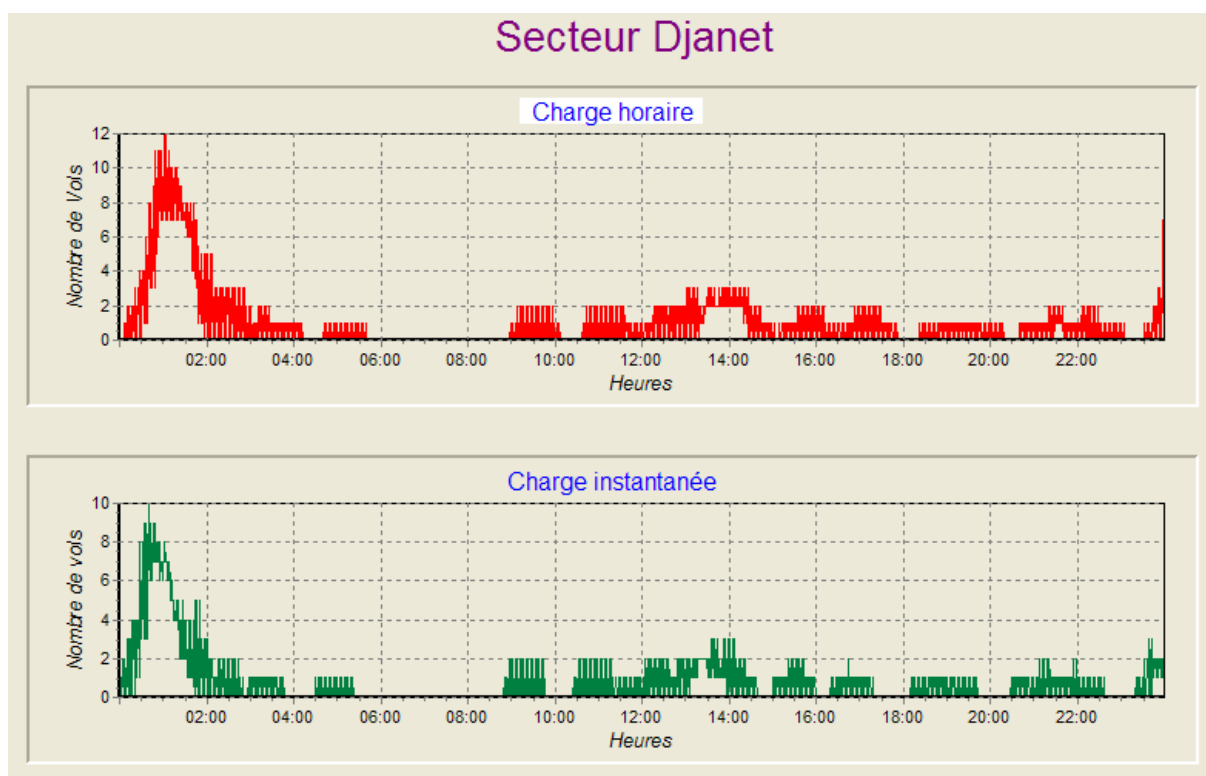


Figure 4.34 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Djanet

11. Secteur Tamanrasset

La figure (4.35) représente la charge horaire du secteur Tamanrasset. Nous constatons pratiquement le même trafic discontinu que celui de Djanet. A l'exception d'un pic de onze (11) avions entre 00h30 à 01h30.

La charge instantanée de ce secteur est égale à dix (10) avions.

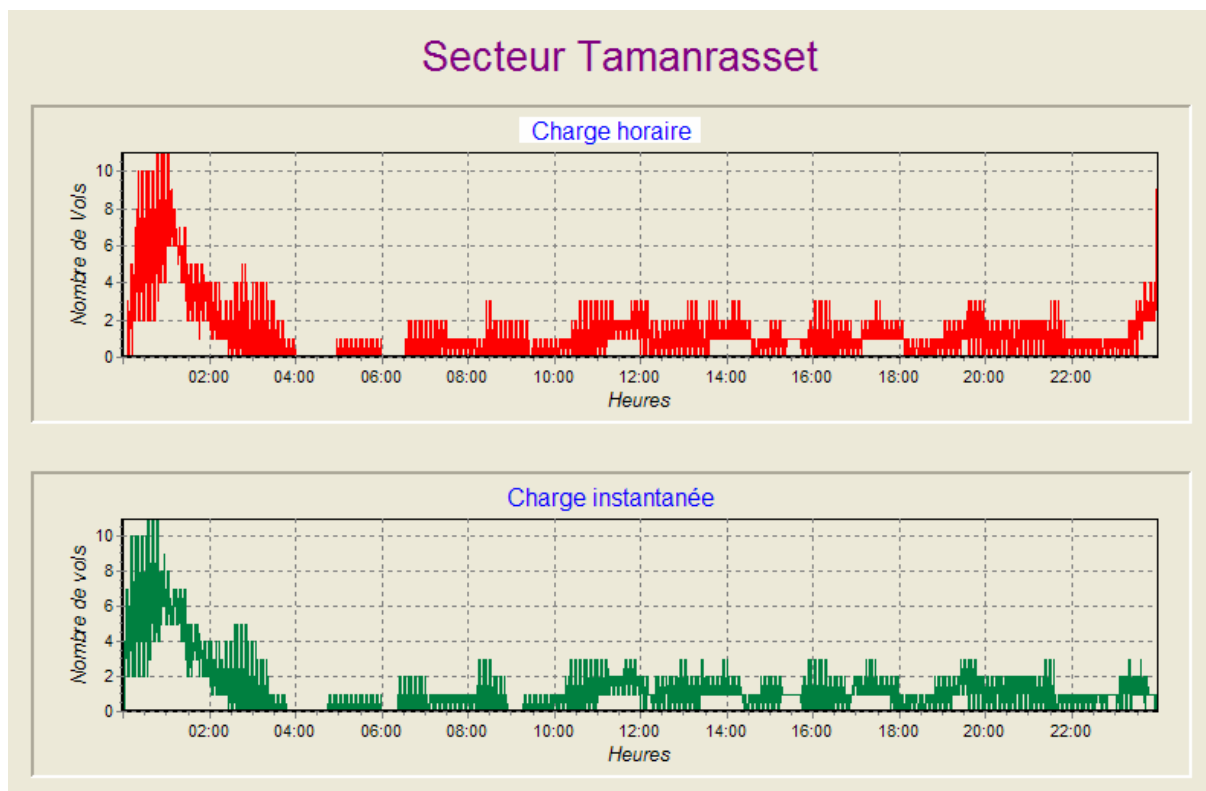


Figure 4.35 : Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Tamanrasset

Remarque

L'étude du trafic VFR des secteurs (Sud Centre, Hassi Messaoud et Illizi) n'a pu être réalisée à cause des statistiques qui ne nous ont pas été remises.

Ce trafic concerne les plates-formes pétrolières avoisinantes des aérodromes importants de chaque secteur, ce trafic aurait eu une incidence croissante dans les différents graphes de charge.

CHAPITRE 2

DESRIPTIF DES COURANTS DE TRAFIC

2.1. Introduction

Par sa position et son étendue géographique, l'Algérie se trouve parmi les régions du monde où l'activité aéronautique est en progression permanente. En effet, il est enregistré une augmentation continue de tous les segments aéronautiques à savoir national, international et transit (survol). Aussi bien l'activité commerciale que non commerciale est en progression constante. Située, d'une part, sur les axes principaux des relations établies entre l'Europe occidentale et les pays africains, d'autre part, sur une transversale méditerranéenne, vers le Proche-Orient et l'Extrême Occident, en constituant notamment une escale de et vers le Maroc.

Ses aéroports dont les infrastructures (longueur de piste, moyens de communication et radionavigation) sont très importantes, plus particulièrement sont le siège d'un trafic important, lesquelles plates-formes aéroportuaires servent en plus de terrains d'escale et/ou de dégagement dans le cas des vols à destination de certaines capitales africaines.

Le territoire même de l'Algérie est essentiellement propice au développement d'une aviation locale dans ses multiples activités, en raison des grandes distances difficiles à parcourir en trafic routier ou ferroviaire. Les zones à couvrir sont tellement grandes que les voies de communication routières et ferroviaires ne peuvent y être adaptées ni sur le plan infrastructure ni sur le temps de parcours ; les régions désertiques en sont le parfait exemple.

2.2. Trafic aérien en route

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. La description des courants de trafic, nous impose, l'étude de la nature du trafic afin de le cerner dans l'espace aérien Algérien dans toute son étendue et sa globalité. Les statistiques officielles de L'ENNA classent les vols en trois catégories :

- 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 ;
- Vols spéciaux : vol pour une mission particulière. Transport de matériel, transport sanitaire et transports privés...etc.

2.2.1. Statistiques du trafic de route par secteur

En terme des secteurs de contrôle, le Centre de Contrôle Régional (CCR) a pris en charge plus de 1.700.000 vols durant les années 2002-2007. Le tableau et la figure (2.1), représente l'évolution du trafic de route pour les sept secteurs existants en Algérie durant la période 2002-2007.

Tableau 2.1 : Évolution du trafic de route par secteur (2002-2007) [15]

secteurs	TMA-ALG	TMA-ORA	TMA-EST	S-CENTRE	S-OUEST	S-EST	S-SUD	TOTAL
2002	88528	40046	55288	33544	8236	43607	32778	302027
2003	71619	34598	50480	28763	6948	42886	33133	268427
2004	47434	32873	53755	33479	12324	45888	38906	264659
2005	46966	35178	59272	32289	13279	47046	41499	275529
2006	48596	38597	64098	35471	15238	51144	45261	298405
2007	49711	40822	69565	38151	15813	53389	48355	315806
TOTAL	352854	222114	352458	201697	71838	283960	239932	1724853

Source : ENNA/rapport annuel d'activités 2007

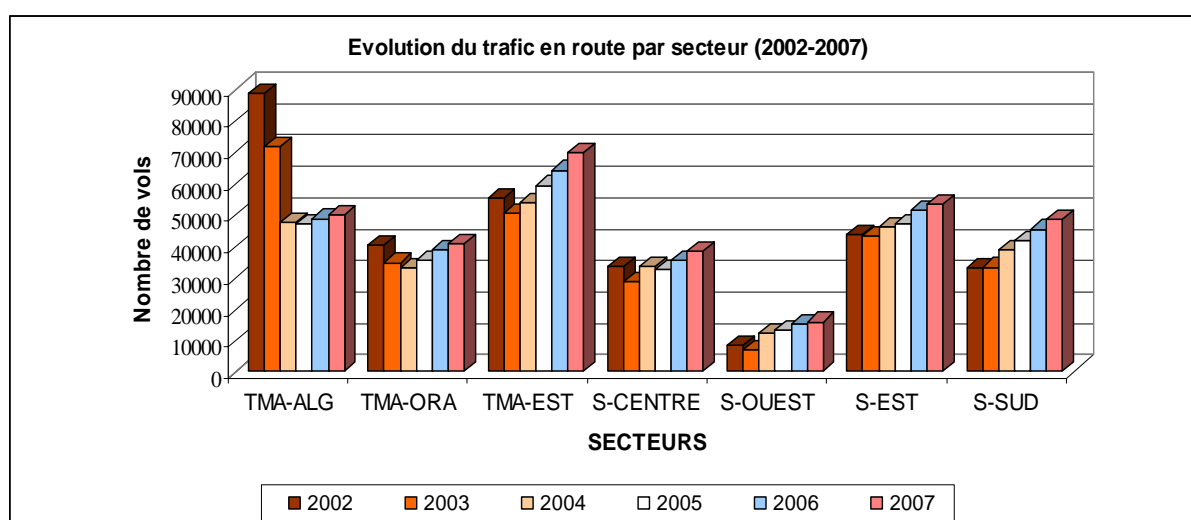


Figure 2.1 : Évolution du trafic en route par secteur (2002-2007)

La majorité du trafic de route se situe généralement dans la partie nord de l'Algérie, à savoir les trois TMA(s) Oran, Alger et TMA Est. En 2002 le secteur Alger a enregistré une nette croissance, puis une chute jusqu'à l'année 2005 où il a été enregistré un nombre de vols de 46.966. Par contre, lorsque nous étudions l'évolution du trafic dans les autres secteurs on remarque, une augmentation du trafic au-delà de l'année 2003. Dans le secteur TMA/Est, il a été enregistré le plus grand nombre de vols, soit 69.565.

Le secteur Sud/Est, Sud/Sud et Sud/Centre forment à un degré moindre, une complémentarité des trois secteurs cités ci-dessus. Avec une nette croissance marquée en 2006/2007; où dans le secteur Sud/Est a enregistré le plus grand nombre de vols 53.389 durant son évolution. Enfin le dernier secteur restant,

à savoir Sud/Ouest. Ce dernier a enregistré un nombre de vols moindre par rapport aux autres secteurs. Son plus grand nombre de vols à savoir 15.813 a été enregistré en 2007. Durant l'année 2007, les secteurs du Centre de Contrôle Régional ont traité 315.806 vols, ce chiffre correspond à une croissance de 5,8 % par rapport à l'année 2006.

Les tableaux (2.2) et (2.3) représentent respectivement, le détail du trafic mensuel de route par secteur durant l'année 2007, ainsi, qu'une comparaison avec le trafic secteur de l'année précédente.

Tableau 2.2 : Évolution mensuelle du trafic par secteur 2007 [16]

Mois	TMA-ALG	TMA-ORA	TMA-EST	SUD-CENTRE	S-OUEST	S-EST	S-SUD	TOTAL
janvier	3920	3417	5491	3248	1369	4433	4002	25880
février	3690	2771	4706	2931	1234	4017	3646	22995
mars	4228	3286	5359	3226	1326	4312	4099	25836
avril	4195	3311	5575	3010	1321	4058	3922	25392
mai	4040	3215	5377	2954	1260	4375	3870	25091
juin	4140	3177	5440	3026	1225	4353	3859	25220
juillet	4697	3726	6437	3256	1334	4773	4068	28291
août	4468	3804	6523	3106	1303	4484	3986	27674
septembre	4192	3552	6193	3039	1247	4412	3806	26441
octobre	3792	3455	6181	3283	1309	4649	4088	26757
novembre	3928	3274	5803	3411	1359	4775	4370	26920
Décembre	4421	3834	6480	3661	1526	4748	4639	29309
TOTAL	49711	40822	69565	38151	15813	53389	48355	315806

Source : ENNA/Bulletin des statistiques du trafic aérien 2007

La figure (2.2) ci-dessous définit l'évolution mensuelle du trafic à l'intérieur de l'espace aérien pour l'année 2007, et ce par secteur de contrôle. Les différentes courbes nous montrent clairement un accroissement de trafic dans les mois de Juin à Août qui est dû à la période estivale, qui enregistre un nombre de vol de 28291 dans le mois de Juillet. Une autre reprise, plus importante que la première, dans le mois de Décembre avec un nombre de 29309 vols, dû principalement aux fêtes de fin d'année. Nous constatons également qu'un trafic dans le sens Nord/Sud qui domine, avec un nombre de vols important se situe dans le secteur Nord Est, ensuite Sud Est qui sont les plus chargés, en troisième position, le secteur TMA Alger.

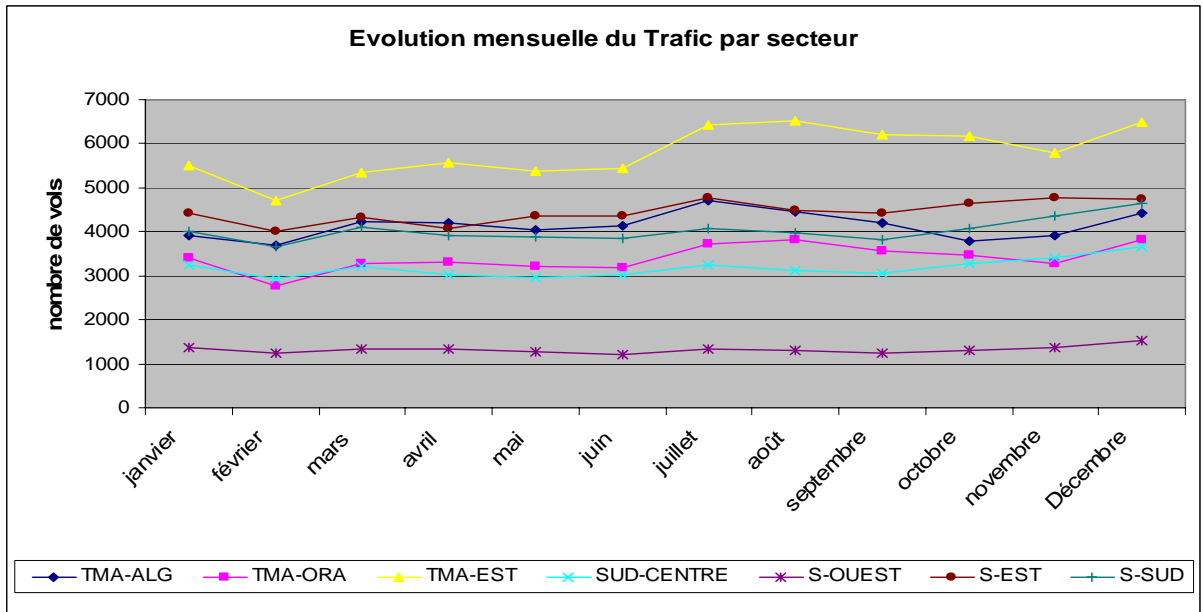


Figure 2.2 : Évolution mensuelle du trafic par secteur 2007

Tableau 2.3 : Évolution du Trafic par secteur 2006/2007 [16]

Secteurs	TMA-ALG	TMA-ORA	TMA-EST	S-CENTRE	S-OUEST	S-EST	S-SUD	TOTAL
2006	48596	38597	64098	35471	15238	51144	45261	298405
2007	49711	40822	69565	38151	15813	53389	48355	315806
VAR %	2,3%	5,8%	8,5%	7,6%	3,8%	4,4%	6,8%	5,8%

La figure (2.3), nous montre l'évolution du trafic par secteur dans l'année (2006/2007), la figure nous précise avec clarté, un trafic en nette progression, dans tous les secteurs, de l'année 2007 par rapport à l'année 2006.

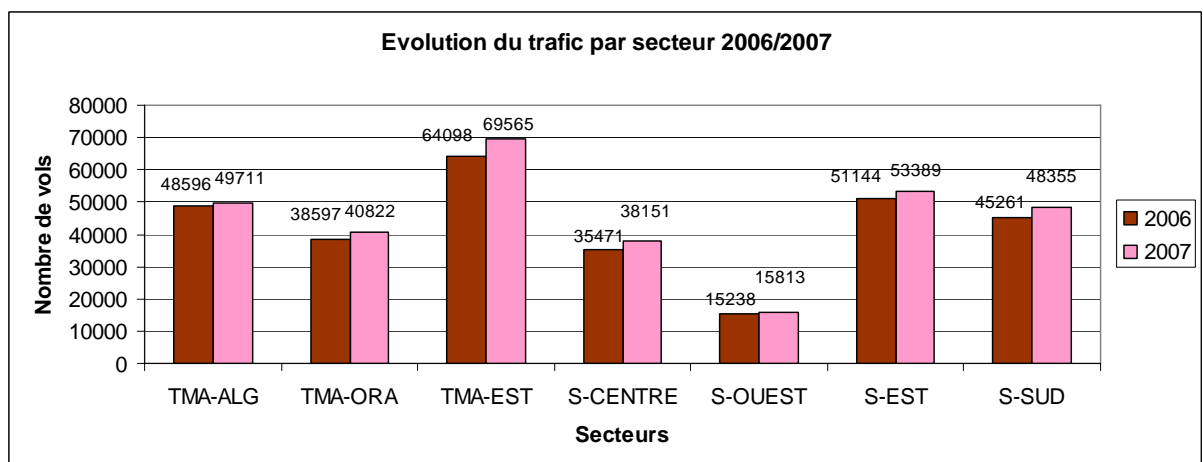


Figure 2.3 : Évolution du trafic par secteur 2006/2007

2.3. Récapitulatif par nombre de vols

En terme d'aéronefs, le tableau (2.4) représente le nombre de vols d'aéronefs de route réalisée au niveau du Centre de Contrôle Régional (CCR) sur la période 1995 à 2007 comprenant le survol avec escale (trafic national et international), et le survol sans escale. Nous remarquons que tous les types de vols ont augmenté mis à part ceux des vols spéciaux, avec des pics entre (2000-2002). A titre d'exemples :

- Trafic national : + 45 %.
- Trafic international : + 62%
- Survol sans escale : + 50 %
- Vols spéciaux : - 23%

Tableau 2.4 : Évolution du trafic en route (1995-2007)

Nature du trafic	Survol avec escales		Survol sans escale	vols spéciaux	TOTAUX
	National	International			
1995	32 510	17 430	27 386	14 875	92 201
1996	31 661	17 045	28 449	15 498	92 653
1997	35 222	18 914	28 606	14 613	97 355
1998	30 887	19 393	32 722	13 277	96 279
1999	43 691	28 629	34 173	14 984	121 477
2000	54 027	33 242	35 010	12 040	134 319
2001	61 657	39 925	33 444	12 480	147 506
2002	51 343	54 562	33 774	13 101	152 780
2003	47 506	38 440	36 581	13 241	135 768
2004	51 162	36 144	41 310	13 149	141 765
2005	47 470	38 827	45 101	11 491	142 889
2006	58 096	43 718	49 469	11 998	163 281
2007	58 836	45 404	54 268	11 500	170 008

Source : ENNA/rapport annuel d'activités

La figure (2.4) nous montre l'évolution du trafic en route sur la période 1995 à 2007 comprenant le survol avec escale (trafic national et international), et le survol sans escale. La figure nous donne un aperçu du trafic évolutif, nous constatons dans l'ensemble des vols que le trafic a faiblement évolué jusqu'en 1998. Depuis cette année-là, une nette croissance a été enregistrée jusqu'à l'année 2002 où le plus grand nombre de vols a été atteint. Après 2002, on a assisté à une décroissance du trafic jusqu'à 2003. C'est la baisse la plus

importante. Au-delà de l'année 2003, le trafic n'a pas cessé d'évoluer, toujours avec des variations fluctuantes, mais avec un nombre de vols plus élevé que durant les années 90.

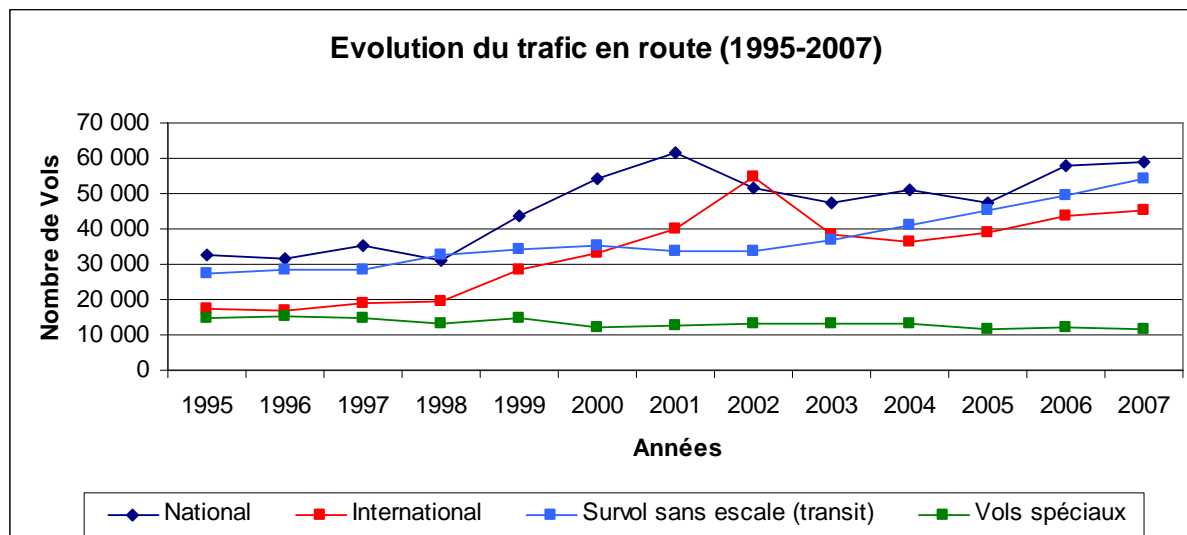


Figure 2.4 : Evolution du trafic en route (1995-2007)

2.3.1. Trafic national

La majorité du trafic national se situe généralement dans la partie Nord de l'Algérie, à savoir : les trois TMA Est, Centre et Ouest avec une prédominance très prononcée au centre et à l'Est. Pratiquement la grande majorité du trafic part d'Alger vers plusieurs destinations du territoire national ce qui rend l'aérodrome de Dar el beïda très sollicité en mouvements aussi bien départs qu'arrivés. Les autres secteurs à savoir : Sud Ouest, Sud Centre et Sud Est forment à un degré moindre, une complémentarité des trois secteurs cités ci-dessus. Enfin, le dernier secteur restant à savoir Sud/Sud vient en troisième position des différentes statistiques relevées.

1. Classification des aérodromes

La classification des aérodromes se fait selon le dimensionnement de leurs infrastructures aéroportuaires [17], les équipements techniques, les horaires d'ouverture de fermeture et le type des mouvements traités.

- Les aérodromes ouverts à la circulation aérienne générale CAG ;
- Les aérodromes mixtes (civil-militaire) ouverts à la CAG ;
- Les aérodromes opérationnels militaires (COM) et non ouverts à la CAG.

L'Algérie dispose d'un patrimoine aéroportuaire de 55 aérodromes de diverses classes voir figure (2.5), parmi lesquels 36 sont ouverts à la circulation aérienne publique [16]. Ils sont répartis comme suit :

➤ **Aérodromes internationaux :**

- 05 aérodromes reçoivent le trafic international régulier : Alger/Constantine/Annaba/Tlemcen/Oran.
- 03 aérodromes reçoivent le trafic international restreint (escale technique, etc.) : In-Amenas/Tamanrasset/Adrar.
- 01 reçoit le trafic international en cargo et charter : Hassi Messaoud
- 02 aérodromes reçoivent le trafic international non régulier : Ghardaïa/In Salah.

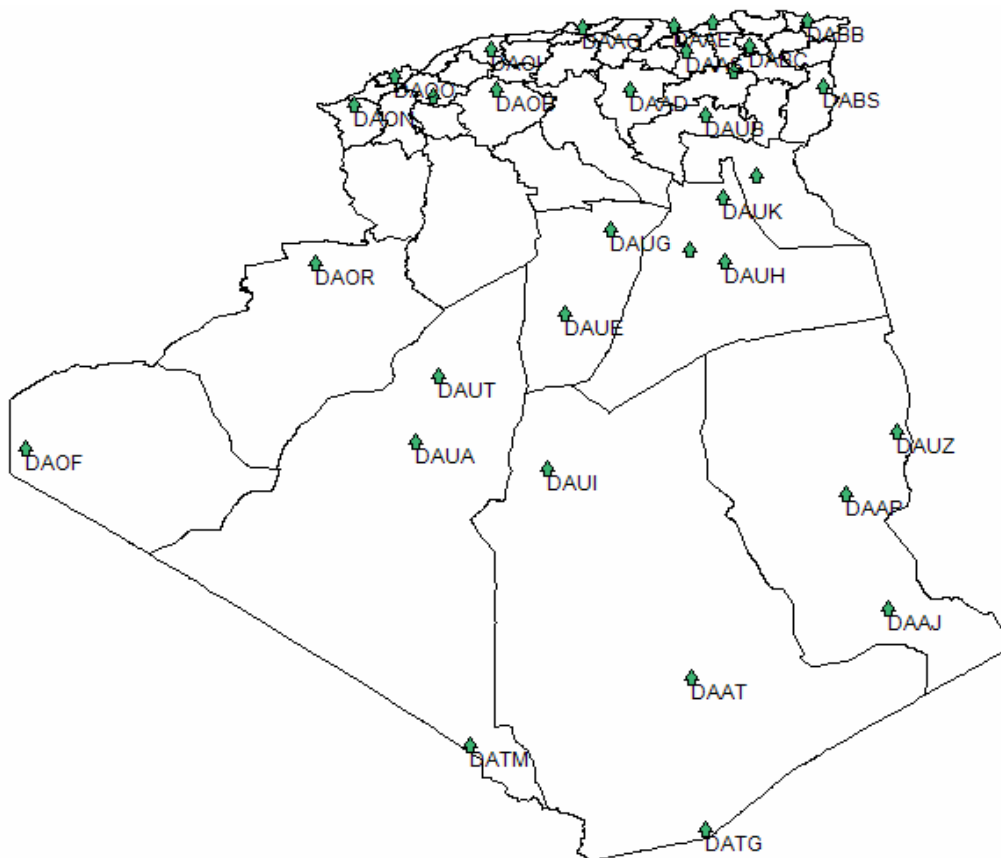


Figure 2.5 : Aérodromes d'Algérie

Tableau 2.5 : Aérodrômes d'Algérie

ID	Nom/Localité desservie
DAAD	BOU SAADA
DAAE	BEJAIA/Soummam-Abane Ramdane
DAAG	ALGER / Houari Boumediene
DAAJ	DJANET/Tiska
DAAP	ILLIZI/Takhamalt
DAAS	SETIF / 8 MAI 45
DAAT	TAMMANRASSET/Aguenar
DAAV	JIJEL/Ferhat ABBAS
DABB	ANNABA/Rabah Bitat
DABC	CONSTANTINE/Mohamed Boudiaf
DABS	TEBESSA/Cheikh Larbi Tébéssi
DABT	BATNA/Mostépha Ben Boulaid
DAOB	TIARET/Abdelhafid Boussof Bou Chekif
DAOF	TINDOUF
DAOI	CHLEF
DAON	TLEMCEN/Zenata-Messali El Hadj
DAOO	ORAN/Es Sénia
DAOR	BECHAR/Boudghene Ben Ali Lotfi
DAOV	GHRISS
DATG	IN GUEZZAM
DATM	BORDJ MOKHTAR
DAUA	ADRAR/Touat-Cheikh Sidi Mohamed Belkebir
DAUB	BISKRA/ Mohamed KHIDER
DAUE	EL GOLEA
DAUG	GHARDAIA/Noumerat-Moufdi Zakaria
DAUH	H.MESSAOUD/Oued Irara-Krim Belkacem
DAUI	IN SALAH
DAUK	TOUGGOURT/Sidi Mahdi
DAUO	EL OUED/Guemar
DAUT	TIMIMOUN
DAUU	OUARGLA/Ain Beida
DAUZ	ZARZAITINE/In amenas

➤ **Aérodrômes domestiques :**

- 22 aérodrômes reçoivent le trafic national régulier ;
- 02 aérodrômes nationaux traitent le trafic international régulier : Biskra/Bejaia.

Globalement, les capacités intrinsèques des aérodrômes et leur répartition spatiale répondent aux besoins actuels et peuvent, moyennant quelques aménagements, absorber la demande future du trafic aérien.

En terme de trafic aéroport, le nombre de mouvements enregistrés durant l'exercice 2007, pour l'ensemble des aéroports s'élève à 150.285 soit une augmentation de 1.6 % par rapport à 2006. Cette augmentation est due, notamment, à l'accroissement des mouvements commerciaux internationaux et non commerciaux dont les taux de croissance respectifs enregistrés sont de 6,2 % et de 2,8 % [16].

Concernant les moyens de transport aérien nationaux, si jusqu'à un passé récent, le monopole était détenu par la Compagnie Nationale Air Algérie, depuis l'an 2000, cinq (5) compagnies privées assurent le transport aérien aussi bien national qu'international. Cette ouverture du ciel aux compagnies privées a permis une meilleure desserte des aéroports et une nette reprise de trafic aérien.

2. Évolution du trafic national dans le temps

Depuis 1995, le trafic en route nationale a faiblement évolué jusqu'en 1998. Depuis cette année-là, une nette croissance a été enregistrée jusqu'à l'année 2001 où le plus grand nombre de vols soit 61.657 a été atteint. Après 2001, on a assisté à une décroissance du trafic jusqu'à 2003, cette dernière est estimée à -20,0 % entre 2001/2002. C'est la baisse la plus importante. Entre 2002/2003, elle est de - 8,1 %. Au-delà de l'année 2003, le trafic n'a pas cessé d'évoluer, toujours avec des variations fluctuantes, mais avec un nombre de vols plus élevé que durant les années 90.

2.3.2. Trafic international

À cause du contexte international, depuis 1995, le trafic international n'a enregistré que des croissances jusqu'à 2002. Néanmoins, la moyenne de ces augmentations annuelles était relativement faible entre 1995-1998, comparée à celle de la période 1998-2002 qui est nettement plus élevée (environ 36.7 % entre 2001/2002). Le trafic international a atteint son apogée en 2002 avec 54.562 mouvements. Au-delà de 2002 jusqu'à l'année 2004, le taux du trafic international décroît avec une baisse plus marquée pour 2003.

Si nous étudions l'historique du trafic aérien national et international en Algérie au cours de ces 12 dernières années, nous constatons une croissance moyenne annuelle de 3,5 % avec un résultat exceptionnel en 2001, qui correspond à une augmentation de 12,3 % pour le national et 7.6 % pour l'international, ceci est dû essentiellement :

- À l'entrée du secteur privé ;
- Retour des nouvelles compagnies européennes parmi elles, la reprise des vols d'Air France vers l'Algérie après huit ans d'arrêt (interrompus depuis décembre 1994) ;
- La compagnie privée Khalifa Airways a connu en quelques années seulement, un développement extraordinaire en ayant recours au leasing comme technique d'équipement ; dotée d'une quarantaine d'appareils de types Airbus, Boeing, Fokker et ATR, la compagnie s'est vite imposée sur le marché du transport aérien national et international comme un acteur important en termes de dessertes, de fréquences de vols. Celle-ci ayant disparu en 2003, il s'en est suivi une décroissance importante dès mars 2003.

En plus, n'oublions pas que l'année 2002 est une année difficile pour le transport aérien qui se remet lentement suite aux attentats du 11 septembre 2001 avec un volume du trafic inférieur à celui de 2000.

Dans le domaine des liaisons entre la France et l'Algérie notamment le trafic est désormais assuré par Air Algérie, Aigle Azur et Air France.

Le secteur aérien algérien maintient cependant ses performances en raison de la qualité de ses aéroports et de leurs services ce qui permet une excellente croissance du trafic, ainsi que l'évolution très rapide des technologies. En outre, l'ouverture de l'économie de marché en Algérie a permis l'accroissement du flux de passager et de marchandise hautement bénéfique pour notre pays.

2.3.3. Tendence d'évolution

Les prévisions de trafic remplissent une fonction importante, puisqu'elles servent à déterminer à l'avance les installations et services qui seront nécessaires pour répondre à la demande de déplacements par avion ainsi que les endroits et les moments où ils risquent d'y avoir des encombrements de l'espace aérien et des aéroports. Elles jouent aussi un rôle spécial dans la planification d'une mise en oeuvre rationnelle des systèmes de communications, navigation, surveillance et de gestion du trafic aérien (CNS/ATM).

La figure (2.6) montre une courbe de tendance d'évolution du trafic aérien jusqu'à 2015 pour les vols (nationaux, internationaux et les transit), qui a connu une progression importante pendant la dernière décennie et toutes les prévisions tendent à démontrer une certaine croissance qui ne devrait pas fléchir dans les prochaines années.

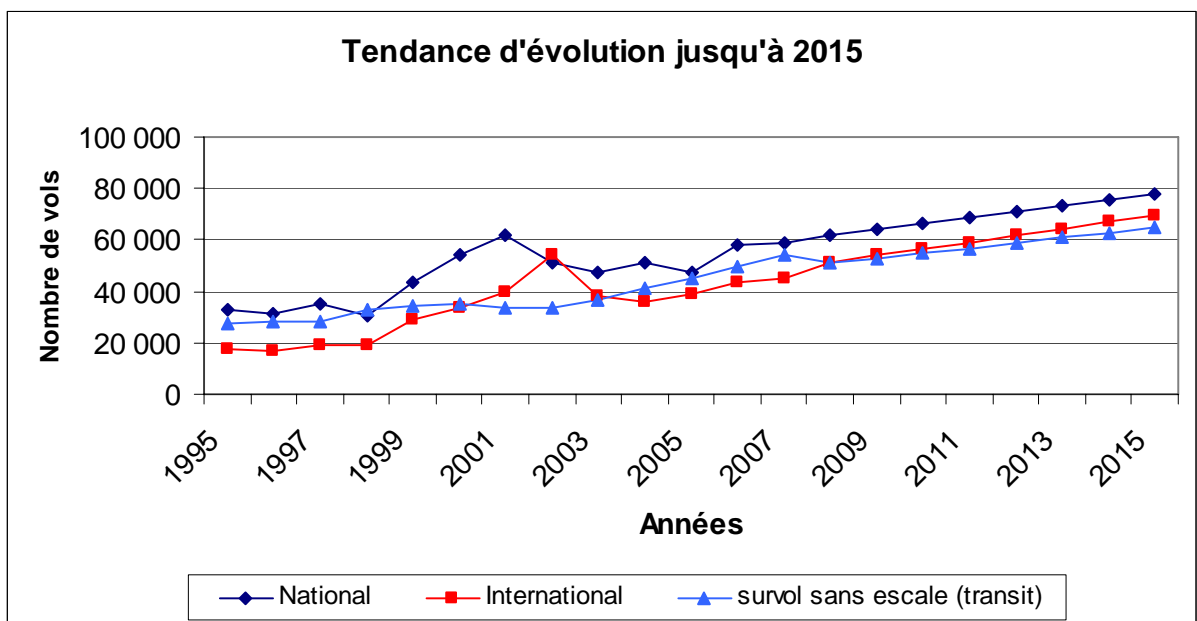


Figure 2.6 : Tendence d'évolution jusqu'à 2015

Nous avons constaté, au cours des 3 ou 4 dernières années un regain d'activité par la compagnie aérienne publique Air Algérie, l'augmentation des dessertes aussi bien nationales qu'internationales. Une autre compagnie a également vu le jour, Tassili Airlines, venant par là, compléter la flotte d'Air Algérie.

Moyennant l'utilisation d'un modèle de prévision de trafic aérien « linéaire » basé sur une courbe de tendance 2007-2015 projetée à partir des résultats 1995-2007, l'évolution ainsi obtenue (si l'on compare le rapport 2007/2015) est de :

- 4.6% de taux de croissance moyens annuels pour le trafic national ;
- 5.9% de taux de croissance moyens annuels pour le trafic international ;
- 2.3% de taux de croissance moyens annuels pour les transits.

Cette progression est due à plusieurs facteurs :

- L'acquisition de plusieurs nouvelles techniques aéronautiques comme :
 1. L'installation de couverture radar, VSAT (terminal à très petite ouverture/ Very Small Aperture Terminal) ;
 2. La mise en service du système TRAFCA (la gestion automatique des plans de vol) ;
 3. L'instauration du RVSM (la réduction de la séparation minimale verticale) qui permettra d'augmenter la fluidité du trafic aérien dans l'espace aérien algérien ;
 4. L'équipement des aéroports dans le sud de moyens de radionavigation adéquats pour l'atterrissage lors de mauvaise météo. Les pouvoirs publics prévoient une cinquantaine d'aéroports à travers le territoire national ;
 5. L'ensemble des moyens de traitement des données radars et plans de vol a été modernisé. Il y a une station radar primaire et secondaire à Oued Smar (140 km de portée pour le radar primaire et 400 km de portée pour le radar secondaire) et quatre stations secondaires à Oran, Annaba, El Oued et El Bayadh. Les projets

à réaliser à l'horizon 2010 sont le plan de développement de la gestion de l'espace aérien (PDGEA), avec 5 blocs techniques et tours de contrôle (Alger, Oran, Constantine, Ghardaïa et Tamanrasset) et l'acquisition d'un avion laboratoire.

Ce qui augmente la sécurité aéronautique et facilite la gestion du trafic aérien. Par voie de conséquence les différents moyens techniques amélioreront certainement la qualité de service. En plus, le renouvellement de la flotte d'Air Algérie qui a commencé en 2005 ainsi que l'extension de Tassili Airlines en renforçant sa flotte de plusieurs appareils de type Bombardier (Canada) offrent indéniablement une meilleure qualité de navigation (avionique et performances des appareils).

La croissance future du transport aérien continuera de dépendre avant tout : de la croissance de l'économie ainsi du commerce mondial et des évolutions en matière de coûts des compagnies aériennes, qui à leur tour dépendent fortement des prix des carburants. Cette croissance sera influencée aussi, cependant, par la mesure dans laquelle l'aviation saura relever les grands défis, tels que l'encombrement des aéroports et de l'espace aérien, la protection de l'environnement et les besoins d'investissements grandissants.

2.3.4. Trafic survol sans escale

Durant la période 1995/2007, les survols sans escales transitant dans l'espace algérien montrent une croissance ascendante. D'une manière générale le trafic est en hausse depuis 1995, avec des variations plus élevées à partir de 2002. La position géographique de l'Algérie et l'étendue de son territoire qui sont à l'origine de ce phénomène, en font un passage presque obligé des vols Europe / Afrique, ce qui est intéressant au point de vue rentrées financières, et le trafic international qui se situe dans l'axe EST/OUEST et vice-versa, ce qui augmente un tant soit peu les rentrées en matière de taxation ; néanmoins, le flux de trafic des deux principaux axes est en nette progression.

Cette responsabilité a amené l'Algérie à mettre en place toutes les actions nécessaires à l'observation des règles et pratiques recommandées par l'OACI. Le résultat des audits montre que l'Algérie est en avance sur bien des pays sur ce plan. Par ailleurs, l'Autorité de l'Aviation Civile est autonome depuis la fin 2004. Déjà la plupart des aéroports sont certifiés en conformité avec les standards OACI.

1. Données opérationnelles

L'Algérie est actuellement desservie par des transports aériens qui s'effectuent :

- Sur des axes orientés NORD-SUD, d'une part, entre les grandes villes du littoral (Alger, Oran, Annaba, Constantine, Tlemcen, Sétif, Biskra), d'autre part, entre Alger et les régions de l'Afrique Occidentale et Equatoriale ;
- Sur l'axe OUEST-EST Casablanca -Oran- Alger- Annaba- Tunis.

Il y a aussi des liaisons directes avec, l'Espagne, la Suisse, l'Italie, et plus particulièrement la France voir (appendice C). Ce réseau, qui dessert les principales villes du pays, répond aux exigences économiques essentielles de l'Algérie qui, par sa position géographique, est également un lieu de transit et de ravitaillement sur les grandes lignes nationales et internationales qui joignent l'Europe à l'Afrique et l'Afrique du Nord au moyen Orient. Il faut ajouter que ce trafic intéresse les grands aéroports aériens tels qu'Alger, Oran, Annaba .etc, en plus d'autres aéroports de façon saisonnière tels que les vols Hadj.

Les diverses liaisons aériennes comprennent :

- **Des services publics réguliers** (voyageurs, postes et fret), assurés dans le cadre du réseau aérien, en grande majorité par la compagnie nationale AIR ALGERIE ;
- **Des services à la demande** (passagers et fret) ayant souvent l'allure de services réguliers, notamment en été pour le transport des voyageurs entre l'Algérie et les principaux centres français d'une part, la Suisse, l'Italie, l'Espagne, l'Angleterre, d'autre part.

Ces transports à la demande sont effectués, sur autorisations ministérielles, sous forme de charters (affrètements), travail aérien, privé, affaires ou autres.

Enfin, les aérodromes algériens sont fréquemment utilisés en escales techniques par les compagnies desservant l'Algérie ; outre la compagnie nationale Air Algérie, sont : Air France; Alitalia ; British Airways ; Tunis Air ; Aigle Azur ; Lufthansa ; Turkish Airline, Egyptair, Royal Air Maroc, Saudia et Syrian Arab Airlines, Lybian Arab Airlibes.

2. Données structurelles

Complémentairement aux espaces classés, des zones à statut particulier ont été définies dans notre espace aérien. (Toutes les zones citées ci-après, tirées du l'AIP [14]).

2.1. Zones interdites, Réglementées et Dangereuses

Notre espace aérien se compose également de zones à statut particulier qu'on ne peut pas survoler ; ces zones ont souvent été créées pour des besoins spécifiques propres à la zone considérée. Elles sont utilisées, dans leur grande majorité, par les militaires pour protéger leurs évolutions, mais il en existe quelques-unes pour des besoins civils. Elles sont classées en 3 catégories :

- **Les zones dangereuses (DAD)** : Espace aérien de dimensions définies, qui annoncent un danger permanent ou à certaines heures pour les aéronefs. La pénétration dans la zone n'est pas interdite même en cas d'activité.
Il s'agit par exemple, de champs de tir militaires ou de zones de largages (parachutage). (ex : D AD52 MEDEA...) ;

- **Les zones réglementées (DAR)** : 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, (ex : D AR74Taфраoui...) ;

Par contre, si la zone est active, selon les zones et en fonction de la règle de vol utilisée, la pénétration est :

1. Soit interdite (exemples : zone d'entraînement au combat) ;
 2. Soit autorisée, mais il faut suivre les instructions du gestionnaire de la zone (exemple : zone d'approche de certains aérodromes militaires) ;
 3. Soit autorisée après simple contact radio ou à travers le DMC (Détachement militaire de coordination)
- **Les zones interdites (DAP)** : 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. (ex : D AP51 Ain Ouessera...).
1. Elles sont complètement imperméables à tout aéronef civil ;
 2. Elles sont peu nombreuses.

En plus de ces zones citées ci-dessus, il existe également des zones réservées temporelles, décidées par les différents intervenants dans l'espace aérien algérien (militaire...).

3. Comparatif régional

Il est utile de comparer les redevances appliquées par l'Algérie avec celles en vigueur dans les États environnants soit la Tunisie, le Maroc et l'Agence ASECNA (agence regroupant plusieurs États africains, dont le Niger, le Mali et la Mauritanie). Il en ressort le tableau suivant :

Tableau 2.6 : Redevances appliquées

Pays	Poids	Redevance
ALGERIE	Unité de service	2.461,63 DA
ROYAUME DU MAROC	Taux unitaire	30.61 €
TUNISIE	1 à 5 Tonnes	60,00 €
	6 à 24 Tonnes	150,00 €
	25 Tonnes et plus	420,00 €
ASECNA	Supérieur à 14 Tonnes	81,65 €

Le tableau relatif aux redevances d'usagers ci-dessus indique que l'Algérie est classée dans la gamme modeste des redevances d'usagers dans le cadre des normes régionales. Avec les nouvelles techniques apportées par l'Algérie, tant sur le plan reconsidération des moyens de communication, radar, moyens de surveillance ADS-C et bientôt l'ADS-B, l'ENNA envisage de revoir à la hausse ses taxes de prestation de services, une invitation des compagnies nationales et internationales est à l'ordre du jour afin de relever les différentes taxes.

Les motivations des transporteurs aériens pour survoler l'espace aérien algérien, plutôt que de le contourner, indiquent à quel point, il existe des opportunités de croissance ouvertes pour l'Algérie de « prendre sa part », ainsi que de tirer profit, de la croissance naturelle du trafic.

En fait, l'Algérie tire actuellement sa part du trafic international de survol. Bien que les survols internationaux contribuent pour une très grande part au revenu réalisé par l'Algérie, ils ne représentent en revanche qu'une part mineure de tout le plan de charge de la navigation aérienne, en termes de nombre de vols. Notre analyse laisse subsister une grande incertitude, en raison de l'importance des marchés moins matures des vols nationaux et des vols internationaux vers et à partir de l'Algérie. Du point de vue santé financière du système, l'analyse des survols est la partie importante et critique.

4. Conjoncture économique internationale

Le transport aérien est devenu ces trente dernières années un acteur économique majeur des pays industrialisés. Il a, d'une part, soutenu la mondialisation de l'économie, permettant la création de groupes internationaux, où les déplacements sont rendus plus simples et plus fréquents par la création de véritables ponts aériens entre certaines villes. D'autre part, il a contribué à l'essor du tourisme, permettant à tous les intéressés de voyager sur toute la planète.

Les transports aériens sont très sensibles aux fluctuations économiques et aux aléas conjoncturels internationaux. Ce secteur est par ailleurs largement « internationalisé » depuis ses origines, du fait même de la nature de son activité, qui traite certes, des vols domestiques, mais surtout des vols internationaux. En fait, à l'exception du ralentissement économique, les 3 autres causes se concentrent sur le problème de la sûreté des voyages par avion. Les voyageurs s'intéressent plus à leur propre sécurité qu'au tarif ou au temps, surtout dans ces dernières années.

La mondialisation de l'espace économique repose en bonne partie sur le transport de fret, mais également sur le mouvement de passagers. La croissance du trafic aérien est d'ailleurs hautement corrélée à la croissance du commerce international. Le réseau d'échanges mis en place par les multinationales entraîne d'importants mouvements d'individus à travers l'espace économique [18]. En vertu de sa vitesse, le transport aérien a participé à une réduction considérable des distances.

➤ **Situation du trafic aérien mondial (jusqu'en septembre 2007)**

L'Association du Transport Aérien International (IATA) publie régulièrement les résultats de trafic et affiche à ce jour des résultats satisfaisants malgré les incertitudes économiques. Jusqu'en septembre 2007, le trafic passager international a ainsi enregistré une hausse de 8,2 % en septembre, légèrement en dessous des 8,6% d'août dernier, mais supérieurs à celle de 7,3 % notée depuis le début de l'année [19].

La progression de trafic a été poussée par la croissance économique internationale, mais s'explique aussi par les conséquences des craintes des passagers sur la sécurité, qui avaient entraîné des suspensions de vols et une baisse de la demande l'année dernière à la même époque.

Les coefficients d'occupation moyens ont atteint 77,4 % en septembre 2007, en baisse par rapport au record enregistré lors des deux mois précédents, mais supérieurs de 0,5 point par rapport à septembre 2006.

➤ **IATA : le trafic aérien devrait poursuivre sa croissance d'ici à 2011**

La croissance du trafic aérien mondial devrait être de l'ordre de 5,1% par an pour le trafic international et de 5,3% pour les trafics domestiques entre 2007 et 2011, a estimé l'Association internationale du transport aérien (IATA). Il devrait ainsi atteindre au total 2,75 milliards de passagers en 2011 soit 620 millions de plus qu'en 2006 (+ 29,1%), indique l'association. La croissance la plus forte viendra du Moyen-Orient (6,8% par an), d'Asie Pacifique (5,9%) et d'Afrique (5,6%) alors que c'est en Amérique du Nord, marché sûr, que la croissance attendue est la plus faible (4,2%) [19].

2.4. Conclusion

Face à ces nombreuses évolutions possibles, en ce qui concerne l'Algérie, tant sur le plan des méthodes de travail que des technologies, il est bien difficile de prévoir à quoi ressemblera la gestion du trafic aérien d'ici une quinzaine d'années. On ne distingue pas a priori de voie qui soit objectivement meilleure qu'une autre, et on ne peut prévoir les choix conceptuels, voire idéologiques, qui influenceront sur les évolutions futures du système.

On peut cependant affirmer que le système actuel dispose en lui-même d'une certaine inertie, en effet :

1. Il existe et fonctionne malgré tout, avec plus ou moins d'efficacité.
2. La mise en place d'un système alternatif introduisant de nouvelles méthodes de contrôle et/ou une automatisation de certaines tâches devra d'une part savoir gérer la transition à partir du système actuel, et d'autre part démontrer un gain effectif dans la capacité à traiter plus de trafic en toute sécurité, (Plan TRAFCA, déjà élaboré à cette date septembre 2008, et plan futur PGDEA en cours d'étude et réalisation).

Nos conclusions au sujet de la demande algérienne en matière de navigation aérienne peuvent être résumées très simplement :

1. Les vols nationaux comptent pour 40 % de tout le trafic aérien, mais représentent moins de 1 % du revenu ;

2. Les vols internationaux avec atterrissage en Algérie viennent en seconde position, avec 38 % des vols, mais représentent seulement 14 % du revenu en raison de la situation géographique des aéroports internationaux qui sont situés près de la frontière nord. Ils sont fortement volatils et doivent être regardés comme les moins prévisibles par rapport aux autres mouvements ;
3. Les survols comptent pour les 22 % restants des vols, mais représentent 85% de la totalité du revenu ;
4. Le trafic algérien de survol est très similaire à celui qui serait réalisé si les compagnies aériennes empruntaient toujours les routes les plus courtes « préférées », à l'exception d'un nombre très significatif de vols non programmés, se traduisant par un revenu plus élevé que prévu ;
5. Le flux naturel du trafic est dominé par les vols longue distance entre l'Europe et l'Afrique de l'Ouest, et entre l'Europe et l'Afrique du Sud. Les autres routes importantes sont celles reliant l'Afrique de l'Ouest et le Moyen-Orient ainsi que celles entre l'Italie et l'Amérique du Sud. Les vols algériens arrivés et départs ont une concentration importante entre la France et les aéroports algériens du Nord ; ainsi le trafic national et le trafic régulier programmés à l'intérieur de l'Algérie ;
6. Les vols avec comme origine et/ou la destination l'Algérie sont évidemment un marché captif pour le système de navigation aérienne. Les survols sont la catégorie des vols où nous pourrions observer si l'Algérie attire plus que sa part, perd dans la compétition en matière d'attraction des vols vers son espace aérien, ou obtient sa part du marché.

En résumé, cependant, non seulement une grande base du revenu est défendable, mais aussi le trafic devrait augmenter à un taux plus élevé que la moyenne mondiale en termes de nombre de vols au cours des prochaines années. Les perspectives pour l'accroissement du nombre de vols constituent un élément critique pour à la fois la capacité requise à l'intérieur du système et les revenus que le système générera. Nous pensons que la croissance annuelle moyenne sur les routes qui traversent actuellement l'espace aérien algérien sera au-dessus de 6 % au cours des dix années à venir.

CHAPITRE 3

SUPPORT TECHNIQUE ET DE TELECOMMUNICATION

3.1. Introduction

Depuis décembre 2003, le système de contrôle de la circulation aérienne algérien a subi de profondes mutations en vue de le rendre performant, fiable, efficace et entièrement conforme aux normes standards internationales ; il s'appuie dans cet objectif sur :

- Un Centre de Contrôle Aérien (Centre de Contrôle Régional) et quatre services de contrôle d'approche équipés de moyens utilisant les technologies les plus avancées en matière de navigation aérienne ;
- Une Couverture Radar de la partie nord de l'espace aérien qui permet la visualisation du trafic aérien et de passer ainsi du contrôle aérien classique (contrôle aux procédures) connu comme pénalisant, au contrôle radar plus sûr et plus efficace ;
- Une Automatisation des Fonctions du Contrôle de la circulation aérienne.

3.2. Moyens techniques

Le trafic dans l'espace aérien algérien est en croissance constante. Sans la technologie la plus récente, ce trafic ne pourrait plus être géré. La radio, les instruments de navigation et la surveillance radar sont les pierres angulaires de la technique. Pour assurer ses missions, l'ENNA dispose de moyens techniques se répartissant comme suit :

3.2.1. Moyens de Télécommunication

Les radiocommunications et télécommunications regroupant les communications HF-VHF, les communications par réseau avec les autres centres de contrôle ainsi que les liaisons informatiques permettant l'échange des données de gestion du trafic aérien.

Actuellement, les activités de recherche et développement dans le domaine des communications concernent surtout les communications air-sol. Celles-ci reposent aujourd'hui sur des liaisons vocales entre pilotes et contrôleurs, transitant par VHF.

La Télécommunication en Algérie [20] s'appuie sur :

- Des moyens radios **VHF** (Very High Frequency) pour les besoins de communications directes entre les contrôleurs et les pilotes, il existe :
 1. Vingt-trois (23) Stations **VHF** (dont 20 antennes avancées) utilisées par le Centre de Contrôle Régional pour les besoins de la gestion du trafic opérant dans l'espace aérien (survols, vols domestiques...);
 2. Stations **HF** (High Frequency) utilisées en secours des VHF et pour des besoins de coordination ;
 3. Des stations radio **VHF** au niveau de chaque aéroport ;
 4. Des moyens de télécommunications sol/sol (lignes téléphoniques de sécurité et lignes télégraphiques) utilisés pour la coordination entre les organes du contrôle de la circulation aérienne ainsi que pour l'acheminement des messages aéronautiques.

Le support de transmissions utilisé s'appuie sur :

- Le réseau d'Algérie télécoms (câble, fibre optique, FH) relayé par :
 1. Quatorze (14) Stations VSAT bande KU ;
 2. Une (01) Station VSAT bande C (station spécifique pour la coordination avec les centres de contrôle régional de Niamey (Niger), Dakar (Sénégal) et Ndjamen (Tchad)).

Extension de la couverture VHF :

La couverture VHF le long des routes ATS au moyen de stations VHF déportées s'est beaucoup améliorée, comparer, aux récentes réalisations intervenues dans la région d'information de vol (FIR Alger), en effet plusieurs stations en vue le jour :

- Seize (16) stations VHF déportées fonctionnant par VSAT ont été mises en oeuvre à Adrar, Alger, Annaba, Bechar, Constantine, Djanet, El Golea, Ghardaïa, Illizi, In Salah, Hassi Messaoud, Oran, Tamanrasset, Tiaret, Tindouf, Zarzaitine [21];

3.2.2. Moyens de Radionavigation

La radionavigation est l'ensemble des procédés qui visent à résoudre les différents problèmes d'exploitation de la route au moyen de liaisons radioélectriques entre un aéronef et un ou plusieurs points fixes. Les systèmes de radionavigation [22] comprenant les installations d'aide à l'atterrissage (ILS) et les moyens de radionavigation en route et zone terminale (VOR, DME et NDB).

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 implantées dans des sites plus éloignés. Ces stations couvrent la majorité de la FIR Alger à l'exception d'une petite partie dans l'extrême Sud.

Tableau 3.1 : Moyen de Radionavigation existant

Type d'équipements	Nombre
ILS (Instrument Landing System)	12
VOR (VHF Omni Range)	39
DME (Distance measuring Equipement) (dont 03 couplés avec ILS)	33
NDB (Non Directional Beacon) dont 06 Locator	42
RADIOGONIOMETRE	09

Source : AIP (publication d'information aéronautique)

➤ Moyens mobiles

L'ENNA dispose, en outre, de moyens mobiles qu'il peut déployer rapidement sur n'importe quel site lorsque c'est nécessaire ; il s'agit :

1. De deux VOR mobiles, utilisables particulièrement pour des études de sites en vue d'une installation type VOR ;
2. De deux tours de contrôle mobiles. Une a été récemment acquise (2007), elle équipée de moyens de télécommunication VHF, goniomètre...etc. Ainsi qu'un groupe électrogène tractable avec la tour.

3.2.3. Surveillance

La sécurité du trafic aérien repose sur une connaissance en temps réel de la position des aéronefs. Aujourd'hui, cette information est basée principalement sur l'utilisation de réseau de radars. Pour des besoins de navigation, de performance et de sécurité, les avions possèdent une avionique embarquée permettant de connaître précisément la position de l'avion. Il est envisagé de récupérer cette information au sol pour améliorer la connaissance du trafic [23]. En effet, plus cette connaissance est précise, plus il est possible de réduire les espacements entre avions, et donc d'accroître la capacité de l'espace aérien. L'utilisation des informations de position venant de l'avion (ADS ou surveillance dépendante) permettra d'améliorer la connaissance du trafic dans des zones où il est impossible d'installer des

radars, ou de réduire le nombre de radars utilisés. Cette technique repose aussi sur les performances des moyens de communication.

Les installations et les systèmes de surveillance et de visualisation en Algérie regroupant les radars primaires, les radars secondaires, les équipements de visualisation radar et le traitement des données relatives à la coordination du trafic aérien, sont les suivants :

- **Cinq (05) Radars secondaires** de route couvrant la partie nord de l'espace aérien installés sur les sites suivants : Alger, Oran, Annaba, El-Oued et El-Bayadh (450 KM de portée);
- **Un (01) Radar primaire** co-implanté avec le radar secondaire d'Alger à Oued Smar (140 KM de portée) ;
- ADS-C et CPDLC (fonctions du système TRAFCA).

1. Radar

Le radar est un procédé de localisation radioélectrique. On distingue le radar primaire du radar secondaire. Dans la navigation aérienne civile, le radar primaire n'est pratiquement plus utilisé à l'exception de la procédure d'approche. Il joue par contre un rôle important lors de la représentation visuelle de la circulation aérienne pour la surveillance militaire de l'espace aérien. Le radar secondaire fournit des informations supplémentaires. Tous les avions équipés d'un transpondeur (vols aux instruments – IFR) communiquent avec les installations radars secondaires [24]. Les informations transmises (numéro de vol, altitude et vitesse d'un aéronef) apparaissent sur l'écran radar du contrôleur aérien.

2. Système ADS/CPDLC

Ce système est employé pour améliorer les communications air-sol et assurer la surveillance dans la partie sud de la FIR Alger qui n'est pas couverte actuellement par un radar.

➤ **ADS/C (Automatic Dependent Surveillance)**

La surveillance dépendante automatique ADS/C (Automatic Dependent Surveillance) est une technique qui permet de transmettre des paramètres comme la position et l'identification ; l'information est donnée par contrat.

Il a été mis en oeuvre dans l'espace aérien Algérien le 6 février 2008 [25]. Il est destiné pour les exploitants des aéronefs équipés de FANS1/A. Les comptes rendus ADS/C donnent des informations qui peuvent être utiles pour une meilleure gestion du trafic aérien.

L'ADS/C a pour but :

1. D'accroître le niveau de Sécurité ;
2. D'assurer une efficacité et une capacité élevées.

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

Le CPDLC est une application d'une liaison de données qui permet l'échange direct fondé sur des messages 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.

Le CPDLC devrait procurer en Algérie des bénéfices opérationnels substantiels, comme la: réduction des erreurs de communication, diminution importante de la charge de travail liée aux communications vocales pour les pilotes et les contrôleurs et augmentation de la capacité.

3.3. Système TRAFCA (Traitement automatique des Fonctions de la Circulation Aérienne)

C'est un système opérationnel depuis 2003, l'un des objectifs de ce projet est d'accroître la capacité et les performances du système de navigation aérienne algérien.

Ce projet est constitué de deux parties :

1. **SYRAL** (Système Radar Algérien) pour la partie Radar ;
2. **SAACTA** (Système Algérien Automatisé de Contrôle du Trafic Aérien) pour la partie Système; cette partie comprend également l'équipement et la mise en œuvre d'un centre de qualification pour les besoins de perfectionnement et de recyclage pour le personnel technique de la navigation aérienne.

1. La partie SYRAL

Cette partie comprend principalement la couverture radar de la partie nord et des Hauts Plateaux de la région d'information de vol d'Alger figure (3.1) par l'acquisition et la mise en service de cinq (05) stations radars secondaires d'une portée de 450 km, qui seront installés à Alger, Oran, Annaba, El Bayadh et El Oued. A noter que la station d'Alger comporte un radar primaire complété avec le secondaire.

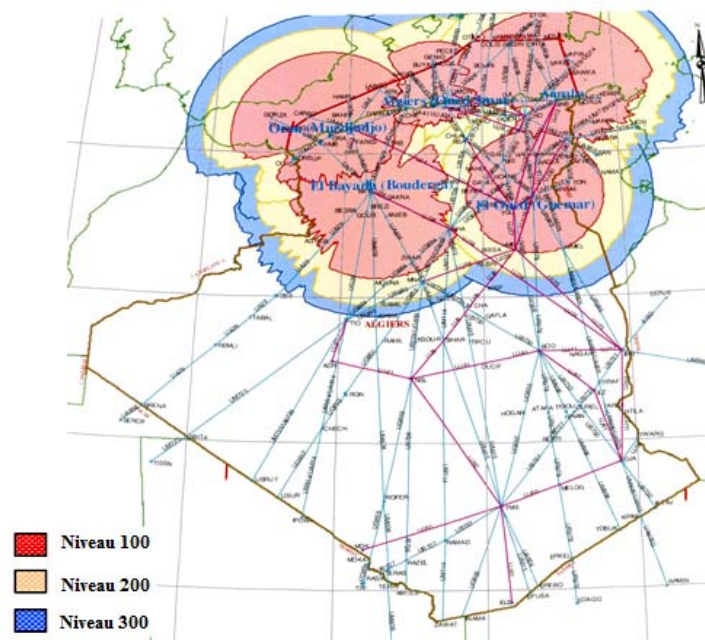


Figure 3.1 : Couverture Radar Actuelle [26]

Les figures suivantes 3.2, 3.3 et 3.4 [27] montrent un schéma illustrant la couverture radar actuelle de la partie nord pour les trois niveaux de vol (FL 100, 200 et 300).

La figure (3.2) représente les Cinq (05) Radars secondaires de route couvrant la partie nord de l'espace aérien installés sur les sites suivants : Alger, Oran, Annaba, El-Oued et El-Bayadh (450 KM de portée). Ces cinq antennes radar nous montrent leur rayonnement voire leur couvertures à une altitude de 10000 pieds AMSL. Aux limites des couvertures des antennes, région de Boussaâda, un espace de silence à l'altitude citée ci-dessus, apparaît visiblement, et qui est un inconvénient majeur.

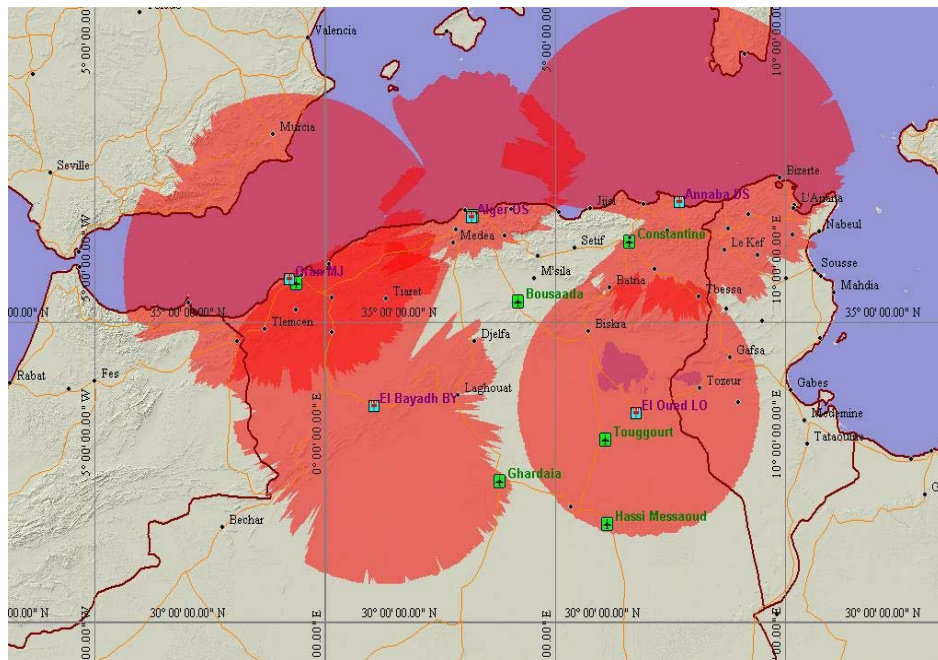


Figure 3.2 : Couverture Radar Actuelle (TRAFCA) - FL100 [27]

La figure (3.3) ci-dessous, nous montre les couvertures radar des mêmes antennes au niveau de vol FL200. Nous pourrions d'ores et déjà confirmer une bonne réception des signaux émis.

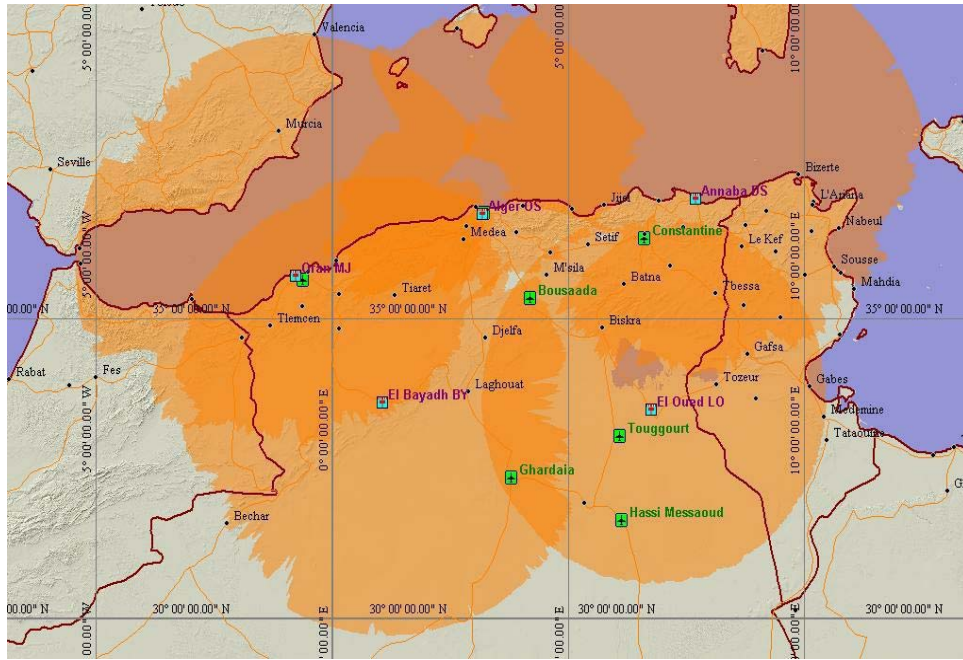


Figure 3.3 : Couverture Radar Actuelle (TRAFCA) - FL200 [27]

La figure (3.4) ci-dessous, nous montre les couvertures radar des mêmes antennes au niveau de vol FL300. A ce niveau de vol la couverture est parfaite et qui ne souffre d'aucun inconvénient.

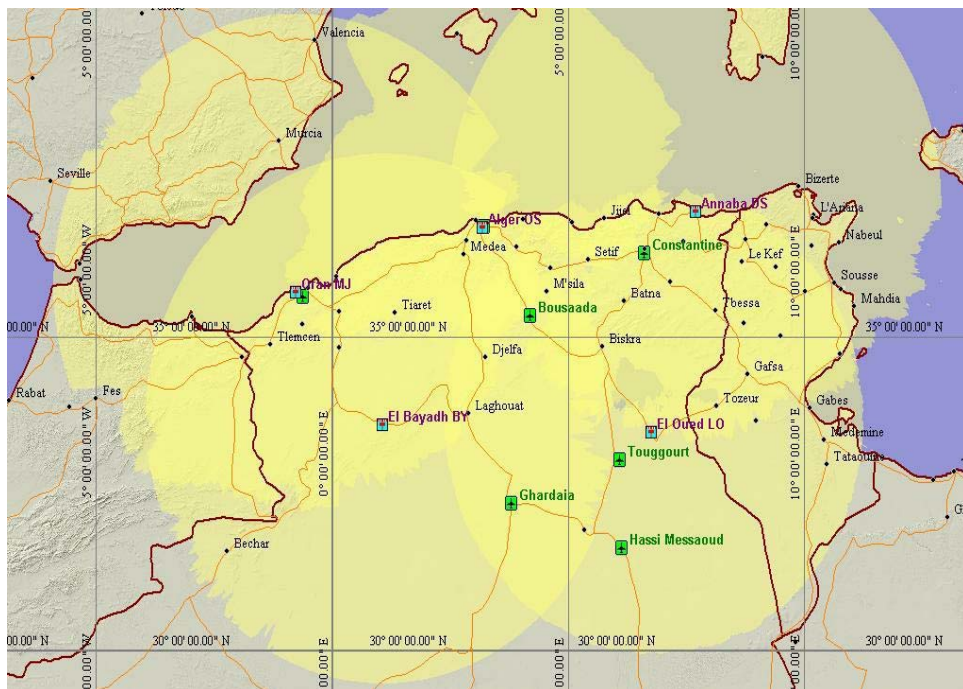


Figure 3.4 : Couverture Radar Actuelle (TRAFCA) - FL300 [27]

2. La partie SAACTA

Cette partie du projet TRAFCA présente le Système Algérien Automatisé de Contrôle du Trafic Aérien. Ce dernier a porté sur :

1. L'acquisition, l'installation et la mise en service d'équipements pour les besoins du Centre de Contrôle Régional d'Alger (ainsi que des approches des aéroports d'Alger, d'Oran, d'Annaba et de Constantine) constitués de systèmes de traitement de données Radar corrélés avec les données plan de vol, des pupitres d'exploitation, de systèmes de gestion des communications (téléphonie de radio) et des systèmes d'enregistrement de données ;
2. La mise en oeuvre de l'ADS dans la partie sud de la FIR Alger (dans une seconde phase) ;
3. La réalisation d'un CQRENA (Centre de Qualification, Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne) doté d'équipements pédagogiques, comme les : simulateurs de contrôle du trafic aérien pour l'aéroport et pour le contrôle en route, des laboratoires techniques et un système de développement software. Ce centre permettra en outre de qualifier le personnel technique chargé de l'exploitation du système TRAFCA ainsi que sa maintenance.

3. Objectifs du projet TRAFCA

Les objectifs primordiaux de ce projet et d'une part, d'accroître la capacité et les performances du système de navigation aérienne algérien, d'autre part :

1. Améliorer la sécurité de la circulation aérienne ;
2. Augmenter la capacité de gestion du trafic aérien ;
3. Fournir des outils afin d'assister le contrôleur et d'augmenter la capacité de ce secteur ;
4. Alléger le volume de travail du contrôleur en prenant en charge les tâches fastidieuses ;
5. Assurer l'intégrité des données ;

6. Visualisation intelligente des données de trafic aérien ;
7. Réduire la charge des canaux vocaux ;
8. Prévoir et réguler le trafic aérien.

La figure (3.5) montre les différentes phases du projet colossal que l'Algérie à travers l'ENNA a mis en place afin d'assurer une sécurité absolue du trafic aérien nationale et international. De cette figure, nous remarquons la complexité des interconnexions entre les différents.

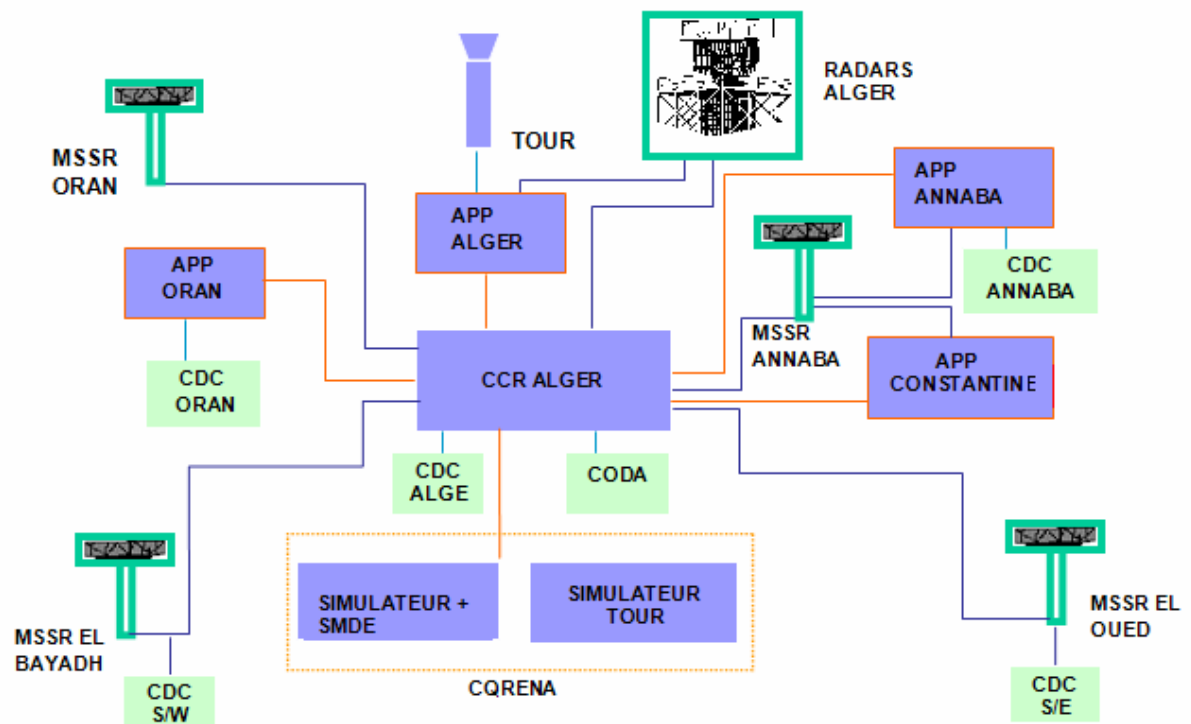


Figure 3.5 : Système TRAFCA [27]

3.4 Nouveau Projet PDGEA (Plan de Développement de la Gestion de l'Espace Aérien)

L'Établissement National de la Navigation Aérienne (ENNA), compte se doter dans les deux prochaines années, de nouveaux radars pour renforcer la couverture de surveillance aérienne, notamment dans le sud du pays, suite aux

insuffisances constatées, un nouveau système automatisé d'aide au contrôle et de nouveaux moyens de télécommunications.

Ce projet est un complément du système TRAFCA pour la partie nord de l'espace aérien national et permettra de réaliser un nouveau centre de contrôle régional à TAMANRASSET avec des moyens similaires à ceux d'ALGER afin de prendre en charge le trafic du grand Sud. Les deux centres auront à œuvrer en étroite collaboration pour pouvoir pallier aux éventuels problèmes que l'un d'eux peut rencontrer et permettre par conséquent à l'autre d'assurer la continuité des missions dont ils ont la charge.

1. Objectifs opérationnels du Projet

Ce projet est un complément du système TRAFCA pour la partie nord de l'espace aérien national. Il permettra dans un futur proche de réaliser :

1. Service de contrôle dans tout l'espace aérien algérien, avec une sécurité accrue;
2. Introduction de la surveillance (radar et ADS);
3. Automatisation des fonctions du contrôle (améliorer les conditions d'exercice du contrôle) ;
4. Mise à niveau technologique (environnement régional),
5. Meilleure qualité de service

3.4.1 Communication

La couverture VHF en FIR Alger va être améliorée avec l'implantation de nouvelles stations VHF dans les différentes régions du pays et notamment aux zones d'extrême Sud voir figure (3.6) et Tableau (3.2).

Quelques stations VHF déjà existantes vont être remplacées dans le cadre du nouveau projet (PDGEA).

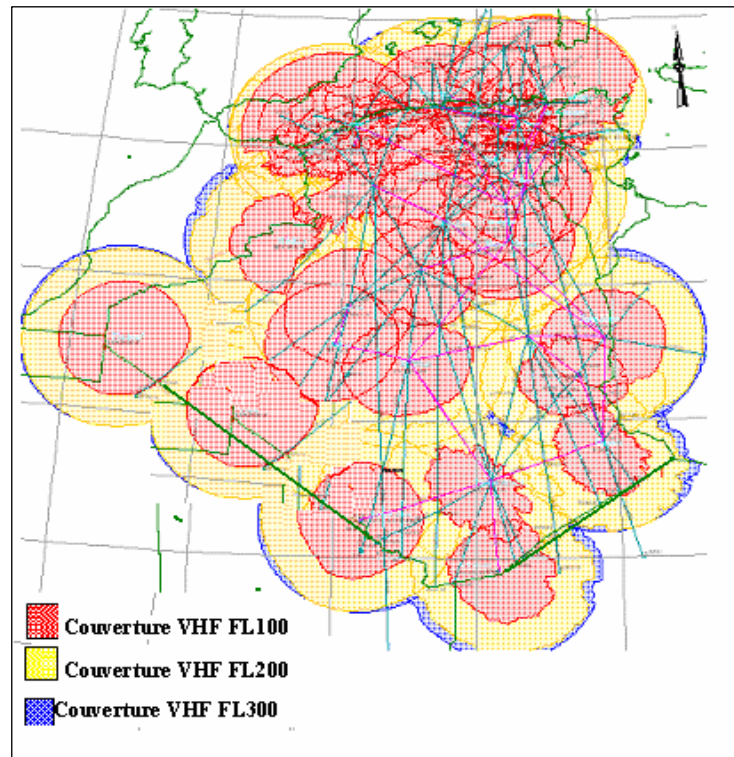


Figure 3.6: Couverture VHF des FIRs Nord et Sud [27]

Tableau 3.2 : L'emplacement des nouvelles stations VHF [27]

	Site	Nombre
FIR Nord	Alger	4
	Annaba	1
	Constantine	2
	Oran Senia	1
	Oran Bel Horizon	2
	Tiaret	1
	El Bayadh	1
	Biskra	1
	El Golea	1
	Ghardaïa	2
	Hassi Messaoud	2
FIR Sud	In Salah	1
	In Aminas	2
	Djanet	1
	Adrar	2
	Illizi	1
	In Guezam	1
	Tindouf	1
	Chenachene	1
	B.B.Mokhtar	1
	Tamanrasset	2
Bechar	2	

Les deux figures ci-dessous (3.7) et (3.8) représentent les stations VHF de la FIR Nord et celle de la FIR SUD. Le centre de contrôle de Tamanrasset est prévu pour l'année 2012. Avec l'avènement de ce centre, nous assistons à une connexion toutes les FIRs du territoire national à ces deux centres névralgiques.

Néanmoins, la contribution des PTT est déterminante pour la réussite d'un tel projet par la mise au point : de support PTT fiables et une bonne liaison satellitaire.

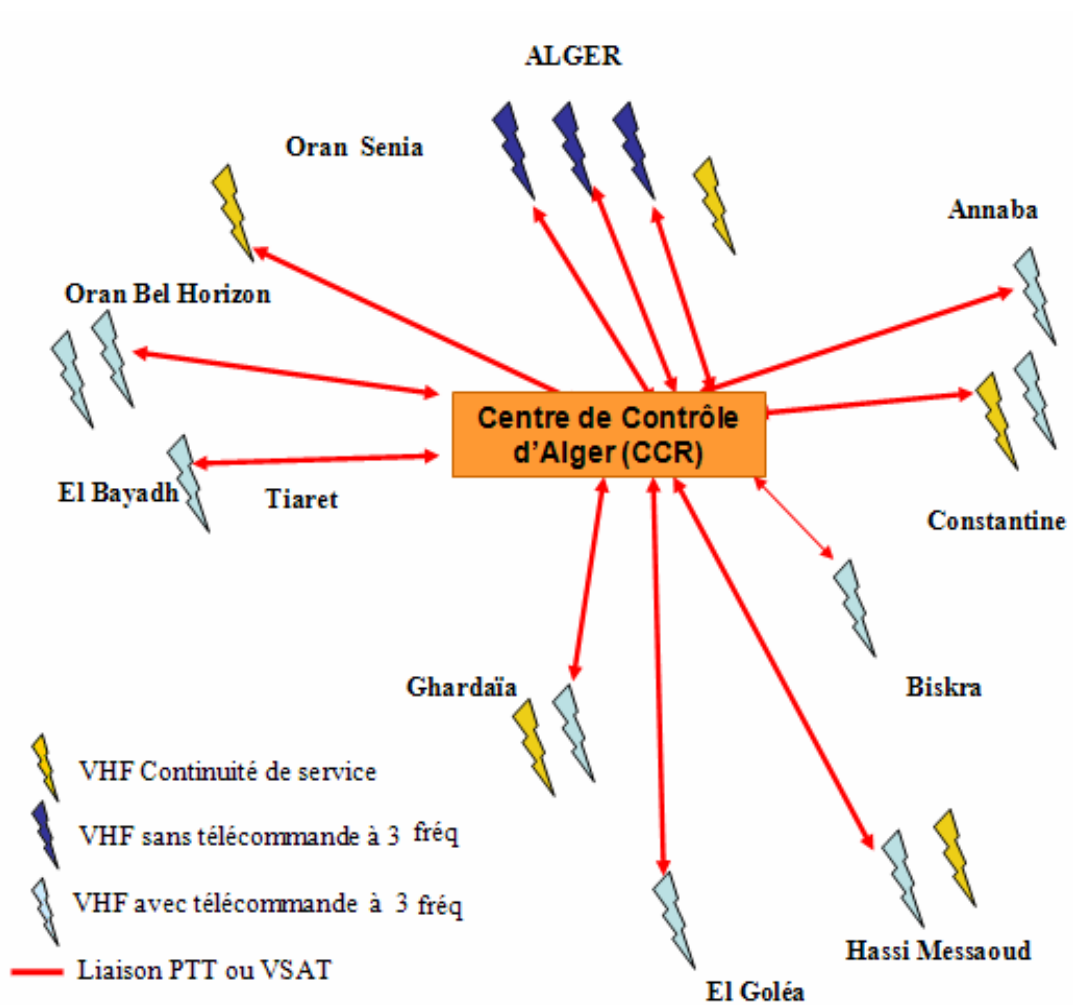


Figure 3.7 : Stations VHF de la FIR Nord [27]

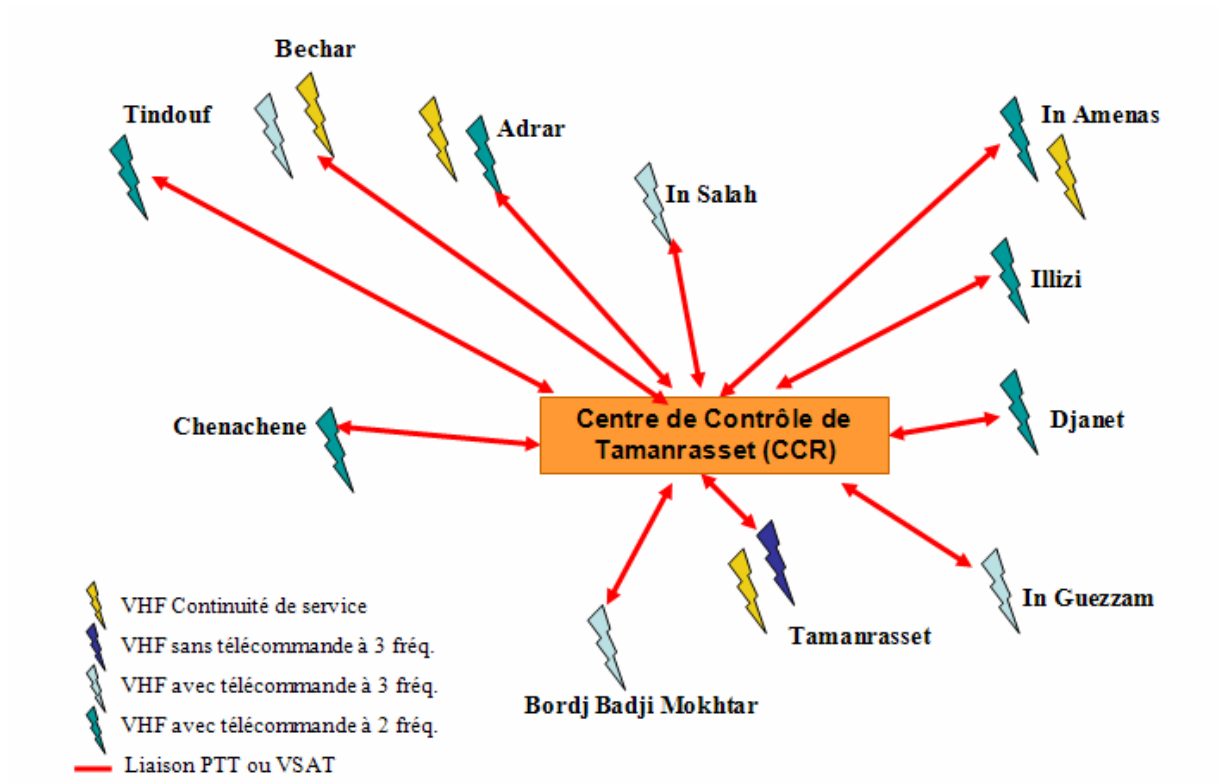


Figure 3.8 : Stations VHF de la FIR Sud [27]

Un support VSAT sera installé dans diverses régions du pays voir tableau (3.3) pour assurer la continuité de service. Ce système de communication est intéressant à plus d'un titre, à savoir une autonomie à l'ENNA et ne pouvoir plus dépendre d'aucun monopole, je veux parler ici des réseaux PTT, où se sont apparus des problèmes réels qui ont entravé et freiné le bon déroulement et la bonne prestation de service ; ajouter à cela ce système de communication a comme support le satellite. Les émissions, les réceptions ainsi que la maintenance se fait localement par les techniciens spécialistes de l'ENNA.

Tableau 3.3 : L'emplacement des nouvelles stations VSAT [27]

Site	
FIR Nord	Alger
	Annaba
	Constantine
	Oran Senia
	Oran Bel Horizon
	Tiaret
	El Bayadh
	Biskra
	El Golea
	Ghardaïa
	Hassi Messaoud
FIR Sud	Djanet
	Adrar
	Illizi
	In Guezam
	Tindouf
	Chenachene
	B.B.Mokhtar
	Tamanrasset
	In Salah
	Bechar

3.4.2 Surveillance

La couverture radar en Algérie va se doter de 13 nouveaux radars voir tableau (3.4) pour renforcer la couverture de surveillance aérienne, notamment dans le sud du pays, suite aux insuffisances constatées. Ces radars viendront renforcer les cinq autres radars déjà existants, implantés dans cinq wilayas du pays à savoir Alger, Annaba, Oran, El Oued et El-Bayadh.

Tableau 3.4 : Nouvelles stations radars de la FIR Nord [27]

	Type de radar	Site
FIR Nord	SSR-S	Alger
	SSR-S	Akfadou
	PSR	Oran
	SSR-S	Ghardaïa
	SSR-S/PSR	Constantine
	SSR-S/PSR	Hassi Messaoud
FIR Sud	SSR-S	Illizi
	SSR-S	Djanet
	SSR-S	In Salah
	PSR/SSR-S	Tamanrasset

La figure (3.9) ci-dessous montre en plus des antennes radar du nord de l'Algérie, ce dont nous avons parlé ci-dessus, elle nous montre également le projet d'installation de six (06) autres antennes : Akfadou, Ghardaia, Illizi, Djanet, Tamanrasset, In-Salah. Les antennes Akfadou, Constantine et Ghardaia ont comme profil de combler le manque des premières antennes, plus particulièrement la réception du trafic à basse altitude (FL100). Les autres antennes au sud du pays, déterminent une couverture appréciable à basse altitude, surtout dans les régions à forte densité de trafic.

La figure (3.10) ci-dessus, les mêmes dispositions des antennes que la figure ci-dessus, à la différence du trafic à une plus haute altitude voire niveau de vol (FL200). Nous constaterons une meilleure couverture et une bonne prise en charge du trafic.

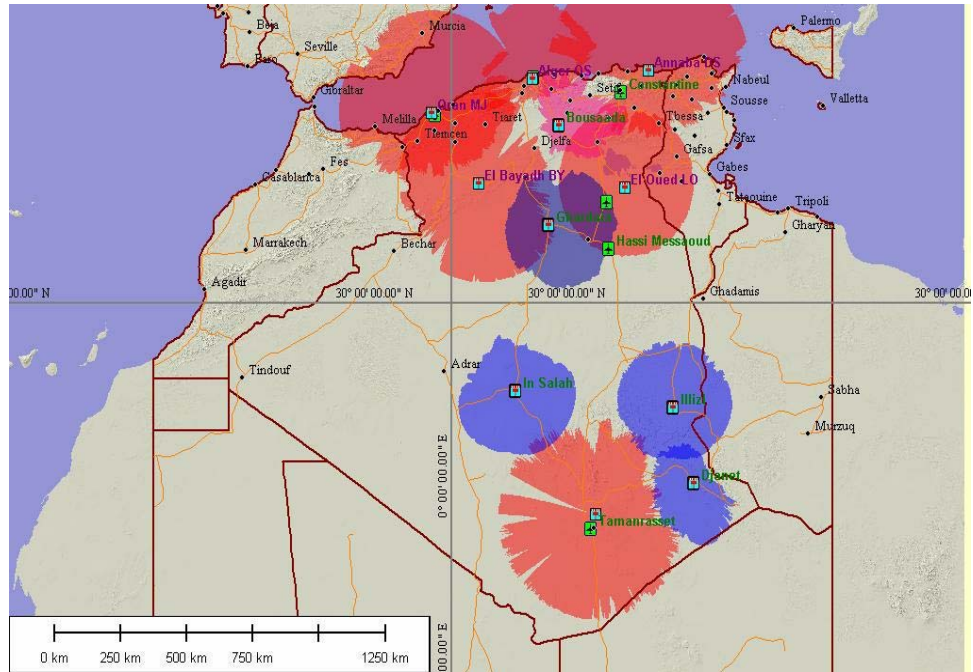


Figure 3.9 : Visibilité SSR global pour le niveau de vol 100 [27]

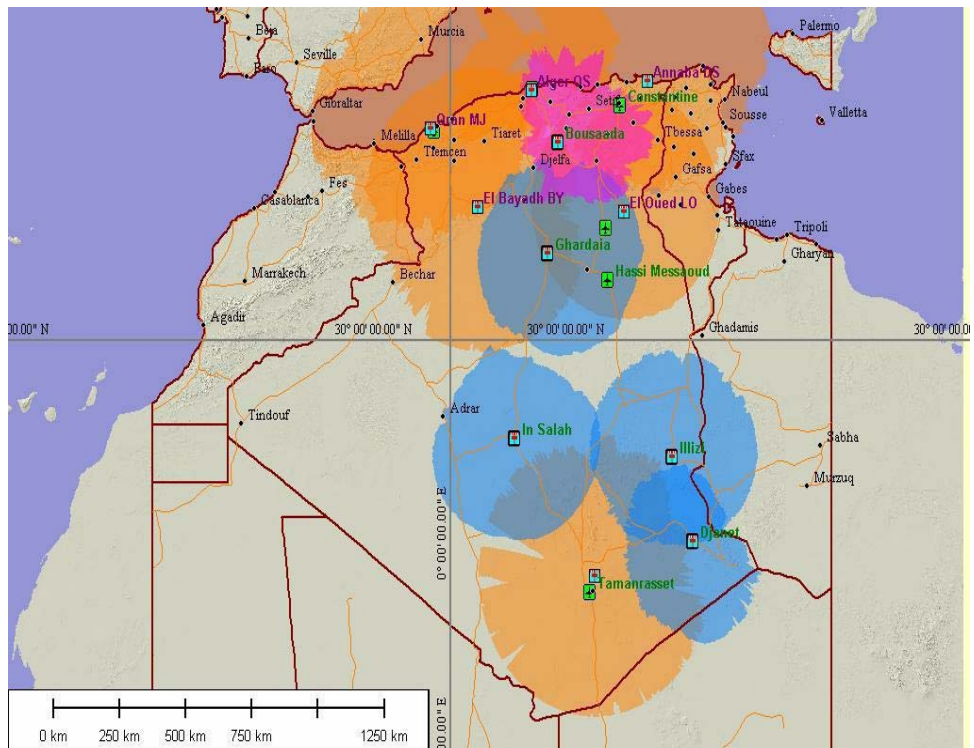


Figure 3.10 : Visibilité SSR global pour le niveau de vol 200 [27]

La figure (3.11) ci-dessous, les mêmes dispositions des antennes que la figure ci-dessus, à la différence du trafic à une plus haute altitude voire niveau de vol (FL300). Nous constaterons une parfaite couverture et une bonne prise en charge du trafic.

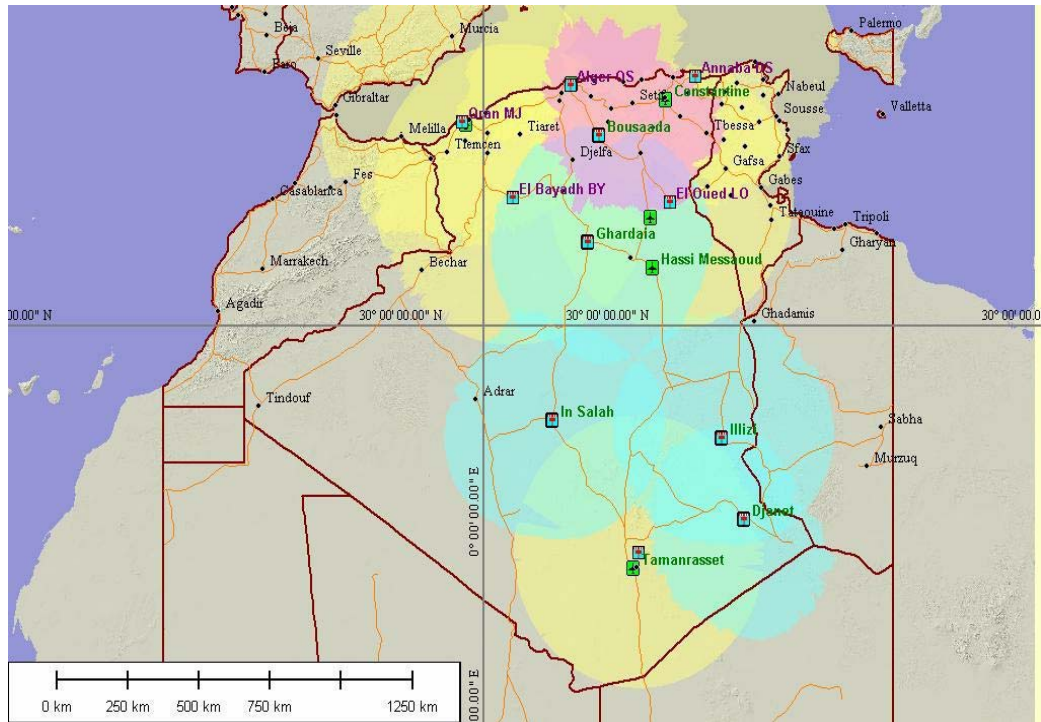


Figure 3.11 : Visibilité SSR globale pour le niveau de vol 300 [27]

La figure (3.12) montre les différentes phases du projet colossal TRAFCA / PDGEA que l'Algérie à travers l'ENNA a mis en place afin d'assurer une sécurité absolue du trafic aérien nationale et internationale. De cette figure, nous remarquons la complexité des interconnexions entre les différents.

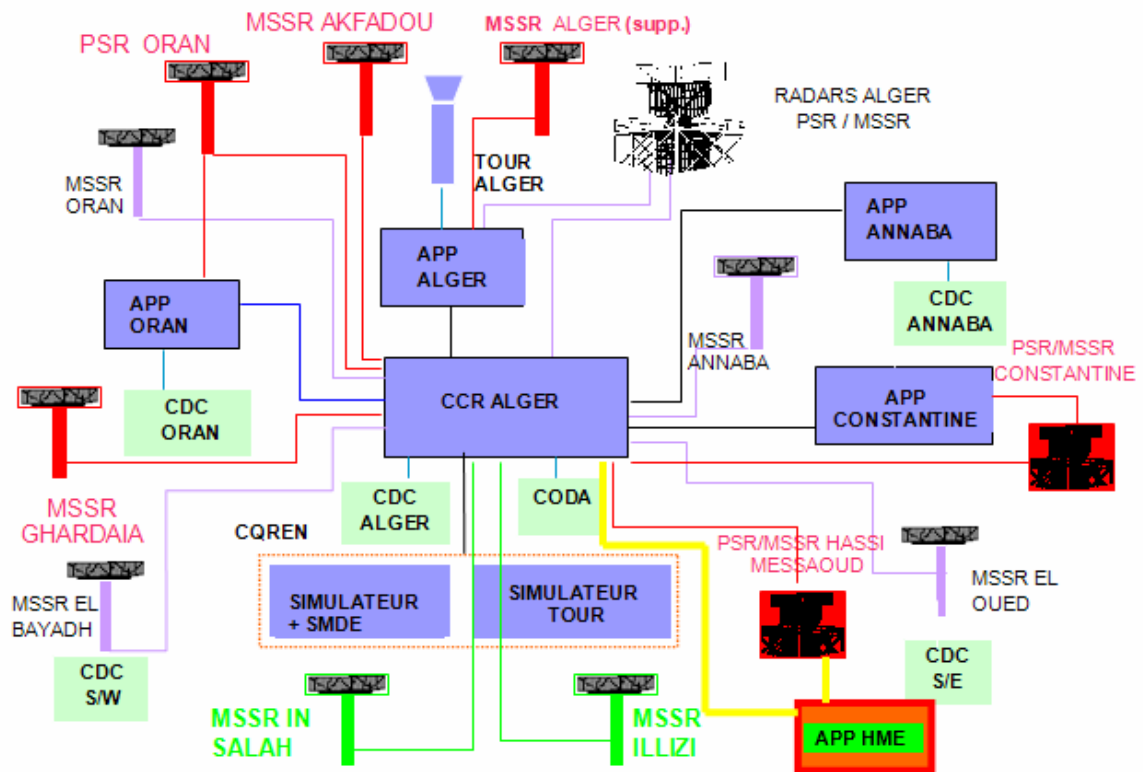


Figure 3.12 : Système TRAFCA / PDGEA Nord [27]

D'autre part, le système de surveillance automatique dépendant (ADS/B) permet la surveillance automatique de la position réelle de l'avion et qui va être utilisé actuellement dans le grand Sud, installé sur deux sites Tindouf et Chenachene voir tableau (3.5) permettent de couvrir une petite région d'ombre à l'extrême Sud-ouest du pays. Ce nouveau système permettra à terme aux pilotes de participer aux nouvelles procédures de collaboration avec les contrôleurs aériens, procédures qui renforceront la sécurité et limiteront les retards.

Cette technologie permettra aux pilotes de bénéficier d'une visibilité sans précédent sur le trafic aérien environnant, que ce soit dans les airs ou au sol. A bord, le système **ADS/B** transmet les informations suivantes : type et identification de l'appareil, position, cap, vitesse et trajectoire. Permettant au pilote d'identifier avec précision les autres appareils équipés de l'ADS/B et de connaître avec précision leurs positions et trajectoires.

Tableau 3.5 : Emplacement de l'ADS/B

Type d'ADS	Site
ADS/B	Tindouf
ADS/B	Chenachene

3.5 Conclusion

Cette nouvelle configuration des deux CCR, l'un au nord l'autre au sud, devrait faciliter l'exploitation des supports PTT en faisant des boucles directes avec les concernés, c'est-à-dire, le CA (central automatique) de Ouargla avec Tamanrasset et le CA d'Alger avec le CCR d'Alger. En cas de catastrophe naturelle, l'un devra prendre le relais de l'autre.

La totalité des antennes radar déjà existantes et celles qui vont voir le jour permettront de combler les insuffisances existantes. IL ne faut pas qu'une maintenance adéquate est nécessaire.

CHAPITRE 1

L'ESPACE AÉRIEN

1.1. Introduction

Nous allons étudier dans ce chapitre, les services de la circulation aérienne selon les recommandations de l'annexe 11 de l'OACI [2], qui porte sur la division de l'espace aérien en conformité avec la réglementation en vigueur, ainsi que les différentes classifications des espaces aériens. Dans un deuxième temps, nous aborderons le modèle algérien avec les normes OACI et les recommandations des autorités algériennes.

1.2. Services de la circulation aérienne

Au fur et à mesure de l'augmentation du trafic aérien, il s'est avéré nécessaire de mettre en place des structures pour assister les activités aéronautiques et pour régler le flux de la circulation aérienne.

Le contrôle de la circulation aérienne (ATC), le service d'information de vol et le service d'alerte, qui ensemble constituent les services de la circulation aérienne, figurent parmi les principaux organes auxiliaires au sol nécessaires à l'acheminement sûr et ordonné du trafic aérien dans le monde.

1.2.1. Objet des services de la circulation aérienne

Le service de la circulation aérienne est un élément essentiel dans le domaine du système du traitement de la navigation aérienne, au moyen duquel des milliers d'aéronefs circulent en sécurité sur l'ensemble de notre territoire.

Les services de la circulation aérienne [2] ont pour objet :

- Assurer le service de contrôle et/ou d'information du trafic aérien;
- Prévenir les abordages entre les aéronefs ;
- Prévenir les collisions, sur l'aire de manoeuvre entre les aéronefs et les obstacles fixes ou mobiles;
- Faciliter l'écoulement sûr et la régularité de la circulation aérienne;
- Fournir les avis et renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols ;
- Alerter les organismes appropriés lorsque des aéronefs ont besoin de l'aide des organismes de recherche et de sauvetage, et de prêter à ces organismes le concours nécessaire.

1.2.2. Subdivision des services de la circulation aérienne

Les services de la circulation aérienne désignent l'ensemble des services assurés par des organismes de la circulation aérienne afin de participer à la sécurité des vols. Ils sont au nombre de trois :

- Le service du contrôle de la circulation aérienne;
- Le service d'information de vol;
- Le service d'alerte.

1. Le service de contrôle

Le service du contrôle de la circulation aérienne consiste à assurer la séparation entre aéronefs et à les guider, dans des espaces contrôlés. Ce service est instauré dans le but :

- De prévenir les abordages entre les aéronefs ;
- De régler et d'accélérer la circulation aérienne ;
- De prévenir les collisions entre les aéronefs qui évoluent au sol et les obstacles.

Les organismes chargés du service du contrôle assurent également le service d'information de vol ainsi que le service d'alerte.

Le service de contrôle se subdivise en trois parties voir figure (1.1) selon la phase du vol à laquelle il s'applique:

- **Le contrôle d'aérodrome** : s'effectue à partir des tours de contrôle (TWR : TOWER), il assure la sécurité et le respect des procédures dans les phases de décollage, d'atterrissage et de roulage, afin:
 1. D'empêcher les collisions sur l'aire de manœuvre ;
 2. D'assurer l'acheminement sûr, ordonné et rapide de la circulation aérienne.

- **Le contrôle d'approche** (APP : APPROACH) : Service du contrôle de la circulation aérienne pour les aéronefs en vol contrôlé, à l'arrivée et au départ. Il s'effectue par un bureau d'approche ou un centre de contrôle régional (CCR). La fonction de ce service est de prévenir les abordages entre aéronefs, ordonner la circulation aérienne sur les phases d'arrivée et de départ.

- **Le contrôle régional** (CCR : Centre de contrôle régional) : Assure la sécurité du trafic aérien en route et lorsque l'aéronef passe d'un aérodrome à un autre. Il prend en charge la montée en dehors des régions terminales, la croisière et le début de la descente jusqu'à la prise en charge par l'approche du terrain d'arrivée. Il est effectué par un centre de contrôle en route dont le but est de prévenir les abordages entre aéronefs, d'accélérer et régulariser la circulation aérienne.

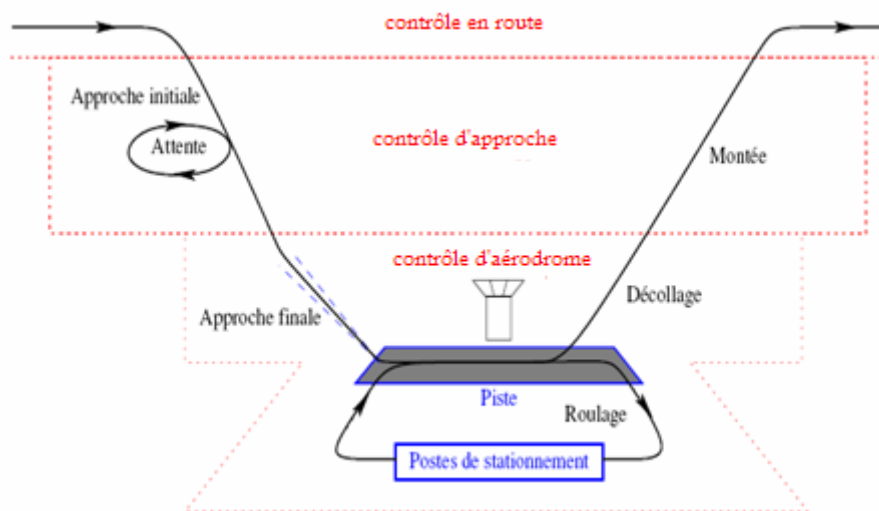


Figure 1.1 : Positions de contrôle du trafic

2. Le service d'information de vol (FIS : Flight Information Service)

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, sans oublier l'information de trafic qui pourrait être considérée en tant que situation conflictuelle. L'information de vol peut aller jusqu'à la transmission de suggestions de manoeuvres pour éviter les abordages. Les organismes chargés du service d'information de vol assurent également le service d'alerte.

3. Le service d'alerte

Ce service a pour rôle de déclencher l'alerte auprès des organismes de recherche et de sauvetage. Il est fourni par tous les organismes de la circulation aérienne (organismes de contrôle ou d'information) à tous les aéronefs qui se déclarent ou qui se trouvent en situation d'urgence. Ce service assuré par le SAR a comme courroie de transmission avec les organes de la circulation aérienne le CCS (Centre de Coordination et de Sauvetage).

1.3. Structure de l'espace aérien

L'espace aérien est organisé pour fournir une sécurité optimale à tous les aéronefs qui y évoluent. La réglementation définit dans un premier temps les vols qui sont soumis obligatoirement au contrôle.

L'aménagement de l'espace aérien est réalisé à travers deux grands modules : la construction d'un réseau de routes aériennes adapté ainsi que le découpage de l'espace en secteurs.

1.3.1. Réseau de routes

Les aéronefs suivent des routes aériennes constituées d'une succession de tronçons orientés différemment dont les extrémités correspondent soit à des balises qui matérialisent souvent les croisements de routes, soit à des points fictifs de cinq lettres déterminés par des coordonnées géographiques. En préparant sa navigation, le pilote jalonne sa route de points de report (balises, point fictif) sur lesquels, il devra faire un passage à la verticale afin de confirmer sa position [3].

Il existe deux modes de vol différents lorsque l'on souhaite effectuer un vol:

- **Vol VFR (Visual Flight Rules)** : Les aéronefs souhaitant évoluer en VFR doivent assurer eux-mêmes leur séparation les uns par rapport aux autres grâce aux références visuelles. Une fois les conditions météorologiques de vol à vue rompues, les vols VFR ne peuvent plus évoluer. Ils doivent être équipés d'instruments adéquats pour espérer évoluer en IFR.

- **Vol IFR (Instruments Flight Rules)** : Les aéronefs souhaitant évoluer en IFR doivent être équipés de matériels de radionavigation et d'instruments conformément à cette règle. Ils doivent être en possession d'un plan de vol en vigueur.

Historiquement, un aéronef voulant aller d'un aéroport à un autre suit des balises de radionavigation existant physiquement au sol. Le pilote se repère grâce aux moyens de radionavigation embarqués, chaque balise au sol émettant un signal sur une fréquence qui lui est propre [4]. Cet ensemble de points de report (waypoints) forme ce qu'on appelle une route aérienne. Pour des raisons de visibilité, ces balises étaient souvent placées en fonction du relief ce qui donnait aux routes un aspect parfois tortueux.

L'amélioration des moyens de communication embarqués a permis, au fil du temps, le développement d'un second type de points de report. Ceux-ci sont alors parfaitement fictifs et ne correspondent à aucun équipement physique au sol, mais sont parfaitement identifiables par les nouveaux systèmes de gestion de vol de type Flight Management System (FMS). Ils calculent leur position par triangulation à l'aide des balises au sol, mais utilisent également d'autres moyens de positionnement tel que le GPS [5]. Cette possibilité de définir des points de report quelconques a permis de rendre les routes aériennes mieux adaptées aux besoins du trafic aérien. Cependant, il n'est pas possible de définir une route à travers n'importe quelle zone de l'espace aérien. Il faut respecter certaines contraintes d'environnement (surtout à cause du bruit), mais également éviter certaines zones d'espaces réservées, notamment aux militaires.

Une route aérienne est un itinéraire réservé et prédéfini par un plan de vol. Il s'agit d'un document que chaque aéronef volant suivant les règles IFR doit remettre aux autorités chargées de la gestion de l'espace aérien (pour les vols VFR, il est possible, mais non obligatoire de déposer un plan de vol, le vol se faisant à vue). Il contient les informations fondamentales suivantes :

- L'heure de départ ;
- Le niveau de vol demandé pour la croisière ;
- La route prévue.

Ces informations sont utilisées par les autorités de régulation aérienne pour assurer une bonne gestion des flux de trafic et informer les contrôleurs aériens en charge des secteurs de contrôle de l'arrivée des aéronefs traversant ces derniers.

1. Routes ATS (Air Traffic Service)

Ce sont des routes destinées à canaliser la circulation pour permettre d'assurer les services de la circulation aérienne.

- L'expression route ATS est utilisée pour désigner, selon le cas, les voies aériennes, les routes à service consultatif, les routes contrôlées ou les routes non contrôlées, les trajectoires d'arrivée ou les trajectoires de départ, etc.
- Une route ATS est défini par des caractéristiques qui comprennent un indicatif de route ATS, la route à suivre et la distance entre des points significatifs (points de cheminement: Waypoints), des prescriptions de compte rendu et l'altitude de sécurité la plus basse déterminée par l'autorité ATS compétente.
- Lors de la création de routes ATS, il sera prévu un espace aérien protégé le long de chaque route ainsi qu'un espacement sûr, entre routes ATS adjacentes.

2. Routes RNAV (area navigation)

Ce sont les routes établies à l'usage des aéronefs qui peuvent utiliser la navigation de surface. Cette dernière est une méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans la limite de la couverture des aides de navigation de référence au sol ou dans les limites des possibilités d'une aide autonome, ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

1.3.2. Sectorisation de l'espace aérien

L'espace aérien est divisé en volumes d'espace, classé par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) en 7 catégories (**nommées de A à G**) selon les services rendus (service de contrôle, service d'information de vol et service d'alerte) et le type de vols pouvant traverser les espaces. La classe **A** par exemple, est réservée uniquement aux aéronefs en régime de vol IFR. Elle est strictement interdite aux avions en VFR. Les services rendus dans cette

classe d'espace par l'organisme de contrôle sont les espacements entre aéronefs IFR. Dans un espace de classe **E**, on peut trouver à la fois des vols IFR contrôlés et des vols VFR non contrôlés (pour lesquels le contact radio avec l'organisme de contrôle n'est pas obligatoire).

L'espace contrôlé, quelle que soit sa classe, est découpé en tranches d'espaces volumiques, appelées secteurs de contrôle. Chaque secteur est géré par une équipe de contrôleurs (en général deux) chargés d'assurer la sécurité du trafic à l'intérieur de leur volume d'espace.

1. Classification des espaces aériens

Les espaces aériens sont classés en : **A, B, C, D, E, F** et **G**. Chaque espace contrôlé à ses propres règles de pénétration et de circulation, certains espaces ne peuvent être pénétrés sans autorisation (Clearance), l'ensemble de ces espaces bénéficie toujours d'un service d'information de vol et d'alerte.

Une classe est attribuée à un espace en fonction du trafic total et du trafic IFR circulant dans l'espace à un moment donné. Plus le trafic est grand, plus il sera nécessaire de relever le niveau de sécurité, et plus la classe deviendra restrictive. Voir (Appendice B) pour les définitions et les conditions de la classification de l'Espace Aérien ATS.

2. La division de l'espace aérien

L'espace aérien n'est pas entièrement contrôlé, seules des portions d'espace le sont. En 1992, l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) a uniformisé l'appellation des différents espaces aériens (contrôlés ou non), maintenant répartis en différentes classes de **A** à **G** qui correspondent à différents niveaux de service rendu ainsi qu'à différentes conditions de respect des conditions VMC (Visual Meteorological Conditions) autorisant le vol VFR. Les classes de l'espace aérien peuvent être divisées en deux groupes [6]:

1. Espace aérien non contrôlé ;
2. Espace aérien contrôlé.

➤ Espaces aériens non contrôlés

Les espaces aériens non contrôlés correspondent aux classes **F** et **G**. Le pilote peut évoluer librement dans le respect des règles de l'air et des exigences propres à l'espace dans lequel il se trouve. Il peut bénéficier de l'information de vol, si elle existe. Cet espace aérien comporte:

- Espace supérieur : UIR (Upper flight Information Region) ou région d'information supérieure ;
- Espace inférieur : FIR (Flight Information Region) ou région d'information de vol;
- ADR (Advisory Routes), route à service consultatif qui peut traverser les deux espaces ;
- Espace aérien à statut particulier.

➤ Espaces aériens contrôlés

Les espaces aériens contrôlés sont utilisés pour protéger les trajectoires IFR. Les services rendus sont les services de contrôle, d'information et d'alerte. Parmi ce type d'espace [7], se trouve :

- Les CTR (Control zone) ;
- Les CTA (Control Area) peuvent être composées de :
 - TMA (Terminal control Area) ou région de contrôle terminale ;
 - AWY (Air Way) ou voies aériennes.
- Un réseau de routes ATS peut être établi dans un espace aérien contrôlé afin de faciliter l'exercice du contrôle de la circulation aérienne.
- Un espace aérien contrôlé est délimité de façon à englober un volume qui prend compte des moyens de navigation utilisés, de la précision

de navigation, ainsi que les trajectoires des aéronefs auxquels le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré ;

- La limite supérieure d'un espace aérien contrôlé [7] doit être située au moins à 150 m (500 pieds) au-dessus du niveau le plus élevé qui peut être assigné à un vol IFR;
- La limite inférieure d'un espace aérien contrôlé doit, lorsqu'elle ne descend pas jusqu'à la surface du sol ou de l'eau, être située au moins à 150 m (500 pieds) au-dessous du niveau le plus bas qui peut être assigné à un vol IFR ou du niveau le plus bas auquel le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré aux vols IFR qui suivent les procédures de départ ou d'approche aux instruments d'un aéroport [7].

1.4. Désignations des portions d'espace aérien où les services de la circulation aérienne sont assurés

La désignation des portions de l'espace aérien sera déterminée suivant la nature des services de la circulation aérienne qui doivent être assurée, et sera effectuée de la manière suivante :

1.4.1. Région d'information de vol (FIR)

C'est la portion de l'espace aérien à l'intérieur de laquelle, il a été décidé de fournir un service d'information de vol et d'alerte :

- Une FIR englobe normalement la totalité de l'espace aérien situé au-dessus du territoire d'un État ;
- Les FIR limitrophes doivent être contiguës et délimitées de manière à ce que les consécutions opérationnelles concernant la structure de routes qu'elles englobent soient prioritaires sur toute notion d'alignement sur les frontières nationales ;
- La décision d'établir deux ou plusieurs FIR pour couvrir l'espace aérien d'un même état ne doit pas dépendre uniquement et avant tout

des dimensions de cet état [7], mais également de la structure des routes aériennes qui le traversent et de sa topographie.

1.4.2. Région de contrôle (CTA)

C'est la portion de l'espace aérien située au-dessus d'une limite déterminée par rapport à la surface. La limite inférieure d'une région de contrôle doit être fixée à une hauteur d'au moins 200 m (700 pieds) au-dessus du sol ou de la mer [7].

Les CTA doivent être établies de manière à recouvrir l'espace aérien qui englobe les trajectoires des aéronefs volant en IFR à l'intérieur des limites d'une FIR auxquelles on estime qu'il est nécessaire de fournir un service ATC. Les régions de contrôle [8] peuvent être constituées par :

- Des régions de contrôle terminale (TMA) : Région de contrôle établie en principe, au carrefour de routes ATS. De dimensions suffisantes pour contenir la circulation contrôlée autour des aérodomes très fréquentés voir figure (1.2) et (1.3);
- Des voies aériennes (Air Way) qui communiquent entre elles et qui ont :
 - Une largeur déterminée par la précision avec laquelle les aéronefs qui les utilisent sont capables de suivre leur trajectoire assignée, ainsi que par les moyens de navigations dont disposent ces aéronefs et leur aptitude à les utiliser ;
 - Une étendue verticale couvrant tous les niveaux auxquels il faut assurer un service de contrôle.

Dans certaines régions, il peut aussi être souhaitable de diviser les FIR et les CTA dans le plan vertical de manière à obtenir un espace aérien supérieur et un espace aérien inférieur.

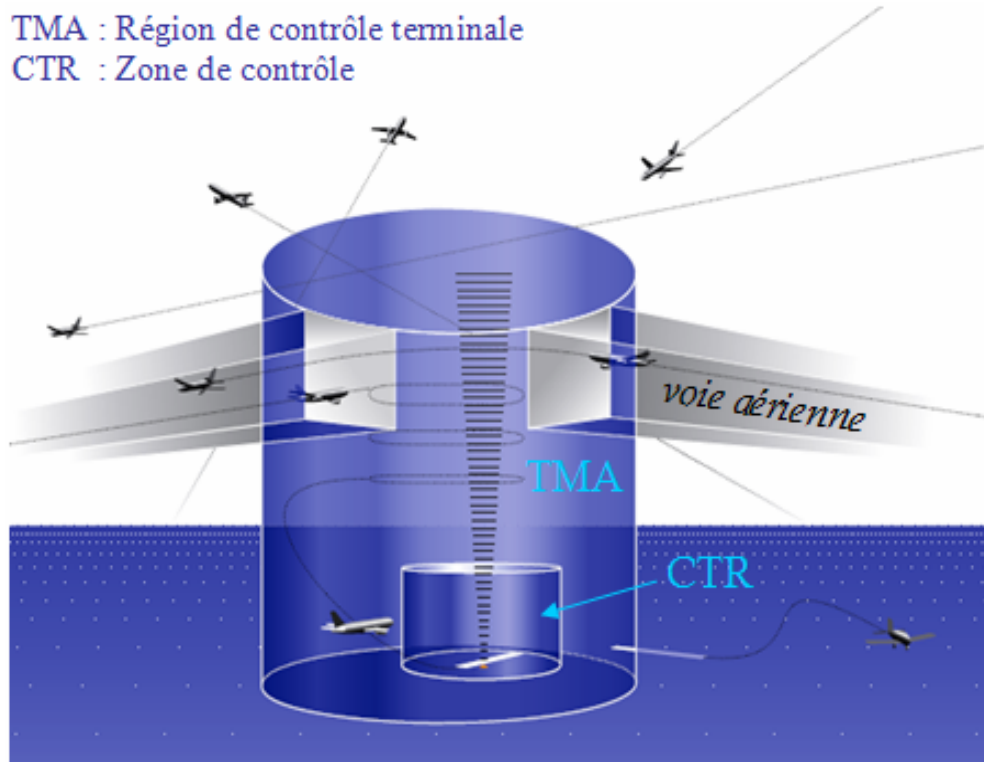


Figure 1.2 : L'axe des voies aériennes est défini par des balises de radionavigation

1.4.3. 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'aérodrome ou des aérodromes concernés, dans les directions à partir desquelles l'approche peut être effectuée [8].

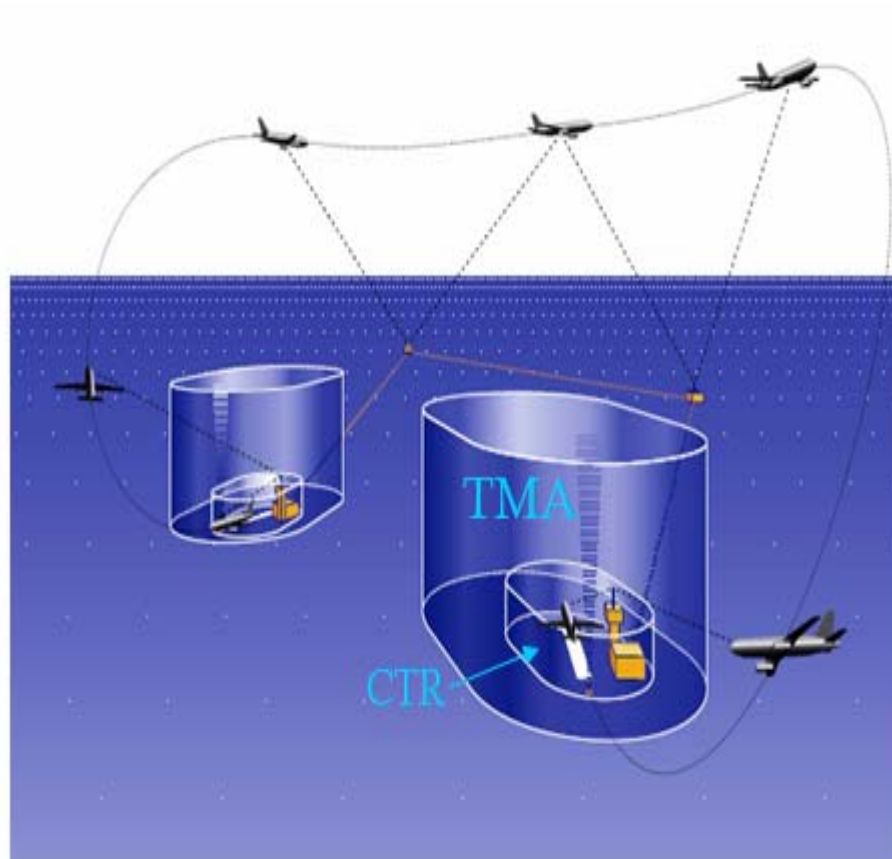


Figure1.3 : Schéma explicatif des portions d'espace aérien contrôlé (TMA, CTA)

Ces structures de base sont utilisées par les états de diverses façons, dans le but d'offrir un espace aérien contrôlé suffisant qui englobe les trajectoires des vols IFR à l'arrivée comme au départ d'un aéroport.

1.5. Situation actuelle de l'espace aérien algérien

Selon sa situation géographique, l'ALGÉRIE se trouve au carrefour du trafic EST/OUEST et NORD/SUD. Cet emplacement stratégique la rend un partenaire incontournable dans les grandes rencontres qu'organise l'OACI, dont elle est membre.

L'Établissement National de la Navigation Aérienne ENNA, agissant pour et au nom de l'État Algérien. Il gère l'espace aérien placé sous sa responsabilité en assurant les différents services de la circulation aérienne à l'ensemble des aéronefs utilisant cet espace ainsi que les aéroports algériens.

1.5.1. Limite de l'espace aérien algérien

L'espace aérien Algérien s'étend à la partie sud de la Méditerranée contiguë au FIR(s) Marseille, Barcelone et Séville au Nord et adjacent à l'Ouest à la FIR Casablanca, à l'Est à la FIR Tunisie et Tripoli, au Sud à la FIR Dakar et Niamey, voir figure (1.4)

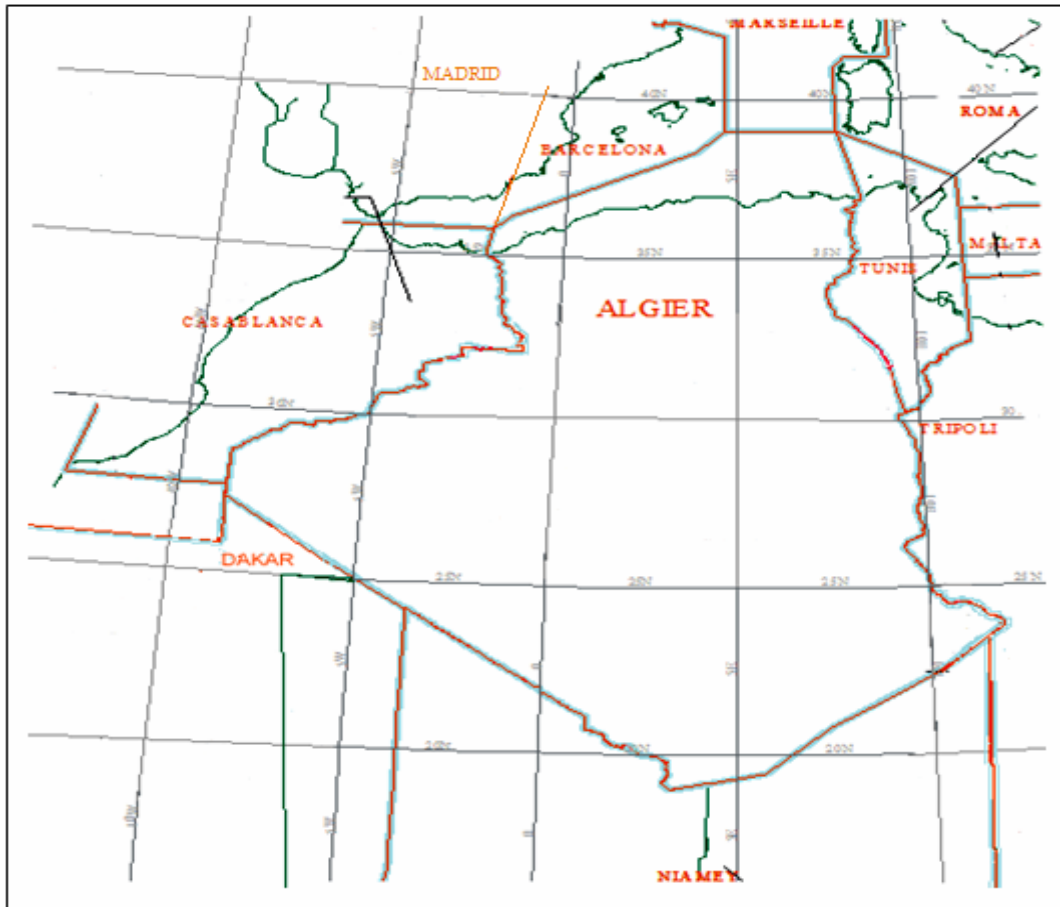


Figure 1.4 : Limite de l'espace aérien Algérien

1.5.2. Organisation de l'espace aérien algérien

Organiser l'espace aérien algérien revient à la répartition des aéronefs dans le ciel. La réglementation définit dans un premier temps quels sont les vols soumis obligatoirement au contrôle. La répartition des aéronefs concerne aussi la manière dont le ciel est découpé. Cela se fait d'abord en fonction de la phase de vol, puis, pour le contrôle des aéronefs à leur altitude de croisière, l'espace est divisé en centre et le centre en secteurs. Des distances de sécurité entre les aéronefs sont imposées par l'autorité compétente algérienne afin de faciliter leur repérage dans l'espace. Ils doivent suivre des routes bien établies.

La sectorisation actuelle de l'espace aérien algérien pourrait être plus efficace en tenant moins compte des frontières des pays, mais plus des flux de trafic. La situation actuelle et le développement aéronautique imposent donc une nouvelle réorganisation de l'espace.

➤ Les régimes de vol

Les conditions météorologiques définissent en grande partie le régime de vol auquel un aéronef peut et doit se soumettre :

Soit, l'aéronef est en mesure de voir et d'être vu suffisamment à l'avance ; (défini en fonction des distances minimales de visibilité et d'éloignement par rapport aux nuages). L'aéronef est alors supposé être capable d'assurer lui-même sa sécurité, aussi bien par rapport aux obstacles fixes, naturels ou artificiels, que par rapport aux autres aéronefs. De telles conditions météorologiques correspondent aux conditions de vol à vue.

Soit, la visibilité est insuffisante et l'aéronef a besoin d'une assistance extérieure. Incapable de voir et d'être vu, l'aéronef est alors aidé par des personnes au sol, les contrôleurs aériens. Les informations transmises par le commandant de bord et les autres renseignements dont ils disposent déjà, notamment grâce au radar, leur permettent d'assurer la séparation des vols à partir de normes d'espacement entre les aéronefs Figure (1.5),

et en demandant aux pilotes de modifier leur altitude, leur cap ou leur vitesse. Ces conditions météorologiques sont celles du vol aux instruments.

La législation fixe les règles retenues pour le déroulement sûr d'un vol. Elle impose que les règles IFR s'appliquent aux aéronefs. Ces règles de vol à vue et de vol aux instruments, accompagnées de certaines règles générales, constituent ce que l'on appelle les règles de l'air. Par la suite, nous nous intéresserons uniquement aux vols IFR, ceux pour lesquels les services de la circulation aérienne sont indispensables.

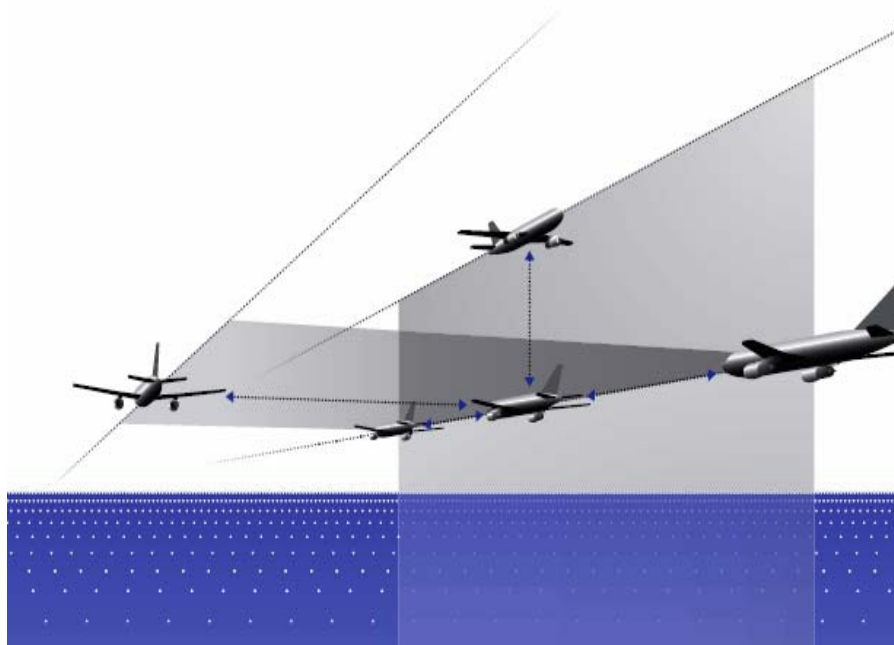


Figure 1.5 : L'espacement entre aéronefs

➤ La répartition géographique du contrôle

Selon la phase de leur vol et l'endroit où ils se trouvent, les aéronefs ne sont pas confiés aux mêmes contrôleurs. Le contrôle aérien guide, surveille et coordonne le trafic aérien en tenant compte à tout moment d'une vue d'ensemble. Il veille à un bon déroulement de trafic au sol et en vol, chaque jour et par tous les temps. Pour les contrôleurs aériens, la sécurité du trafic aérien

est la toute première priorité. La collaboration entre pilote et contrôleur aérien commence par :

- Le contrôle d'aérodrome s'occupe de la circulation au sol sur la plate-forme aéroportuaire, de la phase initiale de la montée et de la phase terminale de la descente des aéronefs [9] ;
- Le contrôle d'approche est chargé de la montée et de la descente des aéronefs. Ces deux types de contrôle sont assurés à partir de la tour de contrôle et/ou du bureau d'approche ;
- Le contrôle en route veille sur les aéronefs depuis leur transfert de l'approche ou de la tour de contrôle en montée jusqu'à atteindre leur niveau de croisière et de ce dernier jusqu'aux abords de l'aérodrome de destination. Les contrôleurs aériens du contrôle régional assurent la sécurité et la fluidité du trafic à l'intérieure des voies aériennes et de région de contrôle terminale. C'est à ce type de contrôle que nous nous intéressons, nous le présentons donc, plus en détail.

1. Le Centre de contrôle Régional

En Algérie, le contrôle en route est effectué par un centre spécialisé qui gère la FIR (région d'information de vol). Il est situé à Alger (Oued Smar). Un aéronef après sa montée est transféré au centre de contrôle régional, puis il sera transféré d'un secteur de contrôle à un autre, jusqu'au moment où il entamera sa descente.

Le contrôle dont il est question ici est le contrôle aérien civil, ce qui est défini par la réglementation en vigueur : la CAG (Circulation Aérienne Générale). Il se distingue du contrôle militaire qui ne concerne que les zones d'espace à statut particulier (CAM : Circulation Aérienne Militaire), volumes dont les délimitations sont connues et se répartissent sur l'ensemble de l'espace aérien avec quelques concentrations. Les organes opérationnels militaires peuvent à tout moment activer ces zones si elles ne sont pas interdites, dans lesquelles alors, aucun aéronef civil ne doit évoluer. En revanche, les militaires peuvent demander de bénéficier de la CAG.

2. Les secteurs de contrôle en route

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. La répartition de l'espace aérien Algérien en secteurs est donnée par la figure (1.6).

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.

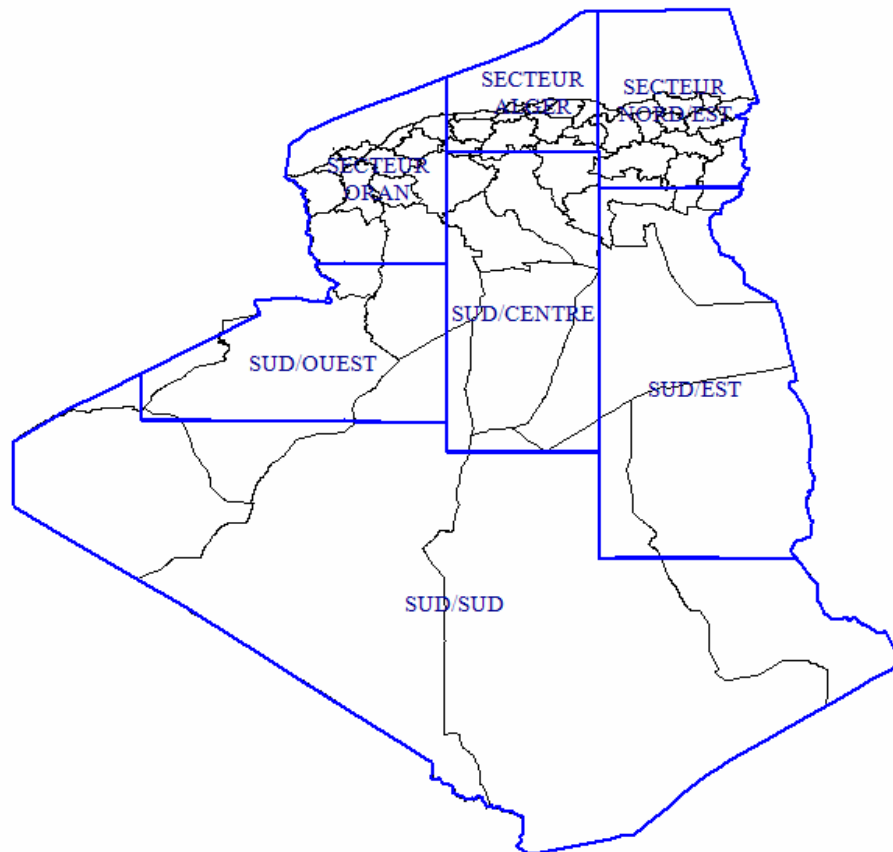


Figure 1.6 : Présentation schématique de la sectorisation actuelle

Lorsque la densité du trafic augmente fortement, les autorités du contrôle aérien sont amenées à redéfinir la taille et le nombre des 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 vient réduire nettement la capacité des secteurs.

3. La gestion de l'espace

A la différence de la circulation routière, maritime ou ferroviaire qui utilise un espace à deux dimensions, la circulation aérienne se fait dans un espace à trois dimensions. La séparation des avions entre eux est horizontale et verticale, conduisant à un système ordonné de niveaux de vol. À chaque niveau, l'organisation ressemble à celle de nos routes.

➤ Les normes d'espacement

La mission principale du contrôle aérien est la prévention des collisions entre aéronefs. Pour y parvenir, les contrôleurs doivent faire en sorte que les distances dans le plan vertical et dans le plan horizontal entre les positions des aéronefs telles qu'ils en ont connaissance par leurs radars (ou procédures classiques), ne tombent jamais en dessous de certains seuils. De manière évidente, ces normes d'espacement doivent tenir compte de l'erreur qui peut exister entre la position réelle et la position supposée. Elles présentent des marges importantes. Cependant, avec le perfectionnement technique, l'erreur sur la position fournie par le radar est devenu de plus en plus faible.

Cette plus grande fiabilité des appareils a donc permis la mise en place d'un programme lancé par EUROCONTROL sur la réduction de la séparation au-dessus d'un certain niveau de vol de 2000 à 1000 pieds entre les niveaux FL 290 et FL 410 inclus (RVSM, Reduced Vertical Separation Minima) [10].

Avant le 25 octobre 2007, les niveaux de vol étaient espacés de 2000 pieds et le sens de la circulation était alterné à chaque niveau [11], c'est-à-dire qu'il existait un espacement de 4000 pieds entre les aéronefs circulant dans la même direction en espace VSM (Vertical Separation Minima). Le RVSM a permis d'introduire entre chaque niveau un nouveau niveau, avec une alternance simple, obligeant ainsi à modifier le sens de certains niveaux. L'objectif est d'accroître la capacité du contrôle, ce qui devrait ainsi permettre de faire face à la hausse du trafic.

➤ Les routes aériennes

Un moyen de permettre aux contrôleurs de bien connaître la position des aéronefs est le système de routes aériennes. Cela tient au fait que les aéronefs doivent suivre des routes aériennes. Des points, marqués généralement au sol par une installation radioélectrique de navigation, correspondant à des raccordements de tronçons de route et à des croisements avec une ou plusieurs autres routes.

Cette structure maillée, par des points et par des tronçons de route joignant ces points, ne semble plus indispensable pour certains puisque les aéronefs sont équipés de calculateurs, voire de plateforme d'inertie, leur permettant de suivre n'importe quelle route définie par un point de début et un autre à la fin de la juridiction d'un espace aérien donné [12].

4. Espace aérien inférieur

L'espace aérien est organisé pour fournir une sécurité optimale à tous les aéronefs qui y évoluent. Au secteur centre d'Alger, l'espace aérien est divisé en TMA inférieure qui s'étant verticalement de 450 m du sol ou de l'eau jusqu'au

niveau de vol 245 ou 24.500 pieds [13]. Partant de la CTA (sommet du volume d'approche d'Alger), cet espace aérien inférieur appartient à la FIR, il a pour classification **D**. L'espace aérien inférieur est déterminé suivant la nature des services de la circulation aérienne qui doivent être établis, et sera effectué de la manière suivante :

➤ Région d'information de vol FIR (Flight Information Region)

Le territoire national est découpé en région d'information de vol. Il est considéré comme un espace aérien de dimensions définies à l'intérieur duquel le service d'information de vol et le service d'alerte sont assurés.

A l'intérieur de la FIR, l'espace aérien comporte une structure répartie en zones de contrôle (CTR), régions de contrôle terminales (TMA) et routes aériennes (AWY), voir Figure (1.7). Ces différents secteurs sont rattachés à l'une des classes mentionnées (appendice B) en fonction du volume du trafic qu'ils accueillent. Par exemple, les TMA centre d'Alger (espace inférieur), Nord/Est et Oran font partie de la classe **D**.

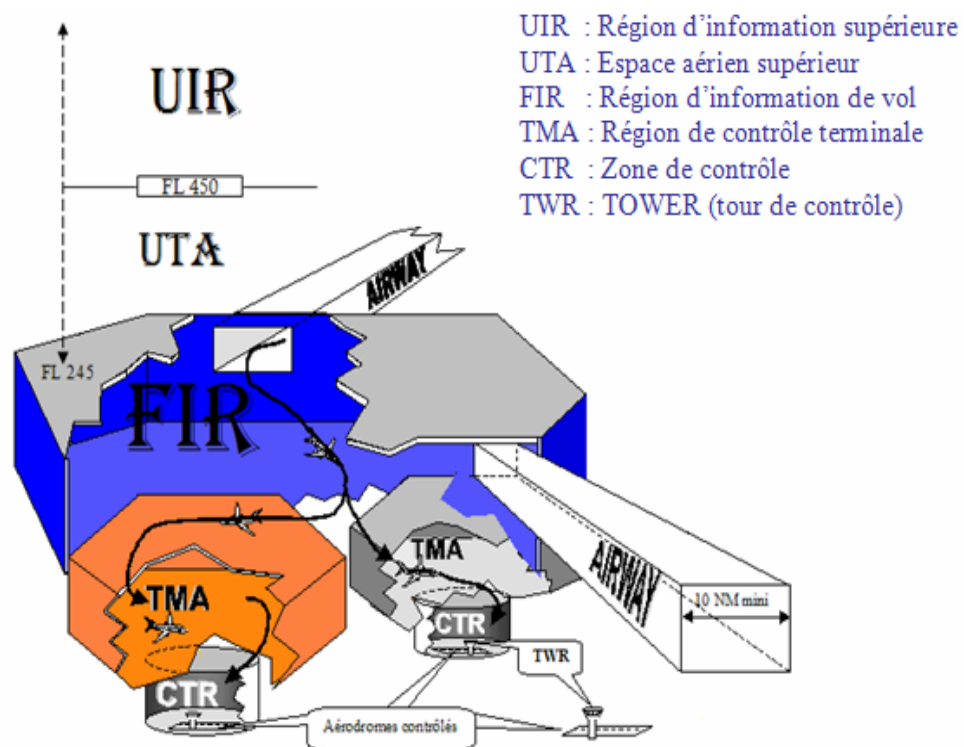


Figure 1.7 : Organisation de l'espace aérien

Au-dessus du niveau FL 245, tout l'espace du secteur Centre est contrôlé jusqu'au niveau de vol FL 450, il est classé en catégorie **A** [14]. Le long des voies aériennes et dans l'espace aérien supérieur, le contrôle est dit en route, ce dernier est assuré par le Centre de Contrôle en Route (CCR). Le centre de contrôle gère la FIR et son UTA (Upper terminal area) à l'aide des services de contrôle, d'information et d'alerte. Supérieur au niveau de vol 450 ou 45 000 pieds, c'est la région d'information supérieure l'UIR.

➤ Division de l'espace aérien algérien

L'espace aérien Algérien est composé d'une seule région d'information de vol (FIR), à l'intérieur de cette FIR quatre classes d'espace sont utilisées actuellement selon la dénomination OACI, **A, D, E** et **F** qui permet de savoir : si le vol VFR est possible ou non ; si une instruction de contrôle est obligatoire ou non. Chacune d'elles a ses conditions d'utilisation spécifiques. Cette FIR a été divisée en sept (7) volumes appelés secteurs. Ces Secteurs sont classés comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau1.1 : Classification de l'espace algérien [14]

Secteurs	Classe	Limite Inférieur	Limite Supérieur
Espace supérieur Secteur TMA CENTRE ALGER	A	FL 245	FL 450
Espace inférieur Secteur TMA CENTRE ALGER	D	450m GND/MSL	FL 245
Secteur TMA NORD/ EST	D	450m GND/MSL	FL 450
Secteur TMA ORAN	D	450m GND/MSL	FL 450
Secteur SUD/CENTRE	E	GND/MSL	UNL
Secteur SUD/EST	E	GND/MSL	UNL
Secteur SUD/OUEST	E	GND/MSL	UNL
Secteur SUD/SUD	F	GND/MSL	UNL

La figure 1.8 suivante représente la totalité de l'espace aérien Algérien avec les sept secteurs, les routes aériennes, zone d'approche et les zones à statut particulier.

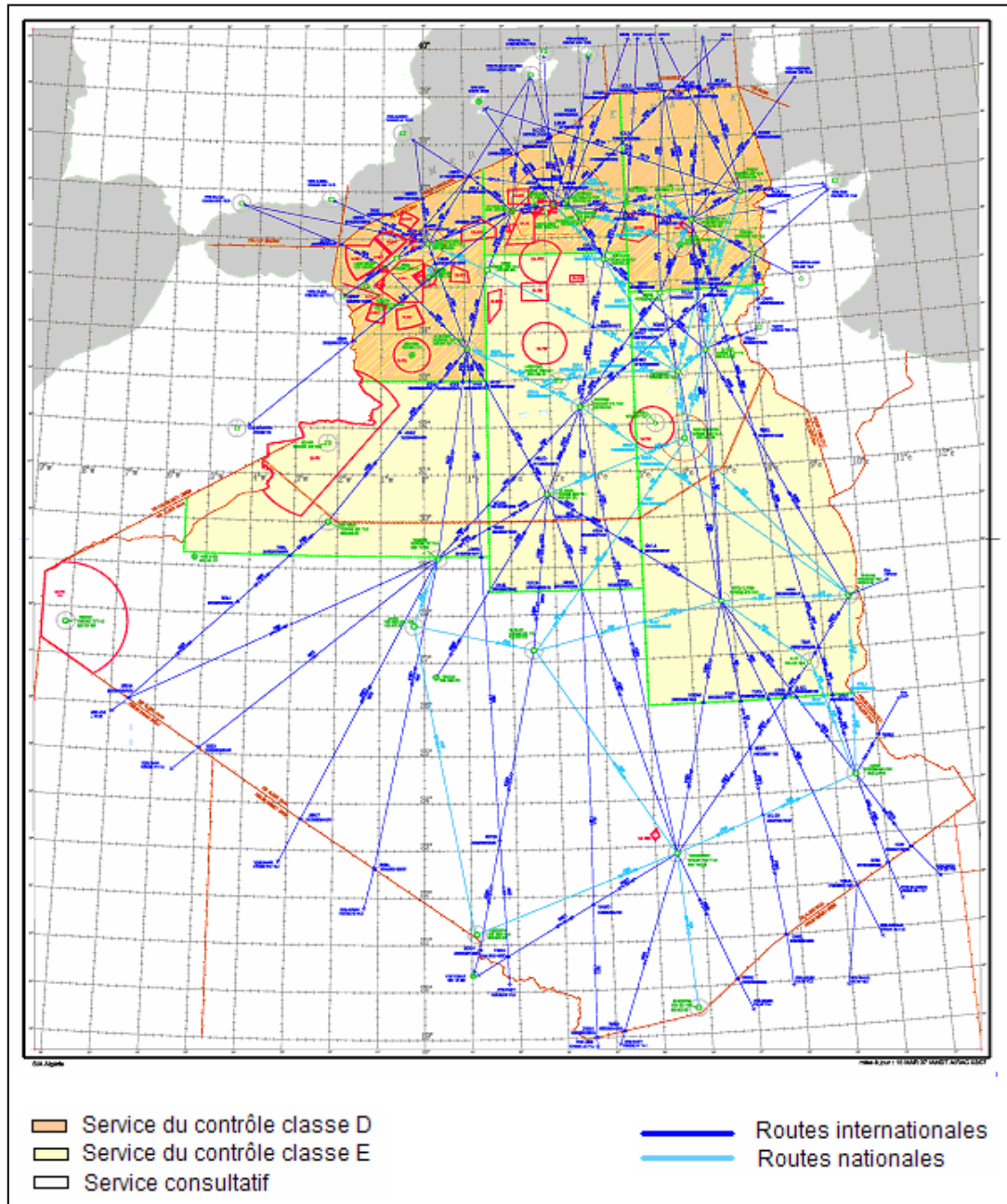


Figure 1.8 : Sectorisation actuelle de l'espace aérien [14]

A chaque secteur est associée une fréquence radio VHF permettant les communications bilatérales entre les pilotes et le poste de contrôle. Avec l'aide des images radars, le contrôleur dit radariste applique les règles de séparation minimale des aéronefs de son secteur. Il est assisté par un contrôleur organique, chargé de négocier avec les secteurs voisins le transfert des vols et d'informer en premier lieu le contrôleur des conflits potentiels. À chaque secteur correspond ainsi une position de deux contrôleurs.

Les contraintes de sécurité et d'espace définissent pour chaque secteur une capacité horaire : c'est le nombre maximal d'aéronefs (répartis sur la plage horaire) que le secteur peut contrôler tout en garantissant un service sûr et efficace. Le découpage de l'espace en secteurs de contrôle doit en principe garantir ce volume de trafic maximal admissible appelé capacité du secteur. Cette capacité doit obéir à un nombre d'aéronefs conséquent déterminé par l'OACI d'abord suivi par une recommandation de l'État en question, évitant une surcharge du secteur, permettant au contrôleur en poste d'écouler son trafic en toute sécurité ; ce nombre varie entre 10 et 14 aéronefs comme charge maximale de secteur. Il arrive qu'en période de faible trafic des secteurs soient regroupés permettant l'optimisation des moyens opérationnels et l'entraînement des jeunes contrôleurs.

➤ Les zones déléguées à l'approche

Pour mieux gérer les manœuvres des aéronefs 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 classé **D** voir tableau (1.2) qui sont :

- Approche Alger / Houari Boumediene ;
- Approche Annaba / El Mellah ;
- Approche Constantine / Mohamed Boudiaf ;
- Approche Hassi-Messaoud / Oued Irara Krim Belkacem;
- Approche Oran / Es-sénia.

Tableau 1.2 : Les zones d'approche de l'espace algérien [14]

Désignation	Classe	Limite Inférieur	Limite Supérieur
CTA Alger /Houari Boumediene	D	450m GND/MSL	FL 145
CTA Annaba / El Mellah	D	450m GND/MSL*	FL 105
CTA Constantine / Mohamed Boudiaf	D	450m GND	FL 105
CTA Hassi Messaoud /Oued Irara Krim	D	450m GND	FL 105
CTA Oran / Es sénia	D	450m GND/MSL	FL 105

*GND/MSL : Ground/ Mean Sea Level -Niveau moyen de la mer

5. Réseau de routes aériennes en Algérie

Un aéronef volant aux instruments suit un parcours segmenté dont les points d'intersection correspondent à des balises de navigation. Ce parcours segmenté suivi par l'aéronef est appelé route aérienne. Les balises de navigation sont aussi appelées points de report. Ces points de report sont soit des balises de radionavigation physiquement implantées au sol, soit des points de report fictifs. Le pilote se repère par rapport à ces balises à l'aide de moyens de radionavigation embarqués, chaque balise au sol émettant un signal sur une fréquence lui étant propre.

Le réseau de routes aériennes en Algérie est un ensemble de routes, se composant de :

5.1. Routes ATS (Air Traffic Services/ Services de la circulation aérienne)

Route destinée à canaliser la circulation pour permettre d'assurer les services de la circulation aérienne (exemple B/UB726).

- **Routes domestiques** : Une route domestique est une voie aérienne utilisée par les aéronefs entre deux ou plusieurs aéroports algériens. Elle est caractérisée par la lettre **J** suivie d'un chiffre pour les routes inférieures, et **UJ** suivie d'un chiffre pour les routes supérieures. (exemple J/UJ41).
- **Autres routes ATS** : Ce sont des cheminements utilisés par les aéronefs pour les dessertes en Algérie ou le transit dans l'espace aérien Algérien. Ces routes sont caractérisées par les lettres A, B, G, R suivi d'un chiffre pour les routes inférieures, et UA, UB, UG, UR suivie d'un chiffre pour les routes supérieures.

5.2. Routes RNAV (aRea NAVigation)

Route RNAV est une voie aérienne utilisée par les aéronefs civils avec une méthode de navigation. Elle permet le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites des possibilités d'une aide autonome ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

Le RNAV autorise le vol dans n'importe quel espace aérien à l'intérieur de tolérances de précision prescrites, sans qu'il soit nécessaire de survoler directement les installations de navigation basées au sol (VOR, NDB...). L'aéronef et les points tournants de sa route (waypoints) sont alors localisés par leurs coordonnées géographiques. Les routes RNAV en Algérie sont caractérisées par les lettres UN, UM, UL suivie d'un chiffre, (Exemple UM114...).

5.3. La mise en oeuvre du RVSM dans la partie nord de la FIR ALGER

La mise en oeuvre du RVSM dans la partie nord de la FIR ALGER (à compter du 15 mars 2007) [13] permet l'utilisation de six niveaux de vol supplémentaires au-dessus du FL 290. Ces niveaux de croisière supplémentaires augmentent 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. La figure (1.9) montre un schéma illustrant l'espace aérien RVSM Algérie.

La mise en oeuvre du RVSM permet d'harmoniser l'espace RVSM Algérie et celle de l'Europe.

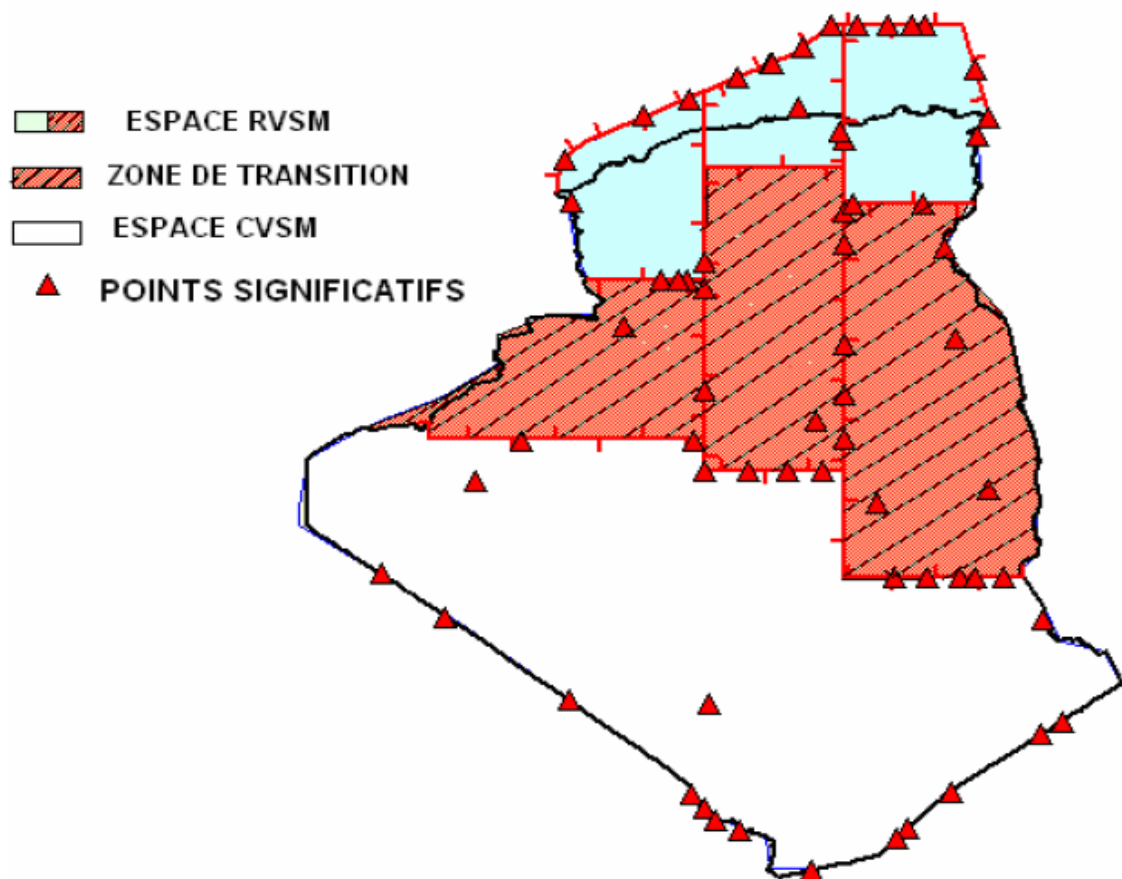


Figure 1.9 : Carte de l'espace aérien RVSM Algérie [13]

➤ **La transition RVSM**

La transition est établie sur la base d'un accord bilatéral entre les États ou les organismes de contrôle qui se situent aux limites des espaces RVSM. Dans cette phase de transition entre les espaces RVSM et non RVSM (CVSM), l'aéronef va changer de réglementation RVSM en passant d'une séparation verticale de 1000 pieds à une séparation de 2000 pieds en respectant la règle semi-circulaire des espaces CVSM.

➤ **Les avantages de la mise en oeuvre du RVSM**

Le trafic aérien est en constante croissance sur le plan mondial. Les systèmes ATM devront évoluer afin de pouvoir absorber, de façon sûre et efficace, cet accroissement continu du trafic. Les bénéfices attendus de l'application du RVSM est de :

- Diminuer la charge de travail des contrôleurs aériens ;
- Offre des possibilités pour augmenter la capacité du trafic aérien en route ;
- Réduire les conflits de trafic, en particulier aux principaux nœuds d'intersection ;
- Permettre aux contrôleurs aériens de gérer plus efficacement le trafic et d'accorder plus de demandes pour les niveaux de vols optimaux.

Remarque : le 25 septembre 2008, l'espace aérien algérien est RVSM dans toute sa totalité.

1.6. Conclusion

La situation géographique de l'Algérie, fait de ce pays, une position stratégique et incontournable voire même un passage obligé aux flux de trafic Nord/Sud et inversement.

Cette position charnière entre les quatre points cardinaux exige de l'Algérie une reconsidération de l'organisation de son espace aérien afin

de répondre favorablement au développement et à l'augmentation d'un flux de trafic sans cesse croissant et toujours exigeant. C'est pour cette raison que nous avons abordé cette étude. Nous allons ensuite analyser le flux du trafic existant et prévoir une éventuelle augmentation.

CONCLUSION

Le principe fondamental sur lequel repose le trafic aérien de par le monde est **la sécurité**.

Notre étude contribue à cette sécurité en étudiant les possibilités de diminuer la charge du trafic aérien en Algérie qui incombe aux contrôleurs aériens sans modifier l'écoulement du trafic. Notre travail a consisté de considérer le système tel qu'il est actuellement et l'améliorer en équilibrant les tâches des contrôleurs par :

- La résolution des problèmes de coordinations des avions entre secteurs ;
- La proposition d'un nouveau découpage de l'espace aérien algérien.

Cette étude a nécessité, le traitement et la modélisation des données disponibles, à savoir : plans de vol, coordonnées des secteurs, routes aériennes, balises, etc. La nouvelle sectorisation proposée est de 11 secteurs. Elle répond bien aux préoccupations posées. Les charges du trafic maximales induites par la nouvelle sectorisation sont tout à fait raisonnables et les très fortes pointes enregistrées actuellement dans les secteurs sud, ont complètement disparu.

Il est indéniable que le découpage de l'espace aérien est une recherche sensible, car il touche à la sécurité aérienne d'un pays. Il nécessite des connaissances dans des domaines divers et pointus à l'instar de l'informatique, la recherche opérationnelle et les opérations aériennes.

Afin de donner à notre travail un consensus général entre les potentiels utilisateurs, à savoir : Ministère des transports, l'Entreprise Nationale de la Navigation Aérienne (E.N.N.A) et le Ministère de la Défense Nationale. Nous proposons une concertation entre nous et ses différents acteurs.

INTRODUCTION

Le trafic aérien est depuis longtemps un secteur globalement en forte croissance. Face à un trafic qui double tous les dix ans, les services chargés du contrôle et de la régulation de la circulation aérienne doivent trouver des solutions pour faire face à cette augmentation, par :

- Recrutement de personnels supplémentaires ;
- Restructurations de l'espace aérien ;
- Innovations techniques accompagnées de nouvelles méthodes de travail.

Ces mesures et ces innovations ont permis d'absorber toujours plus de trafic tout en améliorant ou en maintenant un niveau de sécurité élevé. Citons pour illustration de ces évolutions :

- L'utilisation du radar ;
- L'automatisation des coordinations inter-centres ;
- L'introduction d'interfaces homme-machines de plus en plus évoluées ;
- Le redécoupage de l'espace aérien.

Selon les principes actuels de l'organisation des services de contrôle, l'espace aérien est découpé en secteurs gérés chacun par deux contrôleurs. Les flux de trafic sont astreints à suivre des routes prédéfinies traversant ces secteurs.

Au vu de la croissance du trafic aérien actuel, il faudra prévoir un découpage équilibré de notre espace, tel que chaque secteur reste à un degré de complexité assurant une gestion sûre du trafic par des contrôleurs humains. Les contrôleurs aériens ont une charge de travail qui dépend de trois facteurs, à savoir :

- La surveillance du trafic ;
- La résolution des conflits ;
- Coordination entre secteurs.

Dans ce dernier cas de figure, le contrôleur est soumis à fort stress [1]. Il risque de commettre l'irréparable.

Actuellement en Algérie, des problèmes de saturation sont observés au niveau du contrôle «en route» qui gère les avions en survol, par opposition au contrôle d'approche qui gère lui les départs et les arrivées. Le maintien du système actuel est incompatible avec l'accroissement prévu de la demande. Les seuils critiques se situent notamment au niveau de la complexité (en nombre d'avions) des situations que l'homme est capable de gérer.

La situation actuelle et le développement aéronautique imposent donc une nouvelle sectorisation de l'espace aérien, obéissant aux techniques du moment afin de fournir une prestation de service adéquate aux différentes compagnies aériennes.

Ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

- Le 1^{er} chapitre présente les principes généraux du service de la circulation aérienne, l'organisation de l'espace aérien tel qu'elle existe en Algérie et les recommandations de l'OACI.
- Le chapitre 2 traite une analyse descriptive du courant du trafic ; l'étude représente un historique sur l'évolution du trafic aérien en Algérie au cours de ces 12 dernières années et sa tendance d'évolution jusqu'à 2015.
- Le 3^{ème} chapitre présente les moyens techniques et de télécommunications en tenant compte des profondes mutations. La présentation commence par le système existant, ensuite les différentes évolutions.
- Le 4^{ème} chapitre expose les notions propres au problème de l'ancienne sectorisation de notre espace aérien. Un programme de calcul de la charge du trafic des secteurs de contrôle est proposé. Il permet de répartir au mieux les différents flux du trafic. Finalement, on propose la nouvelle sectorisation.

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département d'aéronautique

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Aéronautique

RESECTORISATION DE L'ESPACE AÉRIEN

ALGÉRIEN

Par

SACI HAJER

Devant le jury composé de :

Mr. T.REZOUG	Maître de conférence, U. de Blida	Président
Mr. S.BERGHEUL	Maître de conférence, U. de Blida	Rapporteur
Mr. A.ZABOT	Chargé de Cours, U. de Blida	Co-rapporteur
Mr. Y.SMARA	Professeur, USTHB, Alger	Examineur
Mr. M.LAGHA	Maître de Conférence (B), U. de Blida	Examineur

Blida, Juin 2009

RÉSUMÉ

Les services de gestion du trafic aérien algérien rencontrent actuellement des problèmes de saturation, notamment au niveau du trafic en route. Des études prévoient une poursuite de la croissance du trafic à un rythme soutenu, au moins jusqu'à 2015, ce qui va entraîner une augmentation de la charge du contrôleur. Donc, des évolutions du système de contrôle s'imposent afin de pouvoir absorber ce trafic tout en maintenant la sécurité.

En tenant compte de la situation actuelle de l'espace aérien et les nouvelles technologies, diverses améliorations sont envisageables à tous les niveaux de la chaîne de contrôle y compris la resectorisation de l'espace aérien afin de l'exploiter le plus efficacement possible et de réaliser un équilibre entre la demande du trafic aérien et la capacité du système de contrôle disponible.

Mots clés : contrôle aérien, découpage de l'espace aérien, capacité secteur de contrôle.

ABSTRACT

The services of management of air traffic in Algeria currently encounter problems of saturation in particular at the level of the traffic en route. Studies foresee a continuation of the growth of the traffic at an intensive pace; at least until the 2015, what will involve an increase in the work of controller. Thus, evolutions of the system of control are essential in order to be able to manage traffic while maintaining safety.

Considering the current situation of the airspace and the new technologies available, various improvements are possible at all levels of the control line, including the resectorisation of the airspace in order to exploit it most effectively and to carry out a balance between the demands of the air traffic and the capacity of control available.

Key words: airspace control, sectorization of the airspace, capacity control sector.

ملخص

إدارة الحركة الجوية الجزائرية تواجه حاليا مشاكل الاكتظاظ، وخصوصا في حركة مرور الطيران العابرة داخل الإقليم الجوي. بعض التنبؤات يتوقعون استمرار النمو في حركة المرور على نحو مستمر، على الأقل حتى عام 2015، الأمر الذي سيزيد من عبء التحكم. حتى تغيير نظام المراقبة اللازمة لتكون قادرة على استيعاب هذا مع الحفاظ على سلامة المرور.

مع مراعاة الأجواء الحالية والتكنولوجيات الجديدة، من الممكن إدخال تحسينات على جميع المستويات من السيطرة بما في ذلك إعادة استخدام المجال الجوي لكي تعمل بأكبر قدر ممكن من الكفاءة وتحقيق توازن بين الطلب والقدرة على الحركة الجوية لنظام المراقبة المتاحة.

سعة قطاعات المراقبة الجوية. التقسيم للمجال الجوي، المراقبة الجوية، الكلمات الرئيسية:

REMERCIEMENTS

Au cours de ces 2 dernières années, je suis très reconnaissante à toute personne qui m'a aidé de proche ou de loin d'effectuer cette thèse. Des remerciements spécifiques méritent d'être adressés à eux.

À mon père, merci pour ta disponibilité et pour tes précieux conseils qui m'ont guidé tout au long de mes études, aucune expression ne pourrait exprimer toute ma reconnaissance envers vous.

À Mr S. BERGHEUL, Maître de conférence au département d'Aéronautique de Blida, que j'ai eu la chance d'avoir comme rapporteur. Vous m'avais souvent utilement conseillé, Je vous remercie pour vos suggestions qui ont permis l'amélioration de cette thèse. Mes plus sincères remerciements et tout mon respect et de ma profonde gratitude s'adresse à vous.

À Mr A.ZABOT, mon directeur de thèse de m'avoir proposé ce thème et pour ses remarques précieuses.

Mon plus profond respect et le grand honneur tout particulièrement aux membres du jury, d'avoir accepté la lourde tâche de relire et de juger mon travail.

J'adresse mes remerciements les plus sincères et ma gratitude à **Mr L.DAOU**D, pour m'avoir consacré beaucoup de son précieux temps en tant que haut cadre très sollicité par son entreprise (ENNA), de ses conseils les plus avisés afin de baliser mon travail.

Mes remerciements les plus respectueux vont à **Mr M.Z.RAHMANI**, chef département informatique (CNEAP), et **Mr DAOU**D, consultant au niveau du même centre de recherche (CNEAP), pour leurs soutiens qui m'ont apporté en informatique. Je voudrai aussi remercier **Mr K.LEFKI** de m'avoir accueilli dans son équipe Algèbre solutions et pour sa gentillesse et son aide en SIG.

Enfin, je ne serai jamais assez reconnaissante envers ma mère, pour son indispensable soutien, merci à mes parents pour tout, à mes sœurs et frères et à mes amis qui ont toujours su me réconforter.

TABLES DES MATIERES

RÉSUMÉ	
REMERCIEMENTS	
TABLES DES MATIERES	
LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	11
1. L'ESPACE AÉRIEN.....	13
1.1. Introduction.....	13
1.2. Services de la circulation aérienne.....	13
1.2.1. Objet des services de la circulation aérienne.....	13
1.2.2. Subdivision des services de la circulation aérienne	14
1.3. Structure de l'espace aérien.....	17
1.3.1. Réseau de routes.....	17
1.3.2. Sectorisation de l'espace aérien.....	19
1.4. Désignations des portions d'espace aérien où les services de la circulation aérienne sont assurés.....	22
1.4.1. Région d'information de vol (FIR)	22
1.4.2. Région de contrôle (CTA)	23
1.4.3. Zone de contrôle (CTR).....	24
1.5. Situation actuelle de l'espace aérien algérien.....	25
1.5.1. Limite de l'espace aérien algérien	26
1.5.2. Organisation de l'espace aérien algérien.....	27
1.6. Conclusion.....	40
2. DESCRIPTIF DES COURANTS DE TRAFIC.....	42
2.1. Introduction.....	42
2.2. Trafic aérien en route.....	43

2.2.1. Statistiques du trafic de route par secteur.....	43
2.3. Récapitulatif par nombre de vols.....	47
2.3.1. Trafic national.....	48
2.3.2. Trafic international.....	51
2.3.3. Tendence d'évolution	53
2.3.4. Trafic survol sans escale.....	55
2.4. Conclusion	61
3. SUPPORT TECHNIQUE ET DE TELECOMMUNICATION.....	63
3.1. Introduction.....	63
3.2. Moyens techniques	63
3.2.1. Moyens de Télécommunication.....	64
3.2.2. Moyens de Radionavigation.....	65
3.2.3. Surveillance.....	66
3.3. Système TRAFCA (Traitement automatique des Fonctions de la Circulation Aérienne)	68
3.4. Nouveau Projet PDGEA (Plan de Développement de la Gestion de l'Espace Aérien)	73
3.4.1. Communication.....	74
3.4.2. Surveillance	78
3.5. Conclusion.....	83
4. SECTORISATION INDUITE DE L'ESPACE AÉRIEN.....	84
4.1. Introduction.....	84
4.2. Objectif	84
4.3. Les spécifications (Opérations en Route)	85
4.4. Sectorisation	85
4.5. Traitement des données disponibles.....	86
4.6. Problèmes Actuels de sectorisation de l'Espace Aérien Algérien.....	87
4.7. Principaux Points de Convergence des Routes	88
4.8. La création de statistiques globales sur la couche des points significatifs.....	89

4.9. Capacité de secteur et saturation.....	93
4.9.1. Temps de prise en compte	94
4.9.2. La capacité du secteur de contrôle.....	95
4.10. Calcul des charges du trafic par secteur.....	96
4.10.1. L'organigramme de calcul de charge du trafic.....	98
4.11. Analyse des secteurs existants	99
4.11.1. Secteur Oran.....	99
4.11.2. Secteur TMA Alger.....	100
4.11.3. Secteur Nord Est (NE).....	101
4.11.4. Secteur Sud Est (SE).....	102
4.11.5. Secteur Sud Centre (SC).....	103
4.11.6. Secteur Sud Ouest (SW).....	104
4.11.7. Secteur Sud Sud (SS).....	105
4.12. Proposition de Resectorisation de l'Espace Aérien.....	106
4.12.1. Les contraintes opérationnelles de sectorisation.....	106
4.12.2. Première approche.....	107
4.12.3. Proposition du nombre de secteur retenu.....	108
4.13. Gestion des Fréquences des Secteurs	125
4.14. Regroupement des secteurs	126
4.15. Calcul des charges du trafic pour les nouveaux secteurs.....	126
4.15.1. Présentation des résultats obtenus.....	128
CONCLUSION	139

APPENDICES

- A. Liste des abréviations
- B. Classification de l'espace aérien
- C. Flux du trafic international (à destination et provenance de l'Algérie)
- D. Les points significatifs existants

RÉFÉRENCES

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1. Positions de contrôle du trafic.....	16
Figure 1.2. L'axe des voies aériennes est défini par des balises de radionavigation.....	24
Figure 1.3. Schéma explicatif des portions d'espace aérien contrôlé (TMA, CTA).....	25
Figure 1.4. Limite de l'espace aérien Algérien.....	26
Figure 1.5. L'espacement entre aéronef.....	28
Figure 1.6. Présentation schématique de la sectorisation actuelle.....	30
Figure 1.7. Organisation de l'espace aérien.....	33
Figure 1.8. Sectorisation actuelle de l'espace aérien.....	35
Figure 1.9. Carte de l'espace aérien RVSM Algérie.....	39
Figure 2.1. Evolution du trafic en route par secteur (2002-2007).....	44
Figure 2.2. Evolution mensuelle du trafic par secteur 2007.....	46
Figure 2.3. Evolution du trafic par secteur 2006/2007.....	46
Figure 2.4. Evolution du trafic en route (1995-2007).....	48
Figure 2.5. Aéroports d'Algérie.....	49
Figure 2.6. Tendances d'évolution jusqu'à 2015.....	53
Figure 3.1. Couverture Radar Actuelle.....	69
Figure 3.2. Couverture Radar Actuelle (TRAFCA) - FL100.....	70
Figure 3.3. Couverture Radar Actuelle (TRAFCA) - FL200.....	72
Figure 3.4. Couverture Radar Actuelle (TRAFCA) - FL300.....	72
Figure 3.5. Système TRAFCA.....	73
Figure 3.6. Couverture VHF des FIRs Nord et Sud.....	75
Figure 3.7. Stations VHF de la FIR Nord.....	76
Figure 3.8. Stations VHF de la FIR Sud.....	77
Figure 3.9. Visibilité SSR globale pour le niveau de vol 100.....	80
Figure 3.10. Visibilité SSR globale pour le niveau de vol 200.....	80
Figure 3.11. Visibilité SSR globale pour le niveau de vol 300.....	81

Figure 3.12. Système TRAFCA / PDGEA Nord.....	82
Figure 4.1. Schéma descriptif du logiciel GrfMap.....	87
Figure 4.2. Pointe de trafic relevée par point durant une journée moyenne : Trafic international + Survol sans escales.....	91
Figure 4.3. Pointe de trafic relevée par point durant une journée moyenne : Trafic national.....	93
Figure 4.4. Exemple de strip réel du CCR d'Alger.....	96
Figure 4.5. L'organigramme de calcul de charge du trafic.....	98
Figure 4.6. Calcul de la charge horaire Secteur Oran.....	99
Figure 4.7. Calcul de la charge horaire Secteur TMA Alger.....	100
Figure 4.8. Calcul de la charge horaire Secteur Nord Est.....	101
Figure 4.9. Calcul de la charge horaire Secteur Oran.....	102
Figure 4.10. Calcul de la charge horaire Secteur Sud Centre.....	103
Figure 4.11. Calcul de la charge horaire Secteur Sud Ouest.....	104
Figure 4.12. Calcul de la charge horaire Secteur Sud Sud.....	105
Figure 4.13. Secteur Oran proposé.....	110
Figure 4.14. Secteur Hassi Messaoud proposé.....	111
Figure 4.15. Secteur Illizi proposé.....	113
Figure 4.16. Secteur Sud Centre proposé.....	115
Figure 4.17. Secteur Sud Ouest proposé.....	117
Figure 4.18. Secteur Djanet proposé.....	118
Figure 4.19. Secteur Tamanrasset proposé.....	119
Figure 4.20. Secteur Constantine proposé.....	121
Figure 4.21. Secteur CTA Alger proposé.....	123
Figure 4.22. Resectorisation de la FIR ALGER proposée.....	125
Figure 4.23. Calcul de distance (sous GPS).....	127
Figure 4.24. Reproduction de données (Google Earth).....	127
Figure 4.25. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Inf CTA Alger.....	128
Figure 4.26. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sup CTA Alger.....	129
Figure 4.27. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Inf Constantine.....	130

Figure 4.28. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sup Constantine.....	131
Figure 4.29. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sud Centre.....	132
Figure 4.30. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Sud Ouest.....	133
Figure 4.31. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur ORAN.....	134
Figure 4.32. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Hassi Messaoud.....	135
Figure 4.33. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Illizi.....	136
Figure 4.34. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Djanet.....	137
Figure 4.35. Calcul de charges du trafic (Horaire, instantanée) pour le secteur Tamanrasset.....	138
Tableau 1.1. Classification de l'espace Algérien.....	34
Tableau 1.2. Les zones d'approche de l'espace Algérien.....	37
Tableau 2.1. Evolution du trafic de route par secteur (2002-2007).....	44
Tableau 2.2. Evolution mensuelle du trafic par secteur 2007.....	45
Tableau 2.3. Evolution du Trafic par secteur 2006/2007.....	46
Tableau 2.4. Evolution du trafic en route (1995-2007).....	47
Tableau 2.5. Aéroports d'Algérie.....	50
Tableau 2.6. Redevances appliquées.....	58
Tableau 3.1. Moyen de Radionavigation existant.....	66
Tableau 3.2. L'emplacement des nouvelles stations VHF.....	75
Tableau 3.3. L'emplacement des nouvelles stations VSAT.....	78
Tableau 3.4. Nouvelles stations radars de la FIR Nord.....	79
Tableau 3.5. Emplacement de l'ADS/B.....	83
Tableau 4.1. Principaux Points de Convergence des Routes.....	89