

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'Etudes

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

Spécialité : CNS/ATM

Communication, Navigation and Surveillance / Air Trafic Management

THEME :

**Filtrage des données radar par code SSR
et par zone géographique**

Présenté par :

YOUBI NAILA

ET

YOUSFI DAIA

Proposé et dirigé par :-Mr F.Boukra : ENNA

-Mme F.Brahimi : ENNA

-Mr M.Lagha : IAB



Promotion : 2019/2020

Remerciements

Ce mémoire est le résultat d'un travail de recherche de près de cinq ans. En préambule, nous voulons adresser tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles on a pu échanger et qui nous ont aidés pour la rédaction de ce mémoire.

En guise de reconnaissance, on tient à exprimer nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage au sein de la DENA.

En premier lieu, on tient à remercier Mr Lagha Mohand, promoteur de ce mémoire pour tout son aide, son suivi et les conseils qu'il nous a prodigué ont été déterminants pour la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à Mr Boukraa Fouad, chef de département technique au sein de la DENA pour tout son aide et ses précieux conseils.

On tient à remercier également Mme Brahimi Fadila et Mr Djabri Mounir pour leur aide et le temps qu'ils nous ont consacré et leur supervision tout au long de la réalisation de ce travail.

On remercie tout particulièrement Mr Bouni Tarek contrôleur aérien au CCR qui a partagé avec nous ses connaissances et expériences du milieu aérien, il a été d'une très grande aide pour la réalisation de notre travail.

Enfin on tient à remercier nos familles, amis et professeurs pour leur soutien et encouragements tout au long de notre cursus universitaire.

Dédicace :

*A ma mère et mon père
A mes frères et mes sœurs
A ma famille et toutes mes amies
Pour vous je dédie ce travail.*

YOUSFI DAIA

*Je dédie ce travail aux êtres qui me sont les plus
chers, je cite : mes parents, mes sœurs, mes amis et
ma famille et plus particulièrement à la mémoire de
mon défunt oncle le docteur YOUNI ZINNEDINE Ex
directeur de l'institut d'aéronautique et des études
spatiales et recteur de l'université Saad Dahleb Blida
Il m'a aidé et soutenu durant tout mon parcours
universitaire et m'a fait connaître le domaine
aéronautique.*

YOUNI NAÏLA

RESUME

Dans cette thèse, on a réalisé une application capable de décoder des données Radar sous format ASTERIX de catégorie 01, d'en extraire les informations utiles, qui nous permettront d'afficher les plots Radar contenus dans cette dernière sous la forme d'une image Radar, dans le but de les filtrer par la suite en utilisant deux méthodes : filtrage par code SSR et filtrage par zone géographique. Ce travail nous permettra de renforcer la sécurité des données échangées par l'ENNA avec les pays adjacents.

ABSTRACT

In this manuscript, we realized an application able to decode Radar data, with ASTERIX category 01 format, extracting useful data, which will allow us to display Radar plot in a Radar Screen, in order to filter them using two methods: filtering by SSR code, filtering by geographical area, in order to ensure and strengthen the security of data exchanged, by ENNA with adjacent countries.

ملخص

سنحاول في هذه الأطروحة إنشاء تطبيق قادر على فك تشفير بيانات الرادار باستخدام تنسيق ASTERIX واستخراج منه المعلومات المفيدة، والتي ستسمح لنا بعرض مخططات الرادار الموجودة في هذا الأخير في شكل شاشة رادار، بهدف ترشيحها باستخدام طريقتين: الترشيح بواسطة الرمز SSR والترشيح حسب المنطقة الجغرافية وذلك من أجل، ضمان أمن البيانات التي تتبادلها المؤسسة الوطنية للملاحة الجوية مع الدول المجاورة.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	0
<u>Chapitre I : Generalites sur le lieu de stage et les RADARS</u>	
I. Introduction	1
II. L'administration de l'aviation civile en Algérie	1
III.L'établissement national de la navigation aérienne.....	1
III.1 Présentation de l'établissement	1
III.2 Missions de l'ENNA :	2
III.3 L'organigramme de l'ENNA	2
III.4 Présentation de la DENA	4
III.5 Département technique	5
IV.Généralités sur les RADARS	5
IV.1 Définition et principe du RADAR	5
IV.2 Classification des systèmes RADAR	6
V.RADAR primaire (PSR)	7
V.1 Definition et generalités du PSR	7
V.2Avantages du Radar primaire.....	8
V.3 Inconvénients du Radar primaire.....	8
VI. RADAR secondaire (SSR) :.....	8
VI.1 Définition et generalités du SSR.....	8
VI.2 Le signal emis.....	9
VI.3 La reponse du transpondeur.....	10
VI.4 Les avantages du SSR.....	11
VI.5 Les inconvénients du SSR.....	11
VII. RADAR secondaire monopulse MSSR	13
VII.1 Définition.....	13
VII.2 Principe du Monopulse.....	13
VII.3 Le signal reçu en Monopulse.....	13
VII.4 Les avantages du MSSR.....	14
VII.5 Les inconvénients du MSSR.....	14
VIII. RADAR secondaire mode S (SELECTIF)	14
VIII.1 Pourquoi le mode S	14
VIII.2 Structure des signaux d'un radar secondaire mode S.....	15
IX. conclusion.....	17

Chapitre II : Station RADAR et protocole de transmission de données

I.Introduction	18
II. Description de la station RADAR d'ALGER	18
III. Architecture de la station RADAR d'ALGER	18
III.1 Description du Radar primaire (ATCR-33S DPC d'Alger)	20
III.1.1 Les différents composants de l'ATCR-33S DCP	20
III.1.2 L'antenne G33:	20
III.2 Description du Radar secondaire (SIR-M)	21
III.2.1 L'antenne ALE-9.....	22
III.2.2 Le diagramme de rayonnement:.....	23
IV. Position de travail:.....	24
IV.1 Réseau locale (LAN):	24
IV.2 CMS (Control and Monitoring System):	24
a) LCMS (Local Control and Monitoring System):.....	25
b) RCMS (Remote Control and Monitoring System):.....	25
IV.3 RMM (Radar Maintenance Monitor):	26
IV.4 CPW (Controller Working Position):.....	26
IV.5 RHP (Radar Head Processor):	26
V. Protocoles de transmission:.....	27
V.1 Modele OSI.....	27
V.2 Modele TCP/IP: (Transmission Control Protocol/Internet Protocol.....	28
a) Le TCP :.....	28
b) Le IP :.....	29
V.3 Le protocole UDP (User Data Protocol):.....	29
V.4 ETHERNET.....	30
V.5 Le protocole HDLC :.....	31
VI. Chaîne de transmission des données radar :.....	32
VII. Conclusion :.....	34

Chapitre III :Exploitation des données RADAR

I. Introduction :	35
II. Le format ASTERIX.....	35
II.1 Les catégories ASTERIX.....	35
II.2 Structure du message ASTERIX :	36
II.3 Bloc de données	37
II.4 Forme générale d'un message ASTERIX	38
III. Etude d'une trame ASTERIX	38
III.1 Décodage manuel.....	39
III.1.1 Procédure utilisée	40
III.1.2 Développement et identification des champs	41
III.2 Décodage automatique.....	44
IV. Conclusion	44

Chapitre IV :Application de Filtrage

I. Introduction :	45
II. Les outils utilisés pour la réalisation de notre application	45
III. Présentation de notre application	45
IV. Les étapes de réalisation.....	45
IV.1 L'organigramme de l'application.....	45
IV.2 Déroulement du programme.....	48
IV.3 Création de l'interface graphique.....	48
IV.4 Décodage des données Radar et visualisation des plots.....	51
IV.5 Création et visualisation de l'étiquette Radar.....	52
IV.6 Insertion de notre programme JavaScript dans une page HTML.....	55
IV.7 Application du Filtrage sur les données Radar	56
1- Filtrage par code SSR.....	56
2- Filtrage par zone géographique.....	62
IV.8 Conclusion.....	64
Conclusion generale.....	65

LA LISTE DES FIGURES

Chapitre 1

Figure I. 1 Organigramme de la DACM.....	1
Figure I. 2 Organisation de l'ENNA	3
Figure I. 3 les directions et services de la DENA.....	4
Figure 1. 4 RADAR Primaire.....	5
Figure 1. 5 Principe du Radar	6
Figure I. 6 Classification des Radars.....	6
Figure I.7 Fonctionnement d'un PSR.....	7
Figure I.8 Fonctionnement d'un SSR	9
Figure I.9 Signal d'interrogation.....	9
Figure I.10 La réponse du transpondeur.....	10
Figure I.11 Le phénomène du FRUIT.....	11
Figure I.12 Le phénomène du GARBLING.....	12
Figure I.13 Le phénomène des réflexions.....	12
Figure I.14 Le signal reçu	13
Figure I.15 Le signal émis.....	15
Figure I.16 Codage de la réponse en Mode S.....	16

Chapitre 2

Figure II. 1 Zone de couverture du système Radar.....	18
Figure II. 2 Architecture de la station d'Alger	19
Figure II. 3 Antenne du Radar primaire.....	21
Figure II. 4 Antenne du Radar secondaire.....	22
Figure II. 5 Les lobes	23
Figure II. 6 LCMS	25
Figure II. 7 RCMS.....	25
Figure II. 8 RMM	26
Figure II. 9 Les sorties du RHP.....	26
Figure II. 10 Le modèle OSI	27
Figure II. 11 Le modèle TCP/IP.....	28
Figure II. 12 Le datagramme IP	29
Figure II. 13 L'entête de l'UDP.....	30
Figure II. 14 L'entête ETHERNET	31
Figure II. 15 Trame HDLC	31
Figure II. 16 Chaîne de transmission des données Radar.....	32
Figure II. 17 Modem MD 334.....	33

Chapitre 3

Figure III.1 Champ fixe.....	36
Figure II.2 : Champ étendu.....	36
Figure II.3 : Champ répétitif.....	36
Figure III.4 : Bloc de donnée ASTERIX.....	37
Figure III.5 : Enregistrement ASTERIX.....	37

Figure III.6 : Forme générale d'un message ASTERIX.....	38
Figure III.7 : Chemin suivi par un message ASTERIX.....	38
Figure III.8 : Schéma synoptique des méthodes de décodage d'un message ASTERIX.....	39
Figure III.9 : Schéma synoptique d'un décodage manuel.....	39
Figure III.10 : Décomposition des champs du FSPEC.....	40
Figure III.11 : Les données utiles retenues après examinations du FSPEC.....	41

Chapitre 4

Figure IV.1 : Organigramme de l'application.....	47
Figure IV.2 : Interface graphique avant injection du programme JS	48
Figure IV.3 : Insertion d'un background à l'écran.....	49
Figure IV.4 : Insertion des cercles.....	49
Figure IV.5 : Création de la ligne de balayage radar.....	50
Figure IV.6 : Rotation de la ligne de balayage radar « up ».....	50
Figure IV.7 : Rotation de la ligne de balayage radar « down ».....	50
Figure IV.8 : Visualisation du premier plot radar.....	52
Figure IV.9 : Visualisation de l'étiquette radar.....	54
Figure IV.10 : Affichage des 7 plots.....	54
Figure IV.11 : Insertion du programme JS dans une page HTML.....	55
Figure IV.12 : Affichage de l'écran dans une page HTML.....	55
Figure IV.13 : Les plots radar avant application du filtrage SSR N°01.....	57
Figure IV.14 : Commande SSR avant application du filtrage	57
Figure IV.15 : commande SSR après application du filtrage.....	57
Figure IV.16 : Les plots radar après application du filtrage SSR N°01.....	58
Figure IV.17 : Les plots radar avant le filtrage SSR N°2.....	58
Figure IV.18 : La commande SSR après application du filtrage N°02	59
Figure IV.19 : Les plots radar après le filtrage SSR N°02.....	59
Figure IV.20 : Les plots avant filtrage SSR par série N°01	60
Figure IV.21 : Filtrage SSR sur la série 64XX.....	60
Figure IV.22 : Les plots après filtrage SSR sur la série 64XX.....	61
Figure IV.23 : Les plots avant filtrage SSR par série N°02.....	61
Figure IV.24 : Filtrage SSR sur la série 71XX.....	62
Figure IV.25 : Les plots après filtrage SSR sur la série 71XX.....	62
Figure IV.26 : Les plots avant application du filtrage par zone géographique.....	63
Figure IV.27 : Application du filtrage par zone géographique.....	64
Figure IV.28 : Les plots après application du filtrage par zone géographique.....	64

LA LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 1

Tableau I. 1 Les modes d'interrogation.....	10
Tableau I. 2 Formats d'interrogation en mode S.....	16

Chapitre 2

Tableau II. 1 Quelques données technique de l'antenne G33.....	21
Tableau II. 2 Quelques données technique de l'antenne ALE-9	23

Chapitre 3

Tableau III. 1 : L'octet de la catégorie	41
Tableau III. 2 : Les deux octets de la longueur.....	41
Tableau III. 3 : Les deux octets identification	42
Tableau III. 4 : L'octet descripteur	42
Tableau III. 5 : Les deux octets du numéro de piste	42
Tableau III. 6 : Les quatre octets de position	42
Tableau III. 7 : Les quatre octets de la vitesse.....	43
Tableau III. 8 : Les deux octets du code SSR.....	43
Tableau III. 9 : Les deux octets du niveau de vol	43
Tableau III. 10 : L'octet de l'état de piste.....	44

Chapitre 4

Tableau IV.1 : Les coordonnées polaires.....	52
Tableau IV.2 : Les données vitesse, code SSR et niveau de vol.....	53

LES ABREVIATIONS

AIG : Audit Interne de Gestion.

ATCR-33S DPC: Air Traffic Control Radar S-band Digital Pulse Compression

ATCRBS : Air Traffic Control Radar Beacon System

ATC : contrôle du trafic aérien

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

CCR : Centre de Contrôle Régional

CW : Onde continue

CMS: Control Monitoring System

CPW: Controller Working Position

DACM : Direction de l'Aviation Civile et de la Météorologie

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

DIA : Département Informations Aéronautiques

DTA : Département Télécommunications Aéronautiques

DCA : Département de la Circulation Aérienne

ENNA : Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne **EPIC** : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial

EUROCONTROLE : l'organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne.

FRUIT: False Replies Unsynchronised with Interrogator Transmission

FCS: Frame Check Sequence

FSPEC: Field SPECification

HDLC : High Level Data Control

IGT : Inspection Générale Technique

IP : Internet Protocol

LCP : local control panel pour les différentes commandes du PSR

LCMS: Local Control and Monitoring System

LAN: Local Area Network

MTI: Moving Target Indicator

MSSR : Monopulse Secondary Surveillance Radar

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale

ORCAM: Originating Region Code Assignment Method

OSI: Open Systems Interconnection

PSR: Primary Surveillance Radar

PPI: Plan Position Indicator

PRF: Pulse Repetition Frequency

RADAR: RAdio Detection and Ranging

RMM: Radar Monitoring Maintenance

RHP: Radar Head Processing

RSLS: Receiver Side Lobe Suppression

RCMS: Remote Control and Monitoring System

SITA : Société Internationale de Télécommunications Aéronautique.

SIE : Sureté Interne de l'Etablissement

SSR : Secondary Surveillance Radar

SPI: Special Position Indicator

SIR-M: Secondary Interrogator Receiver Monopulse

SDLC: Synchronous Data Link Control

SAC: Source Area Code.

SIC : Source Identification Code

TCP : Protocole de Transport

UDP : User Datagram Protocol

Introduction générale

Introduction générale :

La sécurité du réseau de transport aérien international est l'objectif stratégique premier de l'OACI. Afin d'assurer cette sécurité, il faut contrôler la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans l'espace aérien, qu'ils soient en survol, en phase d'approche sur les aérodrômes, ou au départ et à l'arrivée de ces derniers.

Les contrôleurs aériens ont pour mission la surveillance de ces vols, offrant à la fois sécurité et efficacité et cela quel que soit l'environnement et la densité du trafic.

Le contrôle de la circulation aérienne dans les zones à forte densité du trafic aérien comme le nord de l'Algérie, est actuellement assuré par les systèmes radars tandis que le sud du pays est assuré par le système ADS-C.

L'apport de l'Etablissement nationale de navigation aérienne (ENNA) à la sécurité dans l'espace aérien est en complète adéquation avec ce qui se fait dans le monde car elle est membre de plusieurs organisations internationales, continentales et régionales qui participent à la sécurité aérienne.

Les données brutes provenant du radar sont donc considérées comme une source de surveillance, et doivent être traitées de manière uniforme et identique pour les rendre facilement exploitables grâce à un ensemble d'équipements puissant, pouvant interagir en temps réel avec une rapidité et une précision optimale, puis les envoyer vers les centres ATC afin de faciliter la tâche aux contrôleurs aériens.

L'ENNA nous a proposé de mener une étude afin de réaliser une simulation qui permet d'afficher et de filtrer des données radar depuis la source qui est la trame ASTERIX.

A cet effet, notre mémoire sera constitué d'une introduction générale suivie de quatre chapitres et d'une conclusion générale.

Ce mémoire sera présenté comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présenteront brièvement notre lieu de stage qui est l'établissement national de la navigation aérienne, suivi de quelques généralités sur les radars. Le second chapitre sera entièrement dédié à la station radar d'Alger en présentant tous les équipements qui la constitue et les protocoles de transmission utilisés afin de bien comprendre la nature et le rôle du format ASTERIX dans la transmission de donnée radar.

INTRODUCTION GENERALE

Dans le troisième chapitre, nous nous focaliseront essentiellement sur le format ASTERIX, avec une étude approfondie de ce dernier en expliquant chaque champ et on fera aussi un décodage manuel d'une trame de catégorie 001.

Enfin le quatrième chapitre, sera dédié à la réalisation de notre application, nous expliqueront toutes les étapes qui nous ont mené à la réalisation de cette dernière ; décodage de la trame ASTERIX, création d'un écran radar, visualisation des plots dans notre écran et enfin application du filtrage sur ces plots en se basant sur deux critères : leurs code SSR et la Zone géographique.

Chapitre 1 Généralités sur le lieu de stage et les RADARS

I. Introduction :

Ce chapitre décrit notre lieu de stage qui est l'établissement national de la navigation aérienne (ENNA), son organisation, ses différentes missions, il évoque aussi de façon générale le fonctionnement des radars sur le territoire algérien.

II. L'administration de l'aviation civile en Algérie :

La direction de l'aviation civile et de la météorologie DACM est une structure chargée de l'aviation civile en Algérie sous la tutelle du ministère des travaux publics et du transport, c'est aussi l'autorité chargée des enquêtes sur les accidents et incidents.

La DACM est structurée selon l'organigramme suivant :

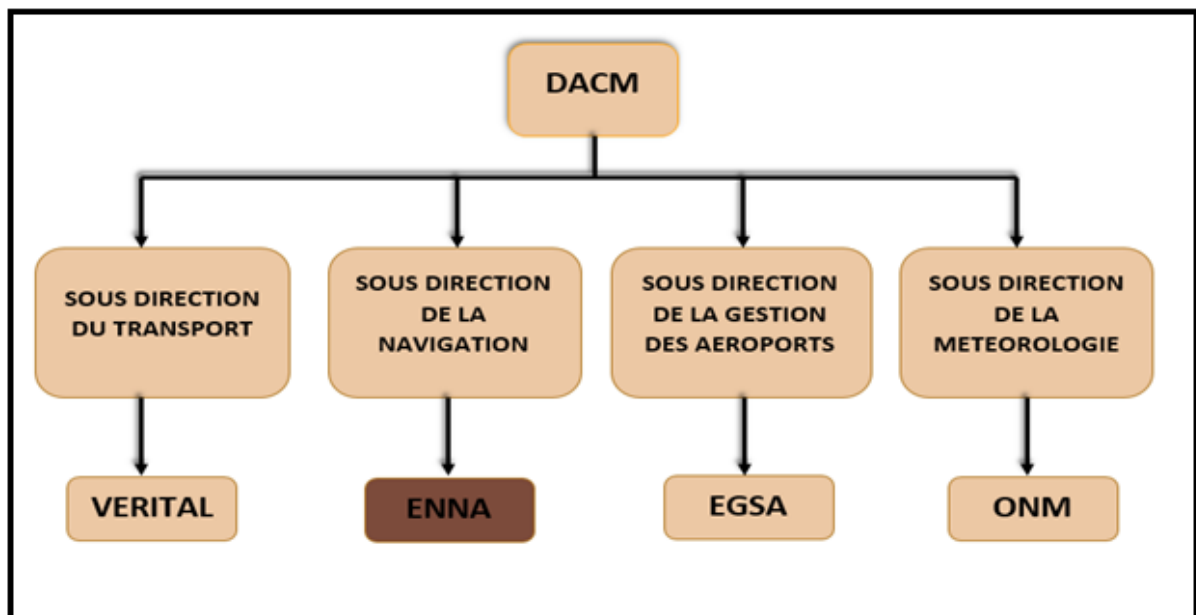


Figure III.1 Organigramme général de la DACM

III. L'établissement national de la navigation aérienne :

III.1 Présentation de l'établissement :

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, il est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration.

Dans le cadre du développement des projets liés à la navigation aérienne, l'ENNA collabore avec les institutions nationales et internationales suivantes :

- Ministère des travaux publics et du transport.
- **L'OACI** : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.
- **ASECNA** : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar.
- **SITA** : Société Internationale de Télécommunications Aéronautique.
- **EUROCONTROLE** : l'organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne.
- **ENAC** : l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse.
- Organisation entre Pays méditerranéens (**AEFMP**).
- Département d'aéronautique de Blida (**DAP**).

III.2 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 aéroports 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 aéroports ...etc.
- ➔ Assurer l'exploitation technique des aéroports ouverts à la circulation aérienne publique.
- ➔ Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

III.3 L'organigramme de l'ENNA :

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

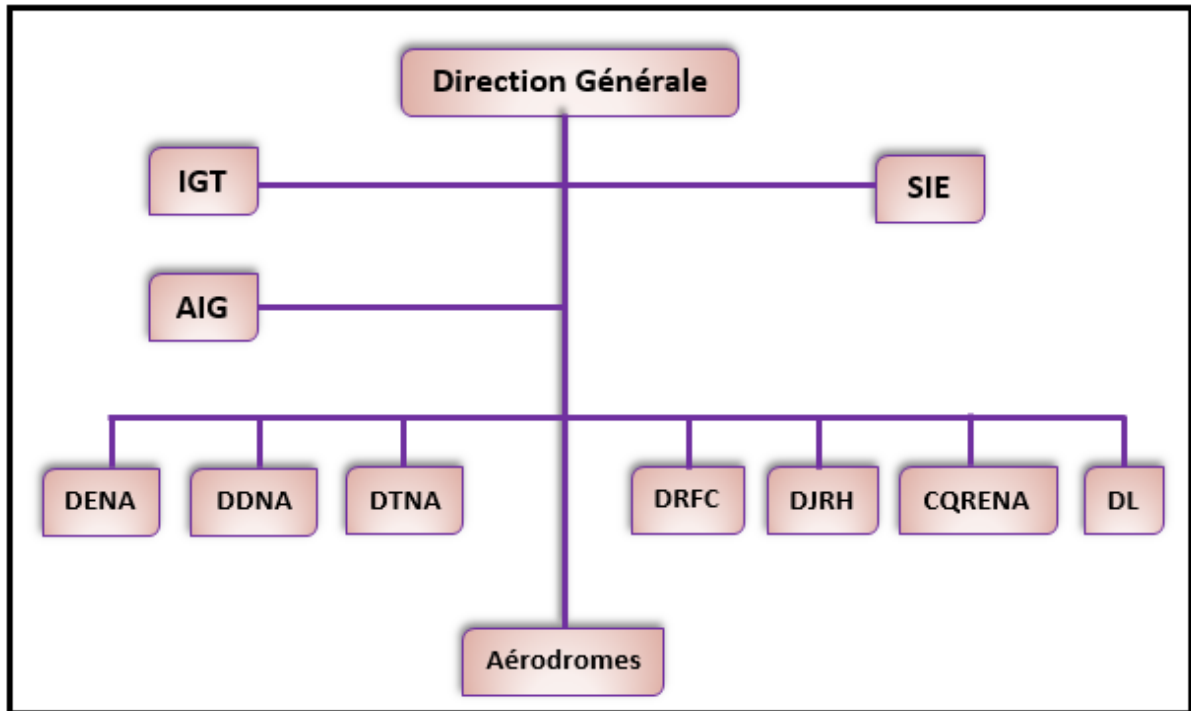


Figure I.2 Organisation de l'ENNA

Il est composé des centres, directions suivants :

- ❖ **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** : Sureté Interne de l'Etablissement
- ❖ **AERODROMES** : Directions de la Sécurité Aéronautique.
 - 25 Aérodrômes nationaux.
 - 11 Aérodrômes internationaux.

III.4 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 aérodrômes, 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 volet au sol, ainsi que les informations météorologiques.
- Gérer les services de la télécommunication aéronautique.
- Assurer le service de sauvetage et lutte contre les incendies aux aérodrômes.

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 :

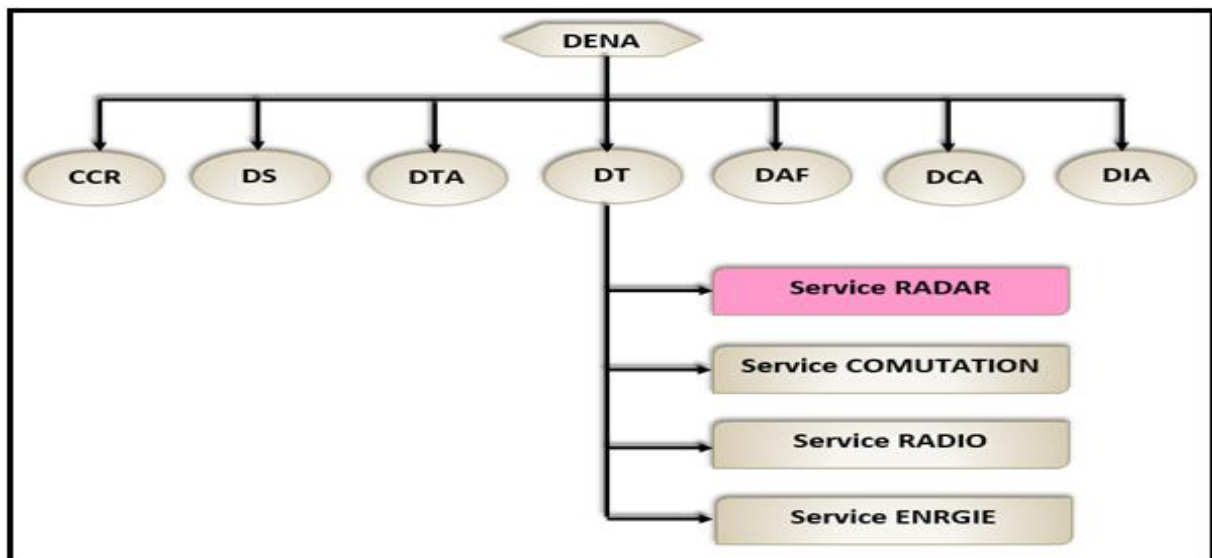


Figure I.3 les directions et services de la DENA

III.5 Département technique :

C'est la structure qui est chargée du maintien et de la maintenance des équipements installés au complexe et dans les salles opérationnelles ; la salle technique et la salle d'exploitation et le CCR. Elle est constituée de 4 services :

- Service Energie
- Service Radio et Téléphonie
- Service Commutation
- Service RADAR

IV. Généralités sur les RADARS :

IV.1 Définition et principe du RADAR :

Le terme radar est issu de l'acronyme Anglais de 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 ondes réfléchies 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, l'altitude, la vitesse et parfois la forme.

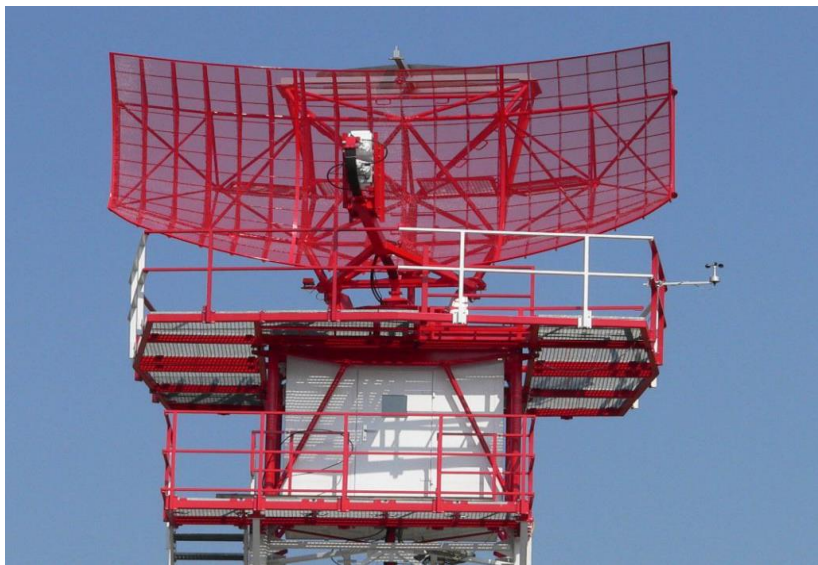


Figure I.4 Radar primaire

Le principe de base du fonctionnement d'un radar est très simple à comprendre, On peut le résumer en trois (3) étapes :

- Emission et propagation de l'énergie électromagnétique dans la direction de la cible.

- la réflexion d'une petite partie de l'énergie transmise par le radar, cette énergie est renvoyée par la cible jusqu'au radar sous forme d'écho.
- la réception et l'analyse des échos reçus par le radar, pour déterminer la direction et la distance de l'objet qui a réfléchi son signal.

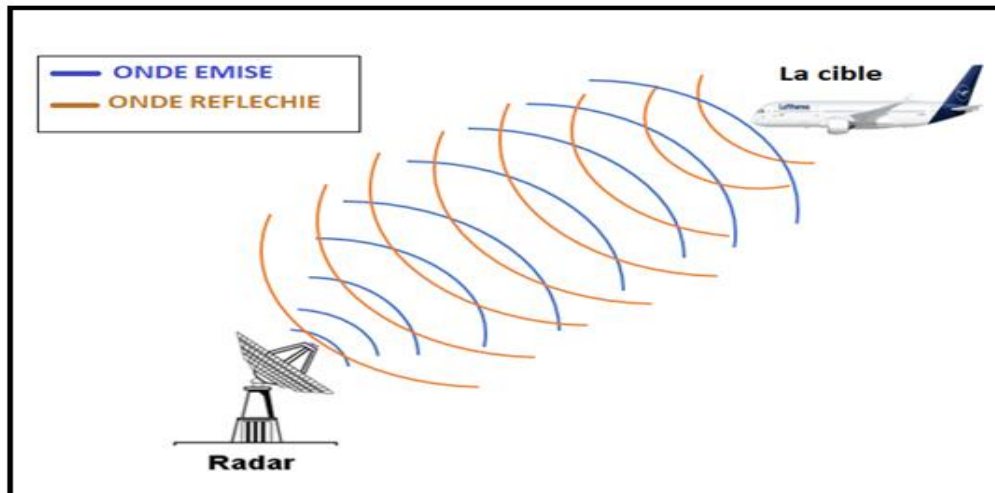


Figure I.5 Principe du RADAR

IV.2 Classification des systèmes RADAR :

En fonction des informations recherchées et de la fréquence d'utilisation ainsi que le domaine d'application, les équipements radars utilisent des qualités et des technologies différentes. Ceci se traduit par une première classification des systèmes radars comme l'indique la figure suivante :

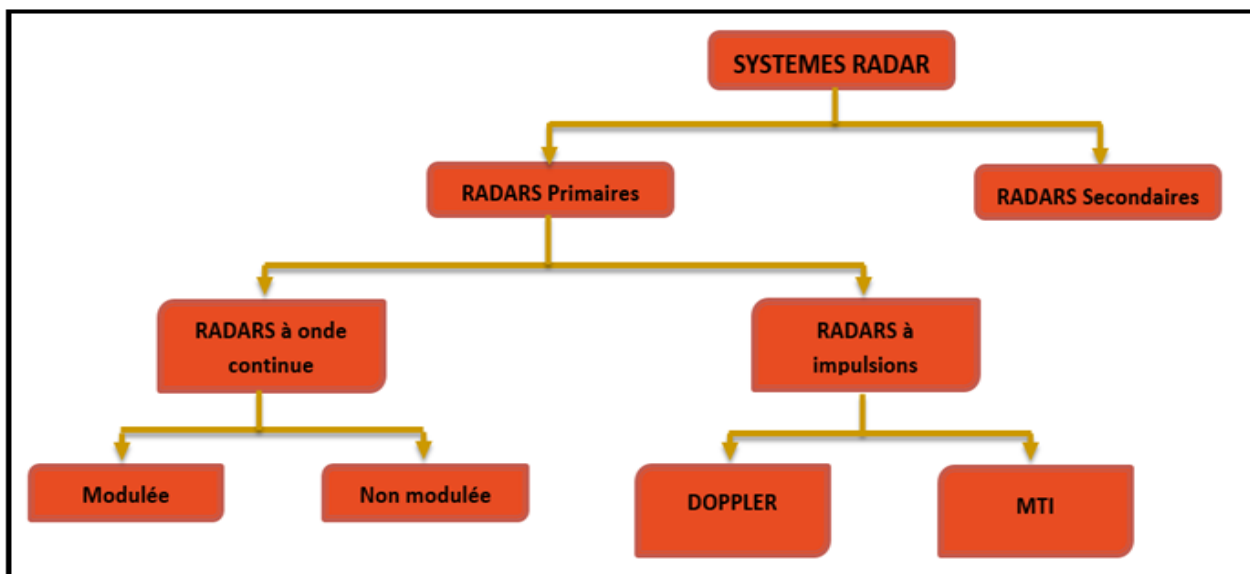


Figure I.6 Classification des RADARS

V. RADAR primaire (PSR) :

V.1 Définition et généralités du PSR :

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.

Le PSR 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° autour du site sur un seul angle d'élévation. Il peut donc donner la distance et la vitesse radiale de la cible avec une bonne précision mais nécessite un ou des radars supplémentaires pour obtenir la position verticale et la vitesse réelle. Le PSR utilisé à Alger a une puissance d'émission de 10 KW et une portée maximale de 80NM.

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

Le signal transmis par le radar est généré par un émetteur puissant puis passe par un duplexeur qui l'aiguille vers l'antenne émettrice. Chaque cible réfléchit le signal en le dispersant dans un grand nombre de directions ce qui se nomme la diffusion. La rétrodiffusion est le terme désignant la partie du signal réfléchi diffusée dans la direction opposée à celle des ondes incidentes (émises). L'écho ainsi réfléchi par la cible vers l'antenne sera aiguillé par le duplexeur vers un récepteur très sensible. Les échos détectés par le radar peuvent être finalement visualisés sur un écran traditionnel de type **PPI (Plan Position Indicator)** ou sur tout autre système de visualisation plus élaboré.

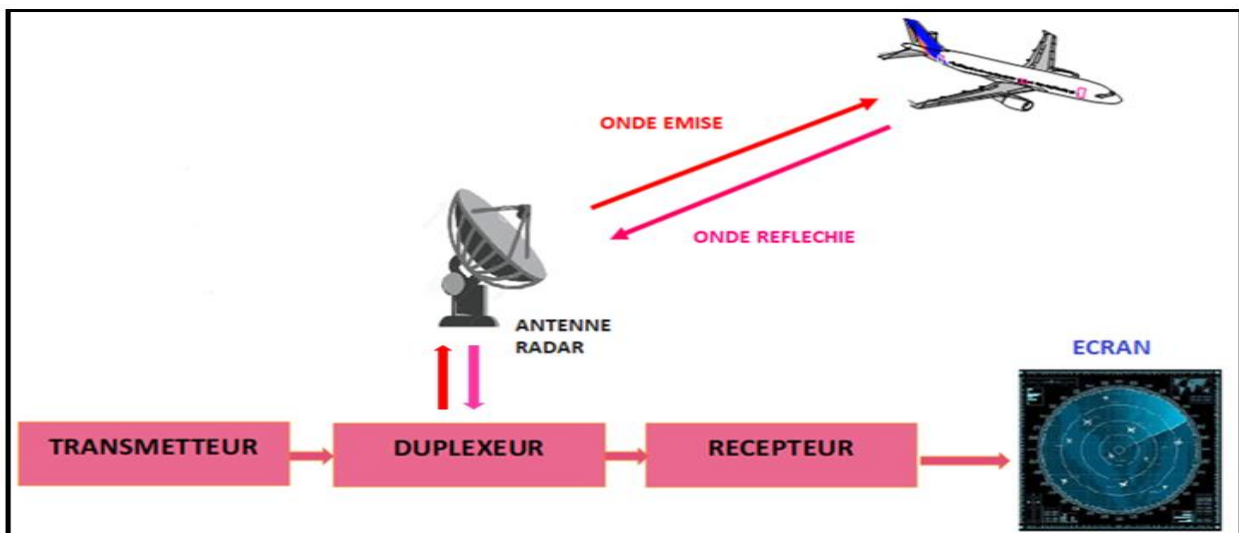


Figure I.7 Fonctionnement d'un RADAR Primaire

- Composantes d'un système radar PSR :

Comme le montre la figure précédente, le radar est constitué de plusieurs composantes :

- **L'émetteur** : Il produit de l'énergie électromagnétique sous forme continue ou d'impulsions courtes et puissantes.
- **Le duplexeur** : Il permet à une même antenne d'être utilisée pour émettre et recevoir.
- **L'antenne** : l'antenne rayonne l'énergie électromagnétique de l'émetteur sous forme d'un faisceau fortement directionnel.
- **Le récepteur** : Il amplifie les impulsions électromagnétiques de niveau très faible réfléchies par les cibles.
- **L'indicateur** : l'indicateur produit une indication visuelle des échos sur un écran afin de tirer certaines informations concernant les cibles, comme la distance, l'azimut.

V.2 Avantages du radar primaire :

- Sauf avions furtifs, rien n'échappe au radar primaire.
- Il présente un intérêt stratégique pour le contrôle aérien militaire.
- Il ne nécessite aucun équipement embarqué dans l'avion pour la détection de la cible.
- Il est utilisé pour le contrôle d'approche (détecte les avions à bas niveau).

V.3 Inconvénients du radar primaire :

- Le PSR ne permet pas de connaître l'altitude d'un avion.
- Il ne permet pas d'identifier l'avion, uniquement de repérer sa présence.
- Il affiche des échos parasites (relief, précipitations...etc.)
- Il nécessite des émissions puissantes, ce qui tend à limiter sa portée.

VI. RADAR secondaire (SSR) :**VI.1 Définition et généralités du SSR :**

Ces radars utilisent le principe de dialogue et non de l'écho localisation. Les radars secondaires émettent des suites d'impulsions d'ondes électromagnétiques représentant des messages d'interrogation. Les transpondeurs à bord des avions détectent ces interrogations, les décodent, et émettent à leur tour des suites d'impulsions d'ondes électromagnétiques représentant les réponses à chaque interrogation reçue. Le radar détermine l'azimut de l'avion par l'angle de réception et la distance de l'appareil par le temps de retour du message.

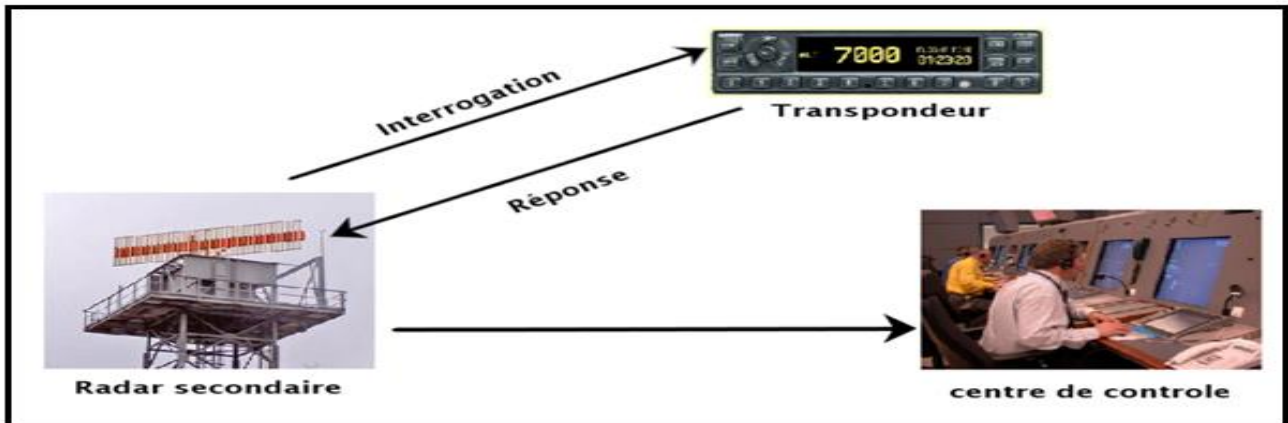


Figure I.8 Fonctionnement d'un RADAR secondaire

VI.2 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. Les transpondeurs en mode A/C fournissent l'identification et l'altitude de l'avion en réponse aux interrogations.

t_{ec} : mode d'interrogation

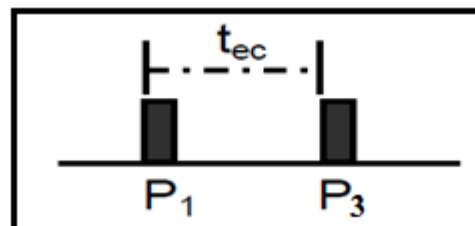


Figure I.9 Signal d'interrogation

➔ Les modes d'interrogation :

L'OACI a normalisé 4 modes pour les avions civils désignés par les lettres A, B, C, D. Les modes militaires sont désignés par les chiffres 1, 2, 3, 4. Seuls les modes A et C sont retenus pour l'aviation civile.

- **Le mode A (ALPHA) :** est le plus simple des modes de transmission de données entre l'avion et le sol. La seule 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, donc ce code permet d'établir une relation entre un plot et un avion, d'identifier avec certitude que ce plot correspond à cet avion. On appelle cela l'identification radar. Avec le mode A, le contrôleur dispose de la position de l'avion, et d'un moyen d'identification radar.

- **Le mode C (CHARLIE) :** Il nous donne une information d'altitude. Cette donnée est mesurée dans l'avion, transmise au radar, puis visualisée sur l'écran du contrôleur.

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

Tableau I. 1 Les modes d'interrogation

VI.3 La réponse du transpondeur :

Le transpondeur de l'aéronef détecte ces messages et répond par un train d'impulsions spécifiques (Réponses) de fréquence 1090MHz comprenant :

- Deux impulsions d'encadrement (F1etF2) espacées de 20,3μs toujours présentes.
- Douze impulsions espacées de 1,45μs, qui sont présentes ou non suivant le code utilisé. On peut donc coder la réponse sur 12 bites, donc composer 4096 combinaisons, ces 12 impulsions sont rassemblées en 4 groupes de 3 impulsions et sont désignées par :

A4	A2	A1
B4	B2	B1
C4	C2	C1
D4	D2	D1
- L'impulsion spéciale de positionnement « Special Position Indicator SPI », qui est positionné par le pilote pour les besoins du contrôleur
- L'impulsion X, qui n'est plus utilisée, et qui indiquais la position du train d'atterrissage.

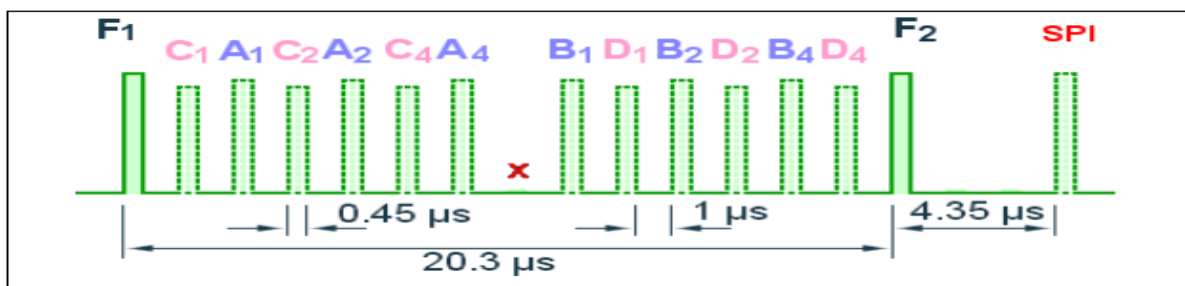


Figure I.10 La réponse du transpondeur

VI.4 Les avantages du SSR :

Les avantages de ce système pour le contrôle aérien :

- Les avions concernés sont forcément collaboratifs.
- Il permet la transmission de données.

VI.5 Les inconvénients du SSR :

Le radar secondaire classique a plusieurs inconvénients comme :

- L'attente de plusieurs coups au but afin d'obtenir une information d'azimut d'où la nécessité de travailler avec des PRF (Pulse Repetition Frequency) élevées, donc surcharge des calculateurs sol et à bord.
 - Une augmentation des cas de FRUIT, de GARBLING, des réflexions.
 - Nombre de codes d'identifications insuffisants (4096 possibilités)
- **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. La réponse ne peut pas être utilisée par une autre station, par manque de référence de temps. Elle lui est donc inutile et constitue un « fruit ». Ce dernier peut être gênant si les deux stations interrogent avec la même période de répétition.

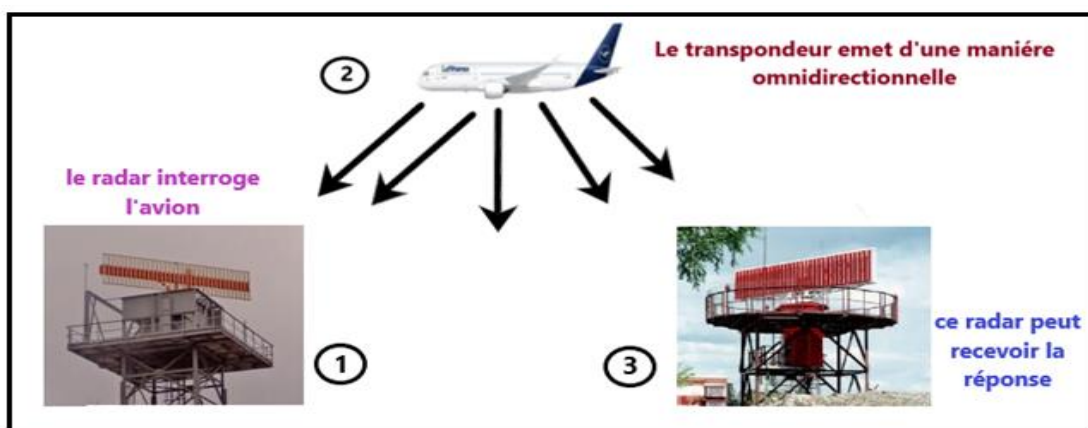


Figure I.11 Le phénomène du FRUIT

Le Radar 3 va recevoir et décoder les réponses du transpondeur 2 aux interrogations du radar1.

- **Le GARBLING** : Ces des réponses synchrones qui s'enchevêtrent dans le temps. Ceci se produit quand les réponses des transpondeurs de deux avions très proches l'un de l'autre, en distance ou en azimut, arrivent au radar ensembles. Il est alors impossible de les décoder.

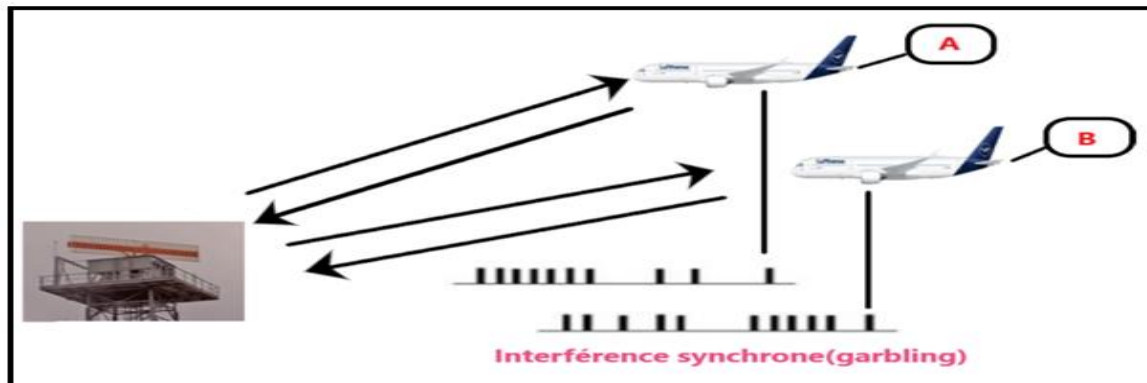


Figure I.12 Le phénomène du GARBLING

L'avion **A** et l'avion **B** se trouvent en même temps dans le lobe principal de l'antenne, à la même distance de celle-ci. Ils reçoivent donc en même temps l'interrogation du radar. Les réponses de **A** et **B** reviennent donc, au même moment, à l'entrée du récepteur du radar. Les réponses **A** et **B** reviennent enchevêtrées au récepteur du radar. Suivant les cas, il ne sera pas simple de distinguer quelle impulsion appartient à quelle réponse. Dans ce cas, il arrive fréquemment que les codes extraits soient faux ou invalides.

- **Les réflexions** : 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.

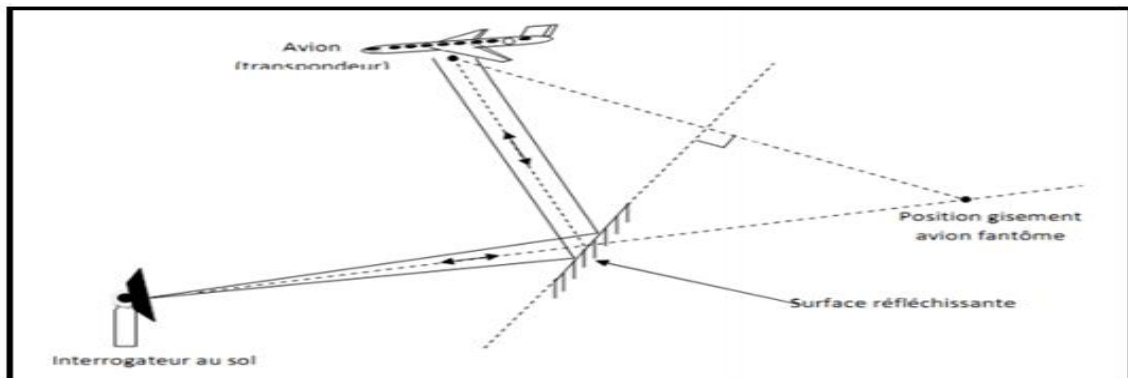


Figure I.13 Le phénomène des réflexions

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

VII. RADAR secondaire monopulse MSSR :

VII.1 Définition :

Le système monopulse permet de récupérer l'information d'azimut sur une seule impulsion du code de réponse et par conséquent d'abaisser la valeur de la PRF à une centaine d'Hertz. Par ailleurs la précision en azimut se voit considérablement améliorée. L'information d'azimut sera fournie à la fois par la position de l'axe d'antenne et par une information supplémentaire d'écart par rapport à cet axe.

VII.2 Principe du monopulse :

L'idée de la monopulse consiste à exploiter la réponse d'une cible sur deux diagrammes différents un diagramme directif Σ est adjoint un diagramme supplémentaire Δ 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 »

VII.3 Le signal reçu en monopulse :

Les interrogations et les réponses des transpondeurs seront identiques en MSSR qu'en SSR classique, seul la réception change avec l'apparition des antennes réseaux et le traitement de l'information Δ .

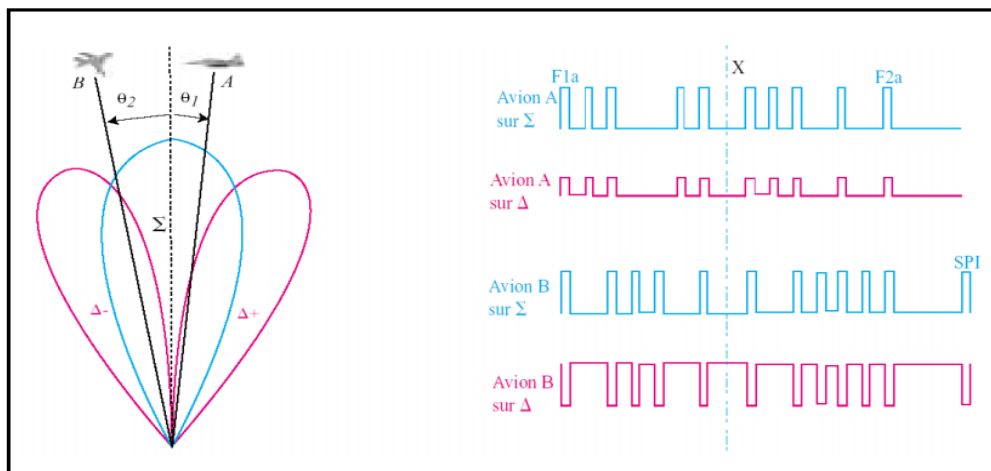


Figure I.14 Le signal reçu

VII.4 Les avantages du MSSR :

- L'augmentation de la précision dans la mesure de l'azimut.
- La réduction de la fréquence de répétition.
- La réduction du FRUIT.
- Le GARBLING est complètement éliminé grâce à l'information d'écartométrie.

VII.5 Les inconvénients du MSSR :

- Le FRUIT n'est pas totalement éliminé .
- Le nombre de code d'identification reste toujours insuffisant (4092 codes).

VIII. RADAR secondaire mode S (SELECTIF) :**VIII.1 Pourquoi le mode S :**

Comme il n'y a que **4 096** codes disponibles dans le mode A et que le trafic aérien est en constante augmentation, il devient de plus en plus difficile d'assigner un code unique dans une région de contrôle de vol. Cela amène à une confusion potentielle entre l'appareil et les services au sol qui peut mener à des accidents si deux avions ont le même numéro d'identification.

Une autre technique visant l'amélioration du radar secondaire, est aujourd'hui en cours de normalisation à l'OACI, il s'agit du radar mode "S" (SELECTIF). Le mode S a été conçu pour être entièrement compatible avec le radar secondaire actuel de plus, Il utilise la technique de mesure de l'azimut par mono impulsion.

Avec le mode S, chaque avion, équipé d'un transpondeur spécial "mode S", peut être interrogé séparément des autres avions qui sont également dans le faisceau de l'antenne. Ceci est réalisé en affectant à chaque avion une adresse unique. Cette adresse est composée de **24** bits ; ainsi **16** million d'adresses sont disponibles dans le monde.

Chaque interrogation mode S contient l'adresse de l'aéronef auquel elle est destinée. Recevant une telle interrogation, un transpondeur mode S compare l'adresse reçue à sa propre adresse et répond à l'interrogation si les deux adresses correspondent ; sinon, il ignore l'interrogation.

VIII.2 Structure des signaux d'un radar secondaire mode S :

a) Le signal émis (l'interrogation) :

Un radar secondaire classique émettra une interrogation en mode A, puis en mode C ou dans un autre mode. Cette séquence se répètera en continu à un taux rapide afin de suivre les appareils dans la zone de contrôle aérien (position et identification) à chaque balayage de l'antenne. En mode S, la station au sol peut émettre une plus grande variété d'interrogations, classées en deux groupes :

✚ **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 son indicatif particulier de 24 bits. Seul cet aéronef répondra.

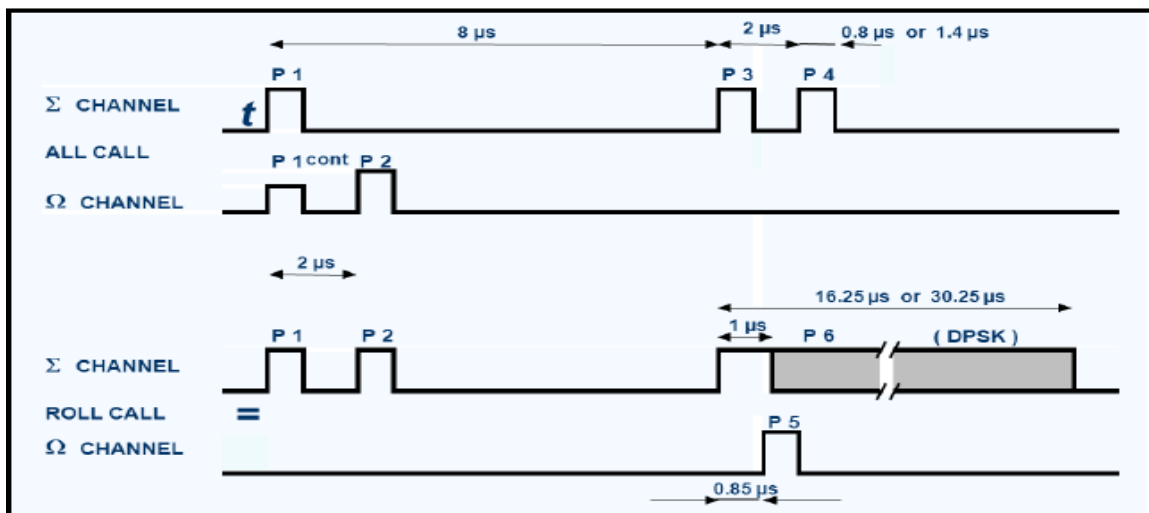


Figure I.15 Le signal émis

La première tâche du système en mode S est donc d'identifier les appareils en vol, ce qui permettra de faire des interrogations individuelles. Donc les interrogations générales se répètent régulièrement pour repérer les nouveaux arrivants et les avions qui quittent la zone de contrôle.

Largeur de l'impulsion P4	Interrogations en mode S	
0.8 μ s	Pas de réponse	Cette impulsion courte d'appel général du mode S ne peut être reçue que par les avions munis d'un transpondeur de mode S. Ceux qui répondent donc à l'interrogation seront ensuite questionnés uniquement en mode S par appel nominal
1.6 μ s	Réponse générale	Même cette impulsion P4 longue peut être utilisée dans un appel général, son utilisation est plutôt restreinte. Cela est dû en particulier au fait que le code d'identification et le verrouillage d'appel général associé en mode S ne sont pas pertinents pour ce mode d'interrogation
Pas de P4	Réponse en mode A	Cette requête est envoyée en compatibilité descendante pour les transpondeurs non-conformes en Mode S.
Pas de P4 mais un P2 intense	Réponse en mode S	L'interrogateur envoie une impulsion P2 de même amplitude que la P1. Les transpondeurs en mode S s'attendent ensuite à recevoir une impulsion P6 contenant une information spécifique. Par contre, les vieux transpondeurs en mode A/C, qui appliquent la routine de suppression des lobes secondaires à l'interrogation, seront mis en veilleuse et ne répondront pas

Tableau I. 2 Formats d'interrogation en mode S

b) Le signal reçu (la réponse) :

Les réponses en mode S comprennent un certain nombre d'impulsions espacées chacune de 1 μ s. Chaque réponse se compose de deux parties distinctes :

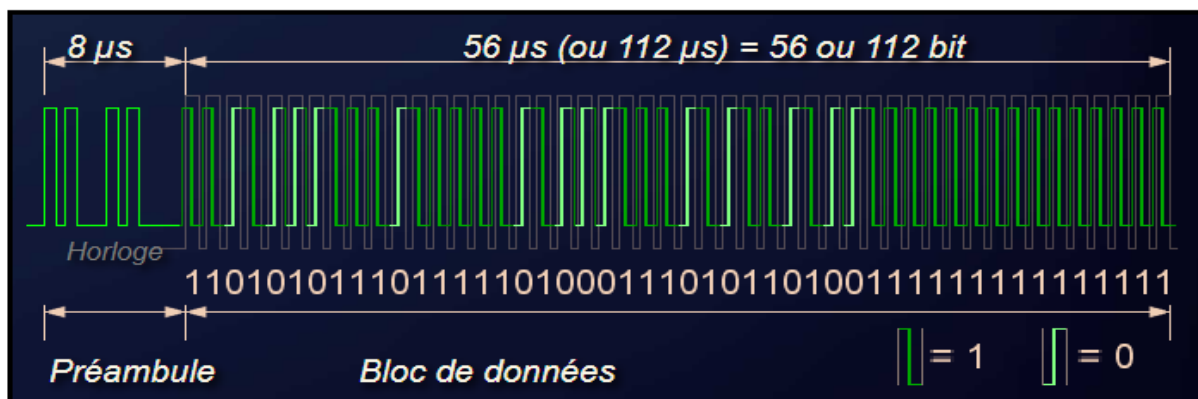


Figure I.16 codage de la réponse en mode S

- **Le préambule :** Toute réponse en mode S débute par une série d'impulsions couvrant 8 μ s est appelée préambule. Il consiste en 4 impulsions de 0,5 μ s qui sont séparées successivement par un temps mort de 1, 3,5 et 4,5 μ s.
- **Bloc de données :** Le bloc de données comprend 56 bits ou 112 bits et durent donc 56 ou 112 μ s. Le format d'un bloc court est divisé en un identificateur de format de 5 bits, un mot de surveillance et contrôle de 27 bits et 24 bits donnant le code de l'aéronef (incluant une section d'information de parité).

IX. Conclusion :

Dans ce premier chapitre, Nous avons présenté l'organisation de l'Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne et ses différents services, puis nous avons vu quelques généralités sur les radars tel que leurs principe de fonctionnement, la classification des différents types de radar, l'évolution du radar secondaire avec les problèmes rencontrés et les différentes solutions proposées.

Chapitre 2 Station Radar et Protocol de Transmission des données

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons décrire la station Radar d'Alger et ses différents équipements puis nous aborderons les différents protocoles de transmission des données radar utilisés au sein de la station Radar.

II. Description de la station RADAR d'ALGER :

Pour permettre la sécurisation de la partie nord de l'espace aérien algérien et faciliter la tâche aux contrôleurs, L'E.N.N.A a installé des radars dans les différents secteurs de l'espace aérien nord :

- ✓ Un radar primaire de surveillance Co-implanté avec un radar secondaire de surveillance MSSR situé à Alger sur le site du Centre de Contrôle Régional.
- ✓ Un radar secondaire de surveillance MSSR situé à Annaba.
- ✓ Un radar secondaire de surveillance MSSR situé à Oran.
- ✓ Un radar secondaire de surveillance MSSR situé à El-Bayadh.
- ✓ Un radar secondaire de surveillance MSSR situé à El Oued.

La figure suivante illustre les zones de couverture des systèmes radars en Algérie :

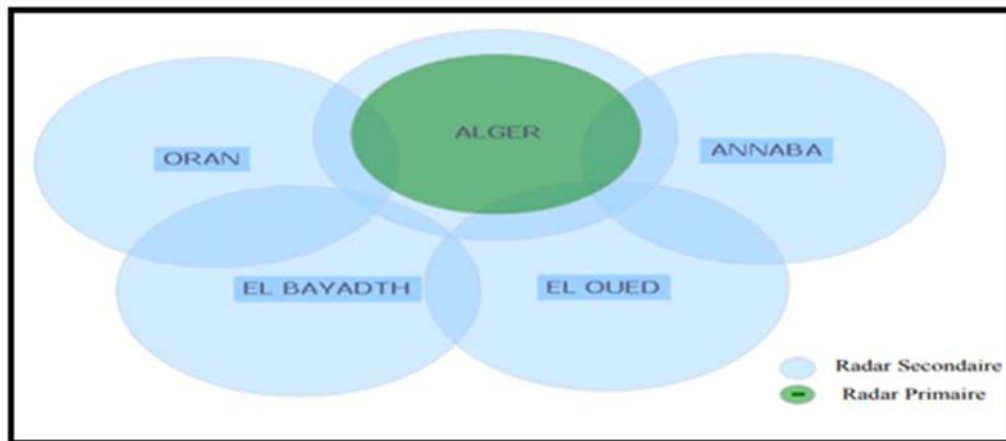


Figure II.1 -zone de couverture du système RADAR

III. Architecture de la station RADAR d'ALGER :

Une station RADAR regroupe plusieurs équipements qui permettent l'acquisition, le traitement et le transport des données RADAR afin de faciliter l'exploitation de l'information brute reçue.

Le schéma suivant illustre l'architecture de la station RADAR d'ALGER :

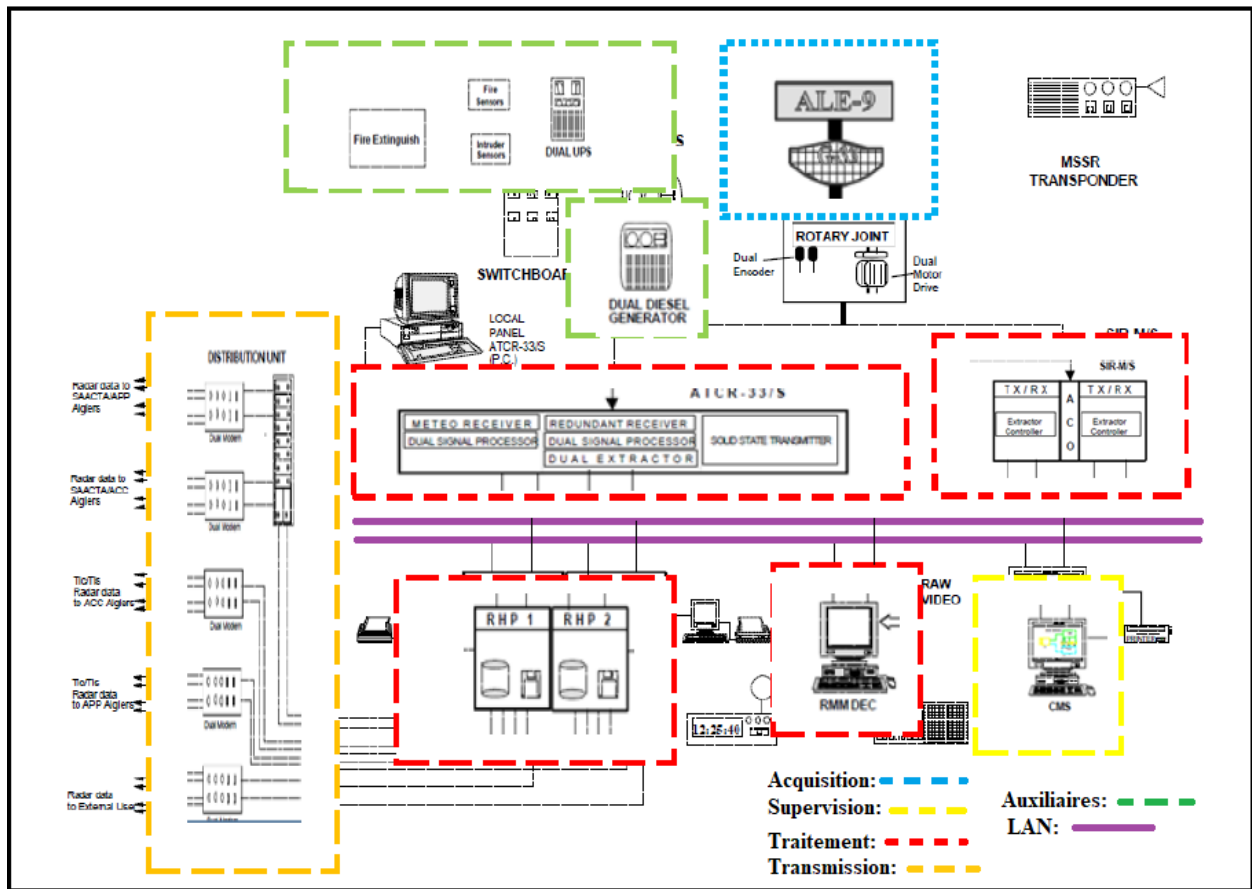


Figure II.2 architecture de la station d'Alger

- Chaque station inclut :

- Une station de travail pour l'entretien du RADAR **RMM (Radar Monitoring Maintenance)**.
- Un serveur processeur de la tête radar pour le traitement et la visualisation des données RADAR et la transmission de ces derniers au CCR. **RHP (Radar Head Processing)**.
- Et un système local et de supervision **CMS (Control Monitoring System)**.

- Les données radar de chaque station sont envoyées, à la fois au « Centre de Contrôle Régional » et aux approches « APP » correspondants.

- Les équipements de la station Radar sont subdivisés en 5 groupes :

- **L'acquisition** : l'antenne radar.
- **Traitement** : le radar primaire, le radar secondaire et le RHP.
- **Supervision**: CMS.
- **La transmission** : les modems, le support de transmission LAN.

- **Auxiliaire** : les onduleurs, les groupes électrogènes et les systèmes anti-incendie.

III.1 Description du Radar primaire (ATCR-33S DPC d'Alger) :

Le radar **ATCR-33S DPC** (**A**ir **T**raffic **C**ontrol **R**adar **S**-band **D**igital **P**ulse **C**ompression) est un radar primaire doppler pulsé à compression d'impulsions à moyenne portée et fonctionnel en bande **S** il est équipé d'un réflecteur parabolique **G33**, il est conçu pour la détection d'aéronefs non coopératifs et adapté à la zone terminale et au contrôle de la circulation aérienne en route.

Il utilise les dernières technologies récentes assurant des performances avancées telles que la capacité à fonctionner en continu sur des sites sans pilote, **24** heures sur **24** et **7** jours sur **7**, la télécommande de paramètres, l'utilisation d'extracteurs de données radar intégrés, la transmission de données à bande étroite en utilisant des composants sophistiqués dans toutes les unités. L'équipement est conçu selon les critères de redondance opérationnelle de toutes les unités critiques.

III.1.1 Les différents composants de l'ATCR-33S DCP :

- Antenne **G33**.
- 2 baies de réception (**REC A** et **REC B**).
- 2 baies de transmission (une pour les drivers et l'autre pour les **Hight Power Amplifier**).
- Unité de commande du moteur d'azimut(**AMDU**).
- La position **LCP** (local control panel pour les différentes commandes du PSR).
- La position **RMM** (pour affichage des plots et test).
- La position **LCMS** (pour affichage de l'état des équipements et la télésignalisation).
- Système de communication(**LAN**).

III.1.2 L'antenne G33 :

C'est une antenne parabolique du radar primaire de référence **G33**, elle permet d'émettre et de propager les ondes électromagnétiques, pour recevoir et analyser le signal que la cible émet par la suite. Sa vitesse de rotation, ainsi que sa position, en élévation comme en azimut, sont commandés mécaniquement. Les échos réfléchis sont reçus et étudiés.

Voici ci-dessous quelques données techniques de l'antenne G33 :

Gamme de fréquence	2.7 -2.9 GHZ
La portée	80NM
La puissance	10KW
Le Gain	33.5 dB
La directivité	Directionnelle
Poids (support et réflecteur)	860kg
Taux de rotation d'antenne	15 tr/min
Connecteur d'antenne	Guide d'onde

Tableau II.1 : quelques données techniques de l'antenne G33



Figure II.3 Antenne du radar primaire

III.2 Description du Radar secondaire (SIR-M) :

Le SIR-M (Secondary Interrogator Receiver Monopulse) est une version mono-impulsion du système Radar de surveillance secondaire.

Cet équipement est utilisé en conjonction avec une antenne plane planaire montée sur une antenne radar primaire.

Le SIR-M est composé de deux canaux et chaque canal est composé de :

- Un émetteur programmable qui émet deux signaux (Σ et Ω) sur la fréquence 1030 Mhz.
- Un récepteur mono-pulse avec RSLS (Receiver Side Lobe Suppression) : pour la partie Rx analogique (module électronique).

- Un contrôleur/extracteur : pour la partie Rx numérique (carte électronique pour le traitement numérique en réception).
- Panneau de commande pour faire par exemple : - Contrôler la radiation - Intégrer des paramètres - Contrôler les alarmes en cas d'un module défaillant.
- Une alimentation électrique.

Les principales caractéristiques du SIR-M sont :

- Très haute précision et très bonne résolution en azimuth et en portée.
- Contrôle à distance complet.
- Equipement de test intégré.
- Récepteur mono-impulsion complet.

III.2.1 L'antenne ALE-9 :

Le Radar secondaire mono-impulsion d'Alger utilise une antenne moderne de type ALE-9 constituée d'un réseau de dipôles. C'est une antenne de type « open array » de 1.9m par 8.4m, elle est formée d'un alignement horizontal de 35 colonnes de 11 dipôles chacune.

Elle est utilisée pour la transmission et la réception de l'interrogation ATCRBS (Air Traffic Control Radar Beacon System) du signal transpondeur.

L'antenne du radar secondaire est montée au sommet du radar primaire, elle tourne en même temps que ce dernier, permettant la synchronisation des données PSR et MSSR.

L'antenne intègre les diagrammes suivant :

- Somme/directionnel (Σ)
- Différence/mono-pulse (Δ)
- Canaux omnidirectionnels de suppression des lobes latéraux (Ω)



Figure II.4 Antenne du radar secondaire

Voici ci-dessous quelques données techniques de l'antenne ALE-9 :

Gamme de fréquence	Σ (Somme) : 1030 Mhz et 1090 Mhz. Δ (Différence) : 1090 MHz. - Ω (SLS) : 1030 Mhz et 1090 Mhz.
La portée	250NM
La puissance	2KW
Le Gain	Σ (Somme) : 27dB. - Δ (Différence) : 2.5dB
La directivité	Directionnelle
Poids (support et réflecteur)	430kg
Taux de rotation d'antenne	12 tr/min
Connecteur d'antenne	Câble coaxiale

Tableau II.2 : quelques données techniques de l'antenne ALE-9

III.2.2 Le diagramme de rayonnement :

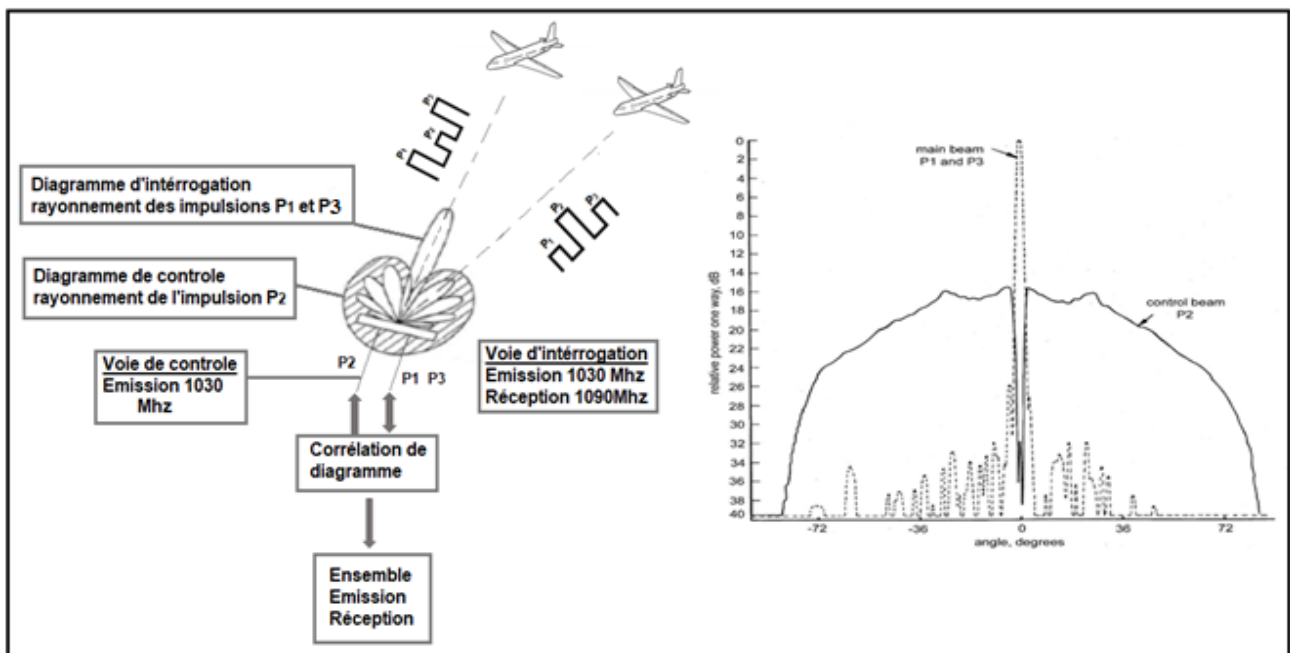


Figure II.5 : les lobes

Une impulsion **P2** est rayonnée par le radar sur le diagramme de contrôle, elle permet d'établir une référence de puissance par rapport à laquelle le transpondeur situera les interrogations.

L'impulsion **P2** est émise avec un retard de **2µs** par rapport à **P1**, le transpondeur peut ainsi par mesure relative des puissances **P1** et **P2** localiser l'interrogation et inhiber la réponse si cette interrogation s'est faite sur un lobe secondaire.

IV. Positions de travail :

La station radar du site d'Alger et ses différents équipements sont interconnectés via un réseau local **LAN** (Local Area Network) afin de garantir la connectivité et l'échange des données. C'est un réseau composé de plusieurs équipements connectés comme on l'a vu précédemment.

IV.1 Réseau locale (LAN) :

LAN (Local Area Network) est un réseau dont l'étendue physique est limitée à une salle ou un bâtiment. C'est un système capable d'assurer la communication entre des terminaux indépendants distribués dans une zone géographique délimitée avec précision afin d'échanger ou de partager des informations. Les postes sont circonscrits dans une zone géographique d'environ une dizaine à une centaine de mètres de rayon, par un réseau, souvent à l'aide d'une même technologie (la plus répandue étant Ethernet).

Les types de données échangées dans un LAN sont subdivisés en trois catégories :

- Les données RADAR : elles sont échangées via une adresse IP par le protocole UDP (User Datagram Protocol), il permet l'échange transparent des données, garantit la synchronisation et préserve l'aspect temps réel des données.
- Données de télésignalisation ou télécommande : En cas de panne chaque équipement envoie une requête de télésignalisation vers LCMS et RHP. Autrement, RHP et LCMS peuvent exécuter des commandes via le LAN (basculement, Eteindre, filtrage)
- Données de Broadcast (échange de données de configuration réseau) : Pour assurer leurs connectivités avec le LAN, chaque équipement envoie et reçoit périodiquement des paquets de configuration réseau.

IV.2 CMS (Control and Monitoring System):

Le CMS a pour rôle de surveiller et de contrôler le comportement du système pour garantir un fonctionnement fiable et sûr du système de contrôle du trafic aérien (ATC).

Le système **CMS** est installé dans un poste dans le but de surveiller les nœuds informatiques et l'équipement des salles radar. Ces données comprennent l'état des composants de la salle technique radar, de diagnostic, d'alarme et les messages de notification. Les messages d'alarme sont notifiés à l'opérateur d'une manière visuelle et sonore.

Il y'a deux types de CMS :

a) LCMS (Local Control and Monitoring System):

C'est une interface de supervision d'état de la station radar. Elle permet la surveillance du bon fonctionnement du système en réseau local. C'est un système de supervision qui concerne l'acquisition de données (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de commande pour les équipements et le contrôle des deux radars.

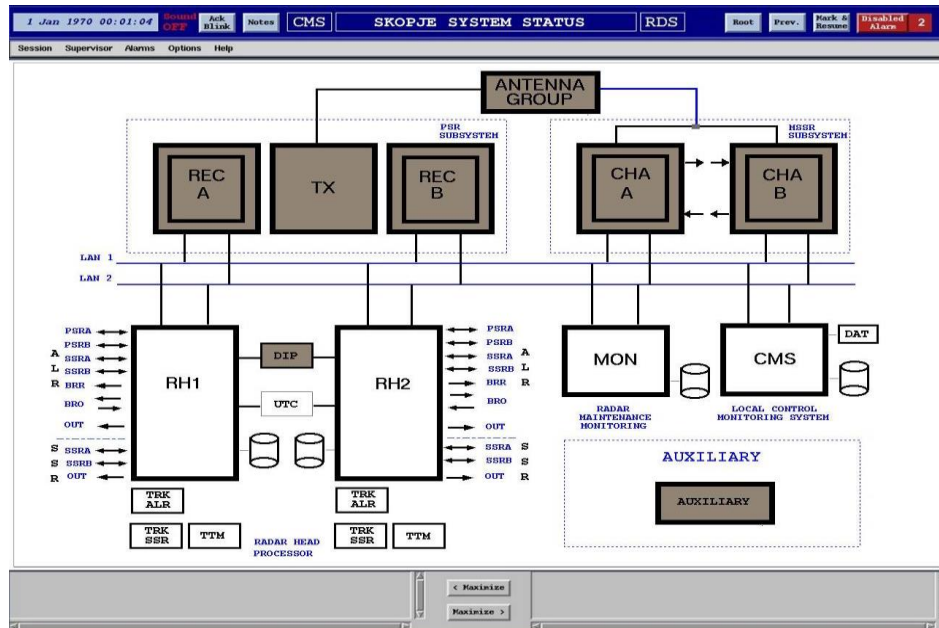


Figure II.6 LCMS pour la station radar d'Alger

b) RCMS (Remote Control and Monitoring System):

C'est une interface de supervision qui permet la surveillance de chaque LCMS des 5 stations Radars d'Algérie. Le seul RCMS se trouve à Alger et assure donc la surveillance de l'état et le bon fonctionnement du système de chaque région.

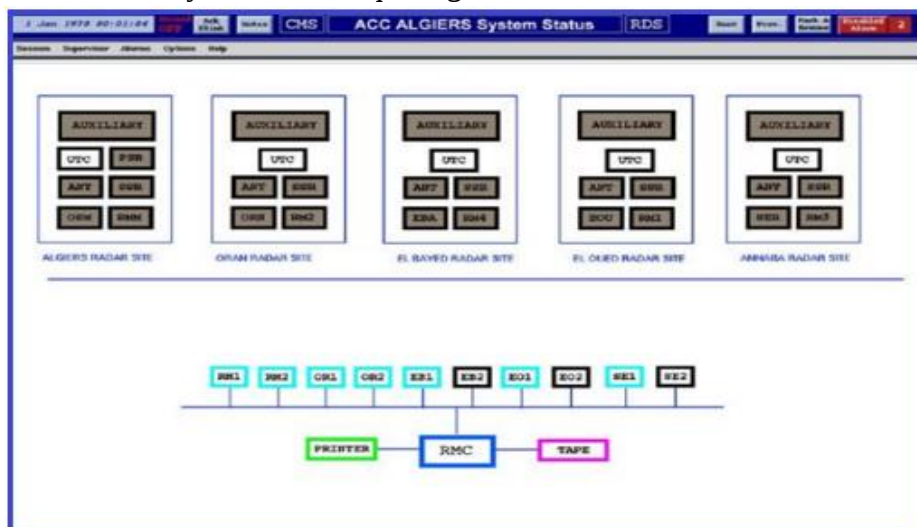


Figure II.7 RCMS

IV.3 RMM (Radar Maintenance Monitor) :

Il est composé d'un ordinateur système ouvert. Il est utilisé pour représenter sur l'écran graphique les données radar brutes provenant à la fois du SSR et le PSR via LAN.



Figure II.8 : RMM

IV.4 CPW (Controller Working Position):

C'est une position de secours avec une image brute, il intègre différents systèmes et fonctions ATC dans une position de travail configurable du contrôleur de tour qui améliore la connaissance de la situation, ce qui augmente la sécurité.

IV.5 RHP (Radar Head Processor):

C'est un serveur de traitement de données radar, il permet de faire la combinaison des deux données reçues du PSR et du SSR de la même cible ,calculer la vitesse et écrire les données reçues sous format ASTERIX pour les envoyer vers le switch et ensuite vers les modems. Dans l'architecture Radar d'Alger, il y'a deux RHP pour assurer la redondance.

Les sorties du RHP sont illustrés dans la figure suivante :

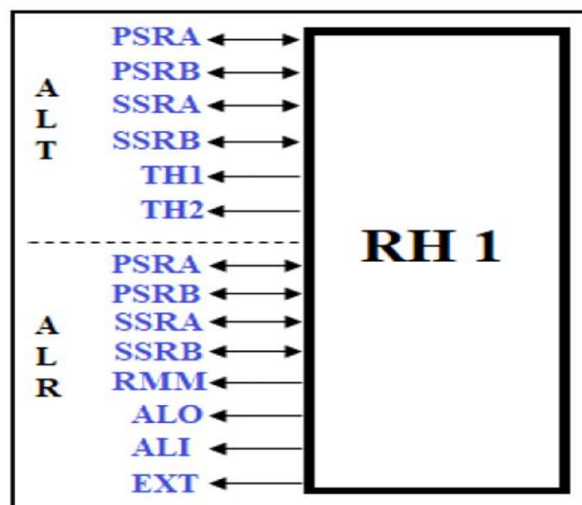


Figure II.9 les sorties du RHP

- **ALT** : données sans vitesse
 - *"TH1" et "TH2" qui sont des données sous format **ASTERIX**
- **ALR** : données avec vitesse
 - *"ALO" des données sous format **ASTERIX** envoyées vers la salle technique (pour l'exploitation).
 - *"ALI" des données sous format **ASTERIX** envoyées vers l'aérodrome.
 - *"EXT" des données sous format **ASTERIX** pour l'utilisation militaire.
 - *Des données pour l'affichage sur le "**RMM**"

V. Protocoles de transmission :

V.1 Modèle OSI:

Le modèle OSI (Open Systems Interconnection) est une Norme définie par l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) pour permettre l'interconnexion des systèmes hétérogènes. L'architecture du modèle de référence d'interconnexion des systèmes ouverts (ou modèle de référence OSI) est hiérarchisée en sept couches. Chaque couche a un rôle bien particulier et communique sur requête (sur demande) de la couche supérieure en utilisant des services de la couche inférieure (sauf pour la couche physique). Cette décomposition en couches a été créée pour simplifier considérablement la compréhension globale du système et pour faciliter sa mise en œuvre. Les différentes couches sont les suivantes :

7	Application	Fournit un point d'accès aux services réseaux. Le modèle ne donne aucune spécification à cette couche
6	Présentation	Chargée du codage et de la conversion des données applicatives transmises
5	Session	Gère la synchronisation des échanges et des transactions par ouverture ou fermeture de session
4	Transport	Gère les communications de bout en bout entre processus
3	Réseau	Gère les communications de proche en proche à travers des réseaux physiques différents
2	Liaison	Gère la communication entre 2 hôtes reliés directement par un support physique.
1	Physique	Chargée de transmettre les données à envoyer sur le support physique. Service limité à l'envoi d'un bit

Figure II.10 : Le modèle OSI

Les couches basses (1, 2, 3 et 4) sont dédiées à l'acheminement des informations entre les extrémités concernées. Les couches hautes (5, 6 et 7) sont responsables du traitement de l'information. [Annexe 1]

V.2 Modèle TCP/IP :

Le protocole **TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) réunit les deux protocoles **TCP** et **IP**. Il s'agit donc d'une suite de protocoles associée au domaine d'Internet pour lequel elle facilite le transfert de données. TCP/IP représente d'une certaine façon l'ensemble des règles de communication sur internet et se base sur la notion adressage IP, c'est-à-dire le fait de fournir une adresse IP à chaque machine du réseau afin de pouvoir acheminer des paquets de données. [Annexe1]

La station radar d'Alger fonctionne selon le protocole TCP/IP.

Le modèle TCP/IP comporte quatre couches :

- La couche application,
- La couche transport,
- La couche Internet
- La couche d'accès au réseau

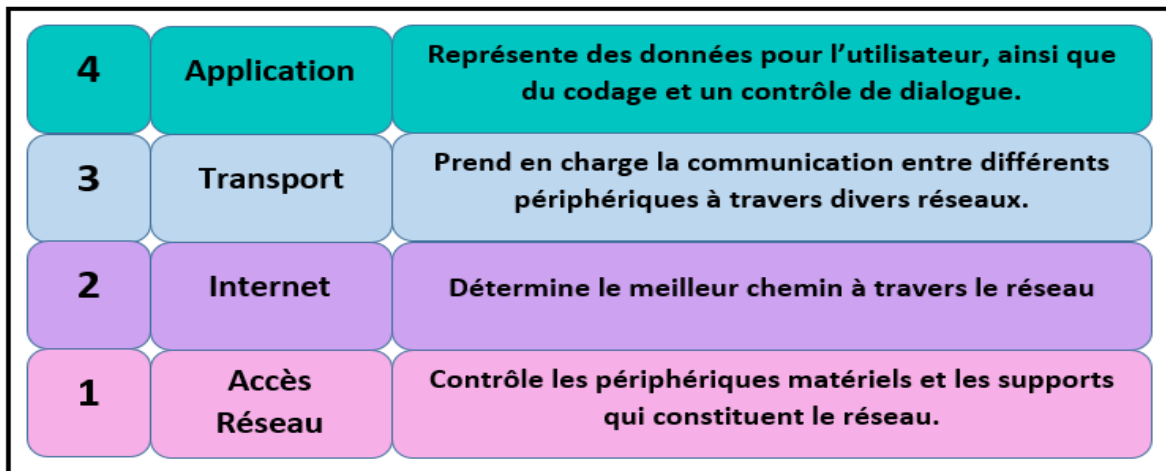


Figure II.11 : Modèle TCP/IP

a) Le TCP (Protocole de Transport) :

C'est un des principaux protocoles de télécommunication utilisés par Internet. Il fait partie de la couche transport du modèle OSI. Il permet de remettre en ordre les datagrammes en provenance du protocole IP, et de vérifier le flux de données afin d'éviter une saturation du réseau, et de formater les données en segments de longueur variable afin de les remettre au

protocole IP, il permet aussi de multiplexer les données (Circuler simultanément des informations provenant de sources distinctes sur une même ligne).

b) le protocole IP (Internet Protocol) :

L'IP est un protocole qui se charge de l'acheminement des paquets pour tous les autres protocoles de la famille TCP/IP. Il cherche un chemin pour transférer les données (datagrammes) d'un équipement émetteur, identifié par son adresse IP, à un équipement destinataire, identifié lui aussi par son adresse IP.

Le datagramme correspond au format de paquet défini par le protocole Internet. Les cinq ou six (sixième facultatif) premiers mots de 32 bits représentent les informations de contrôle appelées entête.

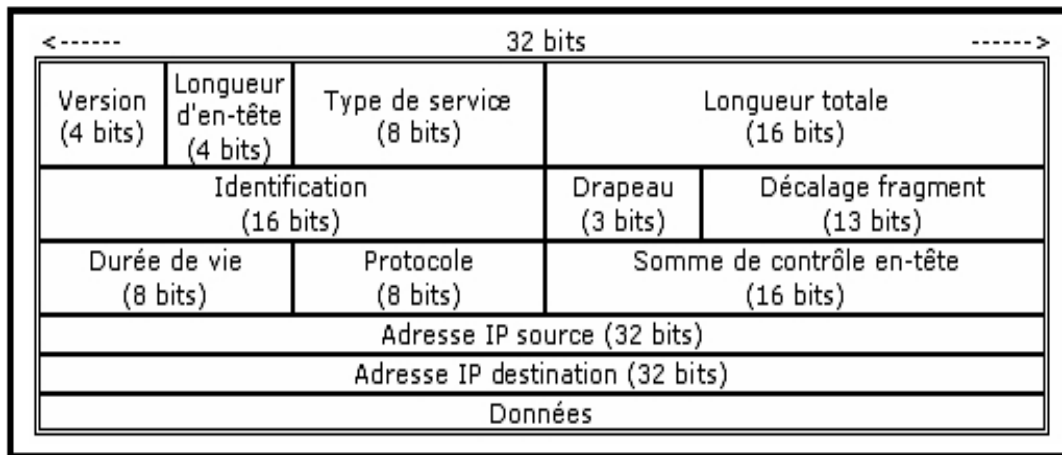


Figure II.12 Le datagramme IP

V.3 Le protocole UDP (User Data Protocol) :

UDP permet aux applications d'accéder directement à un service de transmission de datagramme tel que le service de transmission qu'offre l'IP. Le rôle de ce protocole est de permettre la transmission de données de manière très simple entre deux entités, chacune étant définie par une adresse IP et un numéro de port. Contrairement au protocole TCP, il fonctionne sans négociation : il n'existe pas de procédure de connexion préalable à l'envoi des données (le handshaking). Donc, UDP ne garantit pas la bonne livraison des datagrammes à destination, ni leur ordre d'arrivée. Il est également possible que des datagrammes soient reçus en plusieurs exemplaires.

Les paquets échangés dans le réseau LAN de la station radar d'Alger sont transmis via L'UDP. Ce protocole est utilisé pour transmettre les données Radar via l'adresse IP 224.1.1.113, et les données de télésignalisation et télécommande à travers le LAN de la station RADAR où le taux de réception est égale à 100% (pas de perte de données).

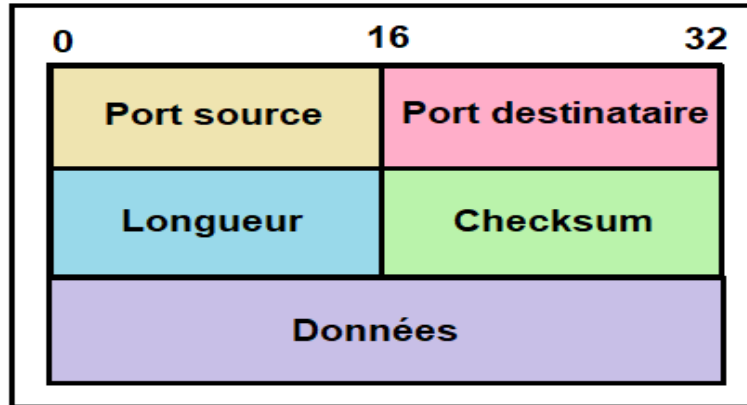


Figure II.13 L'en tête de l'UDP

- **Le Port Source** : est un champ optionnel. Lorsqu'il est significatif, il indique le numéro de port du processus émetteur.
- **Le Port Destinataire** : à une signification dans le cadre d'adresses Internet particulières.
- **La Longueur** : compte le nombre d'octets dans le datagramme entier y compris le présent entête.
- **Le Checksum** : Cette information permet d'augmenter l'immunité du réseau aux erreurs de routage de datagrammes.

V.4 ETHERNET :

La transmission des données radar dans le réseau LAN de la station radar d'Alger utilise l'Ethernet, cette dernière est basée sur le principe de dialogue sans connexion et donc sans fiabilité. Les trames sont envoyées par l'adaptateur sans aucune procédure de type « handshake » avec l'adaptateur destinataire. Le service sans connexion d'Ethernet est également non fiable, ce qui signifie qu'aucun acquittement, positif ou négatif, n'est émis lorsqu'une trame passe le contrôle avec succès ou lorsque celle-ci échoue. Cette absence de fiabilité constitue sans doute la clé de la simplicité et des coûts modérés des systèmes Ethernet.

Format d'une trame Ethernet :

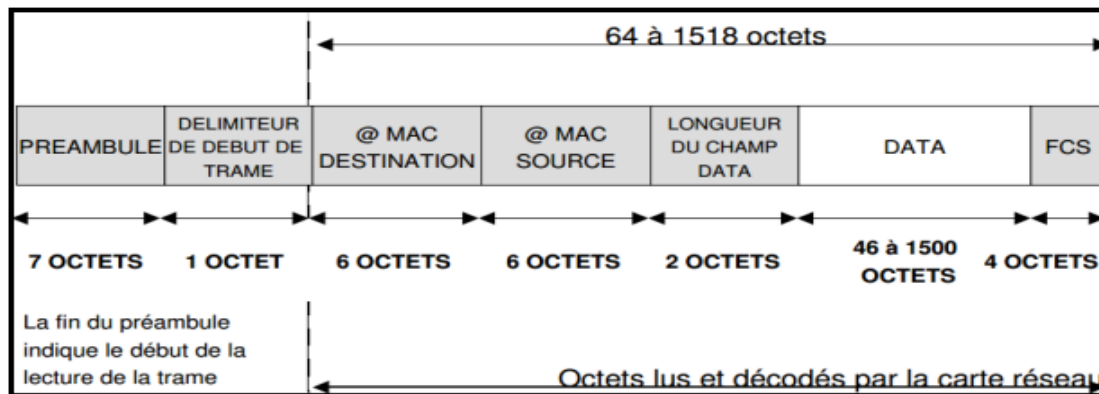


Figure II.14 L'en-tête ETHERNET

- **L'adresse destination** : Ce champ est codé sur 6 octets et représente l'adresse **MAC** (Medium Access Control) de l'adaptateur destinataire.
- **L'adresse source** : Ce champ est codé sur 6 octets et représente l'adresse MAC de l'adaptateur émetteur.
- **Le préambule** : composé d'une succession de 0 et de 1, assure la synchronisation du récepteur sur la trame émise.
- **Le delimitateur de trame** : permet de trouver le début du champ d'adresses.
- Une séquence de contrôle **FCS** (Frame Check Sequence) calculée suivant un code de redondance cyclique (CRC).

V.5 Le protocole HDLC :

Le réseau de la station radar d'Alger utilise le protocole HDLC (**H**igh **L**evel **D**ata **C**ontrol), c'est un protocole de couche de liaison du Modèle **OSI**, dérivé de **SDLC** (Synchronous **D**ata **L**ink **C**ontrol). Son but est de définir un mécanisme pour délimiter des trames de différents types, en ajoutant un contrôle d'erreur. Il est défini par l'Organisation internationale de normalisation sous la spécification **ISO 3309** et **ISO 4335**. Il prend en charge les lignes de communication semi-duplex et full-duplex, les réseaux point à point et multipoint ainsi que les canaux commutés ou non commutés.

Dans l'**HDLC**, l'information est organisée en trame :

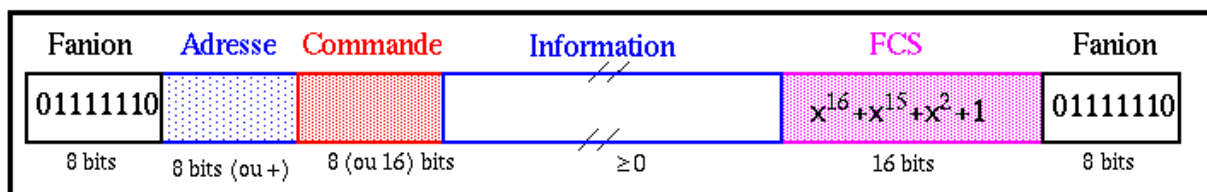


Figure II.15 : Trame HDLC

- **Fanions** : délimiteurs de trame (indique les bords de la trame) ;
- **Adresse** : identifie la station émettrice ou réceptrice
- **Commande** : combinaison de bits qui identifie la trame
- **Données** : champ de données
- **FCS (Frame Check Sequence)** : c'est code ajouté après les données pour détecter d'éventuelles erreurs de transmission

VI. Chaîne de transmission des données radar :

Le schéma suivant représente la chaîne de transmission des données radar de la station radar Alger vers les systèmes d'utilisateurs :

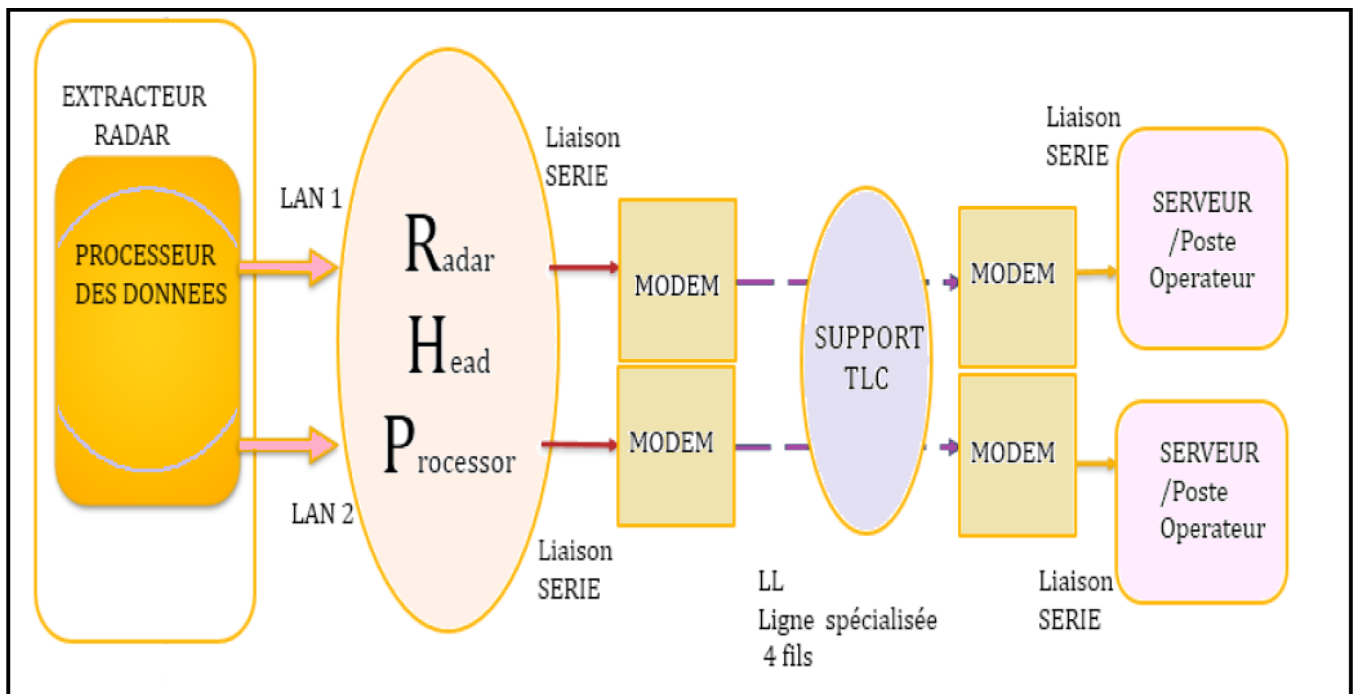


Figure II.16 : chaîne de transmission des données radar

Nous allons expliquer les différents blocs qui constituent cette chaîne de transmission :

-**L'étage extracteur de données RADAR** reçoit le signal radar filtré puis il est transmis vers le processeur des données (data processor).

-**Le processeur des données** transforme les données radar brutes en données propres pour une interprétation facile, par la suite ces données seront transmises vers le RHP.

CHAPITRE II : Station RADAR et protocole de transmission de données

-**Le RHP** écrit les données reçues sous format ASTERIX pour les envoyer vers les modems, Dans l'architecture précédente il y a deux RHP pour assurer la redondance, ils sont reliés au réseau LAN.

Les taches principales du RHP peuvent être résumées dans la liste suivante :

- Combiner les données du radar primaire et les données du radar secondaire.
- Supprimer les fausses alarmes.
- Identifier et suivre les cibles à travers des scans consécutifs (tracking).
- Filtrer les données radar selon des critères géographiques.
- Traiter les données météorologiques.

-**Les modems** : le modem utilisé dans la station radar est le modem MD 334 qu'est un équipement modulateur/ démodulateur (Il convertit toutes les données numériques en ondes analogiques (et réciproquement)) multistandard de table permettant la connexion sur la ligne à commuter et la connexion sur une ligne louée à 2 fils avec des fonctions de sauvegarde et de restauration automatique à une vitesse maximale de 28800 bits/s.

Après les modems les données radars sont transmises de la station radar vers la salle technique par des lignes spécialisées (TLC).

Dans la salle technique il y a des modems pour recevoir les données radar et les envoyer vers les serveurs qui vont faire le décodage ASTERIX.

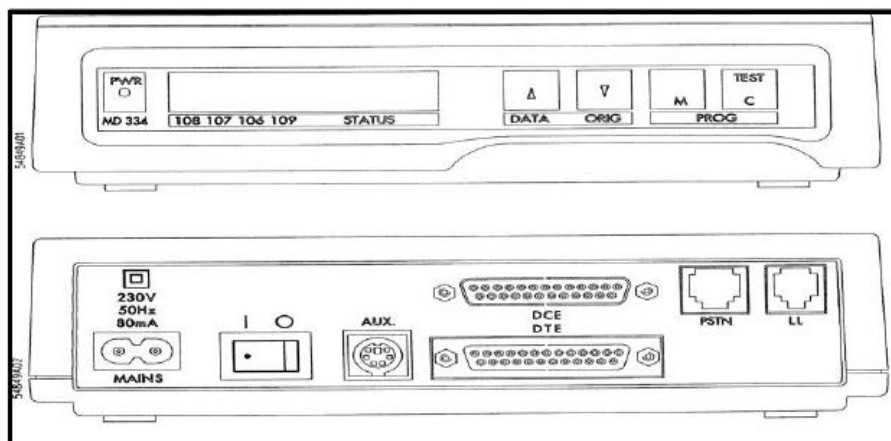


Figure II.17 : Modem MD 334

VII. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait une brève description des équipements les plus importants de la station radar d'Alger. Tel que les équipements de l'acquisition, de traitement, de supervision et de transmission. Ainsi que les différents protocoles de transmission des données utilisés.

Chapitre 3

Exploitation des données Radar

I. Introduction :

Dans le passé, différents pays encodent les données radar dans différentes langues, ce qui compliquait l'échange de données entre les centres de contrôle du trafic aérien. Pour résoudre ce problème, l'Organisation Européenne Eurocontrol a développé un nouveau langage d'échange de données pour la transmission des données radar « ASTERIX ». Dans ce chapitre, nous allons présenter de façon générale le protocole ASTERIX, donner un exemple d'étude d'une trame de catégorie 1. Enfin nous allons réaliser le décodage de cette trame.

II. Le format ASTERIX :

Le format ASTERIX (All Purpose **S**tructured **E**UROCONTROL **S**u**R**veillance **I**nformation **E**Xchange), est un format utilisé au sein de l'ENNA pour la transmission des données des capteurs de surveillance et l'échange d'informations sur les services de trafic aérien (ATS). Ce format est aussi bien utilisé pour les radars primaires et secondaires.

C'est une norme extensible avec plusieurs catégories différentes, chacune traite un type particulier d'informations. Ce format a été conçu pour les supports de communication avec une bande passante limitée. C'est pourquoi, il suit des règles qui lui permettent de transmettre toutes les informations nécessaires, avec la plus petite charge de données possible.

II.1 Les catégories ASTERIX :

Les données Radar transmises sur le support de communication entre les différents utilisateurs doivent être classées en différentes catégories, chaque catégorie définit un type précis de donnée et doivent être normalisées pour tous les utilisateurs ASTERIX afin de permettre une identification et un traitement de données facile, classer les données en se basant sur leur priorité.

Ces catégories vont de 0 à 255, soit 256 catégories classées comme suit :

- **De 0 à 127** : pour les applications 'standard' civil et militaire comme le contrôle du trafic aérien 'ATC' et la météo.
- **De 128 à 240** : pour les applications spéciales dans le domaine militaire.
- **De 241 à 255** : pour les applications non standards civils et militaires pour les expérimentations, les tests et les recherches.

Exemples :

- **CAT 000** : c'est des messages de synchronisation.
- **CAT 001** : c'est un plot pisté (détection d'avion) du PSR et MSSR.
- **CAT 002** : c'est des messages de service concernant un radar.
- **CAT 008** : données météo du Monoradar (zones de précipitations etc...).
- **CAT 048** : future version de la catégorie 1 dédiée au Radar mode S.

II.2 Structure du message ASTERIX :

Un message ASTERIX est composé d'un ou de plusieurs blocs de données, chaque bloc contient une catégorie ASTERIX différente. Les champs de chaque catégorie sont définis par une norme EUROCONTROL, ces champs peuvent être de taille fixe ou variable comme suit :

- **Un champ fixe** : il a une taille fixe et c'est un multiple d'octets.



Figure IV.1 champ fixe

- **Un champ étendu** : il peut avoir une taille variable, le dernier bit nous indique si le champ de donnée continu ou si il doit s'arrêter.
 - si le bit du poids faible de l'octet vaut 1, le champ est étendu.
 - si le bit du poids faible de l'octet vaut 0, le champ s'arrête.



Figure III.2 champ étendu

- **Un champ répétitif** : Certains champs peuvent se répéter plusieurs fois, la valeur d'un octet nous indique le nombre de fois où les champs apparaissent dans la trame.

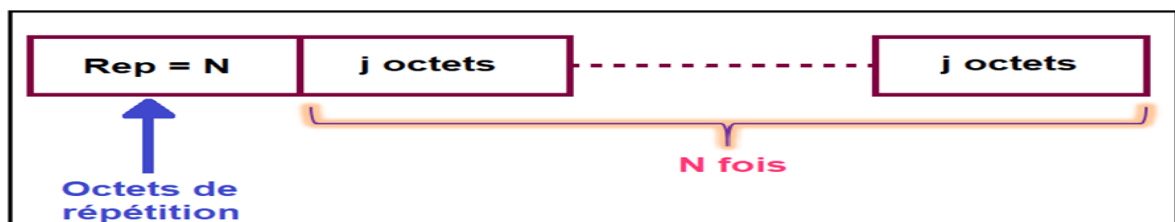


Figure III.3 champ répétitif

II.3 Bloc de données :

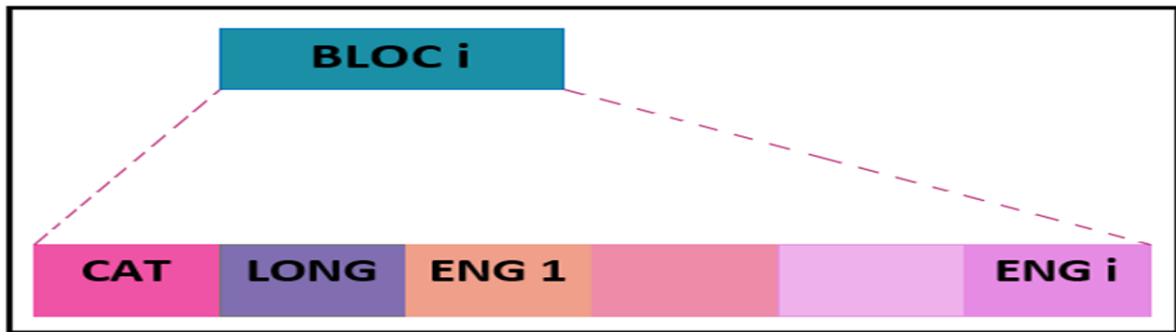


Figure III.4 Bloc de donnée ASTERIX

Un Bloc de données ASTERIX est composé de plusieurs éléments :

- **Le champ « CAT »** : un Bloc de donnée commence toujours par un octet spécifique appelé catégorie, celle-ci est codée de 00 à FF (en hexadécimal) on aura donc 256 catégories possibles, chacune définie un type de donnée.
- **Le champ « LONG »** : il est composé de deux octets, c'est un indicateur de longueur du champ, il nous donne la longueur totale du bloc de données.
- **Un enregistrement** : un enregistrement comporte des informations de la même catégorie désirée par une application, il comprend un nombre variable de champs de données. Chaque champ de données est associé à un seul élément de données.

La longueur d'un enregistrement doit toujours être un multiple d'octet car elle est implicite.

La figure ci-dessous nous montre la structure d'un enregistrement et ses différents composants :

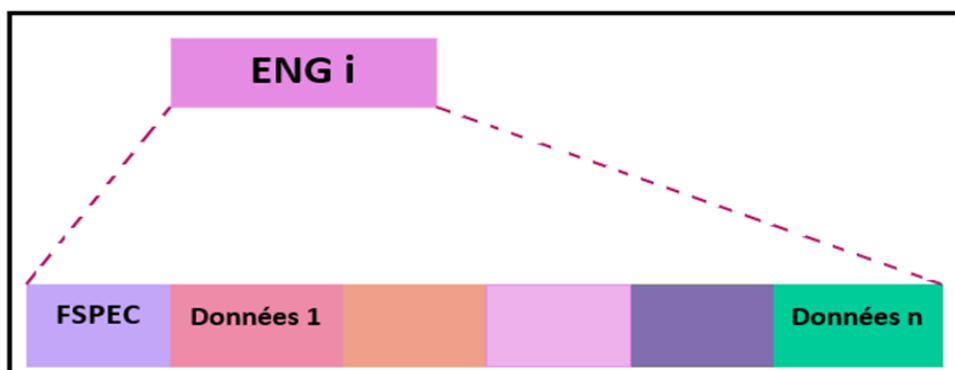


Figure III.5 Enregistrement ASTERIX

- **Le champ FSPEC ou le champ spécifique :** le « Field SPECification » est un champ qui indique la spécification des champs de longueur variable, indiquant les données qui sont présentes dans l'enregistrement et leur ordre. C'est une séquence de bits, chaque bit indique la présence ou l'absence de la donnée comme suit :

- Si un bit=1 alors l'enregistrement est envoyé.
- Si un bit=0 alors l'enregistrement n'est pas envoyé. [Annexe 2]

II.4 Forme générale d'un message ASTERIX :

La figure ci-dessous nous présente la forme générale d'un message sous le protocole Astérix :

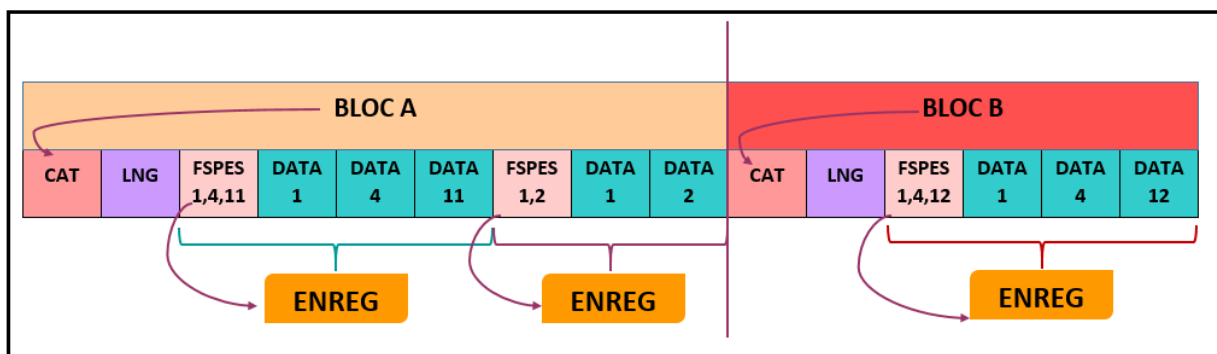


Figure III.6 forme générale d'un message ASTERIX

III. Etude d'une trame ASTERIX :

Le format ASTERIX a contribué à l'amélioration des échanges de données entre les différents postes de traitement et la station Radar. Les données reçues par la station radar sont codées en forme de message sous protocole ASTERIX, chaque donnée a une catégorie bien spécifique à elle, ces données seront envoyées aux différents postes de traitement afin d'être décodées et traitées et enfin exploitées par les différents utilisateurs.

La figure ci-dessous nous montre d'une manière simplifiée le chemin emprunté par un message ASTERIX :

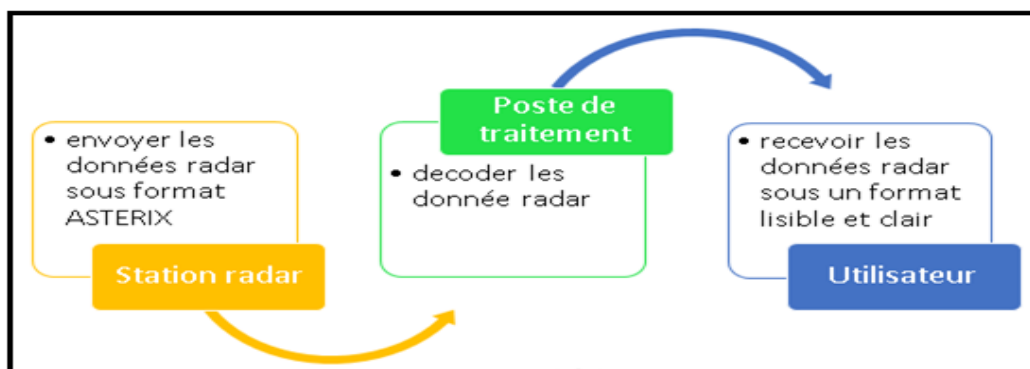


Figure III.7 Chemin suivi par un message ASTERIX

Afin que les données soient lisibles aux utilisateurs, nous allons procéder à un décodage, ce dernier se fera en deux méthodes comme le montre la figure ci-dessous :

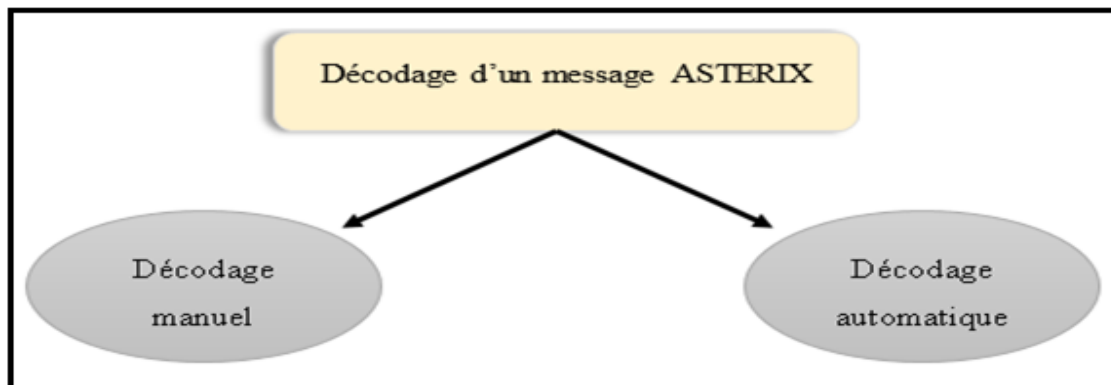


Figure III.8 schéma synoptique des méthodes de décodage d'un message ASTERIX

III.1 Décodage manuel :

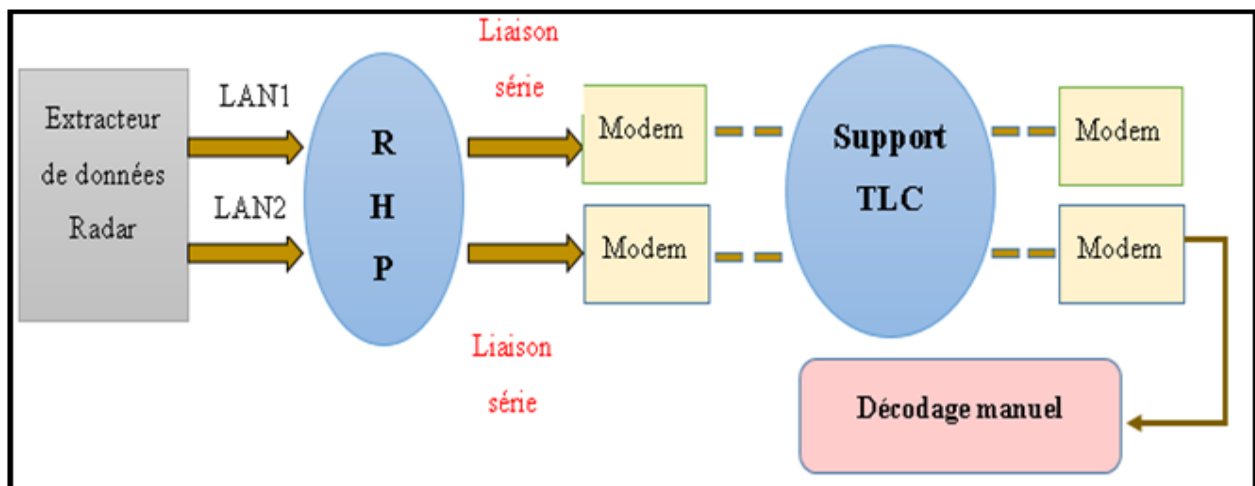


Figure III.9 schéma synoptique d'un décodage manuel

III.1.1 Procédure utilisée :

Voici ci-dessous un enregistrement d'une capture d'une trame :

FD FF FF FF 08 02 00 80 02 00 00 15 00 92 34 34 03 01 00 83 **F7 84** C8 02 A8 01 A8 38 00
 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68 **77 84** A8 00 21 5C 80 A0 14 08 1B A7 28 4D A0 05 C8
 68 **77 84** A8 01 7D 67 80 D0 88 0E FE 0E 0A E8 02 05 78 68 **77 84** A8 0A 88 12 80 F6 0F
 08 1F 2A B8 02 06 04 D8 68 **77 84** A8 00 8B 5F 00 4E 95 07 05 82 08 06 E6 02 0C 68 **77 84**
 A8 01 9F 7D 00 27 88 07 7B 00 04 C8 0F 05 78 68 **77 84** A8 00 31 0C 80 BC 50 01 E1 07
 D0 C4 0F 03 70 68.

- La première étape à faire pour pouvoir décoder cette trame manuellement est d'examiner le FSPEC afin de connaître les champs de données qui seront présents ou non.
- FSPEC= F7 84
- Notre trame se présente comme suit : FD FF FF FF 08 02 00 80 02 00 00 15 00 92 34 34 03 01 00 83 **F7 84** C8 02 A8 01 A8 38 00 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68

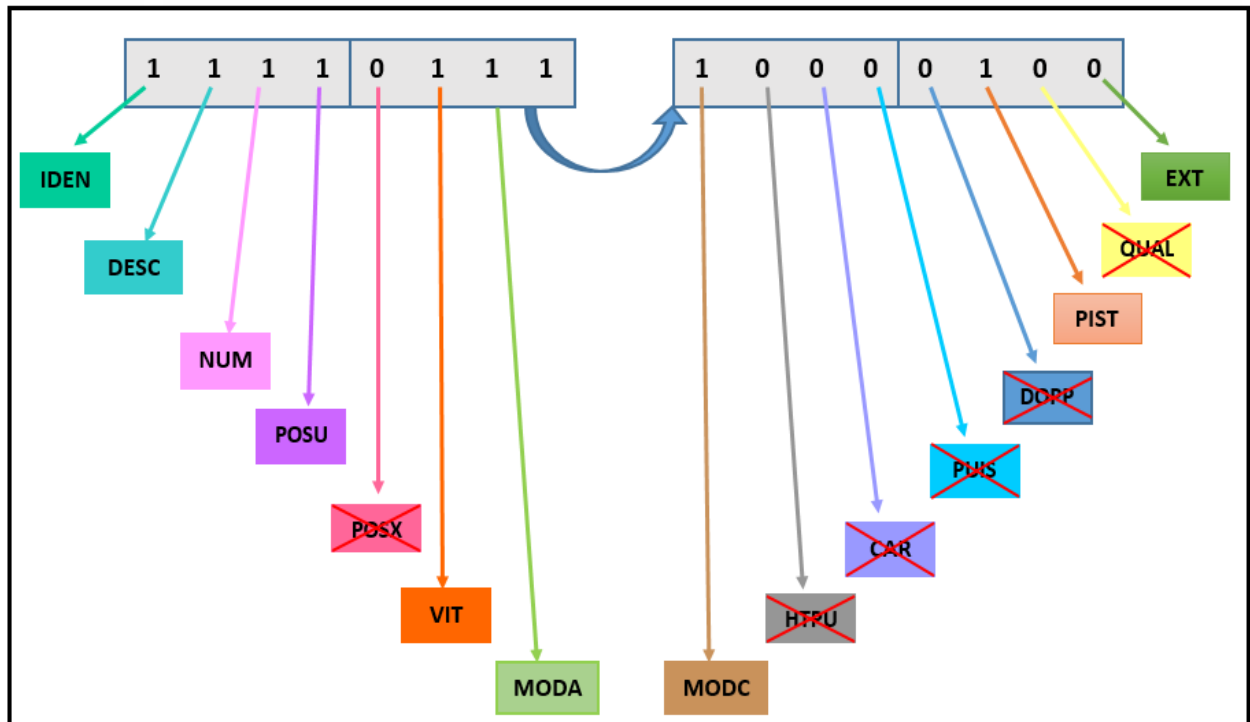


Figure III.10 Décomposition des champs du FSPEC

- Après examen du FSPEC on a obtenu le premier enregistrement comme le montre la figure suivante (Figure III.11), le deuxième enregistrement apparait après le deuxième FSPEC (77 84).
- Nous avons choisis une partie de la trame afin d'expliquer les différentes étapes du décodage à suivre afin de la décortiquer et d'en tirer les informations utiles.
- Après avoir récupérer les données utiles, nous allons examiner et expliquer chaque champs de la figure (Figure III.11).

FD FF FF FF 08	80 02 00 00 15	00 92	34	34	03
@ MAC Destination	@ MAC Source	Longueur ETHERNET	SSAP	DSAP	CMDE
01	00 83	F7 84	C8 02	A8	01 A8
CAT	Longueur	FSPEC	SAC / SIC	DESC	N° de piste
38 00 BD 88	09 09 26 68	02 89	05 50	68	FSPEC Suivant
Position	Vitesse	Mode A	Mode C	Piste	

Figure III.11 Les données utiles retenues après examinations du FSPEC

✚ C'est une trame de catégorie 001 (c'est un plot pisté d'un radar PSR, MSSR) avec une longueur du bloc de donnée de 131 octet (00 83).

III.1.2 Développement et identification des champs :

On va prendre la partie de la trame suivante :

F7 84 C8 02 A8 01 A8 38 00 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68

➤ **CAT** : le champ catégorie se compose d'un octet :

Hexadécimal	Binaire	Décimal	Résultat
01	00000001	0	Catégorie 1

Tableau III.1 Octet de la Catégorie

➤ **Longueur** : le champ longueur se compose de deux octets indique la longueur du bloc :

Hexadécimal	Binaire	Décimal	Résultat
00 83	00000000 10000011	131	131 octets

Tableau III.2 les deux octets de la longueur

- **IDEN** : le champ identification se compose en deux sous champs SAC / SIC :

Hexadécimal	Binaire	Décimal	Résultat
C8 / 02	11001000/00000010	200 /02	SAC : Algérie SIC : Annaba

Tableau III.3 Les deux octets Identification

- **DESC** : le champ descripteur se compose d'un octet :

Hexadécimale	A				8			
Binaire	1	0	1	0	1	0	0	0
Résultat	Piste	Info réelle	Détection SSR		ANT=1 information en provenance TPR 2	Pas de SPI	Pas de transpondeur fixe	Fin du champ donnée

Tableau III.4 L'octet descripteur

- **NUM de piste** : le champ se compose de 2 octets :

Hexadécimal	Binaire	Décimal	Résultat
01 A8	00000001 10101000	424	Piste N°424

Tableau III.5 Les deux octets du numéro de piste

- **Position** : en coordonnées polaire, il se compose de 4 octets :

Hexadécimale	Binaire	Décimale	Résultat
38 00 / BD 88	0011100000000000/ 1011110110001000	14336 / 48520	112 / 266.86°

Tableau III.6 Les quatre octets de position

- Bit 16...1 : THETA=48520*0.0055°= 266.86°
- Bits 32...17 : RHO=14336*1/128 NM= 112 NM

➤ **Vitesse :** Vitesse et cap du plot, se compose de 4 octets :

Hexadécimale	Binaire	Décimale	Résultat
09 09 / 26 68	0000100100001001/ 0010011001101000	2313 / 9832	508.86 / 54

Tableau III.7 Les quatre octets de la vitesse

- Bit 32...17 : Vitesse= $2313 \times 0.22 = 508.86$ kts
- Bit 16...1 : CAP= $9832 \times 360 / (2^{16}) = 54^\circ$

➤ **Mode 3A :**

Hexadécimale	Binaire	Décimale	Octal
02 89	1100 /001 010 001 001	137	1211

Tableau III.8 Les deux octets du code SSR

- Bit 16 : V=0 code valide
- Bit 15 : G=0 code n'est pas brouillé
- Bit 14 : L=0 Mode 3A comme dériver depuis le transpondeur
- Bit 13 : réservé =0 toujours
- Bits 12 à 1 : Mode 3A réponse en représentation octale
- Lire le nombre de droite à gauche → le code SSR est : 1121

➤ **Mode c :**

Hexadécimale	Binaire	Décimale
05 50	0000010101010000	1360

Tableau III.9 Les deux octets du niveau de vol

- Bit 16 : V=0 code valide
- Bit 15 : G=0 code n'est pas brouillé
- Bits 14 à 1: Mode c height = $1360 \times 1/4 \text{ FL} = 1360 \times 25 = 34000 \text{ feet} = \text{FL}340$

- **PIST** : C'est l'état de la piste, il est constitué d'un octet extensible transmis pour les plots pistés.

Hexadécimale	6				8		
Binaire	0	1	1	0	1	0	0
Résultats	piste confirmée	Piste SSR ou associée PSR/SSR	Détection de manœuvre	Association plot	Nombre d'extractions valeur binaire entre 0 et 3	Piste présumée fantôme	fin de champ

Tableau III.10 L'octet de l'état de piste

- Après l'octet **PIST** on a un nouveau **FSPEC=77 84** donc un nouveau Plot.

- **Pour résumé :**

FD FF FF FF 08 02 00 80 02 00 00 15 00 92 34 34 03	Ethernet
01 00 83 F7 84 C8 02 A8 01 A8 38 00 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68	Plot 1
77 84 A8 00 21 5C 80 A0 14 08 1B A7 28 4D A0 05 C8 68	Plot 2
77 84 A8 01 7D 67 80 D0 88 0E FE 0E 0A E8 02 05 78 68	Plot 3
77 84 A8 0A 88 12 88 F6 0F 08 1F 2A B8 02 06 04 D8 68	Plot 4
77 84 A8 00 8B 5F 00 4E 95 07 05 82 08 06 E6 02 0C 68	Plot 5
77 84 A8 01 9F 7D 00 27 88 07 7B 00 04 C8 0F 05 78 68	Plot 6
77 84 A8 00 31 0C 80 BC 50 01 E1 07 D0 C4 0F 03 70 68	Plot 7

III.2 Décodage automatique :

Dans ce type de décodage nous allons utiliser une application dans le chapitre qui va suivre, afin de décoder la trame ASTERIX déjà vu dans le décodage manuel, pour cela on va d'abord élaborer un algorithme sous forme d'organigramme puis entamer le décodage de la trame.

IV. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis en premier lieu de bien comprendre et se familiariser avec le format ASTERIX, en deuxième lieu de pouvoir décoder notre trame manuellement et d'en extraire les données radar utiles pour notre application de filtrage qui se fera par la suite.

Chapitre 4

Application du

Filtrage

I. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter l'application réalisée pour atteindre l'objectif de notre projet de fin d'étude qui porte sur le filtrage des données radar.

On réalisera tout d'abord un décodage automatique des données radar de la catégorie 1, par la suite on créera grâce à notre application une interface graphique contenant un écran radar ensuite on affichera les plots contenus dans notre trame et enfin on appliquera le filtrage sur ces plots.

II. Les outils utilisés pour la réalisation de notre application :

- **Le JAVASCRIPT :** est un langage de programmation orienté objet, il permet d'implémenter des mécanismes complexes sur une page web, c'est un langage qui permet de créer du contenu mis à jour de façon dynamique, de contrôler le contenu multimédia, d'animer des images...etc.

JavaScript est un langage de programmation complètement lié au langage HTML.

- **HTML :** est un langage de balises utilisé pour structurer et donner du sens au contenu web. Par exemple : définir des paragraphes, titres et tables de données ou encore intégrer des images ou des vidéos dans une page.

- **CSS :** est un langage de règles de style utilisé pour mettre en forme le contenu HTML. Par exemple : en modifiant la couleur d'arrière-plan ou les polices, ou en disposant le contenu en plusieurs colonnes.

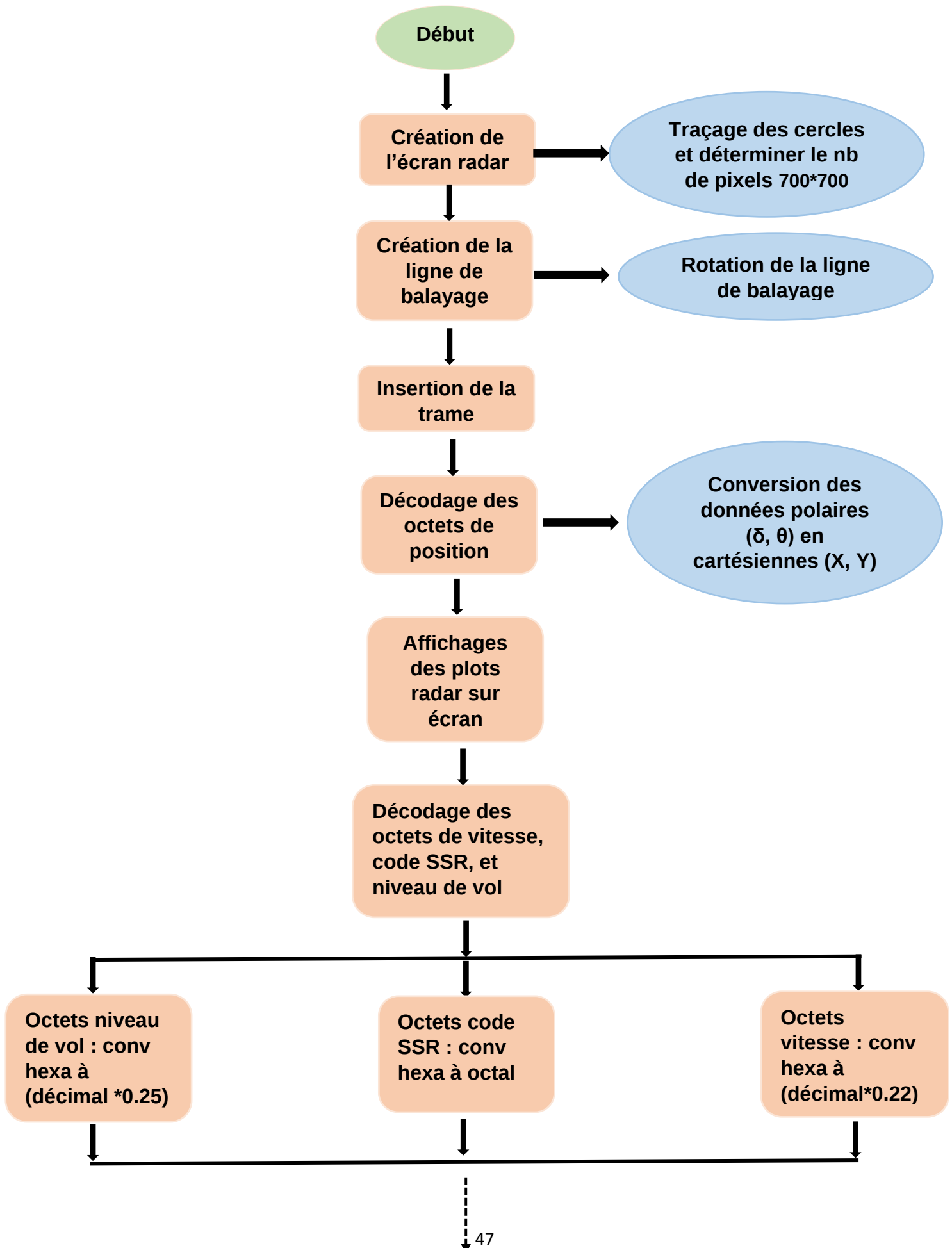
III. Présentation de notre application :

L'application que nous avons conçue consistera à prendre une trame ASTERIX la décoder pour en tirer toutes les données radar nécessaires, puis visualiser un écran radar y tracer les plots contenus dans notre trame et enfin filtrer certains des plots en utilisant deux méthodes.

IV. Les étapes de réalisation :

IV.1 L'organigramme de l'application :

L'organigramme suivant nous démontrera les différentes étapes à suivre afin de programmer le décodage du message ASTERIX jusqu'à la visualisation des plots sur écran Radar puis les filtrer.



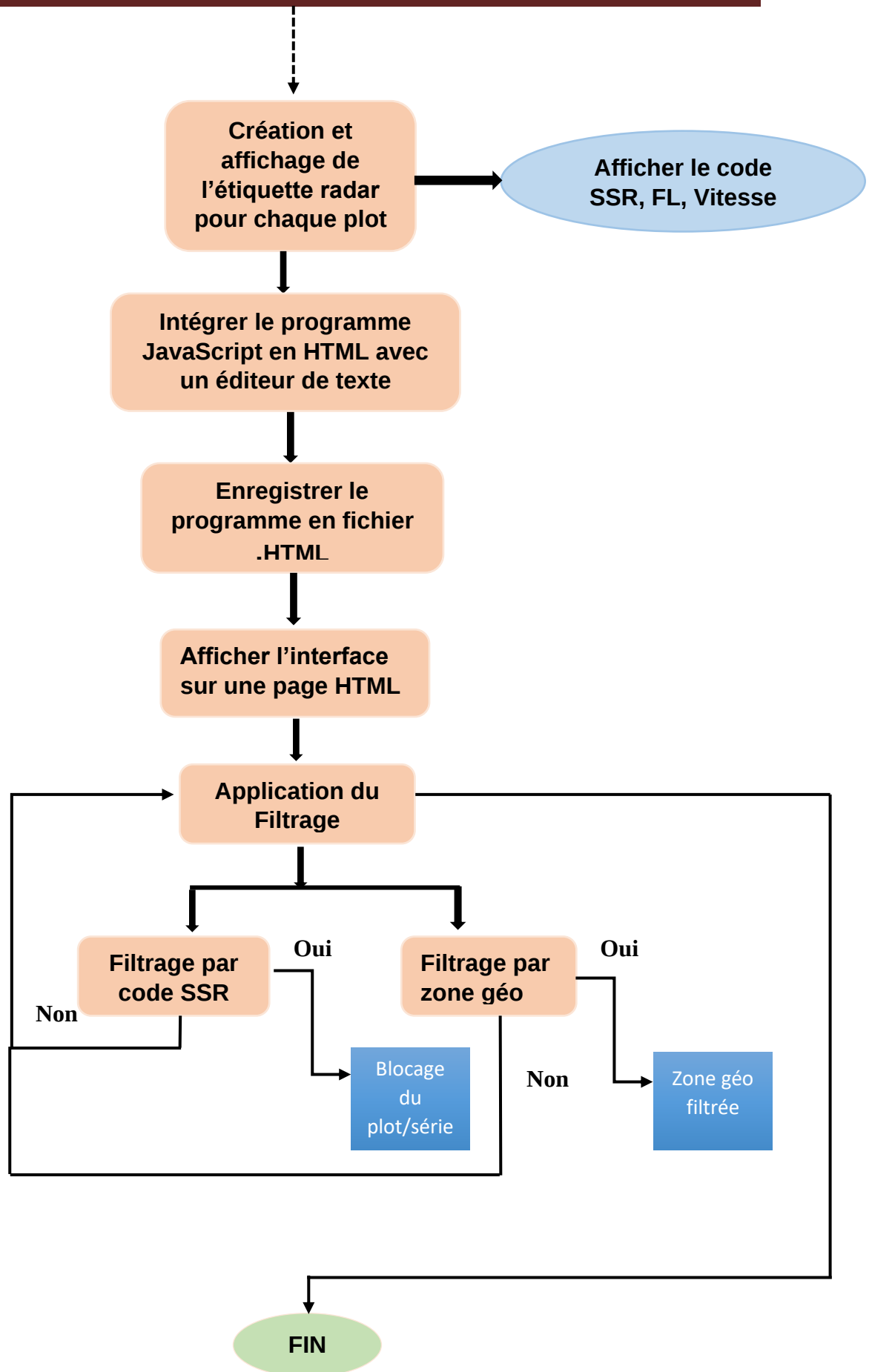


Figure IV.1 Organigramme de l'application

IV.2 Déroulement du programme :

A partir de l'organigramme vu dans la figure IV.1 nous allons expliquer les étapes du déroulement du décodage comme suit :

- 1-On commence tout d'abord par utiliser un élément appelé <canvas> qui nous aidera à la réalisation d'une interface graphique avec des animations.
- 2- Après avoir obtenu notre écran radar on va y ajouter une ligne de balayage qui va balayer l'intégralité de notre écran son centre sera la station radar.
- 3- Ensuite on va insérer notre trame et on concevra un programme qui va décoder cette trame pour en extraire les données qui vont nous aider à l'affichage des plots, ces données sont : la position, la vitesse, le code SSR, le niveau de vol.
- 4-Après avoir décodé la donnée de position on obtiendra des coordonnées polaire (rho, theta) on va par la suite les convertir en coordonnées cartésiennes (X, Y) et afficher nos plots sur l'écran.
- 5-Après avoir décodé les données Vitesse, code SSR et niveau de vol on va créer une étiquette radar pour chaque plot et y insérer ces dernières.
- 6- Après avoir obtenu notre écran radar avec tous les plots, on passera à l'étape filtrage des données radar, on appliquera deux sorte de filtrage : filtrage par code SSR et filtrage par zone géographique.

IV.3 Création de l'interface graphique :

Afin de réaliser notre application on a tout d'abord utilisé le compilateur ci-dessous disponible dans le site de « KhanAcademy » pour pouvoir programmer et nous faciliter la tâche car on a le programme du côté droit de la page et son exécution à gauche comme le montre la figure ci-dessous.

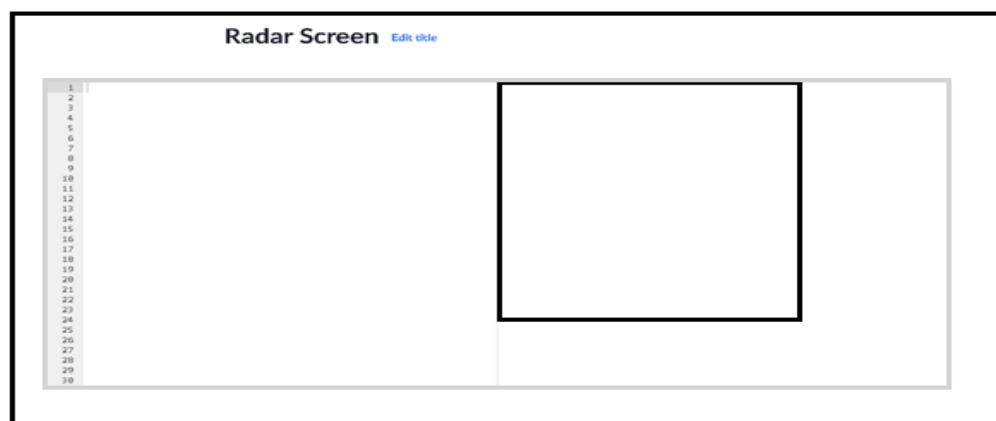


Figure IV.2 interface graphique avant injection du programme JS

L'étape suivante consistera à insérer un « background » à notre écran.



Figure IV.3 Insertion d'un background à l'écran

Ensuite on va créer des cercles sur notre écran et définir le nombre de pixels 700*700 pixels.

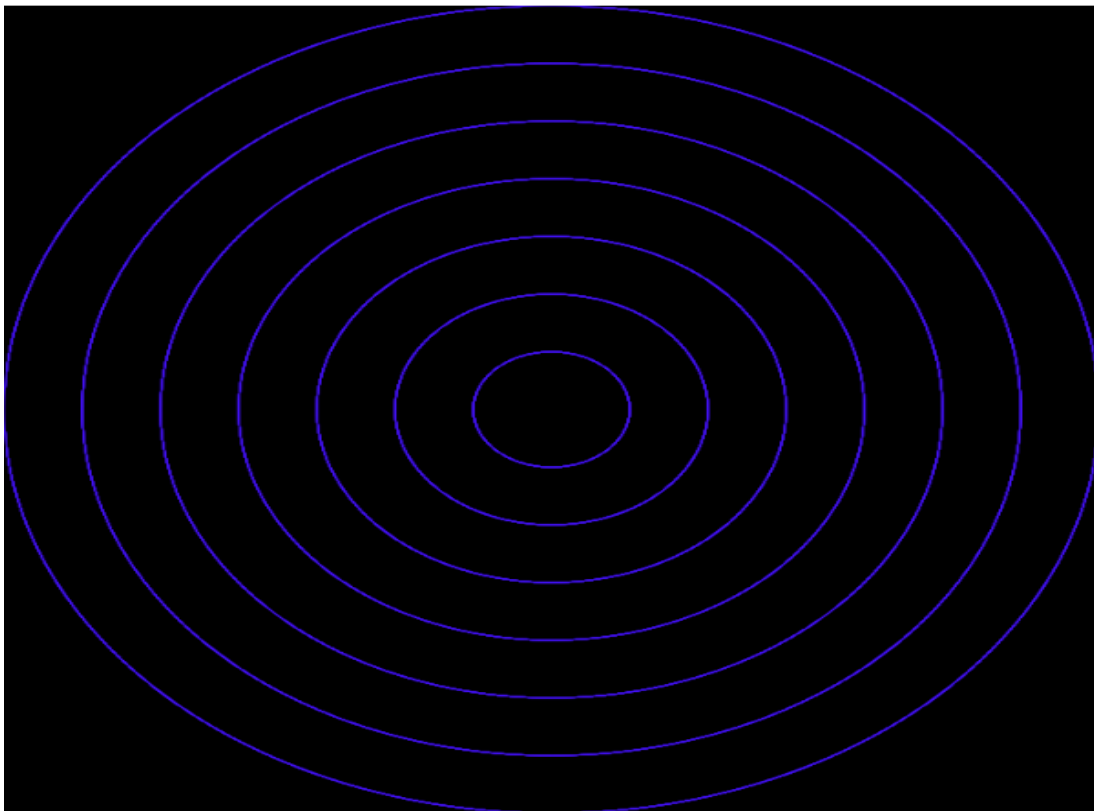


Figure IV.4 Insertion des cercles

Ensuite on va créer la ligne de balayage du radar, le centre de cette ligne sera notre station radar avec une portée de 256 NM.

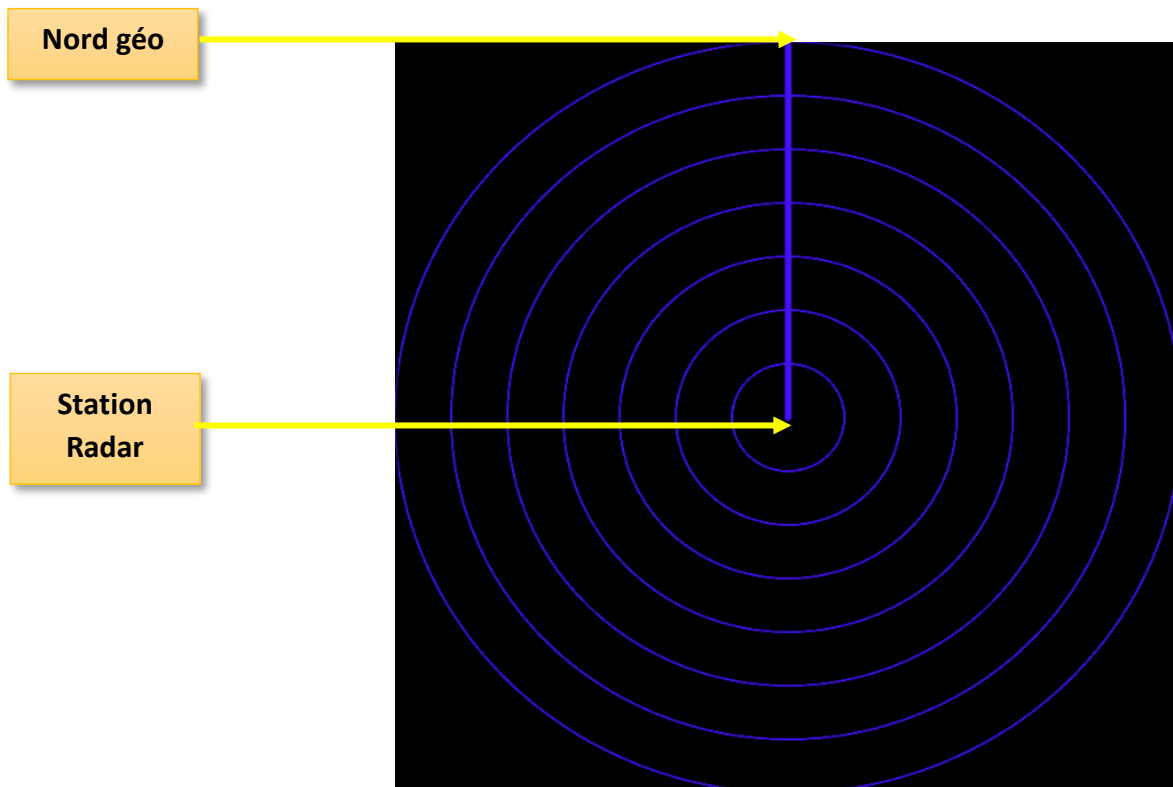


Figure IV.5 Création de la ligne de balayage radar

On va maintenant faire balayer notre ligne sur tout notre écran avec une rotation de 360° afin de détecter les plots radars.

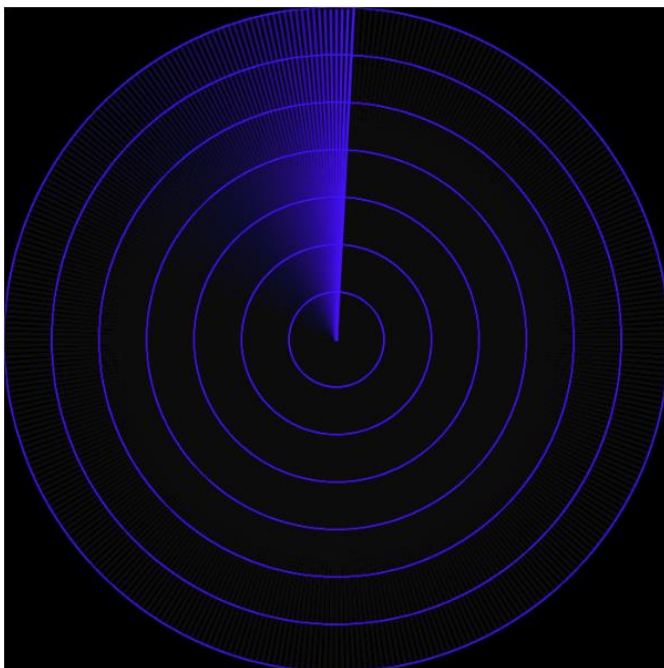


Figure IV.6 Rotation de la ligne de balayage radar
« up »

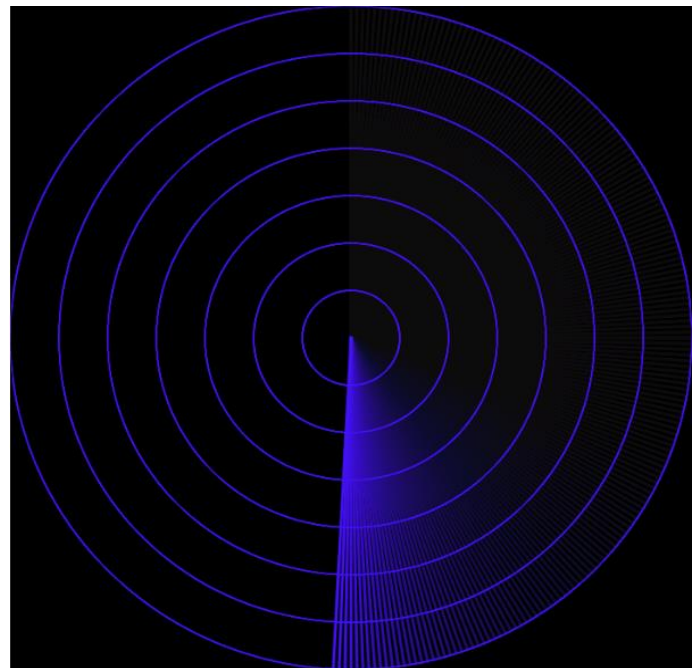


Figure IV.7 Rotation de la ligne de balayage radar
« down »

IV.4 Décodage des données radar et visualisation des plots :

L'étape suivante consistera à insérer notre trame ASTERIX dans notre programme afin qu'elle soit décodée et en extraire les données utiles à notre application.

1-Insertion de la trame ASTERIX suivante :

```
01 00 83 F7 84 C8 02 A8 01 A8 38 00 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68 77 84 A8 00 21 5C
80 A0 14 08 1B A7 28 4D A0 05 C8 68 77 84 A8 01 7D 67 80 D0 88 0E FE 0E 0A E8 02 05
78 68 77 84 A8 0A 88 12 80 F6 0F 08 1F 2A B8 02 06 04 D8 68 77 84 A8 00 8B 5F 00 4E 95
07 05 82 08 06 E6 02 0C 68 77 84 A8 01 9F 7D 00 27 88 07 7B 00 04 C8 0F 05 78 68 77 84
A8 00 31 0C 80 BC 50 01 E1 07 D0 C4 0F 03 70 68.
```

2-On va décoder les octets correspondants à la position des plots comme on peut le voir ci-dessous :

```
01 00 83 F7 84 C8 02 A8 01 A8 38 00 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68 77 84 A8 00 21 5C
80 A0 14 08 1B A7 28 4D A0 05 C8 68 77 84 A8 01 7D 67 80 D0 88 0E FE 0E 0A E8 02 05
78 68 77 84 A8 0A 88 12 80 F6 0F 08 1F 2A B8 02 06 04 D8 68 77 84 A8 00 8B 5F 00 4E 95
07 05 82 08 06 E6 02 0C 68 77 84 A8 01 9F 7D 00 27 88 07 7B 00 04 C8 0F 05 78 68 77 84
A8 00 31 0C 80 BC 50 01 E1 07 D0 C4 0F 03 70 68.
```

On peut voir dans le tableau ci-dessous le résultat du décodage de la donnée position :

Plot	Azimut θ	Distance ρ
Plot 01	267°	112 NM
Plot 02	225°	185 NM
Plot 03	294°	207 NM
Plot 04	346°	37 NM
Plot 05	110°	190 NM
Plot 06	56°	250 NM
Plot 07	265°	25 NM

Une fois la donnée de position décodée on obtiendra les coordonnées polaires (rho, theta) des plots on fera par la suite une conversion en coordonnées cartésiennes (X, Y) pour les afficher sur notre écran.

Après avoir décodé la position on insère le programme qui va visualiser notre plot comme suit :

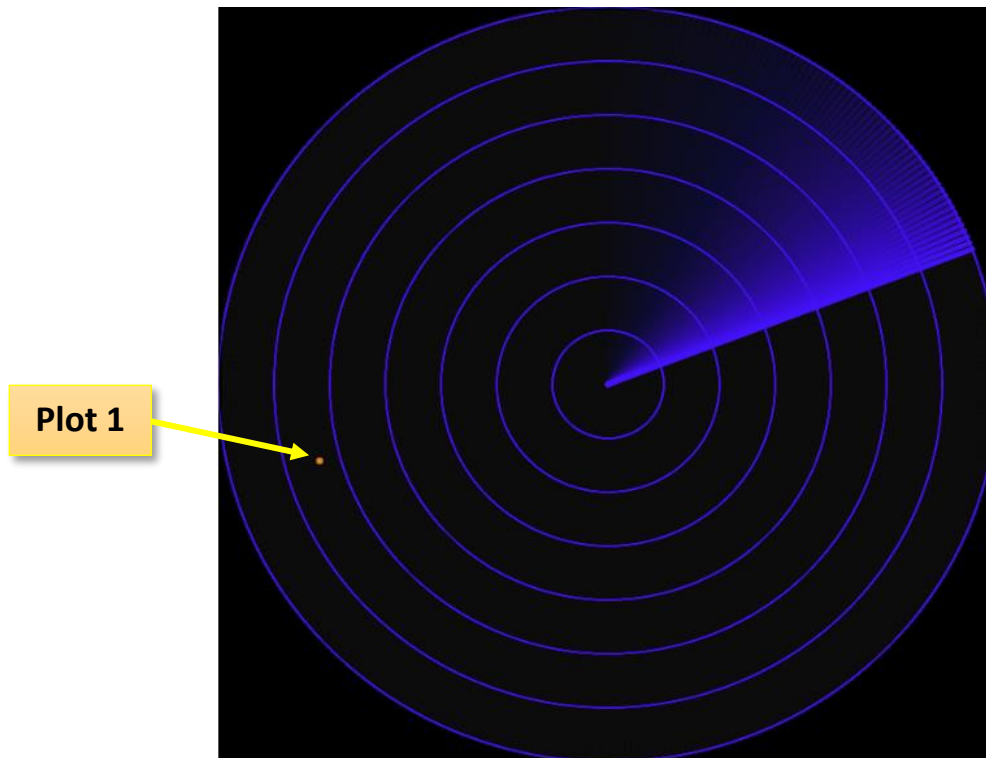


Figure IV.8 Visualisation du premier plot radar

IV.5 Création et visualisation de l'étiquette Radar :

Après un tour d'antenne radar on obtiendra un plot non identifié comme le montre la figure précédente, après trois tours d'antenne on aura un plot pisté et donc il sera identifié grâce à son étiquette radar, pour avoir cette étiquette on devra décoder d'autres données radar contenues dans notre trame ASTERIX :

- La vitesse « en rouge »
- Le code SSR « en bleu »
- Le niveau de vol « en vert »

1/ On commence par décoder les données suivantes :

```
01 00 83 F7 84 C8 02 A8 01 A8 38 00 BD 88 09 09 26 68 02 89 05 50 68 77 84 A8 00 21 5C
80 A0 14 08 1B A7 28 4D A0 05 C8 68 77 84 A8 01 7D 67 80 D0 88 0E FE 0E 0A E8 02 05
78 68 77 84 A8 0A 88 12 80 F6 0F 08 1F 2A B8 02 06 04 D8 68 77 84 A8 00 8B 5F 00 4E 95
07 05 82 08 06 E6 02 0C 68 77 84 A8 01 9F 7D 00 27 88 07 7B 00 04 C8 0F 05 78 68 77 84
A8 00 31 0C 80 BC 50 01 E1 07 D0 C4 0F 03 70 68.
```

Le tableau ci-dessous nous montre les données précédentes décodées :

Plot	Vitesse	Altitude	Code SSR
Plot 01	509 Kts	34000 ft FL 340	1121
Plot 02	457 Kts	37000 ft FL370	0466
Plot 03	457 Kts	53000 ft FL350	2004
Plot 04	457 Kts	31000 ft FL310	6001
Plot 05	395 Kts	13100 ft FL131	6433
Plot 06	421 Kts	53000 ft FL350	7104
Plot 07	106 Kts	22000 ft FL220	7102

Tableau IV.3 les données vitesse, code SSR, et niveau de vol

2/ On insère le programme qui lit les données décodées et visualise l'étiquette radar à côté du plot elle aura comme renseignements : code SSR suivi du niveau de vol et de la vitesse de l'aéronef.

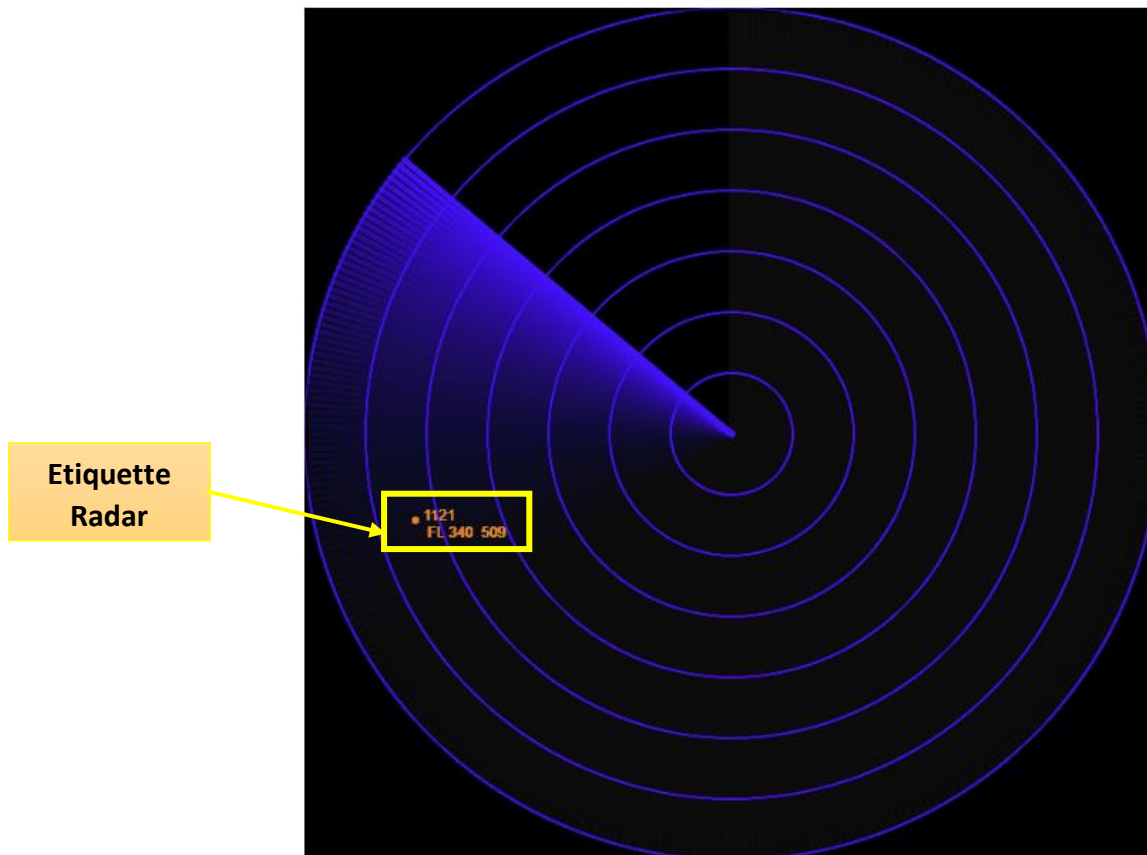


Figure IV.9 Visualisation de l'étiquette Radar

Maintenant on va afficher sur notre écran les 7 plots radar avec leurs étiquettes respectives :

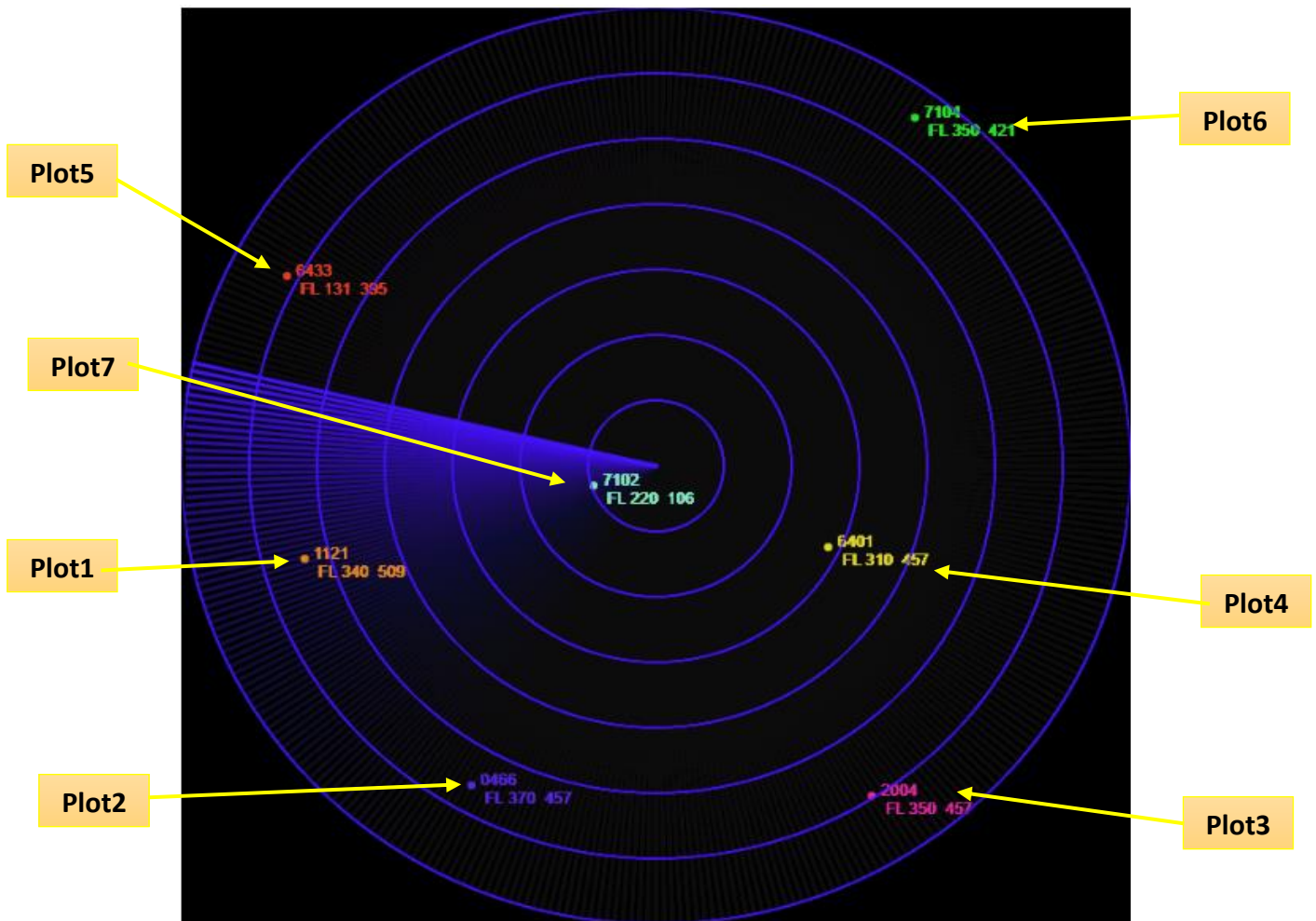


Figure IV.10 Affichages des 7 plots

IV.6 Insertion de notre programme JavaScript dans une page HTML :

Afin de pouvoir afficher notre écran dans une page HTML il faudra suivre les étapes ci-dessous :

- 1- télécharger un éditeur de texte qui nous facilitera l'écriture de notre code JS, notre choix s'est porté sur l'éditeur de texte « SUBLIME ».
- 2- On va insérer notre programme JS dans une page HTML à l'aide des éléments de base du langage HTML comme le montre la figure suivante :

```

File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help
radar display.html x
1
2 <!DOCTYPE html>
3 <html>
4
5 <head>
6
7   <title>
8     Radar display and filtering
9   </title>
10
11   <script type="text/javascript">
12
13   </script>
14
15 </head>
16
17 <body>
18
19   "insérer notre programme en JavaScript"
20
21 </body>
22 </html>
23
24
25
26

```

Figure IV.11 Insertion du programme JS dans une page HTML

3-Après avoir insérer le programme JS dans l'élément « body » on enregistre le fichier texte comme suit : Radar display.**HTML** pour permettre son exécution dans notre page web.

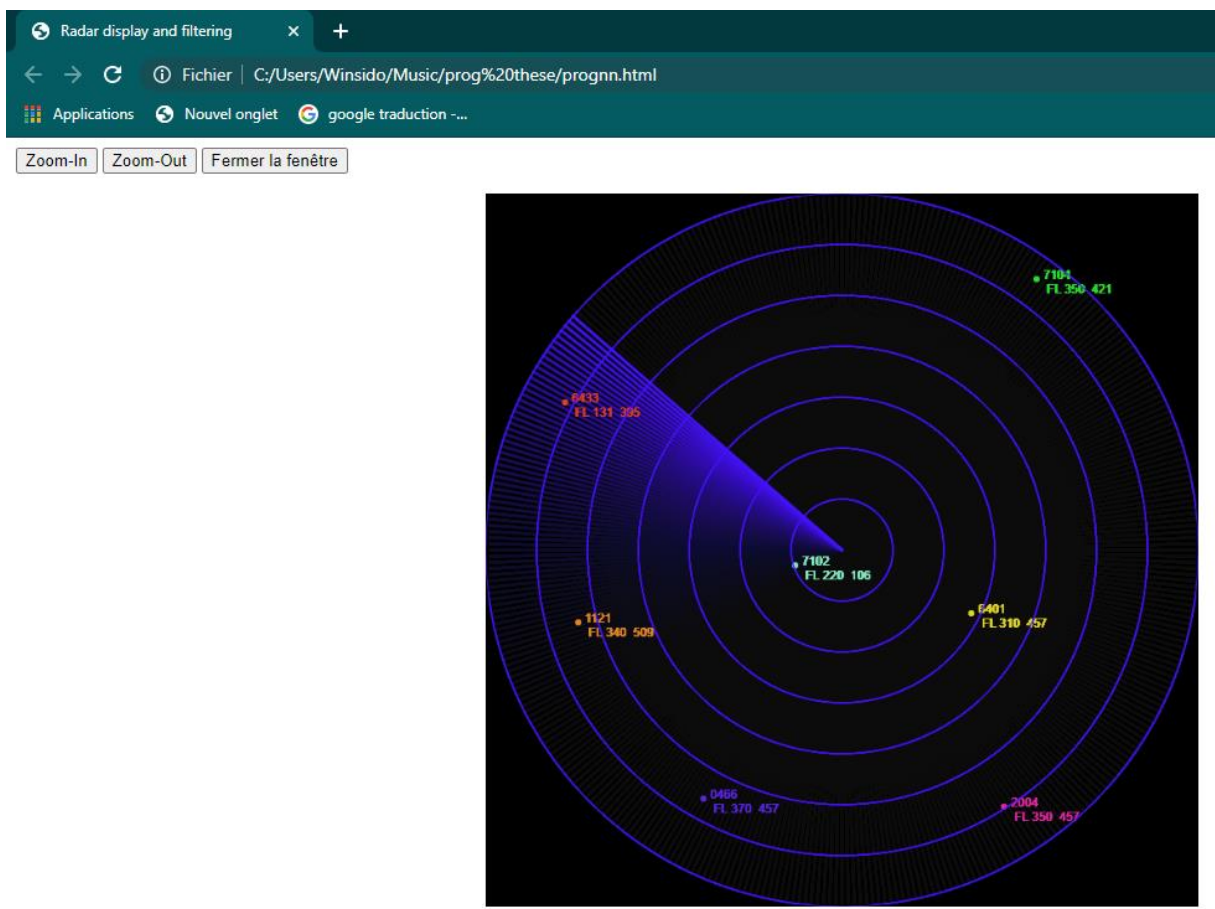


Figure IV.12 Affichage de l'écran dans une page HTML

IV.7 Application du Filtrage sur les données Radar :

L'ENNA cherche à présent, à développer le traitement de la donnée radar pour des besoins bien spécifiques et pour avoir une meilleure gestion du flux du trafic aérien. C'est pour cela qu'on a choisis de filtrer ces données et n'envoyer que les données nécessaires.

Nous avons choisis de filtrer les plots venant de la station radar par deux méthodes :

- Filtrage par code SSR
- Filtrage par zone géographique

Les codes SSR : Afin de coordonner l'utilisation des codes SSR sur la base des principes de la méthode d'attribution des codes de la région d'origine ORCAM (Originating Region Code Assignment Method), EUROCONTROL alloue ces codes aux centres de contrôle régionaux pour assignation aux vols de transit internationaux. Les aéronefs conservent le même code dans les limites des régions d'application.

Ces codes permettent aux organismes de contrôle d'identifier un appareil ou un groupe d'appareils mais aussi un type de vol ou une situation particulière (Situation d'urgence 7700, défaillance de communication 7600, intervention illicite contre un aéronef en vol 7500). Ils sont formés de 4 digits allant de 0 à 7. Donc nous pouvons programmer de 0000 à 7777 soit un total de 4096 possibilité. Ces codes sont attribués tout au long du trajet par chaque organisme de contrôle en fonction de la réalité du moment mais aussi en fonction du type de vol qu'effectue l'appareil dans la zone couverte par l'organisme.

1/ Filtrage par code SSR : Parmi les plots capté par le radar secondaire, il y'aura ceux qui ne devront pas être affiché sur l'écran radar du contrôleur, pour y remédier nous allons appliquer notre filtrage en se basant sur le code SSR de ces plots.

- Si un plot porte le code SSR que nous ne voulons pas envoyer vers l'extérieur, le programme le bloque. Dans ce cas les contrôleurs n'auront aucune visibilité sur ce plot précis.
- Si les conditions de filtrage ne s'appliquent pas sur ce dernier, les données seront envoyées le plus normalement possible à l'écran radar.

La figure ci-dessous affiche tous les plots détectés à cet instant. Parmi eux, on retrouve celui qui contient le code SSR= 1121 qu'on veut filtrer.

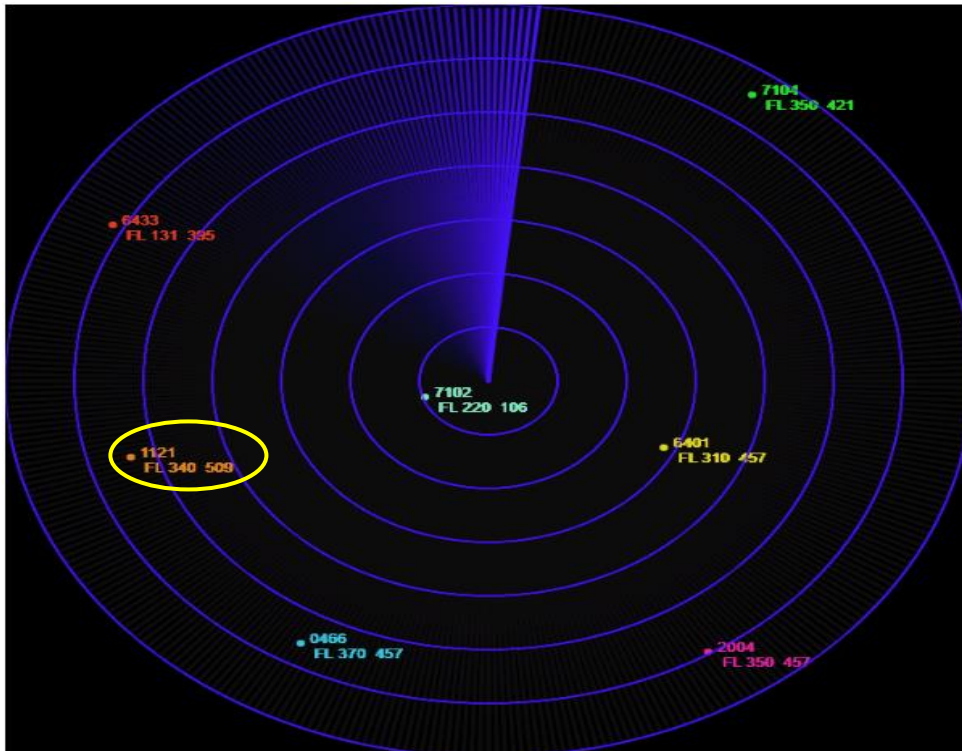


Figure IV.13 Les plots radar avant application du filtrage SSR N°01

Afin de filtrer ce plot, on commencera par choisir le type de filtrage « SSR Filter » puis nous allons entrer son code SSR dans notre programme et l'exécuter comme suit :

```
var SSR="0"; // entrez la valeur du code SSR à filtrer ici
```

Figure IV.14 commande SSR avant application du filtrage

```
var SSR="1211"; // entrez la valeur du code SSR à filtrer ici
```

Figure IV.15 Commande SSR après application du filtrage

Après avoir insérer le code SSR du plot à filtrer « 1211 » on va exécuter notre programme et on obtiendra le résultat suivant :

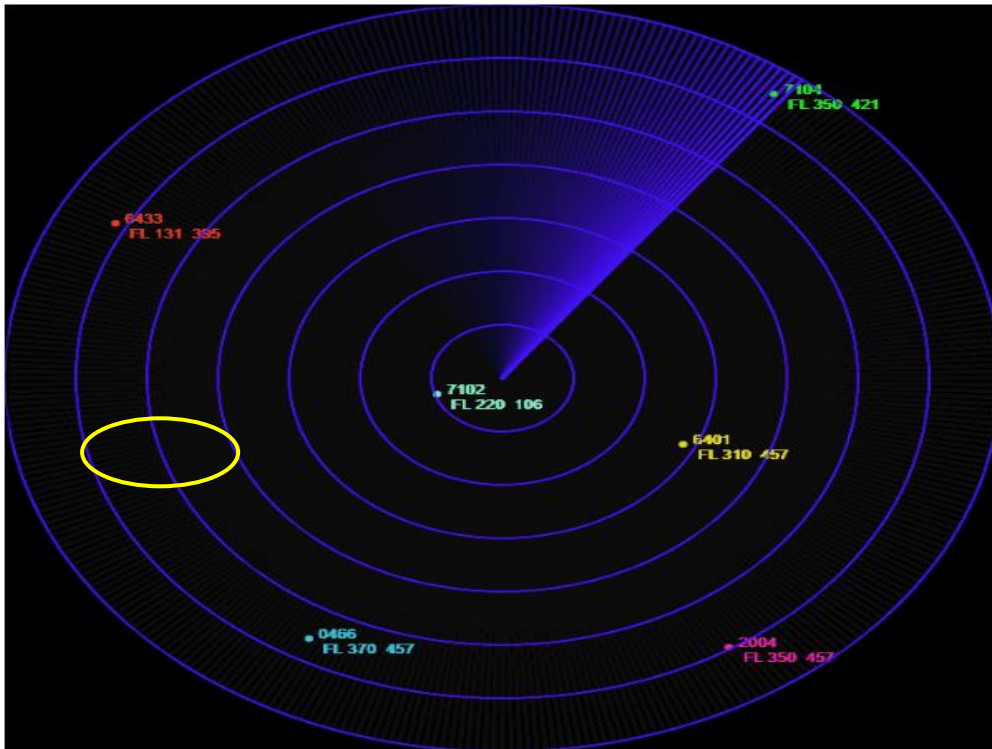


Figure IV.16 Les plots radar après application du filtrage SSR N°01

Le résultat que nous avons eu après le filtrage montre que le plot **1121** est devenu invisible comme s'il n'existe pas sur l'écran radar du contrôleur.

On va refaire la même opération en choisissant un plot différent. On va choisir le plot qui a le code SSR=2004

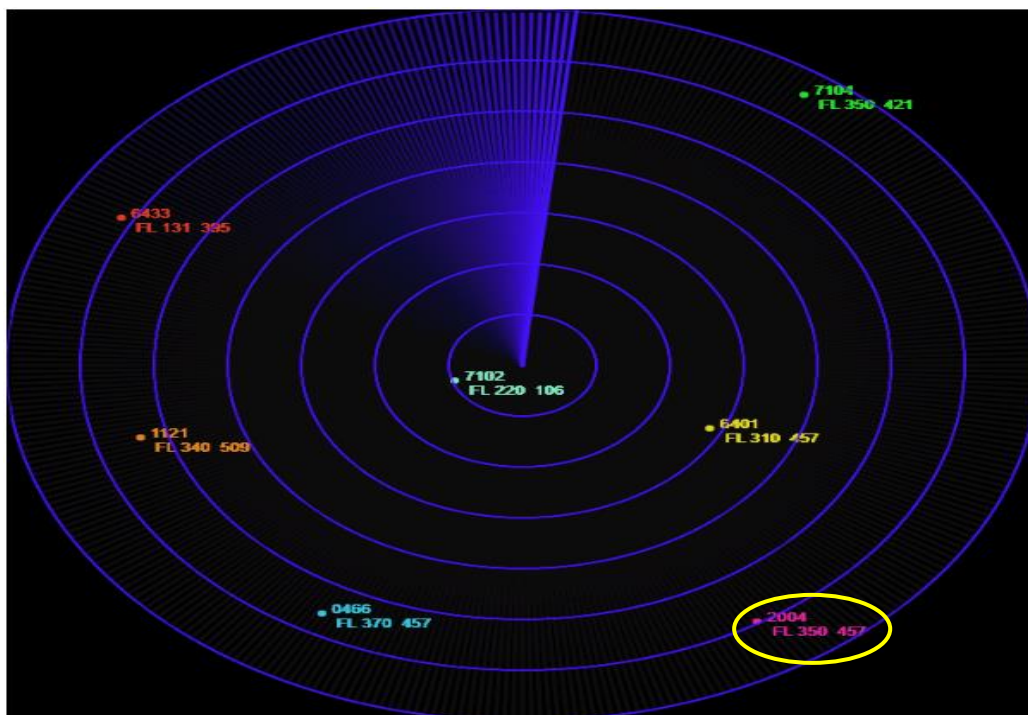


Figure IV.17 Les plots radar avant le filtrage SSR N°2

On insère le code SSR de ce plot dans notre programme comme suit :

```
var SSR="2004"; // entrez la valeur du code SSR à filtrer ici
```

Figure IV.18 La commande SSR après application du filtrage

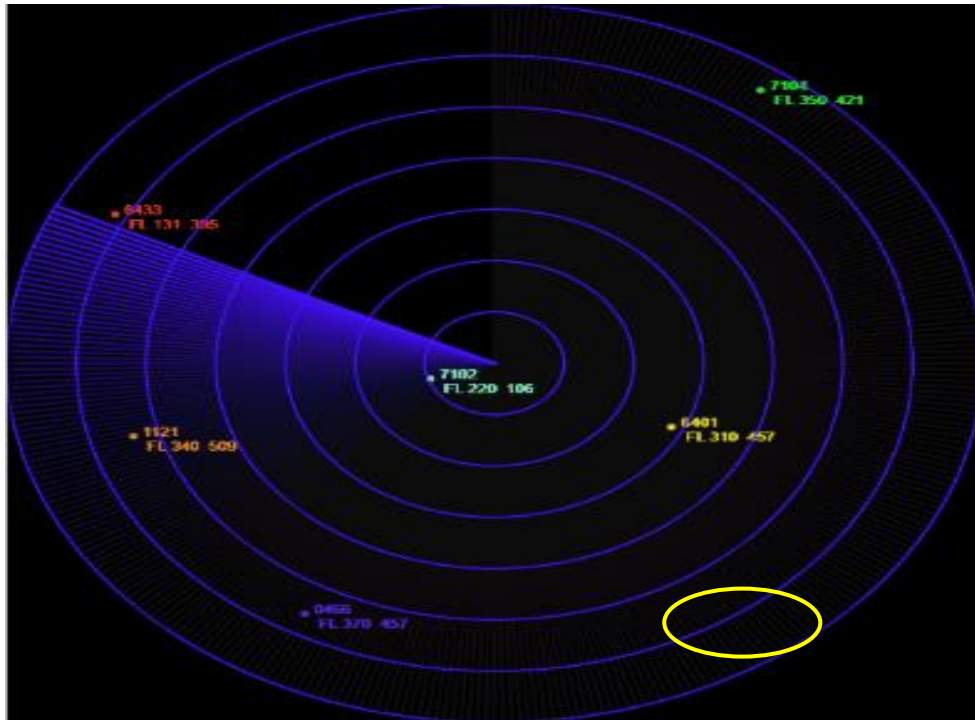


Figure IV.19 Les plots radar après le filtrage SSR N°2

Pour les besoin opérationnels de l'ENNA, on va procéder à un filtrage des plots radar par série ; cela consistera par exemple, si le modèle a une série de type **70XX** (avec le X variable) et qu'il est spécifié dans notre filtrage, toutes les cibles dont le code SSR commence avec les deux chiffres 70 seront filtrées et donc pas affichées sur l'écran du contrôleur, cela sera d'une grande utilité pour contrôleur aérien, car il va filtrer une série de plots dont il n'a pas besoin comme par exemple les séries militaires, les séries venues d'Europe et si il est au CCR Annaba les séries tunisiennes etc... Cela lui évitera la saturation de son écran radar et pourra assurer les séparations et les espacements entre chaque avion.

On va prendre comme exemple la série **64 XX**, on commencera par choisir le type de filtrage « SSR Serie Filter » ensuite on spécifiera la série puis on exécutera le programme qui filtrera par la suite tous les plots contenus dans l'écran qui appartiennent à cette série-là.

La figure ci-dessous affiche tous les plots détectés dans notre simulation. Parmi eux, on retrouve les deux plots qui appartiennent à la série 64XX qu'on veut filtrer.

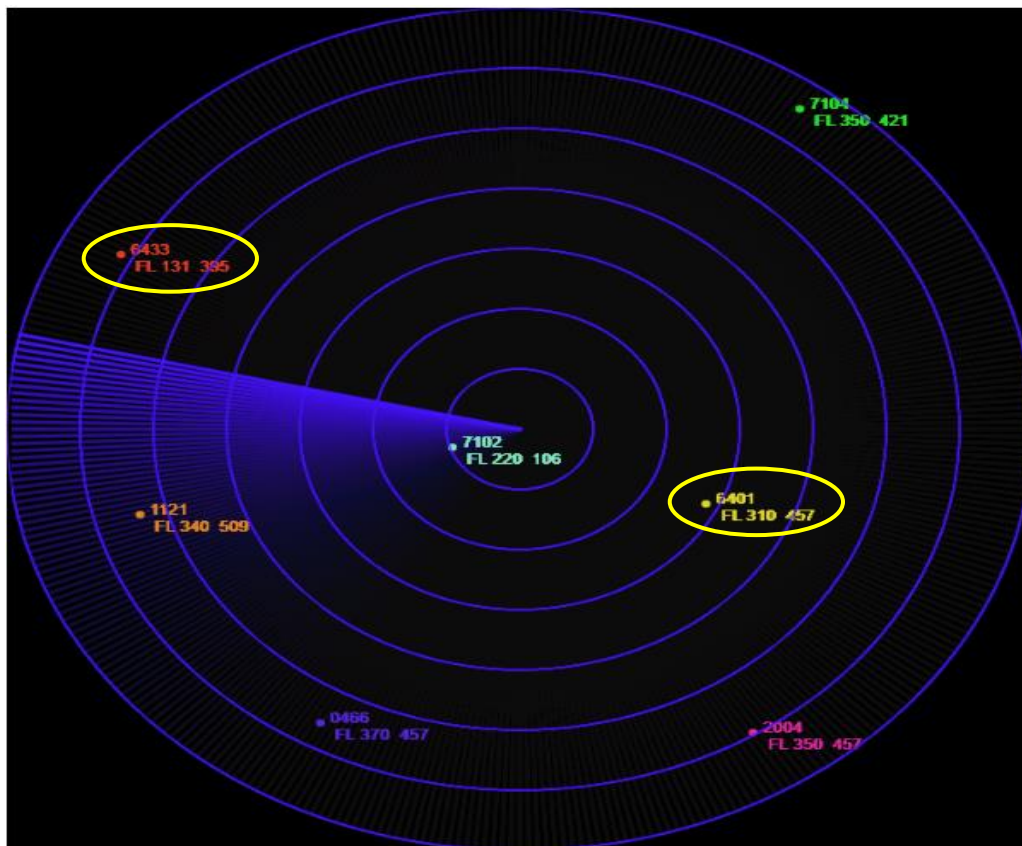


Figure IV.20 Les plots avant filtrage SSR par série N°01

Maintenant on va spécifier dans notre programme la série 64XX à filtrer et on l'exécute

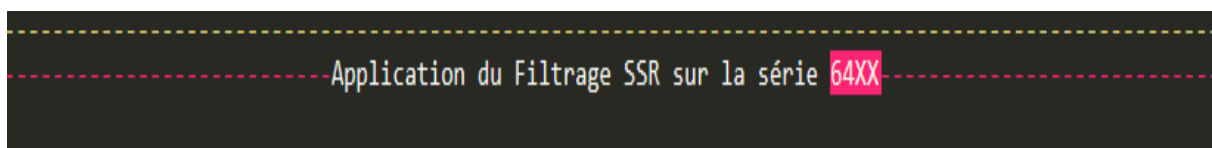


Figure IV.21 Filtrage SSR sur la série 64XX

Le résultat que nous avons eu après le filtrage montre que les plots de la série 64XX sont devenus invisibles comme s'il n'existe pas sur l'écran.

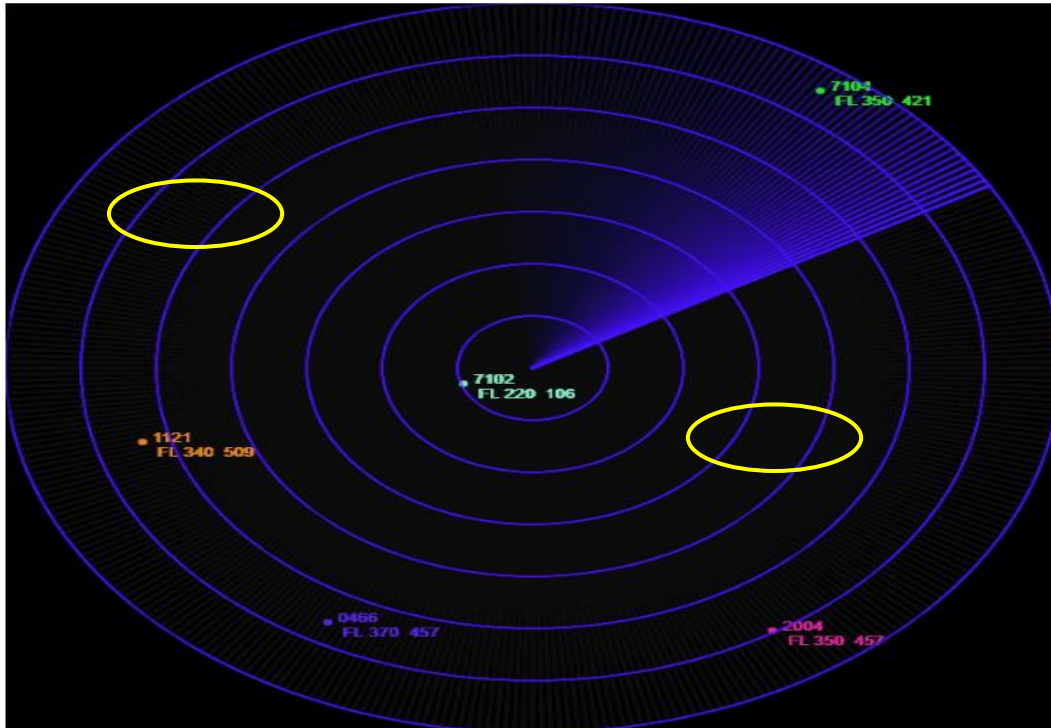


Figure IV.22 Les plots après Filtrage SSR sur la série 64XX

On va prendre un autre exemple en spécifiant la série 71XX à filtrer.

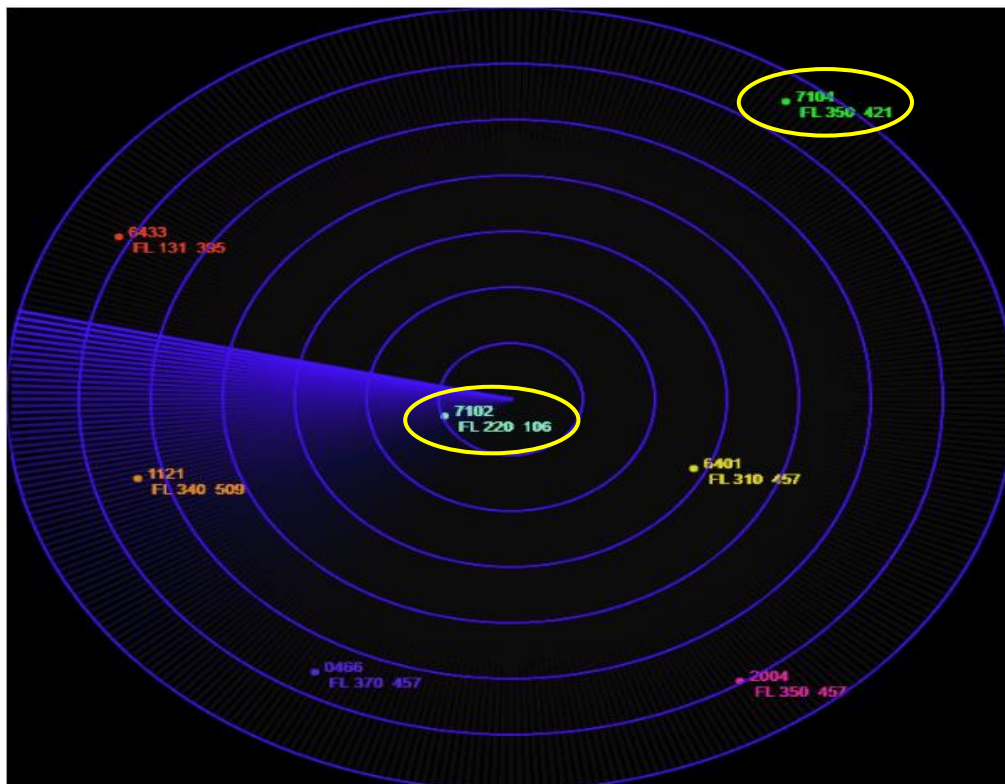


Figure IV.23 Les plots avant filtrage SSR par série N°02

On va spécifier dans notre programme la série 71XX à filtrer et on l'exécute

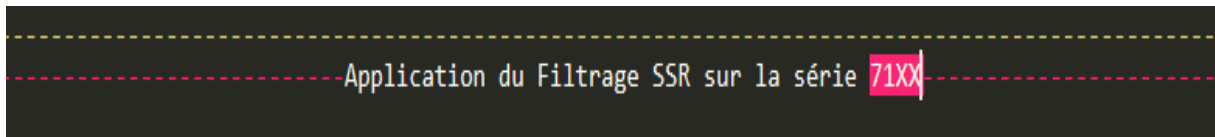


Figure IV.24 Filtrage SSR sur la série 71XX

Le résultat que nous avons eu après le filtrage montre que les plots de la série 71XX sont devenus invisibles comme s'il n'existe pas sur l'écran.

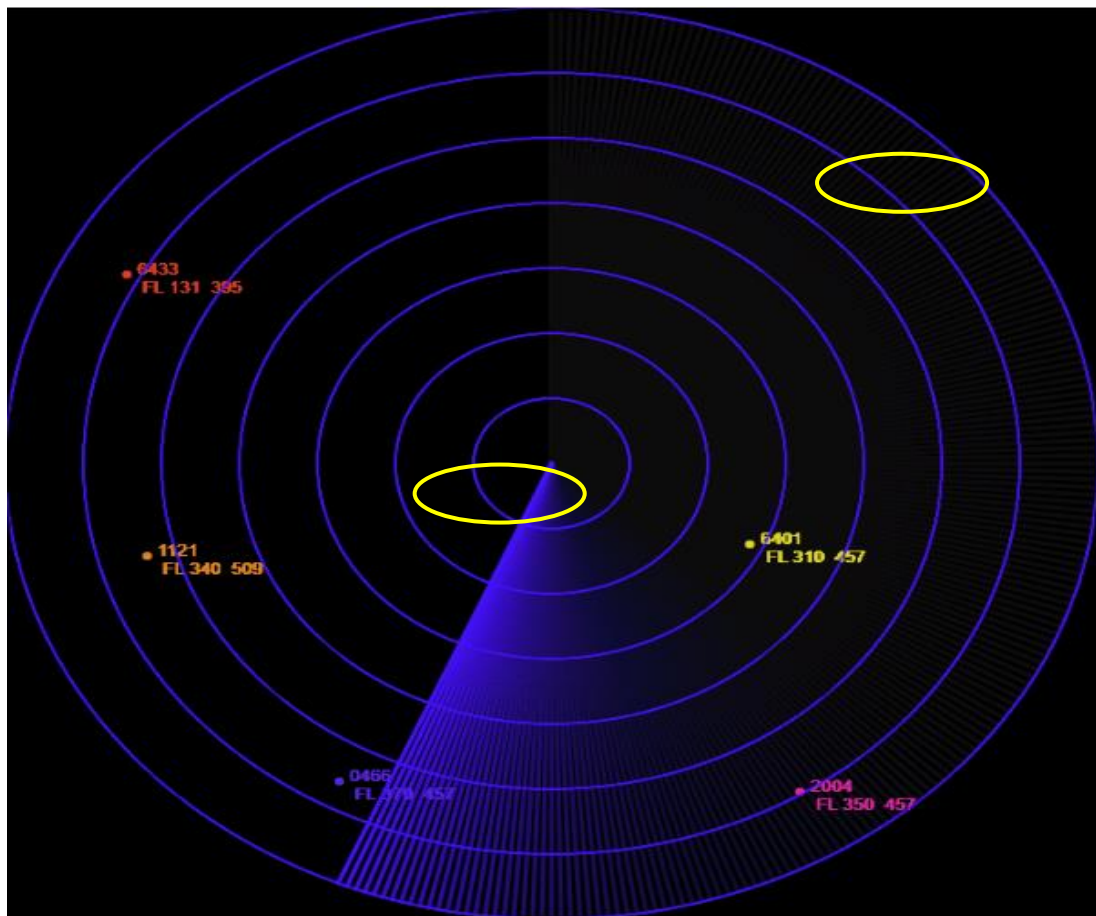


Figure IV.25 Les plots après Filtrage SSR sur la série

2/ Filtrage par zone géographique :

Dans le territoire algérien, il existe des zones que nous devons filtrer. Pour couvrir une de ces zones, nous avons intersecté deux intervalles, l'un pour les radiales et l'autre contient les azimutes. Cette intersection nous délimitera une zone géographique bien précise. Tous les plots qui se trouvent dans cette zone ne seront plus visibles dans l'écran radar.

Le but principal de ce filtrage sera de l'appliquer sur les zones détectées par le radar qui se situent aux limites de la FIR d'Alger, et aussi sur certaines zones militaires où sont pratiqués généralement des essais et entraînements d'avions militaires, donc on filtrera ces dernières pour éviter une surcharge de l'écran radar.

Dans l'exemple suivant, nous avons appliqué le filtrage par zone géographique :

Au début, on doit choisir le type de filtrage : « Zone Filter » Ensuite on détermine l'azimute initial et final $[290^\circ, 350^\circ]$ et Radial initial et final $[70, 400]$ de la zone voulue.

Afin de pouvoir faire notre affichage des plots sur écran (vu précédemment) on a procédé à une conversion des données en coordonnées cartésiennes, ce qui nous a donné les intervalles suivants : **X** Initial et final $[400 ; 580]$ et **Y** initial et final $[70 ; 320]$.

Ces deux intervalles vont nous délimiter une zone géographique contenue dans notre écran, cette zone contient certains plots radar comme on peut le voir dans la figure suivante :

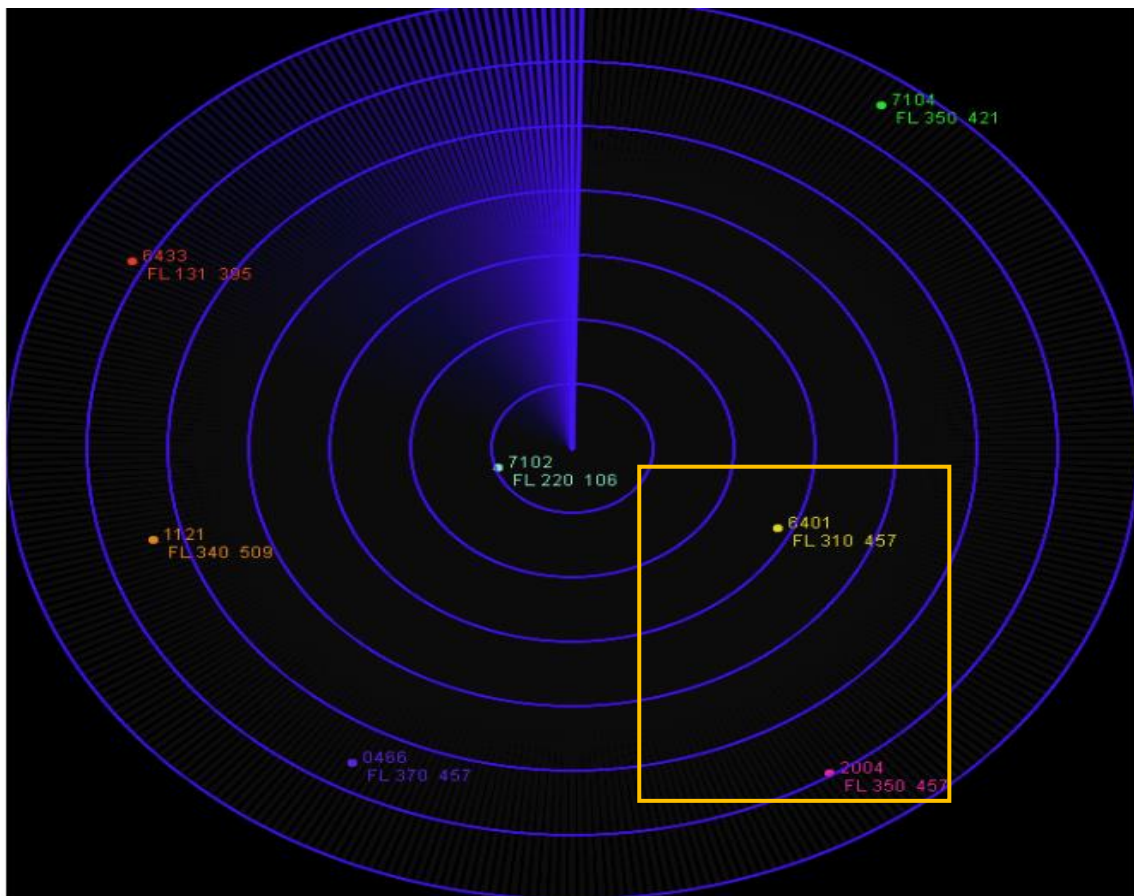


Figure IV.26 Les plots avant application du Filtrage par zone géographique

Nous allons maintenant insérer les intervalles voulus dans le programme de filtrage par zone

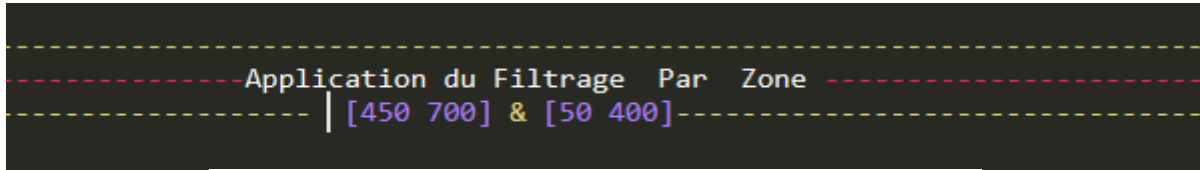


Figure IV.27 Application du Filtrage par zone géographique

Après application du filtrage, les plots qui se trouvent au niveau de cette zone géographique ne sont plus visibles dans l'écran radar.

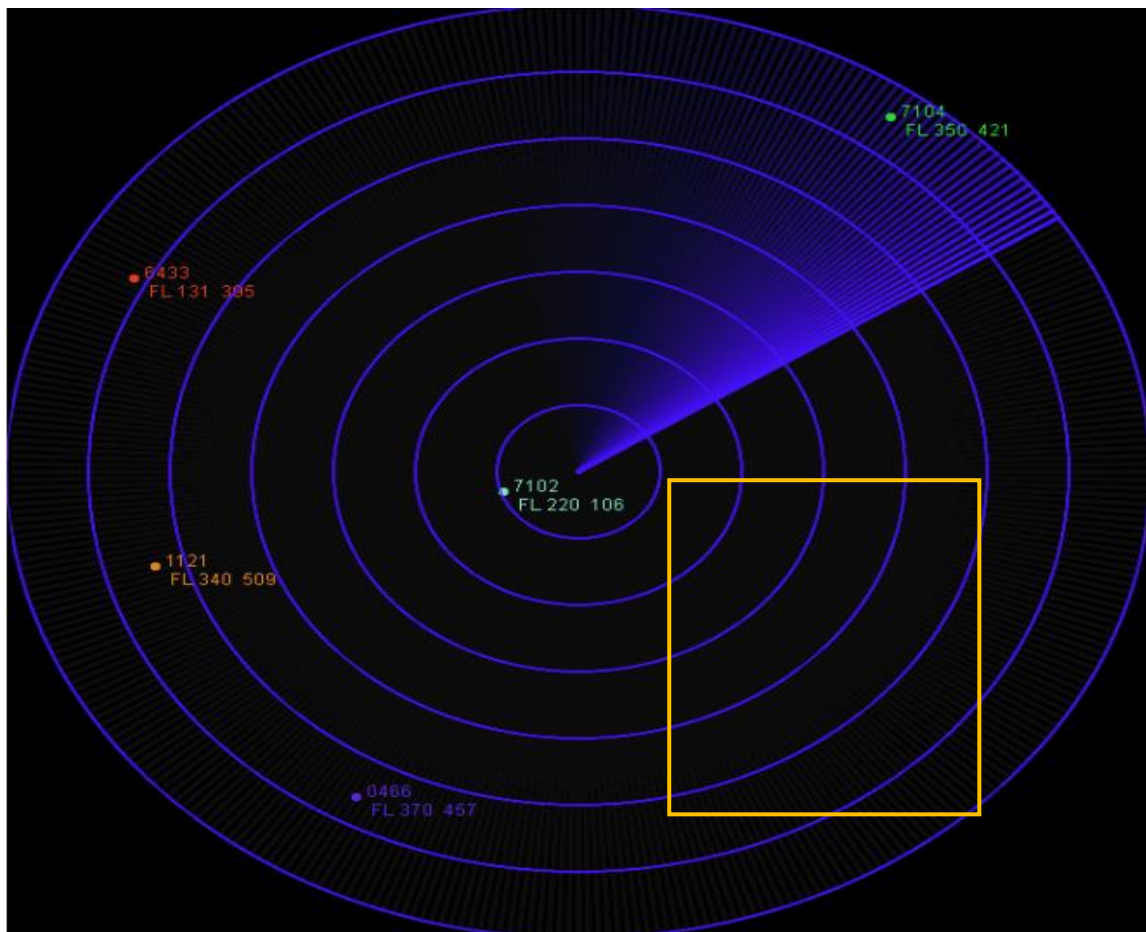


Figure IV.28 Les plots après application du Filtrage par zone géographique

IV.8 CONCLUSION :

La réalisation de notre application nous a permis d'atteindre notre objectif ; filtrer les données Radar par leur code SSR et par la zone géographique, nous avons à présent le contrôle sur les données échangées.

Conclusion générale et perspectives

Le travail présenté dans ce mémoire de Master s'est porté sur **le filtrage des données radar par code SSR et zone géographique**.

Dans le cadre de la coopération internationale avec les FIR adjacentes à savoir ; pour l'échange des données radar sur le plan sécurité et souveraineté, nous avons réussi à élaborer une simulation visant à afficher les plots radar depuis une trame ASTERIX et les filtrer selon les critères zone géographique et code SSR d'une façon indépendante, d'après le besoin opérationnel de la navigation aérienne.

Ce traitement de la donnée radar contribuera dans le développement futur en effet, il offre l'accessibilité aux données informatives depuis la source "tête radar" et permet différentes opérations selon les besoins exprimés tels que transfert des données de surveillance, gestion du flux de trafic etc...

Ce travail consistera à assurer le bon contrôle et le suivi des appareils en vol par l'envoi des données entre l'ALGERIE et les pays adjacents en garantissant la sécurité et souveraineté de ses données.

Néanmoins les résultats de ce modeste travail constituent les bases d'un travail à poursuivre et à améliorer pour une étude beaucoup plus approfondie qui pourra faire l'objet d'une thèse de doctorat.

Ainsi, les perspectives futures seront d'essayer de filtrer les données Radar en temps réel et d'appliquer ce filtrage directement sur les données depuis le RHP.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Site officiel de l'ENNA : www.enna.com
- [2] : www.radartutorial.com
- [3] : P.LEFEVRE « SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DU CONTRÔLE DE TRAFIC AERIEN CIVIL ». « Conférence Arts & Métiers, Paris, 2 Février 2015 ».
- [4] : Storage.iviao.fr les services et utilisation de Radar _ section instruction_ IVAO division France
- [5] : Michel- henri CARpentier « Radar », Encyclopaedia university
- [6]: <http://radars-darricau.fr/livre/2-PDF/chapitre-01-1.pdf> _ISBN: 978-2-9544675-1-1_
- [7]: RADAR cour final: Mr Lagha Mouhand
- [8] : Radar secondaire Monopulse et traitement-calaméo : www.calameo.com
- [9]: Control-aerien.Chakram.info: Chakram, le contrôle aérien vulgarisé Ou comprendre l'univers du contrôleur aérien
- [10] : BEZZAHI Abdelhakim et BEDDAZEKRI Abdelbasset « Etude d'un Radar Secondaire Monopulse en utilisant la Technique de Suppression Améliorée des Lobes Secondaires à Interrogation », mémoire de master 2 en télécommunications université d'Eloued promo 2015/2016
- [11] : Architecture de réseau : Daniele DROMARD Dominique SERET
- [12] : Commentcamarche.net : Communauté d'assistance et de conseils high tech
- [13] : www.irisa.fr
- [14] : www.Futura-sciences.com
- [15] : DIFALLAH Chahra « Contrôle de la température à travers un réseau Ethernet », mémoire de master 2 en électronique université Ferhat Abbas – Setif promo 2013/2014.
- [16] : Guerra Abderraouf « Traitement donnée Radar », mémoire de master 2 IAES promo 2016/2017

BIBLIOGRAPHIE

[17] : FAVIER Florian et BIKOUO Aubin « Développement d'un module de décodage logiciel WIRESHARK pour le trafic radar au format ASTERIX », Rapport du projet _Télécommunications aéronautiques ENAC_.

[18]: Alinea Marconi Systems, 01/09/01 "RADAR MAINTENANCE MONITOR (RMM)" ITALY

[19]: Alinea Marconi Systems, "Controller Working Position" Open System

[20] : www.khanacademy.org cours d'initiation au JavaScript

[21] : www.novel4free.com cours sur le JavaScript et le HTML

[22] : files.frequences-aeronautique.webnode.fr

Annexe 1

Les différentes couches du modèle OSI sont :

1. Couche physique :

C'est la première couche de l'architecture OSI, elle définit les interfaces physiques entre les dispositifs et les règles déterminant les modalités de transfert de bits entre un dispositif et un autre.

Les paramètres de base prédits dans cette couche sont la définition des aspects mécaniques, électriques et fonctionnels de la connexion physique.

2. Couche de liaison de données :

Les couches de liaison de données transforment les chaînes de bits brutes d'une manière compréhensible pour la couche d'ordre supérieur.

Le service principal offert par cette couche est la détection et le traitement des erreurs, de sorte que la couche d'ordre supérieur peut supposer une situation sans erreur par rapport à la transmission de la liaison. Les exemples les plus connus de normes de liaison de données sont HDLC, SDLC et BSC.

3. Couche réseau :

La couche réseau fournit à la couche supérieure (Transport) des références transparentes aux données.

En résumé, la couche réseau de l'équipement connecté au réseau doit fournir suffisamment d'informations pour basculer et acheminer les données vers un autre périphérique.

4. Couche transport :

Le but de la couche transport est de fournir un logiciel fiable pour les échanges de données entre processus relatifs à des systèmes diversifiés. Cette couche suppose que les chaînes de données sont réalisées sans erreurs, en séquence et sans pertes ni duplications. Elle garantit que le destinataire obtient exactement l'information qui lui a été envoyé.

5. Couche de session :

Cette couche fournit les services suivants : le type de dialogue et la récupération

Type de dialogue : il peut être de deux chemins simultanés, deux chemins alternatifs ou unidirectionnels.

Récupération : elle assure la surveillance via les points de contrôle et, en cas de détection d'erreur, la couche de session assure la transmission du texte, en commençant au moins à partir du dernier point de contrôle.

6. Couche de présentation :

La couche de présentation vérifie et conforme la syntaxe utilisée entre différentes applications. Son but est d'adapter les différences de format et de présentation des données.

7. Couche d'application :

La couche application fournit le mécanisme permettant au processus appliqué d'accéder à l'environnement OSI.

Elle est constituée des programmes d'application ou services, qui se servent du réseau. Ils ne sont pas forcément accessibles à l'utilisateur car ils peuvent être réservés à un usage d'administration.

La figure suivante représente Les protocoles de chaque couche OSI :

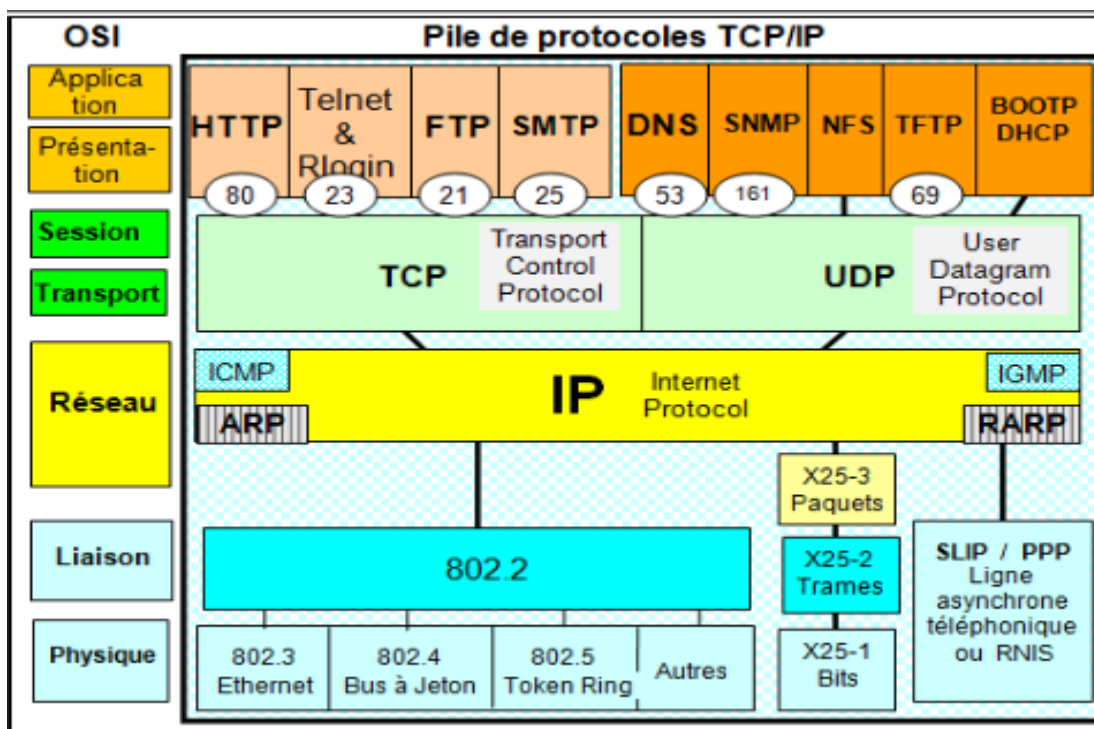


Figure : Protocoles TCP/IP

Annexe 2

OCTET 1 :

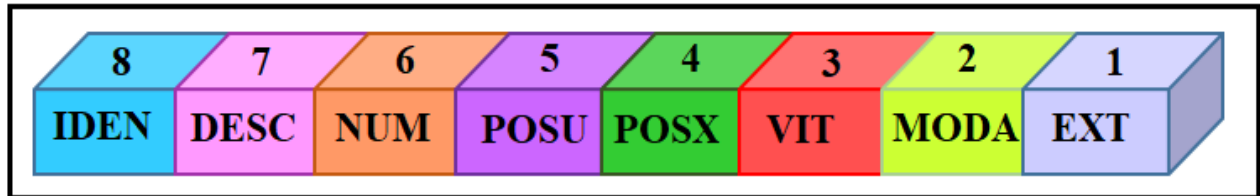


Tableau : premier octet du champ "FSPEC"

Bit	0	1
Bit 8	Absence du champ IDEN	Présence du champ IDEN
Bit 7	Absence du champ DESC	Présence du champ DESC
Bit 6	Absence du champ NUM	Présence du champ NUM
Bit 5	Absence du champ POSU	Présence du champ POSU
Bit 4	Absence du champ POSX	Présence du champ POSX
Bit 3	Absence du champ VIT	Présence du champ VIT
Bit 2	Absence du champ MODA	Présence du champ MODA
Bit 1	Fin du champ EXT	Extension vers l'octet suivant

- **IDEN** : C'est l'identificateur de la source de données, il est constitué de deux octets, c'est un identifiant de la station radar émettrice au niveau européen. Ce champ est composé de deux sous champs :

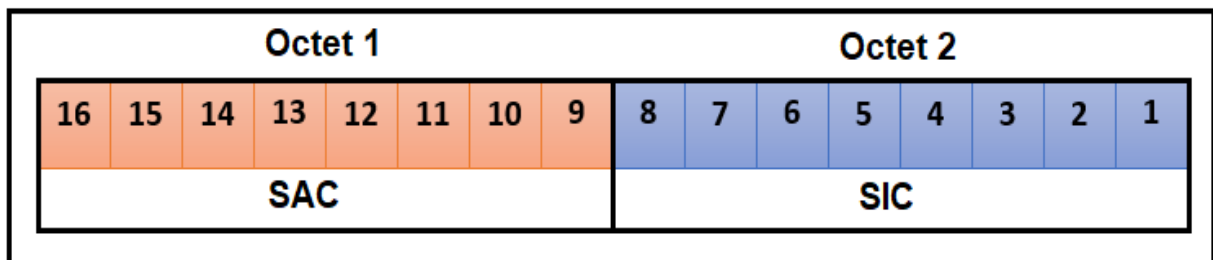


Tableau : les deux octets d'identification

- Bits 16 à 9 (SAC) : Source Area, définie l'origine géographique de l'émetteur.
- Bits 8 à 1 (SIC) : Source Identification Code, c'est le numéro du radar.

- **DESC** : C'est le descripteur de type et caractéristiques des données radar transmises par une station radar, il est toujours présent il est constitué d'un octet et peut s'étendre jusqu'à deux octets.

-Octet1 :

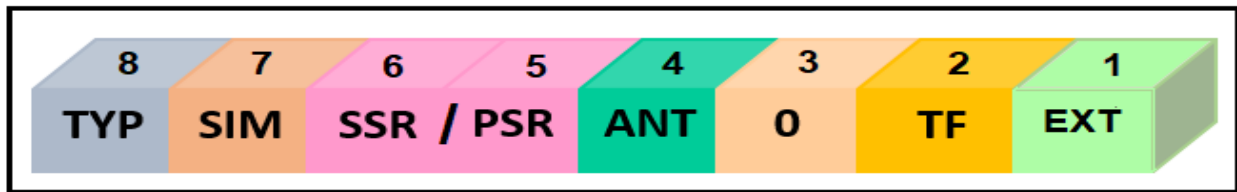


Tableau : l'octet 1 de descripteur de type

- Bit 8 : TYP=0 Plot / TYP=1 Piste.
- Bit 7 : SIM =0 Piste ou Plot actuel / SIM =1 Piste ou Plot simulé.
- Bit 6 à 5 : SSR/PSR=00 pas de détection /=01 détection primaire seulement / =10 détection radar secondaire seulement / =11 détection combinée du primaire et secondaire.
- Bit 4 : ANT=0 information en provenance du TPR 1(antenne une) /=1 information en provenance de TPR2 (antenne 2).
- Bit 3 : SPI=0 par défaut / SPI =1 Identification de position spéciale.
- Bit 2 : TF=0 par défaut / =1 Plot ou Piste à partir d'un transpondeur fixe.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 Extension vers l'octet suivant.

-Octet2 :

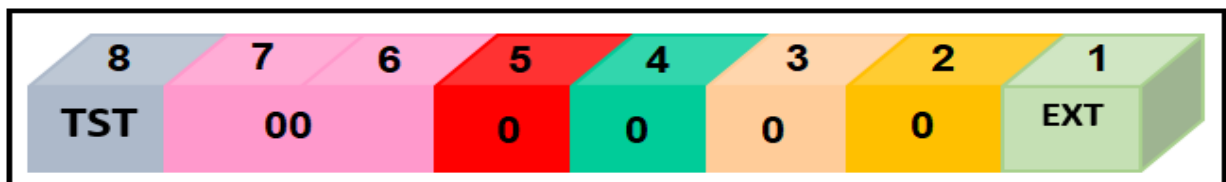


Tableau III.10 l'octet 2 de descripteur de type

- Bit 8 : TST=0 par défaut / TST=1 Indicateur de cible de test
- Bit 7 à 6 : DS1/DS2=00 par défaut /=01 interférence illégale (code 7500) /=10 panne de communication Radio (code 7600) /=11 urgence (code 7700).
- Bit 5 : ME=0 par défaut / ME =1 Urgence militaire.

LES ANNEXES

- Bit 4 : MI=0 par défaut / IM=1 Identification militaire.
- Bit 3 à 2 : Fixe à 00 libres.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ, l'octet suivant jamais transmis.

- **NUM** : C'est le numéro de piste, c'est un champ de donnée composé de 2 octets, il est toujours présents pour les plots pistés.

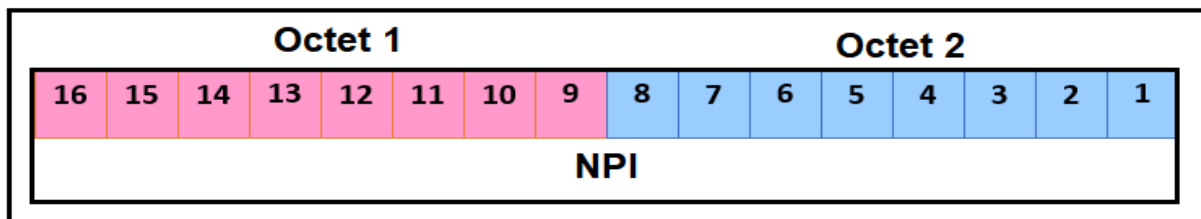


Tableau : les deux octets de numéro de piste

- Bits 16 à 1 : NPI Numéro de piste (>0) valeur binaire entre 0 et 65535.

- **POSU** : C'est les positions mesurées en coordonnées polaires, il est constitué de 4 octets de longueur fixe.

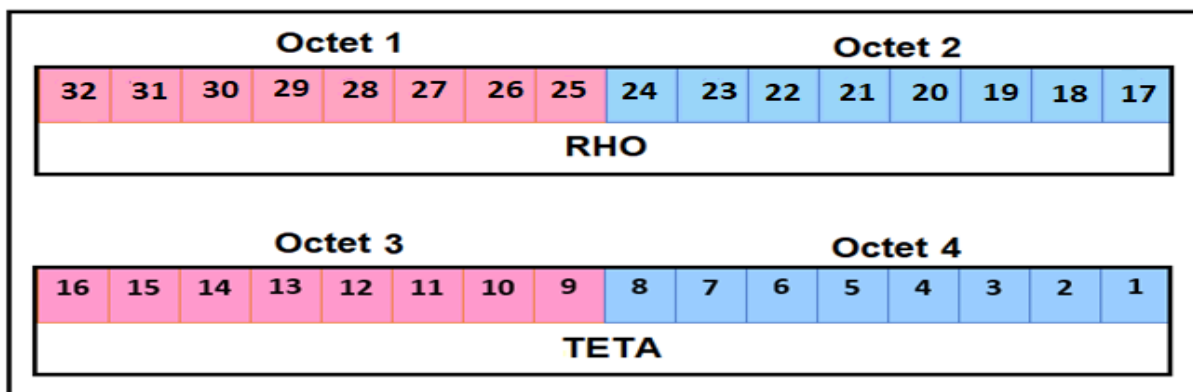


Tableau : les quatre octets de la position mesurées en coordonnées polaires

- Octet 1 à 2 : Bits 16 à 1 : RHO distance au radar
 - RHOMin = 0 NM
 - RHOMax = 512NM – LSB
 - LSB= 1/128NM.

LES ANNEXES

- Octet 3 à 4 : Bits 16 à 1 : TETA= Azimut

$$\text{TETA}_{\text{min}}=0^\circ$$

$$\text{LSB}= 1/216 \text{ tour}=360^\circ/65535=0,0054931^\circ$$

$$\text{TETA}_{\text{max}}=360^\circ - \text{LSB}.$$

- **POSX** : C'est les positions mesurées en coordonnées polaires, il est constitué de 4 octets de longueur fixe.

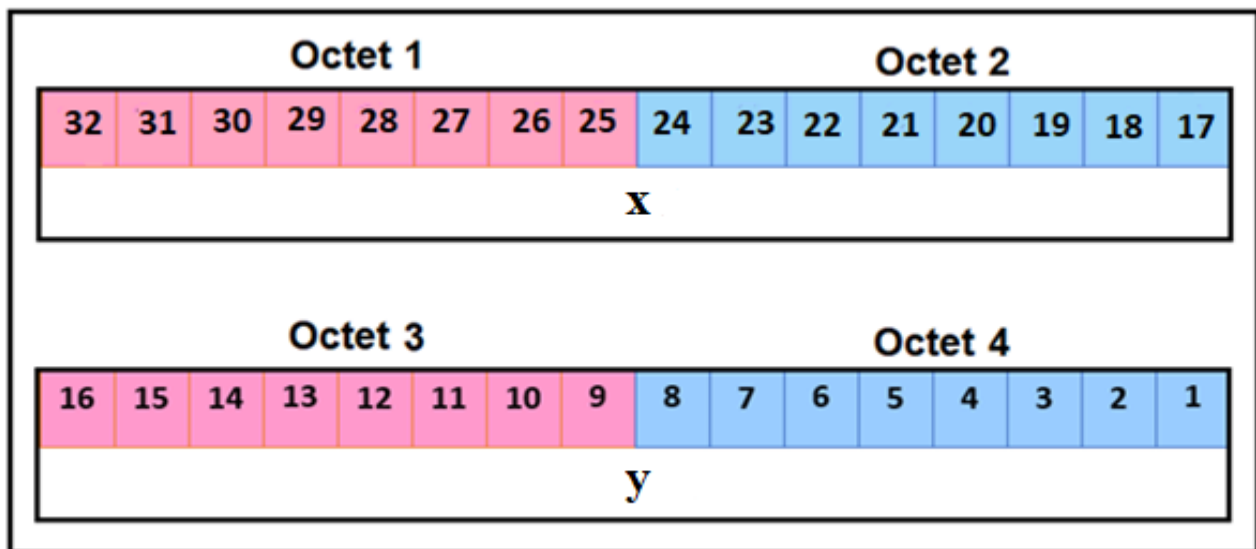


Tableau : les quatre octets de la position mesurées en coordonnées cartésiennes

- Bits 32 à 16 : (signe) = 0 Positif / = 1 Négatif.
- Bit 17 : (LSB) = $2^{(-6+f)}$ ou f est le facteur de graduation appliqué, modifiant l'unité standard de quantification.
- Max distance (Range) = $2^{(9+f)}\text{NM}$
- Bit 1 : (LSB) = $2^{(-6+f)}$

LES ANNEXES

- **VIT** : C'est la vitesse calculée de la trajectoire exprimée en coordonnées polaires, constitué de 4 octets de longueurs fixe.

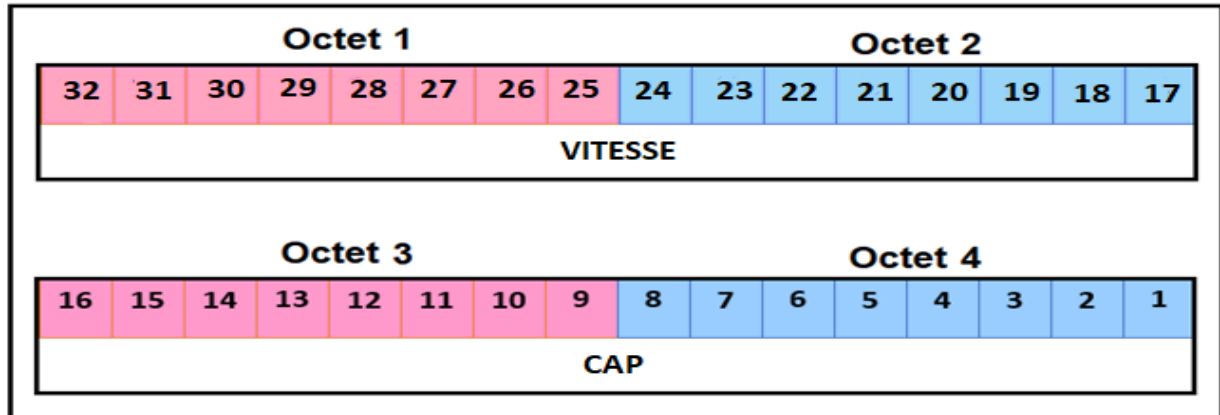


Tableau III.13 les quatre octets de la vitesse

- Octet 1 à 2 : Bits 16 à 1: MOD = Module de la vitesse (>0) /MODmin = 0 NM/s =0kt
- LSB= 1/16384 NM/s =0.22 Kt.
- MODmax = 2 NM/s =7200 Kt – LSB.

- **MODA:**

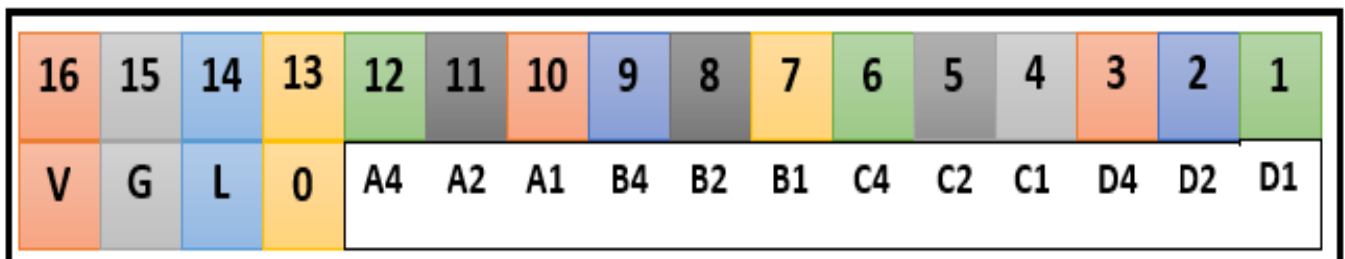


Tableau : Article I001/070 Mode 3A dans représentation octal

- Bit 16 : V=0 Code validé / V=1 Code non validé.
- Bit 15 : G=0 Par défaut / G=1 Code déformé (Garbled Code).
- Bit 14 : L=0 Mode 3A comme délivré de la réponse du transpondeur / L=1 Mode 3A lissé (smoothed) comme fourni par le traqueur local
- Bit 13 : réservé =0 toujours
- Bits 12 à 1 : Mode 3A réponse en représentation octale

LES ANNEXES

Octet 2 :

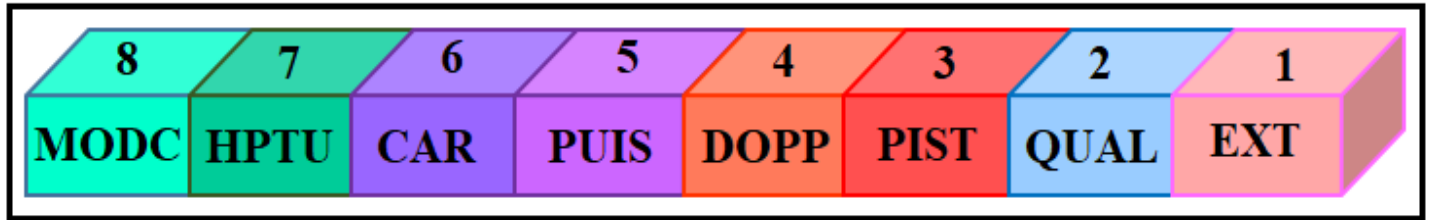


Tableau : Deuxième octet du champ "FSPEC"

Bit	0	1
Bit 8	Absence du champ MODC	Presence du champ MODC
Bit 7	Absence du champ HPTU	Presence du champ HPTU
Bit 6	Absence du champ CAR	Presence du champ CAR
Bit 5	Absence du champ PUIS	Presence du champ PUIS
Bit 4	Absence du champ DOPP	Presence du champ DOPP
Bit 3	Absence du champ PIST	Presence du champ PIST
Bit 2	Absence du champ QUAL	Presence du champ QUAL
Bit 1	Fin du champ EXT	Extension vers l'octet suivant

➤ **MODC** : Mode C

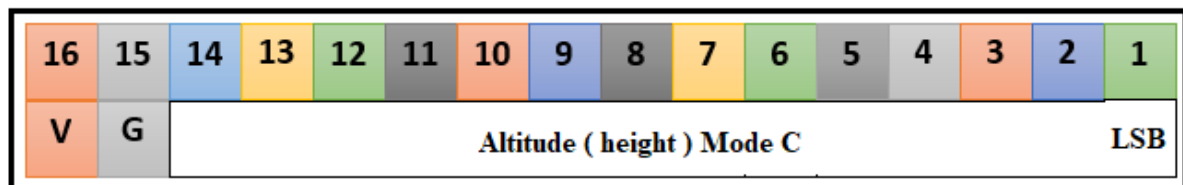


Tableau : Article I001/090 Mode C dans représentation binaire

- Bit 16 : V=0 Code validé / V=1 Code non validé.
- Bit 15 : G=0 Par défaut / G=1 Code déformé (Garbled Code).
- Bit 14 : (signe) =0 positif / =1 négatif
- Bit 1 : LSB = ¼ FL = 25 ft

➤ **HPTU** : heure absolue de la piste

LES ANNEXES

- **CAR** : C'est les caractéristiques du plot (vitesse doppler), ce champ de données est toujours présent sauf s'il est inutile ou pour une piste en extrapolation (manque) où, par nature, aucune estimation de vitesse Doppler n'a pu être effectuée.

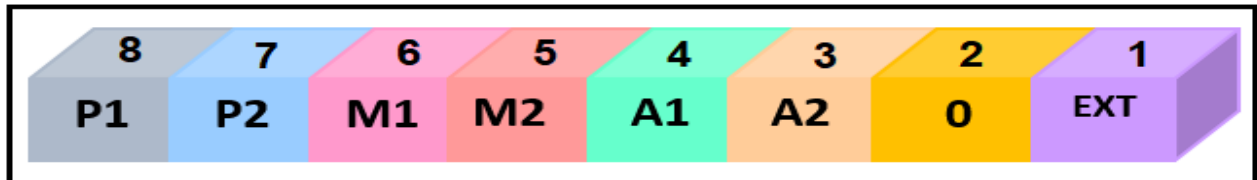


Tableau : l'octet 1 de la vitesse doppler

- Bit 8 : P1=0 Absence du plot voie 1 / P1=1 Présence du plot voie 1.
- Bit 7 : P2=0 Absence du plot voie 2 / P2=1 Présence du plot voie 2.
- Bit 6 : M1=0 plot voie 1 normal / M1=1 plot voie 1 marqué multiple.
- Bit 5 : M2=0 plot voie 2 normal / M2=1 plot voie 2 marqué multiple.
- Bit 4 : A1=0 Vitesse doppler mesurée du plot voie 1 non ambiguë, A1=1 Vitesse doppler mesuré du plot voie 1 ambiguë.
- Bit 3 : A2=0 Vitesse doppler mesuré du plot voie 2 non ambiguë, A2=1 Vitesse doppler mesuré du plot voie 2 ambiguë.
- Bit 2 : Fixe à 0 libre.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 Extension vers l'octet suivant.

-Octets2 et 3 :

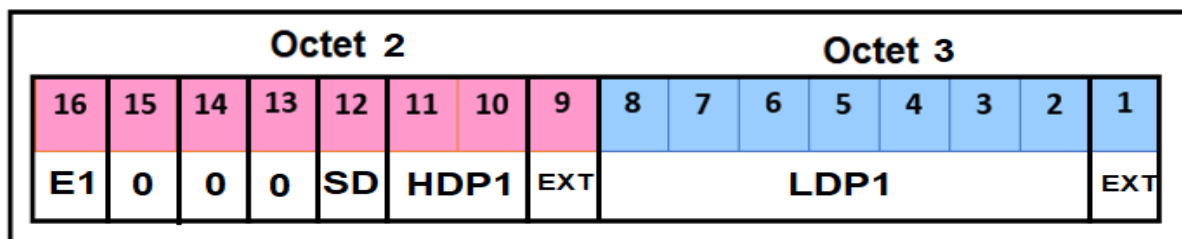


Tableau : l'octet 2 et 3 de la vitesse doppler

- Octets 2 à 3 : Bit 16 : E1=0 plot voie 1 détection sur tour pair ou plot voie 1 non détecté /=1 plot voie 1 détecté sur tour impair.
- Bits 15 à 13 : Fixes libres.
- Bit 12 : SD=0 signe de la vitesse doppler : +- ou inconnu.

LES ANNEXES

- Bits 11 à 10 : HDP1=2 bits de poids fort du module de la valeur de la vitesse doppler mesurée de plot voie 1 (valeur binaire codée sur 9 bits).
- Bit 9 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 Extension vers l'octet suivant.
- Bits 8 à 2 : LDP1=7 bits de poids faible du module de la valeur de la vitesse doppler mesurée de plot voie 1 (valeur binaire codée sur 9 bits) / DP1min= 0 m/s LSB=1 m/s DP1max= 511 m/s.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 Extension vers l'octet suivant.

-Octets 4 et 5 :

Octet 4							Octet 5								
16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
E2	0	0	0	SD	HDP2		EXT	LDP 2							EXT

Tableau : l'octet 4 et 5 de la vitesse doppler

- Octets 4 à 5 : Bit 16 : E2=0 plot voie 2 détecté sur tour pair /=1 plot voie 2 détecté sur tour impair.
- Bits 15 à 13 : Fixes libres.
- Bit 12 : SD=0,1 signe de la vitesse doppler : + ou - .
- Bits 11 à 10 : HDP2=2 bits de poids fort du module de la valeur de la vitesse doppler mesurée de plot voie 2 (valeur binaire codée sur 9 bits).
- Bit 9 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 Extension vers l'octet suivant.
- Bits 8 à 2 : LDP2=7 bits de poids faible du module de la valeur de la vitesse doppler mesurée de plot voie 2 (valeur binaire codée sur 9 bits) / DP2min= 0 m/s LSB=1 m/s DP2max= 511 m/s.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 l'octet suivant jamais transmis.

- **PUIS** : c'est la mesure de la puissance du plot reçu, il est constitué d'un octet de longueur fixe.

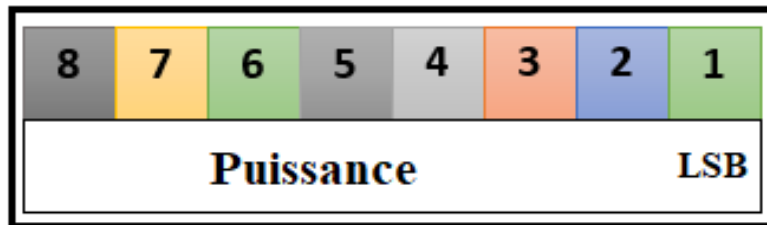


Tableau : l'octet de la puissance du plot recul

- Bit 8 : (signe) = 0 positif / = 1 négatif
 - Bits 7 à 1 : (power) logarithme décimal de la puissance reçue en dBm / puissance =0 pour 0 dBm
 - Bit 1 : (LSB) = 1 dBm
- **PIST** : C'est l'état de piste, ce champ est constitué d'un octet extensible et peut être transmis pour les plots pistés en opérationnel. Il est cependant normalement absent, lorsque toutes les valeurs des champs sont nulles, il n'est pas transmis. Quand il est transmis, il occupe :
- 1 Octet pour une piste présentant une caractéristique exceptionnelle.
 - 2 Octets pour une mort de piste (indication qu'il s'agit du dernier compte rendu pour ce N° de piste).

-Octet1 :

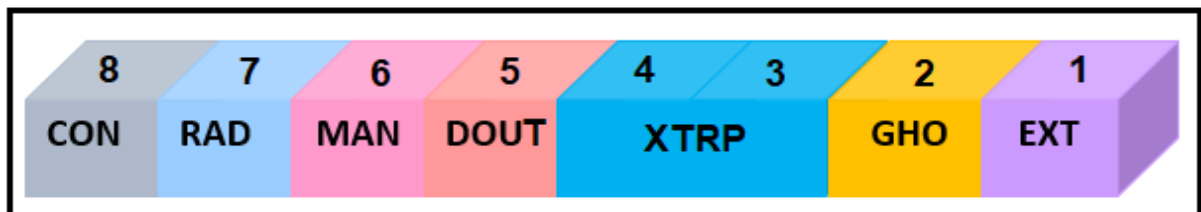


Tableau : l'octet 1 de l'état de la piste

- Bit 8 : CON=0 / 1 piste confirmée piste en phase d'initialisation.
- Bit 7 : RAD=0 Piste primaire / RAD=1 SSR ou associée PSR/SSR.
- Bit 6 : MAN=0/=1 Détection de manœuvre.
- Bit 5 : DOUT=0 Association plot/=1 Piste douteuse.

- Bit 4 à 3 : XTRP= Nombre d'extractions (limité à 3) valeur binaire entre 0 et 3.
- Bit 2 : GH0=0/1 Piste présumée fantôme.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 Extension vers l'octet suivant.

-Octet 2 :

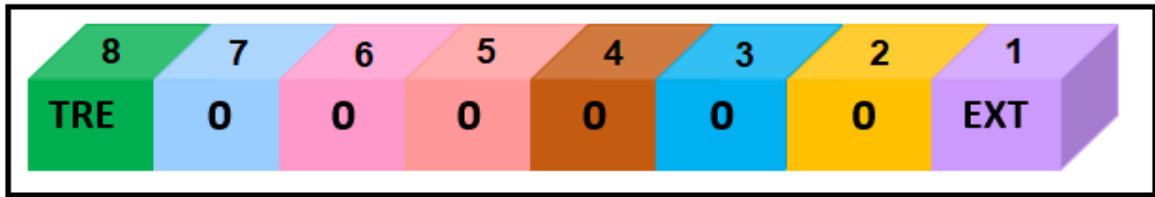


Tableau : l'octet 2 de l'état de la piste

- Bit 8 : TRE=0/1 Evènement de mort de piste
 - Bit 7 à 2 : Fixe à 0 non utilisés.
 - Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 l'octet suivant jamais transmis.
- **QUAL** : C'est la qualité de piste, constitué d'un octet extensible c'est un champ de données transmis pour chaque piste à chaque renouvellement il contient un certain nombre de caractéristiques liées, pour l'instant, à la vitesse de la piste et qui doivent permettre une discrimination entre les plots pistés au niveau de la visualisation.

-Octet 1 :

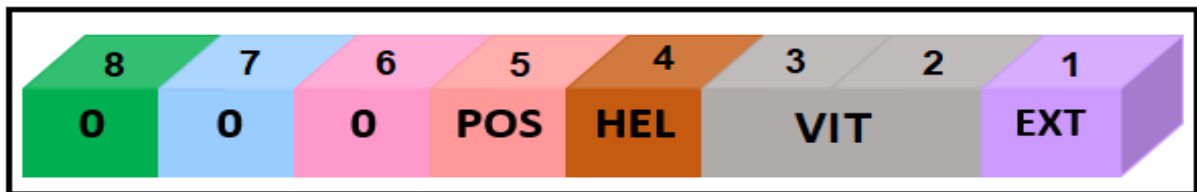


Tableau : l'octet 1 de la qualité de la piste

- Bit 8 à 6 : Fixes à 0 non utilisés.
- Bit 5 : POS=0/1 Coordonnées de position : Brutes mesurées calculées par la poursuite (lissées).
- Bit 4 : HEL=0 Pas de présomption d'hélicoptère /=1 présomption d'hélicoptère.
- Bit 3 à 2 : VIT=00 Plage de vitesse cible lente /=01 Cible rapide /=10 Valeur réservée /=11 Valeur réservée.

LES ANNEXES

- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 l'octet suivant jamais transmis

Octet 3 :

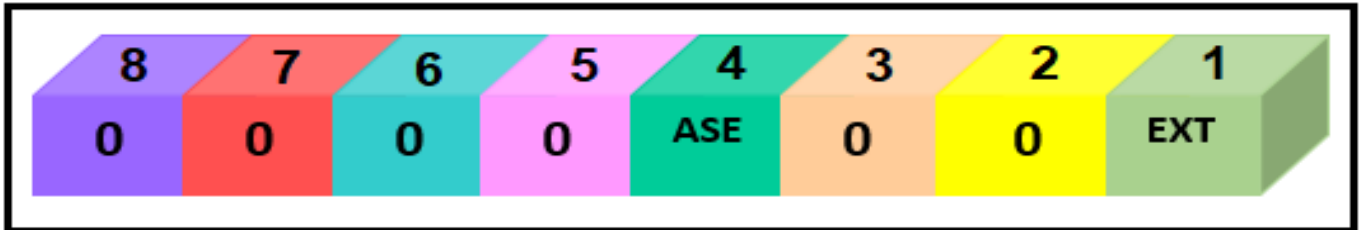


Tableau : Troisième octet du champ FSPEC

Bit	0	1
Bit 8	Fixe à 0 absence du champ (mode 2 octal) « Radar primaire ».	
Bit 7	Fixe à 0 absence du champ (qualité mode A) « Radar primaire ».	
Bit 6	Fixe à 0 absence du champ (qualité mode C) « Radar primaire ».	
Bit 5	Fixe à 0 absence du champ (qualité mode 2) « Radar primaire ».	
Bit 4 : ASE	Absence du champ ASE (Avertissement / Situation d'erreur).	Présence du champ ASE
Bit 3	Réservé pour l'indicateur de présence de champ SP	
Bit 2	Réservé pour l'indicateur de présence de champ RFS	
Bit 1: EXT	Fin du champ l'octet suivant jamais transmis	

Tableau : les bits de troisième octet du champ "FSPEC"

- ASE : C'est un avertissement (situation d'erreur), Ce champ de donnée est constitué d'un octet extensible, il peut être transmis pour les plots pistés en opérationnel. Il est cependant normalement absent. Il n'est transmis que si sa valeur est non nulle
- Bit 8 à 2 : Code d'alerte valeur binaire entre 0 et 127.
- Bit 1 : EXT=0 fin de champ / EXT=1 l'octet suivant jamais transmis.

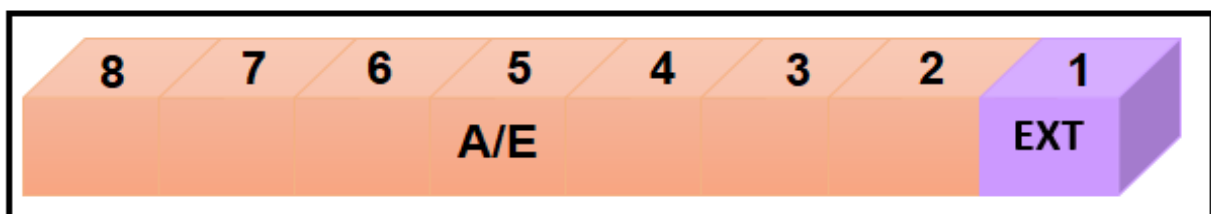


Tableau : l'octet 1 de l'avertissement / situation d'erreur

LES ANNEXES

Octet 4 :

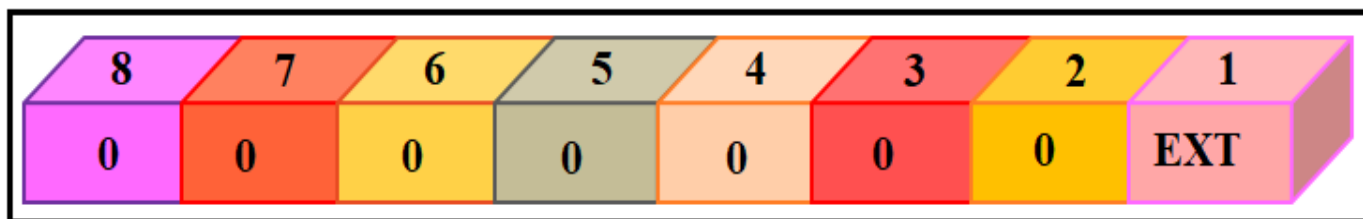


Tableau : le quatrième octet du champ FSPEC

C'est un octet de FSPEC dont tous les bits sont à 0 (absence des champs correspondants), y compris le bit d'extension, Cet octet a été prévu par EUROCONTROL mais qui ne sera jamais transmis

- Bit 8 : Fixe à 0 absence du champ (présence de l'impulsion X), « Radar primaire ».
- Bits 7 à 2 : Fixe à 0 des bits libres fixés à 0.
- Bit 1 : EXT=0 Fin du champ l'octet suivant jamais transmis.