

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique**



**Université BLIDA 1**

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



**Projet de Fin D'Etude**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Aéronautique**

**Spécialité : Télécommunication Spatiale**

**THEME :**

**Optimisation de transmission de données  
Radar via Support Satellitaire VSAT**

**Présenté par :**

**HARBIT NARIMANE**

**EL BESSEGHI HABIBA HADJAR**

*Encadrés par :* Mme BRAHIMI FADILA

Mr. DAOUD SIDAHMED

*Promoteur :* Mme AZINE HOURIA

**Promotion : 2020/2021**

## Remerciements

*Si ce mémoire a abouti, c'est grâce au soutien de toutes les personnes qui nous ont soutenues de façon bienveillante pour sa finalisation et qui n'ont pas cessé de nous prodiguer les encouragements au moment où nous avions le plus besoin. Elles ont constitué une source d'inspiration permanente et sans pareille pour la rédaction de ce mémoire.*

*Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les encadreurs qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage au sein de l'ENNA. L'accueil qui nous a été réservé au sein de cet établissement a été chaleureux et qui ont fait de ces six mois de stage un moment très intéressant.*

*En particulier, notre gratitude va à l'adresse de Mr Boukraa Fouad, chef de département technique au sein de la DENA/ENNA pour toute son aide et ses précieux conseils.*

*Nos remerciements s'adressent également Mme Azine Houria, promotrice de ce mémoire pour son précieux concours, le temps qu'elle nous a consacré et le soutien indéfectible et constant qu'elle a manifesté durant toute la période et sans lesquels la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible.*

*On tient à remercier également Mme Brahimi Fadila/cadre à l'ENNA pour son assistance et l'appui dans la supervision dans toutes les phases de ce modeste travail.*

*Nous avons une dette particulière envers Mr Daoud Sid-Ahmed/ cadre à l'ENNA qui a partagé allégrement avec nous, ses connaissances et son expérience du milieu aérien, et qui a été d'une aide inestimable pour la réalisation de notre travail.*

*Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à l'ensemble des enseignants universitaires pour les connaissances et le savoir qu'ils nous ont transmis durant notre cursus académique.*

## Dédicace

---

### *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à*

*Mes parents qui ont œuvré pour ma réussite, de par leur amour, leur soutien, leurs prières et tous les sacrifices consentis. Qu'ils puissent recevoir à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Toute ma famille qui m'a soutenue durant mon parcours en particulierité mon frère, ma petite sœur et mon fiancé.*

*Tous mes fidèles amis avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables durant tout mon cursus universitaire.*

*Enfin à vous qui prenez la peine de lire ce mémoire.*

*EL BESSEGHI Habiba Hadjar.*

## Dédicace

---

### *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers,  
je cite :*

*Mes chers parents, qui m'ont soutenu pendant tout  
mon cursus et m'ont encouragé et sacrifié pour moi*

*Je cite aussi mon mari qui m'a aidé et soutenu  
durant tout mon parcours*

*Et particulièrement mes chers enfants Anaïs et  
Zakaria, mon frère, mes sœurs, mes amis, ma  
famille et aussi ma belle famille*

*Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à  
l'élaboration de ce mémoire de fin d'études*

*Enfin à vous qui prenez la peine de lire ce mémoire.*

*Harbit Narimane*

# Résumé

---

## الملخص:

الهدف من هذا الموجز هو تحسين نقل بيانات الرادار عبر دعم القمر الصناعي VSAT لضمان التكرار لاستمرارية خدمة الرادار التي تساهم في السلامة الجوية على مستوى ENNA.

بالإضافة إلى تعريف المشكلة، تم اقتراح حل يسمى "مقدرة" والتي تهدف إلى تحمل المسؤولية والقضاء على التأخير في الإرسال في شبكة VSAT. لتوضيح محتوى هذا العمل وتصوره بشكل أفضل، تم تطوير تطبيق "حركة الرادار" لمحاكاة إرسال بيانات الرادار عبر الوسائط الأرضية و VSAT.

**الكلمات المفتاحية:** بيانات الرادار، البث الفضائي والأرضي، VSAT

## Résumé :

L'objectif de ce mémoire est d'optimiser la transmission de donnée radar via le support satellitaire VSAT pour assurer la redondance en vue de la continuité du service radar ce qui contribue à la sécurité aérienne au niveau de l'ENNA.

Outre la définition de la problématique, une solution est proposée dénommée « Estimé » qui vise à prendre en charge et éliminer le retard de la transmission dans le réseau VSAT. Pour illustrer et mieux visualiser le contenu de ce travail, une application « Trafic radar » a été développée afin de simuler la transmission de données radar via les deux supports terrestres et VSAT.

**Mots clés :** Donnée radar, transmission satellitaire et terrestre, VSAT

## Abstract:

The objective of this end-of-study is to optimize the transmission of radar data via the VSAT satellite medium to ensure redundancy for the continuity of radar service which contributes to aviation safety at ENNA.

In addition to the definition of the problem, a solution is proposed called "Estimated" which aims to support and eliminate the delay of transmission in the VSAT network. To illustrate and better visualize the content of this work, an application "Radar Traffic" was developed to simulate the transmission of radar data via both terrestrial and VSAT.

**Key words:** Radar data, satellite and terrestrial transmission, VSAT

# Liste des figures

---

## Liste des figures

### Chapitre I

- Figure I.1** : systèmes de Communications, de navigation et de surveillance
- Figure I.2** : Principe d'un Radar
- Figure I.3** : Radar Primaire
- Figure I.4** : Fonctionnement d'un RADAR Primaire
- Figure I.5** : Radar Secondaire
- Figure I.6** : Couverture Radar Secondaire Fir Alger
- Figure I.7** : simulation de couverture de l'espace Aérien Algérien
- Figure I.8** : Principe de fonctionnement de SSR
- Figure I.9** : Le phénomène du FRUIT
- Figure I.10**: Le phénomène du GARBLING
- Figure I.11** : phénomène des réflexions
- Figure I.12** : Principe du Monopulse
- Figure I.13** : Systèmes ADS
- Figure I.14** : Architecture de la station Radar Alger
- Figure I.15** : Schéma Synoptique d'une chaîne de transmission de la Station Radar Oran
- Figure I.16**: Schéma Synoptique globale de la chaîne de transmission des cinq
- Figure I.17**: Schéma Synoptique de Support Terrestre
- Figure I.18** : Câble 56 Paires
- Figure I.19** : l'acheminement du câble 56 paires
- Figure I.20** : Fibre Optique Mono mode et multi mode
- Figure I.21**: l'acheminement de la fibre Optique
- Figure I.22** : l'acheminement du faisceau hertzien

### Chapitre II

- Figure II.1** : architecture d'un système satellitaire
- Figure II.1** : Les principales orbites terrestres
- Figure II.2** : Diagramme des modes de satellite de télécommunication
- Figure II.3** : Les différentes méthodes d'accès FAMA
- Figure II.4** : schéma synoptique d'un satellite de télécommunication
- Figure II.5** : **Schéma** simplifié de la mission de la charge utile
- Figure II.6**: Structure classique du sous-système répéteur d'un satellite de télécommunications
- Figure II.7** : schéma synoptique de types de modulation
- Figure II.8** : Schéma du SCP
- Figure II.9**: Schéma MCPC
- Figure II.10** : Topologie STAR
- Figure II.11** : Topologie Mesh et Full Mesh
- Figure II.12** : schéma Global d'une station
- Figure II.13** : Schéma synoptique de l'unité indoor du VSAT (bande C)
- Figure II.14** : BUC de la bande KU
- Figure II.15** : LNB de la bande KU
- Figure II.16** : Schéma de l'OMT

## Liste des figures

---

- Figure II.17** : une partie de l'unité Outdoor
- Figure II.18** : Antenne parabolique
- Figure II.19** : Schéma synoptique de l'unité Outdoor du VSAT (bande C)
- Figure II.20** : Le HUB iDirect de l'ATS
- Figure II.21**: Schéma synoptique de transmission des données radar via VSAT
- Figure II.22**: Adaptateur série/Ethernet
- Figure II.23** : Unité Indoor du VSAT au niveau de l'ENNA (bande Ku)
- Figure II.24**: Connexion IDU-ODU
- Figure II.25** : Unité outdoor du VSAT au niveau de l'ENNA (bande Ku)
- Figure II.26** : Fiche technique de l'antenne d'Alger
- Figure II.27**: Couverture du satellite EUTELSAT en bande KU

### Chapitre III

- Figure III.1** : Partie Scenario d'Adobe Flash
- Figure III.2** : Objet graphique sur l'espace de travail
- Figure III.3** : Script du bouton Estimé
- Figure III.4** : transmission satellitaire via support VSAT à double bond
- Figure III.5** : le fonctionnement du system ATM
- Figure III.6** : Etapes de détection d'un avion
- Figure III.7** : schéma synoptique général de la transmission de donnée radar via les deux supports
- Figure III.8** : Organigramme pour la solution de la latence VSAT
- Figure III.9** : Organigramme de l'application
- Figure III.10** : Schémas synoptique générale
- Figure III.11** : Présentation du Réseau Terrestre
- Figure III.12** : Présentation du Réseau VSAT
- Figure III.13** : Présentation du Réseau Terrestre et VSAT
- Figure III.14** : Présentation de la Rupture
- Figure III.15** : Présentation de l'Estimé
- Figure III.16** : Présentation de l'écran Radar
- Figure III.17** : schéma synoptique général des étapes de simulation
- Figure III.18** : Simulation du Réseau Terrestre
- Figure III.19** : Simulation du Réseau VSAT
- Figure III.20** : comparaison du Réseau Terrestre et VSAT
- Figure III.21** : Présentation de scénario 1 du Réseau Terrestre
- Figure III.22** : Présentation de scénario 2 Rupture du Réseau Terrestre
- Figure III.23** : Présentation de scénario 3 Mode Dégradé
- Figure III.24** : Présentation de scénario 4 Basculement vers Estimé

### ANNEXE A

- Figure A.1** : Organisation de l'ENNA
- Figure A.2** : Organisation de la DENA
- Figure A.3** : différent composant de la station Radar Alger
- Figure A.4** : Schéma bloc générale de RCMS
- Figure A.5** : Schéma bloc local de RCMS

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

### Chapitre I

- Tableau I.1** : Caractéristiques du SSR de l'ENNA
- Tableau I.2** : Avantages et Inconvénients Radar Secondaire
- Tableau I.3** : Caractéristique du Radar Secondaire de l'ENNA
- Tableau I.4** : les modes d'interrogation A/C
- Tableau I.5** : Avantages et inconvénients du SSR
- Tableau I.6** : Avantages et inconvénients du MSSR
- Tableau I.7** : Les Catégories Format Asterix1

### Chapitre II

- Tableau II.1**: les différents types d'orbites
- Tableau II.2** : Etapes de traitement du satellite
- Tableau II.3** : les bandes de fréquences utilisées dans les réseaux VSAT
- Tableau II.4**: caractéristique technique du satellite et sa position

### Chapitre III

- Tableau III.1** : calcul du délai total de liaison entre deux stations radar
- Tableau III.2** : Rôle de chaque tour d'antenne

### Annexe A

- Tableau A.1**: les cinq station Radar



# Glossaire des acronymes

---

## Glossaire des acronymes

ATSEP : Air Traffic Safety Electronics Personnel

AIG : Audit Interne de Gestion

ATM : Air Traffic Management

ATS : Algérie Télécom Spatiale

ADS-C : Automatic Dependent Surveillance-Contract

ADS-B: Automatic Dependent Surveillance-Broadcast

ADS: Automatic Dépendant Surveillance

ARPCE : Autorité de Régulation de la Poste et des Communications Électroniques

ATC : Air Traffic Control

ASTERIX : All Purpose Structured Eurocontrol Radar Information Exchange

ALO: Alania

ATS : Algérie Télécom Spatiale

AT : Algérie Télécom

BUC : Block Up Converter

CNS : Communication Navigation Surveillance

CCR : Centre de Contrôle Régional

CDMA : Code Division Multiple Access

CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne

DAMA : Demande Assignment Multiple Access

DDNA : Direction du Développement de la Navigation Aérienne

DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne

DENA : Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne

DRFC : Direction des Ressources, des Finances et de la Comptabilité

DJRH : Direction Juridique et des Ressources Humaines

DL : Direction de la Logistique

DT : Département Technique

DS : Département Système

DAF : Département Administration et Finances

## Glossaire des acronymes

---

DIA : Département Informations Aéronautiques  
DTA : Département Télécommunications Aéronautiques  
DCA : Département de la Circulation  
ENNA : Etablissement Nationale de la Navigation Aérien  
ETTD : Équipement Terminal de Traitement de Données  
ETCD : Équipement Terminal de Circuit de Données  
EPIC : Etablissement Publique à caractère Industriel et Commercial  
FH : Fuseau Hertzien  
FDPS : Flight Data Processing System  
FRUIT : False Replies Unsynchronised with Interrogator Transmission  
FO : Fibre Optique  
FEC : Forward Error Correction  
FAMA : Fixed Assignment Multiple Access  
GNSS: Global Navigation Satellite Systems  
GMPCS : Global Mobile Personal Communication System  
HF: Hight Frequency  
HDLC: High Level Data Link Control  
IDU: In Door Unit  
IGT : Inspection Générale Technique  
IP: Internet Protocol  
LCMS : Local Control Monitoring System  
LAN: Local Area Network  
LNB : Low Noise Block  
MCPC: Multiple Channels Per Carrier  
MSSR: Monopulse Secondary Surveillance Radar  
MF-TDMA: Multi Frequency – Time Division Multiple Access  
NMS : Network Management Système  
OACI : Organisation de l'Aviation Civile International  
OSI: Open System Interconnexion  
ODU: Out Door Unit

## Glossaire des acronymes

---

OMT : Orthogonal Mode Transducer  
PAMA : Permanent Assignment Multiple Access  
PSR : Primary Surveillance Radar  
PDGEA: Project de Development Gestion de Espace Aérien  
PPI : Plan Position Indicator  
RCMS : Remote Control Monitoring System  
Radar: Radio Detection And Ranging  
RHP: Radar Head Processor  
RT : Réseau Terrestre  
RX : Réception  
SDLC: Synchronous Data Link Control  
SSR : Secondary Surveillance Radar  
SCPC: Single Channel Per Carrier  
SIE : Sureté Interne de l'Etablissement  
TH: Thomson  
TX : Transmission  
TDMA : Time Division Multiple Access  
UTC : Universel Time Coordonné  
UPS : United Parcel Service  
UDP: User Datagram Protocol  
UIT : Union Internationale de Télécommunication  
VHF: Very High Frequency  
VSAT : Very Small Aperture Terminal

# Table des matières

---

## Table des matières

|  |     |
|--|-----|
| Remerciement.....  | i   |
| Dédicace.....  | ii  |
| Résumé.....  | iii |
| Liste des figures.....   | iv  |
| Liste des tableaux.....  | v   |
| Glossaire des acronymes.....   | vi  |
| Introduction générale.....   | 1   |
| <b>Chapitre I : les moyens de surveillance et les supports de transmission terrestre utilisé</b> |     |
| I.1 Introduction.....  | 3   |
| I.2 Les systèmes de Communications, de navigation et de surveillance.....                        | 3   |
| I.3. Les Radars.....   | 4   |
| I.3.1 Le Radar primaire.....   | 5   |
| I.3.2 Radar secondaire SSR (Secondary Surveillance Radar).....                                   | 7   |
| I.3.3 Principe du Monopulse.....   | 12  |
| I.3.4. RADAR secondaire mode S (SELECTIF).....   | 13  |
| I.4 Les systèmes ADS.....  | 13  |
| I.4.1 Définition et concept ADS (Automatic Dépendant Surveillance).....                          | 13  |
| I.4.2 L'ADS-C (automatic dependent surveillance- contract).....                                  | 13  |
| I.4.3 L'ADS-B (automatic dependent surveillance-broadcast).....                                  | 14  |
| I.5 Transmission des données radar.....  | 14  |
| I.5.1 Chaine de transmission.....  | 14  |
| I.5.2 Les Support de transmission.....   | 16  |
| I.5.3 Les protocoles de transmission des données radar.....                                      | 19  |
| I.6. Conclusion.....   | 20  |
| <b>Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT</b>              |     |
| II.1 Introduction.....   | 21  |
| II.2 Principe de base du système satellitaire.....   | 21  |
| II.3 Segment spatial.....  | 22  |
| II.3.1 Le satellite de télécommunication.....  | 22  |
| II.3.2 Les orbites.....  | 22  |
| II.3.3 Les types de satellites de télécommunication.....   | 23  |

# Table des matières

---

|   |    |
|---|----|
| II.3.4 Les techniques d'accès au satellite.....                           | 23 |
| II.3.5 Assignement aux ressources satellite.....                          | 24 |
| II.3.6 Les différents composants du satellite de télécommunication.....   | 24 |
| II.3.7 Traitement du satellite.....                                       | 26 |
| II.3.8 Le temps transmission du signal satellitaire.....                  | 27 |
| II.4. Le Segment terrestre.....   | 28 |
| II.4.1 Introduction au système VSAT.....                                  | 28 |
| II.4.2 Nature du service fournis par le VSAT.....                         | 28 |
| II.4.3 Les techniques de transmission via VSAT.....                       | 28 |
| II.4.4 Les différentes topologies des réseaux VSAT.....                   | 30 |
| II.4.5 Les bandes de fréquences utilisées dans les Réseaux VSAT.....      | 31 |
| II.4.6 Les composants d'un lien VSAT.....                                 | 31 |
| II.5. Présentation du segment terrestre et spatial de l'ENNA.....         | 36 |
| II.5.1 Le segment terrestre.....  | 36 |
| II.5.2 Les équipements du segment terrestre.....                          | 36 |
| II.5.3 Le segment spatial de l'ENNA.....                                  | 39 |
| II.6. Aspects de normalisation : (les règlements).....                    | 40 |
| II.7 Conclusion.....  | 41 |
| Chapitre III : Simulation des données radar via support terrestre et VSAT |    |
| III.1 Introduction.....   | 42 |
| III.2 Description d'Adobe Flash.....                                      | 42 |
| III.3 Problématique.....  | 43 |
| III.3.1 La latence VSAT.....  | 43 |
| III.4 Solution Proposée : Optimisation du Réseau VSAT.....                | 45 |
| III.5 La Simulation.....  | 48 |
| III.5.1 L'organigramme de Création de l'application.....                  | 48 |
| III.5.2 Etapes de la réalisation de l'application Radar.....              | 49 |
| III.6 Conclusion.....   | 60 |
| Conclusion générale.....  | 61 |
| Bibliographie   |    |
| Annexes   |    |

# Introduction générale

---

## Introduction générale

De nos jours, les moyens de surveillance jouent un rôle important dans le monde de l'aviation. Ils assurent le contrôle du trafic aérien et garantissent sa sécurité et son efficacité.

En Algérie, ce rôle est assumé par l'établissement national de la navigation aérienne (ENNA) qui est une administration rattachée au ministère des transports. Cet établissement regroupe l'ensemble des services de l'Etat, chargé de superviser la sécurité aérienne, sa gestion, le transport aérien et les activités de l'aviation civile en général.

Parmi les moyens de surveillance, le radar reste le moyen le plus approprié pour assurer cette fonction.

En effet, les contrôleurs du trafic aérien (ATC), les pilotes aux commandes d'un aéronef ou les autorités aéroportuaires, utilisent la donnée radar comme source d'information et de surveillance privilégiée.

La donnée radar contient des informations essentielles sur la position et le code de l'aéronef qui permettent la navigation en toute sécurité.

En Algérie, la donnée radar est transmise entre les différentes stations via des supports terrestres qui consistent en des paires torsadées, des fibres optiques et des faisceaux hertziens.

Pour assurer un maximum de sécurité, la redondance des supports de transmission de données radars est fondamentale pour parer à toutes éventuelles défaillances. Pour cela, on doit disposer d'un système de transmission par satellite, comme alternative.

Dans ce cadre, l'ENNA a opté pour une transmission satellitaire via le support VSAT comme redondance en supplément au réseau terrestre. Cette technologie VSAT offre des performances exceptionnelles, en particulier la mise en place des réseaux à très grande échelle, ce qui est adapté pour les régions difficiles d'accès comme le Sud de l'Algérie où les supports terrestres sont peu développés.

Cependant cette alternative présente l'inconvénient de la latence de la transmission via le support VSAT, ce qui affecte les performances du réseau.

Notre étude a pour objectif de rechercher l'optimisation de la transmission de données radar via le support satellitaire VSAT, afin de réduire le délai de transmission.

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres qui se déclinent ainsi :

- Le premier chapitre :  
A trait aux moyens de surveillance et le support terrestre utilisé. Dans cette parties les différents moyens de surveillance sont présentés, entres autres, le radar primaire (PSR), le radar secondaire (SSR), le monopulse (MSSR), le radar mode S, les systèmes ADS, la chaine de transmission et la présentation des différents types de support terrestre utilisé actuellement ainsi que le format et les protocoles utilisés pour la transmission des données radars.

## Introduction générale

---

- Le second chapitre :  
Est consacré à la transmission de données radars via le support VSAT. Au début, seront présentés les notions de base nécessaires à la compréhension d'un système satellitaire, avec les deux compartiments : segment spatial et segment terrestre dans lequel la technologie VSAT sera développée, en accordant un intérêt particulier au système et équipements disponibles au niveau de l'ENNA.
- Le troisième chapitre :  
Commence par l'exposé de la problématique de la latence de transmission de donnée radar via le support VSAT. Ensuite, nous avons suggéré une solution dénommée « Estimé », qui éliminera le retard et permettra d'exploiter optimalement le réseau VSAT comme redondance. Afin de mieux visualiser cette solution, on a développé une application à l'aide de « ADOBE FLASH » intitulé « TRAFIC RADAR » qui simulera trois situations.

Enfin, une conclusion générale sera présentée avec les perspectives d'amélioration de la transmission de donnée radar via le support satellitaire VSAT.

## I.1 Introduction

La sécurité des opérations aériennes dépend de la disponibilité des services de communication et de navigation fiables. Les dispositions actuelles et futures sur la gestion des communications, de la navigation et de la surveillance (CNS/ATM) dépendent étroitement de la disponibilité suffisante de radiofréquences capables de répondre aux besoins en termes de haute intégrité et de disponibilité associés aux systèmes de sécurité aéronautique, et les fréquences nécessitent des dispositions spéciales pour les mettre à l'abri des brouillages préjudiciables.

L'exploitation efficace du spectre de fréquences aéronautiques est essentielle dans l'appui aux opérations des fournisseurs de services de la circulation aérienne, pour permettre au personnel ATS et équipages de prendre des décisions efficaces pour assurer un flux sûr, ordonné et efficace du trafic aérien à toutes les phases du vol.

Dans ce chapitre on va introduire d'abord avec la relation des systèmes de Communications, de navigation et de surveillance, utilisant des technologies numériques, y compris les satellites avec des niveaux d'automatisation différents, appliquée à l'aide du système mondial de gestion du trafic aérien (ATM).

Puis se focaliser sur les moyens de surveillance, leurs bases et leurs principes ainsi que les problèmes rencontrés en opérationnels.

## I.2 Les systèmes de Communications, de navigation et de surveillance

Le processus de gestion de vol d'un avion d'une manière sûre et efficace nécessite un système de trafic aérien, basé sur trois fonctions de base : Communication, Navigation et Surveillance. La figure ci-dessous nous montre les différents systèmes de communications.

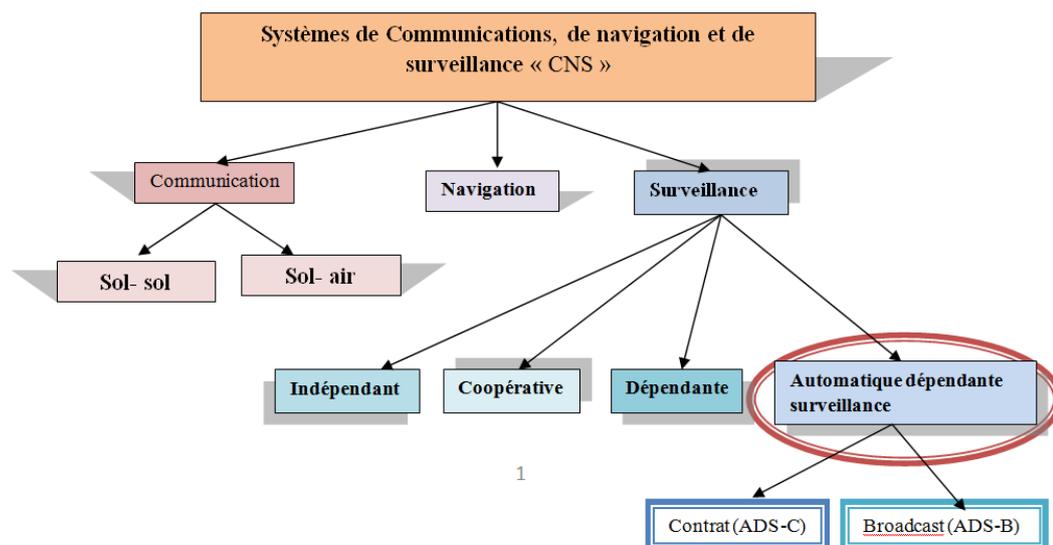


Figure I.1 : systèmes de Communications, de navigation et de surveillance



## Chapitre I : les moyens de surveillance et les supports de transmission terrestre utilisé

---

### a. Communication

Les systèmes de communication permettent d'assurer la communication :

- **Sol- sol** : est assurée via les lignes téléphoniques, les lignes téléphoniques réservées et le VSAT.
- **Sol- air** : assurée via les VHF déportées, VHF tour et la HF.

### b. Navigation

C'est un système mondial de navigation par satellites (GNSS) il aide la navigation normalisée et Il répondra aux besoins de toutes les phases du vol ainsi que des opérations à la surface des aérodromes

### c. Surveillance

La surveillance est un moyen d'acquérir la position des aéronefs de telle sorte qu'un contrôleur de la circulation aérienne puisse établir des séparations minimales entre ces aéronefs.

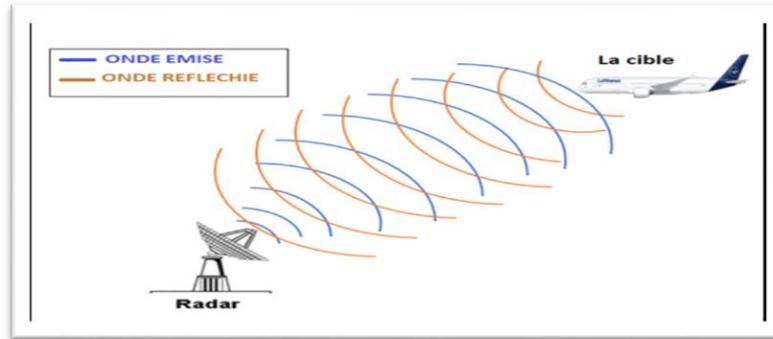
- + **Indépendante** dans le cas où la position de l'avion est repérée à son insu. Aucun équipement particulier n'est nécessaire à bord, c'est le cas du Radar primaire (PSR) ;
- + **Coopérative** car elle nécessite la collaboration de l'avion, le calcul de la position restante fait par un équipement bord (Transpondeur), c'est le cas du radar secondaire ;
- + **Dépendante** : Ce type de surveillance dépend donc totalement des moyens embarqués, Il suffit d'exploiter un lien de communication avec le sol.

L'évolution de la surveillance a opté vers la surveillance satellitaire :

- + **Automatique dépendante surveillance** : qui peut prendre deux formes Contrats (ADS-C) broadcast (ADS-B).

### I.3. Les Radars

Le terme radar est issu de l'acronyme Anglais Radio Detection And Ranging, qui signifie détection et télémétrie radioélectrique, c'est un système qui illumine une portion de l'espace avec une onde électromagnétique et reçoit les échos réfléchis par les objets qui s'y trouvent, ce qui permet de détecter leur existence et de déterminer certaines caractéristiques de ces objets comme la position, la vitesse.



**Figure I.2 : Principe d'un Radar**

Il existe de type de Radars Primaire et Secondaire.

### **I.3.1 Le Radar primaire**

Le radar primaire PSR (Primary Surveillance Radar) est un capteur radar classique spécifique au domaine du contrôle aérien, il est basé sur la propriété de la réflexion d'une onde électromagnétique sur la surface physique de la cible.

C'est un radar non coopératif, il est utilisé pour détecter et localiser des cibles. Il utilise une antenne à faible résolution verticale mais à bonne résolution horizontale. Il balaye rapidement sur 360°. Il peut donc donner la distance et la vitesse radiale de la cible avec une bonne précision.[5]



**Figure I.3 : Radar Primaire**

#### **a. Caractéristiques du Radar Primaire de l'ENNA :**

Voici ci-dessous quelques caractéristiques essentielles du Radar primaire utilisé par l'ENNA :

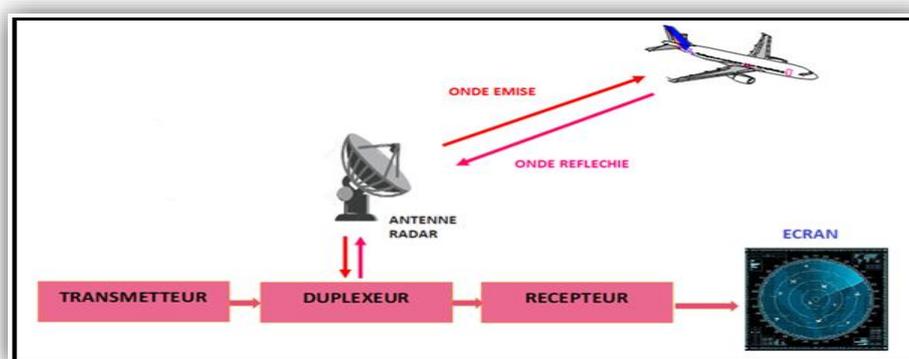
|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| Type                         | ATCR 33S-DPC    |
| Antenne                      | Parabolique G33 |
| Directivité                  | Directionnelle  |
| Connecteur d'antenne         | Guide d'onde    |
| Game de fréquence            | [2.7 - 2.9] GHz |
| La puissance                 | 10KW            |
| La porté                     | 80NM            |
| Nombre de rotation d'antenne | 12 tr /min      |

Tableau I.1 : Caractéristiques du SSR de l'ENNA [5]

### b. Principe de fonctionnement du radar primaire :

Le schéma ci-dessous illustre le principe de fonctionnement du radar primaire :

Le signal transmis par le radar est généré par un émetteur puissant qui passe par un duplexeur qui le dirige vers l'antenne émettrice. La rétrodiffusion est le terme désignant la partie du signal réfléchi diffusée dans la direction opposée à celle des ondes incidentes (émises). L'écho réfléchi par la cible vers l'antenne sera aiguillé par le duplexeur vers un récepteur très sensible, puis traité et visualisés sur un écran de type **PPI (Plan Position Indicator)**. [5]



FigureI.4 : Fonctionnement d'un RADAR Primaire

### c. Avantage et inconvénients du radar primaire

Dans le tableau ci-dessous on va parler sur les points faibles et les points forts du Radar Primaire :

| Avantages   | Inconvénients  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Il ne nécessite aucun équipement embarqué dans l'avion pour la détection de la cible ;</li><li>• Il est autonome et non coopératif ;</li><li>• Il est utilisé pour le contrôle d'approche (détecte les avions à bas niveau) ;</li><li>• Il présente un intérêt stratégique pour le contrôle aérien militaire.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Il peut détecter uniquement la position et la vitesse de la cible ;</li><li>• Il affiche des échos parasites (relief, précipitations...etc.) ;</li><li>• Il nécessite des émissions puissantes, ce qui tend à limiter sa portée.</li></ul> |

**Tableau I.1.2 : Avantages et Inconvénients Radar primaire [5]**

### I.3.2 Radar secondaire SSR (Secondary Surveillance Radar)

Le principe du radar secondaire est d'émettre des interrogations auxquelles répondent les aéronefs équipés d'un dispositif actif à bord appelée « TRANSPONDEUR », ce qui permet de déterminer leurs :

- Position
- Codes d'identification appelée code SSR (code A sur 4 chiffres)
- Altitude (mode c)

La présence de deux liaisons séparées a nécessité l'utilisation de deux fréquences distinctes :

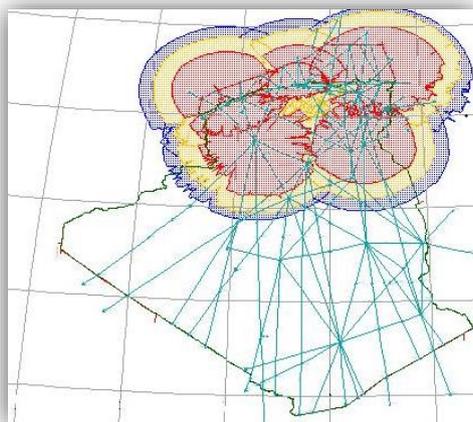
- 1030 Mhz pour la liaison montante
- 1090 Mhz pour la liaison descendante

Ces fréquences ont été normalisées par l'OACI pour tous les radars secondaires[6]



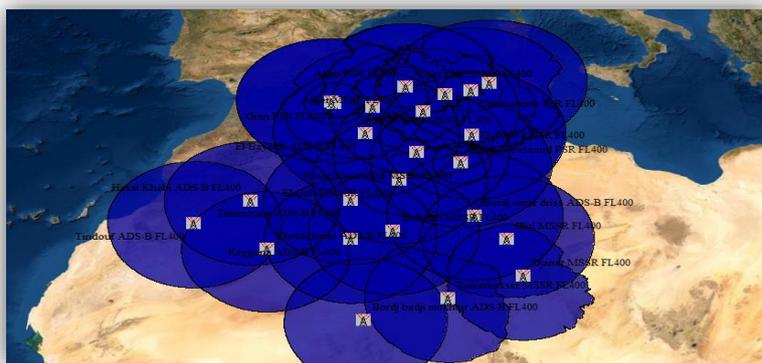
**Figure I.5 : Radar Secondaire**

➔ L'ENNA à installer cinq Radar secondaires au nord d'Algérie se situant à :  
Alger, Annaba, Oran, El oued et El Bayadh, ci-dessous la couverture actuelle :



**Figure I.6 : Couverture Radar Secondaire Fir Alger**

Avec l'augmentation du trafic au sud d'Algérie L'ENNA à opter vers un nouveau projet PDGEA dans le but de couvrir la totalité de l'espace Aérien Algérien, la simulation de la couverture est illustrée ci-dessous :



**Figure I.7 : simulation de couverture de l'espace Aérien Algérien**

### a. Caractéristique du Radar Secondaire de l'ENNA

Le **tableau I.3** ci-dessous nous montre les caractéristiques du Radar Secondaire de l'ENNA :

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| <b>Type</b>                 | SIR-M                      |
| <b>Antenne</b>              | Rectangulaire de type ALE9 |
| <b>Directivité</b>          | Directionnelle             |
| <b>Connecteur d'antenne</b> | Câble RF                   |
| <b>Game de fréquence</b>    | TX :1030MHz -RX :1090MHz   |
| <b>La puissance</b>         | 2 KW                       |

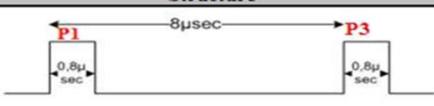
|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>La portée</b>                    | 256 NM    |
| <b>Nombre de rotation d'antenne</b> | 6 tr /min |

**Tableau I.3 : Caractéristique du Radar Secondaire de l'ENNA [6]**

### b. Principe de fonctionnement du SSR :

#### b.1 -Le signal émis (l'interrogation) :

L'interrogation est codée par paires d'impulsions P1 et P3 de fréquence de 1030MHz et une puissance crête de 2kw. Le temps séparant ces deux impulsions indique le mode d'interrogation (8µs pour une demande d'identification et 21µs pour une demande d'altitude). Les transpondeurs en mode A/C fournissent l'identification et l'altitude de l'avion réponse aux interrogations [5] comme le montre le tableau ci-dessus :

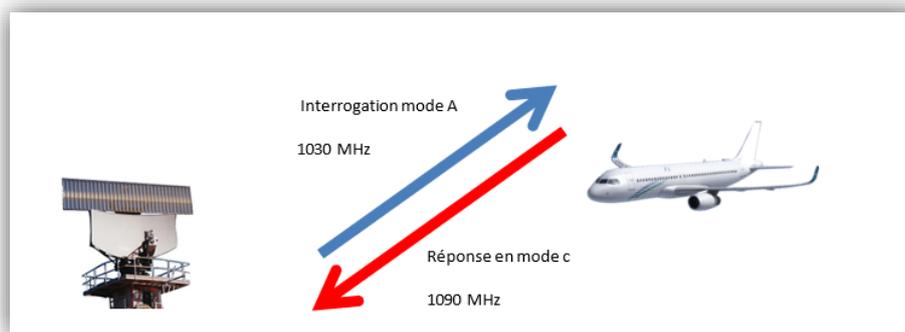
| Mode     | Structure   | Fonction              |
|----------|---|-----------------------|
| Mode 3/A |   | <i>Identification</i> |
| Mode C   |  | <i>Altitude</i>       |

**Tableau I.4 : les modes d'interrogations A/C [6]**

#### b.2 - Les modes d'interrogation :

L'OACI a normalisé 4 modes pour les avions civils désignés par les lettres A, B, C, D, Seuls les modes A et C sont retenus pour l'aviation civile [6] :

- **Le mode A (ALPHA)** : l'information transmise est un code SSR, de quatre chiffres inclus entre 0 et 7. Le code sera affiché sur la visualisation radar du contrôleur. Chaque avion se voit attribuer un code unique qui lui correspond. On appelle cela l'identification radar, Certains codes sont réservés à des situations particulières :
  - 7700 : DETRESSE
  - 7600 : PANNERADIO
  - 7500 : DETOUNEMENT
- **Le mode C (CHARLIE)** : elle représente l'altitude, Cette donnée est calculée à bord l'avion automatiquement par l'altimètre qui est situé à la queue de ce dernier. L'information d'altitude est transmise au radar, puis visualisée sur l'écran du contrôleur.



**Figure I.8 : Principe de fonctionnement de SSR [6]**

### b.3 La réponse du transpondeur

Le transpondeur de l'aéronef détecte ces messages et répond par un train d'impulsions spécifiques de fréquence 1090MHz [6]

La réponse est codée sur 12 bites, donc peut composer 4096 combinaisons,  $2^{12} = 4096$

### c. Avantages et inconvénients du SSR :

Dans ce **tableau I.5** suivant nous allons voir quelques avantage et inconvénients du Radar Secondaire :

| Avantage   | Inconvénients   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite beaucoup moins de puissance de transmission pour fournir une couverture de 250 nm.</li> <li>• Fournit plus d'informations : l'identité de l'avion, l'altitude, la vitesse et la destination de l'avion.</li> <li>• Peut indiquer si un aéronef a une urgence, a perdu des communications radio ou est en cours de détournement.</li> <li>• Le signal de réponse est beaucoup plus fort car il ne repose pas sur le retour de signaux réfléchis</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'attente de plusieurs coups au but afin d'obtenir une information d'azimut</li> <li>• Une augmentation des cas de FRUIT, de GARBLING, des réflexions.</li> <li>• Nombre de codes d'identifications insuffisants (4096 possibilités)</li> <li>• Pas de détection dans le cas où le transpondeur est éteint.</li> </ul> |

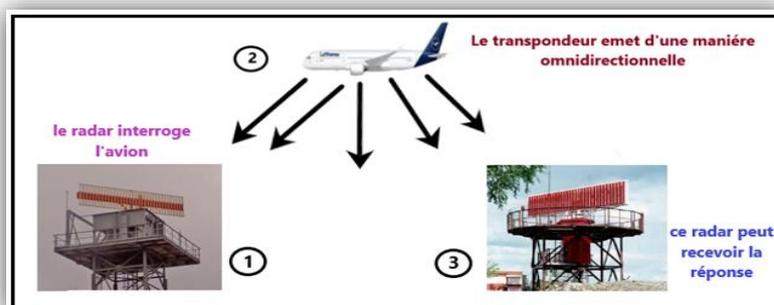
**Tableau I.5 : Avantages et inconvénients du SSR [6]**

On va se focaliser sur les inconvénients les plus importants et les expliqués en détails comme suit :

- **Le FRUIT** : (False Replies Unsynchronised with Interrogator Transmission) ou réponses asynchrones.

Une réponse destinée à une station radar, est renvoyée par l'aéronef de manière quasi omnidirectionnelle. Celle-ci peut être captée par une autre station radar, si l'aéronef se situe dans le lobe principal de l'antenne à ce moment-là.[6]

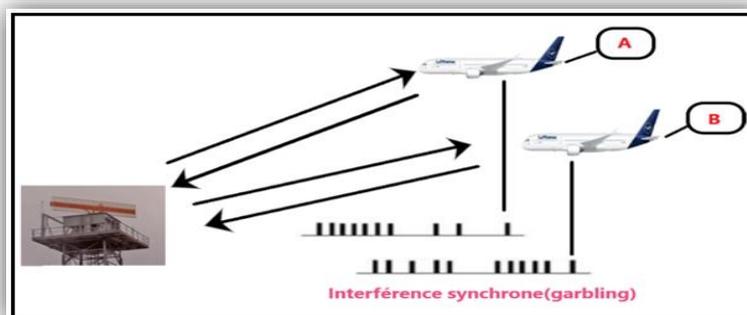
Dans la **figure 9** ci-dessus le Radar 3 reçoit et décode les réponses du transpondeur 2 aux interrogations du radar1.



**FigureI.9 : Le phénomène du FRUIT**

### ▪ Le GARBLING :

C'est un problème fondamental dans la conception du système SSR classique et la situation est aggravée par l'augmentation du trafic. Les aéronefs sont souvent étroitement espacés en distance et en azimut mais à des hauteurs différentes. Les réponses de deux aéronefs se chevauchent.[6]

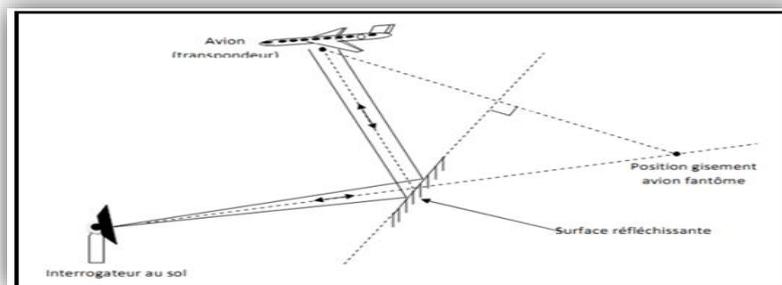


**Figure I.10: Le phénomène du GARBLING**

### ▪ Les réflexions (Phénomène fantôme)

Les signaux détectés par l'intermédiaire d'un réflecteur, donnent des mesures fausses en azimut et en distance. Le niveau du signal réfléchi est en général plus faible que le signal direct. La cible, vue par l'intermédiaire du réflecteur, est plus éloignée que celle vue en trajet direct. Les réflecteurs produisent, à partir d'une cible vraie, une deuxième cible qu'il faut éliminer.[6]





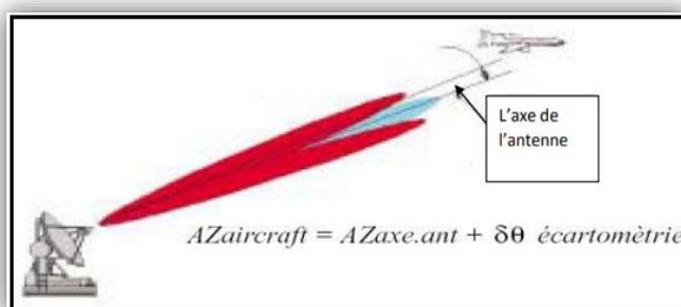
**Figure I.11 : phénomène des réflexions**

Pour remédier à tous ces phénomènes indésirables une technique révolutionnaire dénommée le système monopulse est apparu : MSSR (Monopulse Secondary Surveillance Radar)

### I.3.3 Principe du Monopulse

L'idée de la monopulse consiste à exploiter la réponse d'une cible sur deux diagrammes différents un diagramme directif  $\Sigma$  est adjoint un diagramme supplémentaire  $\Delta$  dont la particularité est d'avoir un zéro de réception dans l'axe de l'antenne, et une pente raide de part et d'autre.

La mesure monopulse est donc une mesure d'écart angulaire entre la direction de la réception et l'axe de l'antenne. Cette mesure se fait dans l'ouverture du lobe principal du diagramme directif. Cela correspond à la caractéristique de l'antenne. La mesure d'azimut peut se faire sur une seule impulsion : d'où l'expression « monopulse ». [6]



**Figure I.12 : Principe du Monopulse**

#### a. Avantages et inconvénients du MSSR :

Dans ce **tableau I.6** ci-dessous nous allons citer les avantages et inconvénients

| Avantages   | Inconvénients   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• L'augmentation de la précision dans la mesure de l'azimut ;</li><li>• La réduction de la fréquence de répétition ;</li><li>• La réduction du FRUIT ;</li><li>• Le GARBLING est complètement éliminé grâce à l'information d'écartométrie.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Le FRUIT n'est pas totalement éliminé ;</li><li>• Le nombre de code d'identification reste toujours insuffisant (4096 codes).</li></ul> |

**Tableau I.6 : Avantages et inconvénients du MSSR [6]**

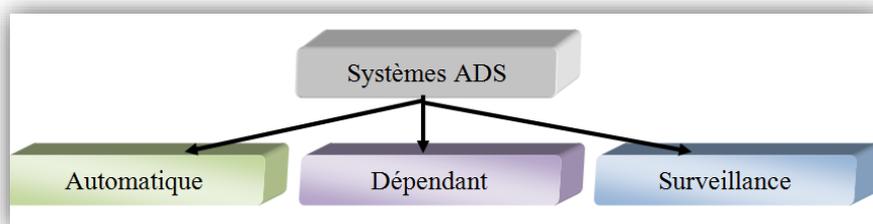
### I.3.4. RADAR secondaire mode S (SELECTIF)

Les radars Mode S interrogent sélectivement les avions équipés de transpondeurs mode S en utilisant un système d'adressage sélectif afin de réduire le nombre d'interrogations.[6]

Le radar mode S améliore donc grandement les performances du radar secondaire classique.

- ✚ **Interrogations générales (ALL CALL) :** Tous les appareils en vol doivent répondre aux interrogations générales lorsqu'ils sont balayés par le faisceau principal du radar.
- ✚ **Interrogations par appel nominal (ROLL CALL) :** s'adressent à un seul appareil en utilisant un indicatif particulier de 24 bits. Seul cet aéronef répondra.
- ➔ Dans le cadre du projet PDGEA l'ENNA est en cours d'installation du Radar Mode S

### I.4 Les systèmes ADS



**Figure I.13 : Systèmes ADS**

#### I.4.1 Définition et concept ADS (Automatic Dépendant Surveillance)

Les systèmes ADS sont des moyens pour le control aérien qui sert à connaître la position de l'avion, cette position est reçue grâce à la contribution des systèmes de positionnement par satellites (GNSS), qui est plus précise que les moyens de surveillance au sol, ses systèmes ADS sont appelés « dépendant surveillance », parce que les informations reçues dépendent des moyens installés à bord des aéronefs.[7] Il existe deux types de surveillance dépendante :

## I.4.2 L'ADS-C (automatic dependent surveillance- contract)

→ Le contrat périodique, dont elle envoi de la position toutes 20 minutes.

## I.4.3 L'ADS-B (automatic dependent surveillance-broadcast)

**ADS- Broadcast :** l'aéronef n'a pas à être interrogé, L'information est diffusée à Quiconque équipé pour la réception). L'aéronef transmet sa position qui sera reçue par un récepteur ADS-B au sol et communique à la fois à l'ATC et aux aéronefs a portée.[7]

## I.5 Transmission des données radar

Les différents équipements de la station RADAR sont interconnectés via le LAN dans le but de garantir la connectivité et l'échange des données.

La figure suivante illustre l'architecture de la station RADAR :

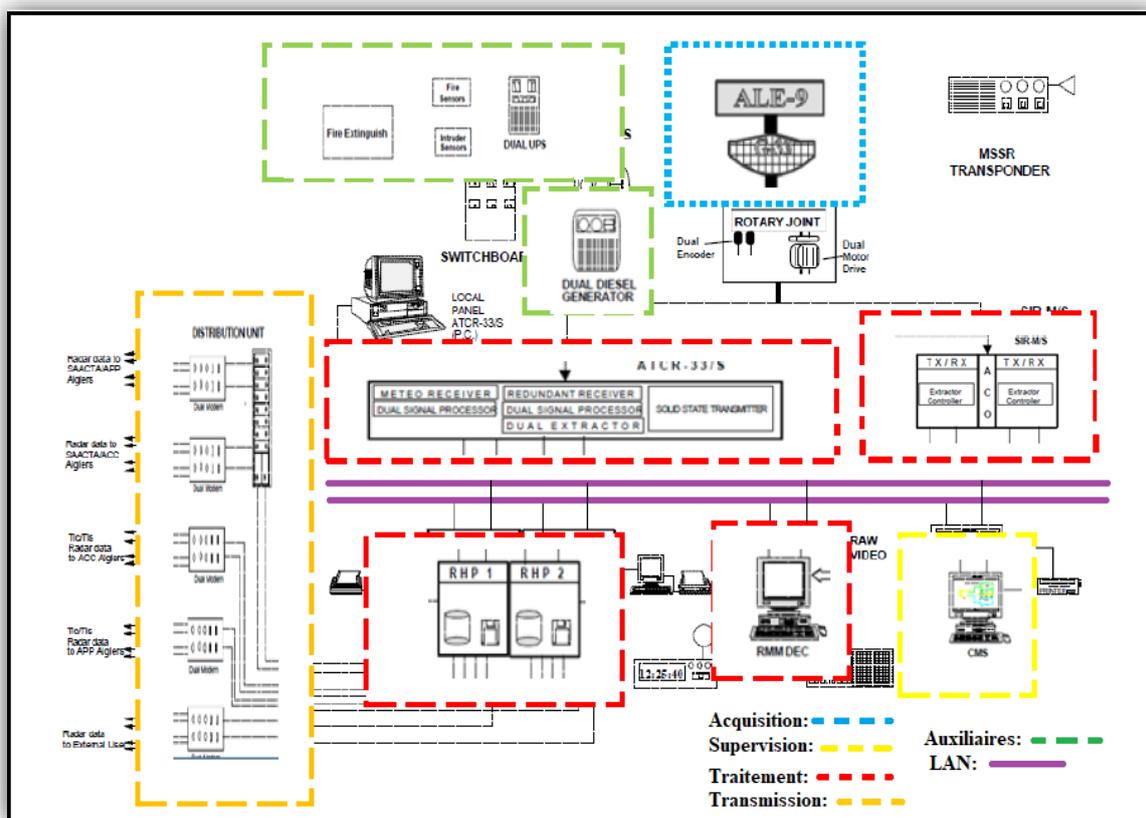
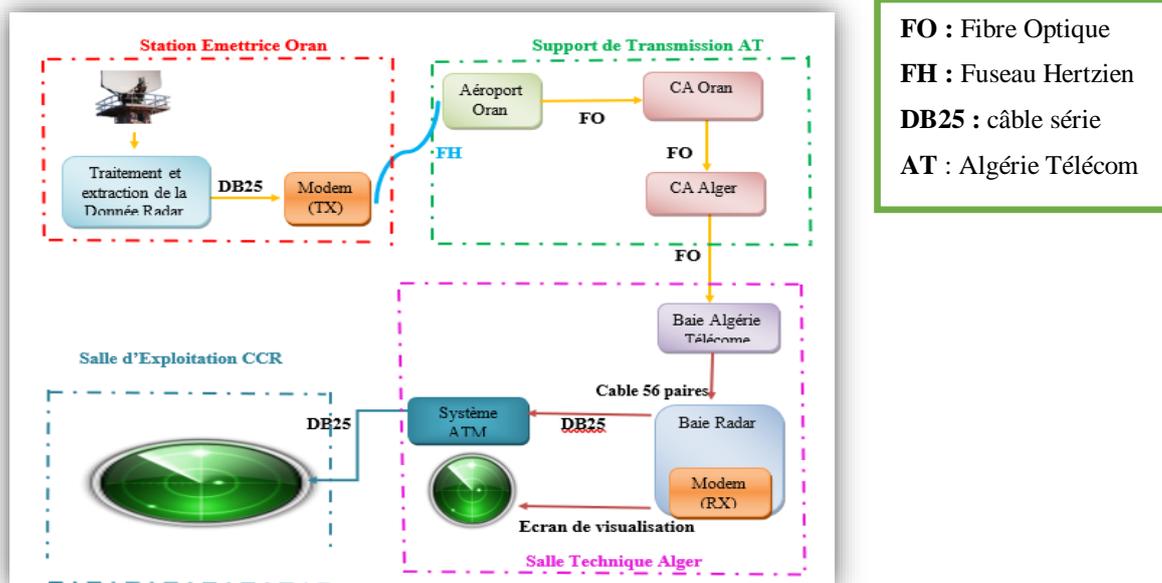


Figure I.14 : Architecture de la station Radar Alger

## I.5.1 Chaîne de transmission

Dans le schéma suivant nous allons détailler l'acheminement de la donnée Radar d'une station déportée, on a pris l'exemple de la station Radar d'Oran.



**Figure I.15 : Schéma Synoptique d'une chaîne de transmission de la Station Radar Oran vers le CCR**

**ATM** : Traitement des données Radar, ADS et plan de vol pour l'aide au contrôle du trafic aérien route, approche et aéroport.

**CCR** : C'est la salle d'exploitation où se passe le contrôle de l'espace aérien Algérien.

- Après le traitement et l'extraction de la donnée Radar, cette dernière doit être transmise pour l'exploitation.
- Pour le choix du support il est fait par rapport aux conditions de la région et de la route emprunté.

### Exemple

Prenant un exemple de la station d'Oran, cette dernière est une station déportée donc pour recevoir la donnée complète on doit passer par les étapes suivantes :

- La donnée Radar doit être envoyée en double ;
- Elle est d'abord modulée au niveau du modem puis transmise via FH à l'aéroport d'Oran ;
- Ensuite vers le centre d'amplification pour amplifier le signal ;
- Puis vers le centre d'amplification d'Alger par la suite la baie télécom qui se trouve à l'ENNA ou c'est la réception de toutes les données externes ;
- Puis vers la baie modems pour démodulation.

## Chapitre I : les moyens de surveillance et les supports de transmission terrestre utilisé

- On récupère la donnée dupliquée et elle reste en test (visualisation) et l'autre d'abord corrélée avec le plan de vol au niveau du système ATM ;
- Puis exploiter au CCR.

Nous allons voir maintenant ci-dessous la chaine de transmission des cinq stations radar.

- ✚ La station d'Annaba se situe à Seraidi avec une distance de 550 km,
- ✚ La station d'Oran se situe à mont Merjajo (Aidour) avec une distance de 430 km
- ✚ La station d'El Oued se situe à une distance de 630 km
- ✚ La station d'El Bayedh se situe à une distance de 540km par rapport à la station d'Alger Chararba.

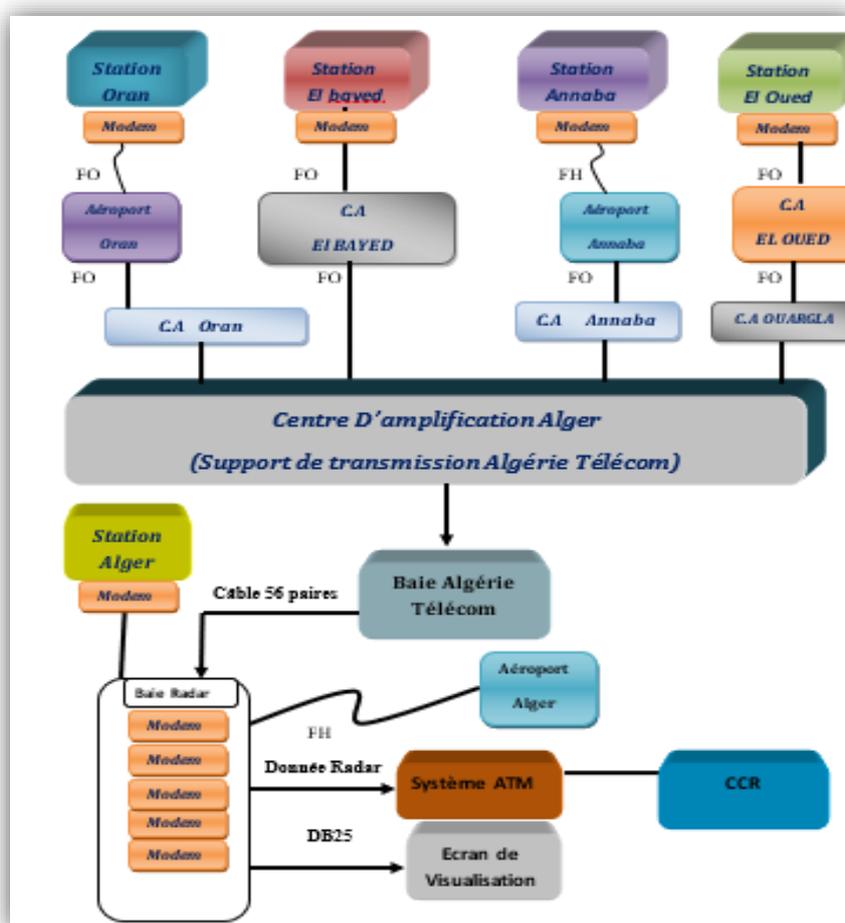
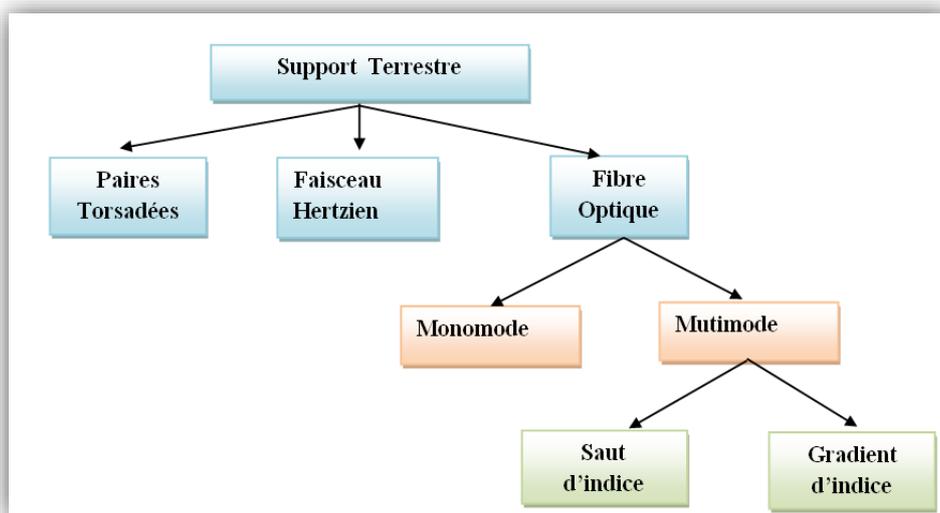


Figure I.16: Schéma Synoptique globale de la chaîne de transmission des cinq Stations Radar vers le CCR

### I.5.2 Les Support de transmission

L'ENNA utilise différents supports pour les échanges des données de surveillance, On distingue :



**Figure I.17: Schéma Synoptique de Support Terrestre**

### ✚ Les paires torsadées :

L'ENNA utilise un câble de 56 paires qui se divise en 4 jarrettières de 14 paires, une paire est un ensemble de 2 fils torsadés. Cela permet de limiter la diaphonie entre les fils et les protéger des perturbations électromagnétiques extérieures. Pour transmettre la donnée Radar on utilise 4 fils, une paire TX et une paire RX.



**Figure I.18 : Câble 56 Paires**

Voici l'acheminement du câble 56 paires est de la baie Algérie Télécom vers la baie Radar, contenant les Data des 4 stations : (Oran, El Bayadh, El oued et Annaba).

La station Alger est câblée directement vers la baie Radar sans passer par Algérie Télécom par ce qu'elle n'est pas déportée :

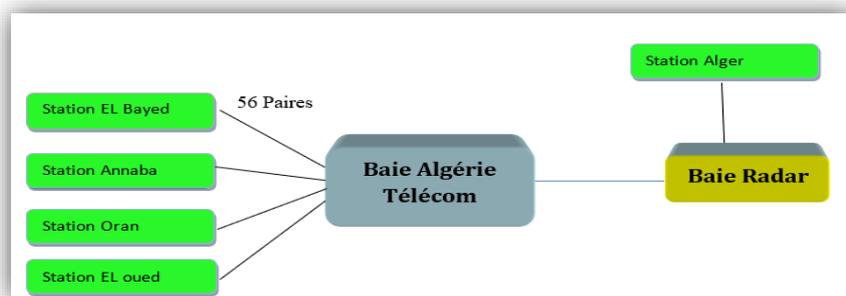


Figure I.19 : l'acheminement du câble 56 paires

### ✚ La fibre optique :

Une fibre optique est un fil de silice très fin, c'est un guide d'onde qui permet de transmettre des informations numériques sur le réseau de télécommunication de très grand débit, on distingue deux modes : Mono mode et multi mode, et le multi mode on trouve : à saut d'indice, gradient d'indice.[3]

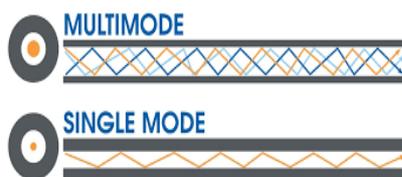


Figure I.20 : Fibre Optique Mono mode et multi mode

L'ENNA utilise La fibre optique « Mono mode » pour la transmission de la donnée radar entre les Cinq station Radars et le CCR fournit par Algérie Télécom :

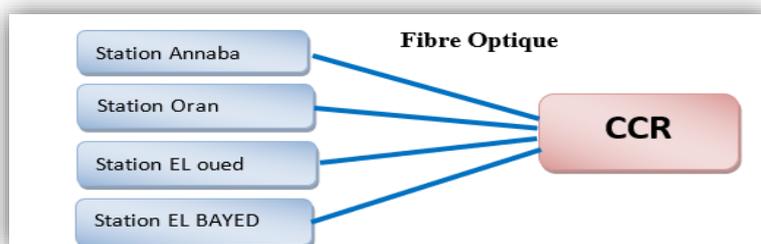
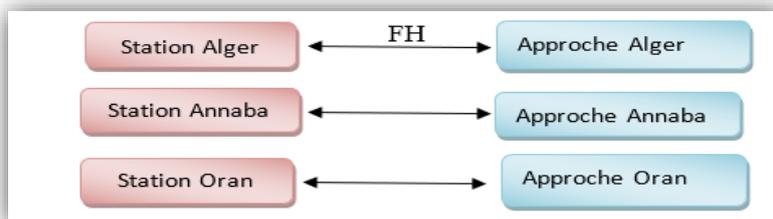


Figure I.21: l'acheminement de la fibre Optique

### ✚ Le faisceau hertzien

Un faisceau hertzien est un mode de transmission entre deux points fixes (appelé aussi liaison point à point). Cette transmission peut se faire dans un sens ou dans les deux. Il utilise des ondes radioélectriques avec des fréquences porteuses de 1GHz à 40GHz (gamme des micro-ondes).

L'ENNA utilise le faisceau hertzien pour la transmission des données radar entre :



**Figure I.22 : l'acheminement du faisceau hertzien**

La transmission par faisceau hertzien est limitée par l'exigence d'une visibilité directe entre les deux points, en effet, on doit installer des stations relais pour des grandes distances.

### I.5.3 Les protocoles de transmission des données radar

- **Protocole HDLC :**

Le HDLC (sigle anglais pour High-Level Data Link Control) est un protocole de niveau 2 (couche de liaison) du Modèle OSI, dérivé de SDLC (Synchron ou Data Link Control). Son but est de définir un mécanisme pour délimiter des trames de différents types, en ajoutant un contrôle d'erreur.

- **Le Protocole UDP :**

Grace à cette notion de sécurité et de fiabilité Ce protocole est utilisé pour transmettre les données radar (TH et Alo) du RHP vers Système.

Ce protocole est utilisé pour transmettre les données radar et les données de télésignalisation et télécommande à travers le LAN de la station RADAR où le taux de réception est égal à 100% (pas de perte de données)

- **Le protocole X25 :**

X.25 est un protocole de communication normalisé par commutation de paquets en mode point à point offrant de nombreux services, il intègre les trois couches basses du modèle OSI (Open Systems Interconnection).

X.25 définissait l'interface entre un ETTD (Équipement terminal de traitement de données) et un ETCD (Équipement terminal de circuit de données) pour la transmission de paquets. Il fixait donc les règles de fonctionnement entre un usager du réseau et le réseau lui-même.

- **Le format ASTERIX (All Purpose STructured Eurocontrol Radar Information Exchange)**



## Chapitre I : les moyens de surveillance et les supports de transmission terrestre utilisé

La transmission des données radar utilise une structure de message, connue par l'acronyme ASTERIX, c'est une norme pour l'échange d'informations sur les services de la circulation aérienne (ATS). Il est développé et maintenu par l'organisation européenne ATS Eurocontrol. ASTERIX est une norme extensible avec un certain nombre de catégories différentes, chacune traitant d'un type particulier d'informations. Il s'agit notamment des rapports sur les cibles des capteurs de surveillance tels que les radars ainsi que des informations traitées telles que les traces des avions et divers messages d'état du système.[6]

- **Les Catégories du Format Asterix :**

Le format ASTERIX a 256 catégories. Les principales catégories sont représentées dans le tableau ci-dessus :

| Catégorie     | Interprétation  |
|---------------|---|
| <b>Cat 01</b> | Plot pistés (détection d'un avion) radar primaire (catégorie 01, Version 5)<br>radar secondaire (catégorie 01, Version 7)<br><br>Elle calcule rho et téta |
| <b>Cat 02</b> | Message de service concernant un radar = fin de secteur (codage de la rotation d'antenne)   |
| <b>Cat 08</b> | Radar météo   |
| <b>Cat 21</b> | ADS-B   |

**Tableau I.7 : Les Catégories Format Asterix**

### I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, Nous avons présenté les différents moyens de surveillances, en suite nous avons présenté les différentes généralités sur les radars PSR et SSR et les System ADS tel que leurs principes de fonctionnement, leurs classification, l'évolution de la surveillance, les problèmes rencontrés ainsi que les différentes solutions proposées. Et comme cité dans ce chapitre, la transmission des données via support terrestre présente des limites, c'est pour cela qu'on a opté vers un autre support de secours qui est le support satellitaire.

Dans le chapitre suivant, notre attention se focalisera particulièrement, sur la transmission des données via support satellitaire.

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

### II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons introduire la notion de la transmission des données via satellite qui repose sur un segment spatial et un segment terrien. Tout en commençant par le segment spatial, puis définir les notions de base nécessaires dans toute télécommunication satellitaire.

En passant par le segment terrestre, nous allons introduire la technologie VSAT et ces équipements. Aussi, nous citons les architectures des réseaux VSAT existants et les principales techniques d'accès au satellite. Nous finirons par une explication du principe de transmission des données radar via VSAT.

### II.2 Principe de base du système satellitaire

Quel que soit son mode de réalisation, la communication par satellite présente deux composantes essentielles, un segment spatial et un segment terrestre.

- Le segment spatial : est constitué par le satellite lui-même, qui dispose de dispositifs d'émission-réception radioélectriques associés à des antennes et des amplificateurs à large bande et à gain élevé.
- Le segment terrestre : comprend les équipements de transmission, fixes ou mobiles, situés à la surface de la terre et des équipements auxiliaires.[3]

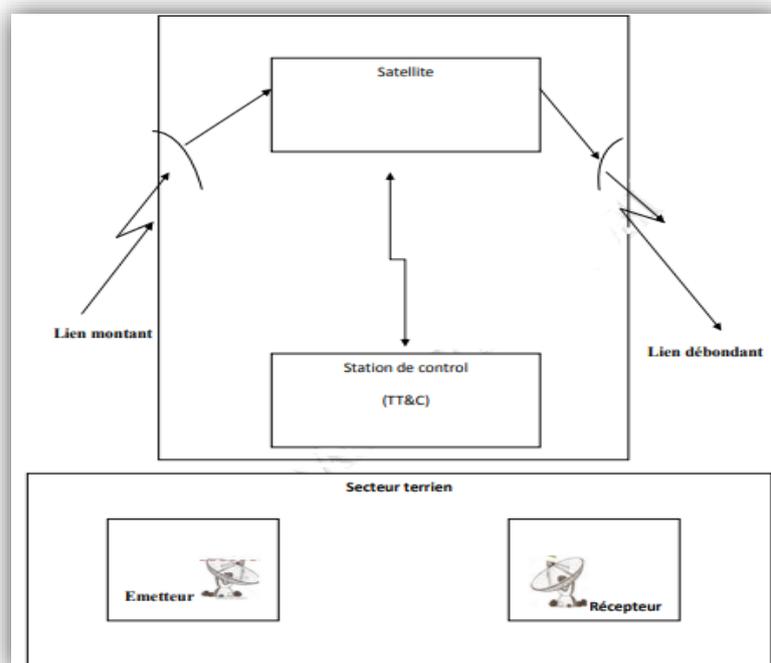


Figure II.1 : architecture d'un système satellitaire

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

### II.3 Segment spatial

#### II.3.1 Le satellite de télécommunication

Un satellite de télécommunication est un satellite artificiel positionné dans l'espace pour des besoins de télécommunications. Le satellite serait mis en place dans l'espace à une altitude de 35786 km, de telle sorte que sa vitesse de révolution autour de la Terre soit la même que celle de la rotation de notre planète.

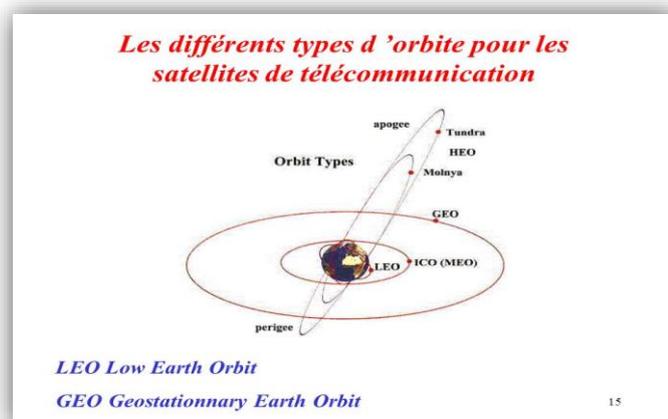
#### II.3.2 Les orbites

Dans le Règlement des radiocommunications de l'UIT, l'orbite est définie de façon suivante : « Trajectoire que décrit, par rapport à un système de référence spécifié, le centre de gravité d'un satellite ou un autre objet spatial soumis de façon prépondérante aux forces naturelles, essentiellement les forces de gravitation ». [3]

Les différents types d'orbite sont représentés dans le tableau ci-dessus :

| Orbite                            | Type d'orbite     | Position   | Période         | Inclinaison                     |
|-----------------------------------|-------------------|--|-----------------|---------------------------------|
| LEO : Low Earth Orbital           | Orbite circulaire | Situé entre 500 à 1500 km d'altitude                   | 1h30            | Inclinaison de l'ordre de 90°   |
| MEO : Medium Earth Orbital        | Orbite circulaire | Situé entre 10000km et 20000 km                        | 6h              | Inclinaison de l'ordre de 50°   |
| HEO : High Earth Orbit            | Orbite elliptique | Elle a un apogée de 39 750 km et un périégée de 500 km | 11 h 58 mn      | Inclinaison de l'ordre de 63,4° |
| GEO : Geostationary Earth Orbital | Orbite circulaire | Une distance de 35786 km d'altitude                    | 23 h 56 min 4 s | Dans le plan équatorial         |

**Tableau II.1:** les différents types d'orbites



**Figure II.1 :** Les principales orbites terrestres.

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

### II.3.3 Les types de satellites de télécommunication

Un satellite de télécommunication peut être considéré comme un relais hertzien. Ils permettent par l'intermédiaire de stations terrestres de faire transmettre des données de différentes natures (Données télégraphique, téléphonique, radiodiffusion, télédiffusion, transmission de données, internet... etc.).[3]

On distingue ainsi deux modes d'opération comme le montre le diagramme ci-dessous :

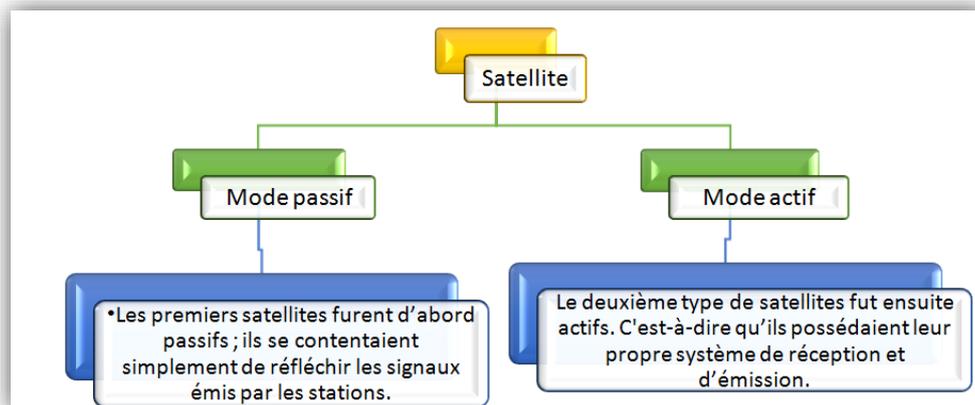


Figure II.2 : Diagramme des modes de satellite de télécommunication

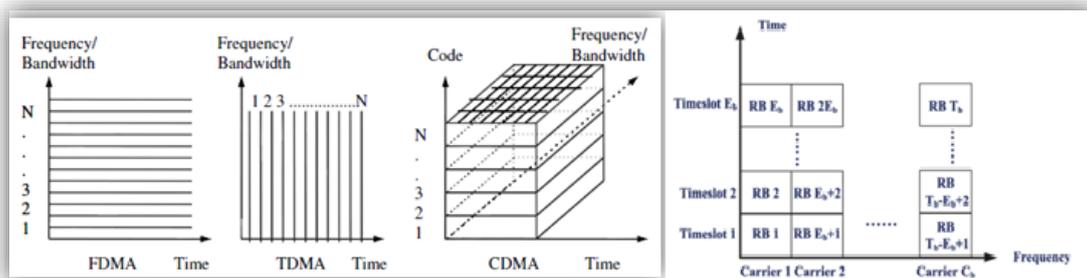
### II.3.4 Les techniques d'accès au satellite

On appelle les techniques de partage du support les méthodes d'accès au support. Il en existe un certain nombre, mais voici celles que l'on retrouve dans les communications satellites [4] :

Les méthodes d'accès FAMA (Fixed Assignment Multiple Access) :

- **FDMA (Frequency Division Multiple Access)** : Cette méthode divise la fréquence de communication en plusieurs sous-fréquences, chacune étant associée à un client.
- **TDMA (Time Division Multiple Access)** : Technique actuellement la plus utilisée. Le canal est découpé en slot de temps, chaque slot étant associé à un client.
- **CDMA (Code Division Multiple Access)** : Consiste à utiliser une technique d'étalement par codes, Il permet la transmission simultanée de plusieurs canaux, chacun étant étalé en temps et en fréquence.
- **Hybrid MF-TDMA:** MF-TDMA (Multi Frequency – Time Division Multiple Access).

Cette méthode permet aux utilisateurs de partager la bande passante en plusieurs fréquences distinctes, ces canaux fréquentiels sont subdivisés en trames, chaque trame est partagée en intervalles temporels (burst) durant lesquels les terminaux peuvent transmettre des données ou de la signalisation.



**Figure II.3 :** Les différentes méthodes d'accès FAMA

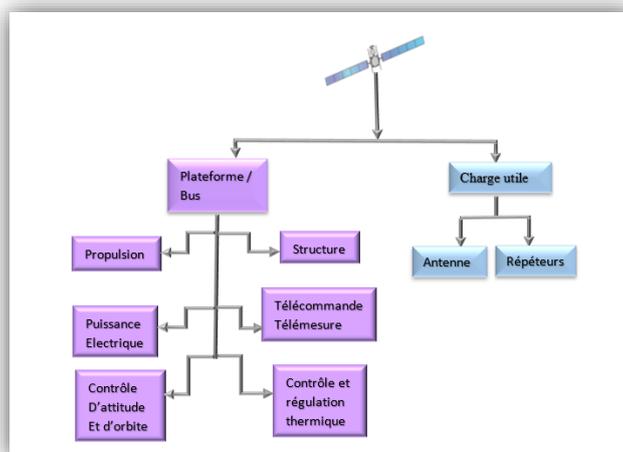
### II.3.5 Assignement aux ressources satellite

L'UIT (union internationale des télécommunications) considère que l'accès multiple est la possibilité pour plusieurs stations terriennes d'émettre simultanément leurs porteuses dans un même répéteur satellite, et les modes d'accès peuvent être classés en deux catégories :

- **Mode d'accès multiple avec pré allocation PAMA :** (Permanent Assignment Multiple Access), dans lequel les voies dont on a besoin pour écouler le trafic entre deux stations terriennes sont assignées en permanence à celle-ci pour leur usage exclusif.
- **Mode d'accès multiple avec allocation à la demande DAMA :** (Demande Assignment Multiple Access), dans lequel l'allocation des voies est modifiée selon les nécessités de chaque communication. Le choix de la voie s'opère automatiquement (par le hub) et elle reste connectée tant que la communication se poursuit.

### II.3.6 Les différents composants du satellite de télécommunication

Il n'existe pas, à priori, de configuration type pour les satellites. Cependant, il peut être décomposé en deux sous parties [3] :



**Figure II.4 :** schéma synoptique d'un satellite de télécommunication

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

### a. Charge utile :

Servant à la communication ou à toute autre fonction utile

- **Le sous-système antenne :**

Les principales fonctions de ce sous-système sont :

- ✓ De recevoir et transmettre les signaux par une ou des régions particulières de la terre.
- ✓ De capter le moins de signaux parasites possibles.

- **Le sous-système répéteur :**

A pour rôle de transposer en fréquence et d'amplifier les signaux de très faibles amplitudes issus de l'antenne de réception, on distingue 2 types de répéteur :

- ❖ Les répéteurs transparents (Bent pipe) : conversion de fréquence et amplification
- ❖ Les répéteurs régénérateurs : Conversion de fréquence, démodulation, remodulation et amplification.

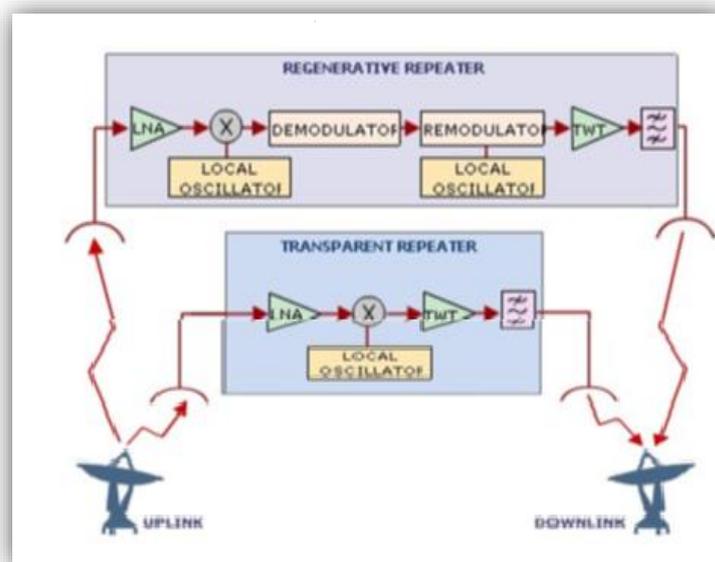


Figure II.5 : Schéma simplifié de la mission de la charge utile

### b. La plate-forme :

Appelé aussi module de service, qui supporte la charge utile et qui lui fournit les ressources dont elle a besoin pour son fonctionnement, qui maintient le satellite sur son orbite selon l'orientation demandée et assure la liaison avec les stations à terre.[3]

#### b.1 La production d'énergie

Le satellite doit disposer d'énergie électrique pour le fonctionnement de la charge utile et de la plate-forme. La puissance électrique est généralement fournie par des panneaux solaires utilisant l'énergie solaire.

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

### b.2 Le système de contrôle thermique

Le système de contrôle thermique doit maintenir la température des composants du satellite dans une plage de valeurs qui est souvent proche de celle rencontrée sur terre (environ 20 °C).

### b.3 La gestion du bord

Elle regroupe les sous-systèmes suivants :

- Les fonctions de télécommande (sol ⇒ satellite) reçoivent et décodent les instructions ou données envoyées par le centre de contrôle et en assure la distribution aux autres sous-systèmes.
- Les fonctions de télémessures (satellite ⇒ sol) recueillent les données du satellite. Portant sur le fonctionnement du satellite, les données issues des instruments et après compression les transmettent au centre de contrôle lorsque les stations sont en visibilité.

### b.4 Le système de propulsion

Le système de propulsion du satellite remplit plusieurs missions :

- Il assure le transfert du satellite depuis son orbite d'injection vers son orbite définitive.

Une fois le satellite à poste :

- Il corrige les modifications de l'orbite induites par les perturbations naturelles (traînée atmosphérique, irrégularités du champ de gravité...).

### b.5 Le contrôle de l'orientation

Pour contrer les changements d'orientation (ou attitude) le satellite utilise les données fournies par des capteurs qui utilisent comme repère, selon le satellite, le centre la terre, le Soleil ou les étoiles les plus brillantes.

### II.3.7 Traitement du satellite

Le traitement de données du satellite passe par plusieurs étapes qui sont illustré dans le **tableau II.2** ci-dessus. [3]

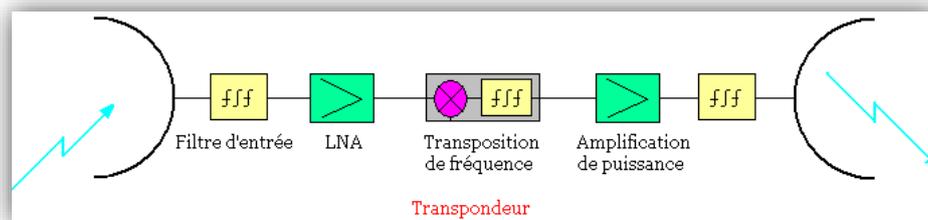
| Equipements            | Rôle  |
|------------------------|---|
| Le filtre de réception | <ul style="list-style-type: none"><li>• Sélectionne la bande de fréquences à amplifier</li><li>• Élimine les signaux parasites susceptibles de perturber le fonctionnement des répéteurs.</li></ul>   |
| Le récepteur           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Assure l'amplification et la transposition de la fréquence de réception (montante) à la fréquence d'émission (descendante).</li><li>• Est constitué d'un amplificateur faible bruit (LNA), d'un mélangeur, d'un oscillateur local et d'un amplificateur faible puissance.</li></ul> |
| IMUX                   | Le démultiplexeur d'entrée a pour rôle de séparer la bande de réception en plusieurs canaux.  |

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

|                              |  |
|------------------------------|--|
| L'amplificateur de canal     | Contrôle la puissance à l'entrée de l'amplificateur de puissance de sorte qu'elle conserve toujours une valeur optimale malgré les variations d'amplitude de la liaison montante lors de sa propagation dans l'atmosphère.   |
| L'amplificateur de puissance | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fournit au signal une puissance élevée afin qu'il puisse être reçu au sol dans de bonnes conditions.</li> <li>• Est réalisé par un tube à onde progressive (ATOP) qui est caractérisé par un faible encombrement, un haut rendement et une grande fiabilité.</li> </ul> |
| OMUX                         | Le multiplexeur de sortie a pour rôle de recombinaison des canaux après l'amplification de puissance.  |
| Le filtre d'émission         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Élimine les harmoniques générés par les amplificateurs</li> <li>• Atténue les signaux dans la bande de réception pour éviter le rebouclage par les antennes.</li> </ul>   |

**Tableau II.2 :** Etapes de traitement du satellite

Dans la **figure II.6** ci-dessus représente l'acheminement du traitement de données du satellite



**Figure II.6:** Structure classique du sous-système répéteur d'un satellite de télécommunications

### II.3.8 Le temps transmission du signal satellitaire

Le temps de propagation des ondes électromagnétiques représente le temps aller-retour que prend un signal dans un système satellitaire géostationnaire, c'est-à-dire le signal parcourt une distance approximative de 35 800 Km dans l'espace et revenir.

$$\text{On a: } T = T_p + T_{ack} + T_d \quad \text{II.1}$$

Où :  $T_p$  : Temps de propagation

$T_{ack}$  : Temps d'acquiescement

$T_d$  : Temps de transmission de la trame

$$\text{Avec : } T_p = 2 \cdot X / V \text{ avec } V = C/n \quad \text{II.2}$$

$T_{ack} = 1/D$  et  $D$  LE débit

$T_d = L/D$



## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

---

### II.4. Le Segment terrestre

#### II.4.1 Introduction au système VSAT

VSAT (Very Small Aperture Terminal) est une technologie de télécommunication bidirectionnelle par satellite qui utilise des antennes paraboliques d'un diamètre entre 0,75m-3,8M, les réseaux VSAT permettent de satisfaire des besoins de télécommunications à savoir [8] :

- ❖ Interconnexion de zones blanches
- ❖ Secours d'un réseau terrestre
- ❖ En cas d'un désastre

#### II.4.2 Nature du service fournis par le VSAT

Actuellement L'ENNA exploite les services du VSAT qui sont la donnée radar, la voix, la messagerie et téléphonie.

#### II.4.3 Les techniques de transmission via VSAT

Pour transmettre les signaux numériques au satellite, on doit passer par les techniques de transmission suivantes [1] :

##### a. Le codage

Il y a deux types de codages différents pour assurer l'intégrité des données transmises :

- **Les codes pour la détection d'erreur** : détectent l'erreur, mais ne sont pas capables de la corriger. Ils entraînent alors la réémission de l'information.
- **Les codes de correction d'erreur** : ils ont la même fonction des codes de détection en plus ils ont la possibilité de corriger l'erreur sans nécessiter la réémission de l'information.

Les Forward Error Correction (FEC), en français correction d'erreur directe, Son principe est de rajouter une information supplémentaire redondante de manière à détecter et éventuellement corriger de possibles erreurs de transmission.

##### b. La modulation

Il existe plusieurs formes de modulation, comme la montre la figure ci-dessous :

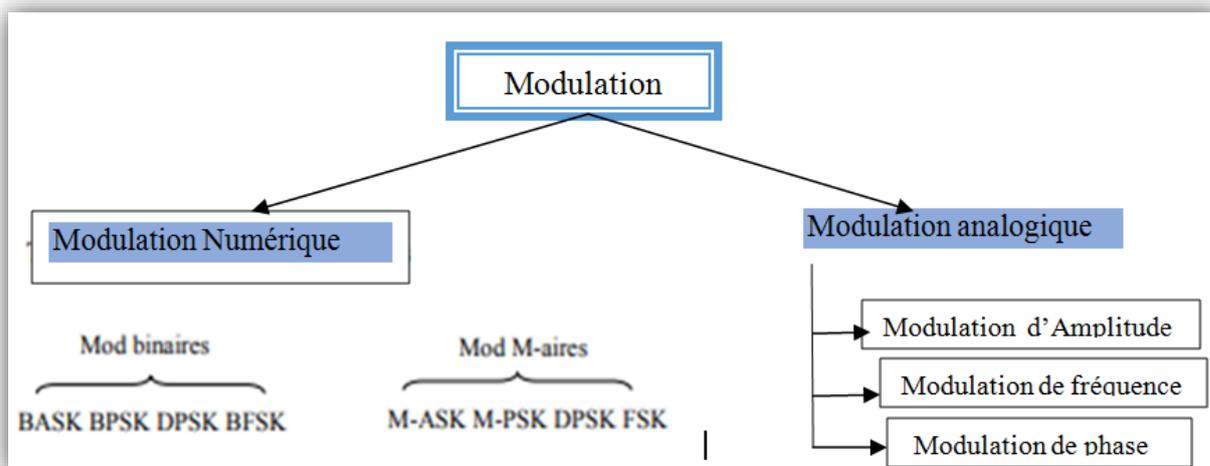


Figure II.7 : schéma synoptique de types de modulation

### c. Le multiplexage :

Les signaux peuvent être transmis individuellement sur une porteuse radioélectrique, ou bien multiplexés :

- **Single Channel Per Carrier « SCPC » :**

Les données sont transmises au satellite de manière directe via une porteuse Radio, Cette dernière est reçue par-là station terrestre distante.

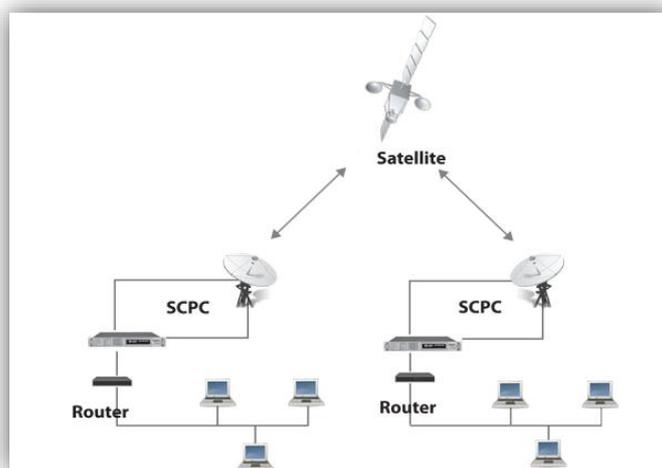


Figure II.8 : Schéma du SCPC

- **Multiple channel per carrier « MCPC » :**

Plusieurs canaux par porteuse (MCPC) est une plate-forme de transmission par satellite utilisée avec les systèmes de terminaux à très petite ouverture (VSAT). Les signaux audio, vidéo et autres supports de diffusion numériques sont multiplexés en un seul flux de données

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

numériques, ce qui permet de réduire l'utilisation des transpondeurs satellites et les coûts de transmission par canal

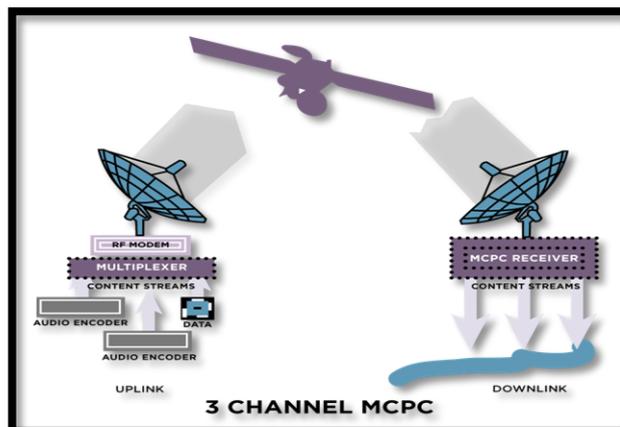


Figure II.9: Schéma MCPC

### II.4.4 Les différentes topologies des réseaux VSAT

#### a. Topologie STAR (étoile)

Dans l'architecture en étoile représentée par la figure ci-dessous, le HUB joue le rôle d'une station terrestre centrale qui contrôle et communique avec un grand nombre de stations utilisateurs. Toutes les stations communiquent uniquement avec le HUB. Elles ne peuvent pas communiquer directement (elles communiquent en double bond via le HUB).[8]

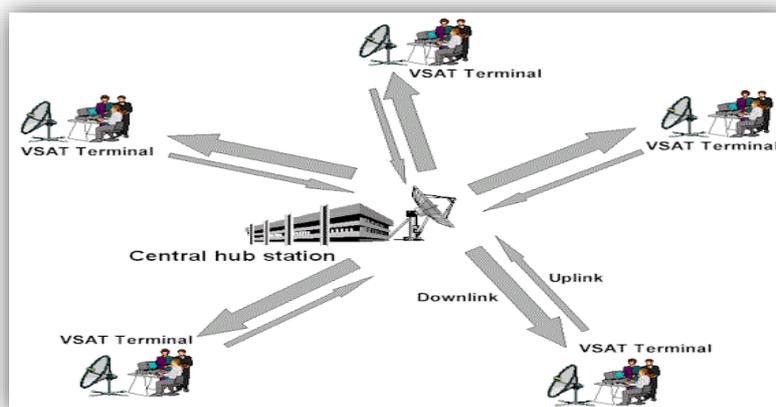


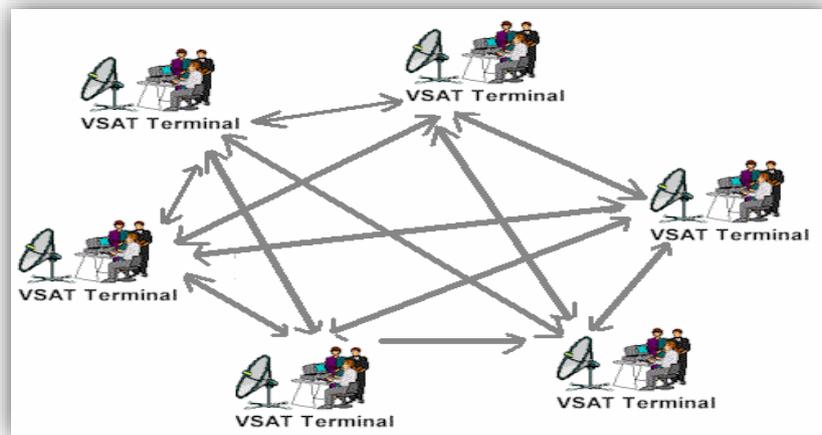
Figure II.10 : Topologie STAR

#### b. Topologie Mesh & Full Mesh

- Dans l'architecture mesh représentée par la figure ci-dessous, les stations communiquent directement entre elles (elles communiquent en simple bond).
- Les applications d'une telle topologie sont nombreuses : la téléphonie, intranet, etc.

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

- L'avantage de cette topologie est que si une station veut communiquer avec une autre elle peut emprunter n'importe quelle chemin(déroutement).[8]



**Figure II.11 :** Topologie Mesh et Full Mesh

- Dans le cadre du projet PDGEA l'ENNA est en cours d'installation de cette topologie dans deux sites : Alger et Tamanrasset  
Chaque Réseau est un secours de l'autre.

### II.4.5 Les bandes de fréquences utilisées dans les Réseaux VSAT

Les bandes de fréquence utilisées dans les réseaux VSAT sont représentées dans le tableau ci-dessus [1]:

| Name    | Uplink<br>(Transmit to satellite) | Downlink<br>(Receive from satellite) |
|---------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| C-band  | 5.8 – 6.725 GHz                   | 3.4 – 4.2 GHz                        |
| X-band  | 7.9 – 8.4 GHz                     | 7.25 – 7.75 GHz                      |
| Ku-band | 14.0 – 14.5 GHz                   | 10.7 – 12.75 GHz                     |
| Ka-band | 27.5 – 31.0 GHz                   | 18.3 – 18.8 GHz or<br>19.7 -20.2 GHz |

**Tableau II.3 :** les bandes de fréquences utilisées dans les réseaux VSAT

### II.4.6 Les composants d'un lien VSAT

#### a. Stations VSAT

L'ENNA a deux types de stations VSAT :

Une station VSAT bande C utiliser pour l'international

Une station VSAT bande Ku utiliser pour le national

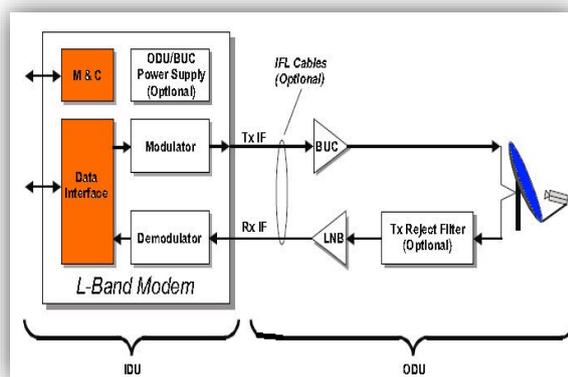


Figure II.12 : schéma Global d'une station

### b. L'unité intérieure (IDU)

#### • Le Modem :

Est un équipement qui nous permet d'envoyer une data d'une interface IP, ATM, Voice...qui se trouve en point A, vers la même interface du modem du point B.[8]

#### • Principe de fonctionnement :

Le modem fait passer la data via une interface puis :

- ✓ Il encapsule en émission / il désencapsule en Réception
- ✓ Il module en TX / il démodule en RX
- ✓ Il corrige avec un FEC

Après cette opération le modem envoi sa porteuse vers le BUC en bande L ou IF, l'autre côté fait l'opération inverse

Ci-dessous un schéma synoptique de l'unité indoor du VSAT bande C :

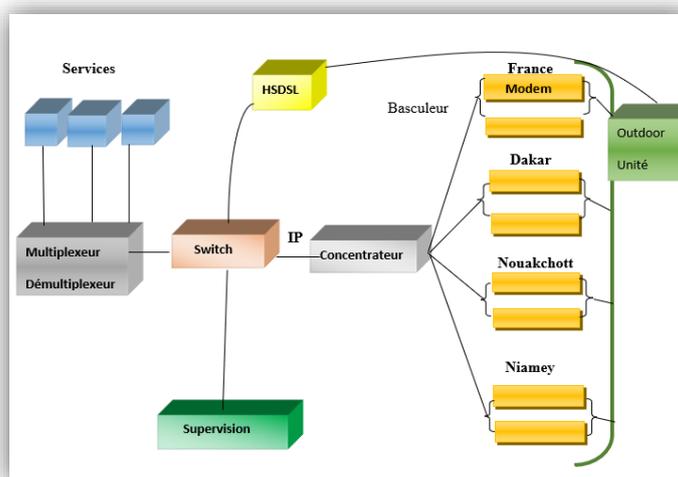


Figure II.13 : Schéma synoptique de l'unité indoor du VSAT (bande C)

### c. L'unité extérieure (ODU)

- **LE BUC (Block Up Converter)**

Chaque liaison satellitaire bidirectionnelle doit avoir un module de transmission.

Pour que le signal puisse être envoyé jusqu'au site distant, une certaine puissance sera utilisée pour effectuer cette opération.

Le câble du modem satellite intérieur fournit les signaux à transmettre qui sont dans une bande [950 - 1450] MHz, qui sera converti dans un mélangeur en hyperfréquence de la bande Ku (14-14,5 GHz). Pour un BUC universel est de 13,050 GHz. [8]



**Figure II.14** : BUC de la bande KU

- **LNB** : Low Noise Block, il reçoit le signal du satellite, il l'amplifie et le convertit en Bande L [1-2] GHz du Modem [8]



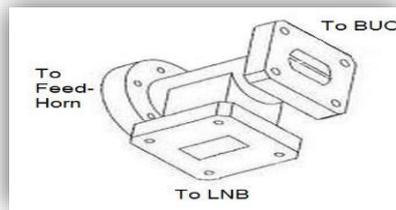
**Figure II.15** : LNB de la bande KU

- **L'OMT VSAT** :

L'OMT est une abréviation de Orthogonal Mode Transducer (en français : diplexeur de polarisation)

Le dispositif OMT fait partie de l'ensemble d'installation d'extérieur, il s'insère entre le LNB, le BUC et le cornet d'alimentation (corne de rayonnement vers le réflecteur parabolique) sur une antenne VSAT.

L'isolation inter-polarisation entre les deux signaux est essentielle car une partie de l'énergie du signal horizontal peut être retransmise au signal vertical, et vice-versa [8]



**Figure II.16 :** Schéma de l'OMT

- **Le Feed Horn:**

- le horn est une petite antenne à corne utilisée pour transmettre des ondes radio entre l'émetteur et / ou le récepteur et le réflecteur parabolique [8]



**Figure II.17 :** une partie de l'unité Outdoor

- **Les antennes :**

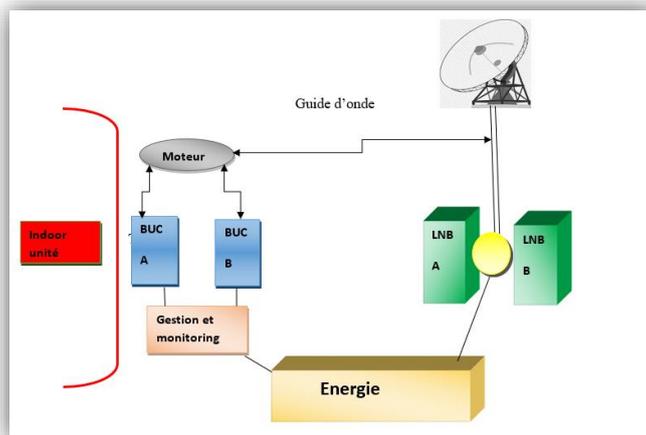
Les antennes désignées pour le VSAT sont caractérisées par :

- Son diamètre
- Son gain en émission et en réception en dBi
- Polarisation : Linéaire, Orthogonal ou circulaire
- Ajustement en élévation
- Ajustement en Azimut
- crosspol. Isolation



**Figure II.18 :** Antenne parabolique

Ci-dessous un schéma synoptique de l'unité outdoor du VSAT bande C :



**Figure II.19** : Schéma synoptique de l'unité Outdoor du VSAT (bande C)

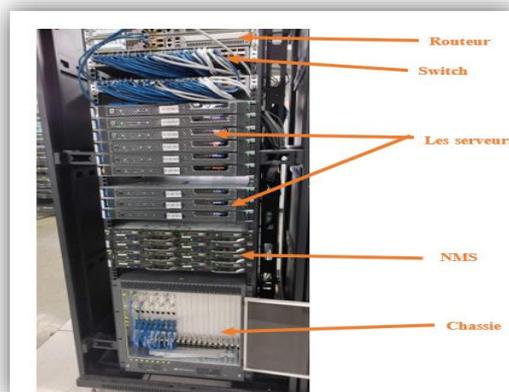
### d. Station centrale (Hub)

Le hub est le point le plus important du réseau VSAT. C'est par lui que transite toutes les données qui circulent sur le réseau c'est aussi qui gère tous les accès à la bande passante des bases de données produites par le hub

La station hub est équipée d'un système de gestion NMS (network management système) reliée à chaque station VSAT à l'aide de circuit virtuel permanent.

Le NMS permet à un opérateur de réseau pour surveiller et contrôler le statut du hub et de chaque station VSAT et en cas d'interruption dans les stations VSAT il télécharge tous les logiciel et les paramètres du système pour le relancement de l'opération. [4]

Sur le territoire Algérie on trouve la station de l'ATS (*Algérie Télécom Spatiale*) à Lakhdaria (station terrienne appartenant au ministère des Postes et Télécommunications), qui contient plusieurs hubs chargés de garantir l'objectif de qualité pour les différents clients.



**FigureII.20** : Le HUB iDirect de l'ATS



### II.5. Présentation du segment terrestre et spatial de l'ENNA

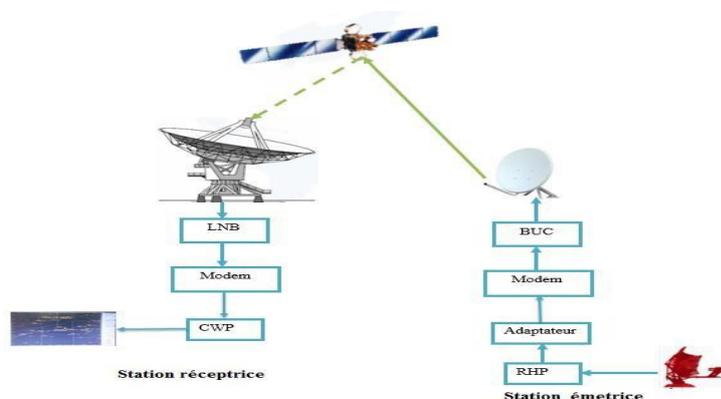
#### II.5.1 Le segment terrestre

Dans le réseau à base de stations VSAT, l'ENNA adopte une topologie point à point (*peer to peer*).

Les signaux délivrés par la station terrienne sont transmis vers le satellite individuellement sur une porteuse radioélectrique communément appelé : transmission d'une voie par porteuse SCPC (*single channel per carrier*).

#### II.5.2 Les équipements du segment terrestre

Les stations doivent être équipées d'un hardware (modem, BUC, LNB, antenne est câblage) pour la transmission et la réception des données radar.[1]



**Figure II.21:** Schéma synoptique de transmission des données radar via VSAT  
Voici la liste des équipements utilisé :

##### a. L'unité intérieure IDU

Pour l'unité intérieure les équipements sont les suivants :

##### a.1 L'adaptateur :

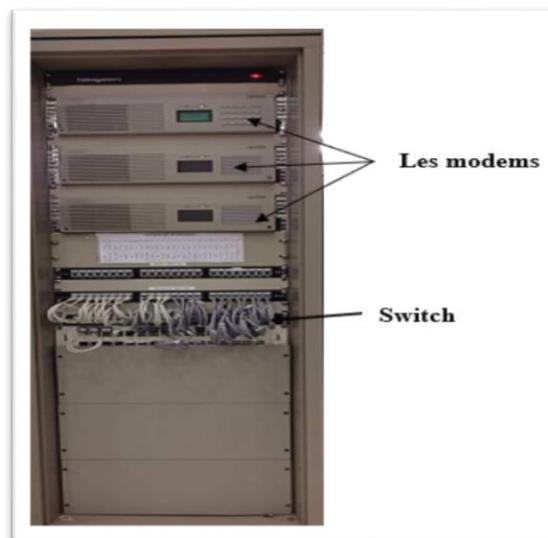
Pour effectuer la transmission des données radar du RHP vers le modem, on a besoin d'un équipement qui adopte la sortie DB-25 du RHP à l'entrée RJ-45 du modem. L'appareil utilisé peut en fait être appelé un convertisseur série-Ethernet, un adaptateur, une console ou un serveur de périphérique et se présente sous différents modèles, en fonction du nombre de ports série montés.



**Figure II.22:** Adaptateur série/Ethernet

### a.2 Le modem

Le modem utilisé est le *NEXTAR BOD série G3700* est un modem satellite très efficace et très fiable. Permet un traitement avancé des paquets et utilise la technique TDMA. Il offre une large gamme de type de modulation et de système de codage FEC qui nous offre des économies de bande passante maximales.



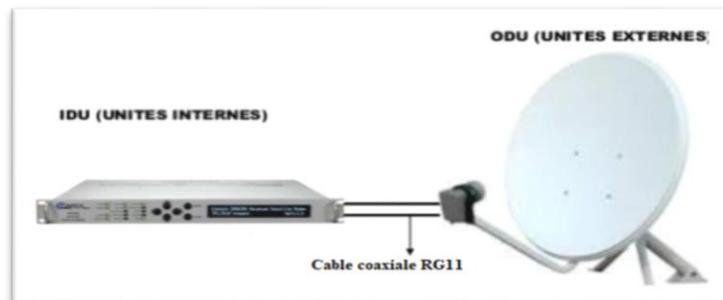
**Figure II.23 :** Unité Indoor du VSAT au niveau de l'ENNA (bande Ku)

### b. Unité extérieure ODU

#### b.1 Connexion IDU-ODU

Dans le domaine de la sécurité aéronautique, même si la distance est inférieure à 25m, par mesure de fiabilité nous utilisons le câble à faible pertes le RG11.

L'IDU est relié à l'ODU par un câble RG 11 (distance maximale d'éloignement : environ 100m).

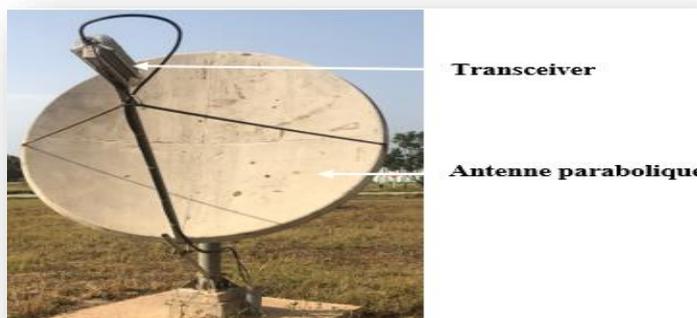


**Figure II.24:** Connexion IDU-ODU

### b.2 Le BUC et LNB utilisés :

L'ENNA utilise comme équipement le transceiver de marque NEXTAR série G4242A c'est un émetteur-récepteur au lieu d'avoir un BUC et LNB séparément.

Le transceiver est un équipement électronique combinant un récepteur et un émetteur qui partagent Des circuits communs.



**Figure II.25 :**Unité outdoor du VSAT au niveau de l'ENNA (bande Ku)

Le type d'antenne utilisé au niveau de l'ENNA est L'antenne Offset. C'est le plus répandue pour les petits diamètres. Son cornet est décalé dans le foyer secondaire afin de l'orienter différemment. Cette technique nous permet donc d'obtenir un rendement de 70 à 80% avec une température de bruit faible.

- **Pour la station d'Alger :**

L'antenne VSAT utilisé pour cette station principale qui est considérée comme mini HUB par rapport aux autres stations-est une antenne parabolique de diamètre 2,4m et aussi de marque Patriot. Son cornet est décalé du foyer de  $21.34^\circ$  et son rendement est de 70%. [16]

## Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Electrical</b></p> <p>Gain Midband<br/>Efficiency<br/>3dB Beamwidth<br/>Side Lobes<br/>Cross Polarization (on axis)<br/>VSWR</p>                                     | <p><b>Ku-Band</b></p> <p>Tx- 43.5dBi    Rx- 42.0<br/>70%<br/>Tx- 1.2 Deg    Rx- 1.4 Deg<br/>ITU - 580<br/>&gt;35dB<br/>Tx- 1.2:1        Rx- 1.3:1</p>                            |
| <p><b>Mechanical</b></p> <p>Antenna Size<br/>Offset Angle<br/>F/D<br/>Operational Wind<br/>Survival Wind<br/>Operational Temp<br/>Rain<br/><br/>Ice<br/><br/>Pole Size</p> | <p>2.4m<br/>21.34<br/>.62<br/>50mph<br/>125mph<br/>-40 to 140 F<br/>Survival = 1/2in./hr<br/>Survival = 3in./hr<br/>1 in. Radial -or-<br/>1/2 in. + 60mph wind<br/>6-5/8" OD</p> |



Figure II.26 : Fiche technique de l'antenne d'Alger[16]

### II.5.3 Le segment spatial de l'ENNA

L'ENNA a loué un segment spatial dans le transpondeur du satellite EUTELSAT 5 W B de façon permanente (PAMA) sa porteuse est [1,4GHZ] pour envoyer ces données radar.

#### a. Le satellite Eutelsat 5 West B

C'est un satellite de télécommunication appartenant à l'opérateur EUTELSAT. Situé à 5° ouest en orbite géostationnaire, il est destiné à diffuser des chaînes de télévisions, des radios ainsi que d'autres données numériques. Il est développé pour le compte de l'opérateur EUTELSAT. La puissance disponible désormais pour la diffusion est de 2.25KW au lieu de 5KW. Le satellite était prévu pour un fonctionnement avec 36 répéteurs en Bande Ku (bande passante de 36 MHz par répéteur) désormais il y a 17 répéteurs actifs.[10]

| Caractéristique Technique | Paramètres        |
|---------------------------|-------------------|
| Masse au lancement        | 2740 kg           |
| Plateforme                | En Geosta R-2e    |
| Propulsion                | Chimique          |
| Contrôle d'attitude       | Stabilité 3axes   |
| Source d'Énergie          | Panneaux solaires |
| Puissance électrique      | 2.25 Kw           |

Tableau II.4: caractéristique technique du satellite et sa position

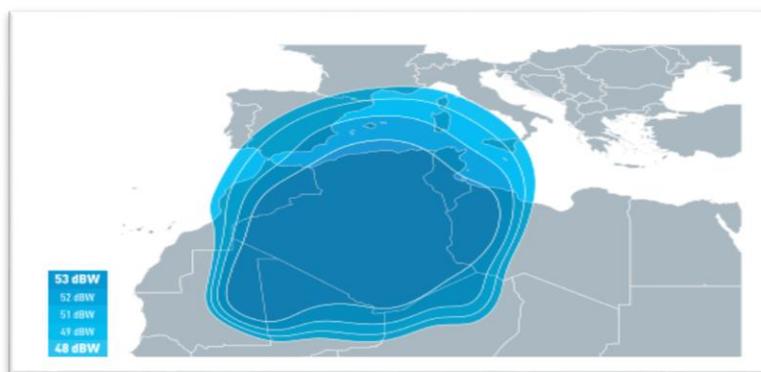
#### b. Couverture du satellite EUTELSAT 5 W B

##### b.1 Présentation :

L'avantage du satellite géostationnaire est de fournir de façon continue des informations, ainsi une couverture importante de la Terre (42 % de la surface de la Terre est en visibilité du satellite) Il faut un réseau de 4 ou 5 satellites pour couvrir l'ensemble du globe.[9]

### b.2 La couverture en bande KU

La couverture du satellite en bande KU dans la **figure II.27** suivante :



**Figure II.27: Couverture du satellite EUTELSAT en bande KU [9]**

## II.6. Aspects de normalisation : (les règlements)

### a. Accès au secteur spatial

L'ENNA loue son secteur spatial chez Algérie Télécom Satellite (connue également sous l'acronyme ATS). C'est une filiale du groupe Algérie Télécom depuis 2006, Algérie Télécom Satellite opère dans le domaine des télécommunications par satellite, en exploitant deux licences en VSAT (Very Small Aperture Terminal) et GMPCS (Global Mobile Personal Communication System) ainsi qu'une autorisation d'exploitation de Géo localisation.[14]

### b. Autorisation

Algérie Telecom Satellite (ATS) est autorisé a exploité le réseau VSAT par une licence. Cette dernière est donnée par l'Autorité de Régulation de la Poste et des Communications Électroniques (ARPCE).[12]

C'est une institution indépendante sa principale mission est de fixer les règles générales relatives à la poste, aux télécommunications et aux communications électroniques.

Les lois relatives au licence VSAT sont les suivantes :

#### a. Art.3 du décret exécutif n°01-124 du 09/05/2001

« Le lancement de la procédure applicable à l'adjudication par appel à la concurrence pour l'octroi de licence est décidé par le ministre chargé des télécommunications sur sa propre initiative après consultation de l'autorité de régulation ou sur proposition de cette dernière, agissant sur la base d'un dossier d'opportunité. Dans ce cas, le ministre chargé des télécommunications est tenu, dans le délai d'un mois, de rendre sa décision ».[12]

#### b. Renouvellement :

**Art.18 du décret exécutif n°01-124 du 09/05/2001**

## **Chapitre II : Transmission de données radar via le support satellitaire VSAT**

---

« La durée de la licence ne peut excéder quinze (15) ans. Elle est précisée dans le cahier des charges, qui définit les modalités de son renouvellement ».[12]

### **c. Art.36.3 des cahiers des charges V.SAT**

Sur demande déposée auprès de l'autorité de régulation douze (12) mois au moins avant la fin de la période de validité de la licence, celle-ci peut être renouvelée, une ou plusieurs fois, pour des périodes n'excédant pas cinq (5) ans chacune.[12]

### **II.7 Conclusion**

En conclusion dans ce chapitre que les systèmes de télécommunication par satellites sont une alternative redondante sérieuse des systèmes de télécommunication terrestre qui présentent des limites.

L'ENNA a opté pour un nouveau projet (PDGEA) Développement de la gestion de l'espace aérien algérien qui va encore améliorer le réseau VSAT dans le future proche pour plus de couverture, de disponibilité et stabilité.

### III.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception de notre application, pour cela nous commencerons par poser la problématique puis donner une solution. Et enfin réaliser notre application du trafic Radar via support terrestre et support satellitaire VSAT.

Après avoir essayé plusieurs langages et logiciel C++ ,HTML JAVASCRIPT et PYTHON on a opté pour le logiciel **ADOBE FLASH** qui nous a permis d'obtenir une meilleur version dans notre application intitulé « Trafic Radar ».

### III.2 Description d'Adobe Flash

**a- Adobe Flash** : est un logiciel permet la création de graphiques vectoriels par un langage script.

C'est un environnement de développement intégré, une machine virtuelle utilisée par un serveur flash pour lire les fichiers Flash. Mais le terme « Flash » peut se référer à un lecteur, un environnement ou à un fichier d'application.

Depuis son lancement en 1996, la technologie Flash est devenue une des méthodes les plus populaires pour ajouter des animations et des objets interactifs à une page web ; Flash est généralement utilisé pour créer des animations, des publicités, des jeux vidéo et des applications interactives. [18]

**b- Fonctionnement de flash** : le logiciel se base essentiellement sur une scène qui comporte :

- **La partie scenario** :

- Une timeline : représente le temps dont les objets (graphiques) parcourent en animation sous forme de keyframes
- Keyframe : est un espace-temps unitaire dans la timeline, pour une bonne fluidité d'animation on applique 24 images (keyframe) /seconde.
- Le calque (layer) : chaque calque comprend l'objet graphique durant toute son évolution sur la timeline

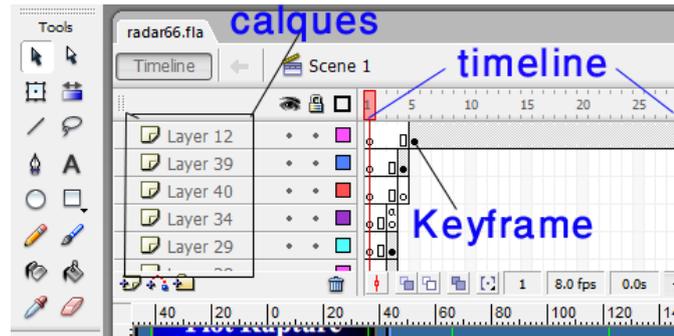


Figure III.1 Partie Scenario d'Adobe Flash

- **Espace de travail** : c'est le conteneur où se déroule l'animation. La figure III.2 nous montre l'Objet graphique sur l'espace de travail.

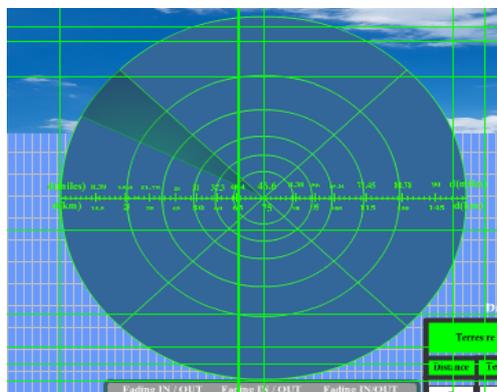
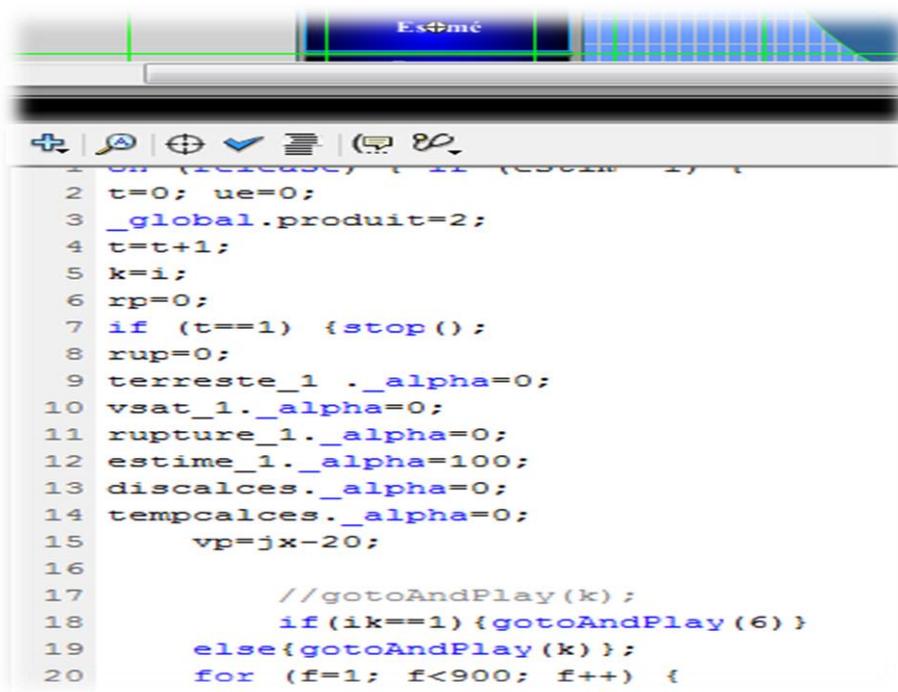


Figure III.2 : Objet graphique sur l'espace de travail

- **Action Script** : c'est le langage de programmation de flash qui contrôle, gère et manipule les objets de l'animation. On prend un exemple d'un des boutons de notre application, la figure ci-dessous montre le script du bouton Estimé.





```

1 On (received) (1) (2000) {
2 t=0; ue=0;
3 _global.produit=2;
4 t=t+1;
5 k=i;
6 rp=0;
7 if (t==1) {stop();
8 rup=0;
9 terrestre_1 ._alpha=0;
10 vsat_1 ._alpha=0;
11 rupture_1 ._alpha=0;
12 estime_1 ._alpha=100;
13 discalces ._alpha=0;
14 tempcalces ._alpha=0;
15     vp=jx-20;
16
17     //gotoAndPlay(k);
18     if(ik==1){gotoAndPlay(6)}
19     else{gotoAndPlay(k)};
20     for (f=1; f<900; f++) {

```

Figure III.3 : Script du bouton Estimé

### III.3 Problématique

#### III.3.1 La latence VSAT

L'ENNA pense toujours à ajouter plus de supports de transmission afin de garantir la continuité de transmission de données radar.

En effet la latence VSAT est un facteur qui peut affecter les performances du réseau et certaines applications rencontrent des problèmes lorsque la latence est trop élevée.

| Direction de la liaison                 | Temps de transmission                              |
|---|--|
| Liaison montante (station-Satellite)    | $t_{VSAT\_SL}=125.6ms$                             |
| Liaison descendante (Satellite-station) | $t_{SL\_VSAT}=126.27ms$                            |
| Liaison totale :                        | $t_{VSAT} = 2(t_{VSAT-SL} + t_{SL-VSAT} + t_{SL})$ |

Tableau III.1 : calcul du délai total de liaison entre deux stations radar

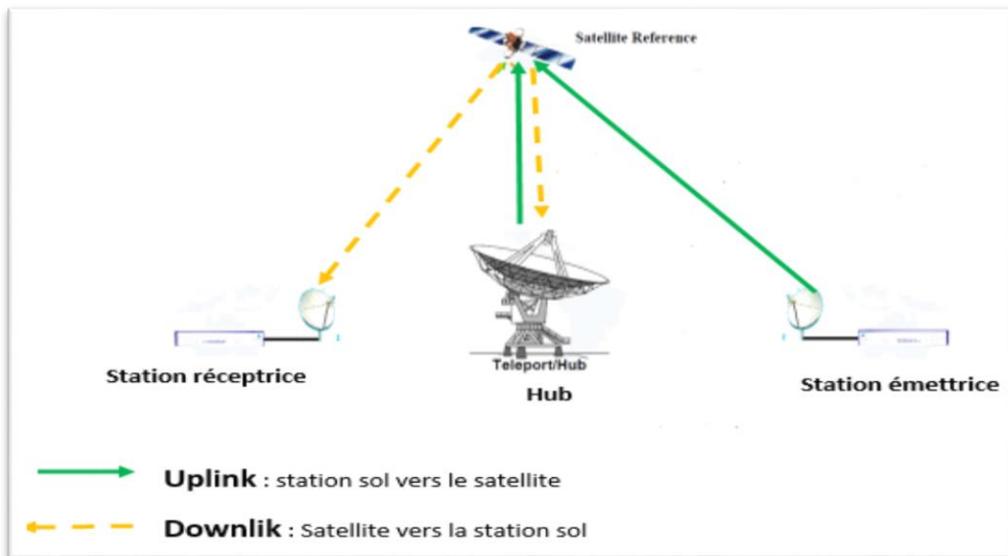
Avec :

$t_{SL}$  : c'est le temps requis pour le traitement des signaux par le matériel du satellite et de la bande de base, qui est environ  $t_{SL}=50ms$ .

On multiplie par deux car c'est une transmission à double bond. On obtient un délai total

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

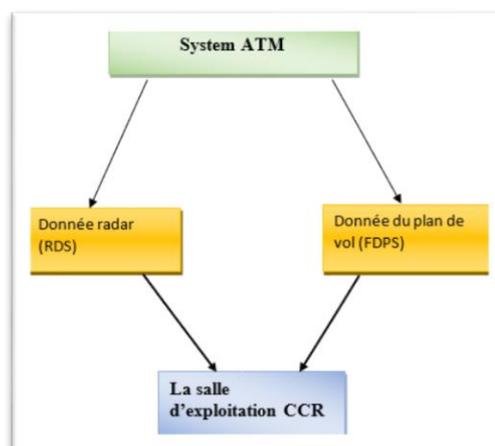
(aller-retour) :  $t_{VSAT}=603.74\text{ms}$



**Figure III.4** : transmission satellitaire via support VSAT à double bond

La donnée Radar est une donnée qui est exploitée au temps réel, à la réception de la même donnée via le support satellitaire VSAT présente un décalage de temps de 604 ms ce qui pose un problème au niveau du system ATM.

Le system ATM traite la données Radar reçue de chaque station et lui fait une corrélation avec le plan de vol pour l'enrichir d'information avant de l'envoyer à la salle d'exploitation CCR pour qu'elle soit prête à être exploiter. Comme le montre la **figure III.5** :



**Figure III.5** : le fonctionnement du system ATM

Ce système rejette toute donnée reçue après 300 ms Alors qu'une transmission via VSAT adopte un retard supérieur (603,74 ms).

### III.4 Solution Proposée : Optimisation du Réseau VSAT

Nous avons vu précédemment l'impact du retard VSAT et le rejet au niveau du système ATM, pour cela nous avons proposé la solution illustrée dans l'Organigramme, mais d'abord nous allons montrer comment le Radar fait sa détection pour arriver à afficher un avion comme le montre le schéma ci-dessous :

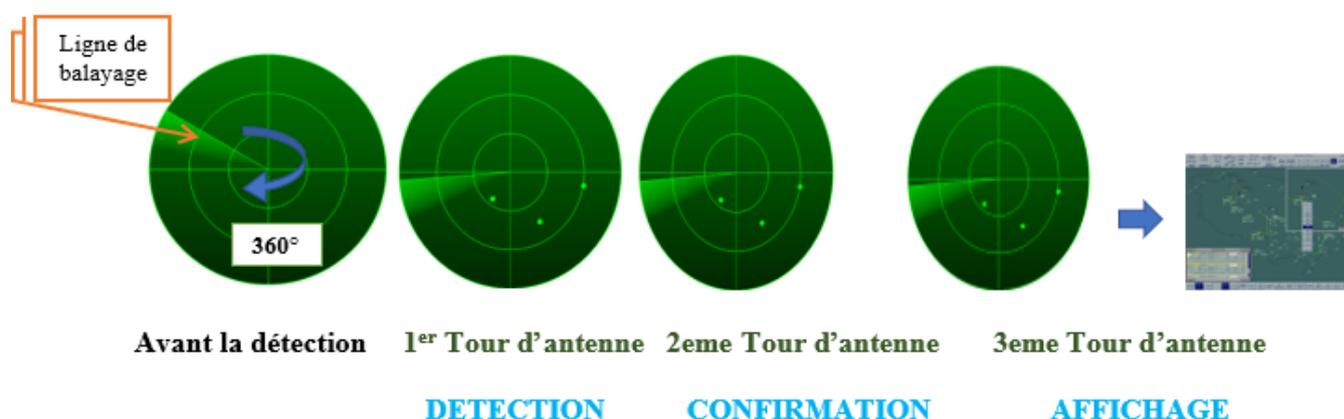


Figure III.6 : Etapes de détection d'un avion

Le radar tourne 12 tours par minute donc il fait un tour chaque 5s. Et dans la norme OACI exige 3 tours d'antenne pour afficher un plot Radar comme le montre le tableau ci-dessous :

| Nombre de Tour                  | Rôle   |
|---------------------------------|--|
| 1 <sup>er</sup> tour d'antenne  | <b>DETECTION</b> la ligne de balayage fait un tour de 360° pour détecter une cible                                   |
| 2 <sup>eme</sup> tour d'antenne | <b>CONFIRMATION</b> le 2 <sup>eme</sup> tour son rôle est de confirmer la fiabilité de la 1 <sup>ère</sup> détection |
| 3 <sup>eme</sup> tour d'antenne | <b>AFFICHAGE</b> la donnée va être convertie, traité puis affiché à l'écran du contrôleur pour exploitation          |

Tableau III.2 : Rôle de chaque tour d'antenne

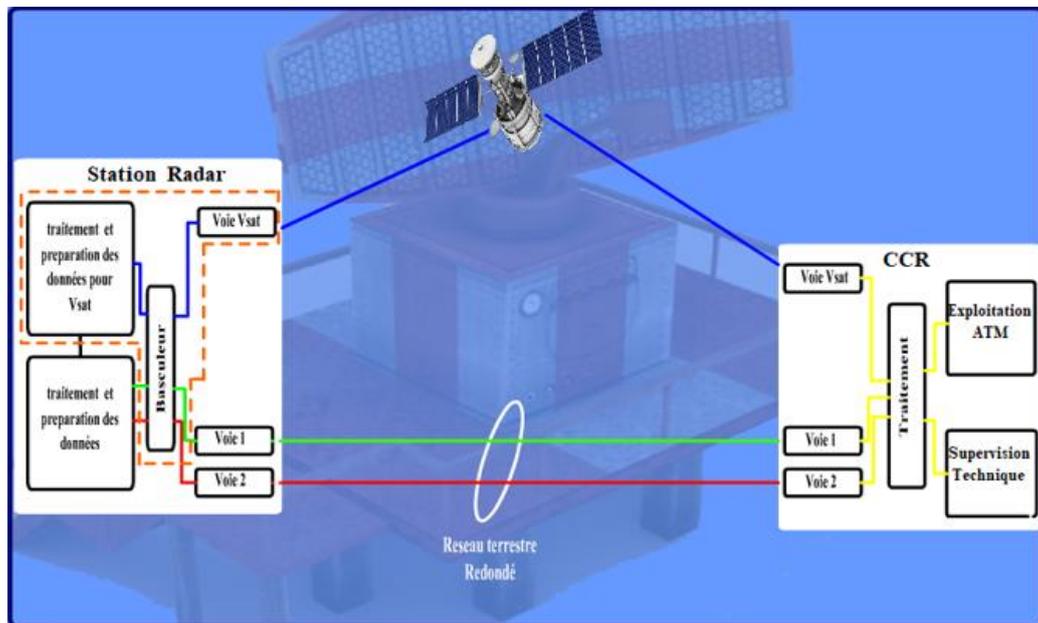
Avec la présence du réseau terrestre (RT) les opérations se déroulent normalement tant que les 2 voies ne sont pas coupées en même temps :

- 1<sup>ère</sup> détection à 5 Sec
- 2<sup>eme</sup> confirmation à 10 Sec
- 3<sup>eme</sup> confirmation à 15 Sec

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

Puis la donnée est envoyée au système ATM pour traitement et corrélation avec plan de vol pour enrichir la trame puis envoyer à la salle d'exploitation CCR.

Cependant le réseau VSAT étant donné c'est une redondance, il devient opérationnel dès que les deux voies terrestres sont coupées (le réseau terrestre a une redondance). Comme le montre la **figure III.7** suivantes :



**Figure III.7** : schéma synoptique général de la transmission de donnée radar via les deux supports

En transmettant la donnée radar à  $t = 15$  s via le support satellitaire VSAT, en ajoutant le retard de transmission VSAT  $t_{\text{retard}} = 0.604$  s.

On aura :  $t_{\text{VSAT}} = t + t_{\text{retard}} = 15.604$  s

Ce temps est rejeté au niveau du système ATM car ce dernier rejette toute données reçues après 300 ms.

La solution qu'on a proposée est d'extraire la donnée Radar après la 2ème détection à  $t = 10$  s.

Ensuite un traitement de la donnée est effectué qui prend un temps de  $t_{\text{traitement}} = 3$  s par la suite on transmette la donnée radar via le support satellitaire VSAT.

$$t_{\text{estimé}} = t + t_{\text{traitement}} + t_{\text{retard}} = 13.604 \text{ s}$$

Même si la donnée est reçue à  $t_{\text{estimé}} = 13.604$  s le système ATM va la rejeter parce qu'elle est inférieure à  $t = 15$  s

Pour qu'elle soit acceptée et exploitée par le système ATM on a proposé de rajouter une boucle d'attente de  $t_{\text{boucle}} = 1.4$  s après notre traitement pour que la donnée soit reçue à  $t = 15$  s.

$$t_{\text{estimé}} = t + t_{\text{traitement}} + t_{\text{boucle}} + t_{\text{retard}} = 15.004 \text{ s}$$

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

On applique la méthode d'extraction de donnée au 2eme détection uniquement au premier plot affiché car on gagnera  $t=5s$  donc les autres prochains plots c'est-à-dire refresh on appliquera la méthode de trois détections.

L'Organigramme ci-dessous qui illustre la solution proposée :

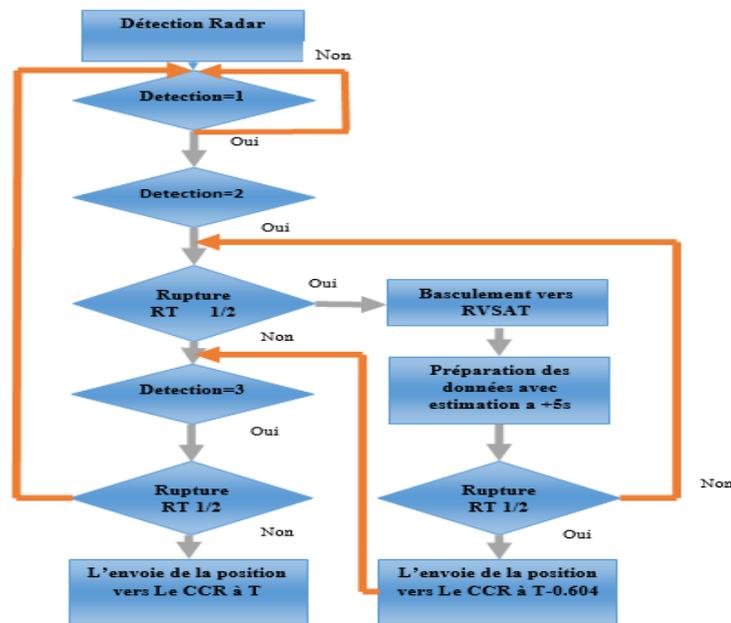


Figure III.8 : Organigramme pour la solution de la latence VSAT

### III.5 La Simulation

Notre simulation se résumera par les étapes suivantes :

- D'abord on affiche un plot via le support terrestre ;
- Ensuite l'afficher via le support satellitaire VSAT ;
- Faire une comparaison entre les deux supports ;
- Optimiser le retard du VSAT puis l'afficher avec les autres supports et les comparer ;
- Et la dernière étape et de faire un scénario d'une rupture du réseau terrestre et un basculement transparent vers le réseau VSAT corrigé qui est notre estimé.

#### III.5.1 L'organigramme de Création de l'application

L'organigramme ci-dessous représente les différentes étapes à suivre à partir de la visualisation d'un écran radar jusqu'à l'affichage des plots avec différents support de transmission.



Figure III.9 : Organigramme de l'application

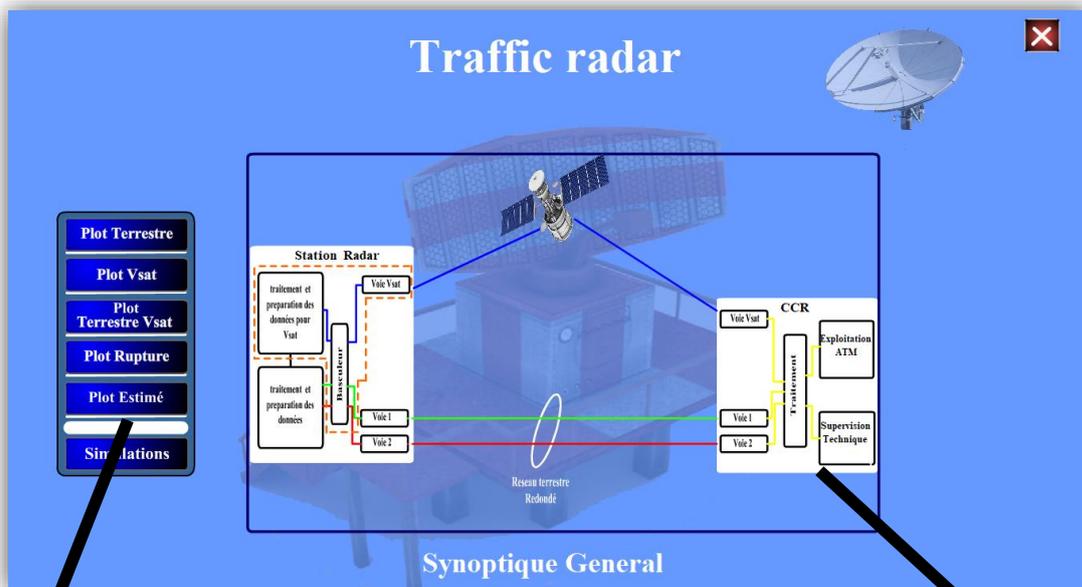
### III.5.2 Etapes de la réalisation de l'application Radar

Notre application est divisée en deux parties qui sont :

- **Partie présentation ;**
- **Partie simulation.**

**1- Partie présentation :** c'est la partie où nous présentons les 4 scénarios possibles à savoir :

- Réseau terrestre
  - Réseau VSAT
  - Représentation en cas de rupture réseau
  - L'estimé à base de position réelle
- Voici le menu principal qui est un schéma synoptique général qui résume le déroulement de la simulation du trafic radar :



Cette barre présente les différentes situations à présenter, en appuyant à chaque fois sur l'un des boutons on obtient la figure qui correspond. Comme les montre les figures ci-dessous :

Cette partie présente le traitement de la donnée radar au niveau de la station, ainsi que les supports de transmission utilisés pour l'envoi et en dernier lieu le traitement au système ATM avant exploitation.

**Figure III.10 : Schémas synoptique générale**

### a. Présentation de la donnée radar reçue par réseau terrestre

- En sélectionnant le bouton Plot Terrestre on obtient l'interface de la **figure III.10**.

Un plot vert représente la donnée radars reçus par le réseau terrestre. Le support terrestre est fourni par Algérie Télécom, le type de câble est la fibre optique.



Figure III.11 : Présentation du Réseau Terrestre

### b. Présentation de la donnée radar recue par réseau VSAT

- En sélectionnant le bouton Plot VSAT on obtient :

Un plot orange qui s'affiche sur l'écran radar, il représente la donnée radars reçus par le réseau VSAT.



Figure III.12 : Présentation du Réseau VSAT

**Remarque :** Nous avons choisi deux couleurs différentes de la donnée pour montrer la donnée reçue sur les deux supports (terrestre et VSAT).

### c. Présentation de la donnée radar recue par les deux reseaux terrestre et VSAT

- En sélectionnant le bouton Plot Terrestre VSAT on obtient :



## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

La **Figure III.13** nous présente deux écrans radar qui affiche des données radar mais reçues par différents supports terrestre et VSAT et cela nous permettra dans la partie simulation de les comparer.



**Figure III.13 : Présentation du Réseau Terrestre et VSAT**

### d. Présentation du plot rupture : mode dégradé

- En sélectionnant le bouton Plot Rupture on obtient :

Un plot carré de couleur noir qui s'affiche sur l'écran radar comme le montre la **figure III.14** ci-dessous, il représente le Flight Data Processing System (FDPS). Ce sont les données provenant du plan de vol de chaque avion.

Quand le system ATM ne reçoit plus la donnée radar dans les deux causes :

Coupure des voies 1/2 terrestre ou le rejet de la donnée reçue par support VSAT. Dans ce cas-là le system ATM exploite uniquement le FDPS. Ce mode est appelé mode dégradé.

- Présentation du Mode dégradé

Le système ATM Fournit un système de formation basé sur un générateur de trafic aérien pour simuler l'environnement réel et qui utilise les fonctions et interfaces identique que celles utilisées sur le système opérationnel



Figure III.14 : Présentation de la Rupture

### e. Présentation du plot Estimé

- En sélectionnant le bouton Plot Estimé on obtient

Un plot de couleur blanche s'affiche sur l'écran radar comme le montre la **figure III.15**, il représente l'optimisation du réseau VSAT, nommé Estimé qui est la solution que nous avons proposé auparavant.



Figure III.15 : Présentation de l'Estimé

2- **Partie simulation** : c'est la partie où nous présentons les différentes manipulations des plots

#### a. Choix et méthodologie de la simulation

A cet effet on a procédé à la conception de l'application et nous avons simulés plusieurs scénarios.

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

- L'avion choisit est de code AH7303 et sa vitesse de croisière de  $V=540$  km/h.
- Création séparément d'un plot pour chaque réseau ainsi la rupture réseau et l'Estimé
- Intégrer des plots dans la scène principale à la demande et cela par des boutons nommé Bouton Fading.
- Implémentation des programmes Action Script pour chaque bouton ainsi que les calculs permettant de gérer le retard et l'espacement des plots selon les réseaux.
- Des boutons fading ont été ajoutés pour afficher plusieurs plots de différents réseaux au même moment dans le but de mieux comparer leurs positions.

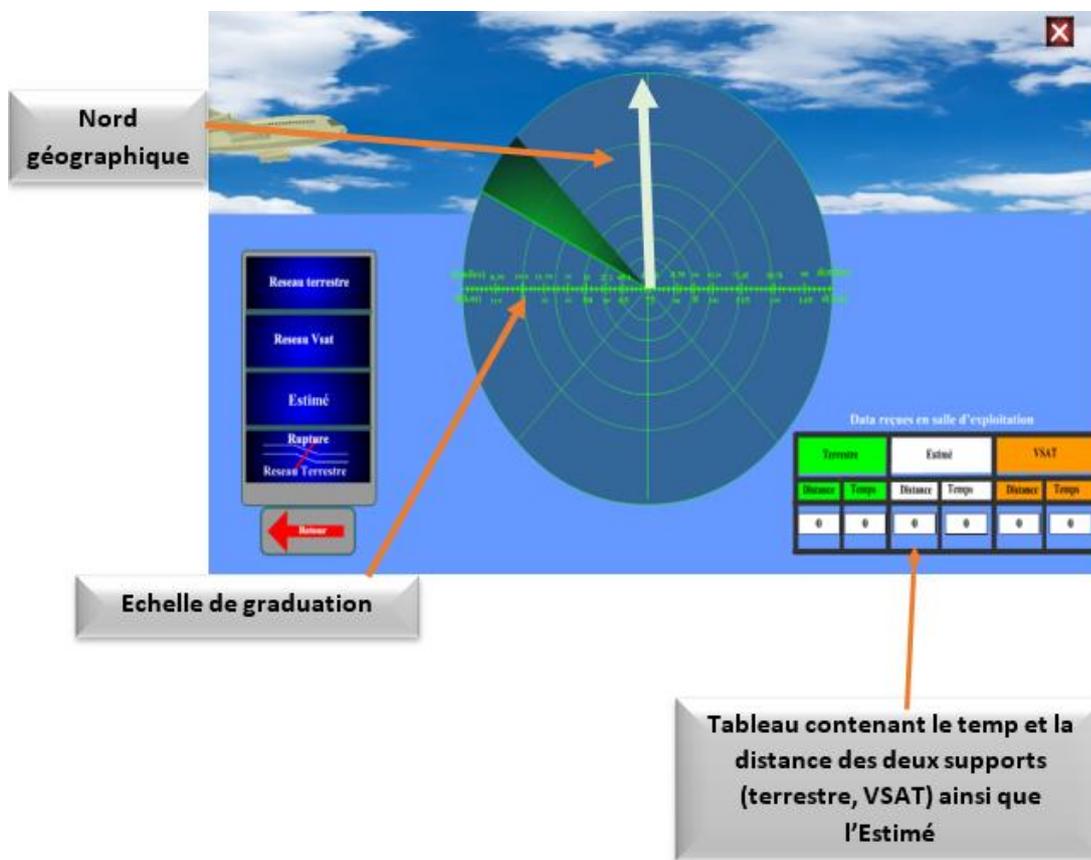


Figure III.16 : Présentation de l'écran Radar

### Interprétation

La **figure III.16** ci-dessus présente une simulation réelle d'un écran Radar, dont :

- Le centre : représente la station radar avec une portée de 256 NM ;
- Le nord géographique : représente la référence
- La ligne de balayage : c'est la ligne qui fait la détection

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

- L'échelle de graduation : c'est pour calculer la distance parcourue en fonction de temps
- Le tableau c'est pour afficher les calculs précédents

### b. Simulation réelle

Une fois que tous les paramètres ont été choisis, nous commencerons les manipulations comme suit :

1. La simulation de donnée par réseau terrestre
2. La simulation de donnée par réseau VSAT
3. La comparaison des deux réseaux terrestres et VSAT
4. La simulation d'une rupture réseau terrestre et basculement vers notre solution ESTIME

Le schéma synoptique de la figure III.17 illustre les étapes de la simulation :

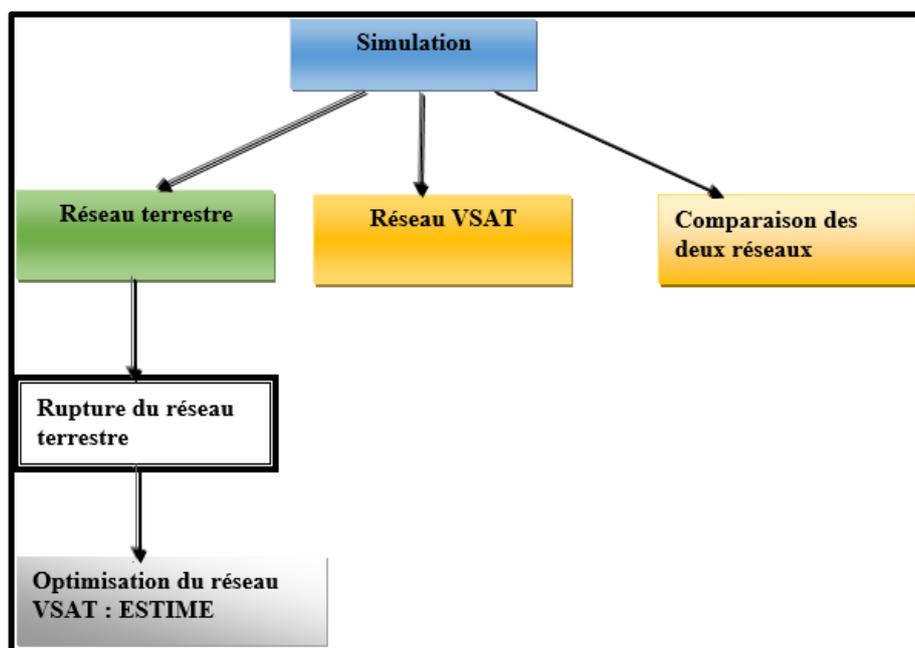


Figure III.17 : schéma synoptique général des étapes de simulation

#### b.1. 1<sup>ère</sup> simulation Réseau terrestre :

- En appuyant sur **Réseau terrestre** on fait balayer notre ligne sur l'écran avec une rotation de 360° afin de détecter les plots radars.

La **figure III.18** ci-dessous nous montre la détection d'un avion de code AH7303.

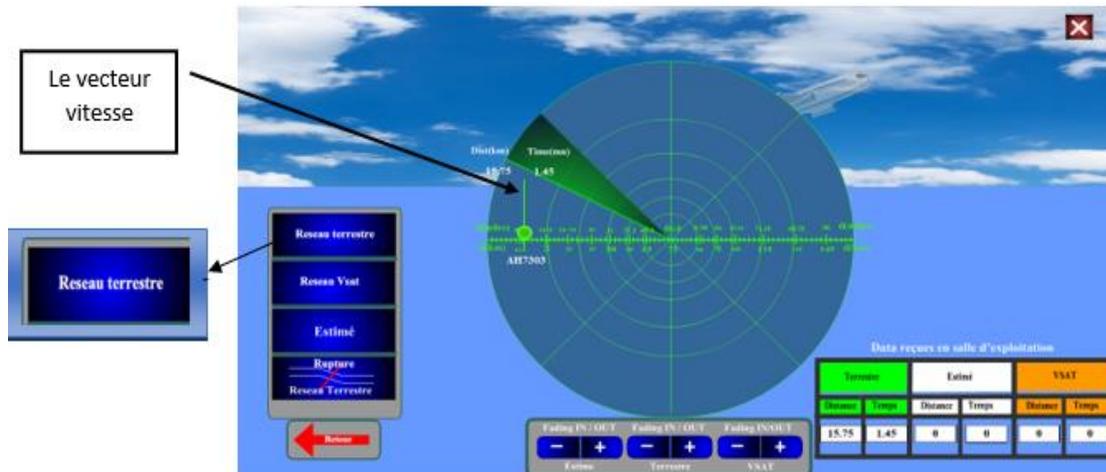


Figure III.18 : Simulation du Réseau Terrestre

### Interprétation

- Ce plot représente un avion de vitesse de croisière de  $V=540$  km/h l'équivalent de  $V=150$  m/s ce qui veut dire l'avion traverse chaque  $t=15$ s une distance de  $d=2.25$  Km.
- Le vecteur vitesse nous montre la direction de l'avion.
- Cette donnée radar est reçue via le support terrestre uniquement et il est affiché en temps réel.

### b.2. 2eme simulation réseau VSAT

Maintenant en appuyant sur **Réseau VSAT** on affiche le même plot mais via support VSAT.

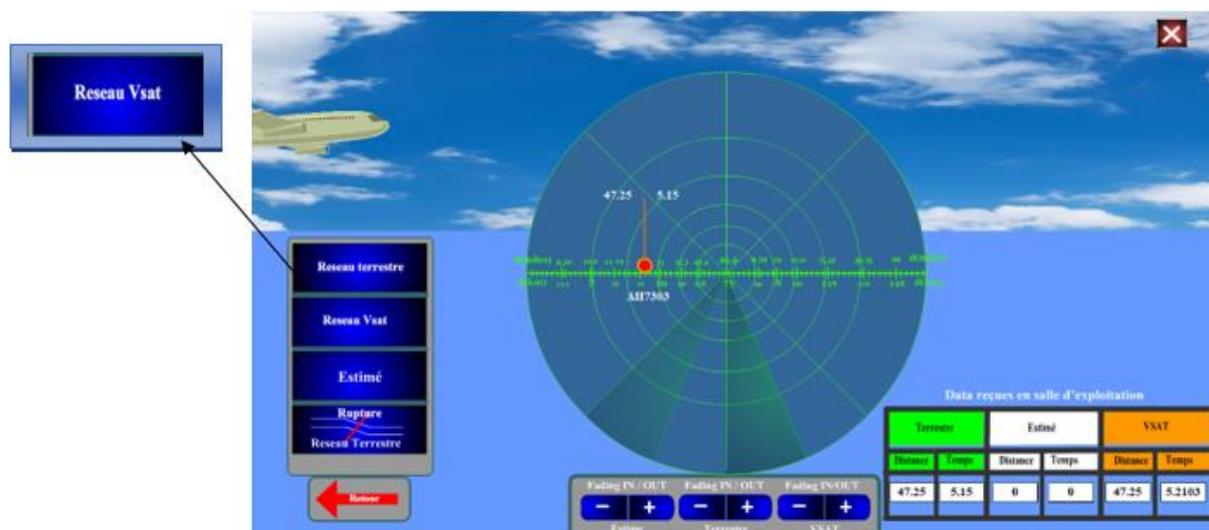


Figure III.19 : Simulation du Réseau VSAT

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

### Interprétation

Après que notre plot s'est affiché on constate dans le tableau « DATA reçues en salle d'exploitation » que le temps de la donnée reçu dans la colonne VSAT est de  $t=5.2103$  s. donc le temps n'est pas le même pour les deux supports.

### b.3 la 3eme simulation comparaison des deux réseaux terrestres et VSAT

En appuyant sur le bouton Fading terrestre, les boutons Fading nous permet d'afficher le plot avec différentes situations en même temps. La **figure III .20** présente les deux plots par réseau terrestre et réseau VSAT.

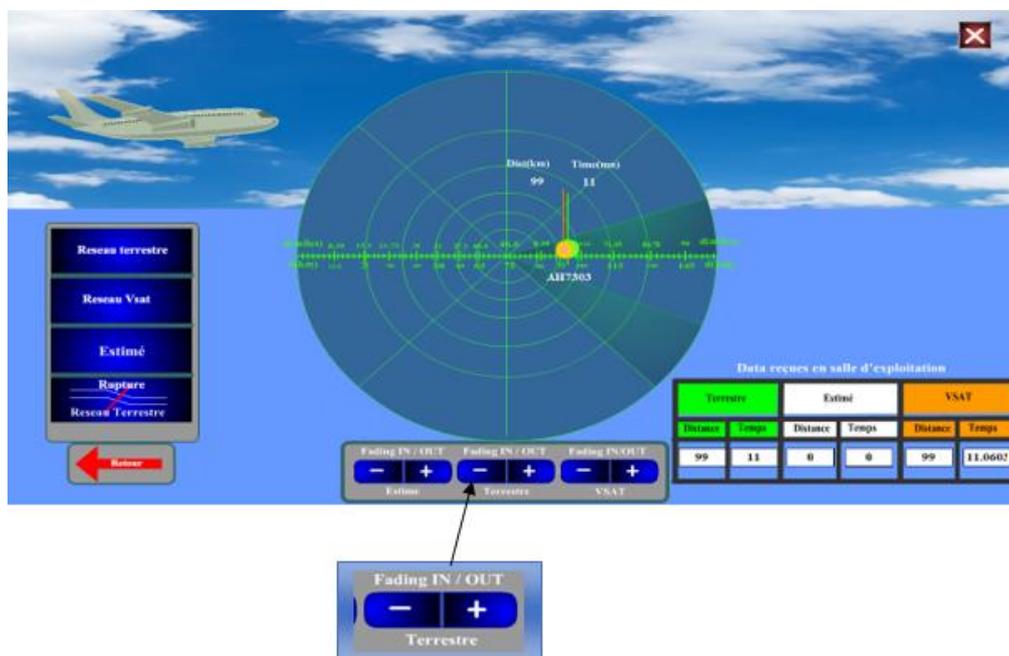


Figure III.20 : comparaison du Réseau Terrestre et VSAT

### Interprétation

On remarque qu'il y'a un décalage entre les deux plots qui présente un affichage de la même donnée radar, ce décalage est dû à la latence VSAT.

On a :

Le temps de la donnée par réseau VSAT  $t_{VSAT}=11.604$  s

Le temps de la donnée reçue par réseau terrestre  $t_{terrestre}=11$  s.

Cette différence de temps de transmission  $t_{retard}=0.604$ s est dû à la latence VSAT.

### b.4 simulation de la rupture du réseau terrestre

Maintenant nous allons simuler une rupture du réseau terrestre dans le but de montrer l'intérêt d'avoir une redondance opérationnel « ESTIME » du réseau VSAT.

## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

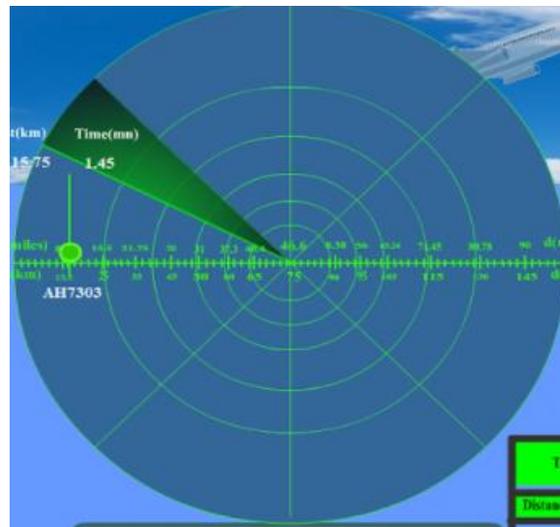
---

La simulation se fait en trois scénarios :

### Scénario 1 :

On reçoit les données radar via le support terrestre de type (fibre Optique) d'Algérie Télécom.

Comme le montre la **figure III.21** :



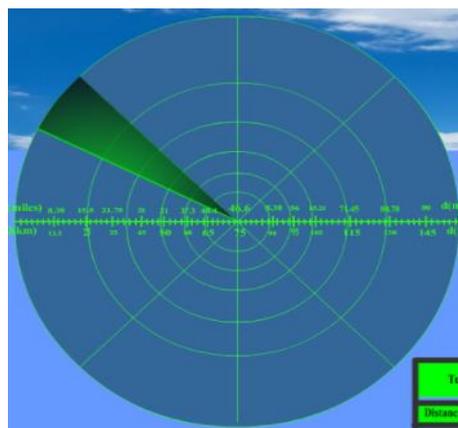
**Figure III.21 : Présentation de scénario 1 du Réseau Terrestre**

### Interprétation

Un avion du code AH7303 se déplace de Annaba à destination de France à une vitesse de croisière de 540km/h.

### Scénario 2 :

On constate l'écran radar n'affiche aucun plot, comme le montre la **figure III.22** :



**Figure III.22 : Présentation de scénario 2 Rupture du Réseau Terrestre**

### Interprétation

La salle d'exploitation ne reçoit plus de data, après une investigation nous avons constaté qu'il y a une coupure franche de la fibre du centre d'amplification d'Algérie Télécom.

### Scénario 3 :

On remarque qu'un plot carré noir s'affiche sur l'écran radar. Comme le montre la **figure III.23** :

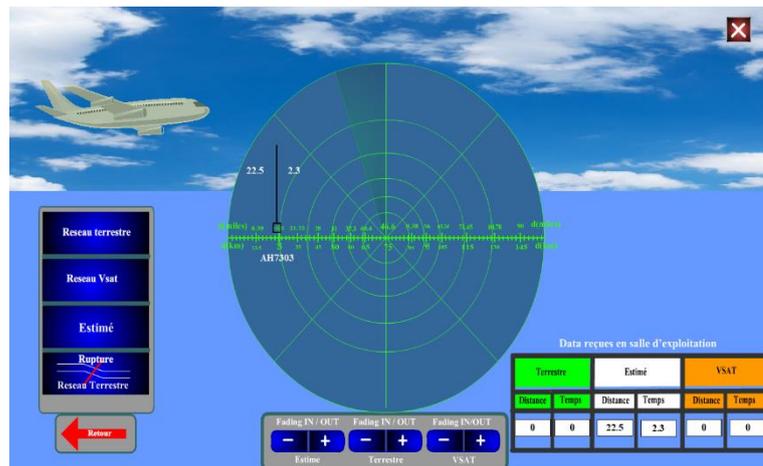


Figure III.23 : Présentation de scénario 3 Mode Dégradé

### Interprétation

Le système ATM intervient au moment de la coupure et bascule automatiquement en mode dégradé (simulation d'un trafic réel)

### Scénario 4 :

Ce dernier scénario 4 est destiné pour notre solution proposé afin de l'exploiter. L'écran radar affiche l'estimé que nous avons obtenu. Comme le montre la **figure III.24** ci-dessous.

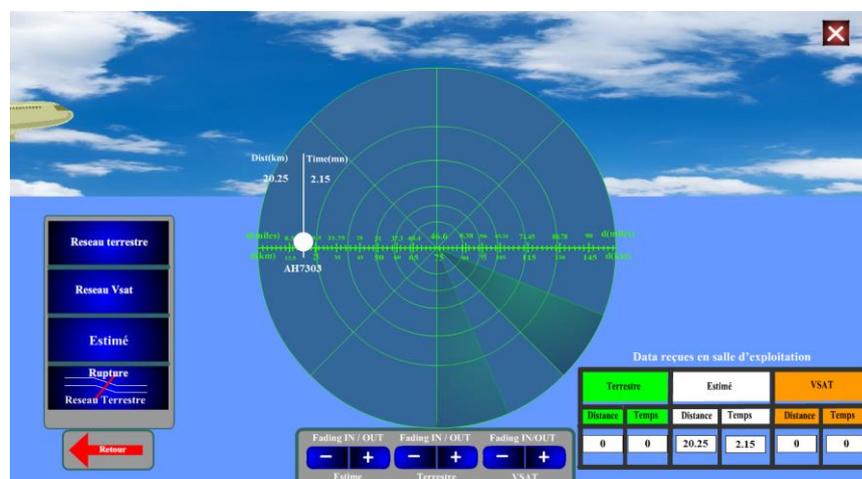


Figure III.24 : Présentation de scénario 4 Basculement vers Estimé



## Chapitre III : simulation des données radar via support terrestre et VSAT

---

### Interprétation

L'écran radar affiche les plots au temps réel à  $t=15$  s.

Au lieu que le system ATM lors de la coupure du support terrestre passe en mode dégradé c'est-à-dire avoir les données uniquement du plan de vol. il bascule directement vers l'Estimer qui est données radars reçus par VSAT sans le retard. Dans le but que le Traffic reste affiché réellement (en temps réel),

Notre simulation est arrivée à sa fin, on a pu basculer vers le support VSAT avec succès.

La redondance est donc opérationnelle dès qu'il y a une rupture du réseau Terrestre, le system bascule automatiquement vers le support VSAT sans passer en mode dégradé.

### III.6 Conclusion

La réalisation de notre application nous a permis d'atteindre notre objectif qui est d'optimiser le temps de la latence VSAT par le calcul d'estimé et mettre le support satellitaire VSAT comme redondance permettant de basculer en toute transparence lors de la coupure du réseau terrestre, et cela apporte une grande utilité aux besoins opérationnels internes de l'ENNA.

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Pour assurer la redondance dans l'objectif de garantir la continuité du service radar et en conséquence la sécurité aérienne, les transmissions des données radars via un support satellitaire VSAT entre les différentes stations radars est capitale.

Cependant, cette transmission satellitaire présente des limites et une défaillance en termes de délai de transmission.

Notre étude qui a pour but d'optimiser la transmission de données radars, via le support satellitaire VSAT, par la réduction du délai de transmission. Ce retard dans la transmission a été absorbé en appliquant notre solution proposée que l'on a intitulé « Estimé » qui consiste en l'extraction de la donnée Radar au 2ème tour d'antenne sans pour autant qu'elle n'arrive plus tôt que la donnée radar issue du réseau terrestre, afin qu'elle soit acceptée par le système ATM et exploitable.

Cette réalisation a pour but de renforcer la redondance optée par l'ENNA tout en assurant son opérationnalité.

Ce projet de fin d'étude a été fait selon des critères de classification : une simulation de transmission de données via le support terrestre et support VSAT. Nous avons comparé ces deux types de transmission sur l'écran radar ainsi que sur le tableau de data reçues à la salle technique. Enfin, nous avons simulé une rupture de transmission terrestre dans le but de montrer l'intérêt d'avoir un « estimé ».

Au cours de notre intervention au sein de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne, pour élaborer ce projet, nous avons acquis une remarquable expérience, au côté de personnes compétentes et rompues aux techniques, qui nous ont transmis un peu de leur savoir-faire. La gestion du temps, le partage et la maîtrise de soi dans des moments difficiles sont des vertus considérables dans le travail de groupe qui est en situation opérationnelle ou le temps de réaction est fondamental.

Au cours de notre intervention, le critère de redondance a été le centre principal de notre focalisation, avec la réduction du délai de transmission, comme finalité.

En espérant que la solution préconisée dans cette modeste contribution, notre souhait est

## Conclusion générale

---

de voir sa concrétisation pour garantir encore plus, la sécurité aérienne qui est la préoccupation majeure de toutes les parties prenantes.

### **Les perspectives**

La solution proposée « Estimé » gagnerait à être améliorée et mise en œuvre au niveau de l'ENNA afin que la redondance du réseau VSAT soit opérationnelle.

En effet, l'Algérie est un pays qui s'étend sur des territoires assez vastes notamment dans le grand Sud qui ne sont pas couverts systématiquement par des supports terrestres, en raison des accès difficiles qui les caractérisent.

Le réseau VSAT, est dans ces conditions, une alternative extrêmement utile.

# Bibliographie

---

## Bibliographie

- [1] : *BACHOUCHE FOUZIA* : « Transmission des données radar via un support satellitaire VSAT ». Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Master CNS/ATM ; Université de BLIDA ; Institut d'Aéronautique et des Études Spatiales ; 2018.
- [2] : *YOUSFI DAIA ; YOUBI NAILA* : « Filtrage des données radar par code SSR et zone géographique ». Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Master CNS/ATM ; Université de BLIDA ; Institut d'Aéronautique et des Études Spatiales ; 2020.
- [3] : HADDALAH Mohamed : « système de télécommunication satellite ». Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Master réseau et télécommunication ; université mouloud Mammeri Tizi Ouzou ; 2011.
- [4] : SADAT Mohamed : « conception et réalisation d'un réseau VSAT ». Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Master réseau et télécommunication ; université mouloud Mammeri Tizi Ouzou ; 2011.
- [5] : Source interne : « Formation des ATSEP's Radar Primaire ». Centre de qualification et recyclage de la navigation aérienne, documentation technique de l'ENNA
- [6] : Source interne : « Formation des ATSEP's Radar Secondaire ». Centre de qualification et recyclage de la navigation aérienne, documentation technique de l'ENNA
- [7] : Source interne : « Formation des ATSEP's System ADS ». Centre de qualification et recyclage de la navigation aérienne, documentation technique de l'ENNA
- [8] : Source interne : « Introduction à la technologie VSAT », documentation technique de l'ENNA
- [9] EUTELSAT-satellite-5BW.pdf

## Webographie

- [10] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Eutelsat\\_5\\_West\\_B](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eutelsat_5_West_B)
- [11] : [http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Les\\_Reseaux\\_Satellites/couche\\_physique.html](http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Les_Reseaux_Satellites/couche_physique.html)
- [12] : <https://www.arpce.dz/fr/service/vsat>
- [13] : <https://www.mpt.gov.dz/fr/content/ats>
- [14] : <https://www.ats.dz/>
- [15] : [https://www.cobham.com/media/68344/2.4M\\_Manual.pdf](https://www.cobham.com/media/68344/2.4M_Manual.pdf)
- [16] : <https://www.manualslib.com/manual/1174867/Patriot-Antenna-1-8m-Offset-Txrx.html?page=12#manual>
- [17] <https://www.eutelsat.com/en/satellites/eutelsat-5-west.html>
- [18] : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Adobe-Flash.html>
- [19] : <https://www.nlarenas.com/fr/2019/02/le-syst%C3%A8me-de-surveillance-radar-des-services-de-la-circulation-a%C3%A9rienne/>

# Annexe A : Présentation de l'ENNA

---

## Présentation de lieu de stage Etablissement Nationale de la Navigation Aérien

### A.1 Introduction :

La présente annexe est consacrée à la présentation de l'établissement dont on a effectué notre stage de fin d'étude, c'est l'Etablissement Nationale de Navigation Aérienne ENNA. Nous allons étudier la structure de cet établissement, les principales missions, puis nous passerons à son organisation générale et on focusera sur département technique/service radar dont on a effectué le stage.

### A.2 Description générale de l'ENNA :

L'ENNA est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial. (EPIC)

Il a pour mission d'assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien Algérien pour le compte et au nom de l'état Algérien. Il est placé sous la tutelle du ministère

Des Transports et des Travaux Publics est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration.

#### A.2.1 Missions de l'ENNA :

Les principales missions de l'ENNA sont :

- ➔ Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées.
- ➔ Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique.
- ➔ Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aérodromes ...etc.
- ➔ Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique.
- ➔ Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

#### A.2.2 L'organigramme de l'ENNA :

Afin de répondre aux besoins du secteur du transport aérien contemporain, l'ENNA est structurée comme suit :

## Annexe A : Présentation de l'ENNA

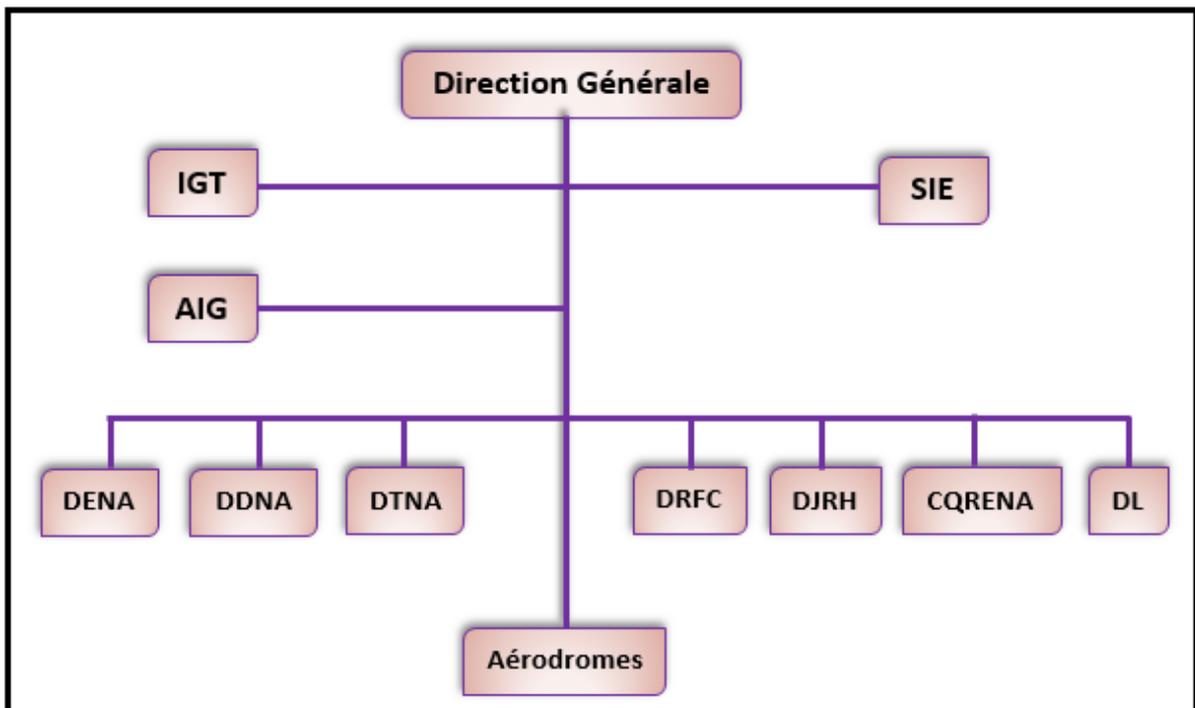


Figure A.1 Organisation de l'ENNA

Il est composé des centres, directions suivantes :

- ❖ **DDNA** : Direction du Développement de la Navigation Aérienne.
- ❖ **DTNA** : Direction Technique de la Navigation Aérienne.
- ❖ **DENA** : Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne.
- ❖ **DRFC** : Direction des Ressources, des Finances et de la Comptabilité.
- ❖ **DJRH** : Direction Juridique et des Ressources Humaines.
- ❖ **CQRENA** : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.
- ❖ **DL** : Direction de la Logistique.
- ❖ **IGT** : Inspection Générale Technique
- ❖ **AIG** : Audit Interne de Gestion
- ❖ **SIE** : Sûreté Interne de l'Établissement
- ❖ **AERODROMES** : Directions de la Sécurité Aéronautique.
  - **25** Aérodomes nationaux.
  - **11** Aérodomes internationaux.

## Annexe A : Présentation de l'ENNA

### A.2.3 Présentation de la DENA :

La Direction de l'exploitation de la navigation aérienne (DENA) est l'une des structures centrales clés de l'Etablissement national de la navigation aérienne (ENNA).

La DENA est chargée d'assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne et veiller à la bonne gestion technique au niveau des aérodromes, ses principales missions se résument comme suit :

- Gérer et contrôler l'espace aérien confié en route et au sol, par le centre de contrôle régional (CCR) et les différents départements de la circulation aérienne.
- Mettre à disposition de tous les exploitants le service de l'information aéronautique en vol et au sol, ainsi que les informations météorologiques.
- Gérer les services de la télécommunication aéronautique.
- Assurer le service de sauvetage et lutte contre incendies aux aérodromes.

La DENA est composée d'un Centre de Contrôle Régional (CCR) et de six départements :

- **DT** : Département Technique
- **DS** : Département Système
- **DAF** : Département Administration et Finances
- **DIA** : Département Informations Aéronautiques
- **DTA** : Département Télécommunications Aéronautiques
- **DCA** : Département de la Circulation Aérienne
- La DENA est structurée comme suit :

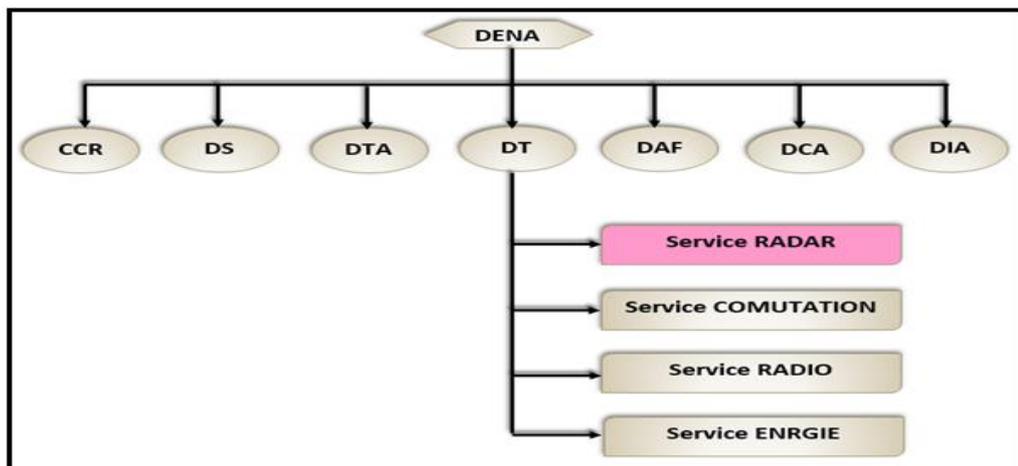


Figure A.2 Organisation de la DENA

### A.3 Service Radar :

L'ENNA à installer cinq stations Radar au Nord d'Algérie illustré dans le tableau ci-dessous

## Annexe A : Présentation de l'ENNA

| Type      | Station radar | Site     | Date d'installation |
|-----------|---------------|----------|---------------------|
| PSR/MS SR | Oued Smar     | Alger    | Février 2001        |
| MSSR      | Seraidi       | Annaba   | Décembre 2001       |
| MSSR      | Murdjadjo     | Oran     | Janvier 2001        |
| MSSR      | Guemmar       | El Oued  | Avril 2002          |
| MSSR      | Boudergua     | El Bayed | Mai 2003            |

Tableau A.1 les cins station Radar

### A.3.1 Composition de la Station Radar :

C'est l'endroit où se trouve l'équipement Radar, prenant exemple de la station Radar Alger :

Elle est composée de :

- Radar primaire :il contient quatre baies (deux émetteurs et deux récepteur)
- Radar secondaire :il contient une seule baie (émission réception)
- LCMS (système de control monitoring local) : l'état de la station Radar Alger
- Deux réseaux LAN local
- Deux serveurs de traitement RHP (Radar Head Processeur)
- Climatisation
- UPS
- Groupes Electrogènes
- Tour radar : contient les moteurs et les antennes



Figure A.3 différent composant de la station Radar Alger

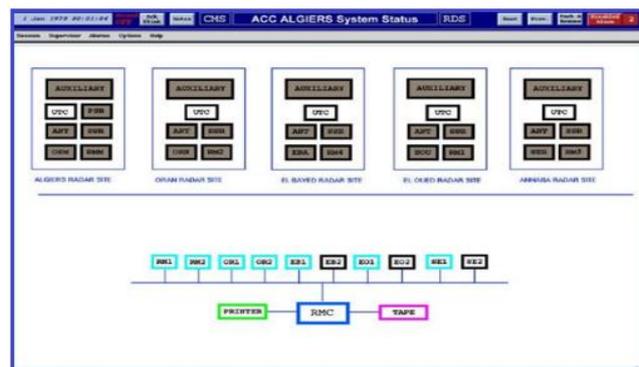
### A.3.2 La Supervision :



## Annexe A : Présentation de l'ENNA

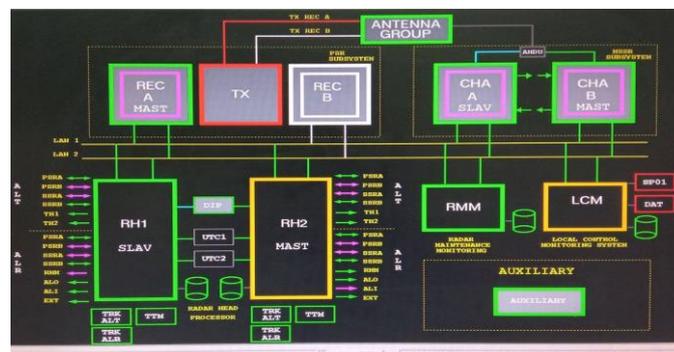
C'est à niveau-là qu'on reçoit la donnée Radar des cinq stations avant qu'elle soit transmise au système ATM pour traitement puis salle CCR pour exploitation, En effet chaque station envoie l'image Radar plus l'état de l'équipement à la supervision centrale qui se trouve à la salle technique, elle est composée de :

- RCMS (Remote Control Monitoring System) : c'est une interface centrale de supervision des cinq stations radars (Alger, Annaba, Oran, El oued, El baydh), on peut avoir l'état (Anomalie de l'équipement, les alarmes, le support de transmission...) et contrôle à distance de chaque station, la figure ci-dessous nous montre le schéma bloc de la visu RCMS :



**Figure A Schéma bloc générale de RCMS**

En cliquant sur l'une des stations on peut avoir le schéma bloc local de la station choisie appelé LCMS, son schéma bloc est illustré ci-dessous :



**Figure A Schéma bloc local de RCMS**

Dans chaque station se trouve une visu contenant l'état local de la station, constitué de :

- **Groupes d'antenne** : antenne Radar primaire(parabolique) antenne Radar secondaire (Rectangulaire)
- **Radar Primaire** : deux Emetteurs Tx, deux Récepteur RecA,RecB
- **Radar Secondaire** : Emetteur/Récepteur CHA, CHB Emetteur/Récepteur
- **RMM** (Radar Maintenance Monitoring)
- **LCMS** (Local Contrôle Monitoring System)

## Annexe A : Présentation de l'ENNA

---

- **Réseaux LAN** : LAN1, LAN2
- **RHP** (Radar Head Processor) : c'est le serveur de traitement radar, il contient deux RHP, RH1(slave) et RH2(master).  
Chaque RHP contient deux parties :

- **Partie ALT :**

Donnée TH : c'est un type d'image Radar qui contient une information utile qui contient les informations suivantes :

La trame TH :

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| <b>Code SSR</b> | <b>Niveau de vol (FL)</b> |
|-----------------|---------------------------|

TH1 : Elle passe d'abord par le département système pour la corrélation avec le plan de vol pour s'enrichir d'informations puis envoyer la salle d'exploitation CCR.

TH2 : envoyer à l'approche qui se trouve à la tour de l'aéroport houari Boumediene.

**Partie ALR :**

Donnée Alo : c'est un autre type d'image Radar, il contient l'information brute qui contient les informations si dessous.

La trame ALO :

|                 |           |                |                                  |                          |                     |
|-----------------|-----------|----------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>Code SSR</b> | <b>FL</b> | <b>Vitesse</b> | <b>Ascendant,<br/>descendant</b> | <b>Télésignalisation</b> | <b>Télécommande</b> |
|-----------------|-----------|----------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------|

ALO : envoyer directement à la salle d'exploitation CCR sans passer par le système ATM au cas ou ce dernier dispose d'un problème, le contrôleur peut dépanner de l'image brute

ALI et EXT sont des images brutes aussi, ALI envoyer à l'approche l'aéroport houari Boumediene et Ext envoyer aux militaires

- **UTC** : c'est l'horloge GPS.

**Auxiliary** : (UPS et Group) l'énergie fournies aux équipements radar.

**A.4 Conclusion :**

Nous avons présenté généralement l'Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne ENNA et particulière le service Radar ;

L'établissement utilise le radar pour mieux connaître la position des aéronefs car il fournit à ces derniers des informations relatives à leur position et aux écarts par rapport à leur route.