

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université Saad DAHLAB – BLIDA 1**  
**Institut d'aéronautique et des études spatiales**

**Projet de fin du cycle**  
Pour l'obtention du diplôme de Master

**Spécialité : CNS/ATM**  
Communication, Navigation et Surveillance /Air Trafic Management

**THÈME :**

**Développement d'un outil de décodage des  
données radar sous le protocole ASTERIX**  
**« Catégorie 002 »**

**Présenté par :**  
**LOUZ Zahra**

**Promoteur : Mr A. ZABOT**

**Encadreur1 : M<sup>m</sup> F. BRAHIMI**

**Encadreur2 : Mr M. DJEBRI**

**Promotion : 2016 - 2017**

## Remerciements

Tout d'abord, je dois remercier Dieu qui m'a donné la patience, la force dans les moments difficiles et la volonté, jusqu'à l'accomplissement de ce travail.

Je voudrais exprimer ma plus profonde gratitude à M<sup>m</sup> BRAHI MI Fadila, chef service radar, pour son aide précieuse, son soutien inestimable et pour la confiance qu'il m'a accordée à effectuer mon travail.

Je tiens à remercier vivement monsieur DJEBRI Mounir pour son aide, son rigueur et sa disponibilité.

Je remercie également Monsieur A. ZABOT pour son aide, et la confiance qu'il m'a accordée à effectuer mon travail.

Je remercie très chaleureusement Mm RADIA pour son aide précieuse, et tous les membres du personnel de la DTNA.

Mes remerciements vont également à ma famille pour le réconfort et le soutien physique et morale, qu'ils m'ont accordé.

Enfin je remercie tous les gens qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse leur soutien et leur prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs pour leur encouragement permanent et leur soutien moral.

A mes chers frères pour leur appui et leur encouragement.

A mes anges et les fleurs de la famille

A toute ma famille pour leur soutien

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués et le fruit de votre soutien infaillible

A mon cher fiancé ISLAM merci d'être toujours là pour moi, et à sa famille

A ma meilleure CHANEZ , ma chère BOUTHAINA et à tous mes amies

À toute la promotion 2016/2017 du MASTER CNS/ATM

A tous les gens qui ont cru en moi et qui me donnent l'envie d'aller en avant.

Zahra

---

## ملخص

إن نظام الرادار يوفر أقصى قدر من السيطرة والمراقبة للحركة الجوية. هذا العمل المتواضع يقوم بدراسة تطوير أداة لفك تشفير بيانات الرادار في نسق ASTERIX لرسائل خدمة الرادارات من الفئة 002 لاستخراج معلومات تعزز المراقبة الجوية.

**كلمات مفاتيح :** ASTERIX نسق , تشفير بيانات الرادار, المراقبة للحركة الجوية , نظام الرادار

---

## Résumé

Le système radar offre le maximum de control et de surveillance pour le trafic aérien. Ce mémoire de fin d'étude porte sur l'étude de développement d'un outil de décodage des données radar sous format ASTERIX de la catégorie 002 « messages de service radar » pour extraire des informations utiles de surveillance .

**Mot clé :** Le système radar ; trafic aérien ; décodage des données radar ; format ASTERIX.

---

## Abstract

The radar system offers maximum control and surveillance for air traffic. This end-of-study memory relates to the development study of a tool for decoding the radar data in ASTERIX format of category 002 <radar service messages> in order to extract useful service information.

**Keyword:** radar system; air traffic; decoding the radar data; ASTERIX format.

<b>Sommaire .....</b>	<b>3</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>5</b>
<b>Acronymes.....</b>	<b>6</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>8</b>
<b>CHAPITRE 1 Généralités Radar</b>	
1.1 Introduction .....	10
1.2. Présentation de l’Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne .....	10
1.2.1. Présentation de la direction technique de la navigation Aérienne (DTNA).....	10
1.3. Le système Radar .....	10
1.3.1. Le radar primaire de surveillance(PSR).....	10
1.3.2. Le radar secondaire de surveillance (SSR).....	11
1.3.3 Radar de surveillance secondaire monopulse(MSSR).....	12
1.3.4. Le radar secondaire mode (A/C) .....	12
1.3.5. Le radar secondaire mode S.....	13
1.3.6. Chaîne de transmission des données RADAR « configuration actuelle ».....	13
<b>CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX</b>	
2.1 Introduction.....	17
2.2. Historique.....	17
2.3. Les catégories ASTERIX.....	17
2.3.1 Description des catégories de données radar.....	18
2.4. Les Articles de données et leurs catalogues.....	22
2.5. Champs de donnée (Data Field).....	22
2.6. Profil D'Application Utilisateur (UAP).....	22
2.7. La structure générale de message ASTERIX.....	23
2.7.1. Bloc de donnée ASTERIX.....	23
2.7.2. L’Enregistrement ASTERIX.....	24
2.7.3. Formats De Champ de Données.....	25
2.7.4. L’Organisation de Champ de donnée.....	26

2.8. Les conventions du protocole ASTERIX.....	27
2.8.1. Numérotation Des Bits.....	27
2.8.2. Valeurs Binaires.....	27
2.8.3 Gestion du temps dans les applications de transmission des données radar.....	27
2.8.4. Systèmes de projection et coordonnées géographiques.....	28
2.9 L'Adressage ASTERIX.....	29
2.9.1. Attribution des Identificateurs Systèmes.....	28

## **CHAPITRE 3 : CAT 002 Message de services Radar**

3.1.Introduction.....	32
3.2. Les Messages de Services Radar.....	32
3.2.1. Message des secteurs traversés.....	32
3.2.2. Messages Marqueurs Nord et Sud.....	32
3.2.3. Messages Activation/Arrêt de Filtrage des Zones Masquées.....	32
3.3. Description de message ASTERIX CAT 02.....	33
3.4. UAP standard pour la transmission des Messages Service du Radar.....	33
3.4.1. Les articles de données.....	34
3.4.2. Description des articles de données standards.....	34
3.5. Données élémentaires de CAT 002.....	37
3.5.1. FSPEC au message croisement de secteur.....	37
3.5.1.1.Caractéristiques et présence des champs données.....	37

## **Chapitre 4 Application**

4.1. Introduction.....	42
4.2 Description de logiciel utilisée pour la réalisation de l'application.....	42
4.3. Organigramme de l'application .....	42
4.3.1. message ASTERIX CAT 002.....	43
4.4. Application de décodage des données radar ASTERIX CAT 002.....	46
4.4.1 Les étapes de décodage.....	46

<b>Conclusion générale.....</b>	<b>53</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>.54</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>56</b>

## Liste des figures

---

<b>Figure1.1</b> Principe radar secondaire.....	12
<b>Figure1.2</b> Schéma bloc de transmission des données radar.....	14
<b>Figure 2.1</b> La structure du message ASTERIX.....	23
<b>Figure2.2</b> Bloc ASTERIX.....	24
<b>Figure2.3</b> Enregistrement ASTERIX.....	24
<b>Figure.2.4</b> Types des champs de données.....	25
<b>Figure 2.5</b> Organisation séquençage ordonné des champs.....	26
<b>Figure 2.6</b> Format SAC.....	27
<b>Figure2.7</b> Format SIC.....	27
<b>Figure 3.1</b> Bloc de données CAT 002.....	33
<b>Figure 3.2</b> OCTET 1 FSPEC CAT 002.....	37
<b>Figure3.3</b> Champ IDEN.....	37
<b>Figure3.4</b> Champ MSG.....	38
<b>Figure 3.5</b> Champ NUS.....	38
<b>Figure3.6</b> Champ HPS.....	39
<b>Figure3.7</b> Champ STS.....	39
<b>Figure 3.8</b> Champ MDT.....	39
<b>Figure 3.9</b> Octet 2 FSPEC CAT 02.....	40
<b>Figure 4.1</b> Code blocks.....	42
<b>Figure 4.2</b> Organigramme de l'application.....	45
<b>Figure 4.3</b> Etape 1 « Identification du message ASTERIX catégorie 002 ».....	46
<b>Figure4.4</b> Etape1«Test de l'identification du message ASTERIX catégorie 002 ».....	46
<b>Figure 4.5</b> Etape 1 « Identification de la longueur du message ASTERIX CAT 002.....	47
<b>Figure 4.6</b> Etape 2 « Test de l'identification de la longueur du message ASTERIX CAT 002.....	47
<b>Figure 4.7</b> Etape 2 « Analyse du champ FSPEC ».....	48
<b>Figure 4.8</b> Etape 2 « Test de l'analyse du champ FSPEC ».....	48
<b>Figure 4.9</b> Etape 3 « Décodage du champ IDEN ».....	49
<b>Figure 4.10</b> Etape 3 « Test de décodage du champ IDEN ».....	49
<b>Figure 4.11</b> Etape 3 « Décodage du champ MSG ».....	50
<b>Figure 4.12</b> Etape 3 « Décodage du champs NUS ».....	50
<b>Figure 4.13</b> Etape 3 « Décodage du champ HPS ».....	50
<b>Figures 4.14</b> : Les données ASTERIX CAT002 décodées.....	51



<b>Tableau 3.1 : UAP Standard pour les Messages Services de radar.....</b>	<b>34</b>
--	-----------

## Acronymes

---

<b>ATC</b>	Air Traffic Control
<b>ADS –B</b>	Automatic dependent surveillance Broadcast
<b>ASTERIX</b>	All Purpose STructured EUROCONTROL
<b>ARTAS</b>	Air Traffic Management Surveillance Tracker and Server System
<b>DP</b>	Data Processor
<b>ENNA</b>	Etablissement National de la Navigation Aérienne
<b>EUROCONTROL</b>	The European Organisation for the Safety of Air Navigation
<b>FRN</b>	Field Reference Number
<b>FSPEC</b>	Field SPECification
<b>FX</b>	Field Extension Indicator
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>HPS</b>	Heure UTC du secteur
<b>IDEN</b>	Identification de la source de données
<b>IDE</b>	Environnement de Développement Intégré
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LSB</b>	Least Significant Bit
<b>MTI</b>	Moving Targer Indicator
<b>MSG</b>	Type de message
<b>MSSR</b>	radar de surveillance secondaire monopulse
<b>MSB</b>	Most Significant Bit
<b>MDT</b>	Mode de traitement
<b>NUS</b>	Numéro de secteur
<b>OACI</b>	Organisation de l'aviation civile internationale
<b>OFS</b>	Odered Field Sequencing
<b>PSR</b>	Primary Surveillance Radar
<b>RHP</b>	Radar Head Processor
<b>RSSP</b>	Paneaux de spécialiste des systemes radar
<b>REP</b>	Field Repetition Indicator
<b>RFS</b>	Random Field Sequencing
<b>RDP</b>	Radar Data Procesor
<b>SSR</b>	Secondary Surveillance Radar
<b>SP</b>	But spéciale

## Acronymes

---

<b>SAC</b>	System Area Code
<b>SIC</b>	System Identification Code
<b>STFRDE</b>	Surveillance Task Force on Radar Data exchange
<b>STS</b>	Etat de la configuration radar
<b>UAP</b>	User Application Profile
<b>UTC</b>	Universam Time Coordinate
<b>W/E</b>	Warning / error

## Introduction

Le radar est un système qui fournit des services de contrôle et de surveillance, pour assurer la circulation aérienne.

Les données radar sont transmises entre les stations radar et les centres ATC, pour assurer un échange efficace, harmonisé et organisé et faciliter la tâche du processeur de traitement de ces données, on fait appel à un format de transmission standard normalisé nommé « Protocole ASTERIX ».

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA) sur qui repose la responsabilité en termes de sécurité sur le plan aérien doit avoir un outil pour le décodage autonome des données radar, afin d'extraire des informations utiles et fiables.

Nous nous sommes penchés sur cet objectif afin de réaliser une application qui permet le décodage des messages de service radar sous format ASTERIX, appelé catégorie 002 « messages de service radar ».

Les catégories du protocole ASTERIX pour les données radar sont nombreuses au total 256 catégories mais seulement quelques-unes qui sont exploitées par l'aviation civile. Donc il est nécessaire de faire un choix préalable, pour cela nous avons choisi d'implémenter le décodage de la catégorie 002.

La catégorie 002 est utilisée pour le message de service des monoradar, qu'il soient secondaire, monopulse ou mode S.

Dans ce cadre, le mémoire résume un travail de recherche, effectué dans le but de développement d'un outil de décodage des données radar sous format ASTERIX Catégorie 002.

Ce mémoire est organisé de la manière suivante :

Dans le chapitre 1, nous présenterons brièvement l'établissement national de la navigation aérienne, nous donnerons ensuite quelques définitions utiles.

Dans le chapitre 2 nous présentons le protocole de transmission des données radar ASTERIX et la structure générale de message.

Le chapitre 3 est une description générale de la catégorie ASTERIX 002

En dernier, le chapitre 4, est une présentation de notre application, réalisée via le logiciel code blocks langage C, ainsi que les résultats de décodage de la catégorie 002.



# **CHAPITRE 1 :** **Généralités sur le radar**

## 1.1. Introduction

Le contrôle de la circulation aérienne au niveau de L'établissement national de la navigation Aérienne (ENNA) , est actuellement assuré par les systèmes radars primaires (PSR) et secondaires monopulse ( MSSR)

## 1.2. Présentation de l'Etablissement Nationale de la Navigation Aérienne

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA), est chargé d'assurer l'exploitation et la sécurité du transport aérien. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du ministère des transports.

La mission principale de l'ENNA est d'assurer la sécurité aéronautique dans le domaine civil.

La sécurité aéronautique est l'ensemble des mesures visant à réduire le risque aérien. L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) édicte des normes et des recommandations, applicables dans les pays signataires de la convention de Chicago, à l'exemple de l'Algérie.

### 1.2.1. Présentation de la direction technique de la navigation Aérienne (DTNA)

La direction technique s'occupe des moyens techniques utilisés dans le domaine de la sécurité aéronautique.

Le matériel et les équipements de tous les sites répartis dans l'ensemble du territoire national sont sous sa responsabilité.

## 1.3. Le système Radar

Le RADAR est l'acronyme de RAdio Detection And Ranging qui signifie « Détection et Télémétrie Radioélectriques ». C'est un système qui utilise la propriété des ondes électromagnétiques qui se réfléchissent (en totalité ou partiellement) sur chaque obstacle, permettant ainsi de détecter des objets (cibles) qui sont situés à l'intérieur de son volume de couverture pour en extraire des informations comme la position dans l'espace, la forme ainsi que la vitesse et la direction de la cible.

### 1.3.1. Radar primaire de surveillance (PSR)

Le signal reçu est le résultat de la réflexion de l'onde émise par le radar sur un objet.

Le radar primaire possède deux propriétés fondamentales :

## CHAPITRE 1: Généralités sur le radar

---

- Détecter la cible.
- Localiser la cible.

Un émetteur envoie des impulsions hyperfréquences à l'aide d'une antenne, les impulsions sont partiellement réfléchies par l'objet volant et reviennent à l'antenne. Un récepteur mesure le temps entre l'émission et le retour des impulsions.

Cette durée et la direction de l'impulsion permettent de calculer la position de l'objet volant. Il existe aujourd'hui des radars primaires qui permettent de déterminer la position en 2D (distance et azimut), ou en 3D (distance, azimut, altitude).

Les radars primaires permettent de détecter et de suivre dans l'espace aérien surveillé, tous les objets qui réfléchissent suffisamment les ondes radars (y compris les phénomènes météorologiques, les vols d'oiseaux ; les planeurs de pente, les échos de sol, etc.)

Ces informations additionnelles, délivrées par le radar primaire, peuvent être partiellement filtrées

### **1.3.2. Le Radar secondaire de surveillance (SSR)**

Un des outils qui permet aux contrôleurs aériens, d'assurer la sécurité des avions en vol est le radar secondaire de surveillance (SSR).

Ce radar ne détecte pas la réflexion d'un écho sur un avion comme un radar primaire, mais fonctionne sur un mode de questions-réponses.

Le radar secondaire transmet des impulsions hyperfréquences (appelées interrogations), celles-ci n'ont pas pour but d'être réfléchies, la cible étant équipée d'un transpondeur qui les reçoit et les traite. Ensuite, sur une fréquence différente, le transpondeur met en forme et émet un message de réponse, qui peut être reçu et décodé par le radar secondaire.

Cette réponse contient des informations complémentaires à la localisation radar :

- L'identification de la cible.
- L'altitude mesurée par l'altimètre de bord.

Informations issues du calculateur de bord sur les instructions de vol.

Il peut alerter le contrôleur sur la détection, par l'aéronef, de conflit potentiel avec un avion voisin trop proche, ce qui accroît la sécurité des vols.

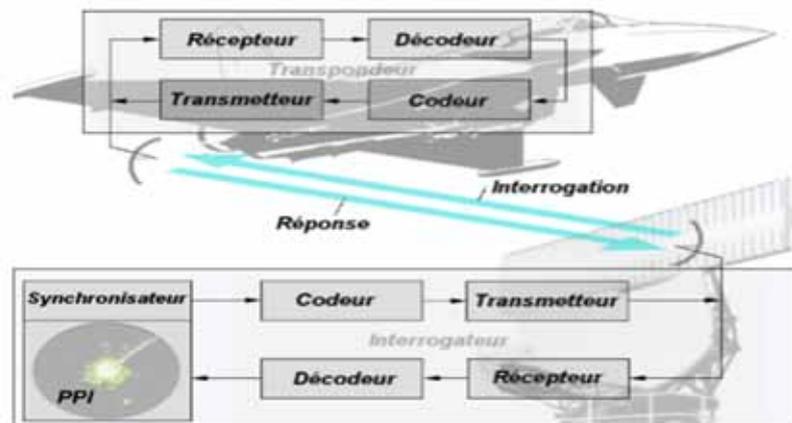


Figure 1.1 : Principe radar secondaire

### 1.3.3. Le radar de surveillance secondaire monopulse (MSSR)

Le radar de surveillance secondaire monopulse est une technique développée pour surmonter deux problèmes communs avec les systèmes radar de surveillance.

Lorsque plusieurs aéronefs sont à proximité immédiats, ou ils sont situés dans la même direction, leurs réponses SSR peuvent se chevaucher en raison de la taille finie de la largeur du faisceau de l'anneau (généralement 2-3 degrés).

Lorsque cela se produit, le décodeur au sol devient confus et l'information sera perdue. Ce problème est connu sous le nom de 'Garbling'.

Lorsque de nombreux aéronefs se trouvent à proximité, les réponses transmises par certains d'entre eux peuvent être interprétées comme provenant de la station SSR interrogée, provoquant une confusion et une erreur. Ce problème est connu sous le nom de 'Fruit'.

Ces problèmes sont résolus en analysant les signaux reçus à l'aide d'algorithmes en faisant le traitement sur chaque réponse.

En conséquence, Garbling et Fruit sont réduits d'environ 90%, tandis que la précision directionnelle est triplée par rapport à la SSR conventionnelle. Cette technique est connue sous le nom de radar de surveillance secondaire monopulse (MSSR).

La précision améliorée du MSSR permet de réduire les minimums de séparation du radar d'environ la moitié à 3 Nm si l'avion se trouve à moins de 40 Nm de l'antenne et à 5 Nm à plus de 40 Nm de l'antenne radar.

### 1.3.4. Le radar secondaire mode (A/C)

Avec le mode A, l'information transmise est un code SSR composé de quatre chiffres entre 0 et 7 inclus. Ce code sera affiché sur l'écran radar du contrôleur. Chaque vol a un code

## CHAPITRE 1: Généralités sur le radar

---

unique qui 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.

Donc avec le mode A, le contrôleur dispose de l'identification de l'avion et avec le mode C son altitude. Cette donnée est mesurée dans l'avion, transmise au radar, puis visualisée sur l'écran du contrôleur, elle est souvent désignée par "Alt" sur les transpondeurs actuels.

### **1.3.5. Le Radar secondaire mode S**

Le mode S est un processus du radar secondaire de surveillance, qui permet l'interrogation sélective des aéronefs en fonction de l'adresse unique de 24 bits attribuée à chaque avion, Il emploie des interrogateurs terrestres et des transpondeurs aéroportés et opère dans les mêmes fréquences radio (1030/1090 MHz) que les systèmes SSR conventionnels avec lesquels il est compatible

Le mode S a été déployé car les systèmes SSR historiques ont atteint la limite de leurs capacités opérationnelles. Cela prend la forme d'un nombre maximal dépassé de cibles, des cibles perdues, des erreurs d'identité et du manque de code du mode A.

L'interrogation mode S est semblable à l'interrogation mode A/C, la fréquence d'émission reste 1030 MHz et il y a deux types différents d'interrogation : appel individuel (ROLL CALL) et appel général (ALL CALL).

Les interrogations ALL CALL obtiennent des réponses de tous les avions qui se trouvent dans le lobe principal.

Les interrogations ROLL CALL sont adressées sélectivement à un seul transpondeur mode S, en utilisant les 24 bits d'adresse unique assignée à chaque avion, seulement les avions ayant une adresse répondent.

Les interrogations ALL CALL et ROLL CALL sont utilisées alternativement, pour identifier les codes identifications des avions présents sur le lobe principal, puis les interroger un par un.

### **1.3.6. Chaîne de transmission des données RADAR « Configuration actuelle »**

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

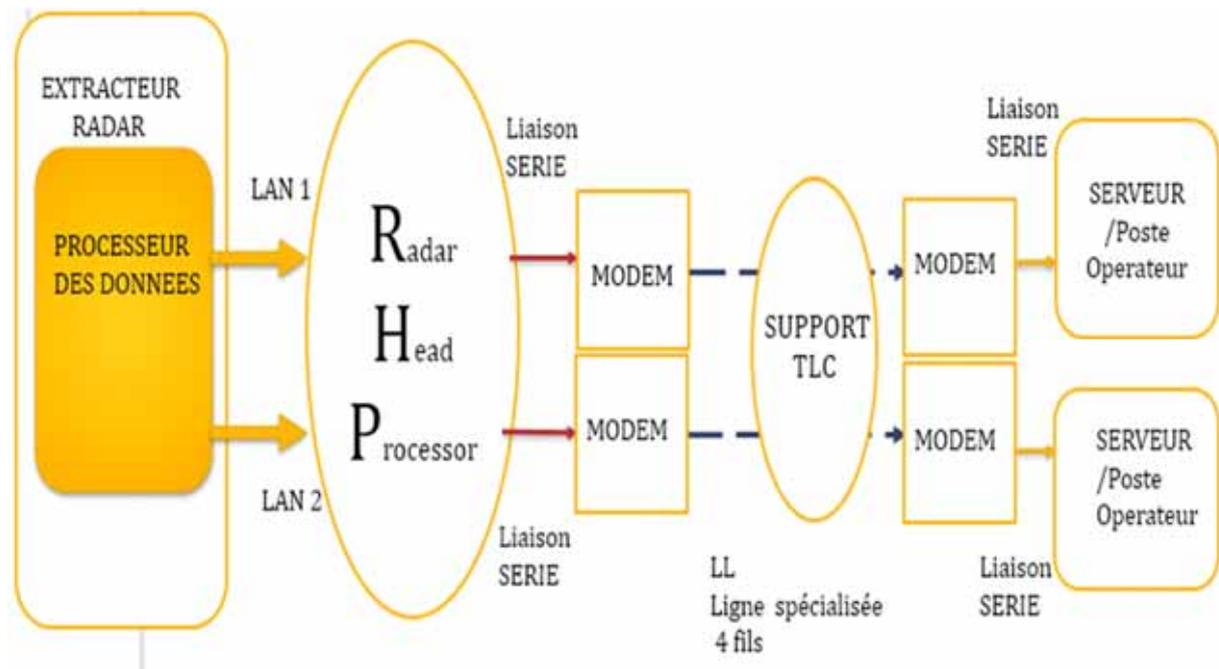


Figure1.2. Schéma bloc de transmission des données radar

La chaîne de transmission se compose :

**a. Système radar de surveillance secondaire monopulse (EXTRACTOR RADAR)**

Le **SIR-M** est la version monopulse du système radar de surveillance secondaire SIR.

L'équipement est entièrement conforme aux recommandations pertinentes de l'OACI et du STANAG.

Cette approche donne un très haut degré de flexibilité au radar et permet l'expansion du système de **SIR-R (SSR traditionnel)** par **SIR-M (SSR monopulse)** à **SIR-S (mode S SSR)** en ajoutant simplement des modules.

**SIR-M** est utilisé pour le contrôle de la circulation aérienne, à base de canal double avec contrôleur / extracteur intégré doté d'un changement automatique de canal et logé dans une seule armoire.

Après le **SIR-M**, il y a un réseau local (**LAN**) qui permet la transmission des données vers le **RHP (Radar Head Processor)** en utilisant le protocole **HDLC**.

**b. Le système Radar Head Processor**

Dans l'architecture précédente il y a deux **RHP** (pour assurer la redondance) de marque "**COMPAQ-Alpha server DS 10**" reliés sur le réseau **LAN**, le **RHP** permet

## CHAPITRE 1: Généralités sur le radar

---

de faire la combinaison des deux données reçues du **PSR** et **SSR** de la même cible, calcule la vitesse et écrit les données reçues sous format **ASTERIX** pour les envoyer vers les **modems MD 334** par des câbles

### c. Les modems MD 334

Le terme **modem** est la contraction de **modulateur démodulateur**. Il s'agit d'une interface physique, capable de transformer un signal numérique en un signal analogique (et réciproquement), le modem effectue la modulation de données numériques afin de les faire circuler sur un canal analogique.

Le **modem MD 334** est un équipement modulateur / démodulateur 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 sauvegarder et de restauration automatique à une vitesse maximale de 28800 bit/s.

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

Dans la salle technique il y a des modems pour recevoir les données radar et les envois vers les serveurs qui sont faire le décodage **ASTERIX**

## **CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX**

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

### 2.1 Introduction

L'acronyme ASTERIX (All Purpose STructured Eurocontrol Radar Information eXchange), représente l'échange d'informations de surveillance structurée à l'ensemble de l'infrastructure Eurocontrol. Est un nouveau format de transmission des données radars, développé par l'Organisation Européenne Eurocontrol

L'objectif est de permettre le transfert d'informations entre deux entités d'applications au moyen d'un accord des données à échanger

### 2.2. Historique

Dans ce qui suit nous donnerons quelques dates importantes de l'évolution du format ASTERIX :

**1980** : chaque pays développe son propre format de données

**1984** : L'ACC Maastricht présente un format pour les spécialistes radars conduisant à :

- La naissance d'ASTERIX
- La création d'un groupe d'utilisateurs

**1986** : Naissance officielle d'ASTERIX par le RSSP

**1988** : **Premier** manuel ASTERIX

- Description de la structure initiale
- Les articles pour radar météo et ATC

**1991** : Révision de la structure générale

- Plus de flexibilité
- Création standard

### 2.3. Les catégories ASTERIX

La catégorie définit le type de données qui vont suivre dans les enregistrements.

Le but d'une telle classification sera :

- Permettre une identification facile des données.
- Faciliter l'expédition des données à la tâche d'application appropriée dans l'unité de réception.
- Etablir une certaine hiérarchie parmi les données basée sur leur priorité.

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

Les catégories vont de 0 à 255 :

- **Catégorie 0 à 127** : Applications "standard" civile et militaire (Utilisé pour l'Air Traffic Control (ATC) et la météo)
- **Catégorie 128 à 240** : Applications spéciale pour le domaine militaire
- **Catégorie 241 à 255** : Application non standard civile et militaire (recherche, test, expérimentation ...)

### 2.3.1 Description des catégories de données radar

- **Catégorie 000 : Messages De la Synchronisation**

Des messages de la synchronisation sont employés, par exemple, pour fournir des données horodatées quand des images composées du trafic sont échangées entre les systèmes de traitement.

- **Catégorie 001 : le rapport radar des cibles d'un système de surveillance radar à un système de traitement des données radar (RDP)**

Les rapports radar des cibles sont des transactions contenant des paramètres transmis d'un système de surveillance radar à un système RDP

Des messages de piste (tracés) ou de plots ou une combinaison des deux peuvent être transmis. Le flux de donnée est unidirectionnel de la station radar au system(s) utilisateur

- **Catégorie 002 : Messages De Service Radar**

La transmission des données de la catégorie 002 permet à une station radar d'informer ses utilisateurs au sujet de sa configuration matérielle actuelle et le statut de traitement. Le flux de donnée est unidirectionnel de la station radar au system(s) utilisateur et représentent les données élémentaires nécessaires pour la manipulation appropriée des données radar de surveillance sur le côté utilisateur.

- **Catégorie 003 : distribution des données synthétiques du trafic aérien**

Cette catégorie est conçue pour distribuer les images synthétiques de la situation du trafic entre les systèmes RDP pour les affichées à la position du contrôleur. Les images de situation du trafic sont fondamentalement établies par un processus de traitement des tracés (Pistes) mono/multi radar, encore probablement complété avec l'association des données du plan de vol (ainsi les images du trafic sont entièrement marquées). Le dernier dispositif permet l'exécution des processus automatiques de coordination par l'intermédiaire de la communication écran à écran, même entre les positions de travail situées dans différents centres ATC.

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

- **Catégorie 008 : Données Météos Dérivées du Monoradar**

Ce sont des images météorologiques relativement simples des zones de précipitations détectées par des radars. Les zones de précipitations sont représentées dans une des trois manières suivantes :

- Zones ombragées de vecteurs polaires.
- Zones ombragées de vecteurs parallèles de diverses orientations.
- Contours.

Le flux de donnée est unidirectionnel de la station radar au system(s) utilisateur.

- **Catégorie 009 : Données Météos Dérivées des Multi capteurs**

Ceci permet la transmission des images météos composées produites par un système de traitement de données à partir de données fournies par un certain nombre de différents radars, généralement utilisés pour le contrôle aérien.

- **Catégorie 016, Données de surveillance augmentées d'une station sol de mode-S**

Comparable à la catégorie 001, cette catégorie de données couvre les rapports de cible d'un système radar de surveillance mode-S à un système RDP.

Des messages de tracé ou de plots peuvent être transmis. Le flux de donnée est unidirectionnel de la station radar Mode-S au system(s) utilisateur.

- **Catégorie 030 : Echange des images de situation en l'air**

**(réservé pour des applications de traqueur et de serveur radar ATC (ARTAS))**

Cette catégorie de données comporte tous les articles disponibles dans une base de données de tracé ARTAS probablement transmise dans la trame du service de données des tracés. Le sous-ensemble d'articles fournis à chaque utilisateur dépend du choix d'article fait pendant la définition de service.

- **Catégorie 031 : Messages de l'information capteur**

**(Réservés pour des applications d'ARTAS)**

Cette catégorie permet l'échange d'information lié aux capteurs de surveillances employées par ARTAS.

- **Catégorie 032 : L'information fournie par les utilisateurs à l'ARTAS**

**(Réservée pour des applications d'ARTAS)**

Cette catégorie d'Informations est réservée pour la transmission des informations des utilisateurs à ARTAS. Une telle information se relie à l'enrichissement des tracés, c.-à-d.

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

l'addition d'information supplémentaire (par exemple information relative au plan de vol) aux tracés de radar d'ARTAS.

- **Catégorie 241 : Messages Techniques**

Les messages techniques sont des messages dépendants d'application qui sont utilisés par un collecteur de données (c.-à-d. un système RDP utilisateur) pour communiquer ses demandes à une ou plusieurs source(s) d'informations (c.-à-d. serveur des tracés). Ces messages peuvent être employés pour échanger la table standard de filtre (s) entre les collecteurs de données et les sources. Des informations fournies par un serveur de tracés (Track Server) peuvent être filtrées ainsi selon les demandes particulières des systèmes RDP utilisateurs, sur la base des critères de filtrage tels que le filtrage géographique, les couches de niveau, le filtrage des statuts des tracés et/ou la catégorie et les données météos. En outre, ces messages peuvent être employés pour imposer des actions de réduction d'informations afin de réaliser une commande d'écoulement autonome pour la distribution des données de serveur de tracés.

- **Catégorie 252 : Message de contrôle des services et sessions  
(réservés pour des applications d'ARTAS)**

Cette catégorie d'Informations est conçue pour permettre l'établissement des raccordements entre ARTAS et ses utilisateurs, et pour définir le service d'information des tracés à être fourni par ARTAS.

- **Catégorie 253 : Information surveillance et contrôle de la station à distance**

Cette catégorie d'Informations est réservée pour l'échange d'information entre la station(s) radar et un système de surveillance et de contrôle, probablement centrale, à distance. Puisque cette catégorie d'Informations est fortement dépendante de l'application et du fabricant, aucune tentative de normaliser son utilisation ou les articles de données (Data Items) comportés là-dedans n'a été faite.

- **Catégorie 254, L'Information De Décharge De Mémoire up-line**

Cette catégorie d'Informations est fortement dépendante de l'application et du fabricant, aucune tentative de normaliser son utilisation ou les articles de données comportés là-dedans n'a été faite.

- **Catégorie 255, L'Information De Charge De Programme down-line**

Cette catégorie d'Informations est fortement dépendante de l'application et du fabricant, aucune tentative de normaliser son utilisation ou les articles de données comportés là-dedans n'a été faite.

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

- **Catégorie 241, Messages Techniques**

Les messages techniques sont des messages dépendants d'application qui sont utilisés par un collecteur de données (c.-à-d. un système RDP utilisateur) pour communiquer ses demandes à une ou plusieurs source(s) d'informations (c.-à-d. serveur des tracés). Ces messages peuvent être employés pour échanger la table standard de filtre (s) entre les collecteurs de données et les sources. Des informations fournies par un serveur de tracés (Track Server) peuvent être filtrées ainsi selon les demandes particulières des systèmes RDP utilisateurs, sur la base des critères de filtrage tels que le filtrage géographique, les couches de niveau, le filtrage des statuts des tracés et/ou la catégorie et les données météo. En outre, ces messages peuvent être employés pour imposer des actions de réduction d'informations afin de réaliser une commande d'écoulement autonome pour la distribution des données de serveur de tracés.

- **Catégorie 252, Message de contrôle des services et sessions**

(Réservés pour des applications d'ARTAS)

Cette catégorie d'Informations est conçue pour permettre l'établissement des raccordements entre ARTAS et ses utilisateurs, et pour définir le service d'information des tracés à être fourni par ARTAS.

A.2.13 Catégorie 253, Information surveillance et contrôle de la station à distance :

Cette catégorie d'Informations est réservée pour l'échange d'information entre la station(s) radar et un système de surveillance et de contrôle, probablement centrale, à distance. Puisque cette catégorie d'Informations est fortement dépendante de l'application et du fabricant, aucune tentative de normaliser son utilisation ou les articles de données (Data Items) comportés là-dedans n'a été faite.

- **Catégorie 254, L'Information De Décharge De Mémoire up-line**

Cette catégorie d'Informations est fortement dépendante de l'application et du fabricant, aucune tentative de normaliser son utilisation ou les articles de données comportés là-dedans n'a été faite.

- **Catégorie 255, L'Information De Charge De Programme down-line**

Cette catégorie d'Informations est fortement dépendante de l'application et du fabricant, aucune tentative de normaliser son utilisation ou les articles de données comportés là-dedans n'a été faite.

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

### 2.4. Les Articles de données et leurs catalogues

Un article de donnée est la plus petite unité d'information définie et normalisée. Pour chaque catégorie de données, un catalogue des articles de données sera normalisé.

Chaque article de donnée aura une référence unique qui identifie clairement cet article dans le catalogue approprié.

La référence symbolique de l'article de données (data Item) se composera d'une référence de huit-caractère de la forme **Innn/AAp** , où :

- **I** indique que ceci représente un article de donnée.
- **nnn** est un nombre décimal de trois chiffres qui indique la catégorie de donnée à laquelle, cet article de donnée appartient (000 à 255).
- **AA** est un nombre décimal à deux chiffres qui indique le type d'informations (Position, vitesse, etc...).
- **p** est un nombre décimal d'un chiffre qui peut indiquer jusqu'à 10 représentations différentes de l'article de donnée.

### 2.5. Les champs de donnée (Data Field)

Dans le but de la communication, les divers articles de données seront assignés aux champs de données c-à-d chacun de ces champs de donnée ayant une longueur du nombre d'octets intégral et référencié par un numéro de référence de champ FRN. Et La correspondance entre les articles de données et les champs de données sera normalisée pour chaque application appropriée par le profil d'application utilisateur (UAP ;User Application Profile).

### 2.6. Le profil D'Application Utilisateur (UAP)

L'UAP c'est un mécanisme pour assigner des articles de données (Data Item) aux champs de données (Data Field), contenant toutes les informations nécessaire qui doit être normalisées pour la réussite le décodage des messages.

L'UAP sera considéré comme la table de commande attachée aux programmes d'assemblage/désassemblage du message résidents dans les systèmes de traitement appropriés. Il définit essentiellement qui des articles de donnée catalogués sera employé, leur longueur (où il est applicable), leur attachement aux champs de données et toutes les conditions nécessaire qui doivent être normalisées pour la réussite de la transmission et l'interprétation des messages.

### 2.7. La structure générale de message ASTERIX

Le message ASTERIX peut être composé de plusieurs blocs. Chaque bloc correspond à une catégorie. La longueur est relative à la taille d'un bloc. Enfin dans chaque bloc nous pouvons trouver plusieurs enregistrements.

Les données des enregistrements sont détaillées dans les champs FSPEC. Ainsi chaque bit à un du champ FSPEC annonce une donnée particulière définie par la norme.

FSPEC Field Special, est un champ étendu, c'est-à-dire que sa taille est variable

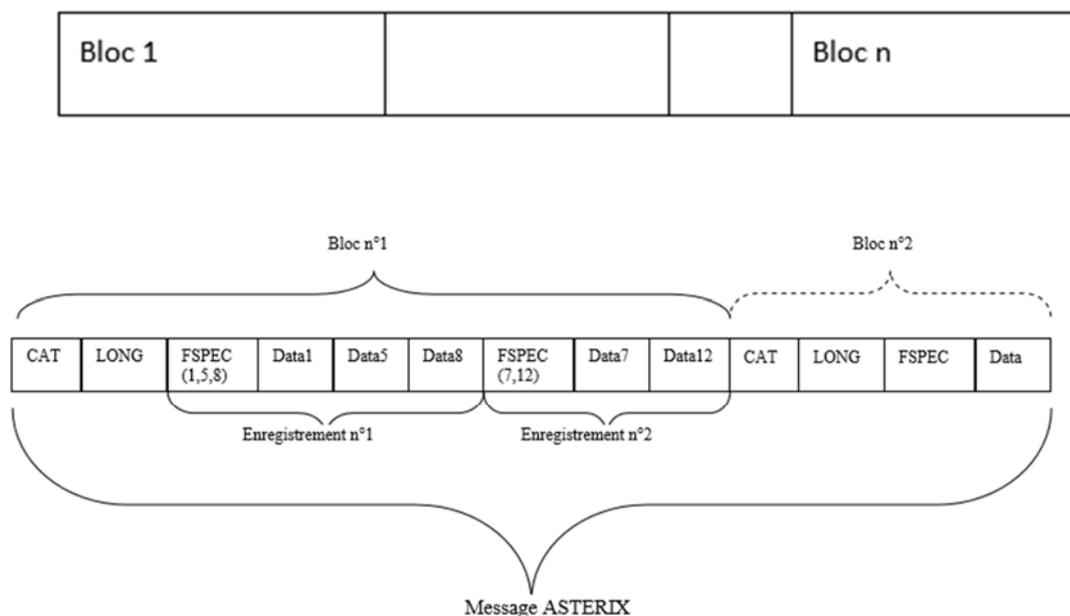


Figure 2.1 : La structure du message ASTERIX

#### 2.7.1. Le bloc de donnée ASTERIX :

Un bloc de données est composé de :

- Un champ Catégorie de donnée de 1 octet (CAT) indiquant à quelle catégorie la donnée transmise appartient.
- Un champ Indicateur de Longueur de 2 octets (LEN) indiquant la longueur totale (en octet) du bloc de donnée, y compris les champs CAT et LEN.
- Un ou plusieurs Enregistrement (Record) contenant les données de la même catégorie.

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

La taille maximum d'un bloc de données sera mutuellement convenue entre les données sources et utilisateurs

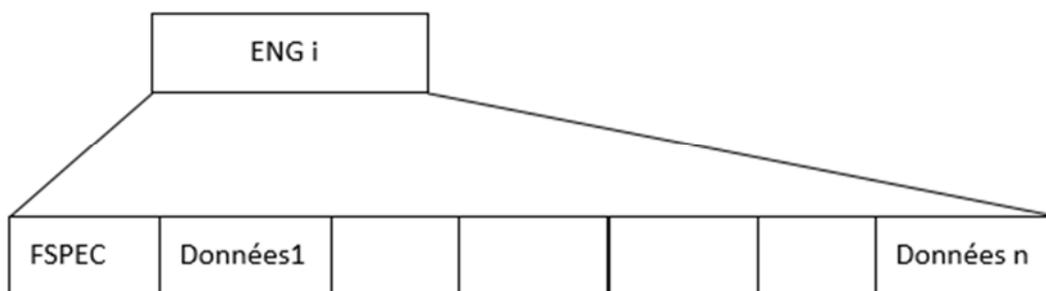


**Figure2.2 : Bloc ASTERIX**

### 2.7.2. L'Enregistrement ASTERIX :

Un Enregistrement contiendra des informations de la même catégorie de données requise par une application donnée et se composera :

- D'un champ concernant la spécification des champs (FSPEC) de longueur variable, indiquant quels champs de donnée (et par conséquent quels articles de donnée) sont présents dans l'Enregistrement et dans quels ordre.
- D'un nombre variable de champs de données, ayant une longueur implicite ou explicite. Chaque champ est associé à un et seulement un article de donnée, comme définit par l'UAP



**Figure2.3 : Enregistrement ASTERIX**

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

### 2.7.3. Les Formats de Champ de Données

Des champs de données auront une longueur implicite ou explicite (multiple d'un octet) selon, l'article de donnée assigné à chacun d'eux.

- **Les Champs de Données de longueur implicites**

La longueur de tels champs de données sera fixe ou variable, comme défini ci-dessous :

- Champs de données de longueur fixe, comportant un nombre d'octets fixe
- Champs de données de longueur extensible, étant d'une longueur variable, contenant une partie primaire de longueur prédéterminée, immédiatement suivie d'un certain nombre de parties secondaire, chacune d'une longueur prédéterminée.

La présence de la prochaine partie secondaire (suivante) est indiquée par la mise à 1 du bit du poids faible LSB, du dernier octet de la partie précédente (soit la partie primaire ou une partie secondaire).

Ce Bit qui est réservé dans ce but s'appelle l'Indicateur d'Extension du Champ (FX ; Field Extension Indicator).

Le champ de données Répétitif, étant d'une longueur variable, comportant un champ appelé Indicateur de Répétition des Champs REP de 1 octet, signalant la présence de N sous-champs consécutifs, chacun de la même longueur prédéterminée.

- **Les Champs de données de longueur Explicites**

Ces champs de données commenceront par un indicateur de longueur (1) octet ; donnant la longueur totale des champs en octets, y compris l'indicateur de longueur.

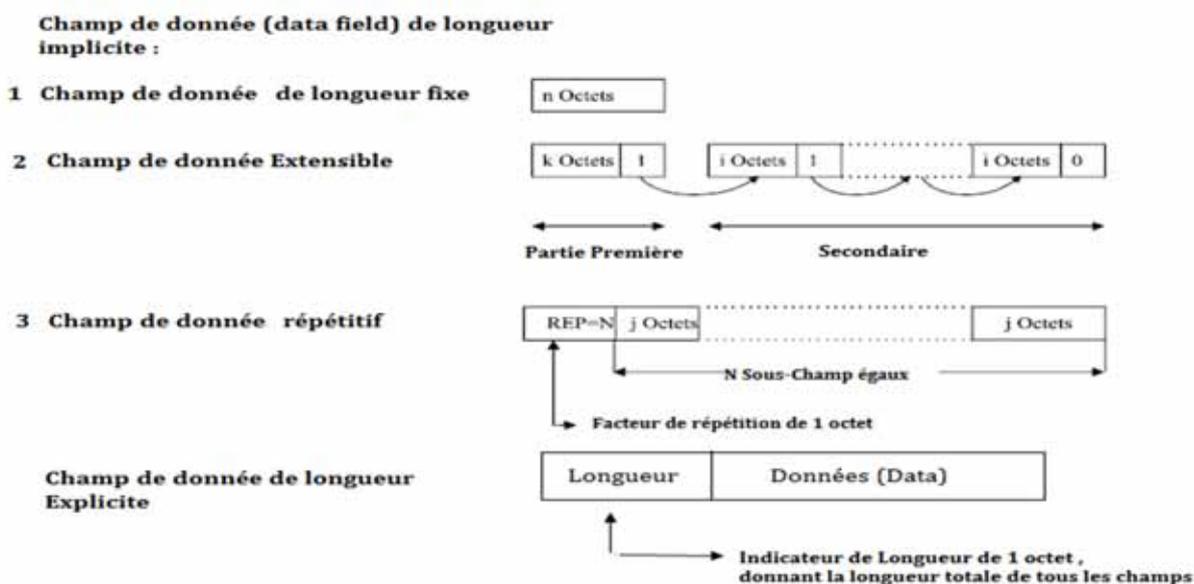


Figure.2.4 : Types des champs de données



## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

La longueur minimale du champ FSPEC sera un octet, qui permet la composition d'Enregistrements (Record), en n'importe quelle combinaison de champs de données (Data Field) avec un FRN de un (1) jusqu'à sept (7).

Quand des champs de données (Data Field) dont les numéros FRN supérieurs à sept (7) doivent être transmis, le mécanisme d'extension du FSPEC sera employé. Ceci est réalisé en assignant une signification spéciale au LSB (Bit du poids faible) de n'importe quel octet du FSPEC. Le LSB, quand elle est mise à 1, signale la suite du champ FSPEC avec au moins encore un octet, jusqu'à ce que finalement un octet est produit avec son LSB mise à zéro. Le LSB dans le champ FSPEC s'appelle l'indicateur d'extension de champ (FX).

- **L'Organisation Séquençage Aléatoire des Champs (RFS)**

L'organisation RFS permettra au champ FSPEC d'être de petite taille autant que possible, même si des champs de données avec un FRN élevé doivent être occasionnellement échangés.

Le champ organisé RFS est une collection de champs de données qui contrairement à l'organisation OFS, peut se produire dans n'importe quel ordre.

### 2.8. Les conventions du protocole ASTERIX

#### 2.8.1. Numérotation Des Bits

Toutes les positions des Bits dans un champ d'un octet seront numérotées de droite à gauche de 1 à 8. Pour un champ de « n » octet, les positions des Bits seront numérotées de droite à gauche de 1 à nx8, le bit du poids fort étant dans l'octet N°1 (le dernier octet à gauche).

Avec un champ FSPEC, les exceptions suivantes pour les positions des Bit s'appliqueront :

- Dans 1 octet FSPEC les Bits seront numérotés de gauche à droite de 1 à 8
- Dans un P octet FSPEC les Bits seront numérotés de gauche à droite de 1 à 8xP

Les données seront présentées au niveau de la réception dans le même ordre que celles produites à la transmission

#### 2.8.2. Valeurs Binaires

Des valeurs négatives seront représentées sous la forme de deux compléments, c.-à-d. le Bit du poids fort MSB étant 0 pour des valeurs positives et 1 pour des valeurs négatives

#### 2.8.3 Gestion du temps dans les applications de transmission des données radar

Deux domaines d'applications seront distingués :

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

- Transmission des données de la station radar aux centres de traitement.
- Echange des images composées du trafic synthétique (Piste et/ou Plots) entre les serveurs de l'information Piste et les centres de traitement.
- **Transmission des données à partir des stations radar vers les centres de traitement**

Quand un temps absolu est utilisé sur le site radar, il sera exprimé en temps universel coordonné UTC.

Chaque Plot ou Piste est individuellement horodaté. Ou un certain nombre de messages Secteur (au moins 16 par révolution) sont horodatés.

Chaque période individuelle de détection de plot est alors tirée au niveau du récepteur par l'intermédiaire d'une technique appropriée d'interpolation (différence d'azimut en ce qui concerne le dernier message secteur, le temps de croisement du dernier secteur et la période de rotation d'antenne).

- **Échange des images composées du trafic entre les serveurs de l'information Piste et les centres de traitement**

Pour l'échange des images du trafic, différentes façons d'implémentation du temps seront comme suites :

Chaque Piste sera horodaté individuellement, Ou bien, étant donné que plus souvent toutes les Pistes sont calculées pendant un temps de référence commun, un Enregistrement Spéciale de synchronisation est fourni avant la première Piste. Pour ce cas les Pistes n'auront pas besoin d'être horodatées.

Ou bien encore, l'image entière du trafic est découpée en tranches en un certain nombre de groupes de Piste, avec chaque groupe contenant toutes les Pistes dans un sous-domaine géographique. Toutes les Pistes dans un sous-domaine auront la même référence temps. La référence temps d'un groupe de sous-domaine voisin montrera un petit décalage de temps (renouvellement temps/numéro des images des groupes).

Dans cette situation chaque groupe est précédé par un Enregistrement de synchronisation fournissant la référence de temps de toutes les informations Pistes dans le groupe, ou alternativement chaque bloc de données contient un Enregistrement de temps comme étant le premier Enregistrement dans le bloc de données.

### 2.8.4. Les systèmes de projection et coordonnées géographiques

Bien qu'il soit possible de transformer les coordonnées géographiques locales en latitude et longitude référencées à un ellipsoïde commun, chaque utilisateur d'ASTERIX devrait

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

transmettre son information dans son propre système de coordonnées et transformer l'information reçue des autres utilisateurs d'ASTERIX à son propre système des coordonnées.

### 2.9. L'adressage ASTERIX

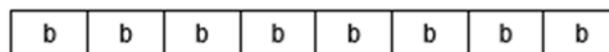
Afin d'éviter l'ambiguïté, chaque système (par exemple système de traitement des données radar, serveur) aura une identification unique au sein de la communauté des états participant à l'échange des données ASTERIX du radar.

#### 2.9.1. L'attribution des Identificateurs Systèmes

Le format d'identification du système ASTERIX se composera de deux sous-champs

- **Le système du Code Régional (SAC)**

Le champ SAC se composera d'un nombre de huit bits assigné à un secteur géographique ou à un pays.



**Figure 2.6 : Format SAC**

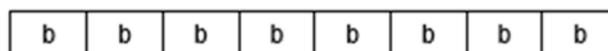
**b** : représente un chiffre binaire

Si nécessaire, plus d'un SAC devrait être assignée à un pays simple, par exemple pour différencier entre les applications civiles et militaires.

L'attribution des SAC sera coordonnée par le groupe de travail STFRDE (Surveillance Task Force on Radar Data Exchange).

- **Le système Code Identification (SIC)**

Le SIC se composera d'un nombre de huit bits assigné à chaque système (station radar, système de traitement, serveur, etc...), situé dans le secteur géographique ou le pays défini par le SAC.



**Figure2.7 : Format SIC**

**b** : représente un chiffre binaire

## CHAPITRE 2 : Protocole ASTERIX

---

Des SICs individuels seront assignés par l'administration nationale concerné dans le secteur identifié par le SAC et sera édité dans la norme ASTERIX, dès qu'ils seront notifiés par le groupe de travail STFRDE (Groupe de travail de surveillance sur l'échange des données radar).

A l'intérieur d'un seul secteur géographique ou pays identifié par un SAC, jusqu'à 256 différents codes SICs peuvent être assignés.

**CHAPITRE 3 : Catégorie 002**  
**« Messages de service radar »**

### 3.1. Introduction

La catégorie 002 est utilisée pour les messages de service des monoradars, qu'ils soient primaire, secondaire, monopulse ou Mode S .

### 3.2. Les Messages de Services Radar

Les messages transmis dans cette catégorie peuvent être répartis dans 3 types :

- Message des secteurs traversés
- Message de marqueur de Nord ou Sud
- Message d'activation ou de stop du filtrage de certaines zones

#### 3.2.1. Le message des secteurs traversés

La transmission de tels messages (Message des secteurs traversés) sera synchronisée (probablement avec quelque retard) avec la rotation d'antenne.

#### Recommandations

Les messages de croisement de secteur devraient être horodatés. L'information de temps devrait être le temps auquel l'antenne a croisé l'azimut définissant le début du secteur, et non pas le temps de transmission du message.

Par convention, le message de croisement du secteur 0 signalera le croisement de l'azimut nord. Il peut contenir plus d'information que d'autres messages de croisement de secteur.

#### 3.2.2. Le messages Marqueurs Nord et Sud

Quand ces messages (Message de marqueur de Nord ou Sud) sont utilisés, ils signaleront, indépendamment des messages de croisement de secteur et aussi rapidement que possible, le croisement de l'azimut du nord géographique local (ainsi que le sud) par l'antenne.

Le message marqueur du nord ne remplacera pas le message de croisement du secteur 0. La transmission des messages de croisement du secteur 0 peut être retardée comme tout autre message de croisement de secteur

#### 3.2.3. Le messages Activation/Arrêt de Filtrage des Zones Masquées

Ces messages (Message d'activation ou de stop du filtrage de certaines zones) seront envoyés pour informer le system(s) utilisateur sur l'activation et la désactivation des procédés de filtrage des pistes et des plots sélectifs géographiques.

### 3.3. Description de message ASTERIX CAT 002

Les blocs d'informations contenant les messages service du radar auront la disposition suivante :

CAT = 002	LEN	FSPEC	Element du dernier enregistrement		FSPEC	Element du dernier enregistrement
-----------	-----	-------	-----------------------------------	--	-------	-----------------------------------

**Figure3.1 : Bloc de données CAT 002**

Où :

- Catégorie de donnée CAT 002 : c'est un champ de 1 octet qui indique que le bloc de donnée contient les Messages de Service.
- Indicateur de longueur (LEN) : c'est un champ de 2 octets qui indique la taille totale du bloc de donnée, y compris les champs CAT et LEN.
- Champ de spécification FSPEC.

### 3.4. L'UAP standard pour la transmission des Messages Service du Radar

Le mécanisme a été normalisé et sera employé pour transmettre des messages de service d'une station radar vers les systèmes RDP utilisateurs.

la norme suivante UAP montrée dans le tableau sera employée pour la transmission des messages service du radar :

FRN	N° Article de données	Description	Longueur en Octet
1	I002 /010	Identificateur source de donnée	2
2	I002 /000	Type de Message	1
3	I002 /020	Numéro du Secteur	1
4	I002 /030	Temps de la Journée	3
5	I002 /041	Période de rotation de l'antenne	2
6	I002/050	Configuration de la station	1+
7	I002 /060	Mode de traitement de la station	1+
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
8	I002 /070	Valeur du compte du plot	(1 + 2xN)
9	I002 /100	Fenêtre Dynamique – Type 1	8
10	I002 /090	Erreur de collimation	2
11	I002 /080	Conditions Alarme/Erreur	1+
12	-	Réservé	-
13	-	Réservé pour l'indicateur SP (But Spécial)	-
14	-	Réservé pour l'indicateur RS(Séquençages)	-
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-

**Tableau 3.1 : UAP Standard pour les Messages Services du Radar**

### 3.4.1. Les articles de données

Les messages se composeront d'articles de données (Data Items) assemblés dans l'ordre défini par le numéro de référence de champ (FRN) dans l'UAP associé

Les articles de données seront obligatoires ou facultatifs :

- **Les articles obligatoires**

Représentent des données généralement utilisées exigées par n'importe quelle application, ils seront mis en application.

Quand c'est obligatoire, ils seront toujours transmis dans un Enregistrement avec le bit correspondant dans le champ FSPEC mise à 1.

- **Les articles facultatifs**

Représentent des données plus spécifiques et leur implémentation sera négociée entre les utilisateurs. Quand c'est facultatifs, ils seront présents dans un Enregistrement seulement si certaines conditions sont réunies (par exemple disponibilité des informations). Le bit correspondant dans le champ FSPEC étant placé à 1 ou à 0 selon la présence ou l'absence des champs

### 3.4.2. Description des articles de données standards de la catégorie 002

Ils sont des articles normalisés et employés pour la transmission des messages service du radar :

- **Article I002/000, Type De Message**

Cet article tient compte d'une manipulation plus commode des messages sur le côté de récepteur en définissant plus loin le type de transaction.

Dans l'application où des transactions de divers types sont échangées, l'article Type de Message facilite la gestion de messages appropriée sur le côté récepteur.

L'ensemble suivant de Types de Message sont normalisés pour les enregistrements de la Catégorie 002 :

- **001** Message Marqueur du Nord (North marker message)
- **002** Message de Croisement de Secteur (Sector crossing message)
- **003** Message Marqueur du sud (South marker message)
- **008** Activation du Filtrage des Zones Masquées (Activation of blind zone filtering)
- **009** Arrêt du Filtrage des Zones Masquées (Stop of blind zone filtering)

- **Article I002/010, Identificateur de Source d'Informations**

Identification de la station radar de laquelle les informations sont reçues.

- **Article I002/020, Numéro du Secteur**

Les Huit bits représentent l'azimut d'antenne définissent un secteur d'azimut particulier

- **Article I002/030, heure UTC du secteur**

Application du temps absolu exprimé en UTC, la valeur du temps est remise à zéro chaque jour à minuit.

L'article I002/030 peut avoir de diverses significations logiques. Dans un message particulier, la signification logique est implicite de son contexte (par exemple dans un message du marqueur du nord elle représente le temps de croisement du nord d'antenne ; dans un message de secteur elle représente le temps de croisement du secteur d'antenne)

- **Article I002/041, Période de rotation d'Antenne**

La période de rotation d'antenne est mesurée entre deux croisements du nord consécutifs ou comme ramenés à une moyenne pendant une période.

- **Article I002/050, Configuration de la Station**

L'information au sujet de l'utilisation et du statut de certains composants matériel essentiels du système radar.

Article de longueur variable comportant une première partie d'un octet, suivie des extensions d'un-octet selon les besoins.

Due à la diversité dans la conception de matériel et les exigences dans les stations radar présentes et futures, c'est impraticable d'essayer de définir les différents bits.

- **Article I002/060, Mode de traitement de la station**

Détails au sujet du statut actuel en ce qui concerne les paramètres et les options de traitement. L'information typique donnée dans cet article inclut entre autres le type de polarisation en service, l'indicateur de cible mobile (MTI) en service et/ou la définition de la gamme à laquelle MTI est appliqué, la présence des surcharges et le type de mesures de réduction de charge en service.

Seulement la structure de cet article est définie, aucune tentative n'est faite pour normaliser son contenu, pour ne pas entraver n'importe quelle application ou développement futur.

- **Article I002/070, Valeurs de compte du plot**

Valeurs de compte du plot selon les diverses catégories de plot, soit pour le dernier balayage complet d'antenne ou pour le dernier secteur traité.

- **Article I002/080, Conditions Alarme/Erreur**

Conditions Alarme/Erreur (W/E) affectant le fonctionnement du système radar lui-même. les valeurs des conditions Alarme/Erreur 1-63 sont réservées pour l'usage standard usuel, tandis que les valeurs 64-127 dépendent des applications.

- **Article I002/090, Erreur de collimation**

Elle represent la différence moyenne dans la distance et l'azimut pour la position de cible dans le radar primaire et la position de cible du SSR comme calculé par la station radar.

- **Article I002/100, Fenêtre Dynamique – Type 1**

Elle signale l'activation d'une certaine fonction de filtrage sélectif et les secteurs géographiques respectifs dans un système de coordonnées polaire.

La signification logique de la fenêtre polaire est définie par son contexte, donné par le Type de Message (article I002/000) dans l'enregistrement concerné.

### 3.5. Données élémentaires de CAT 002

#### 3.5.1. FSPEC au message croisement de secteur

Est un octet extensible.

Par principe, chaque bit de chaque octet de FSPEC indique, lorsqu'il positionné, la présence du champ correspondant dans le message courant. Certains bits sont fixés a la valeur 0 ; ils correspondent à des champs prévus dans le cadre du UAP défini par Eurocontrol, mais qui sont inutilisés dans le cadre de la présente application (champs optionnels).

##### 3.5.1.1. Les caractéristiques et présence des champs données

- **Octet 1**

Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1
IDEN	MSG	NUS	HPS	0	STS	MDT	EXT

Figure 3.2 : octet 1 de FSPEC CAT 002

- **Le bit 8 : IDEN (Identification de la source de données)**

Ce champ est présent dans chaque message de service croisement de secteur.

Deux octet de longueur fixe.

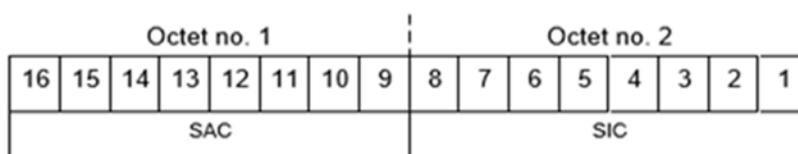


Figure 3.3 : champ IDEN

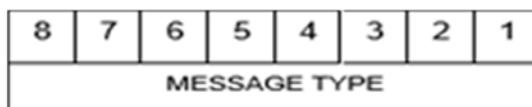
Les bits 16 à 9 : représente le SAC

Les bits 8 à 1 : représente le SIC

- **Le bit 7 : MSG (Type de message)**

Ce champ est toujours présent pour indiquer, qu'il s'agit d'un message de croisement de secteur seule la valeur décimale **02**, sera utilisée ici comme type de message .

C'est un octet de longueur fixe .



**Figure 3.4 : Champ MSG**

Les bits 8 à 1 : **MSG TYPE** = 02      message de croisement de secteur

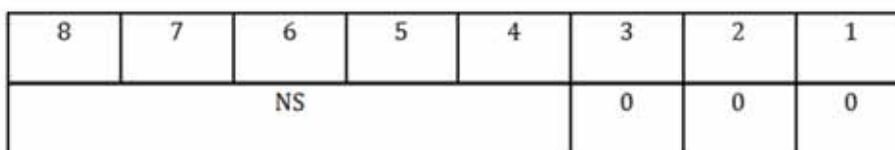
- **Le bit 6 NUS : Numéro de secteur**

Est une valeur binaire comprise entre 0° et 360° avec  $LSB = 360^{\circ}/256$

Ce champ est toujours présent pour les messages croisement de secteur.

Le premier secteur d'un tour est le secteur 0. Le message croisement de secteur 0 tient lieu par convention d'indicateur de passage au nord.

C'est un octet de longueur fixe



**Figure 3.5 : Champ NUS**

Les bits à 4 : **NUS numéro de secteur**

Les bits 3 à 1 : **fixe à 0**

- **Le bit 5 HPS : heure UTC du secteur**

Ce champ n'est transmis que si un système de datation de croisement de secteur est présent et opérationnel. Il consiste pour les radars de la navigation aérienne en récepteur horaires



Le bit 1 : **FX**= 0 fin du champ

= 1 Extension vers l'octet suivant

- **L'Octet 2 (jamais transmis)**

L'octet N°2 de FSPEC est prévu dans le cadre de l'UAP défini par Eurocontrol mais qui ne devrait jamais être transmis, donc tous les bits sont à 0 (absence de champs correspondants) y compris le bit d'extension.

On trouve dans l'octet N°2 le bit 3 **SP** et le bit 2 **RFS** indicateurs de présence respectivement d'un champ de données non standard et de champs organisés en séquence aléatoires RFS.

Ces bits ne seront jamais positionnés, mais leur utilisation est prévue par ASTERIX.

Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1
0	0	0	0	0	0	0	EXT

**Figure 3.9 : octet 2 FSPEC CAT 02**

**CHAPITRE 4 : L'application de décodage  
des données radar  
« Catégorie 002 »**

# CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

## 4.1. Introduction

C'est une application réalisée par code blocks langage C. Elle représente un processus automatisé de traitement des données radar, permettant la lecture et le décodage des données de la catégorie 002 « Messages de service Radar »

## 4.2 Description du logiciel utilisée pour la réalisation de l'application :

- **Code blocks**

Il fait partie des logiciels de type Environnement de Développement Intégré (IDE) pour le langage C.

Il est multiplateforme en particulier sur Windows et linux.

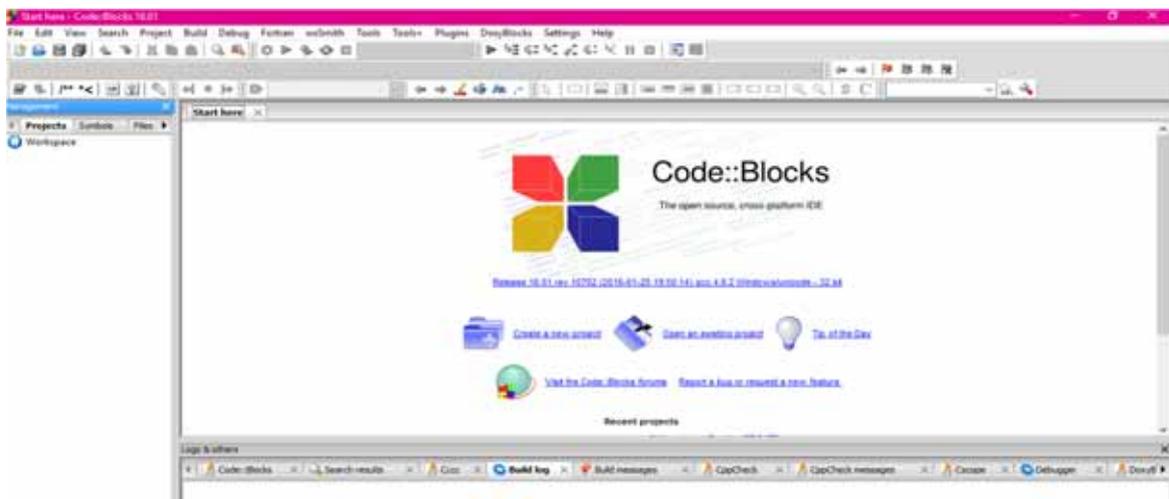


Figure 4.1 : code blocks

- **Le langage C**

C'est l'un des langages de programmation les plus utilisés actuellement, Il est à la fois facile à utiliser et très efficaces.

Les principaux avantages du C sont :

Les grands nombres de fonctionnalités, facilité d'utilisation des langages objets et control d'erreur accru.

## 4.3. L'organigramme de l'application

L'organigramme présente la réalisation de notre application passant par trois étapes :

- l'identification du message ASTERIX catégorie 002,

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

- l'analyse de FSPEC
- puis le décodage et l'affichage des données.

Tout en respectant la structure de message ASTERIX catégorie 02 qui nous permet de décoder les données radar selon la norme UAP afin d'extraire des informations  
MESSAGES DE SERVICE RADAR

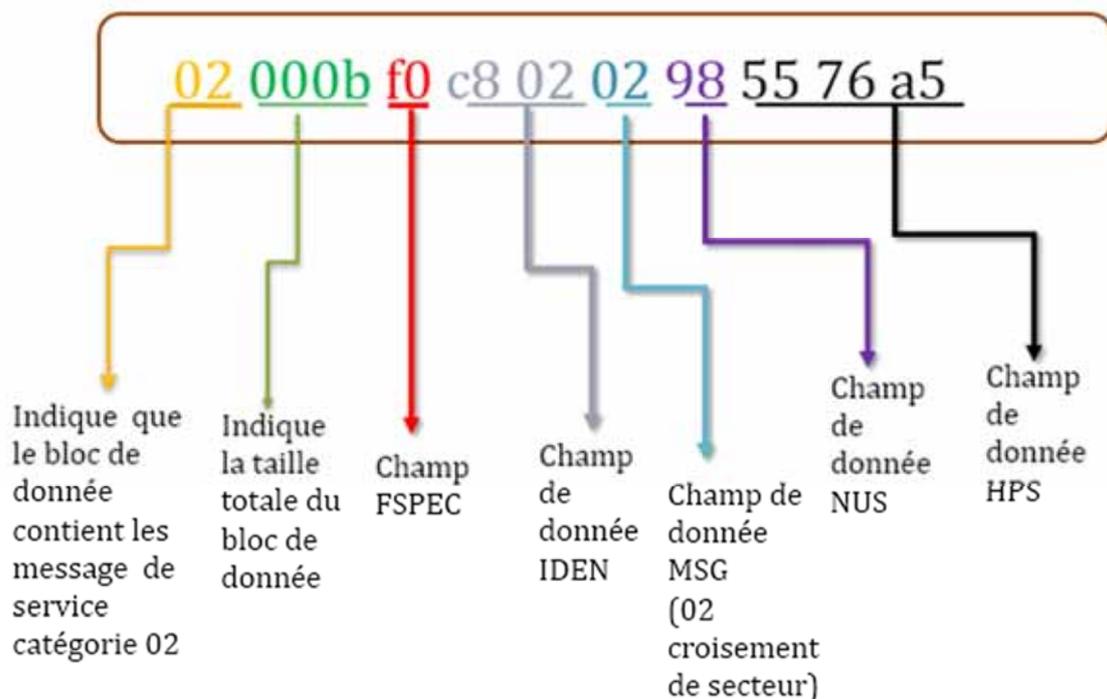
Enfin on a Testé chaque étape une fois son décodage terminer pour assurer le bon décodage des données radar de notre application et pour identifier les erreurs de chaque champ de donnée et annonce que la trame était malformée. Cette étape a été assez longue puisqu'elle a consisté à refaire toutes les démarches de décodage et choisir les valeurs que l'on voulait décoder

### 4.3.1. Le Message ASTERIX CAT 002

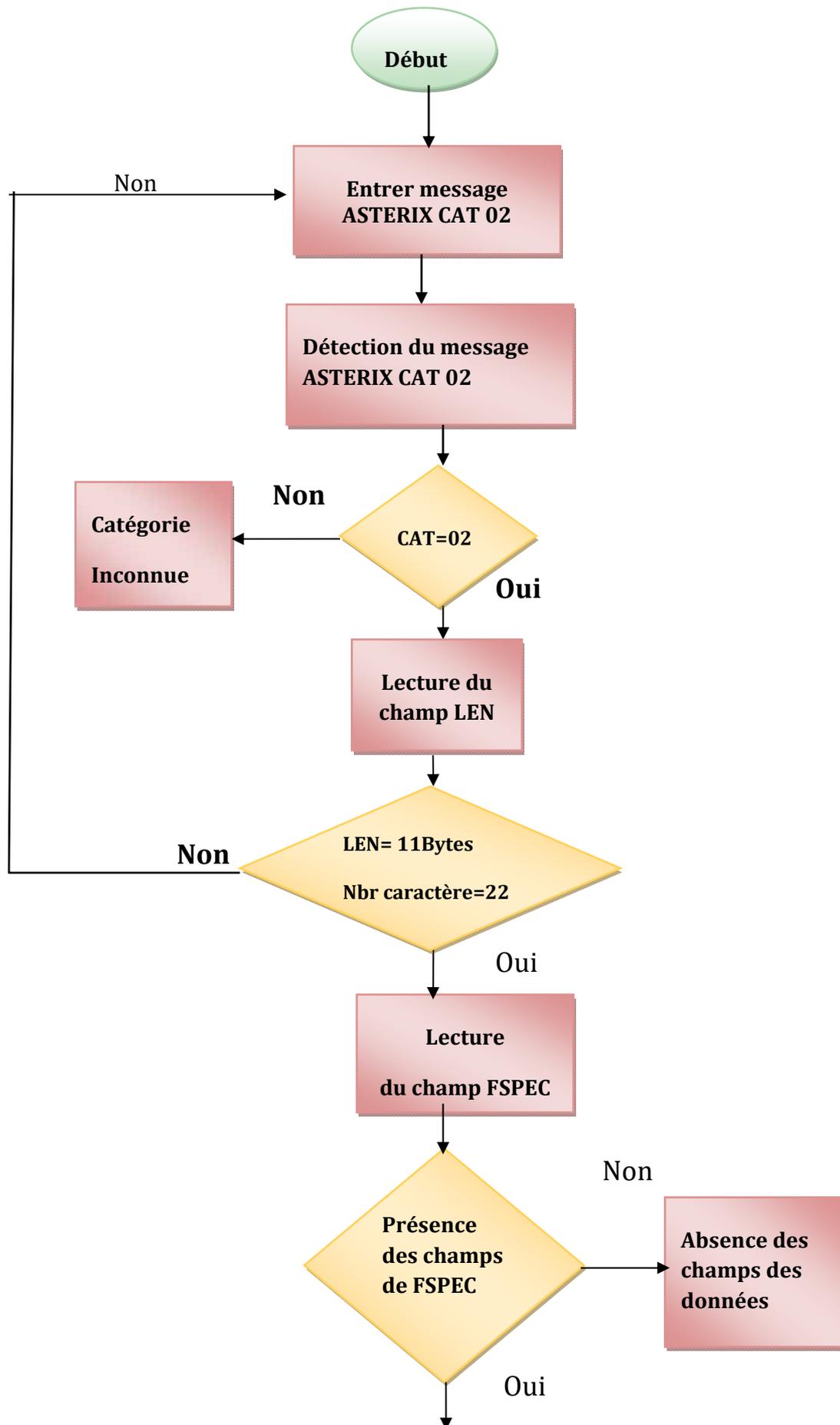
Les étapes de l'organigramme de notre application sont faites selon la construction de message ASTERIX capturé.

Ce message ASTERIX CAT 02 traité est une capture d'une trame réelle prise du système radar Alger ; contient un seul bloc avec un seul enregistrement de la catégorie 002.

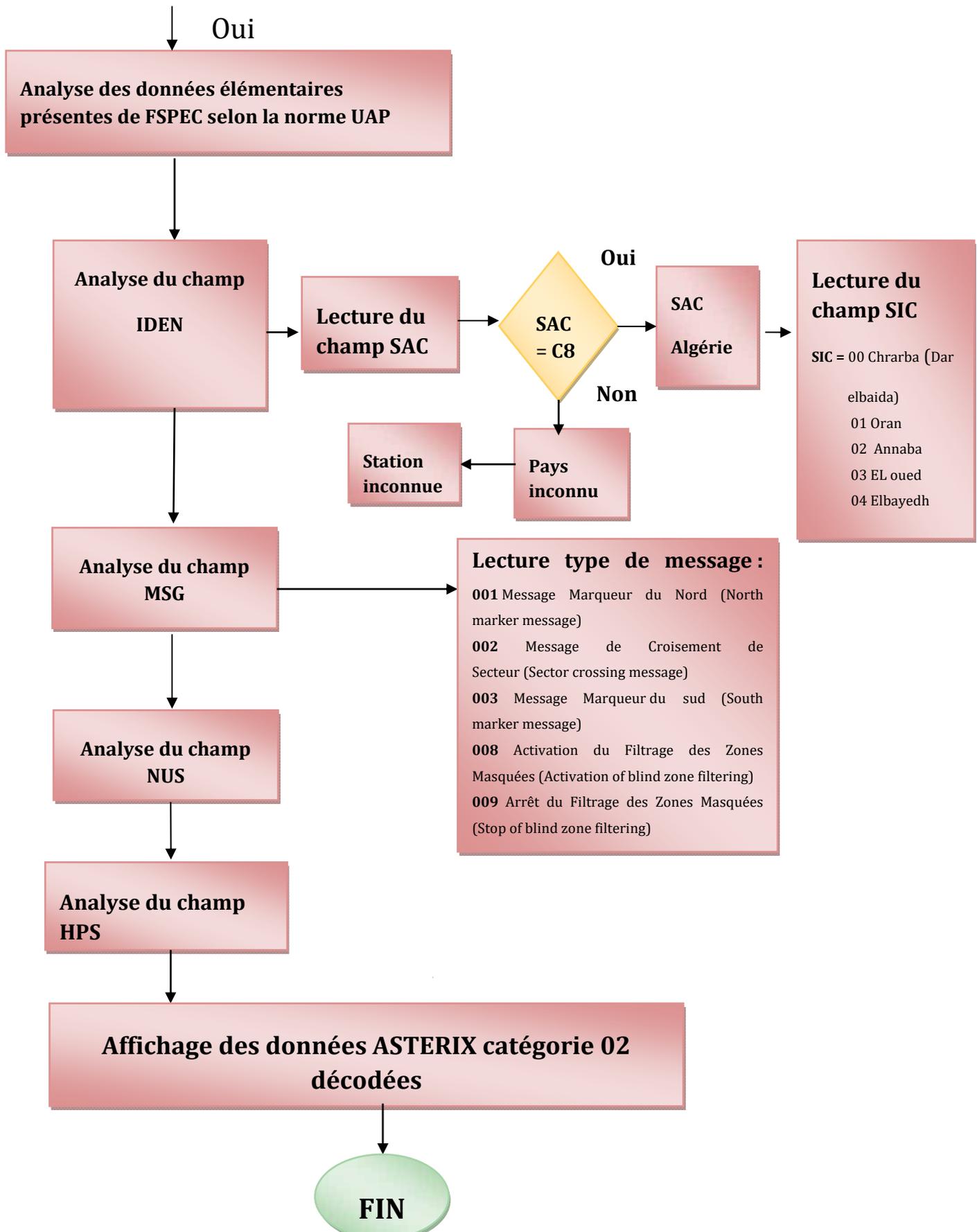
Le message ASTERIX CAT 002 transmis est en format hexadécimale donnée comme suit :



# CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »



# CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »



**Figure 4.2 : Organigramme de l'application**

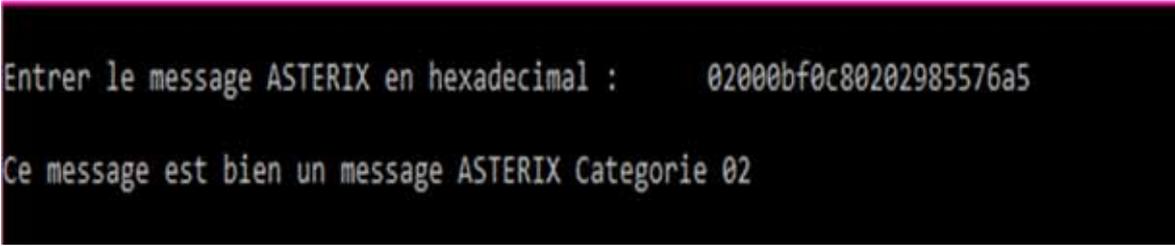
### 4.4. Application de décodage des données radar ASTERIX CAT 002

Nous allons maintenant détailler chaque étape de notre application avec des captures prises de l'interface console de logiciel utilisé. Et pour valider les résultats de l'application on a traité le cas contraire de chaque étape par la saisie d'un message malformé. Les résultats de décodage sont affichés en décimale.

#### 4.4.1. Les étapes de décodage

- **Etape 1 : Identification**

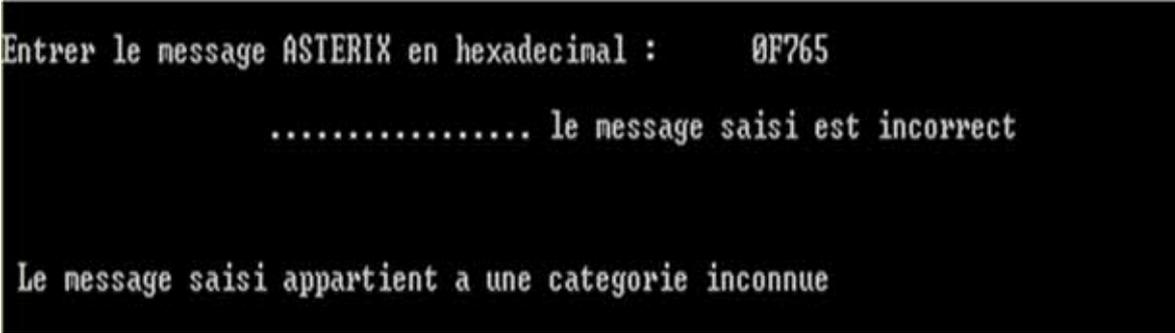
Après avoir saisi le message, l'application détecte, si ce message appartient à la catégorie de données traitée par la lecture de premier octet de message, L'octet 02, indique que c'est un message ASTERIX de la catégorie 002 :



```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :    02000bf0c80202985576a5
Ce message est bien un message ASTERIX Catégorie 02
```

**Figure 4.3 : Etape 1 « Identification du message ASTERIX catégorie 002 »**

On a testé l'identification par l'insertion d'un message mal formé, l'application affiche « catégorie inconnue »



```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :    0F765
..... le message saisi est incorrect

Le message saisi appartient a une categorie inconnue
```

**Figure 4.4 : Etape 1 « Test de l'identification du message ASTERIX catégorie 002 »**

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

---

- l'application fait la vérification si le message saisi est un message ASTERIX CAT 002 de longueur 11 bytes avec un nombre de caractères 22 en hexadécimales  
Et le résultat de l'affichage « Le message saisi est correct » :

```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :      02000bf0c80202985576a5
Ce message est bien un message ASTERIX Catégorie 02
..... le message saisi est correct

La categorie du message:                       CAT = 02
La longueur du bloc de donnees:                LEN = 0b   (11 Bytes)
```

**Figure 4.5 : Etape 1 « Identification de la longueur du message ASTERIX CAT002 »**

Et si ces conditions ne sont pas vérifiables elle indique : « le message saisi est incorrect », Et fait le retour à la première étape (entrer message ASTERIX)

```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :      0F765
..... le message saisi est incorrect

Le message saisi appartient a une categorie inconnue
..... le message saisi est incorrect

Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :
```

**Figure 4.6 : Etape 1 « Test de l'identification de la longueur du message ASTERIX CAT 002»**

- **Etape 2 : l'analyse du champ FSPEC**

Etape de décodage du champ FSPEC de l'enregistrement ASTERIX CAT 002

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

Pour indiquer quels champs de donnée et par conséquent, quels articles de donnée sont présents dans l'enregistrement et dans quel ordre (selon UAP).

Elle affiche les champs des données présents en ordre avec son FRN.

```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :      02000bf0c80202985576a5
Ce message est bien un message ASTERIX Catégorie 02
..... le message saisi est correct

La categorie du message:                        CAT = 02
La longueur du bloc de donnees:                LEN = 0b   (11 Bytes)
Le champ Field Specification:                  FSPEC = f0 = 1111 0000

FRN1 = 1      ->   Presence du champ IDEN
FRN2 = 1      ->   Presence du champ MSG
FRN3 = 1      ->   Presence du champ NUS
FRN4 = 1      ->   Presence du champ HPS
```

Figure 4.7 : Etape 2 « Analyse du champ FSPEC »

- Puis on a tester l'étape précédente par le changement d'un champ du FSPEC du F0 à A0, l'application affiche des absences de données :

```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal :      02000ba0c80202985576a5
Ce message est bien un message ASTERIX Catégorie 02
..... le message saisi est correct

La categorie du message:                        CAT = 02
La longueur du bloc de donnees:                LEN = 0b   (11 Bytes)
Le champ Field Specification:                  FSPEC = a0 = 1010 0000

FRN1 = 1      ->   Presence du champ IDEN
FRN2 = 0      ->   Absence du champ MSG
FRN3 = 1      ->   Presence du champ NUS
FRN4 = 0      ->   Absence du champ HPS
```

Figure 4.8 : Etape 2 « Test de l'analyse du champ FSPEC »

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

**Etape 3 :** L'application passe au décodage des données élémentaires présentes de FSPEC. Les résultats de décodage sont en décimale :

- **Champ IDEN :** elle commence par le décodage de premier octet de ce champ **SAC** assigné à l'Algérie, après l'application passe directement au décodage de deuxième octet **SIC** correspond à une station radar, selon le code de cette station

```
Identificateur de la source de donnee :      IDEN = C8 02
                                             SAC = c8      (ALGERIA)
                                             SIC = 02      (ANNABA)
```

**Figure 4.9 : Etape 3 « Décodage du champ IDEN »**

**Donc les informations sont reçues de l'Algérie et de la station radar d'ANNABA**

Et dans le cas où le code SAC n'appartient pas à l'Algérie l'application affiche pays inconnu et par conséquent station inconnue

```
Identificateur de la source de donnee : IDEN = E9 02
                                             SAC = E9      (PAYS INCONNU)
                                             SIC = 02      (STATION INCONNUE)
```

**Figure 4.10 : Etape 3 « Test de décodage du champ IDEN »**

- **Champ MSG :** pour indiquer les données transmises appartient à quel type de message de service

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

---

L'application affiche 02 : croisement de secteur

```
Type de Message :                MSG = 02  
  
Message de Croisement de Secteur (Sector crossing message)
```

**Figure 4.11. Etape 3 « Décodage du champ MSG »**

- **Champ NUS** : l'application affiche le numéro de secteur

```
Numero du Secteur :                NUS = 98 (214.32 Degree)
```

**Figure 4.12. : Etape 3« Décodage du champ NUS »**

- **Champ HPS** : l'application affiche l'heure UTC de croisement de secteur

```
Temps de croisement du secteur d'antenne:    HPS = 55 76 a5 (12 Heures)
```

**Figure 4.13 : Etape 3 « Décodage du champ HPS »**

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

- **Récapitulatif des résultats**

Il affiche toutes les données ASTERIX CAT 002 décodées :

```
Entrer le message ASTERIX en hexadecimal : 02000bf0c80202985576a5
Ce message est bien un message ASTERIX Catégorie 02
..... le message saisi est correct

La categorie du message: CAT = 02
La longueur du bloc de donnees: LEN = 0b (11 Bytes)
Le champ Field Specification: FSPEC = f0 = 1111 0000

FRN1 = 1 -> Presence du champ IDEN
FRN2 = 1 -> Presence du champ MSG
FRN3 = 1 -> Presence du champ NUS
FRN4 = 1 -> Presence du champ HPS

Identificateur de la source de donnee : IDEN = c8 02
      SAC = c8 (ALGERIA)
      SIC = 02 (ANNABA)

Type de Message : MSG = 02

Message de Croisement de Secteur (Sector crossing message)

Numero du Secteur : NUS = 98 (214.32 Degree)

Temps de croisement du secteur d'antenne: HPS = 55 76 a5 (12 Heures)
```

Figure 4.14 : Les données ASTERIX CAT 002 décodées

## CHAPITRE 4 : L'application de décodage des données radar « Catégorie 002 »

---

## Conclusion générale

---

Dans le cadre de la recherche et du qui consiste le développement d'un outil de décodage des données radar sous le protocole ASTERIX et après un stage au sein de la direction technique de la navigation aérienne (DTNA) service radar, nous avons réalisé une application de décodage des données radar de la catégorie 002 « messages de service radar » Cette application nous permet d'interpréter les données décodées, afin d'extraire des informations utiles pour renforcer la surveillance et le control de trafic aérien, ainsi que le control d'erreur, car elle décode que le message ASTERIX CAT 002 de SAC Algérie, et dans le cas de présence de différents types de message CAT 002, notre application facilite la gestion de message appropriés sur le côté récepteur par ce qu'elle indique le type de message de service radar CAT 002 décodée.

### **Perspectives**

Les développements futurs envisageables sont :

- Décodage de la catégorie 34 la nouvelle version de la catégorie 02 utilisée directement par le mode S.
- Capture et décapsulation des trames réseaux.
- Décodage des messages ASTERIX en temps réel.
- Affichage des données radar sur interface graphique.

[1] **ASTERIX PRIMAIRE VERSION 5.1 ANNEXE 2** Service technique de la navigation aérienne Département 4 IENAC, AVRIL 2000

[2] **DREVON Bertrand ZONCO Vincent** Développement d'un module de décodage logiciel WIRESHARK pour le trafic radar au format ASTERIX, IENAC 06 L

[3] **EUROCONTROL STANDARD DOCUMENT FOR SURVEILLANCE DATA EXCHANGE** Part 1, All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange (ASTERIX)

Edition : 1.25

Edition Date : July 2000

[4] **EUROCONTROL STANDARD DOCUMENT FOR Radar Data Exchange** Part 2b Transmission of Monoradar Service Messages ,

Edition : 1.0

Edition Date : November 1997

[5] **FAVIER Florian BIKOUO Aubin** Développement d'un module de décodage logiciel WIRESHARK pour le trafic radar au format ASTERIX, IENAC 07 L

[6] **Format ASTERIX** IENAC

[7] **Saidia Fares** Etude du protocole de Communication ASTERIX pour l'échange des données Radar ATC33S\_DPC de l'ENNA ; mémoire de fin d'études Université SAAD DAHLEB –Blida- Faculté des sciences de l'ingénieur Département d'Aéronautique 2009/2010

# Annexe

### **Les articles facultatifs et les articles obligatoires pour la transmission des messages de service radar**

**L'article I002/010** : (Identificateur de source de donnée) est obligatoire et sera toujours transmis pour chaque type de messages de service.

**L'article I002/000** : (Type de Message) est obligatoire et sera toujours transmis pour chaque type de messages de service. Ceci permet la distinction entre les messages de croisement de secteur, messages de marqueur du Nord/Sud et les messages de filtrage de zone masquée.

**L'article I002/020** : (numéro de secteur) est obligatoire et sera toujours transmis seulement dans les messages de croisement de secteur. Ce numéro se rapporte au secteur qui est sur le point de commencer, ce dernier est représenté par les huit bits du champ azimuth d'antenne.

NOTE - par convention, le message de croisement du secteur 0 correspond au croisement du nord azimuth par l'antenne.

**L'article I002/030** :(Temps de la journée) est facultatif pour chaque type de messages service du radar. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible. Ceci permet d'horodater les messages service du radar à l'emplacement station radar. L'information temps, codée dans les trois-octets, est la période d'un événement (par exemple le croisement de l'azimut définissant le commencement d'un secteur par l'antenne) exprimé comme le nombre de 1/128 s s'écoulait depuis le dernier minuit. Puisque cette information de temps n'est pas le temps de transmission du message, elle permet la reconstruction de la période de la détection pour chaque plot ou piste quand l'article I001/141 n'est pas mis en application, par interpolation avec l'azimut de la cible.

**L'article I002/041** :(période de rotation d'antenne) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement dans des messages de croisement du secteur 0 ou dans les messages de marqueur du nord. Cet article permet la transmission de la période de rotation d'antenne comme mesurée par la station radar entre deux croisements du nord consécutifs, ou une vitesse de rotation calculée d'antenne comme ramené à une moyenne pendant une période, ou pendant un certain nombre de balayage de rotation d'antenne.

**L'article I002/050** :(Configuration de la station) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement pour les messages de croisement de secteur ou les messages de marqueur du Nord/sud si au moins un bit du champ est mise à 1 et dès qu'un changement du statut de la station se produira.

**L'article I002/060** :(mode de traitement de la station) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement pour les messages de croisement de secteur ou les messages de marqueur du Nord/sud si au moins un bit du champ est mise à 1 et dès qu'un changement dans le mode de traitement de la station se produira.

**L'article I002/070** :(valeurs de compte du Plot) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement pour les messages de croisement de secteur ou les messages de marqueur du Nord/sud. Ceci permet la transmission des valeurs de compte du plot selon diverses catégories de plot (par exemple plots primaire, SSR ou combinés) et à différentes antennes comme compté par la station radar entre deux croisements du nord.

**L'article I002/100** :(fenêtre dynamique - type 1) est obligatoire seulement pour les messages d'activation de filtrage de zone masquée, et sera toujours transmis pour ce type de message. Cet article signale l'activation d'un procédé de filtrage sélectif géographique, et informe les systèmes utilisateur au sujet des secteurs géographiques masqués concernés, décrit dans des coordonnées polaires locales.

**L'article I002/090** :(Erreur de collimation) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement dans des messages de croisement du secteur 0 ou des messages de marqueur du nord. Ceci permet la transmission de la différence moyenne dans la distance et l'azimut pour la position de cible primaire et la position de cible du SSR calculée par la station radar.

**L'article I002/080** :(Condition Alarme/Erreur) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement pour les messages de croisement de secteur ou les messages de marqueur du Nord/sud si la valeur des champs est différente de zéro (une valeur nulle pour ce champ

ne signifie aucune condition d'avertissement ni d'erreur) c.-à-d. dès qu'un avertissement ou une erreur se produira.