

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLEB –Blida-
Faculté des sciences de l'ingénieur
Institut d'Aéronautique



**Mémoire de Fin d'Etudes pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur
d'Etat en Aéronautique option Installation.**

Thème

**Développement d'une application
informatique pour la gestion des
fréquences aéronautiques.**

Elaboré par :

M^{lle} SEFSOUF Tinhinane Ilham

Dirigé par :

M. ARROUDJ Samir

M. LAGHA Mohand

Promotion : 2010

ملخص

الغرض من دراستنا تركز على تحقيق تطبيق الكمبيوتر، التي تعمل تحت بيئة ويندوز، مما يتيح لإدارة ترددات الوتيرة الجوية ذات التردد العالي جدا، ترددات الوسائل الراديوية. وسوف يكون هذا التطبيق للسماح للخدمات الملاحة الجوية لضمان الإدارة المثلى للاحتياجات الخاصة لمنطقة معلومات الطيران الجزائر مع احترام معايير حماية الترددات.

RÉSUMÉ

L'objet de notre étude porte sur la réalisation d'une application informatique, exploitée sous un environnement Windows, permettant la gestion des fréquences de la bande VHF aéronautique (COM 2), des fréquences des moyens de radionavigation (COM 3 et COM 4), à savoir, le VOR, le DME, l'ILS, NDB et Locators. Cette application devra permettre aux services de la navigation aérienne d'assurer une gestion optimale des besoins propres de la FIR Alger tout en respectant les critères de protection des fréquences.

SUMMARY

The object of our study relates to the realization of a data-processing application, exploited under a Windows environment, allowing the management of the frequency of aeronautical band VHF (COM 2), of the frequencies of the means of radionavigation (COM 3 and COM 4), namely, the VOR, the DME, the ILS, NDB and Locators. This application will have to allow the services aerial navigation to ensure an optimal management of the needs for the FIR Algiers while respecting the criteria of protection of the frequencies.

Mots clefs

Spectre, fréquence, gestion, assignation, allotissement, compatibilité, hauteur de protection, couverture opérationnelle.

Remerciements

Je tiens à exprimer mes profondes gratitudees à mon promoteur M. Arroudj Samir de m'avoir encadré et soutenu pour mener à bien ce travail, je remercie également M. Djouamaa pour son aide précieuse, et l'ENNA de m'avoir ouvert ses portes.

Je remercie du plus profond de mon cœur mon père, ma sœur Afaf et ma chère cousine Sarah pour leur appuie et encouragements.

Je présente mes vifs et sincères remerciements à Tarek Khellas et Karim Ait-Hocine et à mes amis du lycée : Lamia Benkezzim, Camélia Bouchelaghem et Omar Ounoughi de m'avoir apporté assistance et courage afin d'élaborer ce travail.

Un remerciement particulier à tous mes enseignants de l'institut d'Aéronautique et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Je remercie également mon co-promoteur M. Lagha Mohand et les membres du jury d'avoir honoré mon travail par leur présence.

Dédicaces

A la mémoire de mes frères Adam et Michael ;

A mon Papa chéri;

A ma chère mère ;

A mon unique et estimable sœur Afaf ;

A mon petit frère adoré Riadh ;

A tous ceux que j'aime ;

Je dédie ce modeste travail...

SEFSOUF T.I

Table des matières

<i>Introduction Générale</i>	1
---	---

Chapitre I. Généralités

Partie 1 : Aspects généraux

I.1	Introduction.....	3
I.2	Rayonnement.....	3
I.3	Le spectre électromagnétique	4
I.4	Le spectre radioélectrique	5
I.5	Bandes de fréquences	6
I.6	Propriétés générales des bandes de fréquence	7
I.7	Modes de propagation des ondes radioélectriques	8
I.7.1	Ondes de sol (ou ondes de surface)	8
I.7.2	Transmission par réflexion ionosphérique (ondes de ciel).....	9
I.7.3	Les ondes d'espace (ondes directes)	10
I.7.4	Onde troposphérique (non-visibilité).....	11
I.8	Interférences	11
I.9	Règlementation de la gestion des fréquences	12
I.9.1	Définitions	12
I.9.2	Les zones géographiques réglementaires	13
I.10	Planification générale du spectre de fréquences	14

Partie 2 : Généralités sur CNS/ATM

I.11	Concept CNS/ATM	15
I.12	Moyens CNS conventionnels (terrestres)	16
I.13	Contraintes des moyens terrestres	18
I.14	Moyens CNS satellitaires (de l'OACI).....	18
I.15	Distribution des fréquences sur les moyens CNS	22
I.16	Conclusion.....	23

Chapitre II. La bande VHF Aéronautique (COM2)

II.1.	Introduction.....	24
II.2.	Le service fixe aéronautique (SFA).....	24
II.3.	Le Service Mobile Aéronautique (SMA).....	25
II.4.	Catégories de communications air/sol	27

II.5. Utilisation des fréquences HF entre 2850 et 22 000 kHz pour le service mobile aéronautique	28
II.6. La bande VHF pour le SMA	30
II.6.1. Répartition générale de la bande 118 – 137 MHz	30
II.6.2. Caractéristiques générales des communications VHF.....	32
II.6.3. Méthode d'exploitation de la bande VHF	32
II.6.4. Espacement des fréquences et limites des fréquences assignables	33
II.6.5. Fréquences utilisées à des fins déterminées	33
a) Fréquence d'urgence	33
b) Voie de communication air-air	33
II.6.6. Espacement géographique entre installations VHF et protection contre le brouillage	33
a) Fonctionnement sur canal commun.....	33
b) Fonctionnement sur canal adjacent	36
II.7. Plan de fréquences VHF assignables à l'usage du service mobile aéronautique international et liste des fréquences assignables	36
II.8. Portées opérationnelles spécifiées des fréquences ATS dans la FIR Alger.....	37
II.9. Utilisation et répartition des fréquences VHF dans la FIR Alger pour le contrôle aérien.....	39
II.10. Conclusion.....	43

Chapitre III. Les bandes de la radionavigation aéronautique (COM 3 et COM 4)

III.1. Introduction	44
III.2. Classification opérationnelle des aides à la radionavigation	44
III.3. Gestion des fréquences de la radionavigation	45
III.3.1. Fréquences supérieures à 30 MHz	45
a) Utilisation de la bande 108 – 117,975 MHz (COM 3).....	45
b) Utilisation de la bande 960 – 1 215 MHz (COM 3).....	46
c) Utilisation de la bande 5 030,4 – 5 150,0 MHz (COM 3).....	46
III.3.2. Fréquences inférieures à 30 MHz (COM 4)	46
III.4. Radiophare omnidirectionnel VHF- VOR-	47
III.4.1. Définition.....	47
III.4.2. Caractéristiques du système.....	47
III.4.3. Principe de fonctionnement.....	48
III.4.4. Radiotéléphonie et identification	49

III.4.5.	Spectre en fréquences.....	49
III.4.6.	Gestion des fréquences du VOR.....	50
III.4.7.	Valeurs d'espacement géographiques entre installations VOR	51
III.4.8.	Utilisation des VOR dans la FIR Alger	52
III.5.	DME (Distance Measuring Equipment).....	54
III.5.1.	Définition	54
III.5.2.	Caractéristiques du système	55
III.5.3.	Principe de fonctionnement.....	55
III.5.4.	Plan de fréquences DME	56
III.5.5.	Répartition et appariement des canaux pour les combinaisons DME/VOR et DME/ILS.....	57
III.5.6.	Fréquences DME utilisées dans la FIR Alger.....	58
III.6.	Le système d'atterrissage aux instruments (ILS)	59
III.6.1.	Introduction.....	59
III.6.2.	Plan de fréquences ILS.....	60
III.6.3.	Principe de fonctionnement.....	60
III.6.4.	Catégories de l'ILS	63
III.6.5.	Séparations géographiques entre installations ILS.....	63
III.6.6.	Fréquences ILS utilisées dans la FIR Alger	64
III.7.	NDB (Non Directionnel Beacon) et Locators.....	65
III.7.1.	Fréquences Locator utilisées dans la FIR Alger.....	65
III.7.2.	Fréquences NDB utilisées dans la FIR Alger.....	66
III.8.	Conclusion.....	67

Chapitre IV. Réalisation de l'application

IV.1.	Introduction.....	68
IV.2.	Processus de gestion des fréquences	68
IV.3.	Travail réalisé	69
IV.4.	Présentation de l'application	70
IV.4.1.	L'item COM 2.....	71
IV.4.2.	L'item COM 3.....	78
IV.4.3.	L'item COM 4.....	81
IV.5.	Conclusion.....	82

<i>Conclusion Générale</i>	83
---	----

Table des figures

Figure I.1. Composantes du champ électromagnétique.....	4
Figure I.2. Décomposition du spectre électromagnétique.....	4
Figure I.3. Spectre radioélectrique.....	5
Figure I.4. Bandes de fréquences.....	7
Figure I.5. Propagation de l'onde sol.....	8
Figure I.6. Réflexion ionosphérique.....	9
Figure I.7. Transmission via un satellite.....	9
Figure I.8. Portée entre deux installations.....	10
Figure I.9. Mode de propagation à diffusion troposphérique.....	11
Figure I.10. Intermodulation.....	12
Figure I.11. Les régions du règlement des radiocommunications.....	13
Figure I.12. Communications terrestres.....	16
Figure I.13. Navigation terrestre.....	17
Figure I.14. Surveillance satellitaire.....	17
Figure I.15. Communication satellitaire.....	20
Figure I.16. Navigations satellitaire.....	21
Figure I.17. Surveillance satellitaire.....	22
Figure I.18. Organisation des fréquences.....	23
Figure II.1. Le service de contrôle.....	26
Figure II.2. Illustration du rapport distance nuisible/distance utile.....	34
Figure II.3. Espacement géographique requis pour le fonctionnement sur voie commune des installations VHF.....	35
Figure III.1. Fréquences des moyens de radionavigation.....	45
Figure III.2. Organisation des fréquences de radionavigation.....	46
Figure III.3. Station CVOR à Alger.....	47
Figure III.4. Station DVOR à Alger.....	47
Figure III.5. Représentation du relèvement θ (Azimut) et du gisement.....	48
Figure III.6. Représentation du déphasage dans les quatre directions d'orientation.....	49

Figure III.7. Spectre en fréquence du signal VOR.....	50
Figure III.8. Représentation de la distance DME.....	54
Figure III.9. Station CVOR/DME.....	54
Figure III.10. Station DVOR/DME.....	54
Figure III.11. Représentation des phases poursuite et recherche.....	56
Figure III.12. Répartition de fréquences de l'ILS.....	57
Figure III.13. Sous-systèmes ILS.....	59
Figure III.14. Répartition des fréquences du l'ILS.....	60
Figure III.15. Station LLZ à Alger.....	61
Figure III.16. Diagrammes de rayonnement du LLZ.....	61
Figure III.17. Antennes GP.....	62
Figure III.18. Disposition des markers.....	63
Figure III.19. Radiobalise NDB.....	65
Figure IV.1. Processus de gestion des fréquences.....	68
Figure IV.2. Menu de l'application.....	70
Figure IV.3. Menu COM 2.....	71
Figure IV.4. Fréquences de référence COM 2.....	72
Figure IV.5. Fenêtre de détails concernant une fréquence particulière.....	72
Figure IV.6. Introduction d'une fréquence erronée.....	73
Figure IV.7.a. Recherche par location.....	74
Figure IV.7.b. Recherche par service.....	74
Figure IV.8. Traitement COM 2.....	75
Figure IV.9. Visualisation sur Google Earth.....	75
Figure IV.10. Renseignement sur un service.....	76
Figure IV.11. Calcul des espacements géographiques.....	76
Figure IV.12. Fenêtre d'enregistrement.....	77
Figure IV.13. Menu COM 3.....	78
Figure IV.14. Menu VOR.....	78
Figure IV.15. Menu ILS.....	79
Figure IV.16. Menu DME.....	79
Figure IV.17. Fenêtre de référence VOR.....	80

Figure IV.18. Fenêtre recherche VOR.....	80
Figure IV.19. Fenêtre enregistrement VOR.....	81
Figure IV.20. Menu NDB.....	81
Figure IV.21. Menu Locator.....	82

Liste des cartes

Carte II.1. Fréquences HF dans la FIR Alger	29
Carte II.2. La couverture VHF à 10.000, 24.000, 30.000 ft msl.....	40
Carte II.3. Fréquences VHF utilisées pour le contrôle aérien Algérien.....	41
Carte III.1. La couverture VOR à 10.000, 20.000, 30.000 ft msl.....	52
Carte III.2. Fréquences VOR dans la FIR Alger	53
Carte III.3. Fréquences DME dans la FIR Alger.....	58
Carte III.4. Fréquences ILS dans la FIR Alger.....	64
Carte III.5. Fréquences NDB dans la FIR Alger	66

Liste des tableaux

Tableau II.1. Allotissement des fréquences.....	31
Tableau II.2. Fréquences pour les communications de surface des aérodromes.....	36
Tableau II.3. Couverture opérationnelle du service CCR.....	38
Tableau II.4. Couverture opérationnelle des services APP.....	39
Tableau III.1. Catégorie de l'ILS.....	63

Liste des Acronymes et Abréviations

A/A	Air-to-Air Radio Communication/Radio Communication Air-Air
AAC	Airline Administrative Communications
ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System
ACC /CCR	Area Control Service/Centre Contrôle Regional
ADS	Automatic Dependent Surveillance
AFIS	Aerodrome Flight Information Service
AIS	Services d'Informations Aéronautiques
AMSS	Aeronautical Mobile Satellite System
AOC	Aircraft Operation COMMunications
APC	Aircraft passenger COMMunications
APP	Approche
ATC	Air Traffic Control
ATIS	Automatic terminal information service
ATM	Air Traffic Management
ATN	Aeronautical Telecommunications Network
ATS	Services de la Circulation Aérienne
ATS	Air Traffic Services
BCT	Centres de télécommunication
CNS	Communication Navigation Surveillance
COM	Communication
CTA	Control Area
CVOR	VOR Conventionnel
dBW	Décibel Watt
DDM	Différence du taux de modulation
DME	Distance Measuring Equipment
DVOR	VOR Doppler
EGNOS	European geostationary navigation overlay service
EHF	Extremely High Frequency
ENNA	Etablissement National Navigation Aérienne
EUTELSAT	EUropean TELecommunications SATellite Organization
FANS	Future Air Navigation System
FIR	Flight Information Region
FIS	Flight Information Service /Service d'Information de Vol
FMS	Flight Management System
FNBW	First Null Beam Wide
GBAS	Ground -Based Augmentation System
GHz	Giga Hertz
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GP	Glide Path

GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency).
HNBW	Half Power Beam Wide
HPBW	Half Power Beam Wide
ILS	Instrument Landing System
IM	Inner Marker
INMARSAT	International MARitime SATellite organization
INTELSAT	International TELEcommunications SATellite Organization
kHz	Kilo Hertz
LF	Low Frequency
LLZ	Localizer
MET	Météorologie
MF	Medium Frequency
MHz	Méga Hertz
MLS	Systèmes d'Atterrissage Hyper Fréquences
MM	Middle Marker
NAV	Navigation
NDB	Non Directional Beacon
NM	Miles Marins
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OM	Outer Marker
PAR	Precision Approach RADAR/RADAR d'Approche de Précision
PFD	Power Flux Density/Densité de Flux de Puissance
PIRE	puissance Isotropique Rayonné Equivalente
PSR	RADAR Primaire de Surveillance
QDR	Relèvement magnétique(Magnetic Bearing)
RAI	Repondeur Automatique d'Information/Automatic Information Responder
RF	Radiofréquence
RNP	Required navigation performance/Qualité de navigation requise
RR	Règlement des Radiocommunication
RSFTA	Réseau du Service Fixe des Télécommunications Aéronautiques
SAR	Search and rescue/Recherches et sauvetage
SFA	Service Fixe Aéronautique
SHF	Super High Frequency
SMA	Service Mobile Aéronautique
SSR	RADAR Secondaire de Surveillance
TACAN	Tactical Air Navigation
TCAS	Airborn Collision Avoidance System
TMA	Terminal Control Area
TRAFCA	Traitement Automatisé des Fonctions de la Circulation aérienne
TWR	Tour de Contrôle de l'Aérodrome
UHF	Ultra High Frequency
UIT	Union Internationale des Communications
VDL	VHF DATA link

VHF	Very Hight Frequency
VLF	Very Low Frequency
VOLMET	Diffusion d'Information Météorologiques/Meteorological Information Broadcast
VOR	VHF Omni Range)
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WAAS	Wide area augmentation system/Système de renforcement à couverture étendue



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

I. Historique

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

De 1962 à 1968 c'est l'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français, qui a géré l'ensemble des services d'Exploitation de l'Aviation Civile en Algérie.

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

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

Le décret N°83.311 du 07/05/1983 a réaménagé les structures de L'ENEMA et modifié sa dénomination pour devenir ENESA « Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique » avec statut d'entreprise nationale à caractère économique.

Afin de clarifier les attributions de l'ENESA, il a été procédé aux réaménagements de ses statuts ainsi qu'au changement de dénomination en « ENNA » par décret exécutif N° 91-149 du 18 mai 1991.

L'ENNA, Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous tutelle du Ministère des Transports, est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration

II. Les missions de 1' E.N.N.A

Voici les principales missions de l'établissement :

Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives a la circulation en vol et au sol des aéronefs, à l'implantation des aérodromes et aux installations relevant de sa mission..

- Participer a l'élaboration des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aérodromes, établir les plans, en coordination avec les autorités concernées, les plans de servitudes aéronautiques et radioélectriques et veiller a leur application.
- Assurer l'installation et la maintenance des moyens de télécommunication, de radionavigation, assurer l'aide à l'atterrissage les aides visuelles et des équipements d'annexes.
- Contrôler la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien, qu'ils soient en survol, a l'arrivée sur les aérodromes, ou au départ de ces derniers.
- Contrôler et assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la CAP (Circulation Aérienne Publique).
- Donner l'information aéronautique en vol et au sol et diffuser les informations météorologiques nécessaires à la navigation aérienne.
- Assurer le service de sauvetage et de lutte contre les incendies sur les plates formes aéronautiques.
- Contribuer a l'effort de développement en matière de recherches appliquées dans les techniques de la navigation aérienne.
- Concentrer, diffuser ou retransmettre au plan international les messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.
- Calibrer les moyens de communication de radionavigation et de surveillance au moyen de l'avion laboratoire (avion biréacteur CESSNA – XLS).



Figure1. Avion Laboratoire de l'ENNA

III. L'organisation de l'ENNA

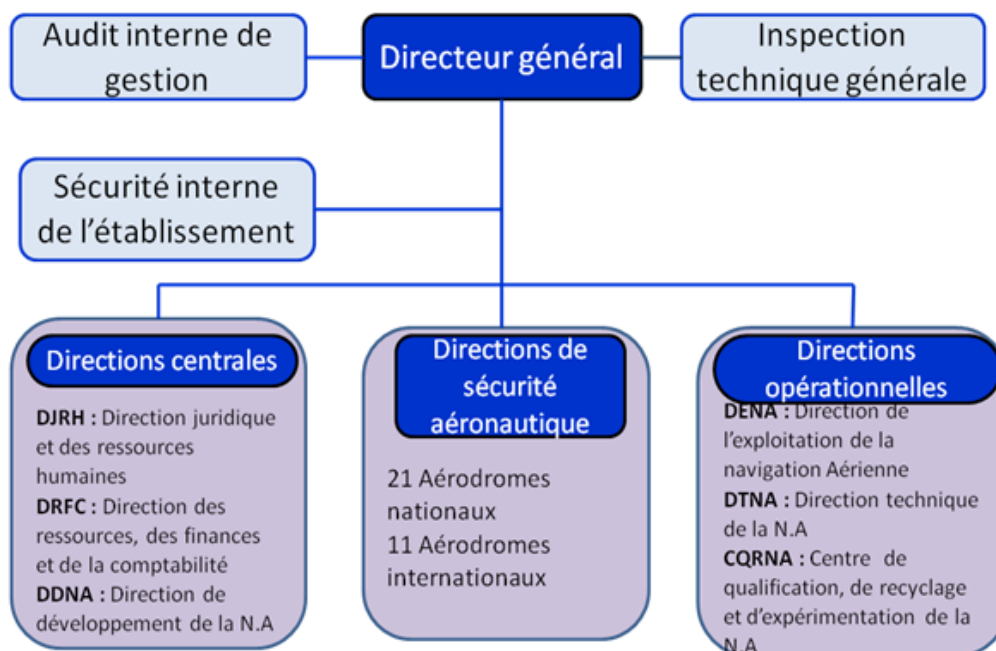


Figure 2. Organigramme de l'ENNA

L'Établissement National de la Navigation Aérienne est organisé comme suit :

→ **Direction Générale**

L'ENNA est gérée par un Directeur Général qui fait rapport au Conseil d'Administration de l'ENNA. Le Conseil d'Administration délibère et statue sur la politique de développement de l'ENNA, les plans annuels et à moyen terme de l'ENNA, le règlement intérieur, la convention collective, le budget de fonctionnement, les bilans et les comptes de résultats, et son organigramme. Les délibérations du Conseil d'Administration sont transmises au Ministère des Transports pour approbation. Le Directeur Général est chargé d'assurer la gestion globale de l'établissement, du personnel, de la passation des marchés, des contrats, conventions et accords, le respect des règlements de sécurité et du règlement intérieur, et de l'ordonnancement des dépenses. Il propose les programmes généraux d'activité ainsi que les projets des plans et des programmes d'investissement. Il est responsable de la préparation des bilans et des comptes de résultats, de l'utilisation des résultats, et des rapports annuels d'activité de l'ENNA ainsi que des projets d'extension des activités de l'établissement à des secteurs nouveaux.

→ **Directions Opérationnelles**

Les directions opérationnelles comprennent la Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne (DENA) qui est chargée du contrôle et fournit les services de contrôle du trafic aérien aux tours de contrôles, des équipements de contrôle d'approche, et les centres de commande de secteur, et la direction technique de la navigation aérienne (DTNA) qui contrôle l'acquisition, l'exécution, et l'entretien des équipements.

→ **Directions Centrales**

Celles-ci comprennent la Direction du Développement de la Navigation Aérienne (DDNA), qui élabore et supervise la mise en œuvre de la politique de navigation aérienne; la Direction des Affaires Juridiques et des Ressources Humaines (DJRH) qui élabore et supervise la mise en œuvre des politiques juridique et des ressources humaines ; la Direction des Ressources Financières et de la Comptabilité (DRFC) qui assure les activités de gestion financière, y compris les services de facturation des clients, les dépenses et la comptabilité ;et le Centre de Qualification de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne(CQRENA) (service dans lequel nous avons élaboré ce présent mémoire)

→ **Réseau des Aéroports**

L'ENNA fournit des services de trafic aérien et met en place et assure la maintenance des installations et des équipements du trafic aérien et de la navigation aérienne au niveau de trente six aéroports Algériens.

Introduction Générale

Le spectre des fréquences est un élément fondamental dans l'activité humaine sous toutes ses formes (technologique, économique, sociale,...etc.) d'aujourd'hui et de demain. Le spectre des fréquences est aussi une ressource limitée et précieuse, alors que les besoins et le nombre des communautés ne cessent d'augmenter. Plus particulièrement, afin de garantir et améliorer la sécurité, la régularité et l'économie de la navigation aérienne et des services aériens, la communauté de l'aviation se doit de disposer de bandes de fréquences suffisantes, liées à l'aéronautique (moyens de communication, navigation et surveillance, etc.) existants et futurs et assurer leur protection contre les émissions non désirables ou pouvant porter préjudice à leur qualité et leur intégrité. C'est précisément l'objectif et la mission des activités de gestion du spectre de fréquences. D'où la nécessité d'utiliser des outils et des procédures modernes et automatisés dans la gestion et la planification du spectre de fréquence.

Les bandes de fréquences accordées à l'aviation civile ne sont pas illimitées, elles ont des largeurs fixes et sont découpées suivant un pas fixe ; le nombre de fréquences utilisables est donc limité.

La technique de la répartition géographique d'une même fréquence permet d'étendre l'utilisation mais étant liée à des phénomènes physiques de brouillage qu'il faut éviter, on se trouve confronté depuis quelques années à d'énormes problèmes de gestion des fréquences, ainsi qu'à une saturation du spectre aéronautique.

L'OACI a regroupé en tableaux des fréquences utilisées par l'aviation civile :

Tableau COM 2 : service mobile aéronautique : fréquences concernées 118-137 MHz.

Tableau COM 3 : VOR et ILS : fréquences concernées 108-118 MHz.

DME : fréquences concernées 960-1215 MHz.

MLS : fréquences concernées bande des 5 GHz.

Tableau COM 4 : radiophares aéronautiques 255-526 kHz. (NDB et LOCATORS)

La gestion des fréquences met en œuvre des instruments de tout ordre : techniques, administratifs, juridiques et économiques, la gestion du spectre telle qu'on va l'entendre se limite aux règles techniques qui permettent ce partage.

Ce mémoire porte sur la gestion des fréquences des tableaux COM 2, COM 3 (nous ne traiterons pas les fréquences du MLS) et COM 4. De ce fait, il est proposé quatre chapitres :

Le premier chapitre comprend deux parties, la première partie porte sur des généralités sur les ondes électromagnétiques, les bandes de fréquences, à savoir leurs caractéristiques générales, modes de propagation...etc et portera aussi sur la réglementation de la gestion du spectre au niveau international ; la deuxième partie on fera une introduction au concept CNS/ATM et on citera les principaux moyens CNS conventionnels et satellitaires.

Le deuxième chapitre comprend les télécommunications aéronautiques et traitera, essentiellement, l'utilisation du tableau COM 2 (la bande VHF 118-136 MHz) pour les communications air-sol ainsi que les techniques de la répartition géographique d'une même fréquence, on fera par la suite une analyse sur les fréquences VHF utilisées pour les services du contrôle aérien dans la FIR Alger.

Le troisième chapitre comprend une description des moyens de radionavigation conventionnels en précisant l'utilisation des tableaux COM 3 et COM 4 par ces moyens, on fera par la suite une analyse sur les fréquences utilisées par les moyens de radionavigation dans la FIR Alger.

Et enfin, dans le dernier chapitre, nous présenterons l'application réalisée avec des exemples de simulation.

Le travail réalisé consiste à développer une application informatique exploitée sous environnement Windows, pour la gestion des fréquences des tableaux COM2, COM3 et COM4 utilisées dans la FIR Alger.



Chapitre I : Partie 1

Aspects Généraux

I.1 Introduction

C'est vers la fin du XIXe siècle que l'homme a pris conscience des possibilités considérables du spectre radioélectrique. Depuis, il a développé l'usage de cette précieuse et invisible ressource naturelle, laquelle a contribué à notre progrès social et économique.

Nos communications sur terre, sur mer et dans l'espace en ont acquis plus d'extension et de mobilité. Le spectre des fréquences radioélectrique a constitué un moyen peu coûteux, somme toute, d'abolir les distances entre collectivités, pays et continents ; il a favorisé la naissance de média pour le divertissement, l'information instantanée et l'enseignement de milliards d'êtres humains. (Bibliothèque Industrie Canada, 1998)

Il est proposé deux parties dans ce chapitre, une première partie traitant, essentiellement, les notions de bases du rayonnement électromagnétique, le spectre, les caractéristiques générales des bandes de fréquences, et la réglementation de la gestion des fréquences au niveau international. Une deuxième partie portant sur des généralités sur le concept CNS/ATM.

I.2 Rayonnement

Le champ électromagnétique se manifeste comme une onde qui se propage à la vitesse de la lumière « c » ($c = 300\,000\text{ km/s}$, environ, dans le vide ou dans l'atmosphère).

En chaque point, un champ électromagnétique se compose d'un champ électrique E et d'un champ magnétique H, en relation constante de proportionnalité. Ces deux composantes du champ sont décrites par des vecteurs E et H perpendiculaires l'un à l'autre (Figure I.1.) et sont contenues dans le « front d'onde » qui se propage perpendiculairement à lui-même dans la direction du vecteur de propagation P (appelé aussi vecteur de Poynting).

La valeur instantanée de E et H, à un endroit donné, varie au rythme de la fréquence de l'onde, aussi :

$$E = E_0 \sin (2 \pi f.t + \varphi_0) \quad [I, 1]$$

f étant la fréquence, t le temps, E_0 l'amplitude (ou intensité) du champ électrique et φ_0 une constante dépendant de l'endroit considéré.



L'unité d'intensité du champ électrique étant le volt par mètre (V/m), on utilise habituellement cette même unité pour caractériser l'intensité du champ radioélectrique. (Chaduc, 2004)

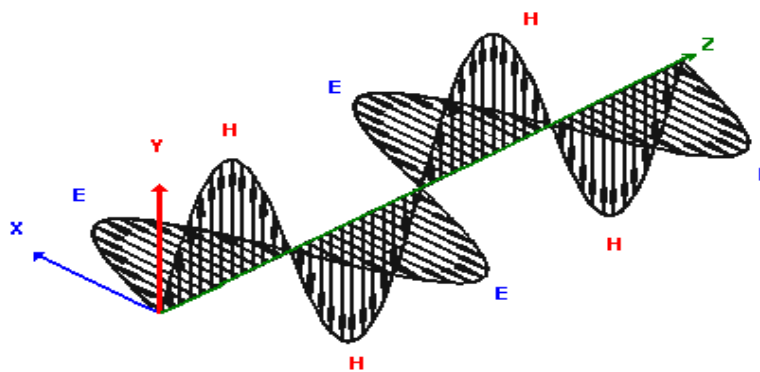


Figure I. 1. Composantes du champ électromagnétique.

I.3 Le spectre électromagnétique

Une des bases principales de la gestion du spectre réside dans la segmentation de celui-ci en « bandes de fréquences », petits sous-ensembles ou segments du vaste spectre, ayant un comportement homogène et qu'il est facile de délimiter par des dispositifs techniques assez simples. (Chaduc, 2004)

Les ondes électromagnétiques de radiofréquence (RF), dont les fréquences varient entre 10 kHz à 100 GHz, peuvent être produites par des électrons libres oscillant constamment dans un matériau conducteur. Les ondes électromagnétiques de fréquences supérieures, telles que la lumière infrarouge, la lumière ultraviolette, la lumière visible, les rayons X et les rayons gamma, résultent de l'excitation thermique d'électrons orbitaux (chaleur) ou de changements d'état quantique aux niveaux atomique et nucléaire (Figure I.2).

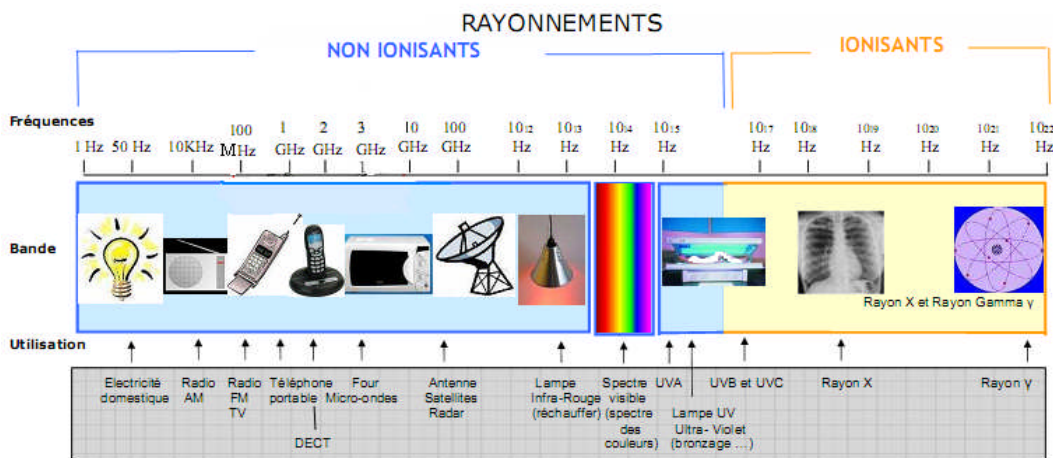


Figure I. 2. Décomposition du spectre électromagnétique.

I.4 Le spectre radioélectrique

Les « ondes radioélectriques » sont des ondes électromagnétiques ayant, par convention internationale, une fréquence inférieure à 3000 GHz se propageant dans l'espace sans guide artificiel. A l'intérieur de cet intervalle de fréquences, leur utilisation à des fins de communication doit faire l'objet d'une réglementation internationale. En fait, aujourd'hui, seules les bandes comprises entre 9 kHz et 400 GHz font l'objet d'une attribution au plan international. Ces deux fréquences extrêmes peuvent donc être considérées comme les limites du spectre radioélectrique utilisable, bien qu'en fait il n'existe que très peu d'applications au-delà de 50 GHz (excepté la radioastronomie).

Les ondes électromagnétiques dans le spectre RF sont utilisées pour transmettre de l'information analogique et numérique. Cette information est normalement codée par la modulation des caractéristiques de fréquence, d'amplitude ou de phase de l'onde porteuse.

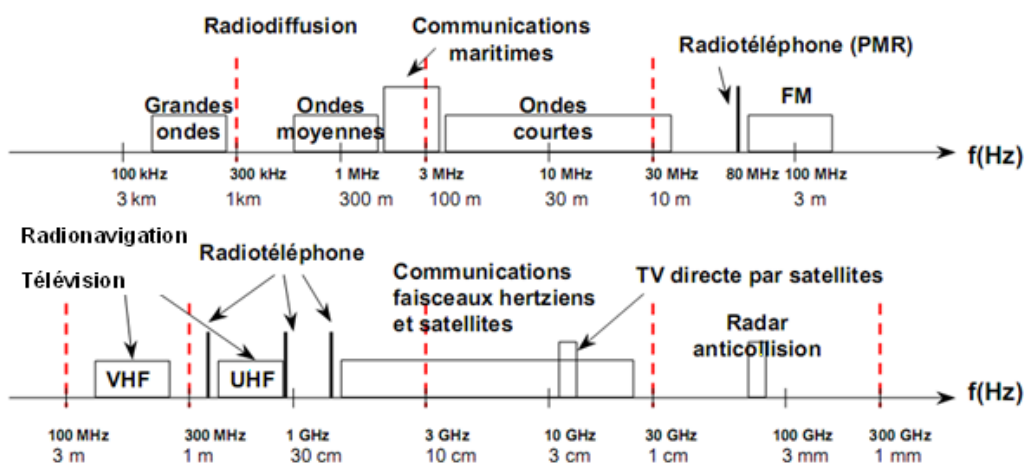


Figure I. 3. Spectre radioélectrique

Dans la figure I.3, nous remarquons que le spectre radioélectrique est exploité par des services différents, par exemple : la télédiffusion, la radionavigation, les télécommunications maritimes et aéronautiques...etc.



I.5 Bandes de fréquences

Une onde radio, comme tout phénomène oscillatoire, est caractérisée par sa fréquence « f » qui est le nombre d'oscillations par seconde et qu'on exprime en hertz. Un hertz signifie une oscillation par seconde.

L'autre échelle de description des ondes est la longueur d'onde, c'est-à-dire le « pas » du phénomène vibratoire, la distance, dans l'espace entre deux points qui connaissent à chaque instant le même état vibratoire. La longueur d'onde, exprimée par la lettre grecque λ , est directement liée à la fréquence par l'équation :

$$\lambda = c / f \quad [1,2]$$

Où « c » est la vitesse de la lumière.

Longueur d'onde et fréquence sont donc pratiquement interchangeables pour caractériser une onde radio qui se propage dans le vide ou dans l'atmosphère.

La longueur d'onde apparaît donc comme un moyen « naturel » de classer les ondes mais l'histoire a consacré à diverses époques des appellations plus techniques pour certaines bandes ou sous-bandes de fréquences.

A l'origine, on parlait des ondes longues, moyennes ou courtes. Aujourd'hui, suivant des codes définis par la conférence d'Atlantic-City en 1947, on désigne les bandes correspondantes par des acronymes anglo-saxons : HF, VHF, UHF... On trouve aussi dans la littérature technique des acronymes pour désigner des bandes d'usage courant dans un certain domaine d'application. Ce ne sont que des commodités de langage. (Chaduc, 2004)

Dans le domaine des télécommunications spatiales, par exemple, on repère par un acronyme chacune des bandes que le Règlement des radiocommunications attribue aux systèmes spatiaux : Bande L : 1,5 – 1,6 GHz, Bande C : 4 et 6 GHz, Bande X : 7 et 8 GHz, Bande Ku : 11, 12 et 14 GHz, Bande Ka : 20 – 30 GHz...

On distingue typiquement (Figure I.4) :

- Les ondes myriamétriques: de 3 kHz à 30 kHz correspondant à la bande VLF (Very Low Frequency).
- Les ondes kilométriques: de 30 kHz à 300 kHz correspondant à la bande LF (Low Frequency).
- Les ondes hectométriques: de 300 kHz à 3MHz correspondant à la bande MF (Medium Frequency).



- Les ondes décamétriques : de 3MHz à 30 MHz correspondant à la bande HF (**H**ight **F**requency).
- Les ondes métriques: de 30 MHz à 300 MHz correspondant à la bande VHF (**V**ery **H**ight **F**requency).
- Les ondes décimétriques : de 300 MHz à 3 GHz correspondant à la bande UHF (**U**ltra **H**ight **F**requency).
- Les ondes centimétriques : de 3 GHz à 30 GHz correspondant à la bande SHF (**S**uper **H**ight **F**requency).
- Les ondes millimétriques : de 30 GHz à 300 GHz correspondant à la bande EHF (**E**xtremelly **H**ight **F**requency).

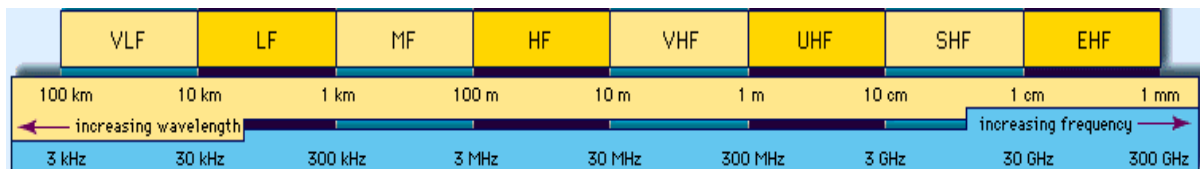


Figure I. 4. Bandes de fréquences

I.6 Propriétés générales des bandes de fréquence

Les bandes VLF-MF : Ces deux bandes sont utilisées pour les largeurs de bandes basses, comme pour la transmission longue distance de radionavigation, les télégraphes maritimes et canaux de détresses, et bien sur la transmission radio AM classique.

La bande HF : La propagation des ondes courtes est quasiment régie par l'activité solaire. En effet, les éruptions solaires, taches et autres flammèches rendent les couches ionosphériques imperméables aux ondes HF, ce qui permet d'utiliser certaines couches situées aux confins de l'atmosphère comme des miroirs pour les ondes de ciel. (Nangy, 2006)

De cette manière, les signaux radio (onde HF) pourront franchir des dizaines de milliers de kilomètres en réalisant plusieurs bords. Ce qui permet aux ondes HF de se propager en dépit de la rotondité de la terre. Cette propagation est sujette à des perturbations liées à la période de la journée (jour ou nuit). Par contre, ces fréquences faibles et non réutilisables correspondent à de faibles capacités de transmission et se limitent aux transmissions du son en modulation d'amplitude, peu encombrantes en largeur de spectre.



Les bandes VHF-UHF : Les bandes VHF et UHF constituent aujourd'hui le cœur du spectre radioélectrique. Elles sont les plus sollicitées pour les applications qui intéressent le grand public dans les domaines de la radiodiffusion, et du mobile : radio FM, télévision, radiotéléphone, réseaux locaux, radiolocalisation, terminaux sans fil...mais aussi pour les applications professionnelles et de sécurité : réseaux de police et de gendarmerie, réseaux de santé, réseaux d'incendie et de secours, applications aéronautiques, maritimes, ferroviaires. Elles sont aussi importantes pour la Défense. Les ondes VHF et UHF se propagent essentiellement à vue directe, étant toutefois sensibles à de nombreux phénomènes annexes tels que l'absorption, chemins multiples et diffraction.

La bande SHF : Cette gamme de fréquences permet une transmission rapide des communications digitales avec un débit supérieur à 1 Gigabit par seconde. C'est une gamme qui est sujette aux interférences fréquentielles (phénomène de Fading), ainsi qu'aux atténuations atmosphériques. (Lagha, Décembre 2004)

I.7 Modes de propagation des ondes radioélectriques

La propagation d'une onde dans un milieu réel dépend de la fréquence et de la topographie de la zone dans laquelle s'effectue la propagation. (Meguellati, 2008)
Les ondes radio peuvent être propagées d'une antenne d'émission à une antenne de réception de diverses manières.

I.7.1 Ondes de sol (ou ondes de surface)

L'onde de surface suit la courbure de la terre (Figure I.5). Sa portée dépend de la nature du sol rencontré, de la fréquence et, bien sûr, de la puissance de l'émission. Une partie de l'énergie de l'onde de surface est absorbée par le sol et y provoque des courants induits; l'absorption d'énergie est beaucoup plus importante en polarisation horizontale et c'est pourquoi les émissions s'effectuent en polarisation verticale.

Les émissions en onde de sol sont atténuées avec la fréquence: l'on peut atteindre une portée de plusieurs milliers de kilomètres en très basses fréquences (VLF) de quelques centaines de kilomètres en fréquences moyennes (MF) et quelques dizaines de kilomètres en hautes fréquences (HF).

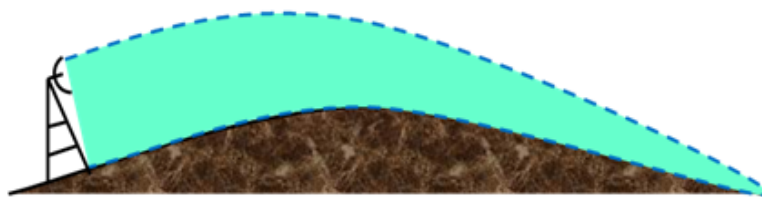


Figure I. 5. Propagation de l'onde sol.



I.7.2 Transmission par réflexion ionosphérique (ondes de ciel)

L'atmosphère peut être divisée en trois couches principales (Figure I.6) :

- **La troposphère** : s'étend jusqu'à environ 10km. C'est la région située entre le niveau de la mer et au-dessus des plus hautes montagnes. On y trouve donc de fortes variations de pression, de température ou d'humidité, à l'origine de changements de l'indice de réfraction de l'air.
- **La stratosphère** : s'étend jusqu'à environ 50km.
- **L'ionosphère** : s'étend de 50km jusqu'à 400km. Dans l'ionosphère, les rayons cosmiques ionisent les molécules de gaz formant ainsi une couche conductrice pouvant servir de réflecteur aux ondes EM. Les caractéristiques dépendent essentiellement de la fréquence considérée, de l'altitude, de la latitude et varient entre jour et nuit. Cette couche conductrice sert de réflecteur aux ondes incidentes pour les fréquences inférieures à 30 MHz.

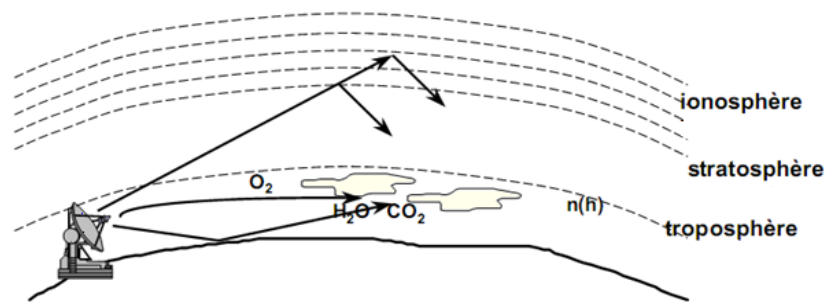


Figure I. 6 Réflexion ionosphérique.

Plus on utilise une fréquence haute (donc une onde courte), plus on augmente la portée. Mais au-delà de la fréquence critique de 30 MHz, les ondes ne sont plus réfléchies. Ce mode de propagation est utilisé par les émetteurs FM et pour la transmission VHF radio ou TV et pour des signaux vidéo courts.

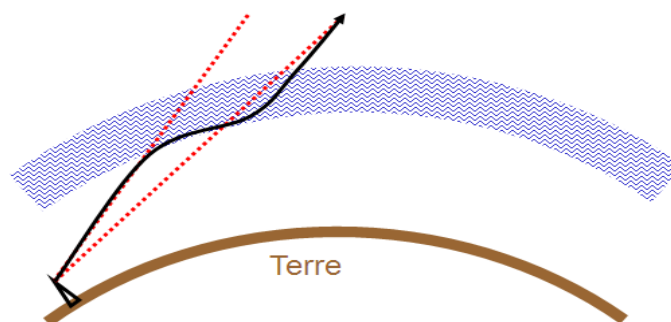


Figure I. 7. Transmission via un satellite.



Quand on veut effectuer une transmission via un satellite, il faut alors dépasser cette fréquence critique pour que les ondes ne soient pas réfléchies. En pratique, on prend des fréquences supérieures à 100MHz. De plus, pour des considérations d'absorption, on reste la plupart du temps avec des fréquences inférieures à 12 GHz.

I.7.3 Les ondes d'espace (ou ondes directes)

Elles se propagent en ligne droite et nécessitent une ligne de vue entre les antennes d'émission et de réception. La portée de ces ondes est limitée à cause de la courbure de la terre. Ce mode de propagation est le seul en VHF et au-delà, il est caractérisé par une grande stabilité du champ, une polarisation exacte et un affaiblissement réduit.

La propagation en ondes directes facilite les communications vers les satellites. Pour les fréquences allant de 3 GHz à 12 GHz l'atmosphère terrestre ne présente qu'une faible atténuation des signaux. Au-delà de 12 GHz l'oxygène et la vapeur d'eau offrent une atténuation remarquable pour les ondes électromagnétiques.

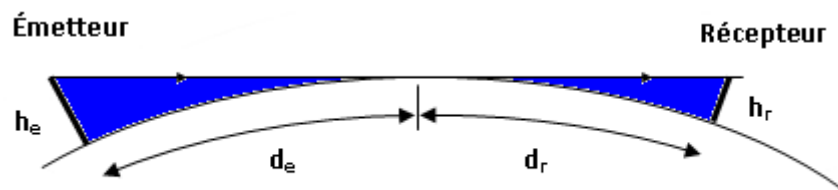


Figure I. 8. Portée entre deux installations.

La portée maximale d_{max} entre deux antennes disposées à des altitudes respectives h_e et h_r est :

$$d_{max} = d_e + d_r = \sqrt{2h_e R} + \sqrt{2h_r R} \quad [I,3]$$

Pour effectuer des corrections on se ramène à des rayons rectilignes en considérant une terre fictive de rayon $R = kR_0$ qui correspond au 4/3 du rayon de la terre, soit :

$$R = \left(\frac{4}{3}\right) \times 6370 \text{ km} = 8500 \text{ km} \quad [I,4]$$



I.7.4 Onde troposphérique (non-visibilité)

Pour la gamme de fréquence allant de 300 MHz à 3 GHz, les ondes électromagnétiques seront diffusées vers le sol. Les ondes diffusées seront de moindre puissance, elles peuvent être reçues, démodulées et traitées. Ce mode de propagation comme illustré sur la figure I.9, s'appelle mode de communication à diffusion troposphérique.

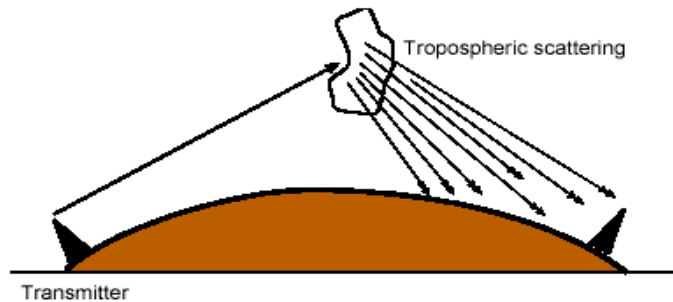


Figure I. 9. Mode de propagation à diffusion troposphérique.

I.8 Interférences

Il existe de multiples causes d'interférences :

- Certaines sont naturelles et indépendantes de l'activité humaine ; par exemple une circonstance de propagation exceptionnelle peut diminuer considérablement la protection vis-à-vis d'une émission lointaine qu'assure normalement la distance, ou bien encore le passage épisodique du soleil, source radioélectrique intense, dans le lobe principal d'une antenne spatiale peut interrompre une liaison satellite-Terre.
- D'autres interférences résultent de défauts techniques ou de violation de la réglementation. Si les paramètres techniques principaux d'une émission : fréquence, puissance, excursion, etc... ne sont pas respectés, le risque de perturbations d'un voisin est très grand. De même des défauts d'ingénierie des sites d'émission peuvent générer des parasites : ainsi les produits d'intermodulation. En effet, si plusieurs émissions coexistent sur un site, utilisant les fréquences F_i , F_j , F_k ..., un dispositif non linéaire quelconque du voisinage, peut générer des ondes parasites, par exemple aux fréquences $2F_i - F_j$ ou $F_i + F_j - F_k$ qui se trouvent dans la même bande de fréquences que les porteuses normales.

Ainsi trois porteuses F_1 à 400 MHz, F_2 à 402 MHz et F_3 à 404 MHz, en se combinant, peuvent former par exemple un signal parasite à 398 MHz ($2F_1 - F_2$) ou encore à 402 MHz ($F_1 + F_3 - F_2$).



On peut remarquer que les raies d'intermodulation d'ordre 3 ont des fréquences proches des raies fondamentales, d'où l'intérêt d'étudier les raies d'intermodulation d'ordre 3. (Voir figure ci-après).

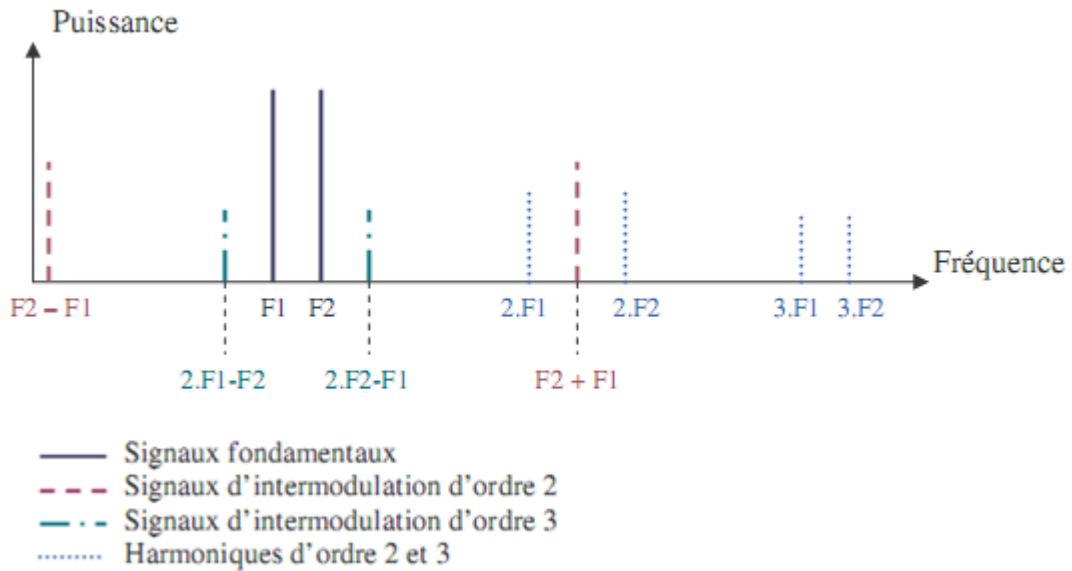


Figure I. 10. Intermodulation.

I.9. Règlementation de la gestion des fréquences

Au plan mondial, le partage du spectre des fréquences radio entre les différents utilisateurs relève de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) organisation internationale affiliée aux Nations Unies depuis le 15 octobre 1947.

La répartition des bandes de fréquences entre les utilisateurs s'effectue par consensus lors des Conférences mondiales des radiocommunications, organisées périodiquement sous l'égide de l'UIT.

Les différentes réglementations, principalement le Règlement des Radiocommunications et les divers tableaux nationaux de répartition des bandes de fréquences, dessinent le cadre général de l'utilisation du spectre.

I.9.1 Définitions

La gestion des fréquences est définie par l'Union internationale des Télécommunications (UIT) comme « *une combinaison d'actions administratives et techniques nécessaire pour assurer l'exploitation du plus grand nombre possible de voies radioélectriques par les stations de différents services de radiocommunication dans une partie donnée du spectre des fréquences, à un moment quelconque, sans causer ou subir de brouillages préjudiciables* ».



- **Termes spécifiques liés à la gestion des fréquences**
 - **Attribution (d'une bande de fréquences):** Inscription dans le Tableau d'attribution des bandes de fréquences, d'une bande de fréquences déterminée, aux fins de son utilisation par un ou plusieurs services de radiocommunication, dans des conditions spécifiées. Ce terme s'applique également à la bande de fréquences considérée.
 - **Allotissement (d'une fréquence ou d'un canal radioélectrique):** Inscription d'un canal donné dans un plan adopté par une conférence compétente, aux fins de son utilisation par une ou plusieurs administrations pour un service de radiocommunication de Terre ou spatiale, dans un ou plusieurs pays ou zones géographiques déterminés et selon des conditions spécifiées.
 - **Assigantion (d'une fréquence ou d'un canal radioélectrique):** Autorisation donnée par une administration pour l'utilisation par une station radioélectrique d'une fréquence ou d'un canal radioélectrique déterminé selon des conditions spécifiées.

I.9.2 Les zones géographiques réglementaires

Afin de faciliter la gestion du spectre au niveau international, l'UIT a divisé notre planète en trois zones, ou « Régions », notée avec un R majuscule pour distinguer cette appellation réglementaire du vocable commun (Figure I.11).

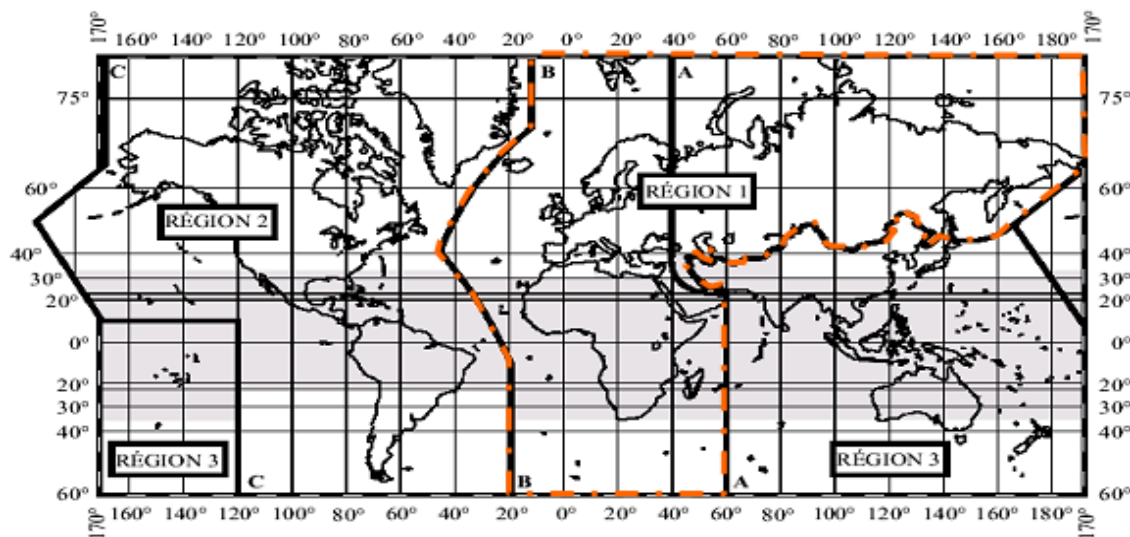


Figure I. 11. Les régions du Règlement des radiocommunications.

Ce partage du monde tient compte de la géopolitique mais aussi de la segmentation naturelle des terres, en termes radioélectriques, pour des ondes de fréquences supérieures à 40 MHz (limite grossière).

L'Algérie fait partie de la REGION 1.



I.10 Planification générale du spectre de fréquences

Le spectre hertzien est segmenté en bandes de fréquences de caractéristiques homogènes qui sont attribuées (soit dans le monde entier soit par régions) à des services réglementaires particuliers, c'est-à-dire de grandes classes d'application génériques : services de Terre ou service spatiaux, service fixe, service mobile, service de radiodiffusion...caractérisés par quelques traits fonctionnels majeurs.

Une bande particulière peut être exclusive ou partagée entre plusieurs services. Des priorités peuvent être imposées entre services.

I.10.1 Le service fixe

Le service fixe (ou service fixe de Terre) vise à établir des liaisons entre points fixes connus, situés sur la Terre, par l'intermédiaire de liaisons radio directes, bien entendu des relais terrestres intermédiaires sont autorisés entre les extrémités, chaque bond de la liaison constituant dans ce cas une liaison du service fixe. Le plus souvent le service fixe est duplex, c'est-à-dire qu'il nécessite un couple de bandes pour assurer les deux sens de transmission de l'information.

I.10.2 Le Service mobile

Les services mobiles sont nés aussi dès le début de la radio sous la forme des services mobiles radio maritimes pour assurer le lien entre la terre et les grands navires. Dans cette fonction, ils touchaient à la sécurité autant qu'aux échanges d'informations courantes.

Il existe aujourd'hui quantité de services réglementaires qui relèvent du qualificatif « mobile » : mobile terrestre, mobile maritime, mobile aéronautique... avec des variantes et toujours avec une option « spatiale » ou « par satellite ».

I.10.3 Le Service Spatial

Dans les radiocommunications spatiales, les choix de fréquences et les choix d'orbites sont étroitement liés et doivent s'intégrer dans une conception d'ensemble, l'ingénierie d'un « système par satellite ».

Au fil des années on a vu se développer toute une variété de services offerts par satellite. Peu ou prou: Service fixe par satellite, Mobile par satellite, Radiodiffusion par satellite, Radionavigation par satellite...etc.



Chapitre I : Partie 2

Généralités sur CNS/ATM

I.11 Concept CNS/ATM

Les communications, la navigation et la surveillance (CNS) sont les trois fonctions de base nécessaires à la gestion du trafic aérien (ATM : Air Traffic Management).

C'est en 1983 que l'OACI a créé le comité FANS (Future Air Navigation System), sa tâche était de reconnaître et d'évaluer de nouveaux concepts et de nouvelles techniques et de formuler des recommandations sur le développement progressif et coordonné de la navigation aérienne sur une période de vingt cinq (25) ans.

Dans son rapport de mai 1988, le comité FANS a conclu que l'exploitation des techniques à satellites était la seule solution viable qui permette de dépasser les limites des systèmes CNS existants et de répondre aux besoins mondiaux futurs de façon économique. Il a en même temps reconnu que certains systèmes sol à portée optique existants continueraient de convenir là où leurs limites de propagation ne constituent pas un problème. Le concept FANS est donc une combinaison rationnelle des techniques spatiales et que les systèmes actuels ont de meilleur, en vue d'atteindre des résultats globalement optimaux.

En Octobre 1993, le comité FANS phase II, qui a été établi en 1989, a achevé ses travaux en présentant un plan mondial coordonné de transition aux futurs systèmes CNS/ATM. (Journée d'études : Les futurs systèmes de navigation aérienne, 24/04/1994)

- **Objectifs**

Ces futurs systèmes de navigation aérienne à base de techniques satellitaires semblent être l'alternative la plus réaliste et la plus efficace pour :

- Augmenter la capacité tout en maintenant un niveau de sécurité élevé.
- Atténuer les disparités entre systèmes ce qui améliore la coordination entre organes et diminue la charge de travail des personnels.
- Remplir et généraliser les autres fonctions non moins importantes que sont le contrôle d'exploitation aéronautique et la correspondance des passagers aériens.



I.12 Moyens CNS conventionnels (terrestres)

I.12.1. Communication

Elles concernent l'échange de messages (données et voix) relatifs au déroulement des vols au moyen de liaisons Sol/Sol et Air/Sol utilisées exclusivement pour les besoins aéronautiques ou faisant partie des réseaux communs des télécommunications. Ces communications regroupent les communications VHF et HF.

Dans le deuxième chapitre, nous porterons essentiellement sur les communications aéronautiques et plus particulièrement sur l'utilisation de la bande VHF pour les communications air/sol.

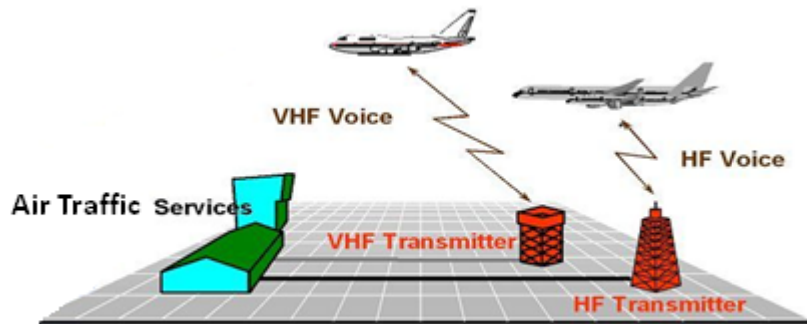


Figure I. 12. Communications terrestres.

I.12.2. Navigation

Les systèmes de radionavigation comprennent les installations d'aide à l'atterrissage (ILS : Instrument Landing System) et les moyens de radionavigation en route et zone terminale (VOR : VHF Omni Range, DME : Distance Measuring Equipment et NDB : Non Directional Beacon).

Dans le troisième chapitre nous décrivons en détails les moyens de navigation traditionnels précités.

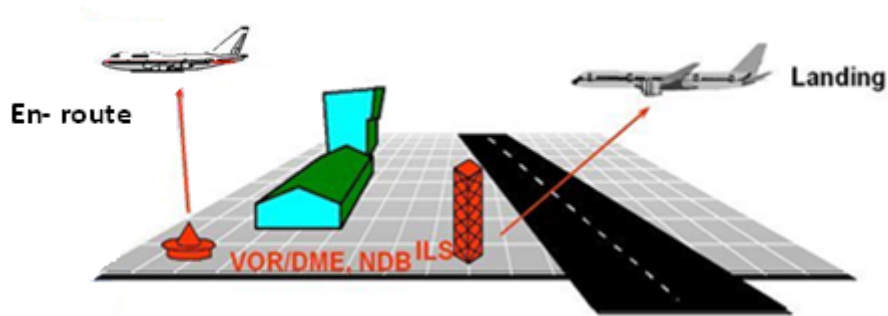


Figure I. 13. Navigation terrestre.

I.12.3. Surveillance

Les systèmes de surveillance actuellement en service peuvent être divisés en deux types principaux : surveillance dépendante et surveillance indépendante.

a) Dans les systèmes dépendants de surveillance, la position d'avion est déterminée à bord et alors transmise à l'ATC. La position de l'avion est déterminée à partir de l'équipement à bord de navigation.

b) La surveillance indépendante est un système qui mesure la position d'avion depuis la terre. La surveillance courante est basée sur la position de voix rapportant ou sur le radar (radar primaire de surveillance (PSR) ou radar secondaire de surveillance (SSR)).

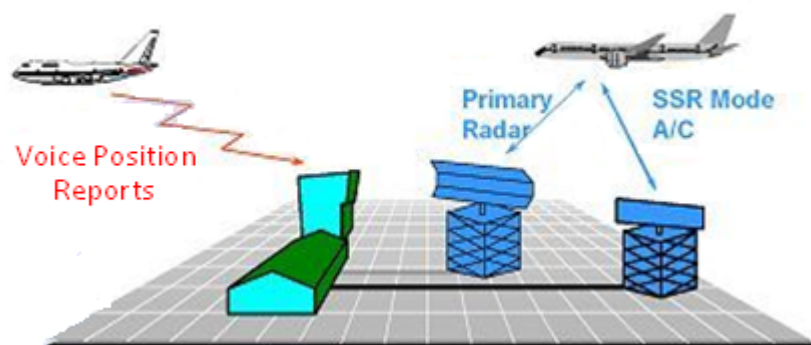


Figure I. 14. Surveillance terrestre.

Dans ce présent mémoire, nous n'allons pas traiter l'aspect surveillance.



I.13 Contraintes des moyens terrestres

Les systèmes de radionavigation et de communication utilisés de nos jours, de par leur nombre et après avoir traversé une période de croissance continue depuis près d'un demi-siècle, présentent des inconvénients qui sont des contraintes insurmontables pour l'évolution des techniques du contrôle aérien, parmi lesquelles :

- Des limitations en propagation, en fiabilité et en précision imposées par la nature même du type de ces équipements installés au sol.
- Les limites imposées par la quasi absence de systèmes numériques d'échanges de données air/sol.
- Des problèmes générés par les conditions d'implantation et le faible taux de disponibilité de ces moyens dans certaines parties du territoire.

Les moyens actuels de supports techniques au système de navigation aérienne reposent, pour une très large part, sur le principe d'une implantation terrestre donc sujette à certaines variations contraignantes, tant de qualité (zones désertiques, relief, ...etc.) que de densité (zones urbaines, imbrication des supports d'exploitation).

I.14 Moyens CNS satellitaires (de l'OACI)

I.14.1. Communication

- Les communications vocales et de données seront assurées essentiellement par des satellites de communication.
- La VHF continuera à assurer les liaisons vocales et de données dans les régions continentales. Le problème de congestion actuelle des fréquences VHF sera résolu par le passage à l'espacement à 8,33 KHz et la technique AMRT (TDMA) VDL2 et VDL3).
- Le mode S du SSR assurera une liaison de données air-sol dans les régions à forte densité de trafic.

Les services de communication aéronautiques mobiles utiliseront des relais satellites (Aeronautical Mobile Satellite Système : AMSS).



Notions sur les satellites :

i. Les satellites

Un satellite de télécommunication peut être considéré comme une sorte de relais hertzien. En effet, il ne s'occupe pas de la compréhension des données: ce n'est qu'un simple miroir. Son rôle est de régénérer le signal qu'il a reçu et de le retransmettre amplifié en fréquence à la station réceptrice. Le satellite offre également une capacité de diffusion. C'est-à-dire qu'il peut retransmettre les signaux captés depuis la terre vers plusieurs stations. La démarche inverse peut également être effectuée. Le satellite peut récolter des informations venant de plusieurs stations différentes et les retransmettre vers une station particulière. Les fréquences porteuses sont situées dans le domaine des micro-ondes ou bande SHF (3-30 GHz).

ii. Les bandes de fréquences

La plupart des fréquences utilisées pour les télécommunications par satellite se situent dans les bandes UHF et SHF du spectre de fréquences radioélectriques. Nous avons:

La bande L (1 à 2 GHz), de 80 MHz de largeur, réservée aux communications mobiles.

La bande C (4 à 6 GHz), d'une largeur de 500 MHz, très employée par les centaines de satellites actifs aujourd'hui en orbite.

La bande X (7 à 8 GHz) réservée aux applications militaires.

La bande Ku (12 à 14 GHz) beaucoup utilisée par de grandes stations terrestres fixes

La bande Ka (20 à 30 GHz) qui demeure la seule encore libre.

iii. Les systèmes internationaux

Ce sont des organisations chargées de gérer les satellites dans le but d'offrir des services. Nous en avons trois principaux qui sont:

INMARSAT (International MARitime SATellite organization).

EUTELSAT (EUropean TELecomunications SATellite organization).

INTELSAT (INternational TELecomunications SATellite organization).

iv. Le segment terrestre

Le segment terrestre est constitué de l'ensemble des stations terriennes. Elles sont le plus souvent raccordées aux terminaux des usagers par un réseau terrestre. La liaison est directe, dans le cas de petites stations (VSAT : Very Small Aperture Terminal) et de stations mobiles.



Le VSAT est un système qui repose sur le principe d'un site principal (le hub) et d'une multitude de points distants (les stations VSAT). Les stations VSAT permettent de connecter un ensemble de ressources au réseau.

Dans la mesure où tout est géré par le hub, les points distants ne prennent aucune décision sur le réseau. Ce qui a permis de réaliser des matériels relativement petits et surtout peu coûteux. Une station VSAT n'est donc pas un investissement important et l'implantation d'un nouveau point dans le réseau ne demande quasiment aucune modification du réseau existant.

- **Le système ACARS**

Le système ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) VHF Data Link (liaison de données) ont servi l'industrie aéronautique depuis 1978.

La liaison numérique VHF (VDL) est un sous-réseau mobile du réseau de télécommunications aéronautiques (ATN) fonctionnant dans la bande VHF du service mobile aéronautique. La VDL peut aussi assurer des fonctions non ATN, comme la transmission de signaux vocaux numérisés

La communauté aéronautique mondiale considère que les transmissions DATA-LINK sont la clé des futures communications et gestion du trafic aérien.

Il existe quatre modes de VDL: VDL mode 1, VDL mode 2, VDL mode 3 et VDL mode 4.

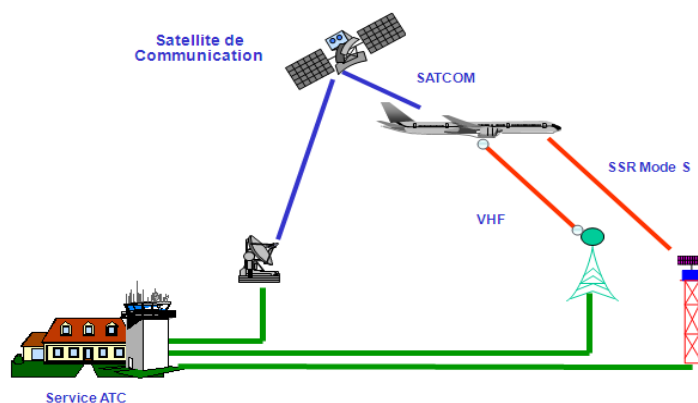


Figure I. 15. Communication satellitaire.



I.14.2. Navigation

Le comité FANS a identifié la technologie spatiale comme la candidate la plus apte à fournir des services de navigation avancés pour l'aviation civile.

Les systèmes de navigation par satellite sont la solution à la mise en œuvre de navigation suffisamment précise pour permettre une séparation réduite entre avions, sans pour autant nuire à leur sécurité. De très grands avantages sont attendus surtout dans les espaces Africains et zones océaniques où les moyens de radionavigation font défaut.

- **Le GNSS**

Le GNSS (Global Navigation Satellite System) est un système mondial de détermination de position et de temps qui inclut un ou plusieurs constellations, récepteurs d'avion, et intégrité satellites de système surveillant, augmenté selon les besoins pour soutenir l'exécution exigée de navigation (RNP) pour la phase réelle de l'opération.

- **Systèmes GPS et GLONASS**

Le système américain de positionnement GPS (Global Positioning System) et le système russe GLONASS (Global Navigation Satellite System) sont actuellement les candidats les plus avancés pour répondre à ce besoin. Les deux systèmes conçus initialement à des fins militaires, fonctionnent sur des principes similaires et ont une précision théorique de quelques mètres en trois (03) dimensions. Tous deux utilisent :

Un segment spatial comprenant de nombreux satellites dans des plans orbitaux différents et survolant la Terre à mi-distance.

Un segment terrestre qui contrôle le réseau pour les deux systèmes (EGNOS, WAAS, ...)

Enfin le segment embarqué est constitué d'un récepteur-processeur qui calcule la position de l'aéronef en mesurant la distance des satellites visibles dont la position orbitale est connue avec précision. Cette information peut être utilisée directement à bord ou être traitée par un système de gestion de vol (FMS).

- **GALILEO**

Ce système Européen de navigation par satellite est en cours de mise en œuvre, son lancement est prévu pour l'année 2012.

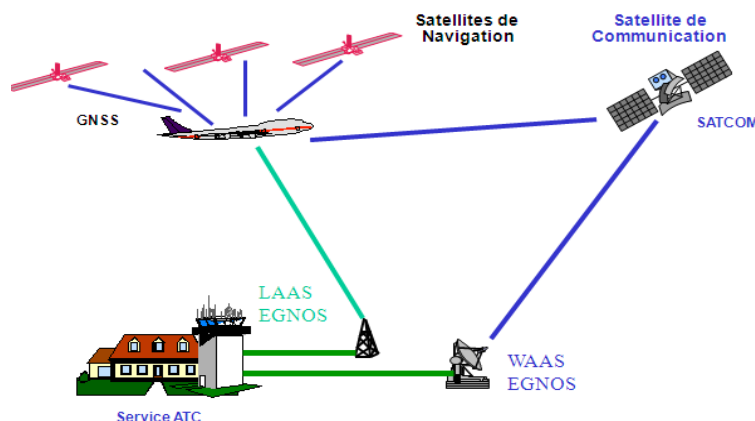


Figure I. 16. Navigation satellitaire.



I.14.3. Surveillance

- L'ADS, nouvelle fonction dans laquelle les aéronefs transmettent automatiquement les données de position tirées des systèmes de navigation embarqués, sera le principal moyen de surveillance.
- Les liaisons de données air-sol pour les besoins de surveillance seront assurées par VHF (VDL) et par satellites de communication.
- Le SSR mode S demeurera largement utilisé dans les régions à forte densité de trafic et les TMA (Terminal Control Area).

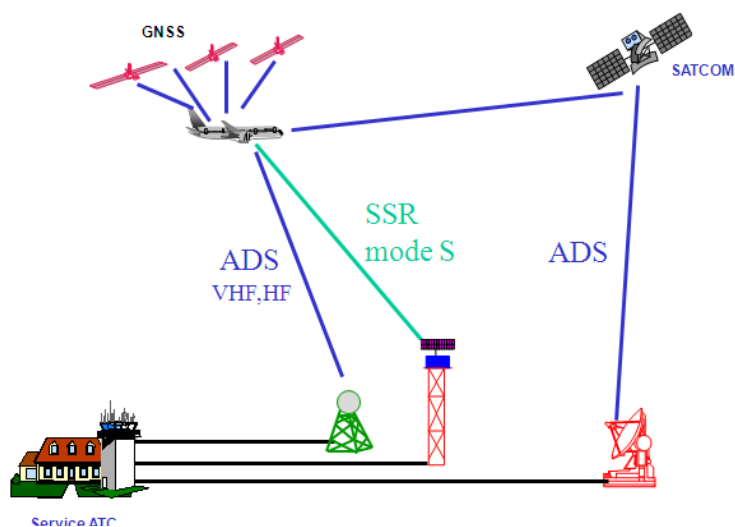


Figure I. 17. Surveillance satellitaire.

I.15 Distribution des fréquences sur les moyens CNS

L'attribution des bandes de fréquences dédiées à l'aéronautique civile doit tenir compte de deux contraintes :

- La nécessité d'interopérabilité (normalisation) des équipements de bord partout dans le monde.
- Le besoin de protection quasi absolue vis-à-vis des brouillages, condition de la sécurité et de la régularité de ce type d'activité.

De ce point de vue, la spécificité des besoins de l'aviation civile est bien reconnue à l'UIT car depuis ses débuts, l'aviation a utilisé de manière régulière les radiocommunications

Dans la figure I.18, nous avons la répartition générale des différentes bandes de fréquences sur les moyens CNS.

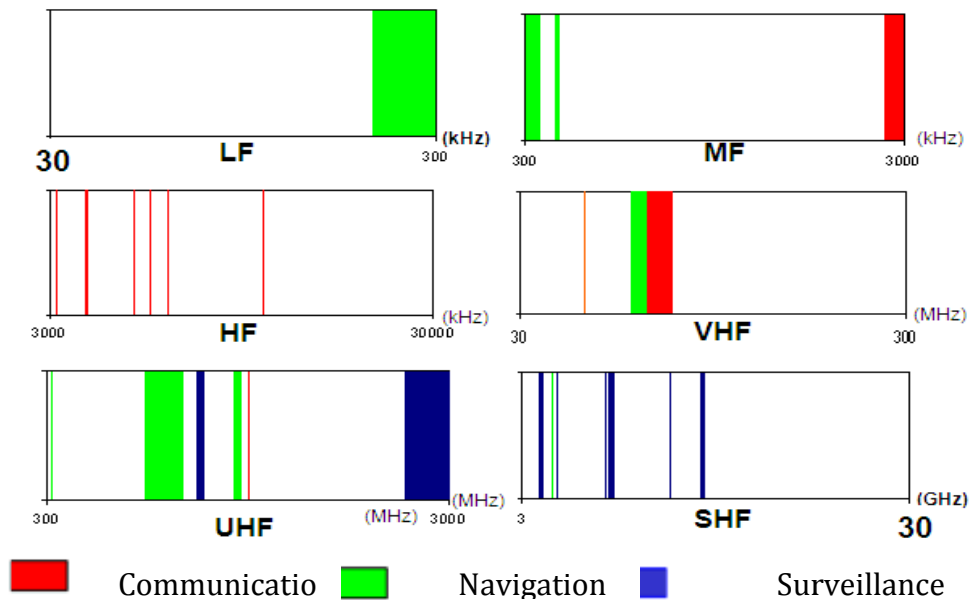


Figure I. 18. Organisation des fréquences.

I.16 Conclusion

Le spectre des fréquences est une entité mathématique abstraite, non matérielle, et une ressource limitée.

Les moyens CNS existants et futurs utilisent des ondes électromagnétiques pour la transmission de la voix et des informations. Pour éviter un usage anarchique du spectre radioélectrique, l'Union Internationale des Télécommunications a attribué aux différents services utilisant ce spectre des fréquences distinctes. Certaines plages de fréquences sont en particulier réservées à l'Aviation.



Chapitre II :

La bande VHF Aéronautique (COM2)

II.1. Introduction

L'OACI a regroupé en tableaux des fréquences utilisées par l'aviation civile :

- **Tableau COM 2** : service mobile aéronautique : fréquences concernées 118-137 MHz.
- **Tableau COM 3** : VOR (VHF Omni Range) et ILS (Instrument Landing System) : fréquences concernées 108-118 MHz, DME (Distance Measuring Equipment) : fréquences concernées 960-1215 MHz, MLS (systèmes d'atterrissage hyper fréquences) : fréquences concernées bande des 5 GHz.
- **Tableau COM 4** : radiophares aéronautiques 255-526 kHz.

Ce chapitre portera sur les communications aéronautiques et traitera, essentiellement, l'utilisation des fréquences du tableau COM 2 par le service mobile aéronautique, en tenant compte des caractéristiques de la bande VHF et de la réglementation en vigueur de son utilisation, avec une étude de l'existant dans la FIR Alger.

II.2. Le service fixe aéronautique (SFA)

Le Service Fixe Aéronautique (SFA) englobe l'ensemble des communications point à point reconnues par l'OACI dans les domaines des Services de la Circulation Aérienne (ATS), des Services d'Informations Aéronautiques (AIS), de la Météorologie (MET), de Recherches et Sauvetage ainsi que certains besoins des exploitants d'aéronefs. Il concerne l'échange de données alphanumérique (messages) entre les Centres de Télécommunications (BCT) et de voix (phonie) entre les contrôleurs.

Ce service peut utiliser des liaisons radio pour l'acheminement des messages RSFTA et pour la coordination entre les centres de contrôle (Exemple : Fréquences HF sol-sol du CCR Alger).

Les deux composantes principales du service fixe aéronautique sont :



a) Le Réseau du Service Fixe des Télécommunications aéronautiques (RSFTA)

C'est un réseau automatisé dont le support est principalement loué aux PTT pour les messages alphanumériques.

En Algérie, le RSFTA est destiné à l'échange de messages entre stations fixes aéronautiques. Ce réseau a pour nœud principal, le centre COM d'Alger (Commutateur de messages). C'est un centre principal d'échanges notamment entre l'Afrique et l'Europe.

Les liaisons nationales concernent les aérodromes, la Direction Générale, les Directions Centrales opérationnelles, le Ministère des Transports (Direction de l'Aviation Civile) et le service du SAR. (Voir Annexe B)

Les liaisons internationales relient Alger à Orléans, Casablanca, Tunis et Niamey. (Voir Annexe B).

b) Le Réseau ATS/DS pour les messages en phonie.

Ce réseau direct entre organismes de contrôle de la circulation aérienne fait appel à des lignes (PTT) téléphoniques spécialisées.

En Algérie, les liaisons ATS/DS sont destinées à la coordination entre le CCR d'Alger et les aérodromes ainsi qu'entre le CCR d'Alger et les centres adjacents (Casablanca, Séville, Barcelone, Marseille, Tunis, Tripoli, Niamey, Dakar).

Remarque : La liste des bandes de fréquences aéronautiques du service mobile ainsi que les bandes de radionavigation est donnée à l'annexe A.

II.3. Le Service Mobile Aéronautique (SMA)

Le RR (Règlement des Radiocommunication) distingue deux types de services mobiles aéronautiques:

- Le service mobile aéronautique (R): service mobile aéronautique réservé aux communications relatives à la sécurité et à la régularité des vols, principalement le long des routes nationales ou internationales de l'aviation civile.
- Le service mobile aéronautique (OR): service mobile aéronautique destiné à assurer les communications, y compris celles relatives à la coordination des vols, principalement hors des routes nationales ou internationales de l'aviation civile.



II.3.1. Services bénéficiant du SMA

1) Service de contrôle

Service offert aux vols IFR (Instrument Flight Rules) en espace aérien contrôlé dont le rôle est la prévention des abordages par séparation des aéronefs (espacement horizontal et vertical). Il existe 3 types de contrôle : (Figure II.1)

- **Le contrôle en route (ACC OU CCR)** : dont la mission est de gérer la progression des avions en particulier le long des routes aériennes.

L'Algérie possède un seul Centre de Contrôle en Route (ACC) situé à Alger qui assure le contrôle en route et le service d'information de vols dans toute la FIR Alger.

- **Le contrôle d'approche (APP)** : prend le relais du contrôle en route pour gérer la phase de descente de l'avion jusqu'à 6 ou milles nautiques de la piste.

La FIR Alger dispose de cinq (5) centres de Contrôle d'approche (les cinq CTA) les Approches d'Alger, d'Annaba et d'Oran sont équipées de nouveaux systèmes de contrôle, de communication, et de nouvelles positions de visualisation.

- **Le contrôle d'aérodrome (TWR) ou tour de contrôle** : assure le contrôle des décollages, des atterrissages et de la circulation au sol.

Trente neuf (39) aérodromes sont implantés en Algérie, 30 aérodromes sont des aérodromes civils, dont 10 de moindre importance. 6 aérodromes sont exclusivement militaires et 3 sont mixtes civils militaires.

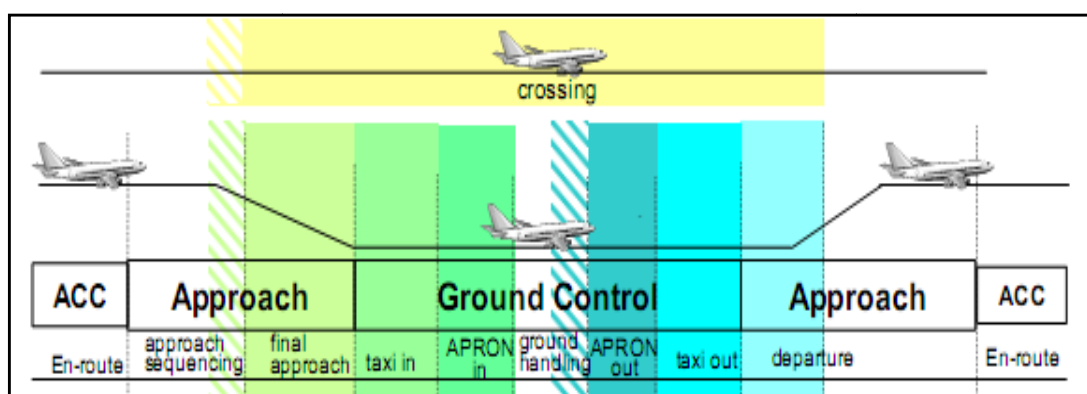


Figure II. 1. Le service de contrôle.



2) Service d'information de vol

Consiste à fournir aux usagers les informations qui sont utiles ou nécessaires pour effectuer un vol dans des conditions aussi sûres que possible. Il peut s'agir d'informations météorologiques, d'informations sur des systèmes en panne, etc.

3) Service d'alerte

Consiste à assurer un suivi des avions qui en ont fait la demande implicite ou explicite afin que des opérations de recherche et de secours soient menées si on venait à envisager l'éventualité d'un accident.

II.4. Catégories de communications air/sol

→ **Communications AOC (Aircraft Operation Communications)**

Ces communications correspondent aux échanges liés à l'exploitation entre les avions d'une compagnie et leur base à savoir, la gestion de la logistique à l'arrivée d'un vol, la coordination des correspondances et les échanges de paramètres liés au suivi technique du vol. Ces échanges sont de plus en plus automatisés en liaisons de données, c'est le domaine qui justifie le plus la mise en place de data-link air/sol.

→ **Communications AAC (Airline Administrative Communications)**

Ces communications regroupent l'ensemble des communications liées aux besoins de la compagnie exploitante, à savoir, le changement de programme lors d'une rotation, la gestion des déroutements et les échanges divers.

→ **Communications APC (Aircraft Passenger Communications)**

Ces communications correspondent au service de correspondance publique offert sur avion c'est un service de base du système AMSS/SATCOM d'INMARSAT.

→ **Communications ATS (Air Traffic Services)**

Ces communications regroupent les services de communications relatifs à l'information en vol : FIS (Flight Information Service) à savoir, les informations météorologiques, d'autres informations générales (ex: fréquences radio de certains services) et les services de communications de contrôle du Traffic aérien : ATC (Air Traffic Control).

→ **Communications ATC**

Les communications ATC assurent une fonction de sécurité, plus les espacements sont faibles plus la fonction communication est critique, en zone océanique par exemple, avec des espacements de 100 Nm, les communications sont moins critiques. Du fait de la faiblesse du contenu sémantique des messages, les communications ATC ne sont pas efficaces.



II.5. Utilisation des fréquences HF entre 2850 et 22 000 kHz pour le service mobile aéronautique

II.5.1. Caractéristiques générales des communications HF

Les ondes HF bénéficient d'une largeur de couverture permettant une propagation multimodale : onde directe, onde de sol, réflexion sur les couches de l'atmosphère et sont utilisés dans les zones désertiques ou océaniques ou dans les espaces où les séparations entre avions sont larges (entre 50 et 100 Nm), car les signaux HF peuvent franchir des dizaines de milliers de kilomètres en réalisant plusieurs bonds ce qui leur permet de se propager en dépit de la rotondité de la terre. Par contre, la qualité des liaisons HF est mauvaise compte tenu du phénomène de « fading » (évanouissement des signaux) et de l'importance du bruit de fond.

Les stations HF et les centres de contrôle sont implantés dans le même site, la technologie est simple et le coût de la maintenance et de l'exploitation est modéré.

II.5.2. Méthode d'exploitation de la bande HF

Le mode d'exploitation simplex sur voie unique est utilisé pour les communications radiotéléphoniques du service mobile aéronautique échangées sur des fréquences radioélectriques inférieures à 30 MHz dans les bandes attribuées exclusivement au service mobile aéronautique (R).

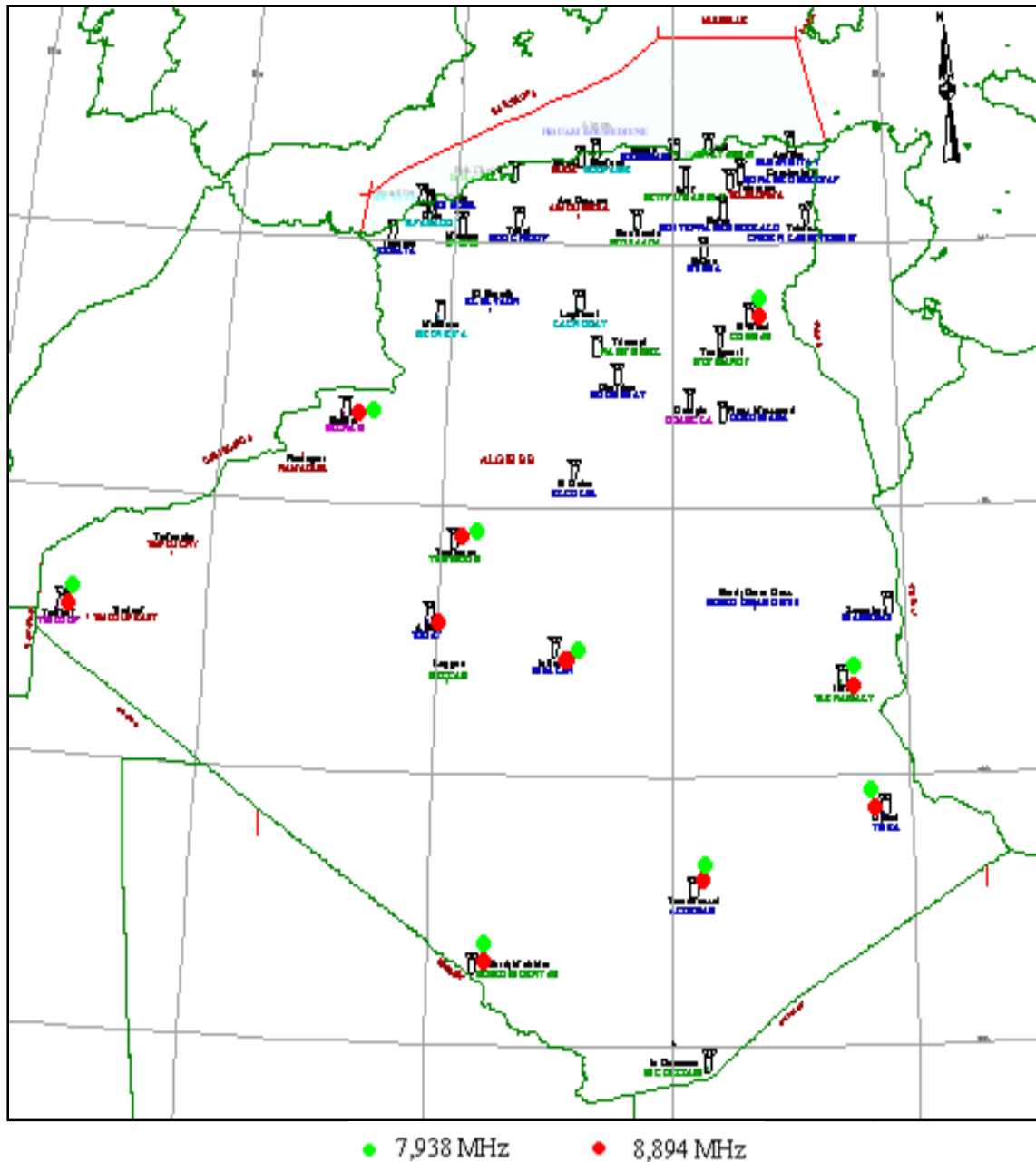
Le système Simplex est une méthode suivant laquelle les communications entre deux stations ont lieu dans un sens à la fois. Appliquée au service mobile aéronautique, cette méthode peut se subdiviser comme suit:

- a) Simplex sur voie unique.
- b) Simplex sur deux voies.
- c) Simplex sur fréquences décalées.

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) assure la coordination internationale des radiocommunications du service mobile aéronautique(R).

II.5.3. Utilisation des fréquences HF dans la FIR Algérien

Deux fréquences sont utilisées dans la FIR Alger : **8,894 MHz** et **7,938 MHz**, ces fréquences sont utilisées dans le sud Algérien comme il est indiqué sur la carte II.1.



Carte II. 1. Fréquences HF dans la FIR Alger.

Remarque : Des utilisations dans la bande UHF sont possibles, cependant les attributions pour l'aviation civile dans cette bande sont en examen à l'OACI et l'UIT.



II.6. La bande VHF pour le SMA

La bande comprise entre 118 et 132 MHz était réservée exclusivement au service mobile aéronautique (R) par la Conférence des radiocommunications (UIT) d'Atlantic City en 1947, de même que par la Conférence de Genève en 1959 qui a étendu la bande en la comptant à partir de 117,795 MHz au lieu de 118 MHz. Les Conférences des radiocommunications de l'UIT qui ont eu lieu depuis 1947 ont également prévu l'emploi de la bande comprise entre 132 MHz et 136 MHz dans le service mobile aéronautique (R), à des conditions qui varient suivant les régions de l'UIT, les pays ou les groupes de pays.

II.6.1. Répartition générale de la bande 117,975 – 137 MHz

Le plan d'allotissement de fréquences comporte un tableau d'attribution générale des fréquences de la bande 117,975 – 137 MHz (Tableau II.1), celle-ci étant subdivisée principalement en bandes de fréquences attribuées à la fois aux services nationaux et internationaux et en bandes attribuées aux services nationaux. En respectant cette subdivision, on devrait pouvoir réduire au minimum les difficultés de coordination entre les applications nationales et les applications internationales.

La bande de fréquences 118 – 137 MHz est attribuée par blocs comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous :

<i>Blocs allotis de fréquence(Mhz)</i>	<i>Utilisation mondiale</i>	<i>Observations</i>
118 – 121,4 inclusivement	Services mobiles aéronautiques	Les allotissements internationaux spécifiques seront déterminés par accord régional
121,5	Fréquence d'urgence	Afin de ménager une bande de garde pour la protection de la fréquence d'urgence aéronautique, les fréquences assignables les plus proches de part et d'autre de 121,5 MHz sont 121,4 MHz et 121,6 MHz, à moins qu'il soit décidé par accord régional que les fréquences assignables les plus proches sont 121,3 MHz et 121,7 MHz.



121,6- 121,9917 inclusivement	Communications de surface des aéroports Internationaux et nationaux	Réservées exclusivement aux mouvements au sol, vérifications avant le vol, autorisations des services de la circulation aérienne et opérations connexes
122 - 123,05 inclusivement	Services mobiles aéronautiques nationaux	Réservées exclusivement aux allotissements sur le plan national.
123 ,1	Fréquence auxiliaire SAR	
123,15-123,6917	Services mobiles aéronautiques nationaux	Réservées exclusivement aux allotissements sur le plan national, à l'exception de la fréquence 123,45 MHz, qui est aussi utilisée comme voie de communication air-air mondiale
123,45	Communications air-air	
123,7- 129,6917 inclusivement	Services mobiles aéronautiques internationaux et nationaux	Les allotissements internationaux spécifiques seront déterminés par accord régional.
129,7- 130,8917 inclusivement	Services mobiles aéronautiques nationaux	Réservées aux allotissements sur le plan national. Toutefois, peuvent être utilisées, en totalité ou en partie, sous réserve d'accord régional
130,9 - 136,875 inclusivement	Services mobiles aéronautiques internationaux et nationaux	Les allotissements internationaux spécifiques seront déterminés par accord régional.
136,9 - 136,975 inclusivement	Services mobiles aéronautiques internationaux et nationaux (Réservées aux communications sur liaison numérique VHF air-sol).	Réservées aux communications sur liaison numérique VHF air-sol.

Tableau II. 1. Allotissement des fréquences.



II.6.2. Caractéristiques générales des communications VHF

Les communications VHF bénéficient d'une propagation stable et distorsion faible des signaux, une bonne qualité de transfert vocal, une couverture limitée à la portée optique, une efficacité des systèmes de suppression du bruit (squelch), et une puissance faible.

La technologie est très développée avec une fiabilité des composants radio élevée, le matériel est compact facilement intégrable et le coût des équipements est faible.

Mais les communications VHF nécessitent l'exploitation de nombreuses stations déportées, une supervision centralisée des stations isolées et le coût de l'exploitation est élevé lié aux liaisons sol-sol entre Centre et station. (Zabot)

Pour les besoins du contrôle « en route », la couverture VHF est assurée au moyen de fréquences associées à chacun des secteurs de contrôle. Ces fréquences peuvent être déportées, ce sont les antennes avancées télécommandées.

Le principe d'une antenne avancée consiste en la déportation de l'émission à travers une ligne PTT obtenant ainsi une extension de la couverture radio au delà de la portée optique ou de l'horizon radio.

Pour les besoins du contrôle d'aérodrome, les communications Air/Sol se font en VHF avec portées réduites.

II.6.3. Méthode d'exploitation de la bande VHF

Le système simplex sur voie unique, c'est-à-dire, Simplex utilisant la même voie de fréquence dans les deux sens, est utilisé dans la bande VHF 118 – 137 MHz par tous les aéronefs et les stations d'aéronautique de télécommunications aéronautiques les desservant. (Annexe 10 OACI, Edition 2005)

II.6.4. Espacement des fréquences et limites des fréquences assignables

Dans la bande 118 - 137 MHz, la fréquence assignable la plus basse est de 118 MHz et la plus élevée est de 136,975 MHz.

Les fréquences de la bande 118 - 137 MHz sont espacées avec un pas de 100 kHz, 50 kHz ou 25 kHz. Mais l'accroissement du trafic, qui nécessite de créer de nouveaux secteurs de contrôle, a conduit à augmenter le nombre des fréquences disponibles sur la bande, en réduisant les intervalles entre elles, pour atteindre une séparation de 8,33 kHz dont l'usage est obligatoire depuis 1999 dans la partie centrale de l'Europe, au-dessus du niveau de vol 245, usage qui est progressivement étendu, d'abord aux zones périphériques à la partie centrale de l'Europe et le sera, ensuite, aux espaces inférieurs.



II.6.5. Fréquences utilisées à des fins déterminées

a) Fréquence d'urgence

- La fréquence d'urgence **121,5 MHz** ne sera utilisée que dans les cas d'urgence véritable, le Règlement des Radiocommunications en vigueur prévoit que les stations mobiles du service mobile maritime peuvent également utiliser la fréquence aéronautique d'urgence 121,5 MHz en émission de classe A3E pour communiquer à des fins de sécurité avec les stations du service mobile aéronautique. La fréquence 121,5 MHz s'exploite en simplex sur voie unique et est mise à tous les centres de contrôle régional et d'information de vol ainsi qu'à toutes les tours de contrôle d'aérodrome et bureaux du contrôle d'approche desservant des aérodromes internationaux et des aérodromes internationaux de décollage.
- La fréquence **123,1 MHz** sera utilisée comme fréquences auxiliaire aux fins des opérations de recherche et de sauvetage.
- Le Règlement des radiocommunications de l'UIT permet l'emploi de la fréquence de **243 MHz** en plus des fréquences ci-dessus.

b) Voie de communication air-air

Une voie de communication VHF air-air sur **123,45 MHz** est désignée pour permettre aux aéronefs en vol au-dessus de zones éloignées et océaniques, hors de portée des stations VHF au sol, d'échanger l'information opérationnelle nécessaire et pour faciliter la solution des problèmes opérationnels.

II.6.6. Espacement géographique entre installations VHF et protection contre le brouillage

a) Fonctionnement sur canal commun

Première méthode :

Cette méthode est utilisée dans le cas où la portée des installations est limitée à l'horizon radio.

Pour déterminer la distance d'espacement entre installations VHF fonctionnant sur la même fréquence dont la portée est limitée à l'horizon radio, il faut que les points situés aux hauteurs de protection et à la limite de portée utile de chaque installation soient séparés par une distance nécessaire à l'obtention d'un rapport signal utile/signal nuisible de 14 dB.



- Définition de la hauteur de protection

La hauteur de protection est une hauteur, par rapport à un niveau de référence spécifié associé à une installation déterminée, telle qu'au-dessous d'elle l'existence de brouillage nuisible est improbable. (Annexe 10, Supplément A, page A-1, juillet 2001)

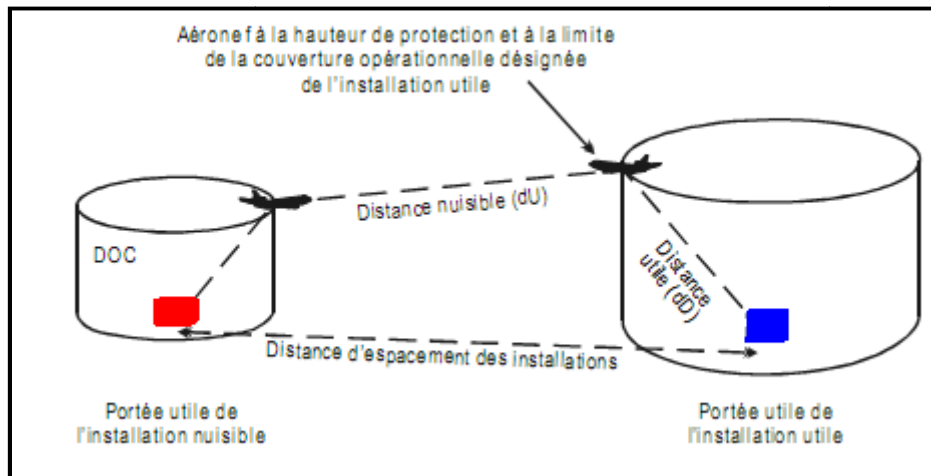


Figure II. 2. Illustration du rapport distance nuisible/distance utile.

La distance utile (dD) représente la distance entre l'installation sol utile et la limite de la portée utile de cette installation. (Figure II.2)

La distance nuisible (dU) est la distance entre la limite de la portée utile de l'installation utile et la limite de la portée utile de l'installation nuisible (c'est-à-dire la distance entre les aéronefs lorsqu'ils se trouvent à la limite de la portée utile des installations).

Pour déterminer le rapport signal utile/signal nuisible de 14 dB on utilise la formule de l'affaiblissement en espace libre (FSL) :

$$\text{FSL (en dB)} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad [\text{II}, 1]$$

Où f est la fréquence en MHz et d la distance en km.

$$\text{Donc } \text{FSLU} - \text{FSLD} = 20 \log dU - 20 \log dD = 20 \log \frac{dU}{dD}$$

$$\text{Si } \text{FSLU} - \text{FSLD} = 14 \text{ dB} \Rightarrow \log \frac{dU}{dD} = 14/20 = 0,7$$

$$\text{Donc } \frac{dU}{dD} = 5,01 \quad [\text{II}, 2]$$



La distance d'espacement géographique requise entre l'installation utile et l'installation nuisible est par conséquent égale à la somme de dD et de dU , augmentée de la portée utile de l'installation nuisible.

Remarque : L'application du critère de planification de 14 dB repose sur l'hypothèse qu'il est très peu probable que deux aéronefs se trouvent à la limite de leurs volumes de couverture respectifs et au point le plus rapproché entre ces deux volumes.

Deuxième méthode :

Cette méthode est utilisée dans le cas où la portée des installations est limitée à l'horizon radio ou le dépasse.

L'espacement géographique entre installations fonctionnant sur la même fréquence sera tel que des points situés aux hauteurs de protection et à la limite de portée utile de chaque installation soient séparés par une distance au moins égale à la somme des distances de chacun de ces points jusqu'à l'horizon radio qui lui correspond. La distance de l'horizon radio, ou portée maximale, est fonction de l'altitude de l'aéronef et de la hauteur de l'antenne de la station au sol et est donnée par la formule:

$$D = K \sqrt{h + H} \quad \text{[II, 3]}$$

D : la distance exprimée en miles marins (NM).

h : hauteur de l'aéronef.

H : hauteur de l'antenne d'émission de la station au sol.

K= 2,22 lorsque h est exprimée en mètres

K= 1,23 lorsque h est exprimée en pieds.

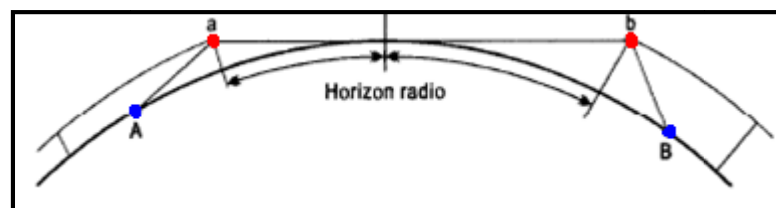


Figure II. 3. Espacement géographique requis pour le fonctionnement sur voie commune des installations VHF.

Dans la figure II.3, la distance AB représente l'espacement requis entre les installations pour que les avions a et b volant aux hauteurs de protection et se trouvant respectivement à la limite de portée utile des stations A et B ne soient pas gênés par des brouillages nuisibles.



b) Fonctionnement sur canal adjacent

L'annexe 10 de l'OACI recommande un espacement géographique entre installations VHF fonctionnant sur voies adjacentes d'au moins 5,6 km (3 NM) entre les limites les plus rapprochées de la couverture utile des deux installations.

II.7. Plan de fréquences VHF assignables à l'usage du service mobile aéronautique international et liste des fréquences assignables

1) Liste des fréquences assignables

Le tableau II.2 comprend les fréquences réservées pour les communications de surface des aérodromes en MHz :

121,60	121,65	121,70	121,75	121,80	121,85	121,90	121,95
121,625	121,675	121,725	121,775	121,825	121,875	121,925	121,975

Tableau II. 2. Fréquences pour les communications de surface des aérodromes.

Le Groupe A : Le groupe A permet la planification des fréquences sur la base d'un espacement de 100 kHz entre voies.

Le Groupe B : Le groupe B comprend les fréquences de la bande 117,975 – 132 MHz, dont l'expression numérique se termine par 50 kHz.

Remarque : Ces fréquences, ainsi que celles du groupe A permettent la planification des fréquences sur la base d'un espacement de 50 kHz entre voies.

Le Groupe C : Le groupe C comprend les fréquences de la bande 132 – 137 MHz, sur la base d'un espacement de 50 kHz entre voies.

Le Groupe D : Le groupe D comprend les fréquences de la bande 132 – 137 MHz, dont l'expression numérique se termine par 25 kHz

Le Groupe E : Le groupe E comprend les fréquences semblables de la bande 117,975 – 132 MHz.

Le Groupe F : Le groupe F contient les fréquences de la bande 117,975 – 137 MHz lorsque la largeur de voie de 8,33 kHz est utilisée. (118,000 – 121,400 en pas de 8,33 kHz)



121,600 – 123,050 en pas de 8,33 kHz 123,150 – 136,475 en pas de 8,33 kHz).

La désignation des fréquences du groupe F diffère de celle des fréquences correspondantes dans les groupes A à E afin de mettre en évidence la différence de largeur de voie.

(Les fréquences des groupes A, B, C, D, E et une partie du group F sont données à l'annexe A)

2) Plan de fréquences VHF assignables

Ce plan présente la liste des fréquences qui peuvent être assignées et prévoit l'utilisation par le service mobile aéronautique (R)

Afin que les fréquences assignables soient coordonnées, entre les différentes régions, le plan stipule que la région qui a le plus grand nombre de fréquences disposera de toutes les fréquences utilisées dans les autres régions.

Si le nombre des fréquences contenues dans le groupe A ne suffit pas à satisfaire les besoins dans une région, des fréquences peuvent être choisies dans les groupes B, C, D et E suivant la planification régionale.

Lorsque les voies des groupes A, B, C, D et E sont insuffisantes pour répondre aux besoins d'une région, des parties de la bande peuvent être désignées pour contenir des voies d'une largeur de 8,33 kHz, en utilisant les fréquences du groupe F, ou pour prendre en charge la VDL mode 3.

II.8. Portées opérationnelles spécifiées des fréquences ATS dans la FIR Alger

a) Portée opérationnelle du service CCR

La FIR Alger est divisée en sept (07) secteurs : trois (03) secteurs du Nord(TMA) ,à savoir, Nord/Est, Centre et Nord/Ouest qui sont à statut de *contrôle*, Trois (03) secteurs juxtaposés aux trois secteurs cités ci-dessus, à savoir Sud/Est, Sud/Centre et Sud/Ouest qui sont des secteurs à statut *consultatif*, et le dernier secteur Sud/Sud qui est un secteur purement d'information.

La TMA (Terminal Control Area) ou Région terminale de contrôle est une région de contrôle établie en principe, au carrefour de routes ATS aux environs d'un ou plusieurs aérodromes importants.

La portée opérationnelle spécifiée des fréquences du service CCR dans la FIR Alger est donnée dans le tableau II.3.



<i>Nom espace aérien</i>	<i>organe</i>	<i>Indicatif/horaire</i>	<i>Fréquences</i>	<i>Couverture</i>
TMA CENTRE ALGER Espace supérieur	CCR Alger	Contrôle Alger H24	127.3 124.9	RVSM <u>FL290</u> FL410
TMA CENTRE ALGER Espace inférieur	CCR Alger	Contrôle Alger H24	132.45 124.9	FL410
TMA NORD/EST	CCR Alger	Contrôle Alger H24	125.4 124.6 133.8	RVSM <u>FL290</u> FL410
TMA ORAN	CCR Alger	Contrôle Alger H24	125.7	RVSM <u>FL290</u> FL410
SECTEUR SUR/CENTRE	CCR Alger	Contrôle Alger H24	131.3 124.6 8894 5652	RVSM <u>FL290</u> FL410
SECTEUR SUD/EST	CCR Alger	Contrôle Alger H24	131.3 124.6 8894 5652	RVSM <u>FL290</u> FL410
SECTEUR SUD/OUEST	CCR Alger	Contrôle Alger H24	128.1 8894 5652	RVSM <u>FL290</u> FL410
SECTEUR SUD/SUD	CCR Alger	Contrôle Alger H24	123.8 128.1 124.1 8894 5652	RVSM <u>FL290</u> FL410

Tableau II. 3. Couverture opérationnelle du service CCR.

Remarque : La RVSM (Reduced vertical separation minimum) représente le minimum de séparation verticale réduit, il est de 300m (1000 ft) entre FL 290 et FL 410.

b) Portée opérationnelle des services APP

L'Algérie a développé cinq (05) régions de contrôle CTA (Control Area):

- CTA Alger / HOUARI Boumedienne
- CTA ANNABA / El Mellah
- CTA Constantine / Mohamed Boudiaf
- CTA Hassi Messaoud / Oued Irara Krim
- CTA Oran / Essania



La portée opérationnelle spécifiée des fréquences du service APP dans la FIR Alger est donnée dans le tableau II.4.

<i>Nom espace aérien</i>	<i>organe</i>	<i>Indicatif/horaire</i>	<i>Fréquences</i>	<i>Couverture</i>
CTA ALGER	Alger Approche	Contrôle Approche H24	121.4 120.8(s)	<u>FL145</u> 450 GND/MSL
CTA ANNABA	Annaba Approche	Contrôle Approche H24	119.0 119.7(s)	<u>FL105</u> 450 GND/MSL
CTA CONSTANTINE	Constantin e Approche	Contrôle Approche H24	120.1	<u>FL105</u> 450 GND/MSL
CTA HASSI MESSAOUD	Hassi Messaoud Approche	Contrôle Approche H24	120.0	<u>FL105</u> 450 GND/MSL
CTA ORAN	Oran Approche	Contrôle Approche H24	128.2	<u>FL105</u> 450 GND/MSL

Tableau II. 4.Couverture opérationnelle des services APP.

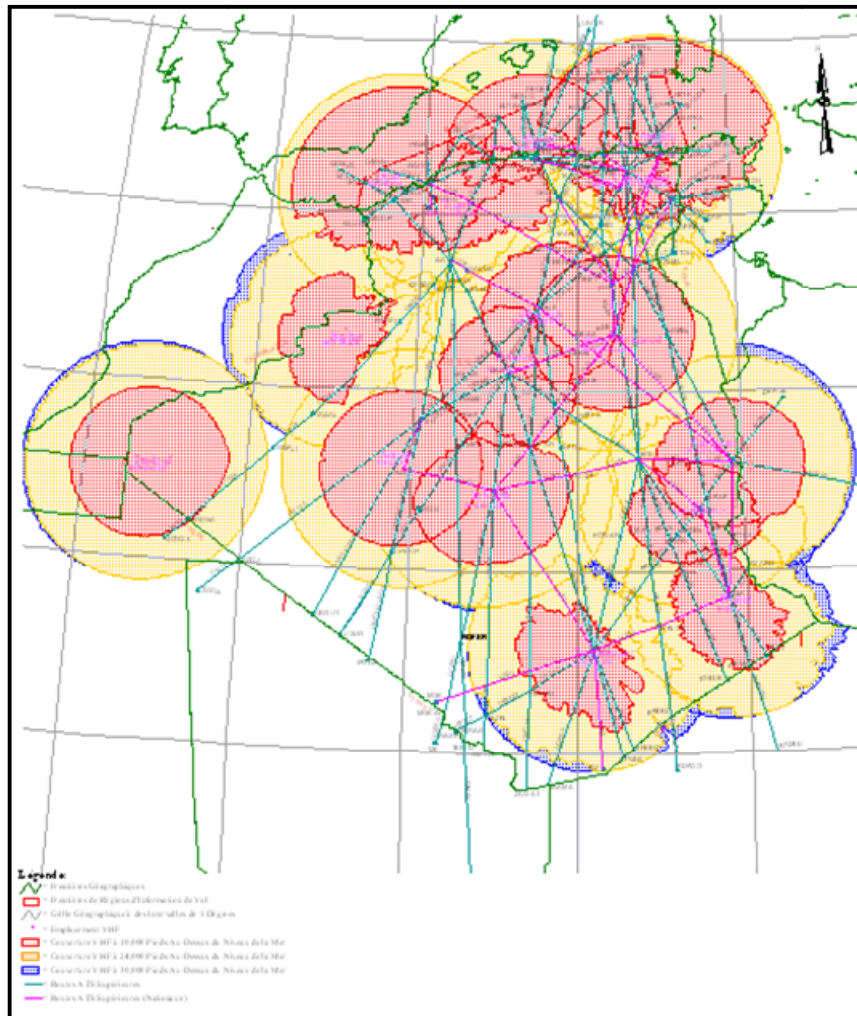
Remarque : la liste de tous les aérodromes et fréquences correspondantes est donnée à l'annexe A

II.9. Utilisation et répartition des fréquences VHF dans la FIR Alger pour le contrôle aérien

II.9.1 Couverture VHF existante en Algérie

En Algérie, seize (16) sites radio VHF dépotées assurent une très grande couverture de l'espace Algérien, aux environs du FL 240, au sud la couverture VHF n'est pas totale d'où la couverture HF utilisée (carte II.2).

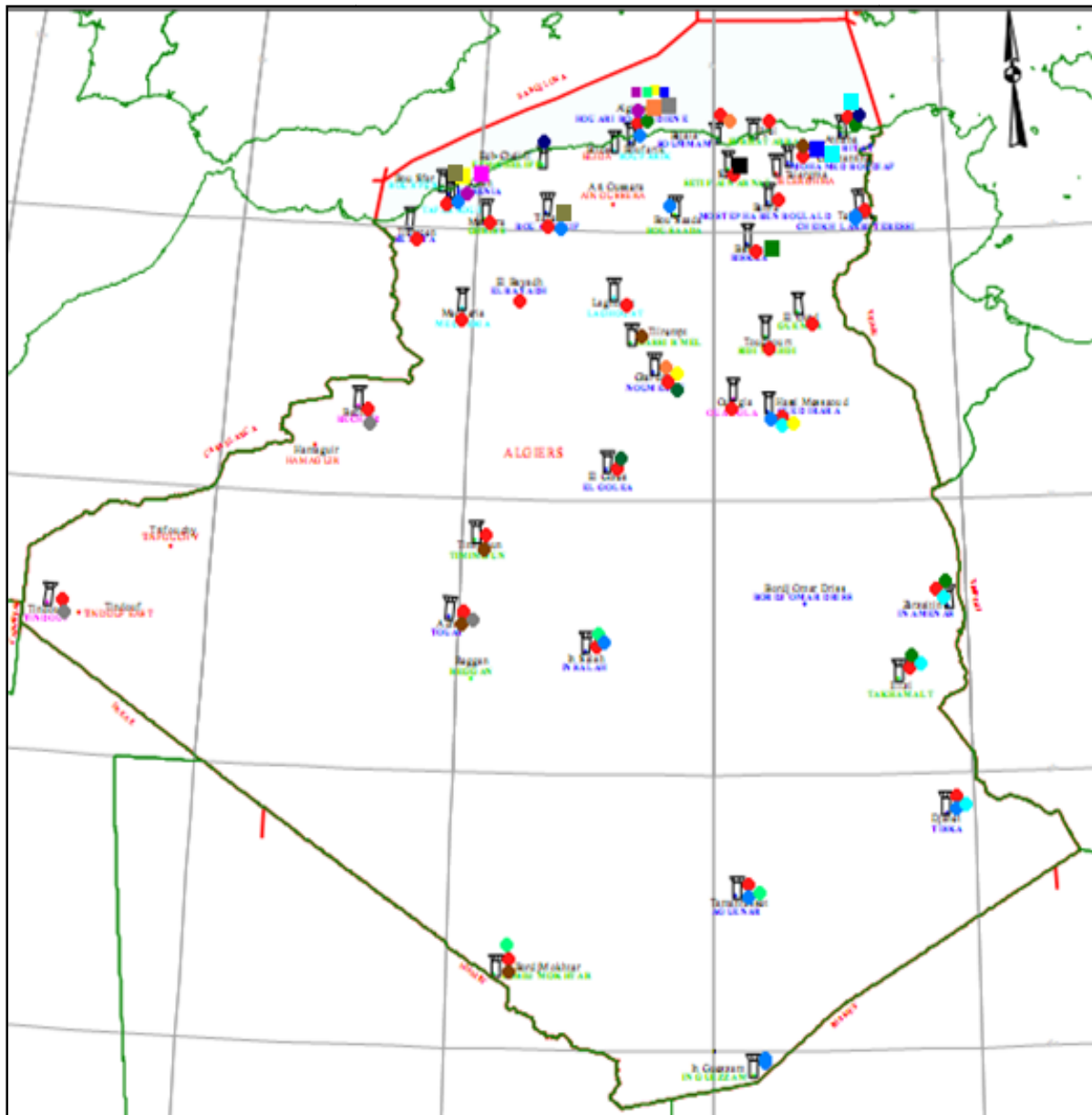
Le système de gestion de la circulation aérienne (ATM) est basé actuellement sur un réseau de télécommunications air/sol VHF constitué d'une part, par les centres de communications associés aux tours de contrôle des aérodromes et d'autre part, par un ensemble de stations de communications déportées et télécommandées à partir du centre de contrôle régional de Oued Smar à Alger.



Carte II. 2.La couverture VHF a 10.000, 24.000, 30.000 ft msl.

II.9.2 Fréquences VHF utilisées pour le contrôle aérien Algérien

On a vu précédemment dans le paragraphe II.8 l'utilisation des fréquences VHF par les services CCR et APP, nous représentons sur la carte II.3 la répartition de toutes les fréquences utilisées pour les services de contrôle aérien Algériens, à savoir, les services du contrôle d'aérodromes, d'approche et en route.



● 118,10 MHz	● 118,30 MHz	● 118,70 MHz	● 118,90 MHz	● 119,00 MHz
● 119,70 MHz	■ 119,90 MHz	● 120,00 MHz	■ 120,10 MHz	■ 120,80 MHz
■ 121,10 MHz	■ 121,40 MHz	● 121,80 MHz	● 123,80 MHz	● 124,10 MHz
■ 124,60 MHz	■ 124,90 MHz	■ 125,40 MHz	■ 125,70 MHz	■ 127,30 MHz
● 128,10 MHz	■ 128,20 MHz	■ 128,525 MHz	■ 131,30 MHz	■ 132,45 MHz

Carte II. 3. Fréquences VHF utilisés pour le contrôle aérien Algérien.



Analyse :

- On remarque que la fréquence **119.70** MHz est réutilisée dans 32 régions différentes, cette fréquence assure le service de contrôle d'aérodrome TWR dont la couverture opérationnelle ne dépasse pas 25NM horizontalement et 4000ft verticalement. Ce qui a permis sa réutilisation sans qu'il y ait interférences.
- Les fréquences **118.10** MHz, **118.30** MHz, **118.70** MHz, **118.90** MHz, **119.00** MHz et **119.90** MHz assurent aussi le service TWR pour différentes régions.
- Le service de contrôle d'approche APP est assuré par les fréquences :
- **119.00** MHz pour Annaba.
 - **120.00** MHz pour Hassi Messaoud.
 - **120.10** MHz pour Constantine.
 - **120.80** MHz et **121,40** MHz pour Alger.
 - **121.10** MHz pour Oran.
- Le service de contrôle régional est assuré par un système de stations émettrices réceptrices VHF déportées télécommandés à partir de la salle technique du centre de contrôle aérien d'Alger (CCR). Les fréquences utilisées sont :
- **123.80** MHz pour Bordj Badji Mokhtar , In Salah, Tamenrasset.
 - **124.10** MHz pour In Amenas, Illizi, Djanet, Hassi Messouad.
 - **125.40** MHz pour Annaba, Constantine et Kef Lkhal
 - **125.70** MHz pour Oran (Bel Horizon), Oran (Es sénia) et Tiaret.
 - **128.20** MHz pour Oran (Es sénia)
 - **131.30** MHz pour El Golea
 - **124.60** MHz pour Biskra
 - **124 .90** MHz, **127.70** MHz et **132.45** MHz pour Alger.
 - **128.10** MHz pour Adrar, Bechar et Tindouf.
 - **128 .20** MHz pour Oran.
 - **131.30** MHz pour El Golea



II.10. Conclusion

Les fréquences de la bande 118-136 MHz sont dédiées à l'aviation civile, ces fréquences sont utilisées par les services du contrôle aérien en support à la radiotéléphonie pilote-contrôleur et sont aussi utilisées par les compagnies aériennes pour communiquer en temps réel avec les équipages.

L'augmentation du trafic aérien a conduit à la congestion de cette bande, la réutilisation d'une même fréquence permet d'étendre l'utilisation or, il faudrait tenir compte des phénomènes de brouillage et d'interférences

Les intervalles entre les fréquences ont été réduits pour atteindre une séparation de 8,33 kHz ce qui a triplé le nombre de fréquences utilisables, mais la pénurie de fréquences ne s'en profile pas moins d'ici une dizaine d'années. D'où la nécessité de chercher dès maintenant de nouvelles bandes de fréquences mais aussi de nouveaux systèmes radio de communication air-sol (voie et transmission de données), en complément à la VHF actuelle et en coordination entre les pays et les organismes concernés.



Chapitre III :

Les bandes de la radionavigation aéronautique (COM 3 et COM4)

III.1. Introduction

La radionavigation est un ensemble de techniques de guidage qui offre un certain nombre de moyen utilisant des émissions d'ondes électromagnétiques afin de permettre le relèvement de la position d'un mobile (navire, avion, etc.), et à déterminer son itinéraire d'un point à un autre. La plupart des systèmes de radionavigation ont été développés pour les besoins militaires, puis ils ont été mis à la disposition des utilisateurs civils.

Dans ce chapitre, nous allons décrire les principaux moyens conventionnels de la radionavigation, à savoir, le VOR, l'ILS, le DME, les NDB et Locators, en précisant l'utilisation des fréquences des tableaux COM 3 et COM 4 appropriées à chaque moyen.

III.2. Classification opérationnelle des aides à la radionavigation

→ Aides à grande distance (D>300NM)

Utilisables pour la navigation long courrier au dessus des grandes étendues désertiques ou maritimes ; précision attendue de 5 à 10 NM. Ces aides ne peuvent utiliser que les fréquences UHF, SHF ou EHF et sont de la famille hyperbolique en général : LORAN, Oméga, GPS.

→ Aides à moyenne distance (D<300NM)

Utilisées pour la navigation sur routes aériennes et dont la précision doit être de quelques NM ou quelques degrés. Les fréquences utilisées sont VHF et UHF (VOR / DME).

→ Aides à courte distance, approche et atterrissage

Utilisées dans les régions terminales et au voisinage des aérodromes : les aides à moyenne distance ci-dessus sont utilisées (radiobalise, VOR, DME) mais sont complétées par des aides spécifiques à l'atterrissage (ILS) capables de précisions supérieurs (quelques centaines de mètres, quelques dixièmes de degrés).



- Fréquences utilisées :

Les fréquences utilisées pour les moyens de radionavigation précitées sont illustrées dans la figure III.1.

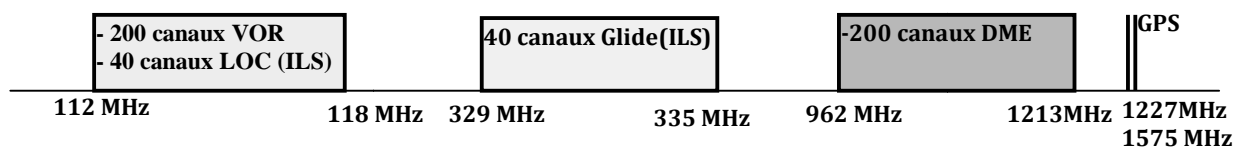


Figure III.1. Fréquences des moyens de radionavigation.

III.3. Gestion des fréquences de la radionavigation

III.3.1. Fréquences supérieures à 30 MHz

a) Utilisation de la bande 108 – 117,975 MHz (COM 3)

La bande de fréquences de 108 – 117,975 MHz est assignée par blocs comme il est indiqué ci-dessous :

- **Bande 108 – 111,975 MHz**
 - ILS.
 - VOR, à condition qu'il n'en résulte pas de brouillage nuisible des installations ILS sur les voies adjacentes et que seules soient utilisées les fréquences avec décimal paire.
 - Le système de renforcement au sol (GBAS) du GNSS à condition qu'il ne cause pas de brouillage nuisible ni à l'ILS ni au VOR.
- **Bande 111,975 – 117,975 MHz**
 - VOR.
 - GBAS du GNSS à condition qu'il ne cause pas de brouillage nuisible au VOR.



b) Utilisation de la bande 960 - 1 215 MHz (COM 3)

Les fréquences du DME sont assignées dans cette bande.

c) Utilisation de la bande 5 030,4 - 5 150,0 MHz (COM 3)

Les fréquences du système d'atterrissage hyper fréquences (MLS) sont assignées dans cette bande.

III.3.2. Fréquences inférieures à 30 MHz (COM 4)

Les bandes basses fréquences (LF) et de moyennes fréquences (MF), soit de 190 à 415 kHz et de 510 à 535 kHz respectivement, sont utilisées pour les NDB et les Locators.

La figure III.2 résume les fréquences appropriées pour chaque moyen de radionavigation.

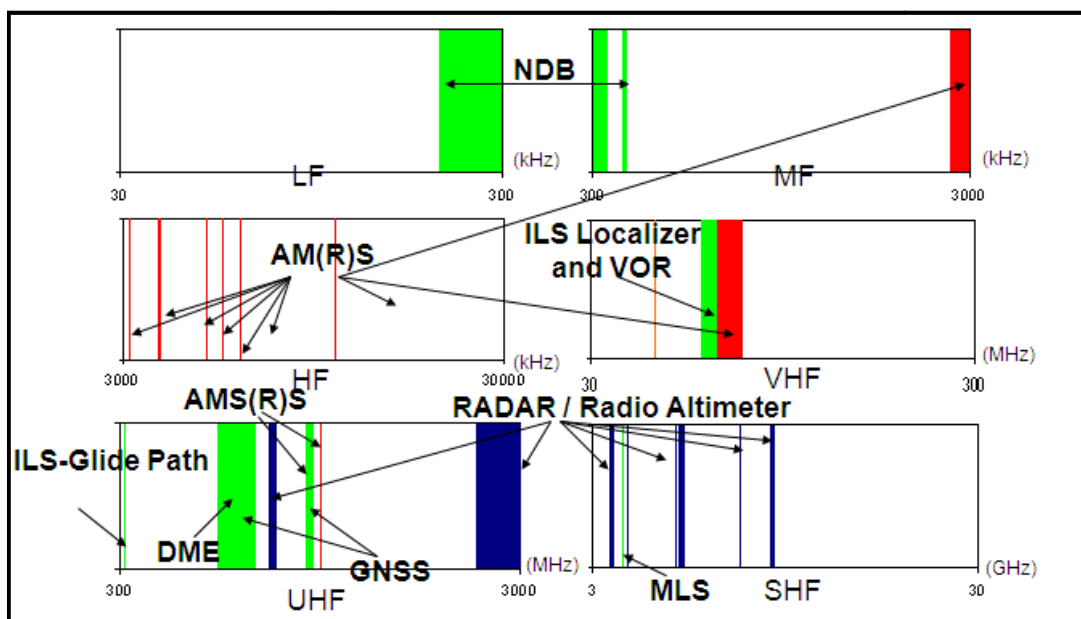


Figure III.2. Organisation des fréquences de la radionavigation.



III.4. Radiophare omnidirectionnel VHF- VOR-

III.4.1. Définition

Le VOR est un système d'aide de la radionavigation, préconisé par l'OACI et reconnu internationalement pour les guidages des avions à courte et moyenne distance. Il peut être commandé et surveillé à distance.

Le réseau de trafic aérien se caractérise par un certain nombre de stations au sol CVOR (VOR Conventionnel) ou DVOR (VOR Doppler) fonctionnant dans la gamme de fréquences 108 à 118 MHz et ayant une portée allant jusqu'à 300 km (caractéristique de propagation optique de la VHF).



Figure III.3. Station CVOR à Alger



Figure III.4. Station DVOR à Alger

Remarque : Le DVOR est un dérivé du CVOR. Grâce à l'utilisation de l'effet Doppler et à son système d'antennes à large base, il est capable de produire un signal d'azimut plus précis. On utilise les stations DVOR principalement dans les cas où les conditions géographiques sont difficiles.

III.4.2. Caractéristiques du système

Le VOR (CVOR /DVOR) fournit au pilote les informations suivantes par l'intermédiaire du récepteur du VOR embarqué sur l'avion:

- L'indication d'azimut de position de l'avion par rapport à la balise au sol, c'est-à-dire l'angle entre les lignes du nord magnétique passant par le VOR et la direction de la balise au sol vers l'avion.(QDM).



- Le gisement qui indique si l'avion vole à gauche ou à droite de la route présélectionnée (ligne de position) ou s'il la suit exactement.
- L'indication «TO/FROM »qui montre si l'avion se dirige vers la balise VOR ou s'il s'en éloigne.
Si l'indicateur TO est apparent, les indications données par l'instrument sont relatives au QDM, par contre si l'indicateur FROM est apparent, les indications données par l'instrument sont relatives au QDR. (Megeullati)

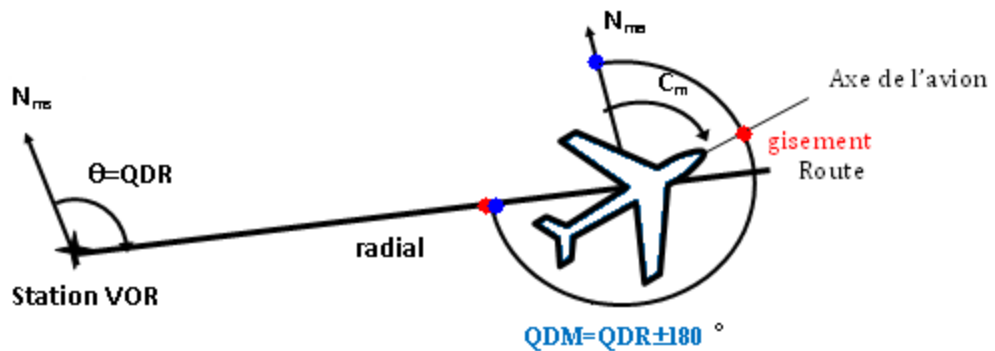


Figure III.5.Représentation du relèvement θ (Azimut) et du gisement

III.4.3. Principe de fonctionnement

La station VOR rayonne à une fréquence VHF :

- Un lobe tournant à 30 tours/s (*le 30 Hz variable*) émis par deux dipôles croisés, dont le diagramme de directivité azimutal à un instant t a la forme d'une cardioïde qui a comme équation :

$$1 + 0,3 \cdot \cos(60 \pi t - \theta) \quad [II,1]$$

θ étant le relèvement magnétique (QDR) de la direction d'observation.

- En même temps, la station émet avec une antenne omnidirectionnelle une modulation de référence (*le 30 Hz de référence*) totalement indépendante de l'azimut dont l'équation est donnée par : $\cos(60 \pi t)$ [II,2]

A bord de l'avion, il suffit de comparer le rapport de phases des deux signaux pour connaître l'azimut θ c'est à dire l'angle géographique entre le nord et la direction de l'avion par rapport à la balise au sol (Figure III.6).

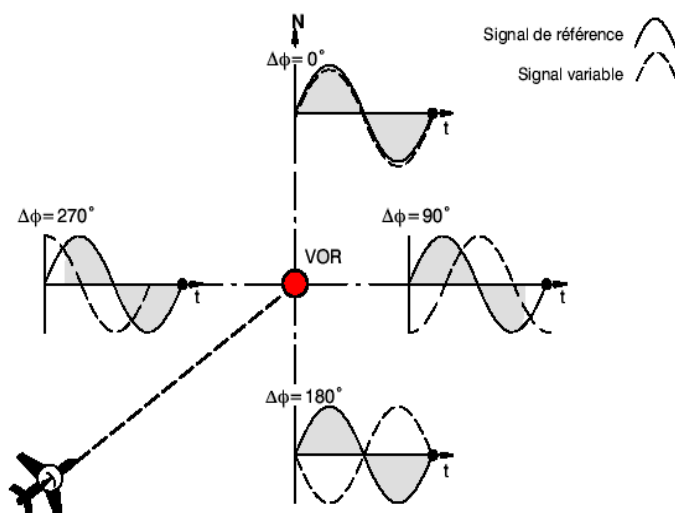


Figure III.6.Représentation du déphasage dans les quatre directions d'orientation.

III.4.4. Radiotéléphonie et identification

Le VOR permet de communiquer simultanément du sol avec l'aéronef, les communications ont lieu sur la fréquence porteuse utilisée pour les signaux de navigation. Les émissions sur cette fréquence sont polarisées horizontalement.

Le VOR émet simultanément un signal d'identification, ce signal est transmis en code morse international et est composé de deux ou de trois lettres.

Il est émis à une vitesse correspondant à environ sept mots à la minute et sera répété au moins une fois toutes les 30 s et la fréquence de modulation est égale à $1\,020\text{ Hz} \pm 50\text{ Hz}$.

III.4.5. Spectre en fréquences

Le signal 30 Ref module en fréquence (excursion 480 Hz), une sous-porteuse de 9960 Hz, qui module elle-même en amplitude la porteuse VHF avec un taux de modulation de 30 %.

La station émet périodiquement en code Morse un signal d'identification de 1020 Hz. De plus, la porteuse f_0 est également modulée à la fréquence vocale (300 à 3000 Hz).

Le spectre en raies d'un VOR (illustré par la figure III.8) contient donc les fréquences suivantes :

- Modulation d'amplitude à 30 Hz.
- Modulation d'amplitude à 9960 Hz avec une modulation de fréquence à 30 Hz (excursion $\pm 480\text{ Hz}$)
- Modulation d'amplitude pour le signal vocal et le signal d'identification.
- Porteuse.

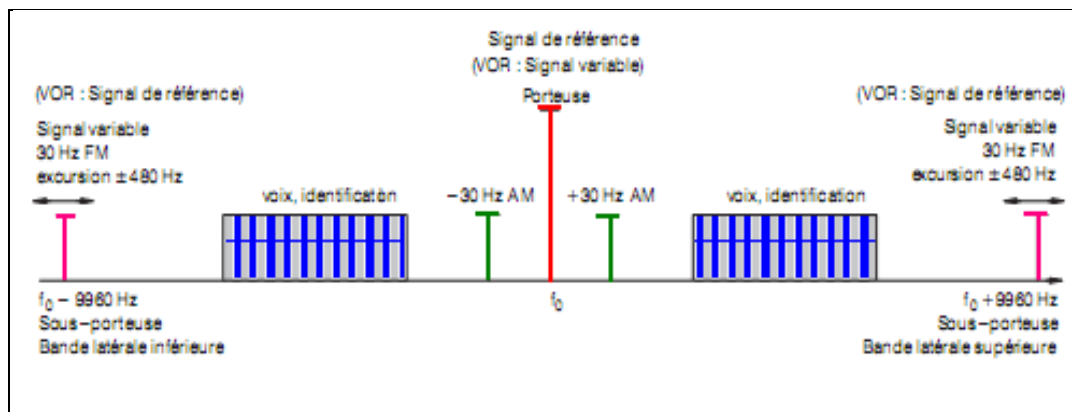


Figure III. 7. Spectre en fréquence du signal VOR.

III.4.6. Gestion des fréquences du VOR

- 1) Le VOR fonctionne dans la bande 111,975 – 117,975 MHz ; toutefois, les fréquences de la bande 108 – 111,975 MHz peuvent être utilisées à condition :
 - Qu'il n'en résulte pas de brouillage nuisible des installations ILS sur les voies adjacentes.
 - Que seules soient utilisées les fréquences qui se terminent par un nombre pair de dixièmes de mégahertz, ou par un nombre pair de dixièmes de mégahertz suivi du chiffre 5 pour les centièmes de mégahertz. (OACI, Annexe 10 volume V page 4-8).

- 2) La plus haute fréquence assignable est 117,950 MHz.

- 3) Les assignations des fréquences VOR se font comme suit :
 - Les balises VOR d'approche : approche des aérodromes, bande de 108,00 à 111,85 MHz avec décimale paire.
Exemples : 108,00 MHz - 108,05 MHz - 108,20 MHz - 108,25 MHz.
 - Les balises VOR en route : repères des routes de l'espace aérien supérieur, bande 112 à 117,95 MHz.

- 4) Les fréquences sont assignées par incréments de 100 kHz (ou 200 kHz).



Cependant, dans certaines régions, en raison du nombre et de la proximité des installations VOR, l'espacement entre les fréquences est insuffisant. Dans ces régions, pour créer de nouveaux canaux, il faudra réduire l'espacement entre les fréquences à 0.05 MHz (50 kHz).

Il existe 200 canaux VOR de largeur 50 kHz situés dans la bande VHF 111,975 MHz – 117,950 MHz.

III.4.7. Valeurs d'espacement géographiques entre installations VOR

D_1 et D_2 étant les distances de service exigées des deux installations (km), K étant le rapport de la puissance apparente rayonnée de l'installation de portée D_1 à la puissance apparente rayonnée de l'installation de portée D_2 (Si la puissance apparente rayonnée correspondant à D_2 est la plus élevée, K aura une valeur négative), et S étant la pente de la courbe représentant le rapport de l'intensité du signal à la distance, pour une altitude constante (dB/km) ; les formules adoptées pour calculer les espacements géographiques sont les suivantes :

- Canal commun : Espacement géographique minimal en km :

$$2 D_1 + \frac{20-K}{S} \quad \text{lorsque } D_1 > D_2 + \frac{K}{S} \quad \text{[II,3]}$$

ou $2 D_2 + \frac{20-K}{S} \quad \text{lorsque } D_1 < D_2 + \frac{K}{S} \quad \text{[II,4]}$

Ces formules sont utilisées pour des installations ayant des puissances apparentes différentes.

- Canal adjacent : Espacement géographique en km :

- Coimplantation : La distance de séparation est inférieure à $\frac{40-K}{S}$ [II,5]

- Emplacements différents : La distance de séparation est supérieure à

$$2 D_1 - \frac{20+K}{S} \quad \text{lorsque } D_1 > D_2 + \frac{K}{S} \quad \text{[II,6]}$$

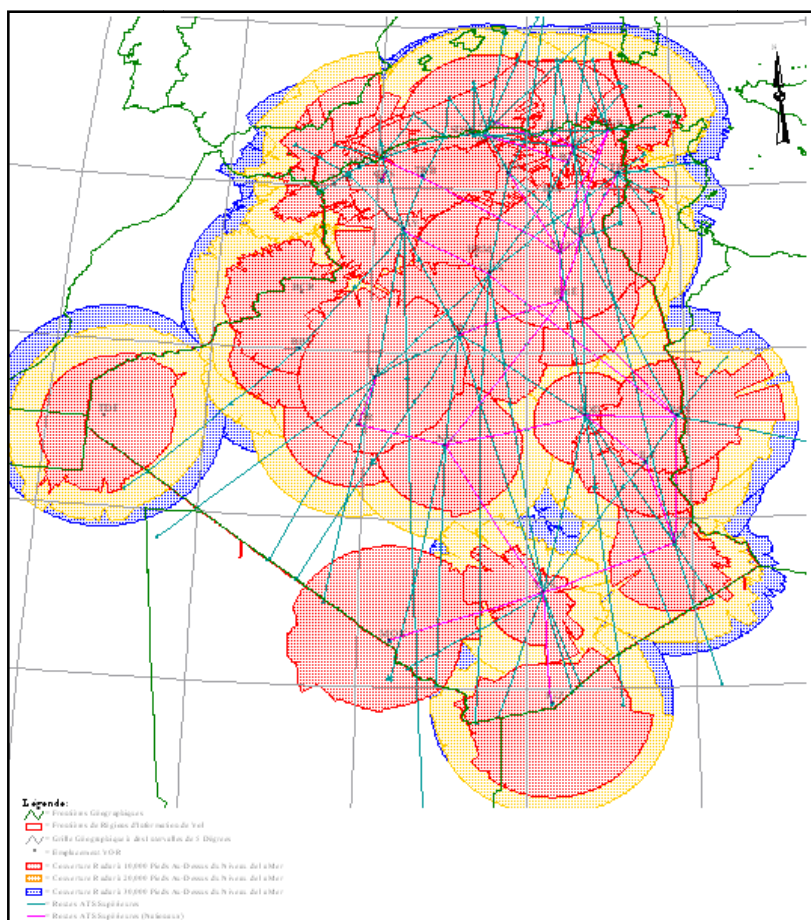
$$2 D_2 - \frac{20-K}{S} \quad \text{lorsque } D_1 < D_2 + \frac{K}{S} \quad \text{[II,7]}$$



III.4.8. Utilisation des VOR dans la FIR Alger

a) Couverture VOR existante

La navigation est généralement fournie dans la FIR d'Alger par un système de VOR et DME. La plupart de ces VOR sont installées au niveau des aéroports sur la ligne centrale prolongée de la piste principale de l'aéroport, actuellement, il existe 33 VOR disposés comme le montre la carte III.1.

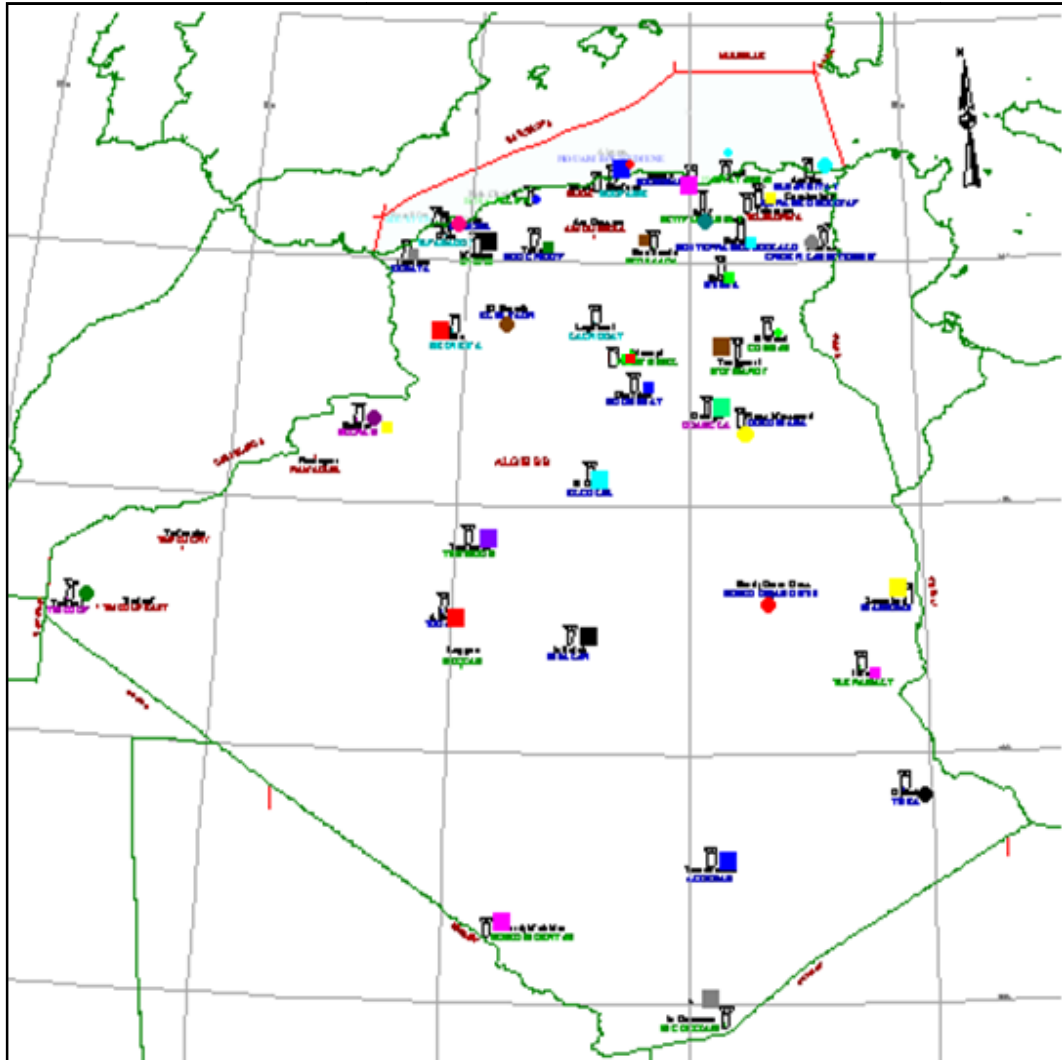


Carte III.1. La couverture VOR à 10.000, 24.000, 30.000 ft msl.



b) Fréquences utilisées

Dans la carte III.2 nous avons la liste de toutes les fréquences du système VOR utilisées dans la FIR Alger.



112,1 MHz	112,5 MHz	112,6 MHz	112,7 MHz	112,8 MHz
112,9 MHz	113,0 MHz	113,1 MHz	113,2 MHz	113,4 MHz
113,5 MHz	113,9 MHz	114,0 MHz	114,1 MHz	114,2 MHz
114,3 MHz	114,5 MHz	114,7 MHz	114,6 MHz	114,8 MHz
114,9 MHz	115,0 MHz	115,4 MHz	115,5 MHz	115,6 MHz
115,7 MHz	115,9 MHz	116,3 MHz	116,5 MHz	116,6 MHz
117,0 MHz	117,6 MHz	117,9 MHz		

Carte III. 2. Fréquences VOR dans la FIR Alger.



III.5. DME (Distance Measuring Equipment)

III.5.1. Définition

Le **DME** est une dérive d'équipement militaire TACAN (Tactical Air Navigation) et est défini par l'OACI (Annexe 10) comme un système radio civil d'aide à la navigation aérienne avec couverture omnidirectionnelle à courte et moyenne distance. Ce système comprend une station au sol (transpondeur) et un équipement de bord (récepteur) permettant de mesurer à tout instant la distance oblique entre l'avion et la station.

Le DME, associé au VOR installé dans le même site, permet de déterminer la direction et la distance, et est défini comme système VOR/DME.

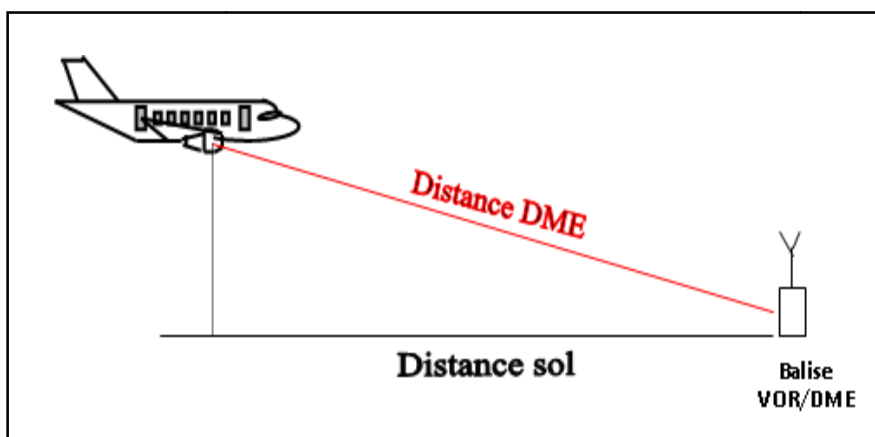


Figure III. 8 Représentation de la distance DME



Figure III. 9. Station CVOR/DME



Figure III. 10. Station DVOR/DME



III.5.2. Caractéristiques du système

- La portée du DME correspond à la portée optique, soit 200 NM (370 km) sur la plupart des appareils embarqués. La précision est de l'ordre de 0.2 NM ($\pm 0.25\%$ de la distance). Le DME possède donc une bonne précision. La polarisation est verticale.
- Le principe du DME consiste à mesurer le temps qui s'écoule entre l'émission d'un signal radioélectrique codé en provenance de l'avion et la réponse émise par la balise au sol. Ces deux signaux utilisent un couple de fréquences différentes appelé canal (Canaux X et Y).
- Le canal utilisable correspond à des fréquences UHF couplées selon les normes OACI à des fréquences VHF (108 MHz à 117.95 MHz) correspondant aux fréquences des balises VOR ou ILS affichables sur l'appareil. La fréquence du DME est appariée de façon automatique à la fréquence VHF du VOR ou de l'ILS auquel il est associé. Le DME peut être associé aussi au MLS (système d'atterrissage hyperfréquences).

III.5.3. Principe de fonctionnement

On distingue deux phases :

→ Phase recherche

Pendant la phase de *recherche*, l'interrogateur à bord de l'avion émet à une fréquence assez élevée et aléatoire (150 paires/seconde en moyenne). Les réponses reçues du transpondeur (retardées de 50 μs) comprennent les réponses destinées aux interrogations de l'avion mais aussi celles destinées aux autres avions qui interrogent la même station. Seules les réponses qui correspondent aux interrogations de l'avion vont présenter le même retard Δt par rapport aux interrogations et vont pouvoir être détectés par l'avion (procédés numériques de recherche). Un critère par exemple de 7 réponses/10 interrogations permet d'arrêter la phase de recherche.

La distance est calculée par l'expression

$$D(\text{m})=150(\Delta t-50)_{(\mu\text{s})} \quad [\text{II},8]$$



→ Phase poursuite

Lorsque l'acquisition de la distance est faite (durée de 1 seconde), commence la phase de poursuite à une cadence réduite à 30 paires/seconde qui consiste à asservir la position d'une fenêtre électronique pour actualiser le résultat des calculs.

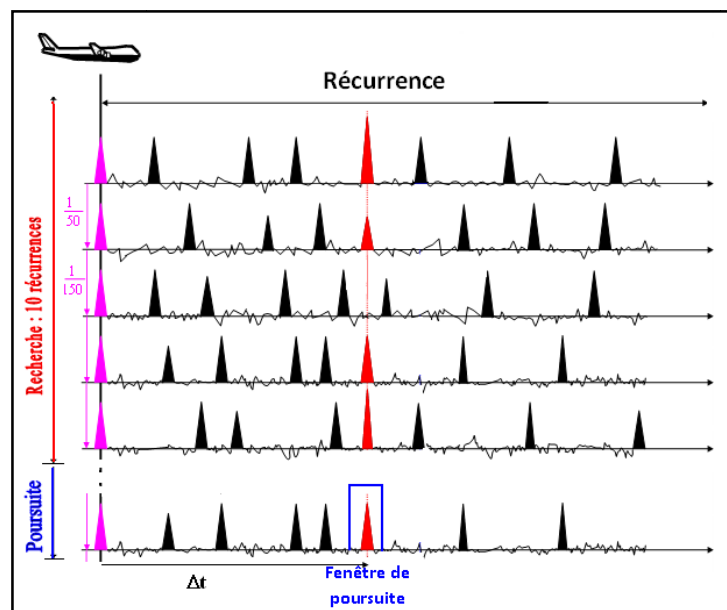


Figure III. 11.Représentation des phases poursuite et recherche.

III.5.4. Plan de fréquences DME

- Le DME fonctionne dans la gamme de l'ultra haute fréquence (UHF de 962 MHz à 1213 MHz avec un espacement de 1 MHz).1151 MHz
- Les fréquences d'interrogation UHF espacées de 1 MHz vont de 1025 MHz à 1150 MHz, celles des réponses qui sont de 63 MHz au-dessus ou au-dessous des fréquences d'interrogation vont de 962MHz à 1213 MHz.
- Comme les paires d'impulsions d'interrogation peuvent être espacées de 12 ou de 36 μ s et celles des paires de réponses de 12 ou de 30 μ s, cela procure 252 voies DME, voies dont 200 appariées aux fréquences VOR. La polarisation est verticale.

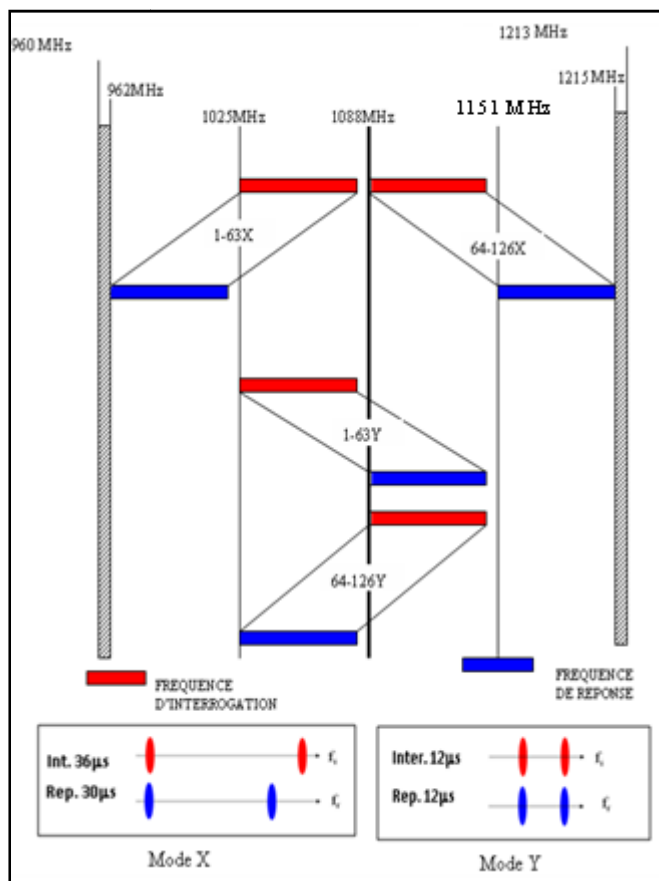


Figure III. 12. Répartition des fréquences du DME.

III.5.5. Répartition et appariement des canaux pour les combinaisons DME/VOR et DME/ILS

(L'annexe A comprend les tableaux d'appariements des fréquences VOR/DME/ILS).
Les canaux suivants sont réservés aux assignations à l'échelle nationale :

- De 1X à 16 X

Les canaux suivants peuvent être assignés à l'échelon national à titre secondaire principalement en vue de la protection du radar secondaire de surveillance SSR :

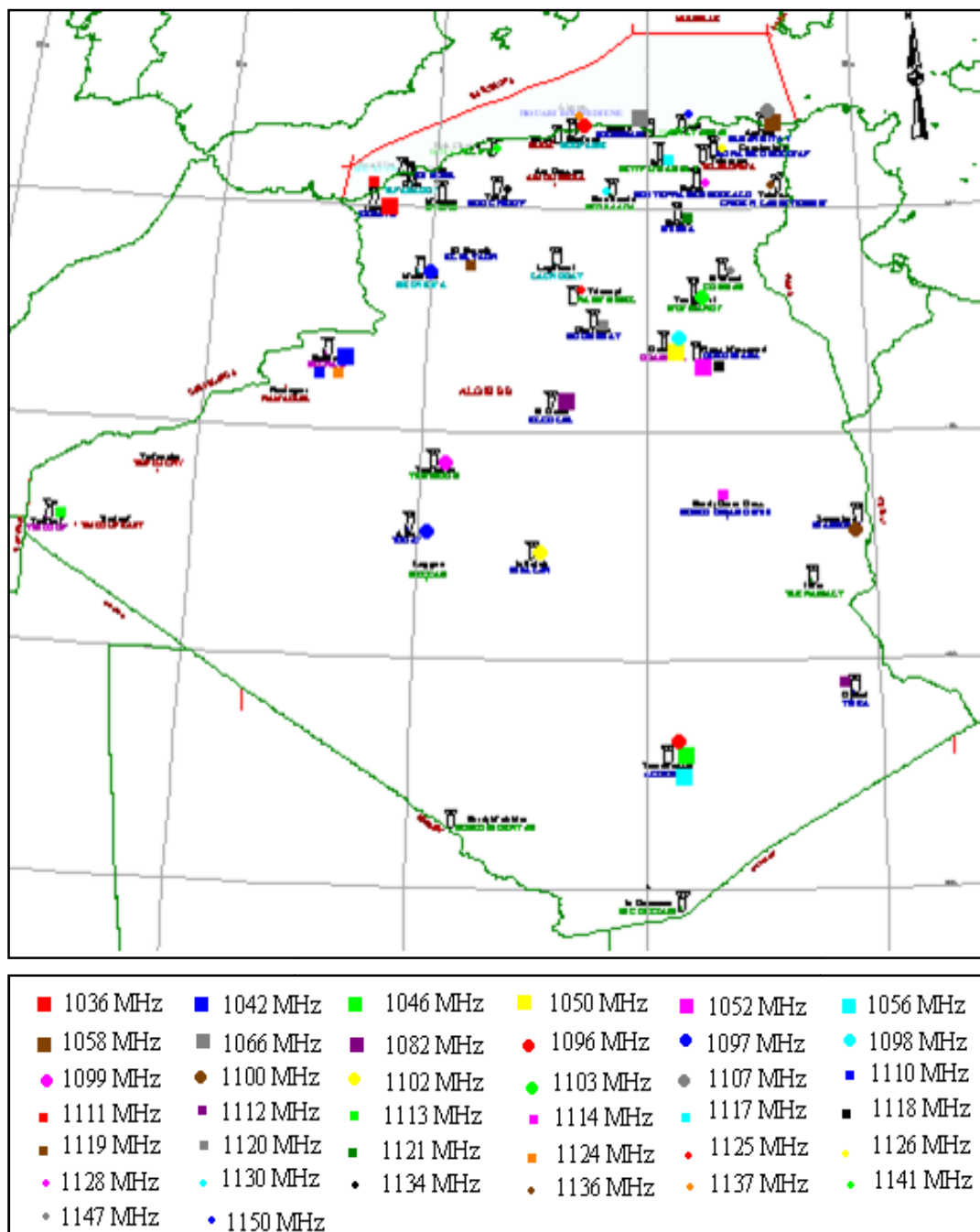
- De 60X à 69X
- De 1Y à 16Y
- De 60Y à 69Y

Remarque : Le canal d'interrogation-réponse 17 X peut être assigné en cas d'urgence. Il est apparié avec la fréquence 108,0 MHz, cette fréquence n'est destinée ni au VOR ni à l'ILS.



III.5.6. Fréquences DME utilisées dans la FIR Alger

Dans la carte III.3 nous avons la liste de toutes les fréquences du système DME utilisées dans la FIR Alger



Carte III. 3. Fréquences DME dans la FIR Alger.



III.6. Le système d'atterrissage aux instruments (ILS)

III.6.1. Introduction

Les limites du VOR et du DME sont perçues à l'approche d'un avion de la piste d'atterrissage. Ces deux instruments de radionavigation permettent d'améliorer considérablement le guidage latéral, mais sans aucune possibilité de fournir un guidage en hauteur de l'avion. L'ILS (Instrument Landing System) est une aide à la radionavigation utilisé au niveau international pour l'approche de la piste et est considéré comme un système de radiophares. Le radioalignement de piste est donné par le **Localizer** et le radioalignement de descente par le **Glide Path**.

Le système ILS comprend les éléments fondamentaux ci-après :

- Radiophare d'alignement de piste VHF ou Localizer (LLZ).
- Radiophare d'alignement de descente UHF ou Glide Slope (GP)
- Radiobornes VHF, ou dispositif de mesure de distance (DME).

L'ILS fournit au pilote, par des indicateurs de bord, des signaux de guidage sur la trajectoire de descente vers la piste, suivant une pente de l'ordre de 3° . Les informations délivrés au pilote par ce système sont :

- Une information d'écart latéral par rapport à l'axe de la piste issue du LLZ.
- Une information d'écart verticale par rapport au plan de descente idéal issue du GP.
- Une information discontinue de distance par rapport au seuil de piste est donnée par les markers et permet également le contrôle de la trajectoire.

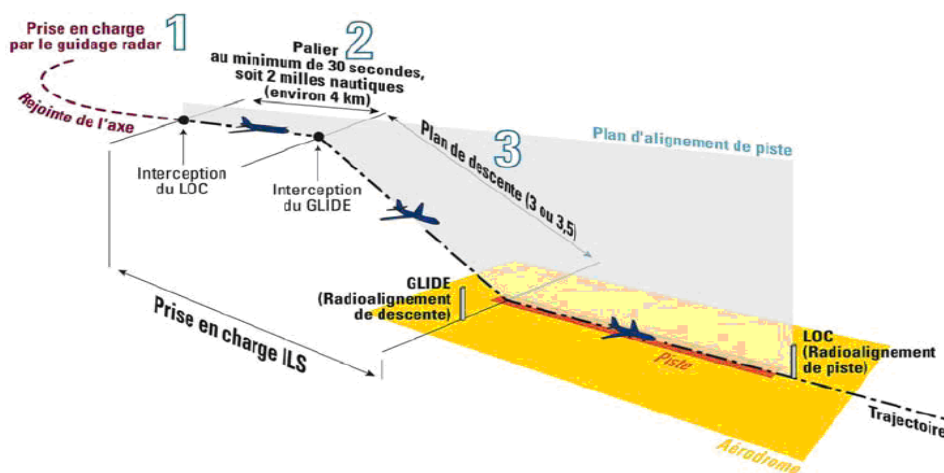


Figure III. 13. Sous-systèmes ILS.



III.6.2. Plan de fréquences ILS

Les fréquences du système ILS sont assignées dans la bande de 108,10 à 111,95 MHz avec décimale impaire ;

Exemples : 108,10 MHz - 108,15 MHz - 108,30 MHz - ... - 111,90 MHz - 111,95 MHz.

- Le LLZ émet dans la bande VHF sur 40 fréquences s'échelonnant entre 108 et 118 MHz, les décimales sont impaires espacée de 200 kHz (108.1 108.3,...).
- Le GP émet dans la bande UHF sur 40 fréquences s'échelonnant entre 328 et 336 MHz.

Remarque : Les radiophares LLZ et GP ont des fréquences appariées, par exemple un LLZ dont la fréquence est de 110,3 MHz sera couplé à un GP dont la fréquence est de 335 MHz (un tableau comprenant les appariements des fréquences LLZ et GP est donné à l'annexe A).

- Les radiobornes fonctionnent sur 75 MHz

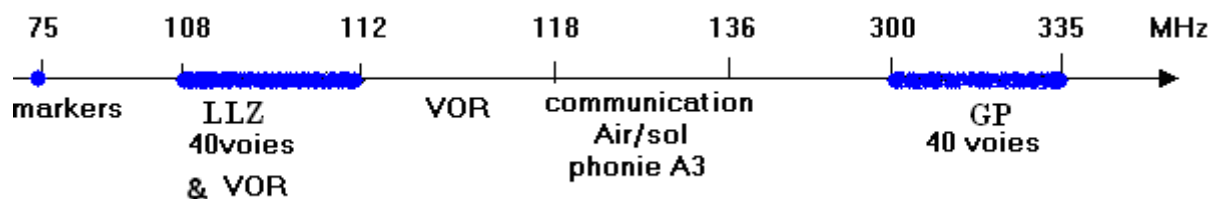


Figure III. 14 Répartition des fréquences de l'ILS.

III.6.3. Principe de fonctionnement

a) Radiophare d'alignement de piste (Localizer LLZ)

Implanté dans l'axe de la piste, à 300 mètres après l'extrémité, d'une part pour respecter les normes de sécurité (270m minimum) et d'autre part pour permettre le guidage jusqu'à la piste et le long de celle-ci. L'information du Localizer est visualisée sur le même indicateur que le VOR.



Figure III. 15. Station LLZ à Alger.

A partir de deux émissions de même porteuse modulée par un 90Hz (à gauche) et un 150Hz (à droite), on obtient deux diagrammes symétriques et directifs (Figure III 16). L'écart angulaire de l'aéronef par rapport au plan vertical de l'axe de la piste est proportionnel à la différence du taux de modulation. Sur l'axe la différence du taux de modulation (DDM) est nulle.

De part et d'autre de l'axe de piste la DDM est proportionnelle à l'écart avec le taux de modulation m_2 (150 Hz) prédominant à droite, et le taux de modulation m_1 (90 Hz) à gauche.

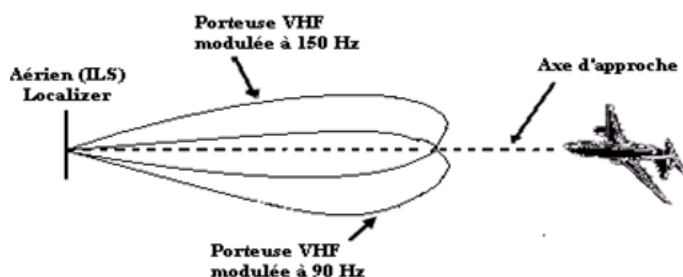


Figure III. 16. Diagrammes de rayonnement du LLZ.

b) Radiophare d'alignement de descente (Glide Path GP) :

Il assure l'alignement de descente (la pente de descente), il est implanté de 150m à 300m après le seuil de piste et de 120m à 150m sur le côté de celle-ci. Sa portée est de 10 NM. Le signal Glide fournit l'information verticale de l'avion pendant l'approche ILS. L'angle de descente standard est de 3°.



Figure III. 17. Antenne GP.

Le même principe s'applique aux indications d'axe de descente, si ce n'est que les lobes se recourent dans le plan vertical..

c) Les Markers ou radiobornes (Balises)

La fonction Marker doit donner au pilote des repères visuels et sonores par rapport au seuil de piste. Trois balises situées respectivement à 7250, 1300 et 75 mètres du seuil de piste (Figure III. 18) émettent un signal de fréquences 75 MHz à polarisation horizontale modulée à :

- 400 Hz pour la radiobalise extérieure: OM (Outer Marker)
- 1300 Hz pour la radiobalise intermédiaire : MM (Middle Marker).
- 3000 Hz pour la radiobalise intérieure :IM (Inner Marker) installée rarement.

Quand l'avion passe au dessus d'une des balises, son pilote détermine ainsi son éloignement du seuil de piste.

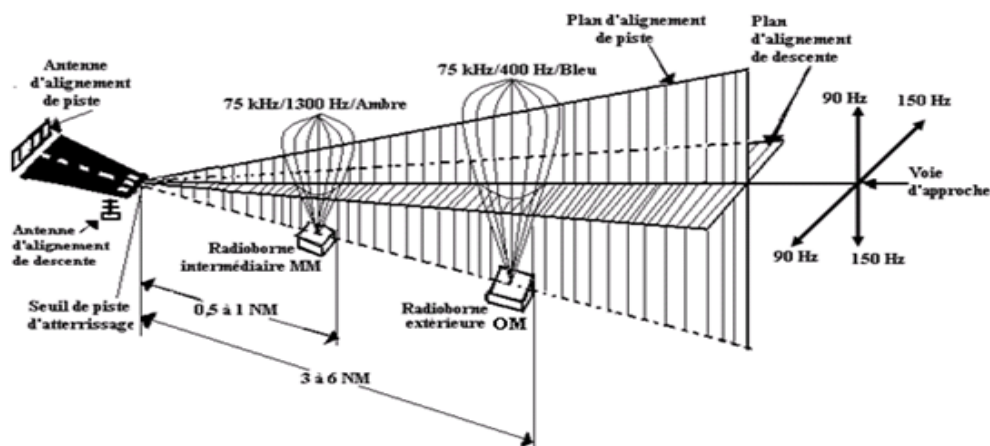


Figure III. 18. Disposition des markers.

III.6.4. Catégories de l'ILS

Le tableau ci-dessous résume les différentes catégories de l'ILS

Catégorie	Hauteur de décision DH	Portée visuelle
I	> 60 m	> 800 m
II	30 m < DH < 60 m	> 400 m
III a	DH < 30 m	> 200 m
III b	DH < 15 m	> 50 m

Tableau III.1. Catégorie de l'ILS.

III.6.5. Séparations géographiques entre installations ILS

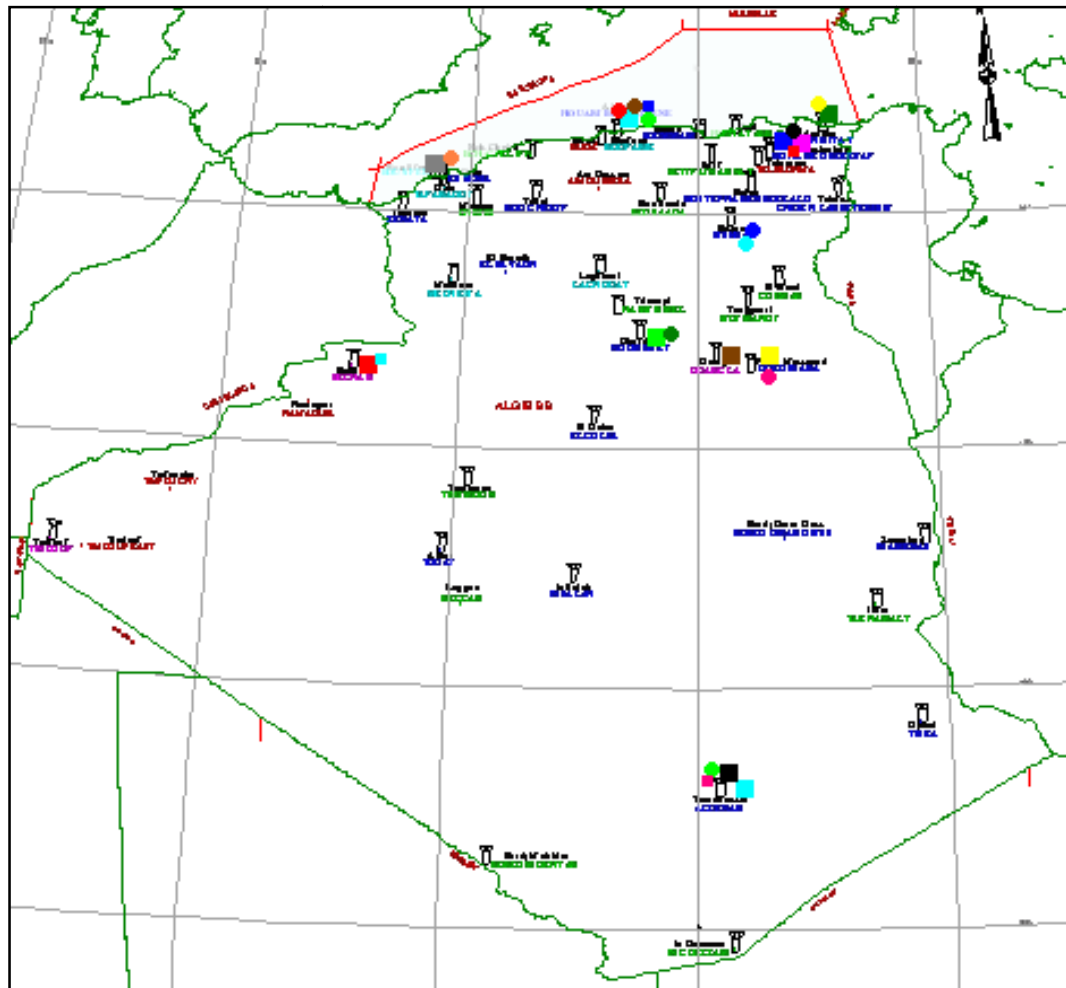
Afin d'assurer la protection contre les brouillages jusqu'à un point situé à la hauteur de protection et à la limite de la portée utile de l'ILS dans la direction du faisceau avant, il faudrait que la distance de séparation entre deux installations ILS soit au moins égale à 80 NM (148 km)

Remarque : Les points de protection pour le radioalignement de piste sont à 46 km (25 NM) de distance et 1 900 m (6 250 ft) de hauteur et pour le radioalignement de descente ILS, à 18,5 km (10 NM) de distance et 760 m (2500 ft) de hauteur.



III.6.6. Fréquences ILS utilisées dans la FIR Alger

Dans la carte III.4 nous avons la liste de toutes les fréquences du système ILS utilisées dans la FIR Alger



■ 108,1 MHz	■ 108,3 MHz	■ 108,5 MHz	■ 108,9 MHz	■ 109,1 MHz
■ 109,3 MHz	■ 109,5 MHz	■ 109,7 MHz	■ 109,9 MHz	■ 110,1 MHz
● 110,3 MHz	● 110,9 MHz	● 329,3 MHz	● 329,9 MHz	● 330,8 MHz
● 331,4 MHz	● 332,0 MHz	● 332,6 MHz	● 333,2 MHz	● 333,8 MHz
■ 334,1 MHz	■ 334,4 MHz	■ 334,7 MHz	■ 335,0 MHz	

Carte III. 4. Fréquences ILS dans la FIR Alger.



III.7. NDB (Non Directional Beacon) et Locators

Les NDB et Locators sont des radiobalises qui se composent d'un émetteur et d'un système d'antennes produisant un rayonnement non directionnel sur les bandes de basse fréquence (LF) et de moyenne fréquence (MF), soit de 190 à 415 kHz et de 510 à 535 kHz respectivement, ils constituent la base du réseau de voies et de routes aériennes LF et MF et sont souvent associés à l'IIS en tant que radioborne OM.

Les NDB sont des radiobalises de forte puissance dont la portée est d'environ 200 NM, par contre, les Locators sont des radiobalises de faibles puissances (moins de 25 W) dont la portée est d'environ 25 NM et sont souvent associés à l'IIS en tant que OM.



Figure III. 19. Radiobalise NDB.

III.7.1. Fréquences Locator utilisées dans la FIR Alger

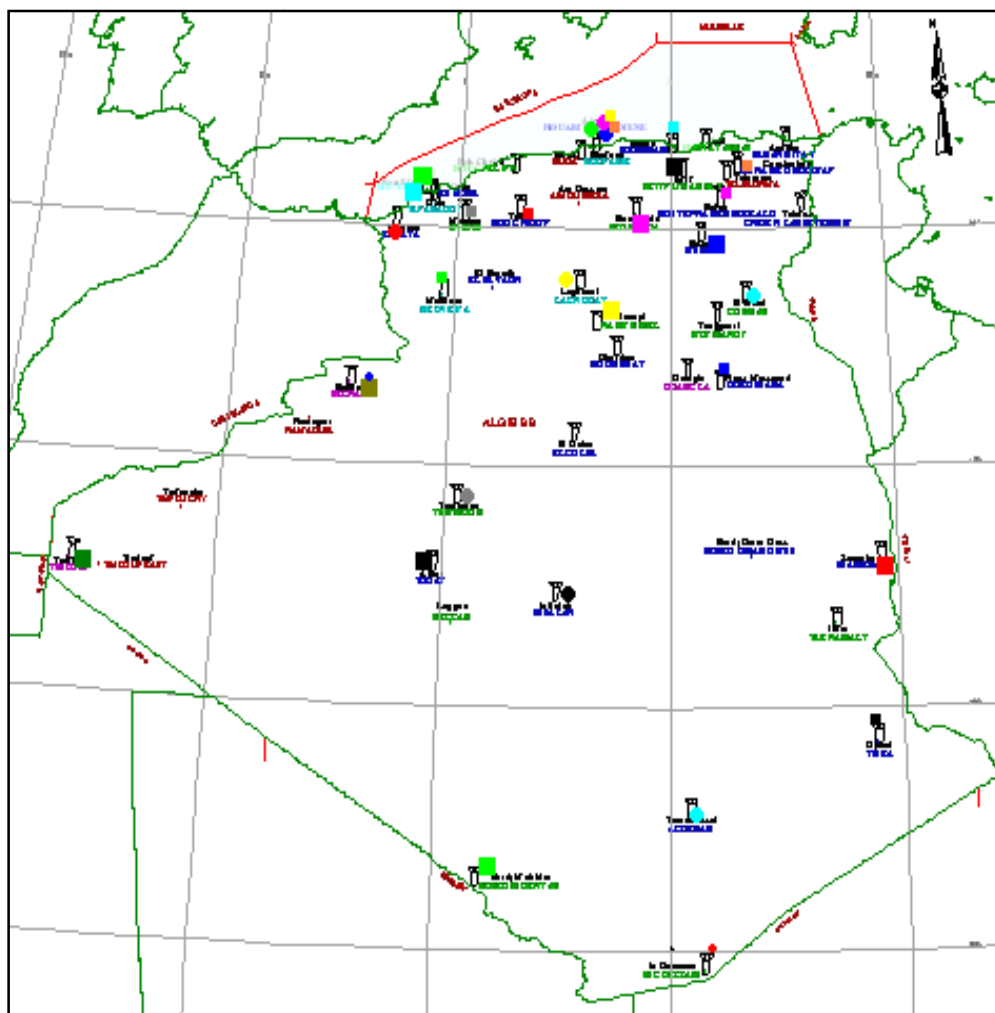
Les fréquences utilisées dans la FIR Alger pour les locators sont les suivantes:

- 342 kHz à Alger.
- 392 kHz à Annaba.
- 265 kHz 415 kHz à Oran.
- 356 kHz à Ouargla.
- 270 kHz à Tamanrassat.



III.7.2. Fréquences NDB utilisées dans la FIR Alger

Dans la carte III.5 nous avons représenté toutes les fréquences utilisées pour les radiobalises NDB dans la FIR Alger :



■ 268 kHz	■ 283 kHz	■ 304 kHz	■ 320 kHz	■ 331 kHz	■ 334 kHz
■ 335 kHz	■ 339 kHz	■ 340 kHz	● 346 kHz	● 353 kHz	● 358 kHz
● 359 kHz	● 370 kHz	● 373 kHz	● 380 kHz	● 383 kHz	■ 389 kHz
■ 390 kHz	■ 397 kHz	■ 413 kHz	■ 416 kHz	■ 418 kHz	■ 421 kHz
■ 423 kHz	■ 424 kHz	● 435 kHz	● 516 kHz		

Carte III. 5. Fréquences NDB dans la FIR Alger.



III.8. Conclusion

Les moyens de radionavigation aéronautiques utilisent des fréquences radio pour l'émission et la réception des informations, de ce fait, la communauté de l'aviation civile se doit de disposer de bandes de fréquences suffisantes, de les utiliser et de les gérer efficacement afin de garantir la sécurité de la navigation aérienne. Mais l'augmentation du trafic aérien fait naître chaque jour de nouveaux besoins, entre autres, de nouveaux moyens de radionavigation, or le nombre de fréquences utilisables est limité, d'où donc la nécessité d'utiliser des outils et des procédures modernes et automatisés dans la gestion et la planification du spectre de fréquence.



Chapitre IV :

Réalisation de l'application

IV.1. Introduction

Dans les chapitres précédents on a vu que les moyens de communication et de radio navigation aéronautiques utilisaient des fréquences attribuées par l'UIT et regroupées en tableaux par l'OACI afin de garantir une gestion de cette ressource naturelle, collective et un peu magique qu'est le spectre des fréquences.

Dans ce dernier chapitre, nous allons présenter une application informatique pour gérer les fréquences aéronautiques utilisées par le service mobile aéronautique, et par les moyens de radionavigation dans le FIR Alger.

IV.2. Processus de gestion des fréquences

Le processus de gestion des fréquences le plus applicable, parce que efficient et transparent, en matière d'utilisation, de partage et de coordination du spectre de fréquences disponibles, est illustré de manière générique dans le diagramme ci-après :

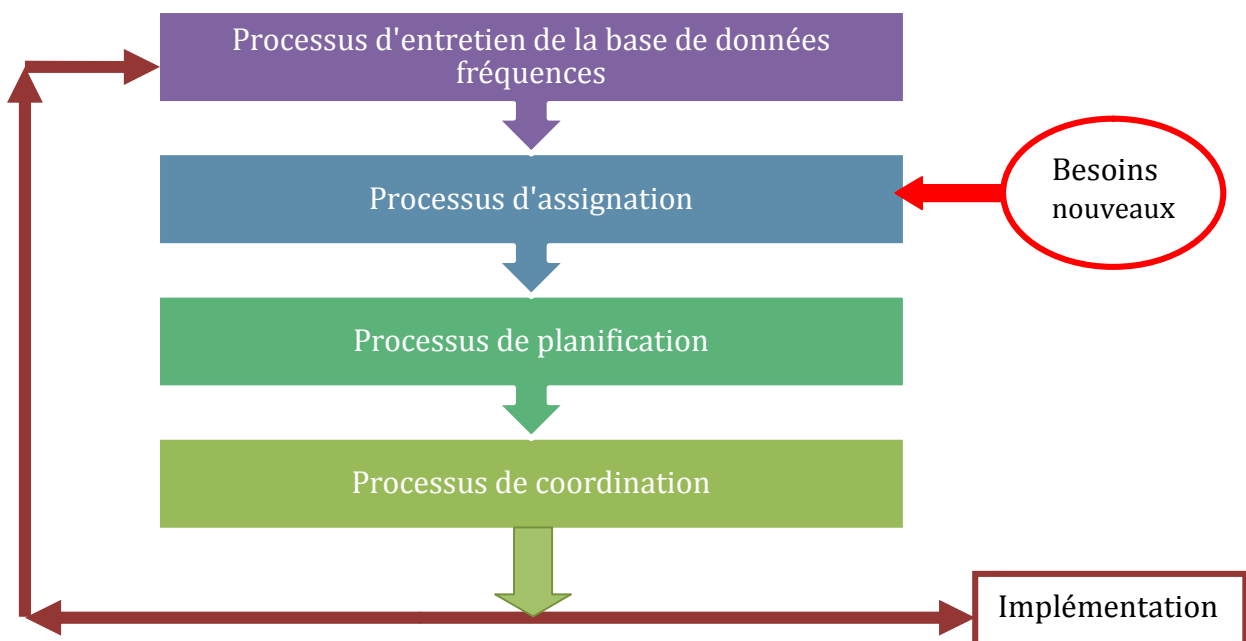


Figure IV. 1. Processus de gestion des fréquences.



L'application réalisée permet d'assurer les processus entretien base de données et planification. Les processus d'assignation et de coordination font partie intégrante des procédures et des normes de gestion des fréquences.

IV.3. Travail réalisé

Il s'agit de la réalisation d'une application informatique pour la gestion des fréquences des tableaux COM 2, COM3 et COM4 .Cette application est exploitée sous environnement Windows.

Afin de réaliser cette application, nous avons procéder comme suit :

- 1) Etablissement d'une base de données fréquences de référence où la totalité des assignations possibles ou fréquences assignables est identifiée.. Labase de données est construite sous **Microsoft Office ACCES 2007**.
- 2) Etablissement d'une base de données de toutes les fréquences déjà assignées dans la FIR Alger en indiquant la location, les coordonnées géographiques, le nom de l'aérodrome, code OACI, service ATS utilisateur, date d'attribution, puissance émise par l'antenne.
- 3) Réalisation d'une interface à la base de référence qui permet de :
 - ✓ Vérifier si une fréquence donnée est déjà assignée et d'indiquer dans l'affirmative les lieux d'utilisation ainsi que les caractéristiques.
 - ✓ Modifier un enregistrement existant et enregistrer les modifications, créer un nouvel enregistrement, modifier/supprimer un enregistrement.
 - ✓ Calcul et vérification de la compatibilité d'une assignation nouvelle avec les assignations existantes.

***Remarque :** une assignation est dite compatible lorsqu'on a l'assurance que son attribution à un service donné n'induera pas des effets préjudiciables ou indésirables (interférences, distorsion, mauvais fonctionnement ...etc.), sur les assignations déjà attribuées au même service ou à d'autres services.*

Pour la réalisation de l'interface on a utilisé le **DELPHI 7** qui est un environnement de développement de type RAD (Rapid Application Development) basé sur le langage Pascal qui permet de réaliser des applications Windows.



IV.4. Présentation de l'application

Le menu principal comporte trois items: COM 2, COM 3 et COM 4 comme le montre la figure ci-dessous :



Figure IV. 2.Menu de l'application.



IV.4.1. L'item COM 2

Comme on a vu précédemment le tableau COM2 concerne les fréquences de la bande VHF 118-136 MHz utilisées pour le contrôle aérien.



Figure IV. 3. Menu COM 2.

L'item COM 2 se compose de quatre fenêtres : Référence, Recherche, Traitement et enregistrement.

1) Référence

Cette fenêtre (Figure IV.4) permet d'avoir la liste de toutes les fréquences assignables de la bande VHF 118-136 MHz sur la base d'un espacement de 100 kHz, 50 kHz, 25 kHz et 8,33 kHz.

Si une fréquence n'est pas encore assignée dans la FIR Alger, on aura alors « faux » affiché à côté de la fréquence en question, dans le cas contraire, « vrai » est affiché.

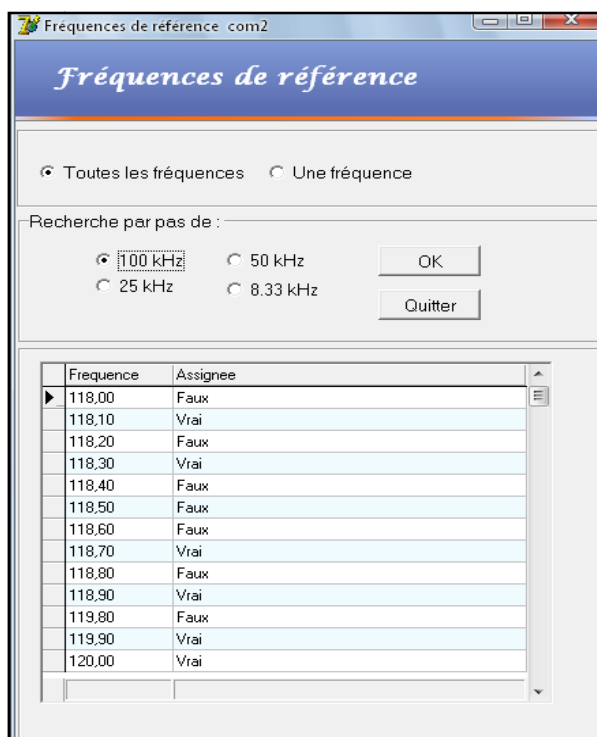


Figure IV. 4.Fréquences de référence COM 2.

En cliquant sur « vrai » , on a dans l'affirmatif, les lieux d'utilisation ainsi que les caractéristiques concernant la fréquence en question, à savoir, les coordonnées géographiques, le nom de l'aérodrome, le code OACI, le service ATS utilisateur, la date d'attribution et la puissance émise par l'antenne.

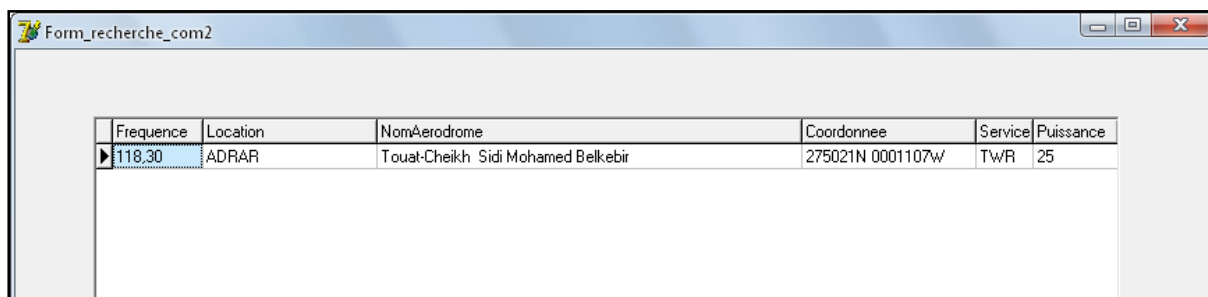


Figure IV. 5 Fenêtre des détails concernant une fréquence particulière.



On peut faire une recherche d'une fréquence particulière, un message est affiché lors de l'introduction d'une fréquence erronée afin de prévenir l'utilisateur de la non validité de la fréquence introduite (Figure IV.5).

Exemple : On introduit une fréquence qui n'appartient pas au tableau COM 2, on aura alors l'apparition d'un message pour avertir l'utilisateur de la non validité de la fréquence (Figure IV.6) :

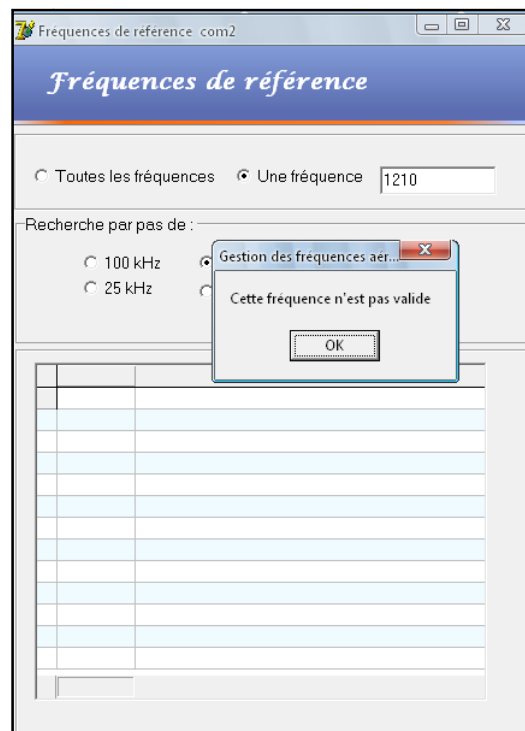


Figure IV. 6. Introduction d'une fréquence erronée.

2) Recherche

La fenêtre de recherche permet de faire une recherche par fréquence, location ou service.

Le service peut être un service de contrôle d'aérodrome donné par l'acronyme 'TWR', le service de contrôle d'approche donné par l'acronyme 'APP', le service de contrôle en route donné par 'ROUTE' ou le centre de contrôle régional donné par l'acronyme 'CCR'

Exemple : On veut avoir toutes les fréquences VHF utilisées à ORAN : (Figure IV.7.a)

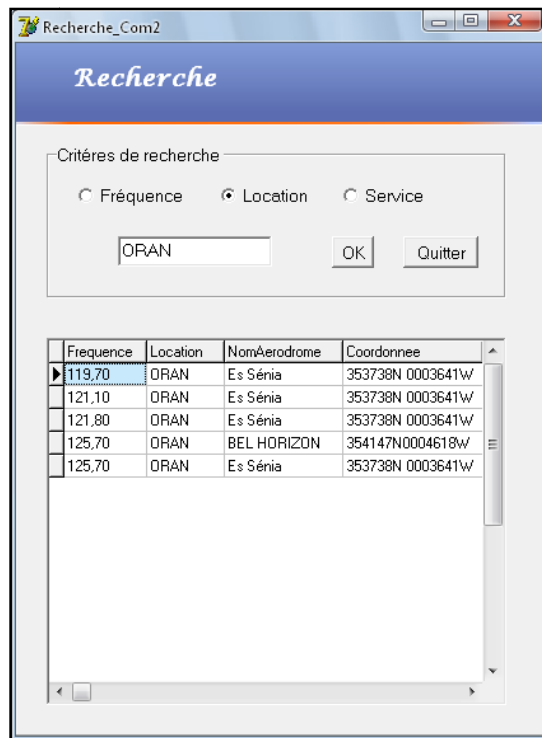


Figure IV. 7.a. Recherche par location.

On veut, par exemple, avoir toutes les fréquences utilisées par le service TWR dans toute la FIR Alger : (Figure IV.7.b)

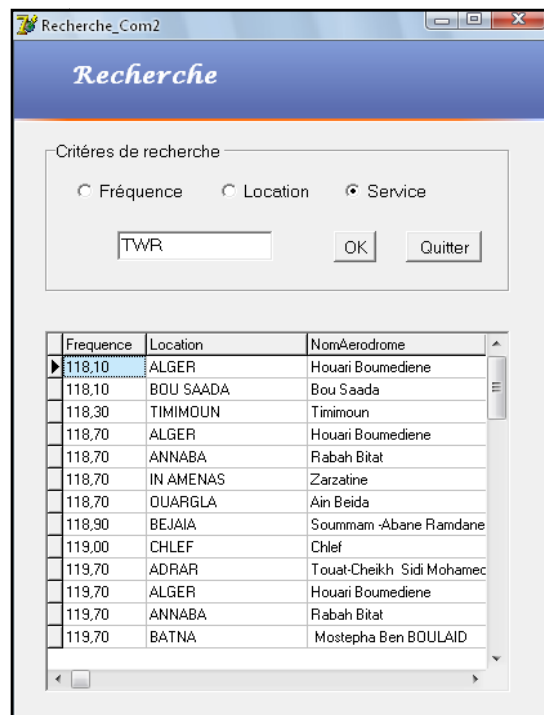


Figure IV. 7. b. Recherche par service.



3) Traitement

Cette fenêtre permet de vérifier la compatibilité d'une nouvelle fréquence avec les fréquences déjà assignées en calculant des distances d'espacements minimaux avec les services existants, avec possibilité de visualisation sur Google Earth des services déjà existants et du nouveau service introduit.

Le bouton « OK » permet de vérifier si cette fréquence est déjà utilisée.

Exemple : On veut utiliser la fréquence 119.70 MHz à BOU SAADA (Figure IV.8)

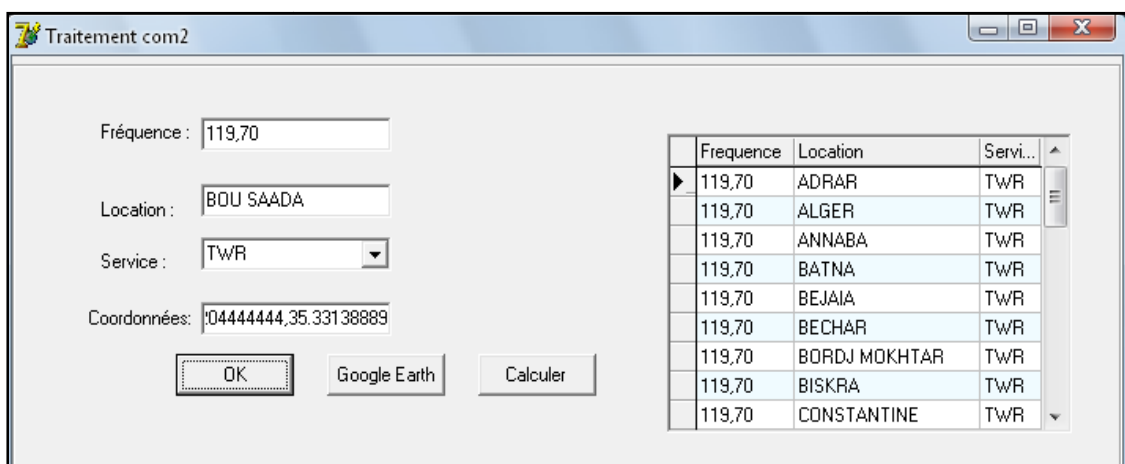
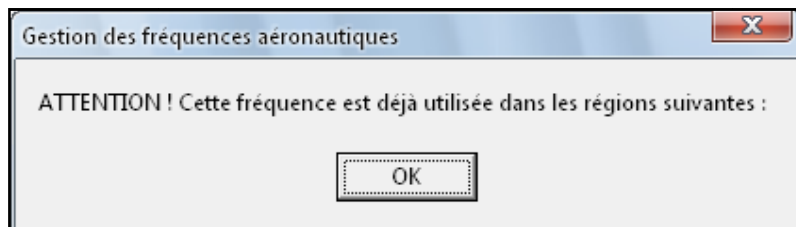
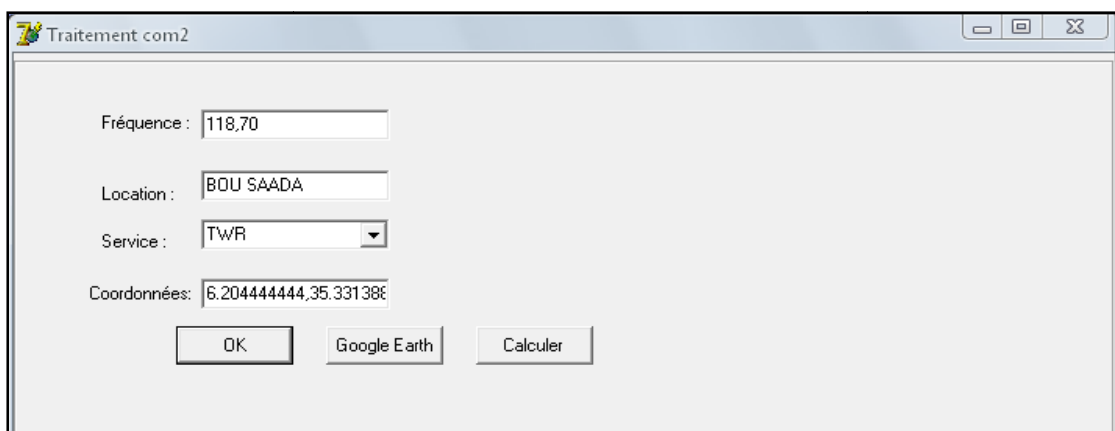


Figure IV. 8. Traitement COM2



Le bouton « Google Earth » permet de visualiser directement les stations qui utilisent cette fréquence.

Remarque : Les coordonnées doivent être introduites en degrés décimale et en commençant par la longitude ensuite la latitude séparées par une virgule.

Les services déjà existants sont représentés par des punaises jaunes et la nouvelle station est représentée en rouge. (Figure IV.9).



Figure IV. 9. Visualisation sur Google Earth.

En cliquant sur une punaise particulière, on visualise alors les caractéristiques concernant la fréquence utilisée.



Figure IV.10. Renseignements sur un service.



Le bouton « Calculer » permet de mesurer les distances de séparation minimales avec les services existants (Figure IV.11).

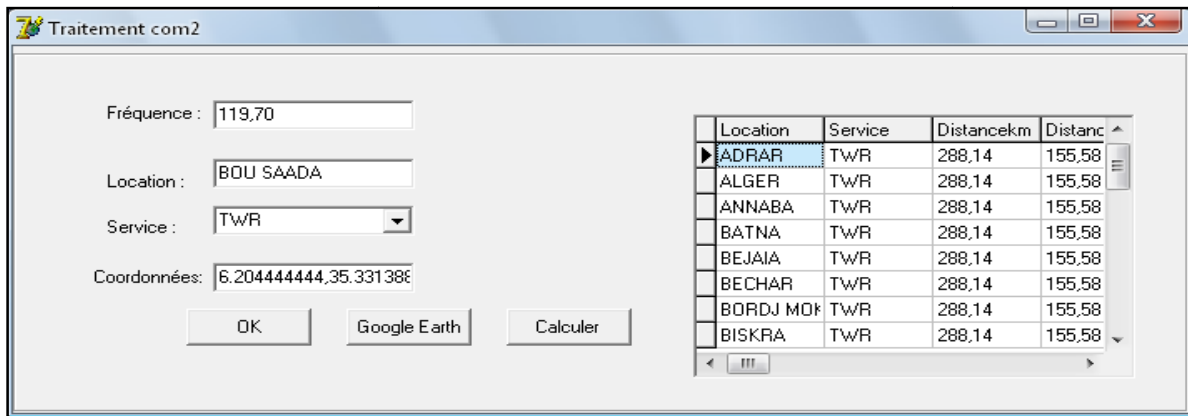


Figure IV.11. Calcul des espacements géographiques.

4) Enregistrement

Cette fenêtre permet la mise à jour de la base de données: ajout, modification, enregistrement ou suppression d'un enregistrement.

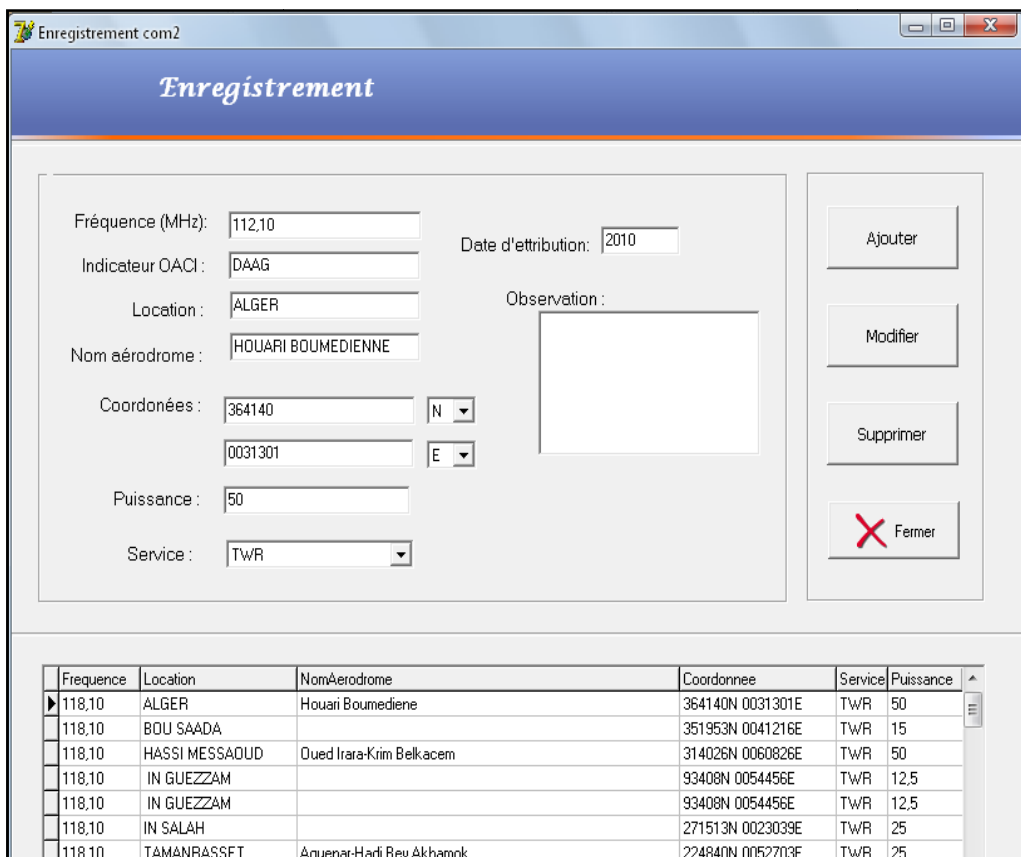


Figure IV.12 .Fenêtre d'enregistrement.



IV.4.2. L'item COM 3

Le tableau COM 3 concerne les fréquences du VOR, DME et ILS.



Figure IV. 13. Menu COM 3

Le menu COM 3 est composé de trois items (VOR, DME, ILS) (Figure IV.13), chaque item est composé à son tour de trois fenêtres : Référence, Recherche et Enregistrement. (Figure IV.14, Figure IV.15 et Figure IV.16).



Figure IV. 14. Menu VOR.



Figure IV. 15. Menu ILS.



Figure IV. 16. Menu DME.



Pour les trois items nous avons les fenêtres : Référence, Recherche enregistrement. Nous allons prendre l'exemple du VOR :

1) Référence

C'est le même principe que pour la fenêtre Référence du COM 2, excepté que pour COM 3 nous n'avons pas le pas de recherche (Figure IV.17)

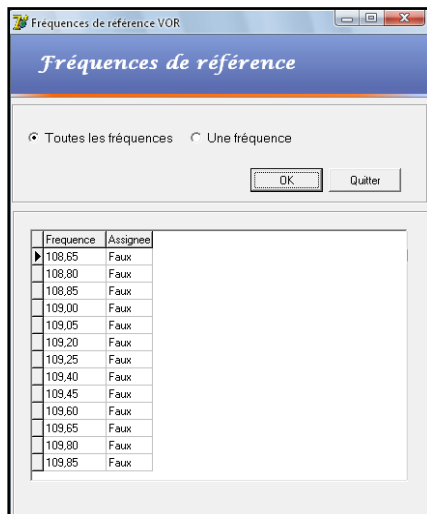


Figure IV. 17. Fenêtre de référence VOR

2) Recherche

La recherche se fait par location ou par service (Figure IV.18)

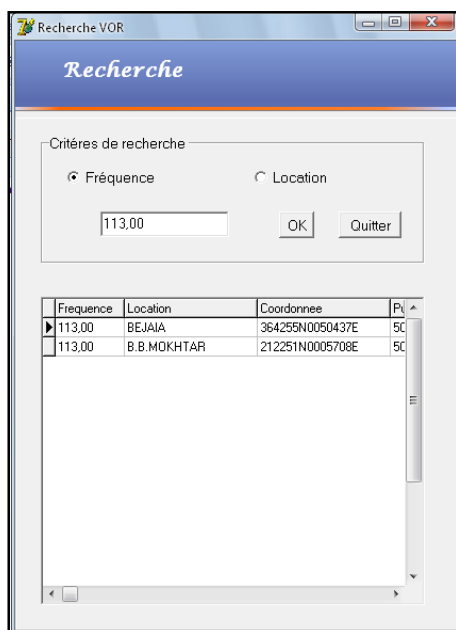


Figure IV. 18. Fenêtre Recherche VOR.



3) Enregistrement

Permet la mise à jour de la base de données.

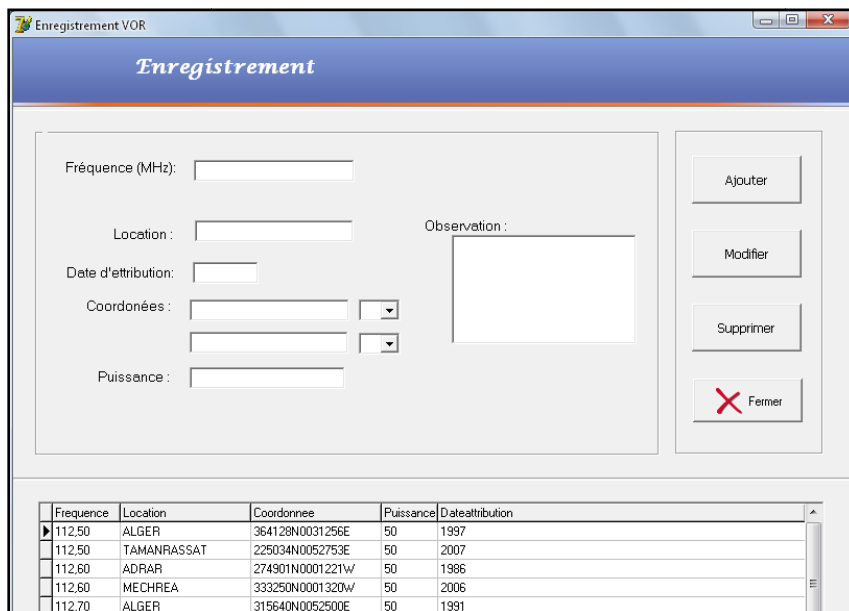


Figure IV. 19. Fenêtre Enregistrement VOR.

IV.4.3. L'item COM 4

Comprend les fréquences des NDB et Locators.



Figure IV.20.Menu NDB.



Figure IV. 21. Menu Locator.

Le menu COM4 comprend deux items (NDB et Locator), chaque item se compose de trois fenêtres : Référence, Recherche et Enregistrement et c'est le même principe que pour l'exemple du VOR qu'on a donné précédemment.

IV.5. Conclusion

Gérer le spectre des fréquences est un enjeu majeur des sociétés modernes afin que cette ressource soit utilisée de façon toujours plus efficace, au bénéfice du plus grand nombre.

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'application réalisée, une application qui devrait faciliter la gestion des fréquences des services du contrôle aérien et des services de la navigation aérienne dans la FIR Alger.

Conclusion Générale et perspectives

La gestion des fréquences aéronautique permet aux services de la navigation aérienne d'assurer une gestion optimale des besoins propres de la région d'informations de vol tout en respectant les critères de protection des fréquences. C'est dans ce cadre que nous avons développé la première version d'une application qui ouvrira un grand portail sur la gestion des fréquences aéronautiques.

On envisage qu'une amélioration de l'application permettra, de tracer la couverture opérationnelle et les contours de brouillage pour les assignations de fréquences et de tenir compte des contraintes suivantes :

Contraintes d'espacements géographiques:

Les volumes de protection de la réception entre services de fréquences identiques sont représentés par des cylindres de hauteurs variables génératrices verticales et dont les directrices sont des polygones ou des cercles de surfaces différentes selon les services.

Contraintes sur fréquences adjacentes :

Ce sont aussi des contraintes d'espacement géographiques, mais comme elles concernent les fréquences voisines de la fréquence recherchée, les volumes de protection de la réception sont plus petits.

Contraintes d'intermodulation :

Sur certains sites plusieurs émetteurs-récepteurs sont regroupés sur un même support. Ce procédé largement répandu crée des produits d'intermodulation de différents ordres notamment d'ordre 3 qui résultent de combinaisons linéaires des fréquences des différents émetteurs installés et qui constitue des sources de brouillage dont il faut tenir compte lors de l'allocation de fréquences nouvelles. Cette contrainte ne s'applique qu'au tableau COM 2.

Contraintes d'appariement :

Les services liés au tableau COM 3 et qui fonctionnent en doublet et en triplet ont des relations de fréquences bien définies entre les diverses composantes du service. Exemple : VOR/DME et LLZ/GP

Contraintes diverses :

Des contraintes annexes doivent être prises en compte lors de la recherche de fréquence dans une bande prédéfinie ou fréquence réservée telle que fréquence de sauvetage ou encore fréquence assignée sur l'ensemble d'un territoire donné.

En plus de la prise en compte des contraintes évoquées ci-dessus, la gestion des tableaux COM 2, COM 3, COM 4 diffère singulièrement d'un tableau à un autre.

La nécessité d'automatiser cette gestion à l'aide d'un outil informatique s'impose, cette automatisation devrait tenir compte, par ailleurs, du fait que l'élargissement des bandes réservées à l'aviation civile doit être a priori écarté, car la tendance serait plutôt de dégager des fréquences pour de nouveaux services et de réduire le pas de fréquences des différentes bandes. Cette opération ne peut être adoptée que sur le long terme du fait des changements à opérer dans les équipements.

Enfin, le système automatique devait être conçu pour gérer de façon optimale la pénurie, donc rationaliser les travaux de détection, de brouillage et de recherche des fréquences.

Bandes de radionavigation aéronautiques

BANDE	SERVICE	UTILISATION
90-110 kHz	Radionavigation	LORAN-C
130-535 kHz	Radionavigation aéronautique	NDB/radiobalise
1800-2000 kHz	Navigation	LORAN-A
74.8-75.2 kHz	Radionavigation aéronautique	Radioborne
108.117.975 MHz	Radionavigation aéronautique	VOR/Radiophare d'alignement de piste
328.6-335.4 MHz	Radionavigation aéronautique	Alignement de descente ILS.
960-1215 MHz	Radionavigation aéronautique	DME GNSS
1030 et 1090 MHz	Radionavigation aéronautique	SSR/ACAS
1215-1260 MHz	Radiolocalisation/Radionavigation par satellite	GNSS Radar de surveillance
1260-1400 MHz	Radionavigation aéronautique/Radiolocalisation	Radar de surveillance
1559-1626.5 MHz	Radionavigation aéronautique Radionavigation par satellite/Mobile par satellite	GNSS
1610-1626.5 MHz	Radiorepérage aéronautique Radionavigation par satellite/Mobile par satellite	GLONASS
1610-1626.5 MHz	Radionavigation aéronautique Radionavigation par satellite/Mobile par satellite	GLONASS
2700-3300 MHz	Radionavigation aéronautique Radionavigation/Radio localisation	Radar de surveillance
4200-4400 MHz	Radionavigation aéronautique	Radioaltimètre
5000-5250 MHz	Radionavigation aéronautique	MLS
5350-5470 MHz	Radionavigation aéronautique	Radars météorologique de bord
8750-8850 MHz	Radionavigation aéronautique/Radiolocalisation	Radar Doppler de bord
9000-9500 MHz	Radionavigation aéronautique/Radionavigation	Radars d'approche de précision
13.25-13.4 GHz	Radionavigation aéronautique	Radar Doppler de bord
15.4-15.7 GHz	Radionavigation aéronautique	ASDE /autres systèmes
24.25-24.65 GHz	Radionavigation	ASDE
31.8-33.4 GHz	Radionavigation	ASDE

Liste des bandes de fréquences aéronautiques SMA

BANDE	SERVICE	UTILISATION
2850-22000 kHz	Mobile aéronautique	Communication air-sol (voix et données HF)
3023-5680kHz	Mobile aéronautique	Recherche et sauvetage
117.975-137 MHz	Mobile aéronautique	Communication air-sol air – air (voix et données VHF)
121.5 ; 123.1 ; et 243 MHz	Mobile aéronautique mobile	Fréquence d'urgence
406-406.1MHz	Mobile par satellite	Recherche et sauvetage
1525-1599 MHz	Mobile par satellite	Communication par satellite
1626.5-1660.5 MHz	Mobile par satellite	Communication par satellite

Liste des aérodromes et fréquences correspondantes

Indicateur d'emplacement et nom de l'aérodrome :	Coordonnées du point de référence et emplacement de l'aérodrome :	Installation de télécommunication : Désignation du service, indicatif d'appel , fréquence correspondante en MHz :
DAUA-ADRAR Touat-Cheikh Sidi Mohamed Belkebir	275021N 0001107W Intersection RWY et TWY A	<ul style="list-style-type: none"> • TWR ADRAR TWR 119.7-118.3 (s) • FIS ADRAR RADIO 8894
DAAG– ALGER / Houari Boumediene	364140N 0031301E Intersection des TWY : B4, B5, A4 et A5	<ul style="list-style-type: none"> • TWR ALGER TOUR 118.7 -119.7(s) • APP ALGER APP 121.4-120.8 (s) • SOL ALGER SOL 121.8 • VDF ALGER GONIO 121.4 – 119.7(s) • ATIS ALGER 128.525
DABB – ANNABA / Rabah Bitat	364920N0074834E Intersection des RWY	<ul style="list-style-type: none"> • TWR ANNABA TOUR 118.7 – 119.7(s) • APP ANNABA APP 119.0 – 119.7 (s)
DABT– BATNA / Mostepha Ben BOULAID	35 45 33N 006 19 21E Intersection des TWY A et TWY B	<ul style="list-style-type: none"> • TWR BATNA TOUR 118.1 – 119.7 (s)
DAAE– BEJAIA/Soummam - Abane Ramdane	364243N 0050410 E Intersection RWY et TWY ' W '	<ul style="list-style-type: none"> • TWR BEJAIA TOUR 118.9 –119.7(s)
DAOR– BECHAR/Boudghene Ben Ali Lotfi	313902.05N 0021511.35W TWR	<ul style="list-style-type: none"> • TWR BECHAR TOUR 118.7 -119.7 (s)
DATM – BORDJ MOKHTAR	212230N 0005526E Intersection RWY U/S et la voie de circulation.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR Bordj Mokhtar Tour 119.7-118.3(s)
DAAD – BOU SAADA	351953N 0041216E	<ul style="list-style-type: none"> • TWR BOU SAADA Tour 118.1
DAUB– BISKRA/ Mohamed KHIDER	344806N 0054430 ^E Tour de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> • TWR BISKRA TOUR 119.7

DAOI- CHLEF	361301N 0012024 ^E Intersection RWY 08/26 avec la voie de circulation	<ul style="list-style-type: none"> • TWR CHLEF TWR 119.00
DABC – CONSTANTINE /Mohamed Boudiaf	361707N0063709E TWR	<ul style="list-style-type: none"> • TWR Constantine TWR 118.3 - 119.7 (s) • APP Constantine APP 120.1
DAAJ–DJANET / Tiska	241735N 0092707E Intersection des RWY	<ul style="list-style-type: none"> • TWR DJANET TOUR 118.1 – 119.7 (s) • VDF DJANET GONIO 118.1 – 119.7(s) • FIS DJANET RADIO 8894
DAOY – EL BAYADH	334315N 0010529 ^E Intersection de RWY 04/22 avec TWY.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR EL BAYADH 119.7
DAUE – EL GOLEA	303408N0025153E Intersection RWY10/28 et TWY B1	<ul style="list-style-type: none"> • TWR EL GOLEA TOUR 119.7 • FIS EL GOLEA RADIO 8894
DAUO – EL OUED/Guemar	333047N 0064657E Intersection des RWY	<ul style="list-style-type: none"> • TWR EL OUED TOUR 119.7 • FIS EL OUED RADIO 8894
DAUG – GHARDAIA/Noumérat-Moufdi Zakaria	322254N 0034758E Intersection RWY 12/30 et TWY B1.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR Ghardaia TOUR 118.9 - 119.7(s) • VDF Ghardaia GONIO 118.9 • FIS Ghardaia RADIO 8894
DAOV – GHRISS	351301N 0000854E	<ul style="list-style-type: none"> • TWR GHRISS TOUR 119.7
DAUH – HASSI MESSAOUD/Oued Irara-Krim Belkacem	31 40 26 N 006 08 26 E Intersection RWY avec TWY D.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR Hassi Messaoud Tour 118.1 -119.7 (s) • VDF Hassi Messaoud Gonio 118.1 - 119.7 (s) • APP Hassi Messaoud APP 120.0
DAAP– ILLIZI / Takhamalt	264325N 0083704E Intersection RWY et TWY A.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR ILLIZI TOUR 118.7 – 119.7 (s) • VDF ILLIZI GONIO 118.7 – 119.7 (s) • FIS ILLIZI RADIO 8894
DATG – IN GUEZZAM	193408N 0054456E	<ul style="list-style-type: none"> • TWR IN GUEZZAM TOUR 118.1
DAUI – IN SALAH	271513N 0023039E Aire à signaux	<ul style="list-style-type: none"> • TWR IN SALAH TOUR 118.1 – 119.7 (s) • FIS IN SALAH RADIO 8894
DAAV – JIJEL / Ferhat Abbas	364740N 0055225E Intersection RWY avec TWY A.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR JIJEL TOUR 119.7
DAOO – ORAN/Es Sénia	353738N 0003641W Situé à 507 mètres du THR 25R et dans l'axe de RWY 25R.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR ORAN TOUR 118.1-119.7(s) • APP ORAN APP 128.2-121.1(s) • VDF ORAN GONIO 118.1-128.2(s)
DAUU – OUARGLA/Ain Beida	315553N0052424E Intersection THR 20 et voies circulation	<ul style="list-style-type: none"> • TWR OUARGLA Tour 118.7- 119.7 (s)
DAAS– SETIF / 8 MAI 45	361043N 0051948E Intersection RWY avec TWY A.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR SETIF TOUR 119.7 -119.9 (s)

DAAT – TAMANRASSET/Aguenar-Hadj Bey Akhamok	224840N 0052703E Intersection des RWY.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR Tamanrasset Tour 118.1-119.7(s) • VDF Tamanrasset Gonio 118.1-119.7(s) • FIS Tamanrasset Radio 13273-5652-8894-3419*-17961* (*) Hors service
DABS – TEBESSA/Cheikh Larbi Tebessi	352557.49N 0080732.16E L'intersection RWY 11/29 avec TWY C.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR TEBESSA Tour 118.1-119.7 (s)
DAOB – TIARET/Abdelhafid Boussouf Bou Chekif	35 20 29 N 001 28 01E Intersection de la RWY avec la bretelle C.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR TIARET TOUR 118.1- 119.7 (s)
DAUT – TIMIMOUN	291428N 0001701E Intersection de RWY avec la TWY	<ul style="list-style-type: none"> • TWR TIMIMOUN TOUR 118.3- 119.7(s) • FIS TIMIMOUN RADIO 8894
DAOF– TINDOUF	274200N 0081000W Intersection RWY 08R/26L avec TWY C.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR TINDOUF TOUR 119.7-118.1 (s) • VDF TINDOUF GONIO 119.7-118.1 (s)
DAON – TLEMCEN/Zenata-Messali El Hadj	350055N 0012703W Intersection TWY D avec RWY.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR TLEMCEN TOUR 119.7
DAUK – TOUGGOURT/ Sidi Mahdi	330336N 0060514 ^E Seuil de piste 01	<ul style="list-style-type: none"> • TWR Touggourt TOUR 119.7 • FIS Touggourt RADIO 8894
DAUZ – ZARZAITINE/In Aménas	280305N 0093834E Intersection des RWY.	<ul style="list-style-type: none"> • TWR IN AMENAS TOUR 119.7-118.7 (s) • VDF IN AMENAS GONIO 119.7 • FIS IN AMENAS RADIO 8894


Appariement des fréquences de radiophare d'alignement de piste et de descente


108,10	108,15	108,30	108,35	108,50	108,55	108,70	108,75	108,90	108,95
334,70	334,55	334,10	333,95	329,90	329,75	330,50	330,35	329,30	329,15

109,10	109,15	109,30	109,35	109,50	109,55	109,70	109,75	109,90	109,95
331,40	331,25	332,00	331,85	332,60	332,45	333,20	333,05	333,80	333,65

110,10	110,15	110,30	110,35	110,50	110,55	110,70	110,75	110,90	110,95
334,40	334,25	335,00	334,85	329,60	329,45	330,20	330,05	330,80	330,65

111,10	111,15	111,30	111,35	111,50	111,55	111,70	111,75	111,90	111,95
331,70	331,55	332,30	332,15	332,90	332,75	333,50	333,35	331,10	330,95

 Radiophare d'alignement de piste

 Radiophare d'alignement de descente

Appariement des fréquences DME/VOR

► Canaux X

Canal DME	Fréquence VOR	Canal DME	Fréquence VOR	Canal DME	Fréquence VOR	Canal DME	Fréquence VOR
19X	108,20	58X	112,10	88X	114,10	108X	116,10
21X	108,40	59X	112,20	89X	114,20	109X	116,20
23X	108,60	70X	112,30	90X	114,30	110X	116,30
25X	108,80	71X	112,40	91X	114,40	111X	116,40
27X	109,00	72X	112,50	92X	114,50	112X	116,50
29X	109,20	73X	112,60	93X	114,60	113X	116,60
31X	109,40	74X	112,70	94X	114,70	114X	116,70
33X	109,60	75X	112,80	95X	114,80	115X	116,80
35X	109,80	76X	112,90	96X	114,90	116X	116,90
37X	110,00	77X	113,00	97X	115,00	117X	117,00
39X	110,20	78X	113,10	98X	115,10	118X	117,10
41X	110,40	79X	113,20	99X	115,20	119X	117,20
43X	110,60	80X	113,30	100X	115,30	120X	117,30
45X	110,80	81X	113,40	101X	115,40	121X	117,40
47X	111,00	82X	113,50	102X	115,50	122X	117,50
49X	111,20	83X	113,60	103X	115,60	123X	117,60
51X	111,40	84X	113,70	104X	115,70	124X	117,70
53X	111,60	85X	113,80	105X	115,80	125X	117,80
55X	111,80	86X	113,90	106X	115,90	126X	117,90
57X	112,00	87X	114,00	107X	116,00		

► Canaux Y

Canal DME	Fréquence VOR	Canal DME	Fréquence VOR	Canal DME	Fréquence VOR	Canal DME	Fréquence VOR
17Y	108,05	57Y	112,05	87Y	114,05	107Y	116,05
19Y	108,25	58Y	112,15	88Y	114,15	108Y	116,15
21Y	108,45	59Y	112,25	89Y	114,25	109Y	116,25
23Y	108,65	70Y	112,35	90Y	114,35	110Y	116,35
25Y	108,85	71Y	112,45	91Y	114,45	111Y	116,45
27Y	109,05	72Y	112,55	92Y	114,55	112Y	116,55
29Y	109,25	73Y	112,65	93Y	114,65	113Y	116,65
31Y	109,45	74Y	112,75	94Y	114,75	114Y	116,75
33Y	109,65	75Y	112,85	95Y	114,85	115Y	116,85

35Y	109,85	76Y	112,95	96Y	114,95	116Y	116,95
37Y	110,05	77Y	113,05	97Y	115,05	117Y	117,05
39Y	110,25	78Y	113,15	98Y	115,15	118Y	117,15
41Y	110,45	79Y	113,25	99Y	115,25	119Y	117,25
43Y	110,65	80Y	113,35	100Y	115,35	120Y	117,35
45Y	110,85	81Y	113,45	101Y	115,45	121Y	117,45
47Y	111,05	82Y	113,55	102Y	115,55	122Y	117,55
49Y	111,25	83Y	113,65	103Y	115,65	123Y	117,65
51Y	111,45	84Y	113,75	104Y	115,75	124Y	117,75
53Y	111,65	85Y	113,85	105Y	115,85	125Y	117,85
55Y	111,85	86Y	113,95	106Y	115,95	126Y	117,95

Appariement des fréquences DME/ILS

► Canaux X

Canal DME	Fréquence ILS	Canal DME	Fréquence ILS	Canal DME	Fréquence ILS	Canal DME	Fréquence ILS
18X	108,10	28X	109,10	38X	110,10	48X	111,10
20X	108,30	30X	109,30	40X	110,30	50X	111,30
22X	108,50	32X	109,50	42X	110,50	52X	111,50
24X	108,70	34X	109,70	44X	110,70	54X	111,70
26X	108,90	36X	109,90	46X	110,90	56X	111,90

► Canaux Y

Canal DME	Fréquence ILS	Canal DME	Fréquence ILS	Canal DME	Fréquence ILS	Canal DME	Fréquence ILS
18Y	108,15	28Y	109,15	38Y	110,15	48Y	111,15
20Y	108,35	30Y	109,35	40Y	110,35	50Y	111,35
22Y	108,55	32Y	109,55	42Y	110,55	52Y	111,55
24Y	108,75	34Y	109,75	44Y	110,75	54Y	111,75
26Y	108,95	36Y	109,95	46Y	110,95	56Y	111,95

• **Groupe A**

118,00	119,00	120,00	121,00	123,70	124,00	125,00	126,00	127,00	128,00	129,00	130,90	131,00
118,10	119,10	120,10	121,10	123,80	124,10	125,10	126,10	127,10	128,10	129,10		131,10
118,20	119,20	120,20	121,20	123,90	124,20	125,20	126,20	127,20	128,20	129,20		131,20
118,30	119,30	120,30	121,30		124,30	125,30	126,30	127,30	128,30	129,30		131,30
118,40	119,40	120,40	121,40		124,40	125,40	126,40	127,40	128,40	129,40		131,40
118,50	119,50	120,50			124,50	125,50	126,50	127,50	128,50	129,50		131,50
118,60	119,60	120,60			124,60	125,60	126,60	127,60	128,60	129,60		131,60
118,70	119,70	120,70			124,70	125,70	126,70	127,70	128,70			131,70
118,80	119,80	120,80			124,80	125,80	126,80	127,80	128,80			131,80
118,90	119,90	120,90			124,90	125,90	126,90	127,90	128,90			131,90

• **Groupe B**

118,05	119,05	120,05	121,05	123,75	124,05	125,05	126,05	127,05	128,05	129,05	130,95	131,05
118,15	119,15	120,15	121,15	123,85	124,15	125,15	126,15	127,15	128,15	129,15		131,15
118,25	119,25	120,25	121,25	123,95	124,25	125,25	126,25	127,25	128,25	129,25		131,25
118,35	119,35	120,35	121,35		124,35	125,35	126,35	127,35	128,35	129,35		131,35
118,45	119,45	120,45	121,45		124,45	125,45	126,45	127,45	128,45	129,45		131,45
118,55	119,55	120,55			124,55	125,55	126,55	127,55	128,55	129,55		131,55
118,65	119,65	120,65			124,65	125,65	126,65	127,65	128,65	129,65		131,65
118,75	119,75	120,75			124,75	125,75	126,75	127,75	128,75			131,75
118,85	119,85	120,85			124,85	125,85	126,85	127,85	128,85			131,85
118,95	119,95	120,95			124,95	125,95	126,95	127,95	128,95			131,95

- **Groupe C**

132,00	133,00	134,00	135,00
132,05	133,05	134,05	135,05
132,10	133,10	134,10	135,10
132,15	133,15	134,15	135,15
132,20	133,20	134,20	135,20
132,25	133,25	134,25	135,25
132,30	133,30	134,30	135,30
132,35	133,35	134,35	135,35
132,40	133,40	134,40	135,40
132,45	133,45	134,45	135,45
132,50	133,50	134,50	135,50
132,55	133,55	134,55	135,55
132,60	133,60	134,60	135,60
132,65	133,65	134,65	135,65
132,70	133,70	134,70	135,70
132,75	133,75	134,75	135,75
132,80	133,80	134,80	135,80
132,85	133,85	134,85	135,85
132,90	133,90	134,90	135,90
132,95	133,95	134,95	135,95

- **Groupe D**

132,025	133,025	134,025	135,025	136,000	136,500
132,075	133,075	134,075	135,075	136,025	136,525
132,125	133,125	134,125	135,125	136,050	136,550
132,175	133,175	134,175	135,175	136,075	136,575
132,225	133,225	134,225	135,225	136,100	136,600
132,275	133,275	134,275	135,275	136,125	136,625
132,325	133,325	134,325	135,325	136,150	136,650
132,375	133,375	134,375	135,375	136,175	136,675
132,425	133,425	134,425	135,425	136,200	136,700
132,475	133,475	134,475	135,475	136,225	136,725
132,525	133,525	134,525	135,525	136,250	136,750
132,575	133,575	134,575	135,575	136,275	136,775
132,625	133,625	134,625	135,625	136,300	136,800
132,675	133,675	134,675	135,675	136,325	136,825
132,725	133,725	134,725	135,725	136,350	136,850
132,775	133,775	134,775	135,775	136,375	136,875
132,825	133,825	134,825	135,825	136,400	136,900
132,875	133,875	134,875	135,875	136,425	136,925
132,925	133,925	134,925	135,925	136,450	136,950
132,975	133,975	134,975	135,975	136,475	136,975

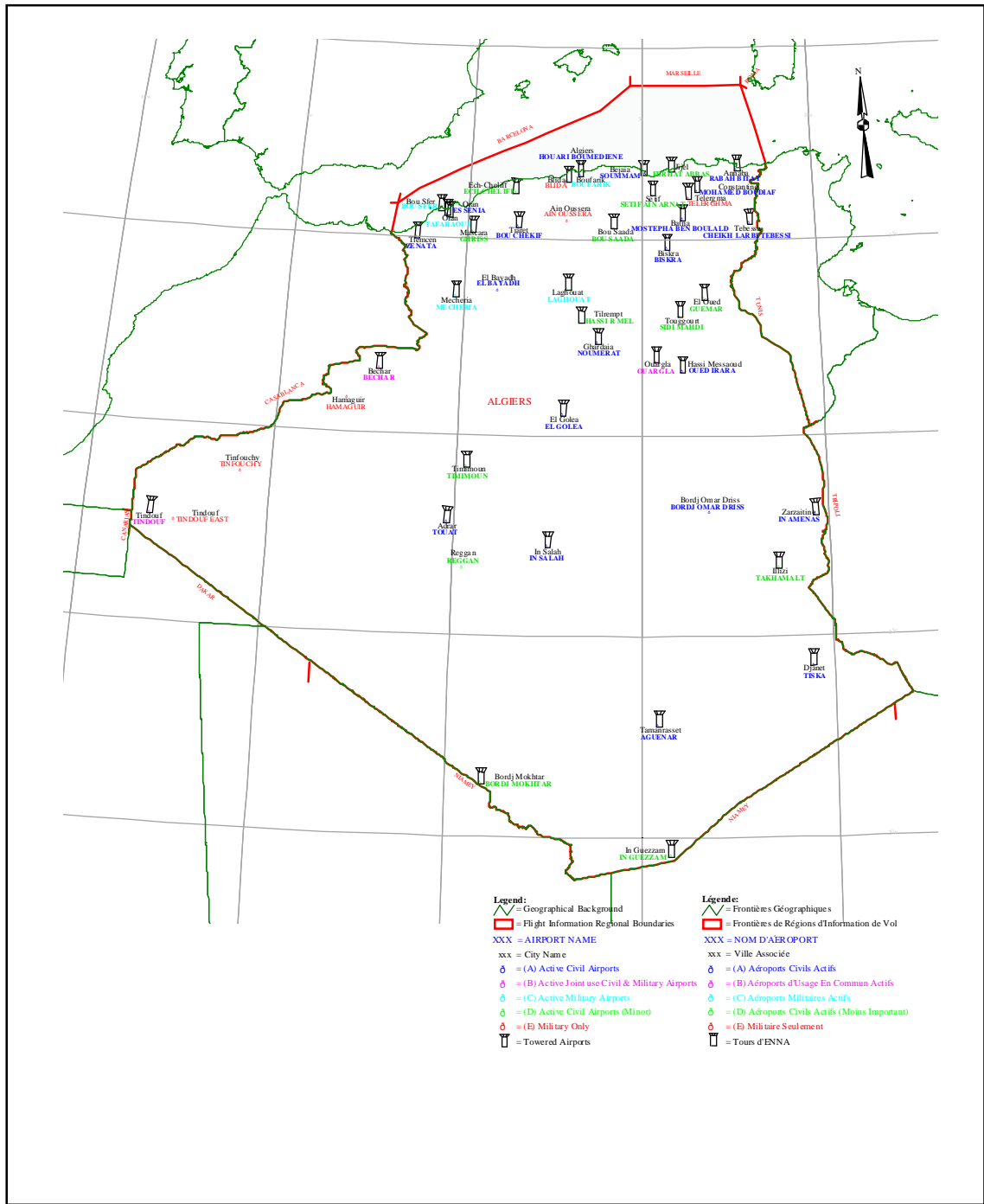
• **Groupe E :**

118,025	119,025	120,025	121,025	123,725	124,025	125,025	126,025	127,025	128,025	129,025	130,925	131,025
118,075	119,075	120,075	121,075	123,7755	124,075	125,075	126,075	127,075	128,075	129,075	130,975	131,075
118,125	119,125	120,125	121,125	123,825	124,125	125,125	126,125	127,125	128,125	129,125		131,125
118,175	119,175	120,175	121,175	123,875	124,175	125,175	126,175	127,175	128,175	129,175		131,175
118,225	119,225	120,225	121,225	123,925	124,225	125,225	126,225	127,225	128,225	129,225		131,225
118,275	119,275	120,275	121,275	123,975	124,275	125,275	126,275	127,275	128,275	129,275		131,275
118,325	119,325	120,325	121,325		124,325	125,325	126,325	127,325	128,325	129,325		131,325
118,375	119,375	120,375	121,375		124,375	125,375	126,375	127,375	128,375	129,375		131,375
118,625	119,625	120,625			124,625	125,625	126,625	127,625	128,625	129,625		131,625
118,675	119,675	120,675			124,675	125,675	126,675	127,675	128,675	129,675		131,675
118,725	119,725	120,725			124,725	125,725	126,725	127,725	128,725	129,725		130,725
118,775	119,775	120,775			124,775	125,775	126,775	127,775	128,775	129,775		130,775
118,825	119,825	120,825			124,825	125,825	126,825	127,825	128,825	129,825		130,825
118,875	119,875	120,875			124,875	125,875	126,875	127,875	128,875	129,875		130,875
118,925	119,925	120,925			124,925	125,925	126,925	127,925	128,925	129,925		130,925
118,975	119,975	120,975			124,975	125,975	126,975	127,975	128,975	129,975		130,975

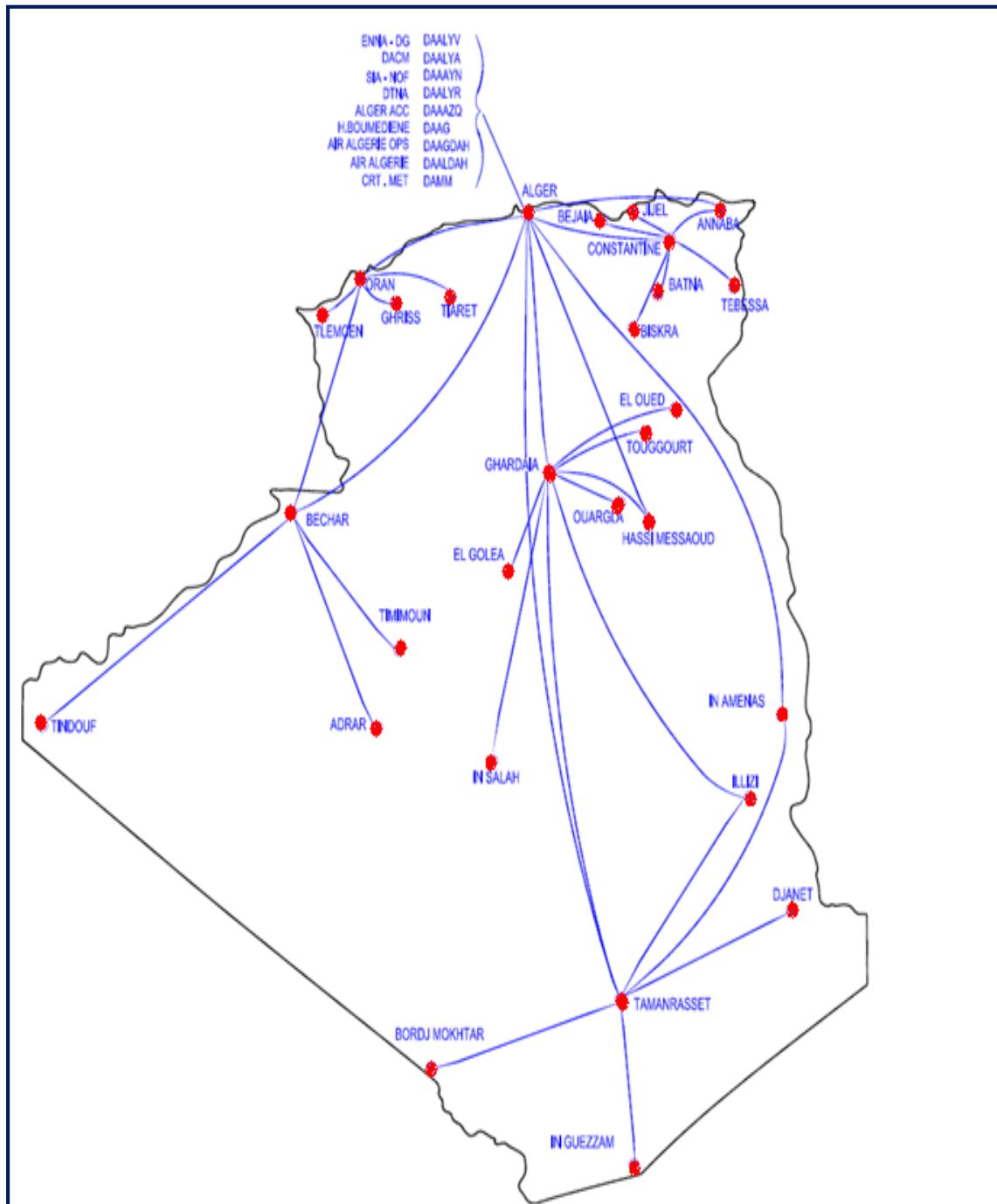
- **Groupe F :**

Exemple sur l'espacement de 8,33 kHz :

118,00833	118,0833	118,141994	118,21658	118,28322	118,34986	118,4165	118,48314
118,01666	118,09136	118,15827	118,22491	118,29155	118,35819	118,42483	118,49147
118,02499	118,09996	118,1666	118,23324	118,29988	118,36652	118,43316	118,4998
118,03332	118,10829	118,17493	118,24157	118,30821	118,37485	118,44149	118,50813
118,04998	118,11662	118,18326	118,2499	118,31654	118,38318	118,44982	118,51646
118,05831	118,12495	118,19159	118,25823	118,32487	118,39151	118,45815	118,52479
118,06664	118,13328	118,19992	118,26656	118,3332	118,39984	118,46648	118,53312
118,07497	118,14161	118,20825	118,27489	118,34153	118,40817	118,47481	118,54145

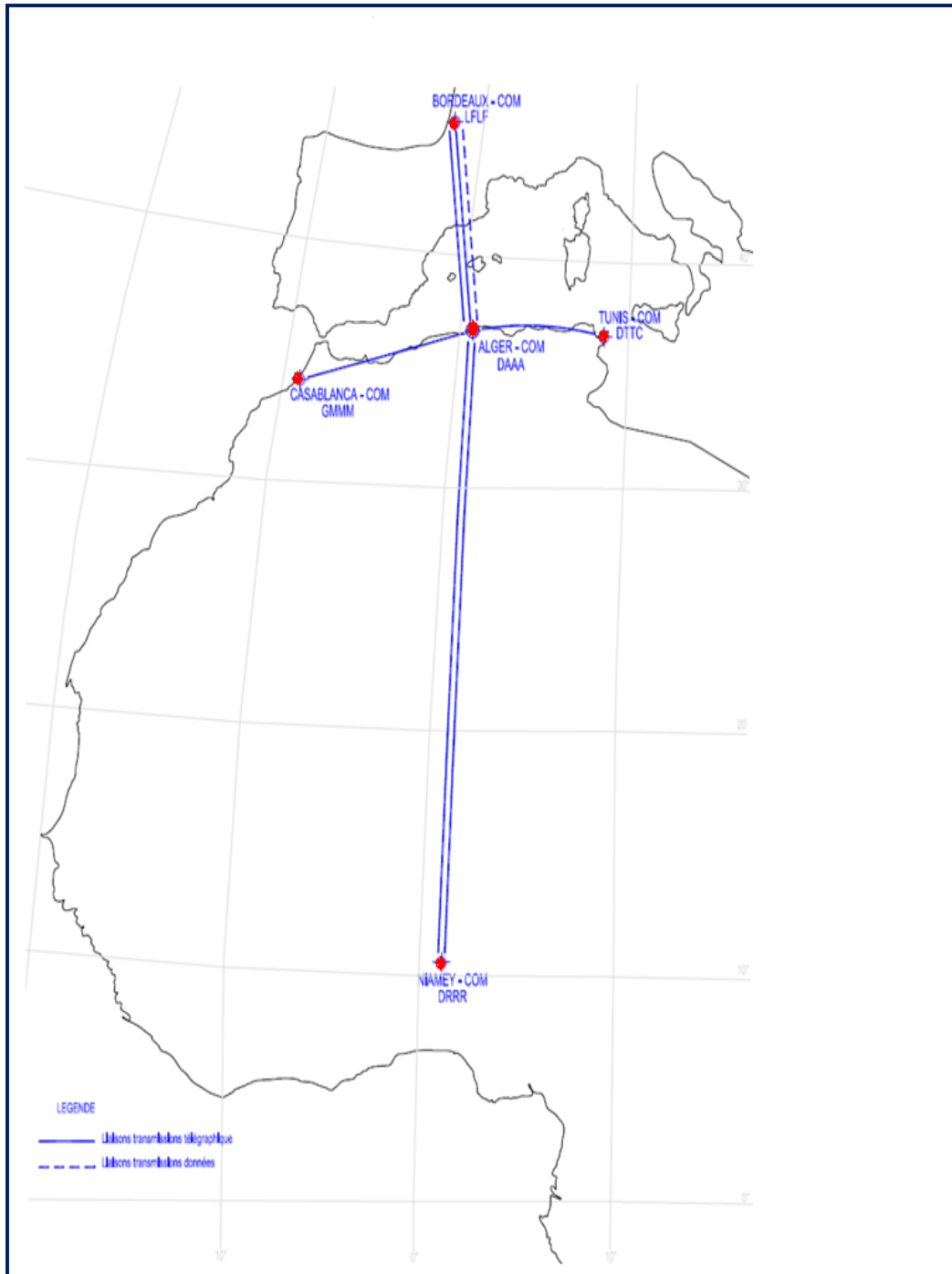


Aéroports Algériens



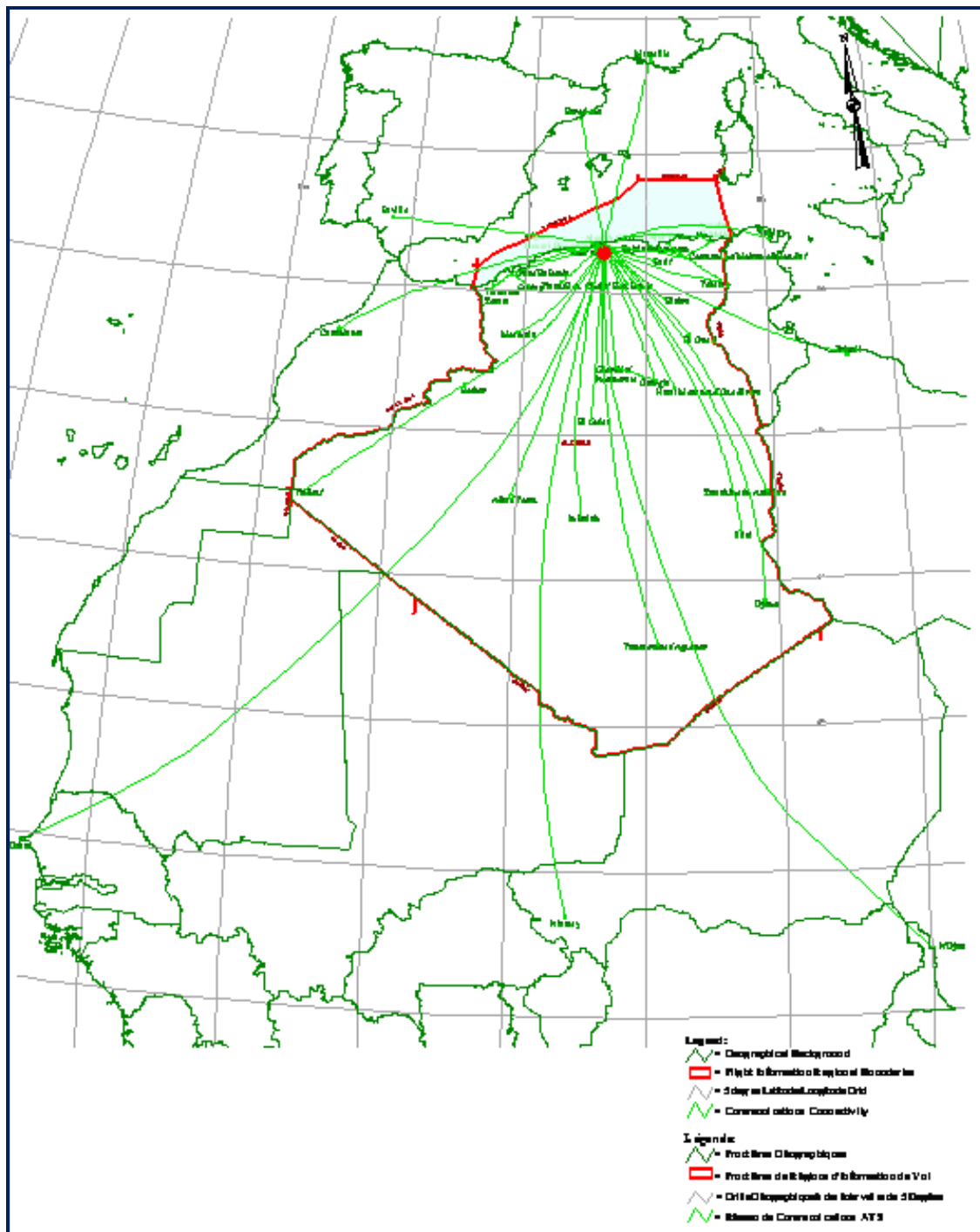
Cartes du Réseau Fixe de Télécommunications

-Liaisons nationales-

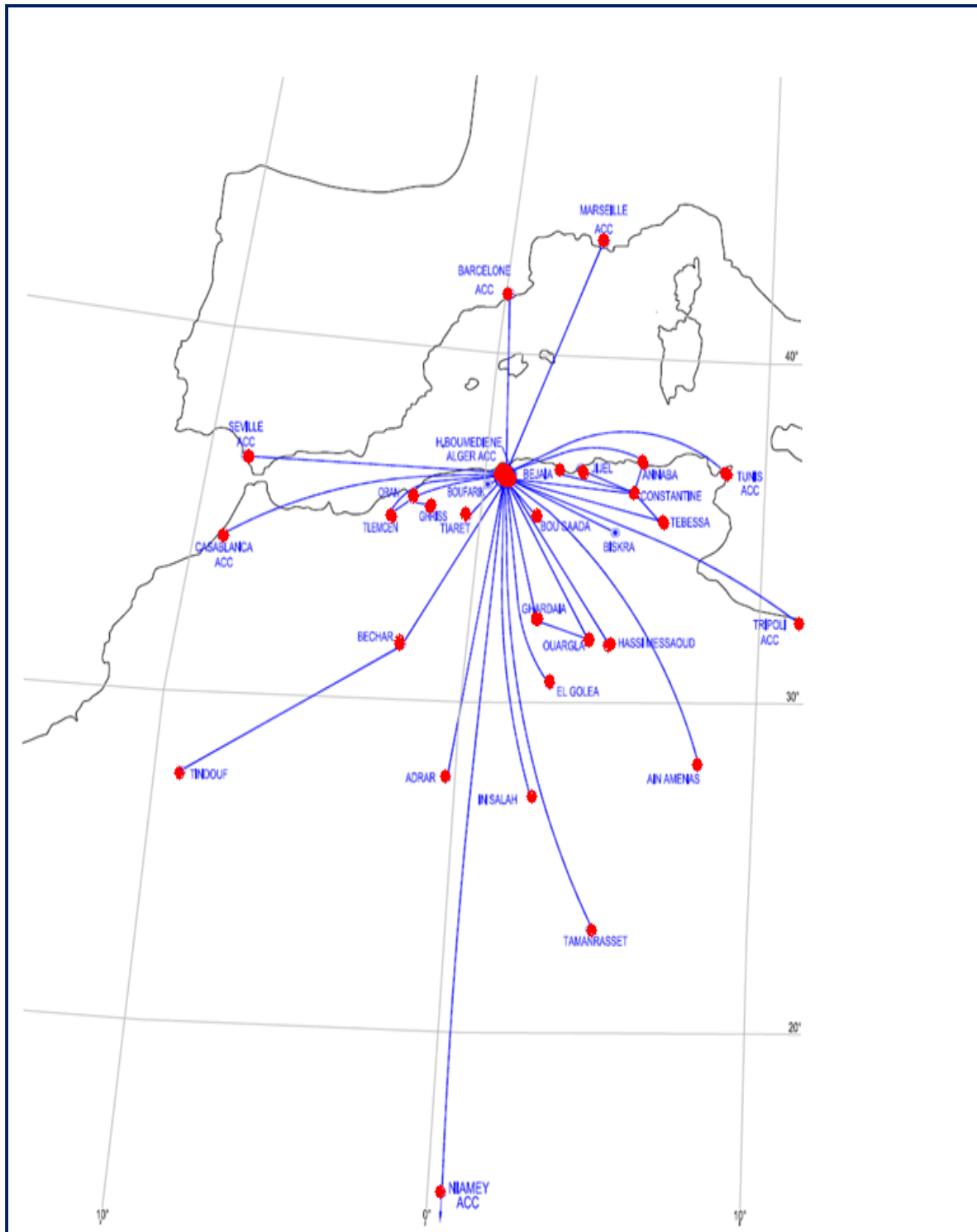


Carte du Réseau fixe de télécommunications

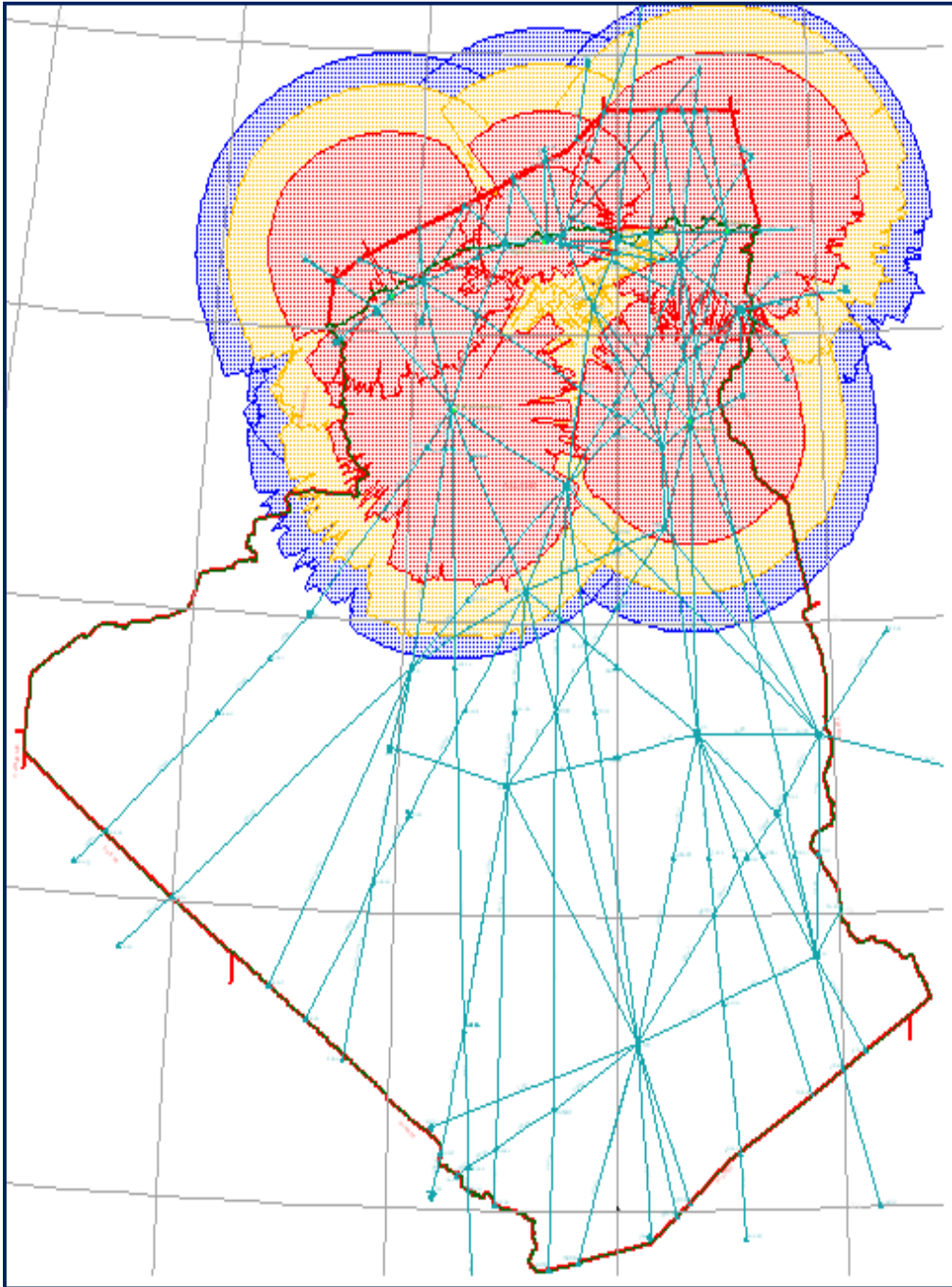
-Liaisons internationales-



Connectivité du Circuit Voix de l'ATS



Carte du service fixe aéronautique (téléphone)



Couverture Radar Composée à 10.000, 20.000, et 30.000 pieds msl

Bibliographie

AIP ALGERIE. (09 avril 2009). *Service de l'information Aéronautique 3ème partie: Aérodromes.*

AIP ASCENA. (Amendement février 2009). *Service des télécommunications- service de l'information aéronautique*, (pp. 0 GEN 3-4-01 ; 0 GEN 3-4-02 ; 0 GEN 3-4-03).

Alloune.A & Bouaife.M. (2007). *Proposition d'une mise en oeuvre du CNS/ATM en Algérie.* BLIDA: Université SAD DAHLEB faculté des sciences de l'ingénieur département d'aéronautique option:Opérations Aériennes Encadré par Mr Zabot.A & Mr Djouama.A.

Annexe 10 OACI . (Edition 2005). Télécommunications aéronautiques.

Bibliothèque Industrie Canada. (1998, Juin 8). The spectarium. *Ministère des communications* , p. 2.

Chaduc, J.-M. (2004). *La gestion des fréquences.* Collection Technique et scientifique des télécommunications: Hermes Science Publications.

Chambost, G. (2006). Dossier:Fréquences aéronautiques une ressource rare et convoitée. *Aviation Civile n° 322* ,pages 17,18,20.

Chouicha, M. (2007). *Utilisation de l'accessoire d'aide à l'atterrissage le récepteur ILE et GNSS 'Global Landing Unit-920' équipant les avions B737-800NG et A330-200.* BLIDA: Université SAAD DAHLEB faculté des sciences de l'ingénieur institut d'aéronautique option installations encadré par:Mr Lagha.M et Mr Zamouri.S.

Gestion du spectre et politique des télécommunications. (1ère édition 7 février 2004). *Equipement de radiocommunication aéronautique dans la bande de fréquence 117,975-137 MHz.* Industrie CANADA: cahier des charges sur les normes radioélectriques CNR-141.

Journée d'études :Les futurs systèmes de navigation aérienne. (24/04/1994). *Les futurs systèmes de navigation aérienne.* ISPG Bordg El-Kiffan.

Khebachi.B & Khalfallah.T . (2007). *Installation et maintenance du système ILS (LOC 421, GP 422) avec l'intégration dusystème d'atterrissage hyperfréquence MLS.* BLIDA: Université SAAD DAHLEB institut d'aéronautique faculté des sciences des l'ingénieur option installations,encadré par M.Benouared.

Lagha, M. (Décembre 2004). *Rapport de synthèse sur l'étude d'un système à diffusion troposphérique UHF-SHF.* Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne: Département du Développement de la Navigation Aérienne dirigé par M.Biskri Ali.

Meguellati. (2008). *Cours antennes 4ème année options installations*. Université SAAD DAHLEB Blida faculté des sciences de l'ingénieur département d'aéronautique.

Nangy, S. X. (2006). *Extention de la couverture VHF par déport VSAT de l'espace aérien de l'ASCENA en cote d'ivoire*. Agence pour la sécurité de la navigation Institut de technologie et spécialités aériennes en Afrique et à Madagascar option télécommunications.

Plan d'allotissement et d'attribution des fréquences de Luxembourg. (19 Juillet 2005). *Journal officiel des communautés européennes*, (pp. 1-2). FRANCE.

Tableau National d'attribution des fréquences. (2006). République du Sénégal: ARTP.

Villemaud, G. *Cours d'antenne 5ème année*. Lyon, INSA: Département Génie Electrique.

Villemaud, G. *Cours de propagation et lignes*. LYON, INSA: Département Génie électrique.

Zabot. *Cours CNS*. Université SAD DAHLEB faculté des sciences de l'ingénieur département d'aéronautique.

Webographie

www.icao.int

www.scta.aviation-civil.gouv.fr

www.eurocontrole.be

www.enna.dz

www.sia-enna.dz

www.ic.gc.ca

www.spectralumni.ca

Autres ouvrages consultés

Gestion du spectre. (1ère édition 1er mai 1996 modifié le 12 avril 2010). *Analyse de compatibilité avec les services FM/NAV/COM*. Industrie CANADA: Circulaire sur la radiodiffusion CR-11.

Gestion du spectre. (2ème édition 1er mars 1995). *Conditions fixées pour les stations radio à bord des aéronefs détenant une licence du service mobile aéronautique*. Industrie CANADA: Circulaire d'information sur les radiocommunications CIR-39.

I.Ghazi. (27/28 mai 2003). Utilisation des bandes de fréquences attribuées au service fixe par satellite pour les applications mondiales maritimes(point 1.26) ou aéronautique (point 1.11). *Séminaire Réglementaire*. TUNISIE: ANRT-ANFR.

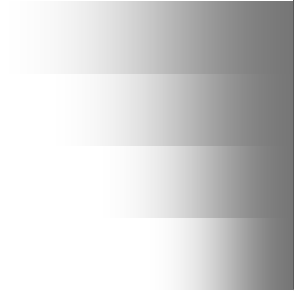
A vertical line runs down the left side of the page. A horizontal bar with a vertical gradient from dark grey to light grey is positioned to the left of the title.

*Présentation de l'Établissement
d'Accueil*



Introduction

Générale



Chapitre I
Généralités

Partie 1
Aspects généraux

Partie 2
Généralités sur
CNS/ATM

A vertical line is positioned on the left side of the page. A horizontal bar with a grayscale gradient, transitioning from dark on the left to light on the right, is located below the vertical line.

Chapitre II

La bande VHF aéronautique (COM 2)

A vertical line is positioned on the left side of the page. A horizontal bar with a grayscale gradient is located below it, extending from the left edge of the page towards the right.


Chapitre III

Les bandes de radionavigation aéronautique (COM3 & COM4)



Chapitre IV

Réalisation de l'application



Conclusion Générale

&

Perspectives



Bibliographie

Annexe A



Annexe B