

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

Université SAAD DAHLEB –Blida-
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'Aéronautique



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
Du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Aéronautique

Spécialité : Navigation Aérienne

Option : Installations

THEME

**Etude du protocole de
Communication ASTERIX pour
l'échange des données
Radar ATC33S_DPC de l'ENNA**

Réalisé par :
Mr : Saidia Fares

Promoteur :
Mr : Rahim Mohamed

Co-Promotrice :
Mlle : Fadila Brahim

RESUME

Dans cette thèse on va essayer d'analyser les messages envoyés de la station radar du Centre de contrôle régional d'Alger CCR vers les centres de traitement afin d'afficher les données radar sur un PPI (Plan Position Indicator ; Indicateur de gisement en projection) au niveau de la salle de contrôle aérien. Pour cela on va donner en Chapitre I une présentation générale sur le fonctionnement d'un radar primaire et secondaire ainsi qu'une description du radar ATCR 33S-DPC de l'ENNA. Par la suite dans le chapitre II on va donner le principe de l'acheminement des données radar sur un réseau tout en mettant le point sur le protocole HDLC utilisé pour transmettre les données radar qui sont sous format ASTERIX. Enfin dans le chapitre III on va décortiquer les messages ASTERIX contenant les données radar qui sont sous format spécifiques réparties en plusieurs catégories. A la fin dans le chapitre IV on va donner quelque exemple de messages et les décryptés pour voir les informations aéronautiques en claires transmises de l'avion vers les salles de contrôle à travers le radar.

Summary

In this thesis we will try to analyze the messages sent from the radar station, Area Control Centre ACC of Algiers to treatment centers to display radar data on a PPI (Plan Position Indicator) at the air traffic control room. To do this we will give a presentation in Chapter I General on the operation of a primary radar and secondary radar description ATCR-33S DPC ENNA. Subsequently in Chapter II we will give the principle of radar data delivery over a network while putting the item on the HDLC protocol used to transmit the radar data with ASTERIX format. Finally in Chapter III we will dissect the messages containing ASTERIX radar data format which are divided into several specific categories. At the end in chapter IV, we will give some sample messages and decrypt it to see the aeronautical information transmitted from the plane to the control rooms around the radar.

ملخص

في هذه المذكرة سنحاول تحليل الرسائل المرسلّة من محطة الرادار مركز مراقبة المنطقة بالجزائر العاصمة CCR إلى مراكز العلاج لعرض بيانات الرادار على شاشة مركز مراقبة الحركة الجوية. لهذا فإنه سيتم تقديم عرض عام في الفصل الأول على الرادار الابتدائي والثانوي ورادار مؤسسة الملاحّة الجوية الوطنيّة .
ATCR - 33s

وفي وقت لاحق في الفصل الثاني سنقدم مبدأ تسليم البيانات عبر شبكة رادار مع وضع الأهمية على البند بروتوكول HDLC التي تستخدم لنقل بيانات الرادار على شكل ASTERIX. وأخيرا في الفصل الثالث سوف نقوم بتحليل الرسائل التي تحتوي على بيانات الرادار على شكل ASTERIX التي تنقسم إلى عدة فئات محددة. في نهاية الفصل الرابع، سنقدم بعض الرسائل وفك عينة لرؤية معلومات الطيران الواضحة في التي أحيلت إلى غرف التحكم من خلال الرادار.

Sommaire

Chapitre I Généralité Radar & Présentation Radar ATCR 33S-DPC de l'ENNA

- I.1. Introduction
- I.2. Description générale du Radar
- I.3. Technologie du Radar :
 - I.3.a. Composantes d'un système Radar
 - I.3.b. Radar mono statique, bi statique, multistatique
 - I.3.c. Plages de fréquences utilisées en radar
- I.4. Les principes de fonctionnement :
 - I.4.a. Réflexion
 - I.4.b. Polarisation
 - I.4.c. Interférences
 - I.4.c.1. Bruit
 - I.4.c.2. Echos parasites
 - I.4.c.3. Brouillage
- I.5. Traitement des signaux radar
 - I.5.a. Mesure de distance
 - I.5.b. Mesure de vitesse
 - I.5.c. Réduction des interférences
- I.6 Radar secondaire
 - I.6.a La poursuite pour le contrôle aérien
 - I.6.b Modes utilisés dans le Radar
 - I.6.c Technique Monopulse
- I.7. Description du Radar Primaire ATCR 33S-DPC de l'ENNA
 - I.7.a. Composition Générale du ATCR-33S-DPC
 - I.7.b. Description Technique Générale
- I.8. Généralité sur le Radar Secondaire SIR-M (Secondary Interrogator Receiver Monopulse)
 - I.8.a. Description du Radar Secondaire SIR-M
 - I.8.b. Description Générale
 - I.8.c. Fonctions à Distance
 - I.8.d. Expansibilité

Chapitre II Les Réseaux et le Protocole HDLC

- II.1. Les réseaux et la mise en réseau
- II.2. Solution des réseaux de données
 - II.2.a. Les réseaux locaux LAN
 - II.2.a.1. La topologie des réseaux LAN
 - II.2.a.2. Les unités LAN dans une Topologie
 - II.2.b. Les réseaux étendus WAN
- II.3. Le protocole
- II.4. Le Modèle OSI (Open System Interconnection)
 - II.4.a. Couche 1 : La couche physique
 - II.4.b. Couche 2 : La couche liaison de données
 - II.4.b.1. Adresse MAC (Media Access Control)
 - II.4.b.2. La sous-couche contrôle de la liaison logique (LLC)
 - II.4.c. Couche 3 : La couche réseau
 - II.4.d. Couche 4 : La couche transport
 - II.4.d.1. Comparaison entre le protocole IP(couche 3) et TCP(couche 4)
 - II.4.d.2. Numéros des Ports
 - II.4.e. Couche 5 : La couche session

- II.4.e.1. Le contrôle du dialogue
- II.4.e.2. Les protocoles de la couche 5
- II.4.f. Couche 6 : La couche présentation
- II.4.g. Couche 7 : La couche application
 - L'encapsulation des Données
- II.5. Le modèle de référence TCP/IP
- II.6. Les couches du modèle de référence TCP/IP
 - II.6.a. La couche application
 - II.6.b. La couche transport
 - II.6.c. La couche Internet
 - II.6.d. La couche d'accès au réseau
- II.7. Comparaison du modèle OSI et du modèle TCP/IP
- II.8. Support de Communication HDLC
 - II.8.a. Conditions minimales pour la procédure de commande Liaison de Données DLC
 - II.8.b. Le Sous-ensemble HDLC Simple
 - II.8.c. Longueur du Champ de Données
 - II.8.d. Description Du Protocole HDLC
 - II.8.d.1 Généralité
 - II.8.d.2 Trame HDLC

Chapitre III **Protocole ASTERIX**

- Généralités
- Structure de la norme Eurocontrol (ASTERIX) pour l'échange de données radar

III.1 Partie 1 : ASTERIX

- III.1.1 Domaine d'application
- III.1.2 Description et principes d'ASTERIX
 - III.1.2.a. Caractéristiques des données
 - III.1.2.b. Organisation des données radar
 - III.1.2.b.1. Catégories des données
 - III.1.2.b.2. Description des catégories de données radar
 - Catégorie 000, Messages De la Synchronisation
 - Catégorie 002, Messages De Service Radar
 - Catégorie 003, distribution des données synthétiques du trafic aérien
 - Catégorie 008, Données Météos Dérivées du Monoradar
 - III.1.2.b.3. Les Articles de données (Data Items) et leurs catalogues
 - III.1.2.b.4. Champs de donnée (Data Field)
 - III.1.2.b.5. Profil D'Application Utilisateur (UAP)
 - III.1.2.c. La Structure Générale Du Message :
 - III.1.2.c.1. Généralités
 - III.1.2.c.2. Le Bloc de données
 - III.1.2.c.3. L'Enregistrement (Record)
 - III.1.2.c.4. Formats De Champ de Données
 - Champs de données Standard
 - Champs de données de longueur Implicite
 - Champs de données de longueur Explicites
 - Champs de données Non standard
 - III.1.2.c.5. Organisation De Champ
 - Généralités
 - L'Organisation Séquençage Ordonné des Champs (OFS)

L'Organisation Séquençage Aléatoire des Champs (RFS)

III.1.2.c.6. Stratégie d'Assemblage d'un Enregistrement Complet

III.1.3. CONVENTIONS

III.1.3.a. Numérotation Des Bits :

III.1.3.b. Valeurs Binaires

III.1.3.c. Gestion du temps dans les applications de transmission des données radar

III.1.3.c.1. Généralités

III.1.3.c.2. Transmission des données à partir des stations de radar vers les centres de traitement

III.1.3.c.3. Échange des images composées du trafic entre les serveurs de l'information Route et les centres de traitement

III.1.3.d. Systèmes de projection et coordonnées géographiques

III.1.4. Système D'adressage ASTERIX

III.1.4.a. Généralités

III.1.4.b. Syntaxe

III.1.4.c. Formats

III.1.4.c.1. Système du Code Régional (SAC)

III.1.4.c.2. Système Code Identification (SIC)

III.1.4.d. Attribution des Identificateurs Systèmes

III.1.4.d.1. SAC

III.1.4.d.2. SIC

Partie 2 : Transmission des Rapports Cibles Monoradar

III.2.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

III.2.1.a Généralités

III.2.1.b Les Rapports Radar des Cibles

III.2.1.b.1 Types des Rapports Radar des Cibles

III.2.1.b.2 Profils d'Application Utilisateur (UAP) et les blocs de données

III.2.1.c Composition des messages

III.2.2 DISPOSITION DES MESSAGES DE RAPPORT DE CIBLE

III.2.2.a Articles de données Standard

III.2.2.b Description des articles de données standards

III.2.2.c Transmission de l'information Plot

III.2.2.c.1 UAP Standard pour la transmission du Plot

III.2.2.c.2 Règles De Codage dans l'UAP Plot

III.2.2.c.3 Notes générales pour coder toutes les informations Plot

III.2.2.d Transmission de l'information Piste

III.2.2.d.1 UAP standard pour la transmission de la Piste

III.2.2.d.2 Règles De Codage dans l'UAP Piste

III.2.2.d.3 Notes générales pour coder toute l'information de voie

Partie 3 : Transmission des Messages Services du Monoradar

III.3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

III.3.1.a Généralités

III.3.1.b Messages Service Du Radar (Radar Service Message)

III.3.1.b.1 Types de Messages Service du radar

- Message de croisement de secteur
- Messages Marqueurs Nord et Sud
- Activation/Arrêt des Messages de Filtrage des Zones Masquées
- III.3.1.b.2 Profil d'application d'utilisateur et bloc de données
- III.3.1.c Composition des messages
- III.3.2 DISPOSITION DES MESSAGES DE SERVICE DE RADAR
 - III.3.2.a Articles de Données Standard
 - III.3.2.b Description des articles standards
 - III.3.2.c Transmission des messages de service de radar
 - III.3.2.c.1 UAP standard pour la transmission des Messages Service du Radar
 - III.3.2.c.2 Règles De Codage
 - III.3.2.d Notes générales pour coder tous les Messages de Service

Partie 4 : Transmission des informations Météos dérivées du Monoradar

- III.4.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX
 - III.4.1.a Généralités
 - III.4.1.b Messages de données
 - III.4.1.b.1 Représentation et transmission des zones de précipitations
 - Secteurs ombragés de vecteurs polaires
 - Secteurs ombragés de vecteurs cartésiens
 - Découpes des zones de précipitations
 - III.4.1.b.2 Précision dans les articles de données exprimant une distance
 - III.4.1.b.3 Messages Météos
 - III.4.1.c Messages de Contrôle
 - III.4.1.d Transmission d'information Météo dérivée du Monoradar
 - III.4.1.d.1 Profil D'Application D'Utilisateur (UAP)
 - III.4.1.d.2 Transmission De Message
 - III.4.1.d.3 Bloc de Donnée
 - III.4.1.e Composition des messages
- III.4.2 DISPOSITION DES MESSAGES METEOS
 - III.4.2.a Articles de Données Standard
 - III.4.2.b Description des articles de données standard
 - III.4.2.c Transmission des messages météos
 - III.4.2.c.1 Profil D'Application D'Utilisateur
 - III.4.2.c.2 Utilisation des articles normalisés d'Informations
 - III.4.2.c.3 Règles De Codage
 - Messages de données
 - Les Messages de Contrôle

Chapitre IV Traduction des Messages ASTERIX

- IV.1 Introduction
- IV.2 Exemple de Message CAT001
- IV.3 Exemple de Message CAT002
- IV.4 Exemple de Message CAT008

Liste des Figures & Tableaux

Annexe

Bibliographie

Figures & Tableau

Liste des Figures

Chapitre I

- Figure I.1 : Composantes d'un radar (ici, un radar monostatique)
- Figure I.2 : Indicateur de gisement en projection (PPI ; Plan Position Indicator)
- Figure I.3 : Illumination de la cible avec polarisation horizontale et verticale.
- Figure I.4 : les cibles Fantômes créées par les échos du trajet multiple
- Figure I.5 : azimut de la cible.
- Figure I.6 : Azimut de la cible.
- Figure I.7: Schéma du fonctionnement d'un radar météorologique de bande C à impulsion
- Figure I.8 : L'effet Doppler-Fizeau
- Figure I.9 : Différence de phase entre deux ondes revenant d'une cible ayant bougé
- Figure I.10 : Suppression des lobes Secondaire par l'impulsion P2
- Figure I.11 : Radar ATCR 33S-DPC
- Figure I.12 : Composition Générale du ATCR-33S-DPC
- Figure I.13 : Block de diagramme simplifié du du ATCR-33S-DPC
- Figure I.14 : Schéma Bloc du Récepteur
- Figure I.15 : Equipement SIR-M
- Figure I.16 : Block de diagramme simplifié du SIR-M
- Figure I.17 : Processeurs de Traitement des données Radar

Chapitre II

- Figure II.1 : Les réseaux
- Figure II.2 : Evolution des réseaux LAN
- Figure II.3 : Réseau WAN
- Figure II.4 : Exemple d'équipement LAN
- Figure II.5 : Topologie Physique des réseaux LAN
- Figure II.6 : Topologie Logique des réseaux LAN
- Figure II.7 : Les Unité LAN
- Figure II.8 : Exemple d'équipement WAN
- Figure II.9 : Protocole de couche M (règle utilisée par M source pour communiquer avec M destination)
- Figure II.10 : Le modèle OSI (Open System Interconnection)
- Figure II.11 : Différents types de Média
- Figure II.12 : Adresse MAC (Media Access Control)
- Figure II.13 : Structure d'une Trame

- Figure II.14 : Datagramme de la couche Réseau
- Figure II.15 : structure d'une adresse IP
- Figure II.16 : Couche Transport
- Figure II.17 : Protocole TCP/IP
- Figure II.18 : Protocoles de la couche Transport
- Figure II.19 : Numéros de port dans le protocole TCP/IP
- Figure II.20 : Communication bidirectionnelle simultanée
- Figure II.21 : Communication bidirectionnelle alternée
- Figure II.22 : Couche Présentation
- Figure II.23 : Encapsulation des données
- Figure II.24 : couche du modèle TCP/IP
- Figure II.25 : Comparaison des modèles TCP/IP et OSI
- Figure II.26 Canaux de Communication

Figure II.27 : Configuration des Liens en fonction des stations
Figure II.28 : Trame HDLC
Figure II.29 : Drapeau du vide (Fill) entre les trames
Figure II.30 : Champ Adresse du HDLC dans les lignes Multiple Dérivation
Figure II.31 : Champs de Contrôle HDLC
Figure II.32 : Extension du Champs de Contrôle HDLC
Figure II.33 : Encapsulation des données Radar

Chapitre III

Partie 1

Figure III.1.1 : Organisation des données radar
Figure III.1.2 : Structure du Bloc de données
Figure III.1.3 : Types des Champs de Données
Figure III.1.4 : l'Organisation Séquençage Ordonné des Champs (OFS)
Figure III.1.5 : l'Organisation Séquençage Aléatoire des Champs (RFS)
Figure III.1.6 : Structure Générale d'un Enregistrement
Figure III.1.7 : Indicateur de la source de Donnée
Figure III.1.8 : Code Régional de l'Algérie

Partie 2

Figure III.2.1 : Bloc de Donnée CAT 001
Figure III.2.2 : Article I001/010, Identificateur de la Source d'Informations
Figure III.2.3 : Article I001/020, Descripteur des Rapports de Cible
Figure III.2.4 : Article I001/030, Conditions Alarme/Erreur (champ facultatif)
Figure III.2.5 : Article I001/040, position mesurée dans les coordonnées polaires
Figure III.2.6 : I001/042, position calculée dans les coordonnées cartésiennes (champ facultatif)
Figure III.2.7 : Article I001/050, code Mode-2 dans la représentation octale
Figure III.2.8 : Article I001/060, Indicateur De confiance Du Code Mode-2
Figure III.2.9 : Article I001/070, Code Mode-3/A dans représentation octale
Figure III.2.10 : Article I001/080, Indicateur de confiance du Code Mode-3/A
Figure III.2.11 : Article I001/090, code Mode-C dans la représentation binaire
Figure III.2.12 : Article I001/100, Code Mode-C et l'Indicateur de confiance
Figure III.2.13 : Article I001/120, Article I001/120, Vitesse Radiale Mesurée de l'Informations Doppler
Figure III.2.14 : Article I001/130, Caractéristiques du Plot Radar
Figure III.2.15 : Article I001/131, Puissance Reçue
Figure III.2.15 : Article I001/141 Heure tronqué (Champ Facultatif)
Figure III.2.16 : Article I001/150, Présence de l'impulsion X
Figure III.2.17 : Article I001/161, Numéro du Plot/Piste (Champ Facultatif)
Figure III.2.18 : Article I001/170, Statut de la Piste (Champ Facultatif)
Figure III.2.19 : Article Article I001/200, vitesse de la piste calculée dans des coordonnées polaires (Champ Facultatif)
Figure III.2.20 : Article I001/210, Qualité de la Piste (Champ Facultatif)

Partie 3

Figure III.3.1 : Bloc de Données CAT 002
Figure III.3.2 : Article I002/000, Type De Message
Figure III.3.3 : Article I002/010, Identificateur de Source d'Informations
Figure III.3.4 : Article Article I002/020, Numéro du Secteur
Figure III.3.5 : Article I002/030, le Temps

Figure III.3.6 : Article I002/041, Période de Rotation d'Antenne
Figure III.3.7 : Article I002/050, Configuration de la Station
Figure III.3.8 : Article I002/060, Mode De Traitement de la Station
Figure III.3.9 : Article I002/070, Valeurs De Compte Du Plot
Figure III.3.10 : Article I002/080, Conditions Alarme/Erreur
Figure III.3.11 : Article I002/090, Erreur De Collimation
Figure III.3.12 : Article I002/100, Fenêtre Dynamique – Type 1

Partie 4

Figure III.4.1 : Bloc de Donnée Météo
Figure III.4.2 : Article I008/000, Message Type
Figure III.4.3 : Article I008/010, Identificateur de la Source de donnée
Figure III.4.4 : Article I008/020, Qualificateur Du Vecteur
Figure III.4.5 : Article I008/034, Séquence des Vecteurs Polaires dans la notation SPF (Standard Precision Format)
Figure III.4.6 : Article I008/036, Séquence des vecteurs cartésiens dans la notation SPF (Standard Precision Format)
Figure III.4.7 : Article I008/038, Séquence de vecteur météo dans la notation SPF
Figure III.4.8 : Article I008/040, Identificateur de Découpe
Figure III.4.9 : Article I008/050, Séquence des points de découpe dans la notation SPF
Figure III.4.10 : Article I008/090, Temps de la Journée
Figure III.4.11 : Article I008/100 Statut du Traitement
Figure III.4.12 : Article I008/110, Configuration De la Station
Figure III.4.13 : Article I008/120, nombre total des articles constituant une image météo

Chapitre IV

Figure IV.1 : Exemple Message CAT001
Figure IV.2 : Conclusion du Message Cat 001
Figure IV.3 : Exemple Message CAT002
Figure IV.4 : Conclusion du Message Cat 002

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Plages de fréquences
Tableau I.2 : Différents Mode Militaire/Civil

Chapitre II

Tableau II.1 : Exemple de Réseau
Tableau II.2 : Adresses de transmission entre DTE et DCE

Chapitre III

Tableau III.1.1 : Catégorie de Données
Tableau III.1.2 : Système du Code Régional (SAC)
Tableau III.1.3 : Code d'Identification des Stations Radar

Tableau III.2.1 : Articles de Données Standard
Tableau III.2.2 : UAP Standard pour l'information Plot

Tableau III.2.3 : UAP Standard pour l'information Piste (Track)

Tableau III.3.1 : Articles de Données Standard de la CAT 002

Tableau III.3.2 : UAP Standard pour les Messages Services du Radar

Tableau III.4.1 : Unités Standards de Quantification

Tableau III.4.2 : Articles de données standards pour la CAT008 Météo

Tableau III.4.3 : UAP pour les Messages Météos

Tableau III.4.4 : utilisation des Articles de donnée normalisés

DÉFINITIONS, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

Définitions

Article de donnée Calculé (Calculated Item)

Une information (par exemple la position d'une cible) dérivée de l'information radar brute par un traitement intermédiaire comme la transformation des coordonnées, la poursuite, conversion de code, etc...

Catalogue d'Article de données (Catalogue of Data Item)

Liste de tous les articles de données possibles de chaque catégorie de données décrivant les articles de données par leur référence, structure, taille et unités.

Bloc de données (Data Block)

Unité d'information vue par l'application comme une entité discrète par son contenu. Un bloc de données contient un ou plusieurs Enregistrement (Record) contenant des informations de la même catégorie.

Catégorie de données (Data Category)

Classification des données afin de permettre entre autres une identification facile.

Champ de données (Data Field)

Implémentation physique afin de communiquer un article de données (Data Item), il est associé à un numéro de référence unique de champ (FRN ; Field Reference Number) et c'est la plus petite unité information transmise.

Article de données (Data Item)

La plus petite unité d'information dans chaque catégorie de données.

Article de donnée Mesuré (Measured Item)

Une information (par exemple la position d'une cible) directement dérivé de l'information radar et transmise sans traitement intermédiaire.

Mode S

Un mode augmenté de SSR qui permet l'interrogation de tout l'avion équipé par SSR et l'interrogation adressée de l'avion convenablement équipé et l'échange dans les deux sens des informations numériques entre un tel avion et l'interrogateur

Enregistrement (Record)

Une collection de champs de données transmis de la même catégorie précédée par le champ Field Specification (FS ; champ de spécification), signalant la présence/absence des divers champs de données.

Service d'information Piste (Track Information Service)

Distribution des articles relatifs aux données Pistes selon le type d'interface utilisateur/serveur.

Profil de l'Application Utilisateur (UAP ; User Application Profile)

Le mécanisme pour assigner des articles de données (Data Item) aux champs de données (Data Field) et contenant toutes les informations nécessaire qui doit être normalisées pour la réussite du codage et du décodage des messages.

Acronymes et abréviations

°	Degré (angle)
ACP	Impulsion Azimut (Azimuth Change Pulse)
AGC	Automatic Gain Control
AMDU	unité d'excitation du moteur d'azimut
AMTD	Adaptative Moving Target Detector
ARP	Azimuth Reference Pulse
ARTAS	Traqueur Et Serveur Radar ATC. (ATC Radar Tracker And Server)
ASTERIX	Echange Polyvalent de l'information structurée des Radars Eurocontrol. (All Purpose S tructured Eurocontrol Radar Information Exchange).
ATC	Contrôle du Trafic aérien. (Air Traffic Control)
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATN	Réseau De Télécommunication Aéronautique.(Aeronautical Telecommunication Network)
ATS	Services Du Trafic aérien. (Air Traffic Services)
BCD	Décimale Codée en Binaire. (Binary Coded Decimal)
BDS	Source de donnée Binaire
BITE	Built In Test Equipment
CAT	Catégorie de données. (Data Category)
CCR/ACC	Centre de Contrôle Régional (Area Control Center)
CCITT	le Comité consultatif international de télégraphie et de téléphonie. (The International Telegraph and Telephone Consultative Committee)
CFAR	Constant False Alarm Rate
CH.	Canal
CRC	Vérification Redondance Cyclique (Checking Redundancy Cyclic)
dBm	The dBm est l'unité de la puissance absolue liée à 1 Milliwatt
DCC	Donnée du Code De Pays. (Data Country Code)
DCE	Equipement de transmission des données (Data Circuit-terminating Equipment)
DISC	Disconnection
DM	Disconnected mode
DLC	Commande de Liaison de données. (Data Link Control)
DNS	Domaine Name System
DP	Data Processor
DSL	Digital Subscriber Line
DTE	<u>Equipement Terminal de traitement de données</u> (Data Terminal Equipment)
EATCHIP	programme européen d'harmonisation et d'intégration du contrôle de trafic aérien. (European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme)
ECAC	<i>european civil aviation conference</i>
EDR	Encoder Data Receiver
ENNA	Etablissement National de la Navigation Aérienne
EOP	Fin de l'image (End of Picture)
EWPD	Document De Programme De Travail EATCHIP. (EATCHIP Work Programme Document)

f	Facteur de graduation
FER	Front End Receiver
FCS	Séquence de vérification de trame (Frame Control Sequence)
FL	niveau de vol, unité de l'altitude (exprimée dans 100 de pieds)
FRMR	Frame reject
FRN	Numéro de référence De Champ. (Field Reference Number)
FSPEC	Spécifications De Champ. (Field Specification)
FTP	File Transfer Protocol
FX	Indicateur d'extension du Champ. (Field Extension Indicator)
HDLC	Commande de Liaison de données à un niveau élevé. (High-level Data Link Control)
HLEN	Longueur de l'en-tête (Header Length)
HPA	Heigh power amplifier
http	Hypertext Transfer Protocol
ICAO	Organisation Internationale D'Aviation Civile
IDENT	Identification
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IF	Intermediate Frequency
IFF	Identification Friend or Foe
IP	Internet Protocol
ISO	l'Organisation internationale de normalisation
kt	noeud = NM/hour, unité de vitesse
LAN	Réseau local. (Local Area Network)
LAR	Radar De Secteur Terminal (Hollandes)
LEN	Indicateur De Longueur. (Length Indicator)
LLC	Contrôle de Liaison Logique
LNA	Low Noise Amplifier
LSB	Bit du poids faible. (Least Significant Bit)
Mac	Contrôle d'accès au Média
MCA	Main Control Assembly
min	minute, unité de temps (60 secondes)
ms.	milliseconde, unité de temps
MSB	Bit du poids fort. (Most Significant Bit)
MSSR	Radar Secondaire De Surveillance Monopulse. (Monopulse Secondary Surveillance Radar)
MTD	Détection de Cible Mobile. (Moving Target Detection)
MTI	Indicateur de cible (Target) Mobile
Nm	mille marin, unité de la distance (6 080 pieds)
N(R)	Numéro de la prochaine trame attendue
NRP	North Reference Pulse
N(S)	Numéro de la trame information
OIN	Organisme de normalisation International. (International Civil Aviation Organization)
OFS	Séquençage Ordonné des Champs (organisation des champs de données dans un Enregistrement). (Ordered Field Sequencing)
OSI	Interconnexion des systèmes ouverts. (Open Systems Interconnection)

P/F	Sondage/Final (Poll/Final)
POP3	Post Office Protocol
PPI	Indicateur de gisement en projection (Plan Position Indicator)
PSR	Radar Primaire De Surveillance. (Primary Surveillance Radar)
RAM	Random Access Memory
RDF	<i>Radio Direction Finding</i>
RDP	traitement des données radar (système). (Radar Data Processing)
REC	Armoire Electronique du Radar (Radar Electronic Cabinet)
REJ	Reject
REP	Indicateur De Répétition De Champ. (Field Repetition Indicator)
RF	Radio Fréquence
RFS	Séquençage Aléatoire des champs (organisation des champs de données dans un Enregistrement)
RHP	Radar Head Processor
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RNR	Receive Not Ready
ROM	Read Only Memory
RR	Receive Ready
RS	Indicateur des Séquences Aléatoires. (Random Sequence Indicator)
RSSP	Panneau Des Spécialistes En Systèmes Radar. (Radar Systems Specialist Panel)
s	seconde, unité de temps
SABM	Set asynchronous balanced mode
SABME	Set asynchronous balanced mode extended
SAC	Système du Code régional. (System Area Code)
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDP	Traitement des données de surveillance (Standard Data Processing)
SIC	Système du Code d'Identification. (System Identification Code)
SIR-M	Secondary Interrogator Receiver monopulse
SIR-R	Secondary Interrogator Receiver traditionnel
SIR-S	Secondary Interrogator Receiver mode S
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	Simple network Management Protocol
SNR	Signal/Bruit
SOP	Début d'image (Start of Picture)
SP	Signal Processor
SP	Indicateur du But Spécial. (Special Purpose Indicator)
SPI	Indicateur de Position spéciale
SPF	Format de Précision Standar
SREJ	Selective Reject
SSR	Radar Secondaire De Surveillance. (Secondary Surveillance Radar)
STC	Sensitivity Time Control
STFRDE	groupe de travail de surveillance sur l'échange d'Informations radar. (Surveillance Task Force on Radar Data Exchange)
SURT	Équipe De Surveillance EATCHIP. (EATCHIP Surveillance Team)

Target	Cible
TCAS	Systeme D'avertissement De Trafic Et D'evitement D'abordage (Traffic and Collision-Avoidance System)
TCP	Transmission Control Protocol
TELNET	Terminal Network
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
Track	Tracé ou Piste
UA	Unnumbered acknowledgment
UAP	profil d'application utilisateur. (User Application Profile)
UDP	User Datagram Protocol
UTC	Temps Universel Coordonné. (Coordinated Universal Time)
UTP	<u>Unshielded Twisted Pair</u>
VDU	Video Distribution Unit
WAN	Réseau Étendu. (Wide Area Network)
W/E	Conditions Alarme/Erreur (Warning/Error)
WGS 84	Système Géodésique Mondiale 84. (World Geodetic System 84)

Plan de Travail

Introduction.

➤ Chapitre I : Généralité Radar & Présentation

Radar ATCR 33S-DPC de l'ENNA.

➤ Chapitre II : Les Réseaux et le Protocole

HDLC.

➤ Chapitre III : Protocole ASTERIX.

▪ Partie 1 : ASTERIX

▪ Partie 2 : Transmission des Rapports

Cibles Monoradar.

▪ Partie 3 : Transmission des Messages

Services du Monoradar

▪ Partie 4 : Transmission des informations

Météos dérivées du Monoradar

➤ Chapitre IV : Traduction des Messages

ASTERIX

Conclusion.

INTRODUCTION

À mesure que le volume du trafic aérien augmente sans interruption et pendant que le niveau élevé de la sûreté doit être maintenu, les systèmes de surveillance sont sous l'évolution constante.

De nouvelle génération des technologies de surveillance sont en cour de développement pour qu'elles puissent cohabiter avec les systèmes courants. L'information qu'elles produisent doit être transmise d'une manière harmonisée et efficace.

ASTERIX (**A**ll Purpose **S**Tstructured **E**urocontrol **Su**Rveillance **I**nformation **E**xchange ; Echange Polyvalent de l'information structurée des Radars Eurocontrol) est la technologie de communication du passé, présent et futur.

Vu que l'information est commune à tous les systèmes (par exemple la position, code Mode-A, Mode-C...), ASTERIX définit des conditions minimum (au niveau de la couche Application) afin de soulager l'échange d'informations entre les applications hétérogènes. La communication entre deux systèmes différents, même situés dans différents pays, est ainsi rendue possible, basé sur l'utilisation commune des données de surveillance transférées de la même manière par la couche Présentation ASTERIX.

ASTERIX a été développé pour soulager l'échange des données de surveillance entre et dans les pays. Ainsi, les utilisateurs principaux d'ASTERIX sont les centres de contrôle du trafic aérien (ATC).

Aujourd'hui presque tous les états d'ECAC (*european civil aviation conference ; Etats membre d'Eurocontrolou et de l'Unité Européenne EU*) emploient ce format d'informations à leurs centres ATC. L'Algérie n'est pas membre d'ECAC donc l'utilisation du Protocole ASTERIX sera restreinte à l'intérieur de notre pays (Entre les différents sites Radar).

C'est dans ce contexte que le sujet a été choisi pour faire une étude sur le Protocole de Communication ASTERIX au Centre de Contrôle Régional d'Alger.

Chapitre I

Généralité Radar & Présentation Radar ATCR 33S-DPC de l'ENNA

Résumé

Dans ce chapitre on va présenter une généralité sur le principe de fonctionnement du radar primaire et secondaire et par la suite on va donner une description des différentes parties du radar qui se trouvent au centre de contrôle régional CCR d'Alger.

I.1. Introduction

Le **radar** est un système qui utilise les ondes radios pour détecter et déterminer la distance et/ou la vitesse d'objets tels que les avions, bateaux, ou encore la pluie. Un émetteur envoie des ondes radio, qui sont réfléchies par la cible et détectées par un récepteur, souvent situé au même endroit que l'émetteur. La position est estimée grâce au temps de retour du signal et la vitesse est mesurée à partir du changement de fréquence du signal par effet doppler.

Le radar est utilisé dans de nombreux contextes : en météorologie, pour le contrôle du trafic aérien, pour la surveillance du trafic routier, par les militaires, en astronautique, etc. Le mot lui-même est un néologisme provenant de l'acronyme anglais: **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging, que l'on peut traduire par « détection et estimation de la distance par ondes radio », « détection et télémétrie radio », ou plus simplement « radiorepérage ».

Cet acronyme d'origine américaine a remplacé le sigle anglais précédemment utilisé : "RDF" (*Radio Direction Finding*). Depuis, le mot est entré dans la langue usuelle, perdant donc son écriture de sigle. Le mot "radar" est un acronyme mais aussi un palindrome.

I.2. Description générale du Radar

Un radar émet de puissantes ondes, produites par un oscillateur radio et transmises par une antenne. Bien que la puissance des ondes émises soit grande, l'amplitude du signal retour est le plus souvent très petite. Néanmoins, les signaux radio sont facilement détectables électroniquement et peuvent être amplifiés de nombreuses fois. Il existe différentes façons d'émettre ces ondes. Les plus utilisées sont:

- Les ondes pulsées, où le radar émet une impulsion et attend le retour.
- Le radar à émission continue, où l'on émet continuellement à partir d'une antenne et on reçoit à l'aide d'une seconde.

En analysant le signal réfléchi, il est possible de localiser et d'identifier l'objet responsable de la réflexion, ainsi que de calculer sa vitesse de déplacement grâce à l'effet Doppler. Le radar peut détecter des objets ayant une large gamme de propriétés réfléchissantes, alors que les autres types de signaux, tels que le son ou la lumière visible, revenant de ces objets, seraient trop faibles pour être détectés. De plus, les ondes radio peuvent se propager avec une faible atténuation à travers l'air et divers obstacles, tels les nuages, le brouillard ou la fumée, qui absorbent rapidement un signal lumineux. Cela rend possible la détection et le pistage dans des conditions qui paralysent les autres technologies.

I.3. Technologie du Radar

I.3.a. Composantes d'un système Radar

Un radar est formé de différentes composantes:

- L'émetteur qui génère l'onde radio.
- Le guide d'onde dans les radars à hyperfréquences (fréquences supérieures au gigahertz), qui amène l'onde vers l'antenne.
- Le duplexeur, un commutateur électronique, dirige l'onde vers l'antenne lors de l'émission ou le signal de retour depuis l'antenne vers le récepteur lors de la réception quand on utilise un radar mono statique. Il permet donc d'utiliser la même antenne pour les deux fonctions. Il est primordial qu'il soit bien synchronisé, puisque la puissance du signal émis est de l'ordre du mégawatt ce qui est trop important pour le récepteur qui, lui, traite des signaux d'une puissance de l'ordre de quelques nano-watts. Au cas où l'impulsion émise serait dirigée vers le récepteur, celui-ci serait instantanément détruit.
- L'antenne dont le rôle est de diffuser l'onde électromagnétique vers la cible avec le minimum de perte. Sa vitesse de déplacement, rotation et/ou balancement, ainsi que sa position, en élévation comme en azimut, sont asservies, soit mécaniquement, mais parfois aussi électroniquement. L'antenne est sollicitée tant en émission qu'en réception. Ces deux fonctions peuvent être cependant séparées entre deux antennes dans le cas de radar multistatique.
- Le récepteur qui reçoit le signal incident (cible - antenne - guide d'ondes - duplexeur), le fait émerger des bruits radios parasites, l'amplifie, le traite;
- Un étage de traitement de signal permettant de traiter le signal brut afin d'en extraire des données utiles à l'opérateur (détection, suivi et identification de cible; extraction de paramètres météorologiques, océanographiques, etc.). Le tout est contrôlé par le système électronique du radar, programmé selon un logiciel de sondage. Les données obtenues sont alors affichées aux utilisateurs.

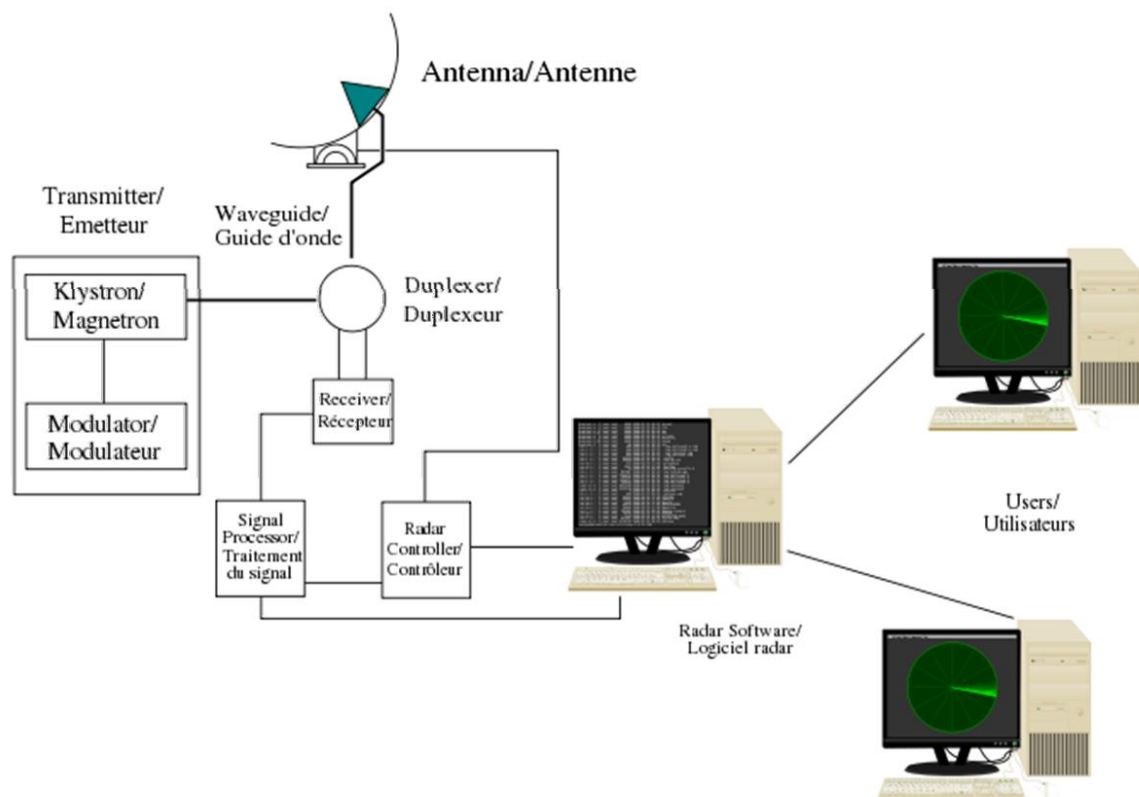


Figure I.1 : Composantes d'un radar (ici, un radar monostatique)

I.3.b. Radar mono statique, bi statique, multistatique

Dans la plupart des cas, l'émetteur et le récepteur du radar partagent un équipement électronique et une antenne commune. On parle alors de radar mono statique. Rien n'empêche cependant de considérer un système radar où l'émetteur et le récepteur sont séparés; on parle alors de radar bi statique, ou même de configuration multistatique, si l'on a un émetteur et plusieurs récepteurs distincts. L'une et l'autre configuration offrent des avantages et des inconvénients:

- dans une configuration mono statique, le partage de l'équipement électronique et de l'antenne permet de réduire l'encombrement et les coûts de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, ce qui explique pourquoi l'immense majorité des radars sont monostatiques. En contrepartie, seul le signal rétrodiffusé par la cible est reçu par le radar. D'autre part, dans un contexte militaire, l'émetteur peut être détecté par l'ennemi et détruit...
- dans une configuration bistatique, le récepteur est distinct de l'émetteur et totalement passif, donc moins facilement détectable par un ennemi potentiel. En plus d'émetteurs radar spécialisés, il est également envisagé d'utiliser des émetteurs dits d'opportunité comme des antennes-relais GSM, ou de télévision, ou des satellites GPS dont le signal est détourné de leur utilisation primaire pour effectuer à moindres frais et de manière discrète un travail de mesure habituellement laissé aux radars. Enfin, la possibilité de positionner l'émetteur et le récepteur à volonté permet d'explorer d'autres configurations de réflexion permettant d'augmenter le volume d'informations disponibles sur la cible. En contrepartie, l'utilisation d'une configuration bistatique demande une bonne synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, et l'utilisation d'une géométrie d'acquisition moins triviale.

Lorsque l'on parle de radar bistatique, on suppose implicitement que l'émetteur et le récepteur sont réellement séparés (soit du point de vue de la distance, soit d'un point de vue angulaire). Si l'émetteur et le récepteur sont distincts physiquement (antennes différentes) mais situés presque au même endroit, le signal reçu est qualitativement proche d'un signal monostatique. On parle ainsi de configurations fortement bistatiques ou faiblement bistatiques pour intégrer ces deux possibilités.

I.3.c. Plages de fréquences utilisées en radar

La fréquence est principalement choisie en fonction de l'application visée. De manière générale, une grande longueur d'onde (bandes HF) permettra de profiter des phénomènes de propagation et de rebond sur l'ionosphère, ce qui permet de porter à des milliers de kilomètres (cas des radars trans-orizon). D'autre part, seuls les objets dont la taille typique est au moins de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde sont visibles. La taille de l'antenne influe également sur la longueur d'onde à utiliser (et réciproquement).

Le nom des plages de fréquences utilisées dans le monde des radars provient de la Seconde Guerre mondiale. En effet, pour garder secret le développement de ce système, les militaires ont décidé de donner à ces plages des noms de code qui sont demeurés en usage depuis. Ils ont été adoptés aux Etats-Unis par l'Institut of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) et internationalement par l'*Union internationale des télécommunications*.

La plage de fréquence utilisée en aéronautique est la bande S (Short), elle est utilisée pour les radars de trafic aérien local, les radars météo et naval.

Le reste des plages de fréquences sont dans le tableau en annexe 1.

I.4. Les principes de fonctionnement

I.4.a. Réflexion

La luminosité sur un affichage radar est proportionnelle à la réflectivité des cibles, comme le montre cette image radar **Figure I.2** La fréquence de l'onde, la forme de l'impulsion et le type d'antenne déterminent ce que le radar peut observer.

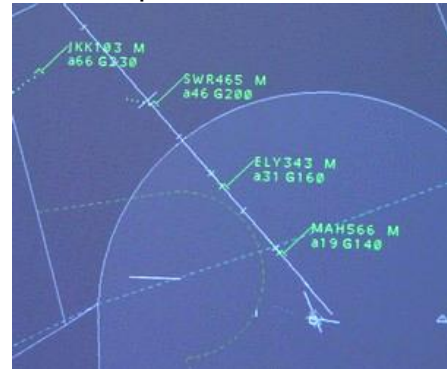


Figure I.2 : Indicateur de gisement en projection (PPI ; Plan Position Indicator)

Les ondes électromagnétiques sont réfléchies par tout changement significatif des constantes diélectriques ou diamagnétiques du milieu traversé. Cela signifie qu'un objet solide dans l'air ou le vide, ou tout autre changement significatif de la densité atomique entre l'objet et ce qui l'entoure, disperse les ondes radar. C'est particulièrement vrai pour les matériaux conducteurs d'électricité, tels les métaux et la fibre de carbone, ce qui rend les radars très adaptés à la détection d'avions et bateaux.

La portion de l'onde qui est retournée au radar par une cible est appelée sa **réflectivité**. La propension de la cible à réfléchir ou disperser ces ondes est appelée sa **surface efficace radar**.

Les premiers radars utilisaient des longueurs d'onde beaucoup plus importantes que la taille des cibles et recevaient un signal vague, tandis que certains radars modernes utilisent des longueurs d'onde plus courtes (quelques centimètres, voire moins) qui peuvent voir des objets plus petits, comme la pluie ou les insectes.

I.4.b. Polarisation

Dans le signal émis par le radar, le champ électrique est perpendiculaire à la direction de propagation, et la direction de ce champ électrique est la polarisation de l'onde. Les radars utilisent une polarisation verticale, horizontale et circulaire pour détecter différents types de réflexions.

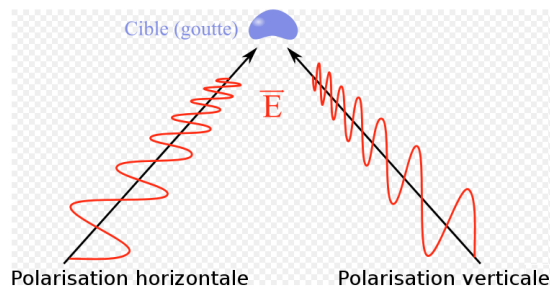


Figure I.3 : Illumination de la cible avec polarisation horizontale et verticale.

- Par exemple, la polarisation circulaire est utilisée pour minimiser les interférences causées par la pluie.
- Une polarisation linéaire indique généralement des surfaces métalliques, et aide un radar de recherche à ignorer la pluie.
- Une polarisation aléatoire indique généralement une surface fractale, par exemple du roc ou de la terre, et est utilisée par les radars de navigation.

I.4.c. Interférences

Il existe de nombreuses sources de signaux malvenus, que les radars doivent pouvoir ignorer plus ou moins, afin de se focaliser uniquement sur les cibles intéressantes. Ces signaux malvenus peuvent avoir des origines internes et externes, passives et actives. La capacité d'un radar à surmonter ces nuisances définit son **rapport signal sur bruit** (SNR) : plus le SNR est grand, plus le radar peut séparer efficacement une cible des signaux parasites alentour.

I.4.c.1. Bruit

Le bruit est une source interne de variations aléatoires du signal, que tous les composants électroniques génèrent de façon inhérente à différents degrés. Le bruit apparaît typiquement comme constitué de variations aléatoires superposées au signal d'écho reçu par le radar, lequel est celui qu'on recherche. Plus la puissance du signal désiré est faible, plus il est difficile de le discerner du bruit. Ainsi, les sources de bruit les plus importunes apparaissent au niveau du récepteur et beaucoup d'efforts sont faits pour minimiser ces facteurs. Le **facteur de bruit** est une mesure du bruit produit par un récepteur comparé à celui produit par un récepteur idéal, et ce ratio doit être minimal.

Le bruit est aussi généré par des sources extérieures, principalement par les radiations thermiques naturelles de l'environnement entourant la cible du radar. Dans le cas des radars modernes, grâce aux hautes performances de leurs récepteurs, le bruit interne est inférieur ou égal au bruit de l'environnement extérieur, sauf si le radar est pointé vers un ciel dégagé, auquel cas l'environnement est si froid qu'il génère très peu de bruit thermique.

I.4.c.2. Echos parasites

Les échos parasites sont des retours venant de cibles qui sont par définition inintéressantes pour l'opérateur radar. Les causes de ces échos sont :

- Des objets naturels tels que le sol, la mer, les précipitations (telles que la pluie, la neige ou la grêle), les tempêtes de sable, les animaux

(particulièrement les oiseaux), les turbulences atmosphériques, et d'autres effets atmosphériques (par exemple les chutes de météores ou les réflexions sur l'ionosphère).

- Des objets fabriqués par l'homme tels que les immeubles ou des paillettes métalliques lâchées intentionnellement comme contre-mesures dans la guerre électronique.
- Les supports du guide d'onde partant de l'antenne vers le cornet d'émission situé au point focal de la parabole. Dans un affichage radar comme le PPI, ces échos indésirables ressembleront à des points très brillants au centre de l'affichage.
- Des réflexions venant de trajets par réflexions multiples sur une cible. Ainsi, le faisceau radar frappe une cible et comme l'onde émise est réfléchiée dans toutes les directions, une partie peut être réfléchiée sur une autre cible et retourner au radar. Comme le temps mis pour cette seconde réflexion pour atteindre le radar est plus long que le retour direct, elle sera placée au mauvais endroit. On peut ainsi obtenir deux cibles au lieu d'une.

La Figure I.4 montre que les échos dus au phénomène de trajets multiples d'une cible font apparaître des fantômes.

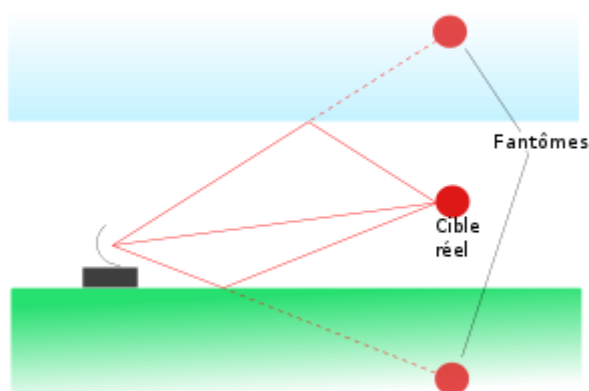


Figure I.4 : les cibles Fantômes créées par les échos du trajet multiple

- Des échos de propagation anormale dans l'atmosphère. En effet, le trajet que doit parcourir le faisceau radar est calculé à partir d'une structure normale de l'atmosphère. Si la température varie différemment de la norme, le faisceau sera dévié anormalement. Dans le cas où la température augmente avec l'altitude (inversion de température), le faisceau est dévié vers le sol et on a un très fort retour de ce dernier.
- Des échos venant des réflexions/réfractions ionosphériques. Ce type de parasites est particulièrement difficile à identifier, puisqu'il est en mouvement et se comporte de la même manière que les cibles voulues, créant ainsi un fantôme.
- Des objets très réfléchissants visibles au travers d'un lobe secondaire de l'antenne, alors que l'antenne pointe vers une zone moins réfléchissante. On verra alors un fantôme dans la direction où pointe le lobe principal.

Il est à noter que ce qui est un écho indésirable pour certains peut cependant être le but recherché par d'autres. Ainsi les opérateurs à l'aviation veulent éliminer tout ce dont on vient de parler mais les météorologistes considèrent que les avions sont du bruit et ne veulent garder que les signaux provenant des précipitations.

Les échos parasites sont considérés comme une source d'interférences passive, puisqu'elles ne sont détectées qu'en réponse aux signaux émis par le radar. Il existe plusieurs façons d'éliminer ces échos. Plusieurs de ces méthodes reposent sur le fait que ces échos tendent à être stationnaires lors des balayages du radar. Ainsi, en comparant des sondages radar successifs, la cible désirée sera mobile et tous les échos stationnaires pourront être éliminés. Les échos de mer peuvent être réduits en utilisant une polarisation horizontale, tandis que la pluie est réduite avec une polarisation circulaire (notez que les radars météorologiques souhaitent obtenir l'effet inverse, utilisant donc une polarisation horizontale afin de détecter les précipitations). Les autres méthodes visent à augmenter le rapport signal sur bruit.

La méthode CFAR (**Constant False Alarm Rate**, parfois appelée **AGC** pour **Automatic Gain Control**) repose sur le fait que les échos dus aux parasites sont beaucoup plus nombreux que ceux dus à la cible. Le gain du récepteur est automatiquement ajusté afin de maintenir un niveau constant des échos parasites visibles. Les cibles ayant un retour plus important que les parasites ressortiront facilement de ces derniers, même si les cibles plus faibles se perdent dans le bruit. Par le passé, le CFAR était contrôlé électroniquement et affectait également tout le volume sondé. Maintenant, le CFAR est contrôlé par ordinateur et peut être réglé différemment en chaque zone de l'affichage. Ainsi il s'adapte au niveau des échos parasites selon la distance et l'azimut.

On peut utiliser également des masques de régions connues d'échos parasites permanents (par ex. les montagnes) ou incorporer une carte des environs du radar pour éliminer tous les échos ayant une origine située sous le niveau du sol ou au-dessus d'une certaine hauteur. Pour réduire les retours des supports du cornet d'émission sans diminuer la portée, il est nécessaire d'ajuster la période muette entre le moment où l'émetteur envoie une impulsion et le moment où le récepteur est activé, afin de ne pas tenir compte de retours internes à l'antenne.

I.4.c.3. Brouillage

Le brouillage radar se réfère aux fréquences radios originaires de sources extérieures au radar, émettant à la fréquence du radar et masquant donc les cibles intéressantes. Le brouillage peut être intentionnel (un dispositif antiradars dans le cas d'une guerre électronique) ou non voulu (par exemple dans le cas de forces alliées utilisant du matériel qui émet dans la même gamme de fréquences). Le brouillage est considéré comme une source d'interférences active, puisqu'il est causé par des éléments extérieurs au radar et généralement sans lien avec les signaux du radar.

Les interférences sont récemment devenues un problème pour les radars météorologiques de bande C (5,66 GHz) à cause de la prolifération des équipements Wi-Fi à 5,4 GHz.

I.5. Traitement des signaux radar

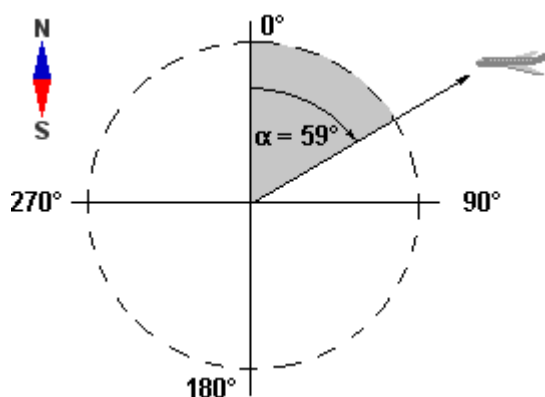


Figure I.5 : azimut de la cible.

L'angle entre la direction du nord et celle de la cible (azimut) est déterminé grâce à la directivité de l'antenne. La directivité, parfois appelée « gain directif », est la capacité de l'antenne à concentrer l'énergie rayonnée dans une direction particulière. Une antenne à forte directivité est appelée « antenne directive ». En mesurant la direction dans laquelle est pointée l'antenne à l'instant où elle reçoit un écho, on peut déterminer non seulement l'azimut mais aussi le site de la cible (donc son altitude). La précision de la mesure de ces angles dépend de la directivité de l'antenne. Pour une fréquence émise donnée (ou une longueur d'onde définie), la directivité d'une antenne est fonction de ses dimensions propres.

Les radars émettent normalement de très hautes fréquences pour les raisons suivantes:

- propagation quasi rectiligne de ces ondes,
- haute résolution (plus la longueur d'onde est courte, plus le radar est capable de détecter un petit objet),
- encombrement réduit de l'antenne (plus on augmente la fréquence du signal rayonné, plus la directivité est grande pour une antenne de taille donnée).

L'azimut vrai d'une cible détectée par un radar est l'angle entre la direction du nord vrai et celle de la ligne directe antenne-cible. Cet angle se mesure dans le plan horizontal, dans le sens des aiguilles d'une montre, et à partir du nord vrai.

Les antennes de la plupart des radars sont étudiées et réalisées de façon à rayonner l'énergie dans une direction donnée sous la forme d'un faisceau directionnel appelé « lobe ». En général le balayage en azimut par ce lobe s'effectue par un simple mouvement de l'antenne. A cause de la forme du lobe rayonné, la puissance du signal réfléchi varie au fur et à mesure de l'éclairage de la cible par le lobe. Elle atteint son amplitude maximum théoriquement lorsque la cible est exactement dans l'axe du faisceau.

où c est la vitesse de la lumière et Δt est le temps entre deux impulsions

La forme de l'impulsion joue sur la capacité du radar à distinguer deux objets proches (notion de **Pouvoir de résolution**). Cette forme d'émission est utilisée par les **radars à impulsions**.

I.5.b Mesure de vitesse

Il existe différentes méthodes pour mesurer la vitesse de déplacement d'une cible:

- La plus ancienne consiste à noter sa position à un instant **X**, à l'aide d'un crayon gras, sur l'affichage radar. À un instant **Y**, on refait la même chose et la différence des deux positions divisée par le temps écoulé entre **X** et **Y** donne la vitesse de déplacement.
- On peut également noter la variation de fréquence de l'onde émise par rapport à celle reçue lorsqu'on émet continuellement à une fréquence fixe. Il s'agit là de l'utilisation de l'**Effet Doppler-Fizeau**. Comme on ne fait pas varier la fréquence émise, on ne peut cependant pas définir la position de la cible de cette manière. En plus, on n'a que la composante radiale au radar de la vitesse. Par exemple, une cible se déplaçant perpendiculaire au faisceau radar ne causera pas de changement de fréquence alors que la même cible se déplaçant vers le radar à la même vitesse provoquera un changement maximal.

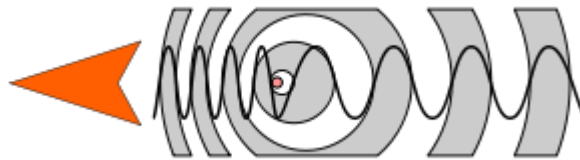


Figure I.8 : L'effet Doppler-Fizeau

- La plus courante des méthodes est d'utiliser une variante de l'effet Doppler avec un radar à impulsions. Dans ce cas, on note la différence de phase entre les impulsions successives revenant de la cible. Cette méthode permet de déterminer la vitesse radiale et la position de la cible.

Vitesse Doppler avec radar à impulsions

Au lieu de mesurer la différence de fréquence entre l'onde émise et celle reçue, qui peut être trop minime pour l'électronique, on utilise la différence de phase entre deux impulsions successives revenant d'un même volume sondé (paire d'ondes pulsées). Entre chaque impulsion, les cibles se déplacent légèrement et sont frappées par l'onde à une partie légèrement différente de son cycle. C'est cette différence de phase que le radar note au retour.

L'intensité d'une impulsion après un aller-retour est donnée par :

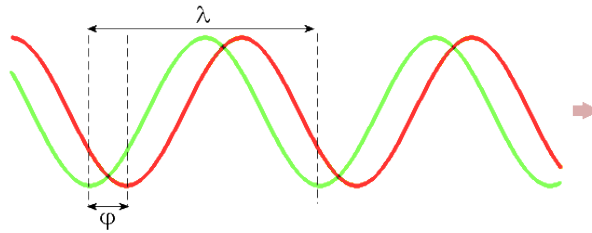


Figure I.9 : Différence de phase entre deux ondes revenant d'une cible ayant bougé

$$I = I_0 \sin \left(\frac{4\pi x_0}{\lambda} \right) = I_0 \sin(\phi_0) \quad [I.2]$$

Où :

$$\begin{cases} x_0 = \text{distance radar - cible} \\ \lambda = \text{longueur d'onde} \\ \Delta t = \text{temps entre deux impulsions} \end{cases}$$

L'intensité d'une impulsion subséquente revenant du même volume sondé mais où les cibles ont légèrement bougé est donnée par:

$$I = I_0 \sin \left(\frac{4\pi(x_0 + v\Delta t)}{\lambda} \right) = I_0 \sin(\phi_0 + \Delta\phi) \quad [I.3]$$

Donc : $\Delta\phi = \left(\frac{4\pi v\Delta t}{\lambda} \right)$

$$v = \text{vitesse des cibles} = \frac{\lambda\Delta\phi}{4\pi\Delta t} \quad [I.4]$$

Comme on n'obtient que la composante radiale du déplacement, il faut donc le suivre pour savoir l'angle que fait sa véritable direction de déplacement avec le rayon au radar. Par la suite, un simple calcul trigonométrique donne la véritable vitesse de la cible.

I.5.c Réduction des interférences

Le traitement du signal est nécessaire pour éliminer les interférences (dues à des sources radio autres que celle du radar) ainsi que les échos parasites. On utilise les techniques suivantes:

- Élimination en suivant seulement les échos qui bougent.
- Filtrage des échos en utilisant leur vitesse Doppler : les échos parasites et les interférences ont généralement des vitesses nulles.
- Corrélation avec des **radar de surveillance secondaire**: il s'agit d'un dispositif qui envoie depuis la cible un signal lorsqu'il reçoit un faisceau radar. Ce signal identifie la cible et, selon le cas, son altitude et sa vitesse.
- Processus adaptif temps-espace : en utilisant une **antenne réseau à commande de phase** pulsée et les vitesses Doppler qu'on en obtient, on peut analyser le patron moyen des fréquences et en faire ressortir le pic qui indique la cible.
- **Taux de fausse alarme constant**: il s'agit de déterminer le niveau de bruit moyen continu en chaque point de l'affichage radar et de ne garder que les échos ayant un retour supérieur à celui-ci.

- Masque digital du terrain qui permet d'éliminer les échos qui proviendraient de sous le niveau du sol.

I.6 Radar secondaire

Un radar secondaire ou SSR (Secondary Surveillance RADAR) est un dispositif radar de contrôle aérien qui "interroge" le ciel. Le sigle IFF, (Identification Friend or Foe), désigne un dispositif électronique embarqué développé par les Alliés pendant la Seconde Guerre mondiale permettant, par interrogation radar, d'identifier les aéronefs "amis" ou "ennemis".

Ce dispositif a été amélioré depuis, du moins pour un usage civil, et a donné naissance aux Transpondeur (interrogation par radar secondaire en mode A, B, C ou S).

Le transpondeur d'un aéronef est l'équipement embarqué qui permet aux radars secondaires des stations de contrôle du trafic aérien au sol de déterminer la position de l'avion dans l'espace surveillé. Il permet également de donner une information de position aux autres avions se trouvant à proximité (40 milles nautiques, 8700 pieds au-dessus ou en dessous) si ces derniers sont équipés du système TCAS.

Le radar secondaire du contrôle aérien émet un signal d'interrogation constitué d'une impulsion codée sur la fréquence 1030 Mhz à laquelle le transpondeur répond par une autre impulsion codée sur la fréquence 1090 Mhz. La réponse décodée apparaît sur l'écran radar au sol sous forme d'un plot, accompagné d'un code octal à quatre chiffres. La fonction **IDENT** du transpondeur envoie un code particulier qui fait apparaître en gras l'écho associé sur l'écran radar du contrôleur.

Suivant le mode utilisé, l'opérateur radar au sol peut identifier un appareil par un code attribué à l'avance (**Squawk**) et ainsi obtenir sa position, son niveau de vol (référence altimétrique 1013 Hpa): *mode C*. Sa route et sa vitesse est calculée par le radar primaire. Les transpondeurs des avions qui sont à sa portée lui répondent. Les réponses des avions sont capturées par l'antenne du radar secondaire, sont analysées et traitées électroniquement et par la suite visualisées sur les écrans des contrôleurs aériens.

I.6.a La poursuite pour le contrôle aérien

Les radars localisent les avions et, pour les secondaires, les situent de manière spatiale. On appelle ces tracés ou ces pistes, des plots ou des comètes. A partir de ces tracés (pistes), on peut fabriquer une image radar utilisée par un contrôleur aérien. Les différents radars répartis sur un territoire ont une portée et un rayon d'action qui se chevauchent, et de ce fait, ils fabriquent chacun un plot pour un même avion. Pour qu'une image ne soit pas saturée de plots redondants, les radars envoient leurs informations à un calculateur chargé de fusionner ces plots. On obtient alors une image où les avions sont repérés par plusieurs radars, et donc assez fiable quant aux informations affichées.

I.6.b Modes utilisés dans le Radar

Le format d'interrogation du SSR est très simple, se composant de deux impulsions (P1 et P3) de largeur 0.8 μ s séparées par un certain temps. Selon l'écart temps entre P1 et P3 ceci détermine le mode de l'interrogation.

La table montre l'espacement de temps des différents modes militaires et civils et indique leur utilisation :

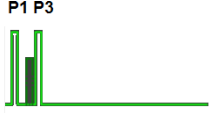
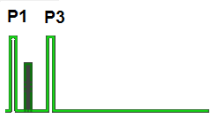
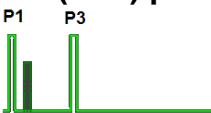
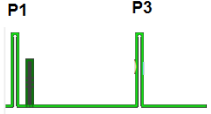

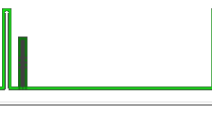
Mode		Distance entre P1 - P3	Description du Mode
militaire	civil		
1		3 (± 0.2) μs 	<u>Identification Militaire</u> Le mode militaire 1 est employé pour soutenir 32 codes militaires d'identification (bien que 4096 codes du mode 1 pourraient également être employés). Normalement, les 32 codes ont pu être employés pour indiquer le rôle/mission/type. Cependant, ce mode lui-même n'est pas d'usage courant dans un environnement en temps de paix normal.
2		5 (± 0.2) μs 	<u>Identification Militaire</u> Le mode militaire 2 fournit 4096 codes d'identification Pour l'usage militaire (comme le mode A). Utilisé normalement pour identifier une seule cellule avion.
3	A	8 (± 0.2) μs 	<u>Identification Civile/Militaire</u> Fournit 4096 codes d'identification Pour l'usage civil/militaires. Le mode généralement utilisé
	B	17 (± 0.2) μs 	Non Utilisé
	C	21 (± 0.2) μs 	<u>Civil, Extraction d'altitude pression</u> le mode C est employé pour extraire la valeur d'altitude pression du mode C (ou l'altitude vraie si on est au-dessous de l'altitude de transition).
	D	25 (± 0.2) μs 	Non utilisé

Tableau I.2 : Différents Mode Militaire/Civil

Le mode 1 militaire est habituellement employé pour indiquer le rôle, la mission ou le type d'avion (par conséquent plusieurs avions peuvent donner la même valeur de la réponse mode 1). Le mode 2 est habituellement employé pour indiquer une seule cellule avion (qui est un nombre réglé dans l'avion, habituellement avant qu'il décolle).

Le mode 3 militaire et le mode A civil sont le même mode d'interrogation (par conséquent souvent désigné sous le nom de Mode 3/A). Il demande une identité utilisée pour le contrôle du trafic aérien. Puisque cette identité est seulement 12 bits, il y a seulement 4096 valeurs possibles. Des valeurs du code mode 3/A sont assignées dans diverses régions par les autorités compétentes du trafic aérien. L'identité du code est placée (en tant que 4 chiffres dans la représentation octale) par le pilote, comme dirigé par des instructions de contrôle de trafic aérien. La valeur peut parfois être changée pendant le vol.

L'autre information essentielle exigée par le contrôle de trafic aérien est obtenue à partir de l'interrogation du mode C, demandant le niveau de vol de l'avion. Ceci est dérivé de l'altimètre pression de l'avion ou de l'altimètre radar.

Le mode civil B et D, bien qu'à l'origine défini, n'ont été jamais employés pour l'ATC civil. Par conséquent, le système civil SSR actuel est habituellement rapporté au SSR mode A/C. Ce n'est pas tous les transpondeurs d'avions qui peuvent répondre à tous les modes d'interrogation. Les transpondeurs d'avion militaire répondront aux modes 1,2,3/A et beaucoup ont également des possibilités du mode C. Les transpondeurs civils n'identifieront pas les modes 1 et 2, mais doivent identifier le mode 3/A. La plupart auront également des possibilités du mode C.

Note

L'impulsion P2, en vert foncé dans les images du tableau, est utilisée pour supprimer les lobes secondaires.

Les deux impulsions d'interrogation (P1 et P3) sont envoyées sur le faisceau principal. Chaque interrogation commence par l'impulsion P1, ceci est suivi peu après d'une impulsion P2. Le transpondeur d'un avion mesurera toujours les puissances relatives au signal des deux impulsions et répondra seulement aux interrogations où l'impulsion P1 est au moins supérieur de 9 dB à l'impulsion P2.



Figure I.10 : Suppression des lobes Secondaire par l'impulsion P2

Les conditions suivantes surgissent :

- L'amplitude maximum de l'impulsion P2 est < 9 dB au-dessous de l'amplitude de l'impulsion P1. De cette façon, les cibles sont dans le faisceau principal et le transpondeur doit répondre donc.
- L'amplitude maximum de l'impulsion P2 est plus grande que l'amplitude de l'impulsion P1. De cette façon, les transpondeurs peuvent ne pas répondre.
- L'amplitude maximum de l'impulsion P2 est petite mais pas < 9 dB au-dessous de l'amplitude de l'impulsion P1. De cette façon, le transpondeur peut répondre, comme il ne pas.

I.6.c Technique Monopulse

Les laboratoires Bell Telephone avaient inventé en 1946 une technique dite "Monopulse" permettant de déterminer l'azimut d'un avion sur une seule récurrence. Elle consiste à comparer le signal reçu d'un avion sur deux voies différentes (gauche et droite en théorie, somme (SIGMA Σ) et différence (DELTA Δ) dans la réalité). La valeur fournie par la fonction de comparaison permet alors (en l'inversant) de connaître l'angle que fait l'avion avec l'axe de symétrie du lobe principal d'antenne (qui est aussi l'axe de pointage de cette dernière). C'est le principe dit d'"écartométrie". Dès lors, la position de la cible est connue à l'intérieur du lobe d'antenne sur une seule réponse.

I.7. Description du Radar Primaire ATCR 33S-DPC de l'ENNA

L'ATCR 33S - DPC est un radar à moyenne portée, dans la bande « S », conçue pour être utilisé dans le secteur terminal des centres de contrôle aériens « ATC ». L'appareil est réalisé avec le concept de la redondance effective pour la majorité des unités, excepté l'émetteur, entièrement en semi-conducteurs, où la redondance est obtenue avec le concept de l'état dégradé de l'opération.

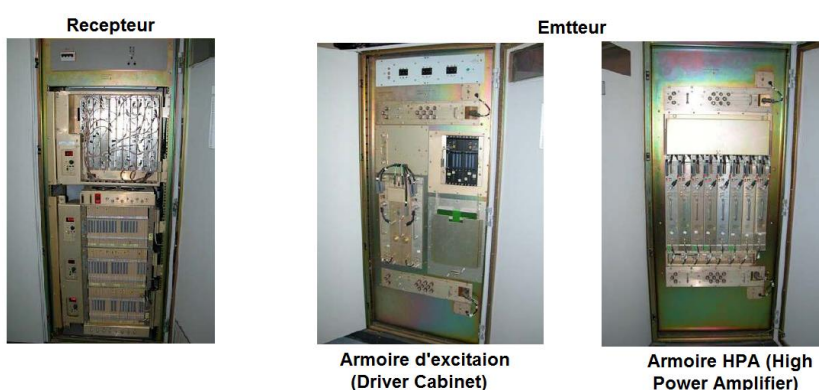


Figure I.11 : Radar ATCR 33S-DPC

L'ATCR 33S - DPC utilise des techniques très sophistiquées pour l'extraction des données, qui garantit une probabilité très élevée de détection, tout en maintenant une probabilité des fausses alarmes égales à 10^{-6} même en présence des échos indésirables du sol (ground clutter), phénomènes des anges (échos parasites) ou des conditions météorologiques extrêmement intenses.

Ceci est obtenu en exploitant le concept de **l'adaptativité**, signifiant la capacité du radar de balayer l'environnement dans lequel il est situé tout en réagissant aux changements provoqués par des conditions météorologiques.

Pour cette raison il emploie un nombre suffisant de techniques qui, automatiquement sélectionnées, garantissent les meilleures performances des opérations. En pratique, le radar est capable de distinguer entre :

- Secteurs clairs ;
- Secteurs avec échos indésirables du sol (ground clutter);
- Secteurs avec échos indésirables météorologiques (meteoric clutter);
- Interférences.

Après avoir choisi le type d'écho, le radar choisit automatiquement la meilleure

configuration pour s'adapter à l'environnement effectif du secteur en question. Les diverses techniques utilisées sont commandées par un système des cartes de météo/environnement qui sont à leur tour commandées par une machine de traitement de l'information qui fait partie de l'appareil.

Les caractéristiques fondamentales du système radar sont comme suites :

- Un émetteur entièrement à semi-conducteurs ;
- Antenne à double faisceau ;
- Transmission à double impulsion ;
- Compression des impulsions écho ;
- Commande irradiée de niveau de puissance (EMCOM) ;
- Contrôle sensible à travers le temps (STC ; Sensitive Time Control) ;
- Commande automatique du gain (AGC) ;
- Simulation du signal cible (Test Target) ;
- Détection cohérente ;
- Classification de l'intensité de phénomènes atmosphériques ;
- Détection des interférences asynchrones (AIB) ;
- Normalisation des fausses alarmes (FAN) ;
- Présence d'un système complet de diagnostic (BITE) ;
- Traitement de signal numérique de type AMTD ;
- Extraction d'informations au moyen d'un processeur approprié ;

Le traitement de données, celui qui représente le block terminal de l'appareil, gère les fonctions suivantes :

- Extraction des coordonnées distance/Azimut ;
- Calcul de la vitesse radiale de la cible ;
- Gestion de toutes les fonctions effectives du radar ;
- Échange de données à partir et vers un emplacement à distance (remote site) ;
- Accomplir un BITE (équipement d'essai intégré) complet de l'appareil.

I.7.a. Composition Générale du ATCR-33S-DPC

Dans la Figure I.12 il est possible de noter que l'ATCR-33S - DPC est composé des unités, groupes et ensembles suivants:

- Groupe Antenne G33 (1 group) ;
- Système R.F (Radio Frequency) (1 group en 3 plaques) ;
- Armoire électronique du radar (REC canal A et B) 2 unités
- Émetteur à semi-conducteur (Transmitter) 2 unités
- Unité d'excitation du moteur d'azimut (AMDU) 1 unité
- Assemblage d'ordinateur (Computer Assembly) 1 assemblée
- Système de communication (LAN) du type Ethernet

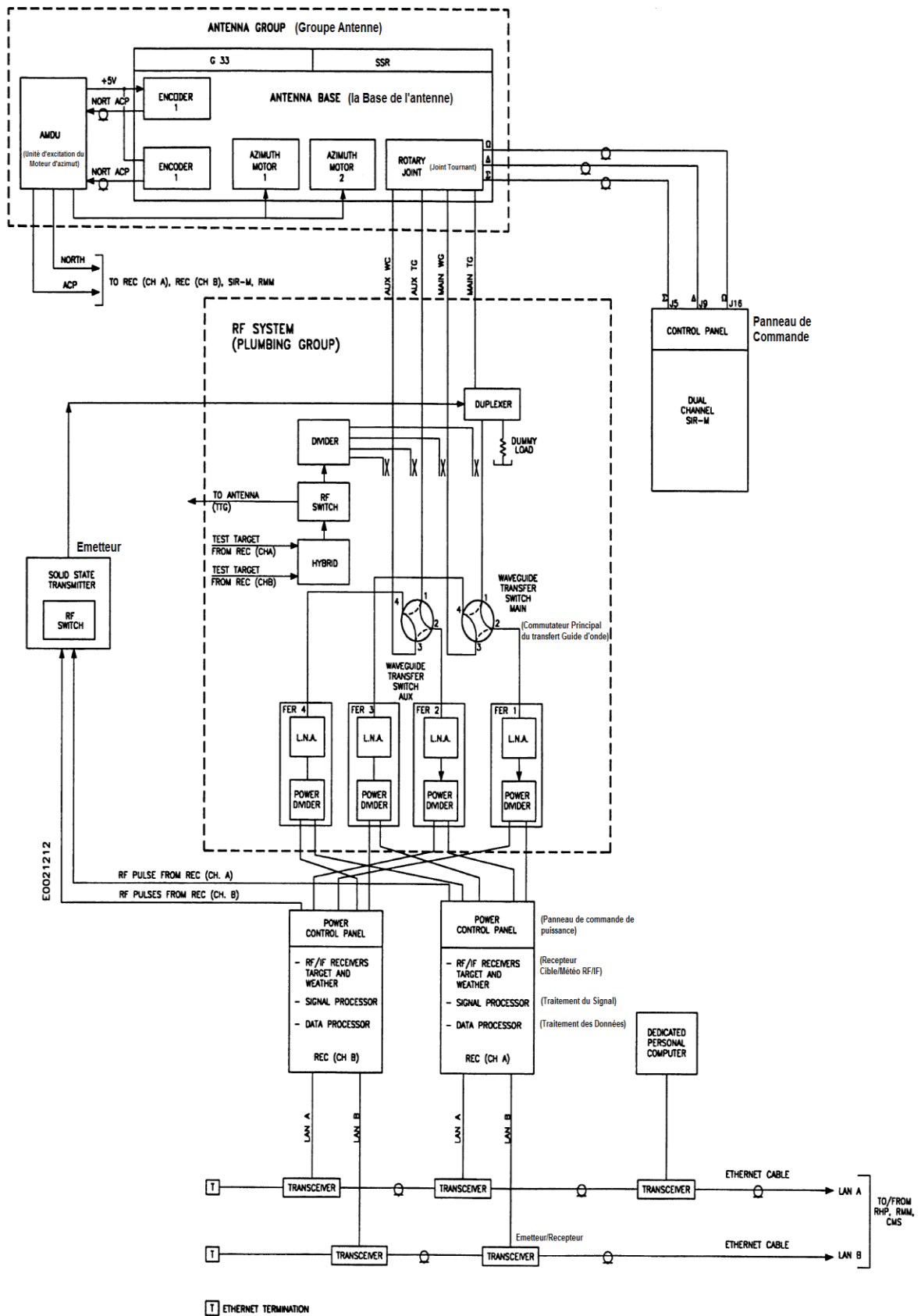


Figure I.12 : Composition Générale du ATCR-33S-DPC

I.7.b. Description Technique Générale

Le schéma simplifié de la **Figure I.13** illustre l'appareillage du radar ATCR 33S - DPC, où cinq blocs fonctionnels sont identifiés :

- Groupe d'Antenne
- Groupe d'Émetteur
- Groupe du Récepteur
- Assemblage d'ordinateur
- Unité d'excitation de Moteur d'azimut

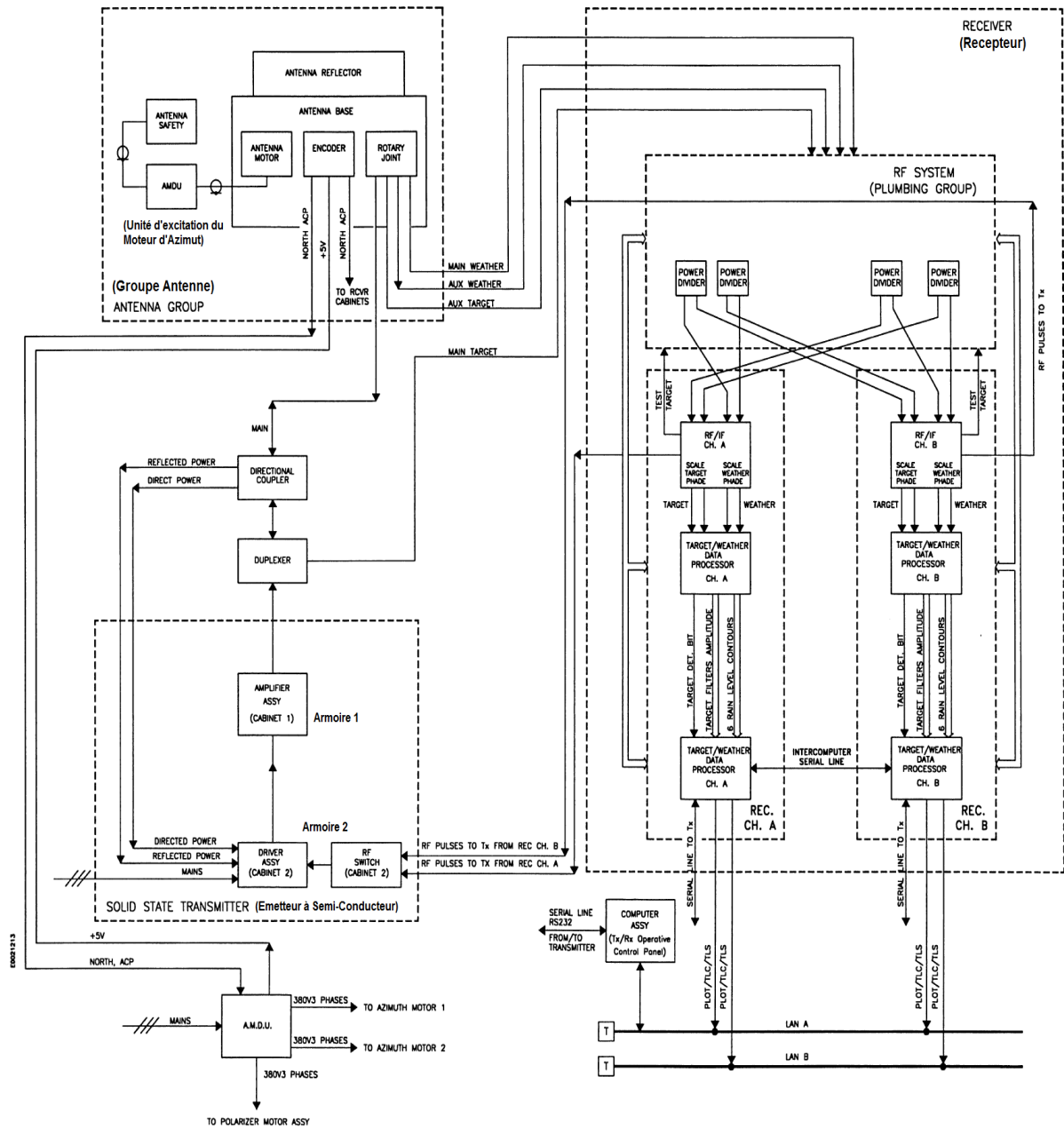


Figure I.13 : Block Diagramme Simplifié du ATCR-33S-DPC

L'ATCR-33S-DPC est un appareil réalisé avec un émetteur complètement à semi-conducteurs qui, avec la différence de ceux de la vieille génération, n'utilise pas des tubes d'oscillateur ou d'amplificateur (magnétron ou klystron) avec en conséquence une transmission d'une grande puissance crête qui détermine dans certains cas, un poids lourd du système de radiofréquence (RF system), dû à l'utilisation des dispositifs de pressurisation et de séchage.

L'utilisation de l'émetteur à semi-conducteurs ne permet pas d'avoir des unités de redondance étant donné que, être un système comprenant des plaques d'amplification de type modulaire qui travaillent en parallèle, elles ne cessent pas de fonctionner après des échecs d'un ou plusieurs modules, au lieu de cela elles continueront l'opération quoiqu'en conditions dégradées.

Les avantages au sujet de la prétendue Disponibilité peuvent également être notés, car il est possible de substituer les modules défectueux dans les émetteurs actuels sans interruption du fonctionnement du radar.

Comme déjà indiqué, cependant, pour la technique de construction utilisée (transistor), la puissance crête n'est pas comparable à celle des émetteurs tubes à vide. Il est nécessaire, donc, d'employer des impulsions RF avec une durée égale à environ 100 micro secondes pour garantir une puissance moyenne comparables au radar de la génération précédente.

Les impulsions à longue durée posent des problèmes considérables pour la prétendue résolution de distance des cibles et pour la portée minimum du radar.

Le premier problème est résolu avec la technique de la compression des impulsions envoyées, qui garantit la même résolution de distance d'un radar conventionnel. Le deuxième problème au sujet des valeurs inacceptables de la portée minimum avec une durée d'impulsion de 100 micro secondes, qui est égales à environ 8.09 nautique milles, est résolu avec l'utilisation d'une deuxième impulsion de transmission, évidemment, de très courte durée comparée à la précédente (10 micro secondes) ; ceci détermine deux transmissions distinctes et, en conséquence, deux phases de réception, une pour des détections de petite portée (< 8.09 milles marins) et l'autre pour de grande portée (ceux de 8.09 milles marins jusqu'aux limites de couverture).

Le groupe d'émetteur se compose de deux armoires (Cabinet) Figure I.13 ; une armoire héberge l'assemblage d'excitation (Driver Assembly Cabinet), et la deuxième héberge l'assemblage d'amplification (Amplifier Assembly Cabinet). L'armoire amplificateur contient huit modules de HPA (High power Amplifier). La combinaison des signaux de sortie de l'armoire amplificateur fait augmenter l'impulsion RF à une puissance crête de 10 kilowatts.

Les impulsions du signal de sortie du transmetteur, à travers le duplexeur et le coupleur, sont envoyées à l'antenne pour être rayonné. Les signaux échos reçus sont conduits dans l'alimentation du faisceau principal (feed of the main Beam) et dans l'alimentation du faisceau auxiliaire (feed of the auxiliary Beam). Ces signaux sont par conséquent combinés d'une manière à réduire l'intensité des échos indésirable du sol (ground clutter) et le phénomène des anges (échos parasite).

Les signaux sont, donc, appliqué au RF système Figure I.14, où ils sont amplifiés avec un minimum de bruit, ils subissent la première conversion de fréquence et ils sont alors atténués selon le critérium de STC (Sensitive Time Control). Les signaux sont alors appliqués aux deux REC (Radar Electronic Cabinet ; Armoire Electronique du Radar), de ce fait fournissant un dispositif Défaut-Tolérant de reconfiguration pour les canaux de récepteur.

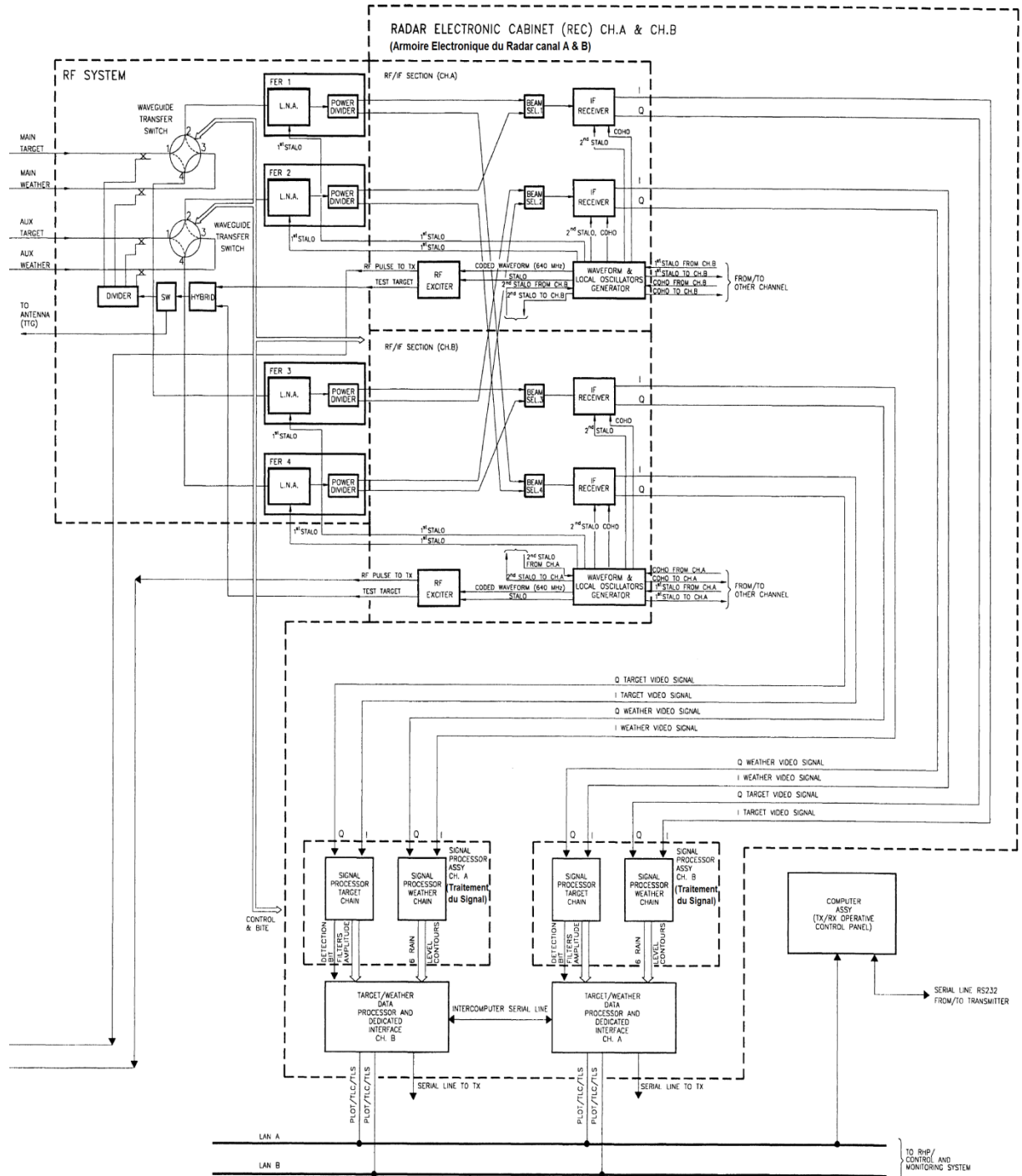


Figure I.14 : Schéma Bloc du Récepteur

Chaque REC a deux canaux de réception, de ce fait fournissant un total de quatre canaux pour le système.

Le signal arrivant au récepteur IF (Intermediate Frequency) est amplifié, en basse fréquence pour la deuxième fois et passe par un procédé de détection de phase.

Le procédé de détection de phase donne à la sortie deux signaux vidéo. Ces deux signaux vidéo se nomment la composante I (in-phase) et la composante Q (quadrature) du signal d'écho. Les signaux I et Q de chaque canal de réception sont appliqués à la machine de traitement du signal SP (Signal Processor).

La machine de traitement du signal SP convertit immédiatement les signaux analogiques entrants en signaux numériques.

Le traitement dans la machine de traitement du signal SP est ainsi effectué avec les circuits numériques. Ici, les fonctions principales exécutées sont la fonction de compression d'impulsion, fonction de filtrage Doppler, fonction de détection de cible et la fonction de traitement de pluie.

Les informations produites sont, essentiellement, des signaux d'amplitude détectés par le filtre AMTD (Adaptative Moving Target Detector). La deuxième information produite, appelée Rapport de Cible (Target Report), est appliquée à l'entrée de la machine de traitement des données DP (Data Processor) où l'extraction du plot et la coordination des fonctions de toutes les unités de l'appareillage du radar sont menées. Les fonctions principales effectuées par la machine de traitement des données DP sont :

- Génération et gestion de la synchronisation.
- Surveillance de l'état du diagnostic du radar au moyen du système BITE (Built In Test ; Test Intégré).
- Gestion logique des commandes, d'indications et d'alarmes.
- Gestion d'interface radar/exploitant (panneau de commande réalisé à l'aide de l'assemblage d'ordinateur ; Computer Assembly)
- Gestion d'un double d'Ethernet de type LAN pour l'échange d'Informations avec des utilisateurs.

L'Assemblage d'ordinateur (Computer Assembly) permet le contact entre l'opérateur et l'appareil ; il est représenté par un panneau de commande opératif pour la gestion des fonctions d'antenne, d'émetteur et de récepteur dans tous les montages partiels. Ce panneau de commande est relié à la machine de traitement des données DP au moyen d'un LAN et à l'assemblage de commande principal de l'émetteur (MCA : Main Control Assembly) au moyen de la ligne série RS232.

L'unité d'excitation du moteur d'azimut AMDU (Figure I.13) fournit le courant triphasé 380V 50 hertz aux moteurs d'azimut aussi bien qu'au moteur de polarisation.

L'AMDU fournit également l'alimentation CC De +5V à l'Encodeur situés dans la base de l'antenne. L'Encodeur alimente l'antenne avec 4096 impulsions d'azimut (ACP : Azimuth Change Pulse) et une impulsion du nord de référence (NRP : North Reference Pulse), parfois appelée également l'impulsion de référence d'azimut (ARP : Azimuth Reference Pulse) pour chaque balayage d'antenne.

Le NRP n'apparaît pas nécessairement quand l'antenne se dirige au nord (elle peut apparaître dans n'importe quelle direction). La correction pour ceci est faite précisément dans le récepteur d'Informations d'Encodeur (EDR : Encoder Data Receiver) disponible à l'intérieur de l'unité d'excitation de moteur.

I.8. Généralité sur le Radar Secondaire SIR-M (Secondary Interrogator Receiver-Monopulse)

SIR-M est la version Monopulse du radar secondaire de surveillance SIR (Secondary Interrogator Receiver ; Récepteur Secondaire d'interrogation).

Le cœur de SIR-M est un ordinateur radar spécial très rapide, développé par Alenia. Cette approche donne un degré de flexibilité très élevé pour le radar, et permet l'expansion du système du SIR-R (SSR traditionnel) au SIR-M (monopulse SSR) ou au SIR-S (mode S SSR) en ajoutant simplement des modules.

SIR-M est normalement, pour le contrôle du trafic aérien, un système à double canal avec un contrôleur/extracteur intégré équipé de commutateur automatique, et logé dans une armoire simple.

Chaque canal se compose d'émetteur programmable, de récepteur monopulse, d'un contrôleur/extracteur, de panneau de commande et d'alimentation électrique. Voir La Figure I.15

Cet équipement est utilisé en conjonction avec une antenne planaire de rangée ouverte séparément montée (Off Mounted) ou montée sur une antenne de radar primaire (On Mounted). Il est également employé avec une antenne intégrée de SSR.

Les caractéristiques principales de l'équipement du SIR-M sont les suivantes :

- Exactitude très élevée dans l'azimut et la distance.
- Résolution très bonne dans l'azimut et la distance.
- Récepteur complètement monopulse.
- Equipement complètement à semi-conducteurs.
- Contrôleur/extracteur intégré programmable.
- Alimentation de sortie programmable pour l'azimut.
- Alimentation de sortie programmable pour P1-P3 et P2.
- Récepteurs logarithmiques à accordement automatique.
- Complètement télécommandé.
- Équipement de test intégré BITE (Built-In Test).
- Cible de teste programmable.
- Commutateur automatique avancé, choisissant le meilleur canal basé sur le BITE et le diagnostic en ligne.
- Entretien exécuté par le remplacement des unités détachables.

Extensible vers :

- La Version de Puissance Elevée (4KW)
- Le Mode 4
- Le Mode S.

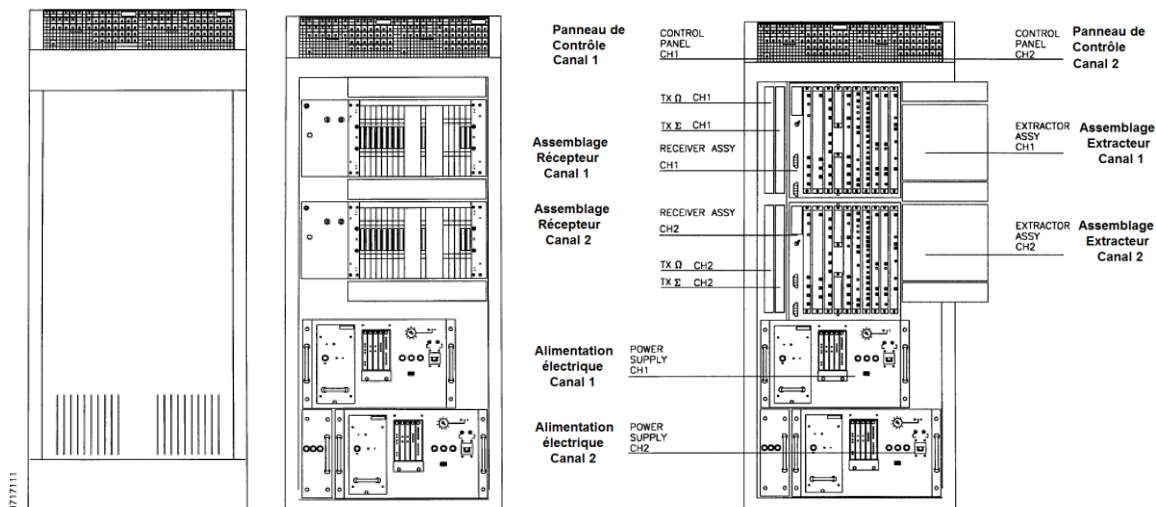


Figure I.15 : Equipement SIR-M

1.8.a. Description du Radar Secondaire SIR-M

L'équipement SIR-M a été conçu selon les caractéristiques ICAO/Annex 10 et STANAG/5017. Ce système interroge tous les avions équipés à bord de transpondeur ICAO ou IFF. Les signaux réponses sont reçus et traités par le SIR et convertis en sortie sous forme numérique en tant que plots arrangés en série.

L'équipement SIR-M dans la version standard est un système à double canal avec un dispositif incorporé pour le changement de canal ainsi qu'un dispositif d'antenne (Figure I.16).

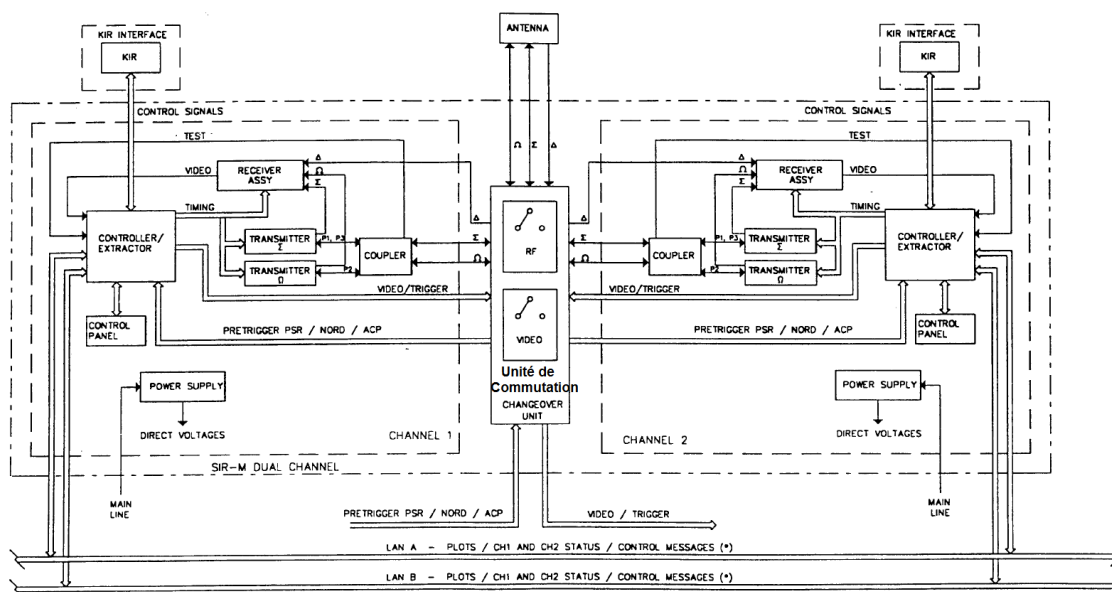


Figure I.16 : Block de diagramme simplifié du SIR-M

Chaque canal se compose des pièces suivantes :

- Contrôleur/extracteur (et son panneau de commande).
- Emetteur programmable.
- Récepteur (canaux SUM/DELTA/OMNI).

- Alimentation électrique.

Les composants impliqués pour changer le canal sont les suivants :

- Circuit de changement RF.
- Panneau de Commutation du Signal.

Ces composants s'appellent L'**Unite de Commutation**.

1.8.b. Description Générale

Le signal RF produit par un oscillateur de quartz est modulé dans l'émetteur au moyen de signaux de synchronisation venant du Contrôleur/Extracteur. Les impulsions RF d'interrogation P1 et P3 sont obtenues à partir du premier block émetteur, et sont envoyées à la section SUM (Somme : Σ), alors que l'impulsion RF P2 est obtenue à partir de l'autre block émetteur et est envoyée à la section OMNI (Omnidirectionnel : Ω). Avant d'arriver au commutateur les signaux transitent par les coupleurs qui permettent au Contrôleur/Extracteur de vérifier le sens correct et la puissance réfléchiée sans changer les signaux transitant.

Les signaux RF à la sortie du Commutateur sont envoyés à l'antenne.

Les signaux reçus (réponses SSR venues des transpondeurs) sortent du Commutateur et sont envoyés par le coupleur au récepteur qui les amplifie et détecte.

Les signaux vidéo bruts qui sortent du récepteur sont envoyés au Contrôleur/Extracteur.

Le Contrôleur/Extracteur est capable de traiter les signaux d'une façon très rapide, extraire les informations, les formater et les envoyer en sortie (sous forme de Plots) sur les deux LAN. Au deux LAN est relié le **Processeur Principal du Radar (RHP : Radar Head Processor)** Figure 1.17, qui fournit la « Poursuite », et éventuellement la « combinaison » avec des informations venant du radar primaire s'il est présent, et pour communiquer avec le centre à distance (**Remote Centre**).

Le même Contrôleur/Extracteur commande le système entier et effectue la fonction **BUIT** (Built In Text), de ce fait permettant l'affichage des alarmes directement sur un affichage situé sur le panneau de commande.

Au moyen du système de transmission des plots, il est possible d'envoyer au centre ATC (Air Traffic Control) les télé-signaux (statut d'alarme et conditions de fonctionnement) et de recevoir des télé-contrôles (commandes opérationnelles).

Normalement, il est recommandé d'employer un télécype et un moniteur CDS-80 pour obtenir l'image du site de contrôle.

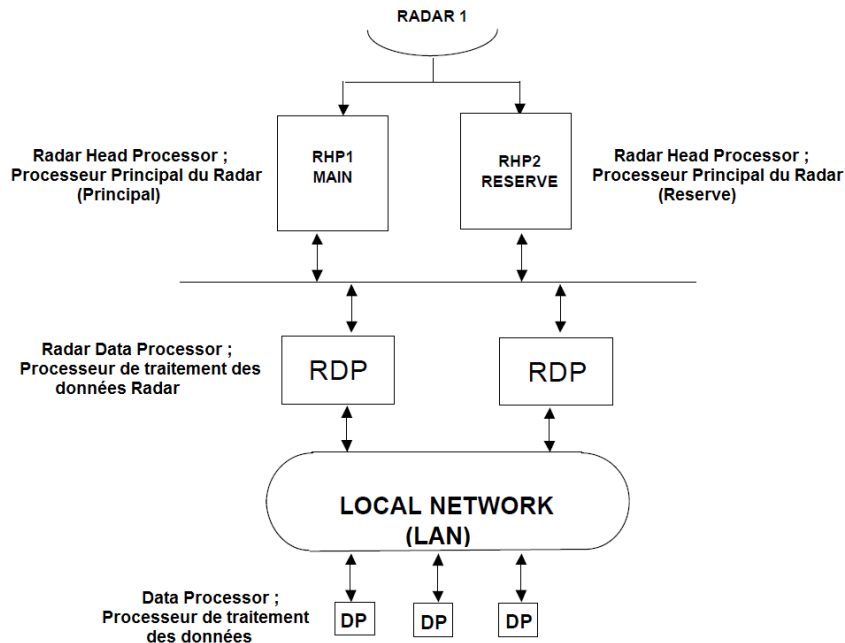


Figure I.17 : Processeurs de Traitement des données Radar

1.8.c. Fonctions à Distance

À l'aide d'un terminal **VDU (Video Distribution Unit)** située dans un centre ATC et reliée à un Processeur de traitement des Données Radar (**RDP : Radar Data Processor**), il est possible de commander à distance (télé-contrôle) le système et d'avoir l'affichage des alarmes et du statut de système (télé-signaux).

1.8.d. Expansibilité

La modularité de la nouvelle famille des radars secondaires ALENIA doit permettre une expansion facile dans des versions plus raffinées et plus sophistiquées. Comme déjà mentionné, le système de SIR-M est une version de la famille SSR-Alenia. Il peut être augmenté pour obtenir des caractéristiques de précision capables de satisfaire n'importe quelle condition ou nécessité opérationnelle qui pourraient surgir à l'avenir.

Chapitre II

Les Réseaux et le Protocole HDLC

Résumé

Dans ce chapitre on va présenter une généralité sur les réseaux en décrivant les couches nécessaires pour faire circuler les données sur les supports de communications et par la suite on va donner une description du protocole de communication HDLC (Couche N°2) nécessaire pour faire circuler les données ASTERIX entre le radar et les stations de traitement terminales.

II.1. Les réseaux et la mise en réseau

Un *réseau* est un système complexe d'objets ou de personnes interconnectés. Les *réseaux* sont partout autour de nous et même à l'intérieur de nous. Notre système nerveux et Notre système cardio-vasculaire sont des *réseaux*. Le schéma de grappe ci-contre présente différents types de *réseau*. On remarque les catégories suivantes :

- les communications,
- le transport,
- la société,
- la biologie,
- les services publics.

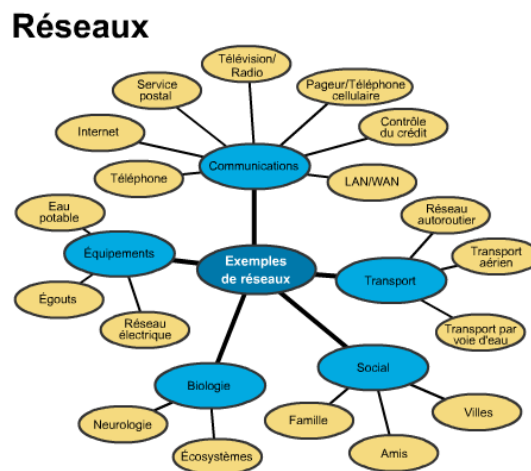


Figure II.1 : Les réseaux

Les réseaux de données sont apparus à la suite des applications informatiques écrites pour les entreprises. Cependant, au moment où ces applications ont été écrites, les entreprises possédaient des ordinateurs qui étaient des machines autonomes, fonctionnant seules et indépendamment les unes des autres. Très vite, on s'aperçut que cette façon d'exploiter les entreprises n'était ni efficace ni rentable.

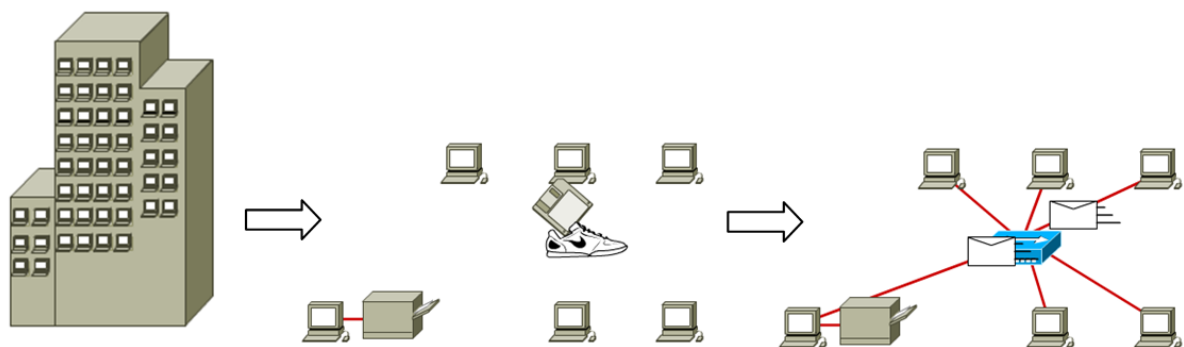


Figure II.2 : Evolution des réseaux LAN

Les entreprises avaient besoin d'une solution qui apporte des réponses aux trois questions suivantes :

1. Comment éviter la duplication de l'équipement et des ressources ?
2. Comment communiquer efficacement ?
3. Comment mettre en place et gérer un réseau ?

Les entreprises ont pris conscience des sommes qu'elles pouvaient économiser et des gains de productivité qu'elles pouvaient réaliser en utilisant la technologie réseau. Elles ont commencé à ajouter des réseaux et à étendre les réseaux existants presque aussi rapidement que l'apparition des nouvelles technologies et des nouveaux produits de réseau le permettait. Conséquence : au début des années 1980, la technologie des réseaux a connu une croissance phénoménale, mais ce développement était chaotique à plusieurs points de vue.

Vers le milieu des années 1980, des problèmes sont apparus. Bon nombre des technologies de réseau mises au point avaient été conçues à partir de différentes implémentations matérielles et logicielles. Par conséquent, beaucoup de ces nouvelles technologies de réseau étaient incompatibles. Il devint donc de plus en plus difficile de faire communiquer les réseaux qui utilisaient des spécifications différentes.

La création de réseaux locaux est apparue comme l'une des premières solutions à ces problèmes. En reliant toutes les stations de travail, les périphériques, les terminaux et les autres unités d'un immeuble, le réseau local permettait aux entreprises qui utilisaient l'informatique de partager efficacement différents éléments, dont des fichiers et des imprimantes.

Puis, avec la prolifération des ordinateurs en entreprise, même les réseaux locaux sont vite devenus insuffisants. Dans un système de réseau local, chaque service ou entreprise peut être comparé à un îlot électronique.

Il fallait donc trouver une façon de faire circuler les données rapidement et efficacement non plus seulement à l'intérieur d'une entreprise, mais aussi entre les entreprises. La solution du moment fut de créer des *réseaux métropolitains* (MAN) et des réseaux étendus (WAN). Comme les réseaux WAN pouvaient relier des réseaux utilisateurs géographiquement éloignés, ils permettaient aux entreprises de communiquer entre elles sur de grandes distances.

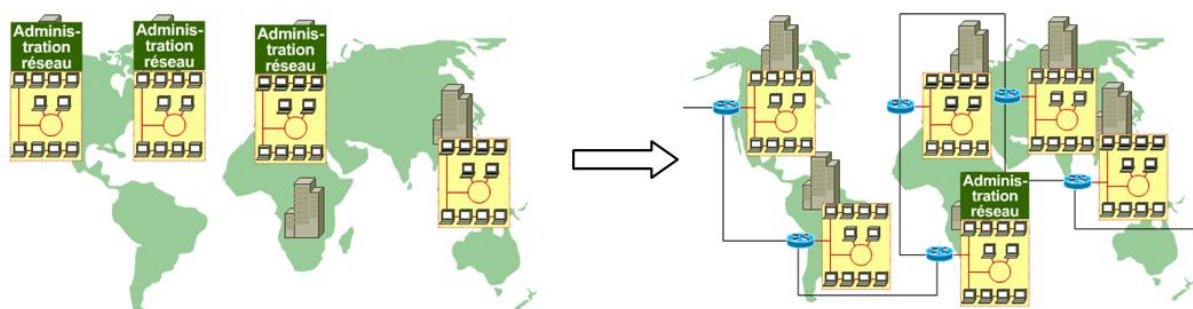


Figure II.3 : Réseau WAN

II.2. Solution des réseaux de données

La plupart des réseaux de données sont classés en *réseaux locaux LAN* et en *réseaux étendus WAN*. Les *réseaux locaux* sont généralement situés à l'intérieur d'un immeuble ou d'un complexe et servent aux communications internes. Les *réseaux WAN* couvrent de vastes superficies, reliant des villes et des pays. Les *réseaux locaux* et les *réseaux WAN* peuvent aussi être interconnectés. Dans le Tableau II.1 qui suit il y a quelque exemple des réseaux de données :

Distance entre les unités centrales	Emplacement des unités centrales	Nom
0,1 m	Circuit imprimé Assistant personnel	Carte-mère Réseau personnel (PAN)
1,0 m	Millimètre Mainframe	Réseau de systèmes informatiques
10 m	Salle	Réseau local (LAN) Votre salle de classe
100 m	Bâtiment	Réseau local (LAN) Votre école
1000 m = 1 km	Campus	Réseau local (LAN) Université de Provence
100 000 m = 100 km	Pays	Réseau longue distance (WAN) Cisco Systems, Inc.
1 000 000 m = 1 000 km	Continent	Réseau longue distance (WAN) Europe
10 000 000 m = 10 000 km	Planète	Réseau longue distance (WAN) Internet
100 000 000 m = 100 000 km	Système terre-lune	Réseau longue distance (WAN) La terre et les satellites artificiels

Tableau II.1 : Exemple de Réseau

II.2.a. Les réseaux locaux LAN

La création de réseaux locaux est apparue comme l'une des premières solutions à ces problèmes. En reliant toutes les stations de travail, les périphériques, les terminaux et les autres unités d'un immeuble, le réseau local a permis aux entreprises qui utilisaient la technologie informatique de partager efficacement différents éléments, dont des fichiers et des imprimantes.

Les réseaux locaux sont constitués d'ordinateurs, de cartes réseau, de médias réseau, d'unités de contrôle du trafic réseau et d'équipements périphériques. Grâce aux réseaux locaux, les entreprises utilisant les technologies informatiques peuvent partager efficacement des éléments comme des fichiers et des imprimantes, et communiquer entre elles, notamment par courrier électronique. Les réseaux locaux relient des serveurs de données, de communication, de traitement et de fichiers.

Les réseaux locaux présentent les caractéristiques suivantes :

- Ils fonctionnent dans une région géographique limitée.
- Ils permettent à de nombreux utilisateurs d'accéder à des médias à haut débit.
- Ils assurent une connectivité continue aux services locaux.
- Ils interconnectent physiquement des unités adjacentes.

Voici quelques exemples d'équipements utilisés dans les LAN :

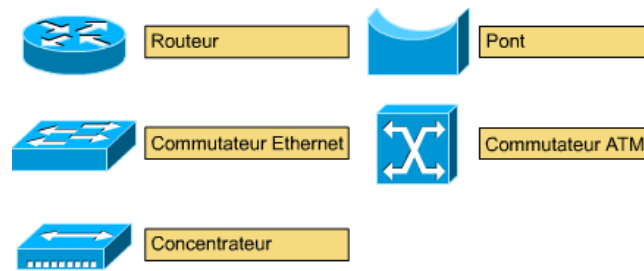


Figure II.4 : Exemple d'équipement LAN

II.2.a.1. La topologie des réseaux LAN

La *topologie* définit la structure du réseau. La définition de la topologie comprend deux parties : la **topologie physique**, représentant la disposition effective des fils (média), et la **topologie logique**, précisant la façon dont les hôtes (exemple : ordinateurs) accèdent au média. Les topologies physiques couramment utilisées sont :

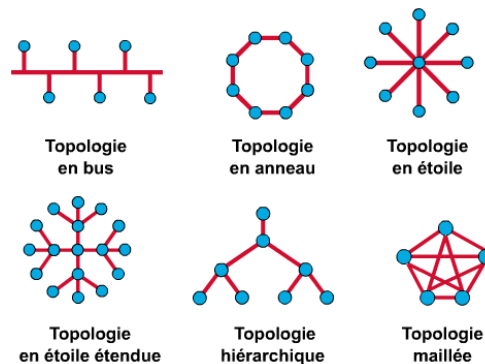


Figure II.5 : Topologie Physique des réseaux LAN

- Dans une **topologie en bus**, tous les hôtes sont directement connectés à un seul segment de backbone (épine dorsale).
- Dans une **topologie en anneau**, chaque hôte est connecté à son voisin. Le dernier hôte se connecte au premier. Cette topologie crée un anneau physique de câble.
- Dans une **topologie en étoile**, tous les câbles sont raccordés à un point central. Ce point est habituellement un concentrateur ou un commutateur.
- Une **topologie en étoile étendue** repose sur la topologie en étoile. Elle relie les étoiles individuelles entre elles en reliant les concentrateurs/commutateurs. Cette topologie étend la portée et l'importance du réseau.
- Une **topologie hiérarchique** est créée de la même façon qu'une topologie en étoile étendue. Toutefois, au lieu de relier les concentrateurs/commutateurs ensemble, le système est relié à un ordinateur qui contrôle le trafic dans la topologie.
- Une **topologie maillée** est utilisée lorsqu'il ne faut absolument pas qu'il y ait de rupture de communication, par exemple dans le cas des systèmes de contrôle d'une centrale nucléaire. Comme vous pouvez le voir dans la Figure II.5, chaque hôte possède ses propres connexions à tous les autres hôtes. Cela est aussi caractéristique de la conception du réseau Internet, qui possède de nombreux chemins vers un emplacement.

La **topologie logique** d'un réseau est la méthode qu'utilisent les hôtes pour communiquer par le média. Les **deux types** de topologie logique les plus courants sont le **broadcast** et le **passage de jeton**.

Le **broadcast** (diffusion) signifie simplement que chaque hôte envoie ses données à tous les autres hôtes sur le média du réseau. Les stations n'ont pas à respecter un certain ordre pour utiliser le réseau ; il s'agit d'une méthode de type " premier arrivé, premier servi ". L'**Ethernet** fonctionne de cette façon.

Le deuxième type de topologie est le **passage de jeton**. Selon cette méthode, l'accès au réseau est contrôlé en passant un jeton électronique de manière séquentielle à chaque hôte. Lorsqu'un hôte reçoit le jeton, cela signifie qu'il peut transmettre des données sur le réseau. Si l'hôte n'a pas de données à transmettre, il passe le jeton à l'hôte suivant et le processus est répété.



Figure II.6 : Topologie Logique des réseaux LAN

II.2.a.2. Les unités LAN dans une Topologie

Les unités directement connectées à un segment de réseau sont appelées hôtes. Ces hôtes peuvent être des ordinateurs, des clients, des serveurs, des imprimantes, des scanners ainsi que de nombreux autres types d'équipements. Ces unités fournissent les connexions réseau aux utilisateurs grâce auxquelles ils peuvent partager, créer et obtenir des informations. Les unités hôte peuvent exister sans réseau. Toutefois, les capacités d'un hôte non relié à un réseau sont très limitées.

Il n'existe pas de symboles uniformisés dans l'industrie des réseaux pour représenter les hôtes, mais ces derniers sont habituellement assez évidents. Ils ressemblent à l'unité réelle, ce qui en facilite la représentation mentale.

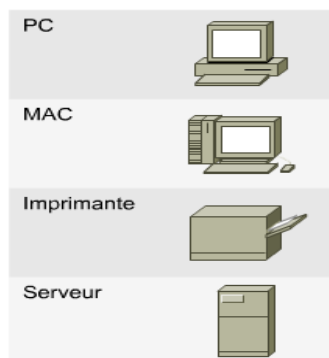


Figure II.7 : Les Unité LAN

II.2.1.b. Les réseaux étendus WAN

Avec la prolifération des ordinateurs en entreprise, même les réseaux locaux sont vite devenus insuffisants. Dans un environnement LAN, chaque service ou entreprise pouvait être comparé à un îlot électronique. Il fallait donc trouver une façon de faire circuler les informations rapidement et efficacement entre les entreprises.

La solution fut la création des réseaux WAN. Ceux-ci ont relié les réseaux locaux entre eux et leur ont ainsi donné accès aux ordinateurs ou aux serveurs de fichiers situés en d'autres lieux. Comme les réseaux WAN reliaient des réseaux utilisateurs géographiquement dispersés, ils ont permis aux entreprises de communiquer entre elles sur de grandes distances. Une fois interconnectés, les ordinateurs, les imprimantes ainsi que les autres unités d'un réseau WAN ont pu communiquer entre eux, partager des informations, des ressources, et même accéder à Internet.

Voici quelques technologies couramment utilisées dans les réseaux WAN :

- Modems
- RNIS (réseau numérique à intégration de services)
- DSL (Digital Subscriber Line)
- Frame Relay
- ATM (Asynchronous Transfer Mode)
- Porteuses T (États-Unis) et E (Europe) : T1, E1, T3, E3, etc.
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Voici quelques exemples d'équipements utilisés dans les WAN :

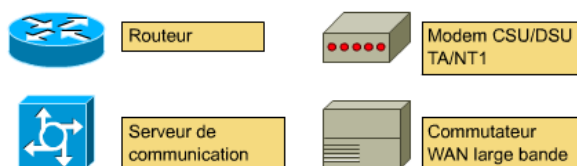


Figure II.8 : Exemple d'équipement WAN

II.3. Le protocole

Pour que des paquets de données puissent se rendre d'un ordinateur source à un ordinateur de destination sur un réseau, il est important que toutes les unités du réseau communiquent dans la même langue ou *protocole*. Un *protocole* consiste en un ensemble de règles qui augmentent l'efficacité des communications au sein d'un réseau.

Donc un protocole est un ensemble de règles, ou convention, qui détermine le format et la transmission des données. La *couche M* d'un ordinateur communique avec la *couche M* d'un autre ordinateur. Les règles et conventions utilisées lors de cette communication sont collectivement appelées *protocole de couche M*.

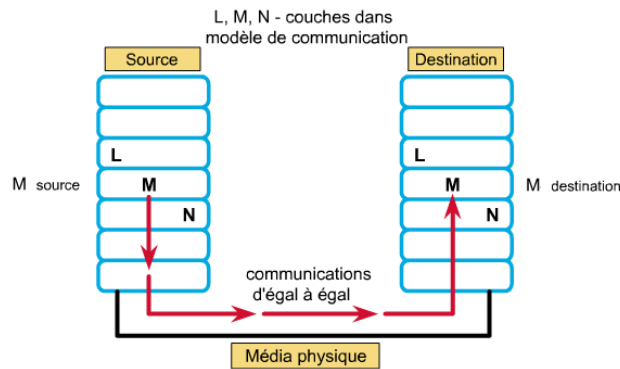


Figure II.9 : Protocole de couche M (règle utilisée par M source pour communiquer avec M destination)

II.4. Le Modèle OSI (Open System Interconnection)

Au cours des trois dernières décennies, le nombre et la taille des réseaux ont augmenté considérablement. Cependant, bon nombre de réseaux ont été mis sur pied à l'aide de plates-formes matérielles et logicielles différentes. Il en a résulté une incompatibilité entre de nombreux réseaux et il est devenu difficile d'établir des communications entre des réseaux fondés sur des spécifications différentes. Pour résoudre ce problème, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) a examiné de nombreuses structures de réseau. L'ISO a reconnu l'opportunité de créer un modèle réseau qui aiderait les concepteurs à mettre en œuvre des réseaux capables de communiquer entre eux et de fonctionner de concert (interopérabilité). Elle a donc publié le modèle de référence OSI.

Le *modèle de référence OSI* (Open System Interconnexion - interconnexion de systèmes ouverts) (Remarque : Ne pas confondre avec ISO), publié en 1984, a ainsi été créé comme une architecture descriptive. Ce modèle a offert aux fournisseurs un ensemble de normes assurant une compatibilité et une interopérabilité accrues entre les divers types de technologies réseau produites par de nombreuses entreprises aux quatre coins du globe.

Le modèle de référence OSI comporte sept couches numérotées, chacune illustrant une fonction réseau bien précise. Cette répartition des fonctions réseau est appelée *organisation en couches*. Le découpage du réseau en sept couches présente les avantages suivants :

- Il permet de diviser les communications sur le réseau en éléments plus petits et plus simples.
- Il uniformise les éléments du réseau afin de permettre le développement et le soutien multi constructeur.
- Il permet à différents types de matériel et de logiciel réseau de communiquer entre eux.
- Il empêche les changements apportés à une couche d'affecter les autres couches, ce qui assure un développement plus rapide.
- Il divise les communications sur le réseau en éléments plus petits, ce qui permet de les comprendre plus facilement.

Chaque couche du modèle OSI doit exécuter une série de fonctions pour que les paquets de données puissent circuler d'un ordinateur source vers un ordinateur

de destination sur un réseau. Vous trouverez ci-dessous une brève description de chaque couche du modèle de référence OSI qui est illustré dans la Figure II.10.

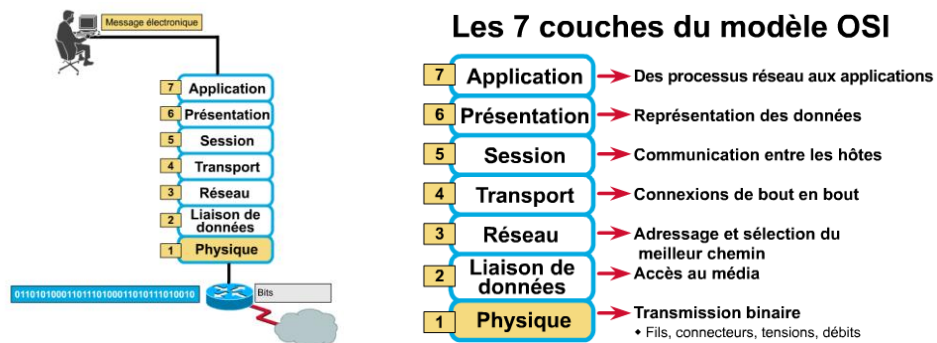


Figure II.10 : Le modèle OSI (Open System Interconnection)

II.4.a. Couche 1 : La couche physique

La couche physique définit les spécifications électriques, mécaniques, procédurales et fonctionnelles permettant d'activer, de maintenir et de désactiver la liaison physique entre les systèmes d'extrémité. Les caractéristiques telles que les niveaux de tension, la synchronisation des changements de tension, les débits physiques, les distances maximales de transmission, les connecteurs physiques et d'autres attributs semblables sont définies par la couche physique. Pour vous souvenir facilement des fonctions de la couche 1, pensez aux signaux et aux médias.

Le Média

Dans le domaine des réseaux, un média est un matériau ou un support dans lequel voyagent des paquets de données. Il peut s'agir de l'un des matériaux suivants :

- Du fil téléphonique
- Des câbles UTP de catégorie 5 (utilisés dans les réseaux Ethernet 10Base-T)
- Du câble coaxial (du même genre que les câbles utilisés pour la télédistribution)
- De la fibre optique (fibre de verre mince transportant la lumière)

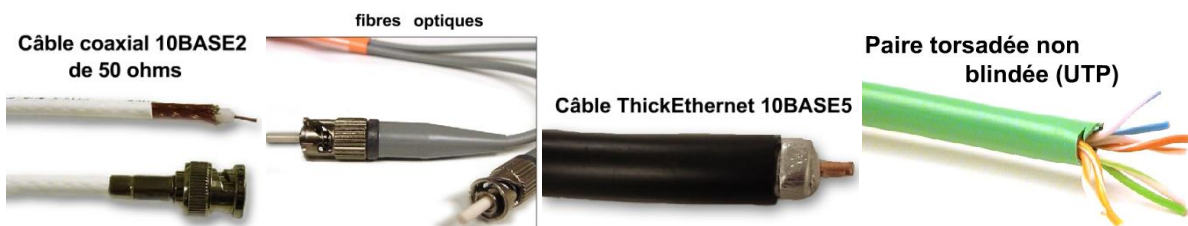


Figure II.11 : Différents types de Média

II.4.b. Couche 2 : La couche liaison de données

La couche liaison de données assure un transit fiable des données sur une liaison physique. Ainsi, la couche liaison de données s'occupe de l'adressage physique (plutôt que logique), de la topologie du réseau, de l'accès au réseau, de la notification des erreurs, de la livraison ordonnée des trames et du contrôle de flux. Pour vous souvenir facilement des fonctions de la couche 2, pensez aux trames et aux adresses MAC.

Les deux Sous-couches de la couche de liaison de données sont :

II.4.b.1. La sous-couche contrôle de la liaison logique (LLC)

Logical Link Control (LLC) est une Interface logicielle pour la liaison avec les couches supérieures c.-à-d. l'ajout d'informations pour aiguiller et identifier les informations des couches supérieures

II.4.b. 2 Adresse MAC (Media Access Control) :

Chaque ordinateur a une façon unique de s'identifier. Tout ordinateur, qu'il soit relié à un réseau ou non, possède une adresse physique. Il n'y a jamais deux adresses physiques identiques. L'adresse physique, appelée adresse MAC (Media Access Control), se trouve sur la carte réseau.

Avant que la carte réseau quitte l'usine, le fabricant lui attribue une adresse physique unique. Cette adresse est programmée sur une puce de la carte réseau. Comme l'adresse MAC est située sur la carte réseau, l'adresse physique de l'ordinateur changera si la carte réseau dont il est équipé est remplacée. Les adresses MAC sont représentées par des nombres hexadécimaux (à base 16). Il existe deux formats d'adresse MAC : 0000.0c12.3456 ou 00-00-0c-12-34-56. Elles attribuent un nom permanent et unique à chaque système hôte. Il n'y a aucun risque d'épuisement des adresses MAC puisqu'il existe 16^{12} (soit plus de 2 billions !) adresses MAC possibles.

En l'absence d'adresses MAC, notre LAN comporterait un groupe d'ordinateurs sans nom. Par conséquent, au niveau de la couche liaison de données, un en-tête et, éventuellement, un en-queue sont ajoutés aux données de la couche supérieure. Cet en-tête et cet en-queue contiennent des informations de contrôle destinées à l'entité de couche liaison de données du système de destination. Les données des entités de la couche supérieure sont encapsulées dans l'en-tête et l'en-queue de la couche liaison de données.

Les adresses MAC comportent 48 bits et sont exprimées à l'aide de douze chiffres hexadécimaux. Les six premiers chiffres hexadécimaux, qui sont administrés par l'IEEE, identifient le fabricant ou le fournisseur et constituent donc l'*identifiant unique d'organisation (OUI - Organizational Unique Identifier)*. Les six autres chiffres hexadécimaux forment le *numéro de série d'interface* ou une autre valeur administrée par le fournisseur. On dit parfois des adresses MAC qu'elles sont *rémanentes (BIA - burned-in addresses)* parce qu'elles demeurent en mémoire morte (ROM) et sont copiées en mémoire vive (RAM) lors de l'initialisation de la carte réseau.

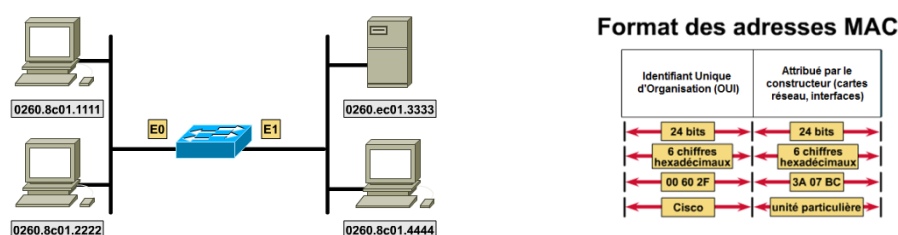


Figure II.12 : Adresse MAC (Media Access Control)

Verrouillage des Trames

Dès que vous avez déterminé la façon de nommer les ordinateurs, vous pouvez passer à l'étape suivante, à savoir : le verrouillage de trame. Le verrouillage de trame est le processus d'encapsulation de couche 2.

Lorsque vous expédiez un colis volumineux et pesant, vous ajoutez habituellement plusieurs couches de produits d'emballage. La dernière étape, avant de mettre le colis dans un camion de livraison, consiste à placer le colis sur une palette et à l'envelopper. Pour faire le lien avec les communications informatiques, considérez l'objet soigneusement emballé comme les données et la palette avec le colis comme la trame.

Il existe plusieurs types de trame différents, décrits par diverses normes. Une trame générique comporte des sections appelées champs et chaque champ est constitué d'octets. Les noms des *champs* sont les suivants :

- Le champ de début de trame
- Le champ d'adresse
- Le champ de longueur / type précisant le protocole de couche 3
- Le champ de données
- Le champ de séquence de contrôle de trame (FCS)
- Le champ de fin de trame

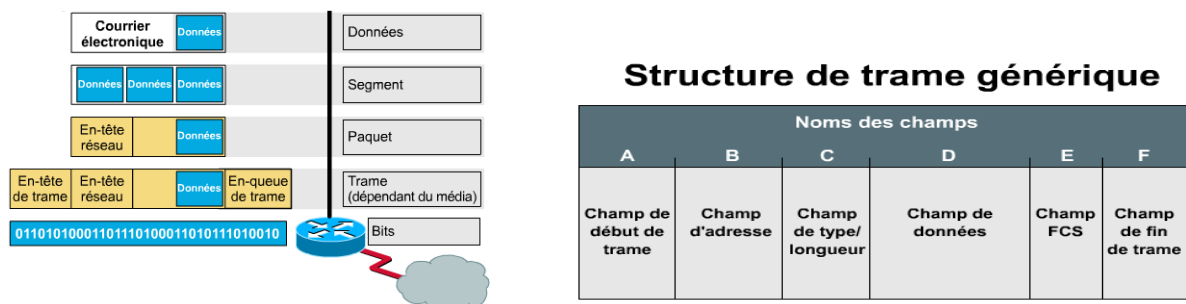


Figure II.13 : Structure d'une Trame

NOTE

La couche liaison de donnée à plusieurs types de protocole parmi elles on trouve :

Ethernet, X25, X21, Local Talk, Anneau à jeton....

II.4.c. Couche 3 : La couche réseau

La couche réseau est une couche complexe qui assure la connectivité et la sélection du chemin entre deux systèmes hôtes pouvant être situés sur des réseaux géographiquement éloignés. Pour vous souvenir facilement des fonctions de la couche 3, pensez à la sélection du chemin, au routage et à l'adressage.

Les protocoles qui n'ont pas de couche réseau ne conviennent qu'aux petits réseaux internes. Ces protocoles n'utilisent généralement qu'un nom (l'adresse MAC) pour

identifier les ordinateurs d'un réseau. L'inconvénient de cette méthode est qu'il devient de plus en plus difficile de gérer les noms à mesure que le réseau s'étend (et notamment d'assurer l'unicité des noms).

Les protocoles qui supportent la couche réseau utilisent un système d'adressage hiérarchique qui garantit l'unicité des adresses au-delà des limites du réseau, ainsi qu'une méthode de sélection du chemin d'acheminement des données entre les réseaux. Les adresses MAC, en revanche, utilisent un système d'adressage linéaire qui rend difficile la localisation des unités dans d'autres réseaux.

L'adressage hiérarchique permet aux données de circuler dans des réseaux multiples et de trouver leur destination de manière efficace. Le système téléphonique est un exemple de système d'adressage hiérarchique. Le système téléphonique utilise un indicatif régional pour diriger un appel vers son premier relais (*saut*). Les trois chiffres suivants représentent le central téléphonique local (deuxième saut). Les quatre derniers chiffres correspondent au numéro de l'abonné demandé (dernier saut, jusqu'à la destination).

Les unités d'un réseau ont besoin d'un système d'adressage cohérent leur permettant d'acheminer des paquets d'un réseau à un autre dans l'interréseau (ensemble de réseaux segmentés ou non utilisant le même système d'adressage). Les unités utilisent le système d'adressage de la couche réseau pour déterminer la destination des données tout au long de leur cheminement dans l'interréseau.

Il existe deux méthodes d'adressage : l'**adressage linéaire** et l'**adressage hiérarchique**. Un système d'*adressage linéaire* attribue à une unité la prochaine adresse disponible. Aucune importance n'est accordée à la structure du système d'adressage. Les numéros de certificats de naissance sont un exemple de système d'adressage linéaire. Les adresses MAC fonctionnent de cette manière. Un fournisseur reçoit un bloc d'adresses. La première portion de chaque adresse représente le code du fournisseur, tandis que le reste de l'adresse MAC est un numéro aléatoire attribué selon un système de numérotation séquentiel.

Le système des codes postaux constitue un parfait exemple d'**adressage hiérarchique**. Dans ce système, l'adresse est déterminée par l'emplacement de l'immeuble et non par un numéro attribué au hasard, ce système d'adressage est l'**adressage IP**. Les adresses IP ont une structure spécifique et ne sont pas attribuées de manière aléatoire.

Le protocole IP est le protocole réseau d'Internet. À mesure que les données circulent vers le bas du modèle OSI, elles sont encapsulées au niveau de chaque couche. Au niveau de la couche réseau, les données sont encapsulées dans des **paquets** (aussi appelés **datagrammes**). Le protocole IP détermine le format de l'en-tête IP (qui comprend les informations d'adressage et de contrôle), mais ne se préoccupe pas des données proprement dites. Il accepte tout ce qui provient des couches supérieures.

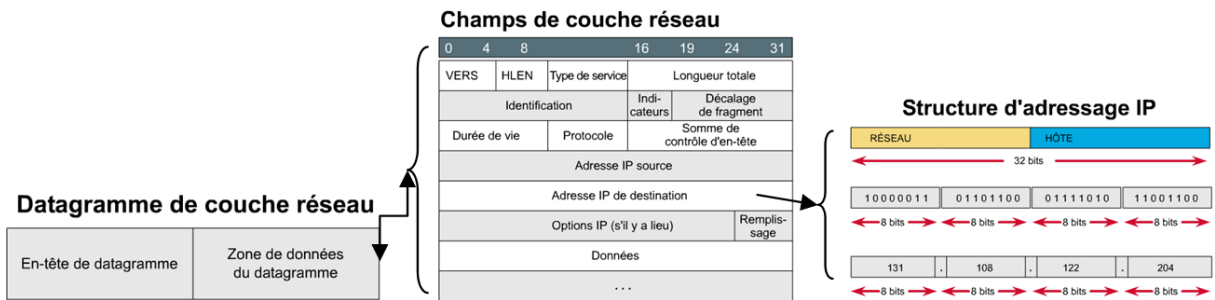


Figure II.14 : Datagramme de la couche Réseau

Le paquet IP est composé des données des couches supérieures, plus un en-tête IP constitué des éléments suivants :

- *Version* - indique la version de protocole IP utilisée (4 bits).
- *HLEN (IP header length - Longueur de l'en-tête IP)* - indique la longueur de l'en-tête du datagramme en mots de 32 bits (4 bits).
- *Type de service* - indique l'importance qui lui a été accordée par un protocole de couche supérieure donné (8 bits).
- *Longueur totale* - précise la longueur du paquet IP en entier, y compris les données et l'en-tête, en octets (16 bits).
- *Identification* - contient un nombre entier qui identifie le datagramme actuel (16 bits).
- *Indicateurs* - un champ de 3 bits dont les 2 bits inférieurs contrôlent la fragmentation – un bit précise si le paquet peut être fragmenté et le second indique si le paquet est le dernier fragment d'une série de paquets fragmentés (3 bits).
- *Décalage de fragment* - ce champ sert à rassembler les fragments du datagramme (13 bits).
- *Durée de vie* - un compteur qui décroît graduellement, par incréments, jusqu'à zéro. À ce moment, le datagramme est supprimé, ce qui empêche les paquets d'être continuellement en boucle (8 bits)
- *Protocole* - précise le protocole de couche supérieure qui recevra les paquets entrants après la fin du traitement IP (8 bits).
- *Somme de contrôle d'en-tête* - assure l'intégrité de l'en-tête IP (16 bits).
- *Adresse d'origine* - indique le nœud émetteur (32 bits).
- *Adresse de destination* - indique le nœud récepteur (32 bits).
- *Options* - cet élément permet au protocole IP de supporter différentes options, telles que la sécurité (longueur variable).
- *Données* - cet élément contient des informations de couche supérieure (longueur variable, maximum 64 Ko).
- *Remplissage* - des zéros sont ajoutés à ce champ pour s'assurer que l'en-tête IP est toujours un multiple de 32 bits.

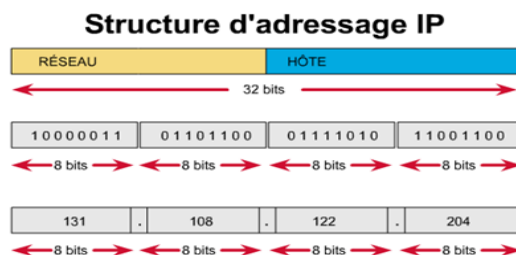


Figure II.15 : structure d'une adresse IP

Le numéro de réseau d'une adresse IP identifie le réseau auquel une unité est connectée, alors que la portion hôte d'une adresse IP pointe vers une unité spécifique de ce réseau. Puisque les adresses IP sont composées de quatre octets séparés par des points, un, deux ou trois de ces octets peuvent servir à déterminer le **numéro de réseau**. De même, un, deux ou trois de ces octets peuvent servir à déterminer la **partie hôte** d'une adresse IP.

II.4.d. Couche 4 : La couche transport

L'expression " qualité de service " est souvent utilisée pour décrire l'utilité de la couche 4, la couche transport. Son rôle principal est de transporter et de contrôler le flux d'informations de la source à la destination et ce, de manière fiable et précise. Le contrôle de bout en bout, assuré par des fenêtres glissantes, la fiabilité des numéros de séquençage et des accusés de réception sont des fonctions essentielles de la couche 4.

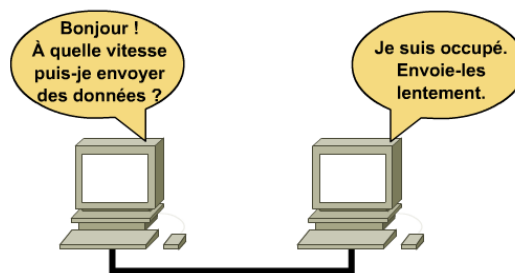


Figure II.16 : Couche Transport

II.4.d.1. Comparaison entre le protocole IP (couche 3) et TCP (couche 4)

TCP/IP est une combinaison de deux protocoles distincts, à savoir TCP et IP. Le protocole IP est un protocole de couche 3, un service sans connexion qui offre l'acheminement au mieux des données au sein d'un réseau. TCP est un protocole de couche 4, un service orienté connexion qui assure le contrôle du flux, ainsi que la fiabilité de la transmission. L'union de ces protocoles permet d'offrir une plus vaste gamme de services. Ensemble, ils offrent une suite complète. TCP/IP est le protocole de couches 3 et 4 sur lequel Internet est fondé.

Schéma de protocoles: TCP/IP

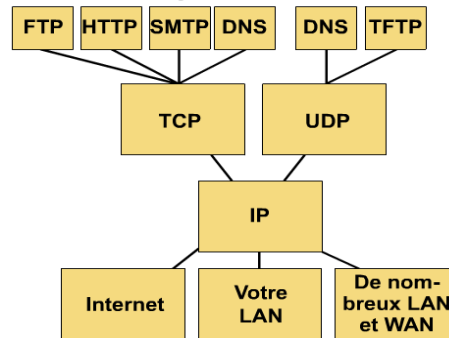


Figure II.17 : Protocole TCP/IP

On va prendre comme exemple le réseau Ethernet TCP/IP donc le protocole TCP/IP de la couche 4 du modèle OSI comprend deux protocoles : *TCP* et *UDP*.

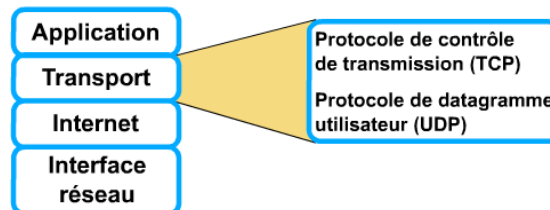


Figure II.18 : Protocoles de la couche Transport

Le protocole *TCP* assure un circuit virtuel entre les applications utilisateur. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Il est orienté connexion.
- Il est fiable.
- Il divise les messages sortants en segments.
- Il assemble des messages au niveau de la station de destination.
- Il renvoie toute donnée non reçue.
- Il assemble des messages à partir des segments entrants.

UDP transporte les données de manière non fiable entre les hôtes. Les caractéristiques du *protocole UDP* sont les suivantes :

- Il n'est pas orienté connexion.
- Il est peu fiable.
- Il transmet des messages (appelés datagrammes utilisateurs).
- Il n'offre pas de vérification logicielle pour la livraison des messages (non fiable).
- Il n'assemble pas les messages entrants.
- Il n'utilise pas d'accusés de réception.
- Il n'assure aucun contrôle de flux.

II.4.d.2. Numéros des Ports

Les protocoles *TCP* et *UDP* utilisent des numéros de *port* (ou de *socket*) pour transmettre des informations aux couches supérieures. Les numéros de port servent à distinguer les différentes conversations qui circulent simultanément sur le réseau.

Les développeurs d'applications ont convenu d'utiliser les numéros de port bien connus qui sont définis dans la spécification RFC1700 (Exemple : toute conversation destinée à l'application FTP utilise le numéro de port standard 21, le reste est dans l'annexe 2). Les conversations qui ne visent pas des applications ayant des numéros de port reconnus se voient attribuer des numéros aléatoires sélectionnés à l'intérieur d'une plage donnée. Ces numéros de port sont utilisés comme adresses d'origine et de destination dans le segment TCP.

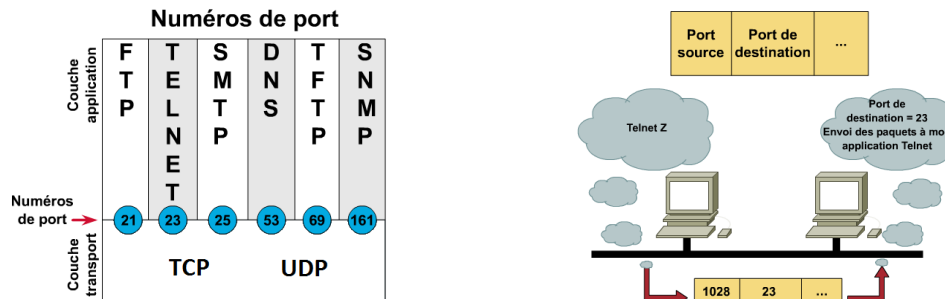


Figure II.19 : Numéros de port dans le protocole TCP/IP

Certains ports sont réservés au sein des protocoles TCP et UDP, bien que les applications ne soient pas nécessairement écrites pour les supporter. Les plages attribuées aux numéros de port sont les suivantes :

- Numéros inférieurs à 255 - réservés aux applications publiques.
- Numéros entre 255 et 1023 - attribués aux entreprises pour les applications commercialisables.
- Numéros supérieurs à 1023 - ne sont pas attribués.

Les systèmes d'extrémité se servent des numéros de port afin de sélectionner les applications appropriées. Les numéros de port source d'origine, généralement supérieurs à 1023, sont attribués de façon dynamique par l'hôte source.

II.4.e. Couche 5 : La couche session

La *couche session* ouvre, gère et ferme les sessions entre les applications. Cela comprend le lancement, l'arrêt et la resynchronisation de deux ordinateurs qui communiquent. La couche session coordonne les applications lorsqu'elles interagissent sur deux hôtes qui communiquent. Pour vous souvenir facilement des fonctions de la couche 5, pensez aux dialogues et aux conversations.

Les communications entre ordinateurs impliquent de nombreuses conversations courtes pour s'assurer que les ordinateurs peuvent communiquer de manière efficace. Ces conversations exigent que chaque hôte joue deux rôles distincts : chacun est à la fois un demandeur de services, ou client, et un fournisseur de services, ou serveur. L'identification des rôles de chacun à un moment donné s'appelle le *contrôle du dialogue*.

II.4.e.1. Le contrôle du dialogue

La couche session décide si la conversation sera de type bidirectionnel simultané ou alterné. Cette décision relève du contrôle du dialogue. Si la **communication bidirectionnelle simultanée** est permise, la couche session n'intervient que très peu

dans la gestion de la conversation. Dans ce cas, cette responsabilité échoit à d'autres couches des ordinateurs en communication. Il est possible que des collisions se produisent dans la couche session, bien qu'elles soient très différentes des collisions médias qui ont lieu dans la couche 1. Au sein de cette couche, les collisions ne se produisent que lorsque deux messages se croisent et sont à l'origine d'une certaine confusion dans l'un ou l'autre des hôtes en communication.

dialogue
bidirectionnel simultané (TWS)

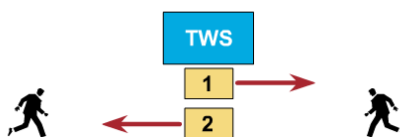


Figure II.20 : Communication bidirectionnelle simultanée

Si ces collisions au sein de la couche session sont intolérables, le contrôle de dialogue dispose d'une autre option : la **communication bidirectionnelle alternée**. Ce type de communication est rendu possible par l'utilisation d'un jeton de données au niveau de la couche session qui permet à chaque hôte de transmettre à tour de rôle.

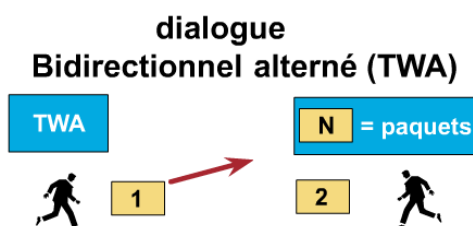


Figure II.21 : Communication bidirectionnelle alternée

II.4.e.2. Les protocoles de la couche 5

La couche 5 compte un grand nombre de protocoles importants. Voici quelques exemples :

- Le système NFS (Network File System)
- Le langage d'interrogation structuré (SQL)
- L'appel de procédure distant (RPC)
- Le système X-Window
- Le protocole ASP (AppleTalk Session Protocol)
- Le protocole de contrôle de session d'architecture de réseau numérique (DNA SCP - Digital Network Architecture Session Control Protocol)

II.4.f. Couche 6 : La couche présentation

La couche présentation s'assure que les informations envoyées par la couche application d'un système sont lisibles par la couche application d'un autre système. Au besoin, la couche présentation traduit différents formats de représentation des données en utilisant un format commun.

L'un des rôles de la *couche présentation* est de présenter les données dans un format que le dispositif récepteur est capable de comprendre. Pour expliquer ce concept, utilisez l'analogie de deux personnes s'exprimant dans des langues

différentes. Pour communiquer, elles doivent avoir recours aux services d'un interprète. La couche présentation joue donc un rôle d'interprète entre les unités qui doivent communiquer par le biais d'un réseau.

La couche 6, la couche présentation, assure trois fonctions principales, à savoir :

- Le formatage des données (présentation) : pour les images par exemple c'est le format (PICT, TIFF, JPEG...) et pour le son (MIDI, MPEG, QuickTime...).
- Le cryptage des données.
- La compression des données.

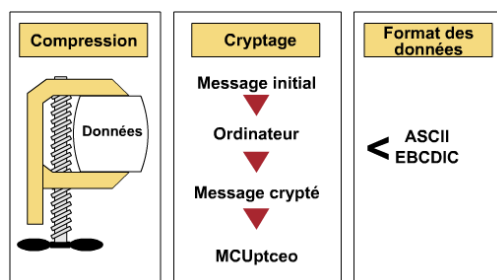


Figure II.22 : Couche Présentation

II.4.g. Couche 7 : La couche application

La couche application est la couche OSI la plus proche de l'utilisateur. Elle fournit des services réseau aux applications de l'utilisateur. Elle se distingue des autres couches en ce sens qu'elle ne fournit pas de services aux autres couches OSI, mais seulement aux applications à l'extérieur du modèle OSI. Voici quelques exemples de ce type d'application : tableurs, traitements de texte et logiciels de terminaux bancaires. La couche application détermine la disponibilité des partenaires de communication voulus, assure la synchronisation et établit une entente sur les procédures de correction d'erreur et de contrôle d'intégrité des données. Pour vous souvenir facilement des fonctions de la couche 7, pensez aux navigateurs.

Les applications réseau sont lancées par l'utilisateur en fonction des tâches à accomplir. La couche application offre un ensemble complet de programmes d'interfaçage avec Internet. À chaque type d'application correspond un protocole d'application qui lui est propre. Il existe bien de nombreux types de programmes et de protocoles, mais on se limitera aux applications suivantes :

- Le Web utilise le protocole HTTP.
- Les programmes d'accès à distance utilisent le protocole Telnet pour se connecter directement aux ressources distantes.
- Les programmes de messagerie électronique supportent le protocole de couche application POP3 pour le courrier électronique.
- Les utilitaires de traitement de fichiers utilisent le protocole FTP pour copier et transférer les fichiers entre des sites distants.
- Les outils de rassemblement et de contrôle des données réseau utilisent le protocole SNMP.

L'encapsulation des Données

On sait que, au sein d'un réseau, toutes les communications partent d'une source, qu'elles sont acheminées vers une destination et que les informations envoyées sur le réseau sont appelées données ou paquets de données. Si un ordinateur (hôte A) veut envoyer des données à un autre ordinateur (hôte B), les données doivent d'abord être préparées grâce à un processus appelé encapsulation.

Ce processus conditionne les données en leur ajoutant des informations relatives au protocole avant de les transmettre sur le réseau. Ainsi, en descendant dans les couches du modèle OSI, les données reçoivent des en-têtes, des en-queues et d'autres informations. (Remarque : Le terme " en-tête " fait référence aux informations d'adresse.)

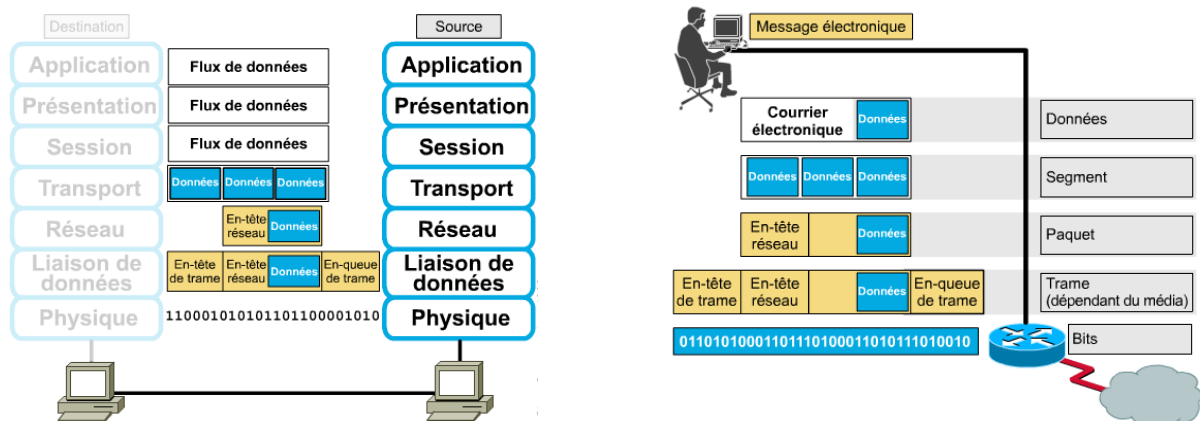


Figure II.23 : Encapsulation des données

Pour comprendre comment se produit l'encapsulation, examinons la manière dont les données traversent les couches, comme l'illustre la Figure II.27. Les données qui sont envoyées par l'ordinateur source (voir la Figure II.27) traversent la couche application et les autres couches. Comme vous pouvez le constater, la présentation et le flux des données échangées subissent des changements au fur et à mesure que les réseaux fournissent leurs services aux utilisateurs. Comme le montrent les Figures II.27, les réseaux doivent effectuer les cinq étapes de conversion ci-dessous afin d'encapsuler les données :

1. **Construction des données.** Lorsqu'un utilisateur envoie un message électronique, les caractères alphanumériques qu'il contient sont convertis en données pouvant circuler dans l'interréseau.
2. **Préparation des données pour le transport de bout en bout.** Les données sont préparées pour le transport interréseau. En utilisant des segments, la fonction de transport s'assure que les systèmes hôtes situés à chaque extrémité du système de messagerie peuvent communiquer de façon fiable.
3. **Ajout de l'adresse réseau à l'en-tête.** Les données sont organisées en paquets, ou datagrammes, contenant un en-tête réseau constitué des adresses logiques d'origine et de destination. Ces adresses aident les unités réseau à acheminer les paquets dans le réseau suivant un chemin déterminé.

4. **Ajout de l'adresse locale à l'en-tête de liaison.** Chaque unité réseau doit placer le paquet dans une trame. La trame permet d'établir la connexion avec la prochaine unité réseau directement connectée dans la liaison. Chaque unité se trouvant sur le chemin réseau choisi doit effectuer un verrouillage de trame pour pouvoir se connecter à la prochaine unité.
5. **Conversion en bits pour la transmission.** La trame doit être convertie en une série de un et de zéro (bits) pour la transmission sur le média (habituellement un fil). Une fonction de synchronisation permet aux unités de distinguer ces bits lorsqu'ils circulent sur le média. Tout au long du trajet suivi dans l'interréseau physique, le média peut varier. Ainsi, le message électronique peut provenir d'un réseau local, traverser le backbone (épine dorsale) d'un campus, sortir par une liaison WAN pour atteindre sa destination sur un autre LAN éloigné. Les en-têtes et en-queues sont ajoutés au fur et à mesure que les données descendent dans les couches du modèle OSI.

II.5. Le modèle de référence TCP/IP

Même si le modèle de référence OSI est universellement reconnu, historiquement et techniquement, la norme ouverte d'Internet est le *protocole TCP/IP (pour Transmission Control Protocol/Internet Protocol)*. Le *modèle de référence TCP/IP* et la *pile de protocoles TCP/IP* rendent possible l'échange de données entre deux ordinateurs, partout dans le monde, à une vitesse quasi équivalente à celle de la lumière. Le modèle TCP/IP présente une importance historique semblable aux normes qui ont permis l'essor des industries du téléphone, de l'électricité, du chemin de fer, de la télévision et de la bande vidéo.

II.6. Les couches du modèle de référence TCP/IP

Le ministère américain de la Défense a créé le modèle de référence TCP/IP parce qu'il avait besoin d'un réseau pouvant résister à toutes les conditions, même à une guerre nucléaire. Imaginez en effet un monde en guerre, quadrillé de connexions de toutes sortes : fils, micro-ondes, fibres optiques et liaisons satellites. Imaginez ensuite que vous ayez besoin de faire circuler les informations/les données (sous forme de paquets), peu importe la situation d'un nœud ou d'un réseau particulier de l'interréseau (qui pourrait avoir été détruit par la guerre). Le ministère de la Défense veut que ses paquets se rendent à chaque fois d'un point quelconque à tout autre point, peu importe les conditions. C'est ce problème de conception très épineux qui a mené à la création du modèle TCP/IP qui, depuis lors, est devenu la norme sur laquelle repose Internet.

Le modèle TCP/IP comporte quatre couches : la **couche application**, la **couche transport**, la **couche Internet** et la **couche d'accès au réseau**. Comme vous pouvez le constater, certaines couches du modèle TCP/IP portent le même nom que des couches du modèle OSI. Il ne faut pas confondre les couches des deux modèles, car la couche application comporte des fonctions différentes dans chaque modèle.

Modèle TCP/IP

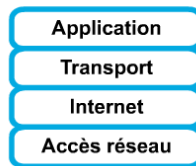


Figure II.24 : couche du modèle TCP/IP

II.6.a. La couche application

Les concepteurs du modèle TCP/IP estimaient que les protocoles de niveau supérieur devaient inclure les détails des couches session et présentation. Ils ont donc simplement créé une couche application qui gère les protocoles de haut niveau, les questions de représentation, le code et le contrôle du dialogue. Le modèle TCP/IP regroupe en une seule couche tous les aspects liés aux applications et suppose que les données sont préparées de manière adéquate pour la couche suivante.

II.6.b. La couche transport

La couche transport est chargée des questions de qualité de service touchant la fiabilité, le contrôle de flux et la correction des erreurs. L'un de ses protocoles, TCP (Transmission Control Protocol - protocole de contrôle de transmission), fournit d'excellents moyens de créer, en souplesse, des communications réseau fiables, circulant bien et présentant un taux d'erreurs peu élevé. Le protocole TCP est orienté connexion. Il établit un dialogue entre l'ordinateur source et l'ordinateur de destination pendant qu'il prépare les informations de couche application en unités appelées segments. Un protocole orienté connexion ne signifie pas qu'il existe un circuit entre les ordinateurs en communication (ce qui correspondrait à une commutation de circuits). Ce type de fonctionnement indique qu'il y a un échange de segments de couche 4 entre les deux ordinateurs hôtes afin de confirmer l'existence logique de la connexion pendant un certain temps. C'est ce que l'on appelle la commutation de paquets.

II.6.c. La couche Internet

Le rôle de la *couche Internet* consiste à envoyer des paquets source à partir d'un réseau quelconque de l'interréseau et à les faire parvenir à destination, indépendamment du trajet et des réseaux traversés pour y arriver. Le protocole qui régit cette couche est appelé protocole IP (Internet Protocol). L'identification du meilleur chemin et la commutation de paquets ont lieu au niveau de cette couche. Pensez au système postal. Lorsque vous postez une lettre, vous ne savez pas comment elle arrive à destination (il existe plusieurs routes possibles), tout ce qui vous importe c'est qu'elle arrive à bon port.

II.6.d. La couche d'accès au réseau

Le nom de cette couche a un sens très large et peut parfois prêter à confusion. On lui donne également le nom de couche hôte-réseau. Cette couche se charge de tout ce dont un paquet IP a besoin pour établir une liaison physique, puis une autre liaison

physique. Cela comprend les détails sur les technologies LAN et WAN, ainsi que tous les détails dans les couches physiques et liaison de données du modèle OSI.

II.7. Comparaison du modèle OSI et du modèle TCP/IP

En comparant le modèle OSI au modèle TCP/IP, vous remarquerez des similitudes et des différences. Voici des exemples :

Similitudes

- Tous deux comportent des couches.
- Tous deux comportent une couche application, bien que chacune fournisse des services très différents.
- Tous deux comportent des couches réseau et transport comparables.
- Tous deux supposent l'utilisation de la technologie de commutation de paquets (et non de commutation de circuits).
- Les professionnels des réseaux doivent connaître les deux modèles.

Différences

- TCP/IP intègre la couche présentation et la couche session dans sa couche application.
- TCP/IP regroupe les couches physique et liaison de données OSI au sein d'une seule couche.
- TCP/IP semble plus simple, car il comporte moins de couches.
- Les protocoles TCP/IP constituent la norme sur laquelle s'est développé Internet. Aussi, le modèle TCP/IP a-t-il bâti sa réputation sur ses protocoles. En revanche, les réseaux ne sont généralement pas architecturés autour du protocole OSI, bien que le modèle OSI puisse être utilisé comme guide.

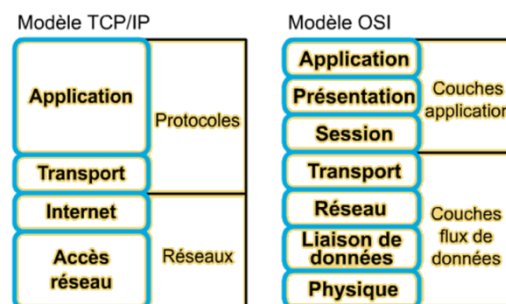


Figure II.25 : Comparaison des modèles TCP/IP et OSI

II.8 Canaux de Communication

Le terme **duplex** est utilisé pour désigner un canal de communication. On différencie différents canaux :

- **simplex**, canal unidirectionnel qui transporte l'information dans un seul sens
- **half-duplex** permet le transport d'information dans les deux directions mais pas simultanément.
- **full-duplex** pour lesquels l'information est transportée simultanément dans chaque sens.

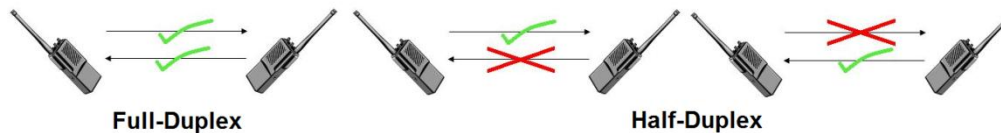


Figure II.26 Canaux de Communication

II.8. Support de Communication HDLC

II.8.a. Conditions minimales pour la procédure de commande Liaison de Données DLC

Il y a une condition définie pour employer un procédé de la commande de liaison e données (**DLC ; Data Link Control**) pour supporter l'échange des données radar en utilisant la structure de message ASTERIX.

Un tel procédé DLC devrait :

- Fournir la détection des erreurs ;
- Permettre un écoulement transparent des données ;
- Fournir la transmission synchronisée des données ;

Une norme, procédé DLC orientée Bit, tel que la Commande Liaison de Données à Niveau Elevé (**HDLC ; High-level Data Link Control**), devrait être employée pour échanger les données radar.

Tenant compte que la plupart des messages sont répétitifs et ont donc une certaine redondance normale, le processus de **correction** des erreurs devrait être à l'option des utilisateurs.

Par contre La **détection** des erreurs devrait être une chose nécessaire.

Dans les cas où la **correction des erreurs** est exigé, la version complète du HDLC défini dans la recommandation X.25 de CCITT (**The International Telegraph and Telephone Consultative Committee** ; le Comité consultatif international de télégraphie et de téléphonie) devrait être mis en application.

Dans les cas où seulement la **détection des erreurs** est exigée, un sous-ensemble HDLC simple comme décrit ci-après devrait être mis en application.

II.8.b Le Sous-ensemble HDLC Simple

Les dispositifs de base suivants de l'HDLC devraient être mis en application comme minimum :

- Détection et insertion automatique du zéro ;

- Insertion automatique du Fanion FLAG entre les messages ;
- Génération et détection cyclique de contrôle par redondance ;
- Génération et vérification d'ordre d'arrêt ;

II.8.c Longueur du Champ de Données

Le champ de données de chaque trame HDLC peut contenir plus d'un bloc de données, même de différentes catégories.

Afin d'obtenir le maximum de débit des données et le minimum de retard de transmission, la taille du champ de données de la trame devrait être dynamiquement déterminé par des paramètres de transmission comme :

- Charge du trafic ;
- Capacité de la ligne ;
- Qualité de la Ligne ;

II.8.d Description Du Protocole HDLC

II.8.d.1 Généralité

HDLC (High-Level Data Link Control ; commande de liaison de données à niveau élevé) est un groupe de protocoles pour la transmission d'informations (paquets) entre les nœuds (Point-à-Point).

Types des Stations HDLC

- Primaire.
- Secondaire.
- Combinée.

Configuration des liens

- Non équilibrée : consiste en une station primaire et une ou plusieurs stations secondaires.
- Equilibrée : consiste en deux stations combinées.

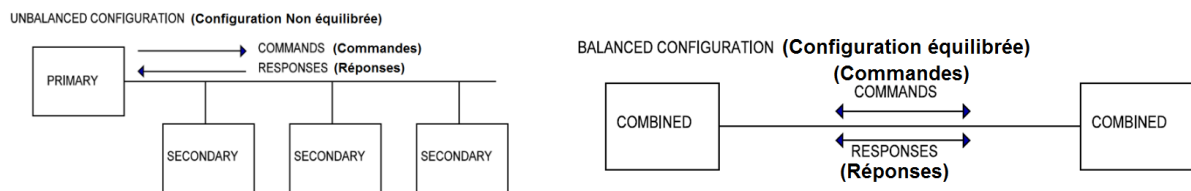


Figure II.27 : Configuration des Liens en fonction des stations

Modes de transfert des données dans l'HDLC

- **Mode repense normal (NRM ; Normal Response Mode)** : configuration non équilibrée. La station primaire utilise le sondage et la sélection.
- **Mode repense asynchrone (ARM ; Asynchronous Response Mode)** : configuration non équilibrée. La station secondaire peut envoyer des trames de repense sans une permission explicite de la part de la station primaire.
- **Mode équilibré asynchrone (ABM ; Asynchronous Balanced Mode)** : configuration équilibrée. L'une ou l'autre station peut lancer la transmission.

II.8.d.2 Trame HDLC

Dans l'HDLC, l'information est organisée en trame. Le protocole HDLC réside avec la couche 2 du modèle OSI, la couche de liaison des données.

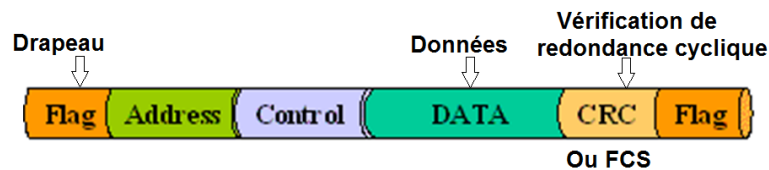


Figure II.28 : Trame HDLC

- **Drapeau d'ouverture (Flag Opening)**, 8 bits (01111110), (7E Hex)
- **Adresse**, 8 bits (pourraient être plus)
- **Commande (Control)**, 8 bits, ou 16 bits
- **Données (Data ; charge utile)**, variable, non utilisée dans quelques trame, ou peuvent être capitonnées pour combler le vide.
- **CRC** [Cyclic Redundancy Checking; vérification de redondance cyclique] ou **FCS** [Frame Check Sequence ; Séquence de vérification des trames], 16 bits, ou 32 bits
- **Drapeau de fermeture (Closing Flag)**, 8 bits (01111110), (7E Hex)

✚ Drapeau d'ouverture (Flag Opening)

Les trames HDLC peuvent être transmises sur des lignes synchrones ou asynchrones. Ces lignes n'ont aucun mécanisme pour marquer le début ou la fin d'une trame, ainsi ceci est fait en employant un délimiteur de trame, ou appelé le Drapeau (Flag), qui n'apparaît pas à l'intérieur d'une trame. Cette séquence est « FLAG : 01111110 = 7E Hex ».

Chaque trame commence et finit avec un drapeau (Flag). Un Drapeau à l'extrémité d'une trame peut également marquer le début de la prochaine trame. Une séquence de 7 bit de 1 ou plus (1111111) dans une trame causera l'abandon de cette trame. Quand aucune trame n'est transmise sur une ligne **Simplex ou Full-Duplex** synchrone, une trame drapeau est envoyée sans interruption sur la ligne. C.-à-d. '011111101111110'.

Pour la communication **Half-Duplex** ou à **multiple dérivation (Multi-Drop)**, où plusieurs transmetteurs partagent une seule ligne, le récepteur sur la ligne verra continuellement des séries de 1 bit dans les périodes inter-trames quand aucun transmetteur n'est actif. Ces trames sont appelées les **trames de vide (Idle Frame)**, exemple (Fill = 11111111).

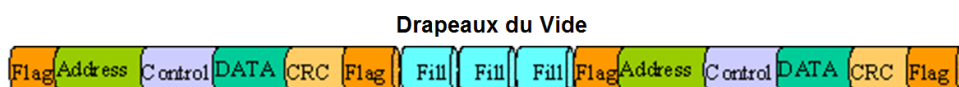


Figure II.29 : Drapeau du vide (Fill) entre les trames

Les Données Binaires peuvent avoir facilement des séquences de bit semblables à celle de la trame drapeau. Pour cela les bits du champ Données doivent être modifiés pour qu'ils n'apparaissent pas comme des trames de drapeau. On distingue deux méthodes :

- **Trame synchrones :**

Sur les lignes synchrones, ceci est fait avec la méthode **Bourrage de Bit (Bit Stuffing)**. Quand 5 bits consécutifs de 1 apparaissent dans les données transmises, les données sont mises en pause et un bit 0 est transmis. Cette méthode assure

que pas plus de 5 bits de 1 seront envoyés. Le récepteur ayant conscience de ce fait, et après avoir détecté 5 bits consécutifs de 1, le bit suivant 0 est enlevée des données reçues. Par contre si le bit suivant est un 1 alors le récepteur a trouvé un drapeau et va passer à la trame suivante.

- **Trame asynchrones :**

En utilisant des communications sériels asynchrones, exemple port série RS-232, les Bits sont envoyés en groupe de 8, et la méthode Bourrage de Bit est incommode. A la place on utilise la méthode **Contrôle d'Octet en Transparence (Control-Octet Transparency)**, également appelée **Bourrage d'Octet (Byte Stuffing)**. La limite de la trame est l'octet 01111110 = 7E Hex, un **Octet de Commande d'échappement (Control Escape Octet)** a la séquence 0111101 = 7D Hex. Si l'un des deux octets apparaît dans les données reçues, un octet d'échappement est envoyé, suivi par 5 et la deuxième partie de l'octet original. Exemple : 7E = 01111110 rencontrée devient 7D 5E = 0111 1101 0101 1110.

🚦 Champ Adresse du HDLC

Le champ d'adresse a principalement l'importance dans les lignes à multiple-dérivation (Multi-Drop), où il est utilisé pour identifier un des terminaux. Pour les lignes Point-à-Point, il est utilisé parfois pour distinguer les commandes des réponses.

Dans le cas des lignes à multiples dérivation la longueur du champ d'adresse dépend du protocole de la couche liaison de donnée utilisée, mais est normalement 0, 8 ou 16 bits de longueur. Dans beaucoup de cas le champ adresse est en général juste un octet simple, mais un bit Extension d'Adresse (EA) peut être utilisé pour tenir compte des adresses de multi-octets. Une mise à 1 dans le bit du poids faible (LSB) indique que la longueur du champ d'adresse sera 8 bits. Une mise à zéro dans ce bit indique la continuation du champ (ajoutant 8 bits additionnels).

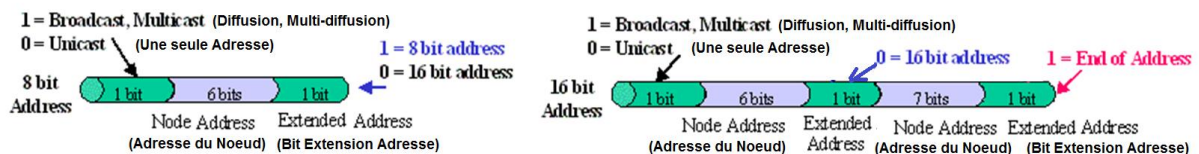


Figure II.30 : Champ Adresse du HDLC dans les lignes Multiple Dérivation

Le bit du poids fort (MSB) dans le champ adresse indique si la trame est un message **simple diffusion** ou **multidiffusion**. Un zéro dans ce bit indique un message simple diffusion; les bits restants indiquent l'adresse du nœud destinataire. Un 1 dans ce bit indique que c'est un message multidiffusion, les bits restants indiquent l'adresse du groupe.

Le champ Adresse n'a pas de signification tant que le protocole est utilisé en "point-à-point". **DTE (Data Terminal Equipment ; Equipement terminal des données)** Autrement dit ce champ utilisé pour séparer le message de commande du message réponse et ne peut avoir que deux valeurs :

- 01 Hex (0000 0001) Qui identifie les trames contenant une commande en provenance du **DTE (Station Secondaire (B) ; Data Terminal Equipment ; Equipement Terminal de traitement de données)** vers le **DCE (Station Primaire (A) ; Data Circuit-terminating Equipment ; Equipement de transmission des données)** et 03 Hex (0000 0011) est réponse à cette commande du DCE vers le DTE.

- 03 Hex (0000 0011) Qui identifie les trames contenant une commande en provenance du DCE (A) vers le DTE (B) et 01 Hex (0000 0001) est la réponse à cette commande du DTE vers le DCE.

Le Tableau suivant montre les adresses utilisés pour la transmission des commandes et des réponses entre les DTE et DCE :

Direction	Opération Liaison Simple		Opération Liaison Multiple	
	Commande	Réponse	Commande	Réponse
DTE-DCE	01 Hex (B)	03 Hex (A)	07 Hex (D)	0F Hex (C)
DCE-DTE	03 Hex (A)	01 Hex (B)	0F Hex (C)	07 Hex (D)

Tableau II.2 : Adresses de transmission entre DTE et DCE

✚ Champ de contrôle du HDLC

Le champ de contrôle est de 8 ou 16 bits, il définit le type de trame ; Commande ou Donnée.

Les différents types de trames

Trois types de trames :

- Les trames d'information (I ; Information)
- Les trames de supervision (S ; Supervisory)
- Les trames non numérotées (U ; Unnumbered)

Elles se distinguent notamment par leur champ Commande (le bit poids faible est le premier envoyé) :

HDLC control fields (les Champs de contrôle HDLC)

7	6	5	4	3	2	1	0	
N(R) Numéro de la Prochaine Trame Information attendue		P/F	N(S) Numéro de la Trame Information			0	I-frame	Trame Information
N(R) Numéro de la Prochaine Trame Information attendue		P/F	type			0	S-frame	Trame Supervision
type		P/F	type			1	U-frame	Trame Non Numérotée

Figure II.31 : Champs de Contrôle HDLC

Il y a aussi des formes d'extension (2 octet) pour les trames S et I :

Extended HDLC control fields (Extension des Champs de contrôle HDLC)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
N(R)				P/F	N(S)							0	Extended I-frame	Extension Trame Information		
N(R)				P/F	0	0	0	0	type	0	1	Extended S-frame	Extension Trame Supervision			

Figure II.32 : Extension du Champs de Contrôle HDLC

✓ Les trames d'information

Acheminement des données. Le bit du poids faible (le premier transmis) définit le type de trame, 0 signifie que c'est une trame information. Où :

- **N(S)** : numéro de la trame d'information.
- **N(R)** : numéro de la prochaine trame d'information attendue.
- Le bit **P/F (Poll/Final)** : c'est un bit simple avec deux noms. Il est appelé **Poll (Sondage)** quand il est envoyé par la station primaire pour obtenir une réponse de la station secondaire, et est appelé **Final (Fin)** quand il est envoyé par la station secondaire pour indiquer une réponse ou la fin d'une transmission. Dans tout autre cas le bit est supprimé.

✓ Les trames de supervision

Utilisées pour le contrôle d'erreur et de flux. Elle ne contient pas de champs de donnée.

Les deux premiers bits (10) indiquent que c'est une trame S, suivi par 2 bits Type, un Poll/Final bit et une séquence de numéro.

Les 2 bits du champ Type encode le type de la trame S :

- **RR (Receive Ready ; 00)** : Indique que l'expéditeur est prêt à recevoir plus de donnée.
- **RNR(Receive Not Ready ; 10)** : Reconnaît quelques paquets et demande de ne plus envoyer jusqu'à nouvel avis.
- **REJ(Rejetct ; 01)** : Demande une retransmission immédiate commençant par N(R).
- **SREJ(Selective Reject ; 11)** : Demande la retransmission seulement de la trame N(r).

✓ Les trames non-numérotées

Toutes les autres trames nécessaires à la gestion de la connexion. Quelques trames U contiennent un champ de donnée, utilisé comme information de gestion du système ou donnée utilisateur.

Les deux premiers bits (11) indiquent que c'est une trame U. Les 5 bits type (2 avant P/F et 3 après) codent le type des trames non-numérotées suivantes :

- Trame d'établissement de la connexion (commande) :
SABM ("Set asynchronous balanced mode") [11100] - en format normal
SABME ("Set asynchronous balanced mode extended") - en format étendu
- Trame de libération de la connexion (commande) :
DISC ("Disconnection") [00010]
- Trame de confirmation (réponse) :
UA ("Unnumbered acknowledgment")[00110]

- Trame de récupération des erreurs (réponse) : FRMR ("Frame reject") [11000]
- Trame d'indication de connexion libérée DM ("Disconnected mode") [10 001]

🚩 Champ Donnée d'HDLC

Le champ Donnée peut varier dans la longueur dépendant du protocole utilisant la trame. Les données des couches supérieures sont portées dans le champ de donnée.

Dans le cas du Radar le protocole ASTERIX c'est lui qui sera pris comme données dans les trames HDLC Figure II.33.

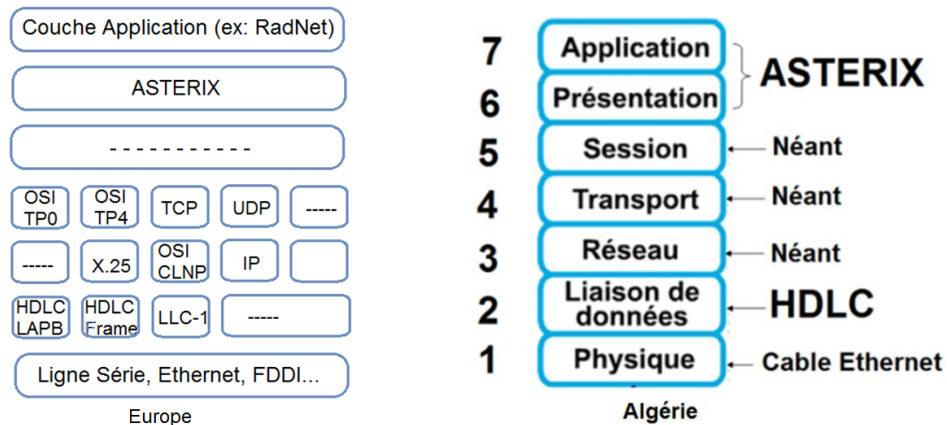


Figure II.33 : Encapsulation des données Radar

🚩 Champ de FCS (ou CRC) d'HDLC

Le champ **CRC** [Cyclic Redundancy Checking; vérification de redondance cyclique] ou **FCS** [Frame Check Sequence ; Séquence de vérification des trames] est un champ de 16 à 32 bit calculé autour des champs Adresse, Contrôle, et données. Il fournit les moyens par lesquels le récepteur peut détecter les erreurs qui ont pu avoir été induites pendant la transmission de la trame. Le programme de calcul utilise les polynômes suivants :

$$\text{FCS (16 bits)} = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$$

$$\text{FCS (32 bits)} = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$$

Chapitre III

Protocole ASTERIX

Résumé

Dans ce chapitre on va présenter le protocole de communication ASTERIX (**A**ll Purpose **S**tructured Eurocontrol **S**uRveillance **I**nformation **E**xchange ; Echange Polyvalent de l'information structurée des Radars Eurocontrol) qui sert à classer les données radar en catégorie suivant une architecture bien définie afin de faciliter la tâche des processeurs de traitement des données radar à surveiller le bon fonctionnement de la station et d'afficher ces données sur le PPI (Plan Position Indicator) du Contrôleur Aérien.

- **Généralités**

La norme Eurocontrol concernant la structure de message, connue par l'acronyme **ASTERIX** (**All Purpose S**tructured **Eurocontrol** **R**adar **I**nformation **E**xchange ; Echange Polyvalent de l'information structurée des Radars Eurocontrol), est conçue par le groupe d'étude sur l'échange des données radar entre les processeurs des systèmes ATC, ce groupe était un sous-groupe de l'ancien groupe RSSP (Radar Systems Specialist Panel ; Panneau des spécialistes en systèmes radar), dont les responsabilités ont été assurées par l'équipe de surveillance EATCHIP à compter d'avril 1994. ASTERIX a été approuvé par l'ancien groupe RSSP lors de leur 15^{ème} réunion tenue entre le 1^{er} et 4 juillet 1986.

- **Structure de la norme Eurocontrol (ASTERIX) pour l'échange de données radar**

Cette norme contient les parties suivantes :

Partie 1 : **ASTERIX.**

La présente partie contient les caractéristiques et les conventions utilisées dans le cadre d'ASTERIX.

Partie 2 : **Transmission des Rapports Monoradar des Cibles.**

La présente partie décrit l'application standard d'ASTERIX pour la transmission des rapports monoradar des cibles (tracés (pistes), plots) d'une station radar à un ou plusieurs system(s) RDP (Radar Data Processor).

Partie 3 : **Transmission des Messages de Service du Monoradar.**

La présente partie décrit l'application standard d'ASTERIX pour la transmission des messages de service du monoradar d'une station radar à un ou plusieurs system(s) RDP (Radar Data Processor).

Partie 4 : **Transmission d'Information Météo dérivée du Monoradar.**

La présente partie décrit l'application standard d'ASTERIX pour la transmission des images météorologiques relativement simples des secteurs de précipitation avec divers niveaux d'intensité d'une station de radar à un ou plusieurs system(s) RDP (Radar Data Processor).

Partie 1 : ASTERIX

III.1.1 Domaine d'application

ASTERIX (All Purpose **S**tructured **E**urocontrol **Su**Rveillance **I**nformation **E**xchange ; Echange Polyvalent de l'information structurée des Radars Eurocontrol) est un protocole d'application/présentation responsable de la définition et de l'assemblage des données pour supporter la transmission et les échanges d'informations radar.

Son but est de permettre un transfert significatif d'information entre deux entités d'application en utilisant une représentation mutuellement convenue des informations à échanger.

La norme d'ASTERIX se rapporte aux couches Application et Présentation (couches six et sept du Modèle réseau OSI ; Open System Interconnexion).

La définition des couches inférieures du support de télécommunication (couches 1 à 5) est définitivement hors de la portée de la norme d'ASTERIX. La transmission d'information de radar codée par ASTERIX peut se servir de n'importe quel milieu de communication disponible, par exemple d'un réseau étendu de commutation de paquets (WAN) aussi bien qu'un réseau local (LAN).

III.1.2 DESCRIPTION ET PRINCIPES D'ASTERIX

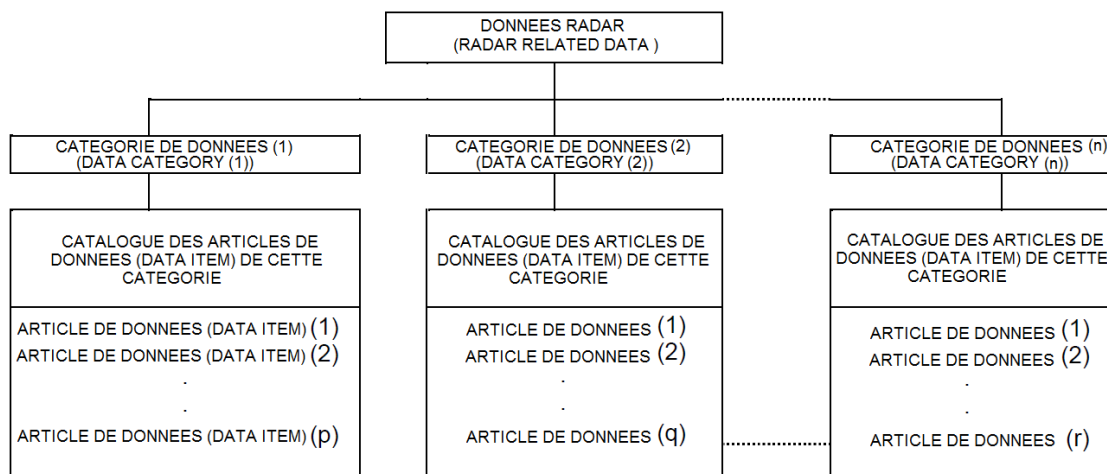
III.1.2.a Caractéristiques des données

La structure du message ASTERIX sera employée pour échanger les données reliées au radar qui sont caractérisées par :

- quantités de données relativement grandes ;
- une certaine redondance normale, rapports de cible étant répétés toutes les quelques secondes ;
- données en temps réel, impliquant des retards courts de transmission ;

III.1.2.b Organisation des données radar

Les données radar échangées entre les utilisateurs seront organisées comme représenté sur la Figure III.1.1.



	PROFILE D'APPLICATION UTILISATEUR (USER APPLICATION PROFILE)							
	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)	CHAMP DE DONNEE (DATA FIELD)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (1)		X						
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (2)						X		
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (3)	X							
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (4)				X				
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (5)								
...								
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (x)			X					
(DATA ITEM) (x + 1)								X
...								
ARTICLE DE DONNEES (DATA ITEM) (q)					X			

Figure III.1.1 : Organisation des données radar

III.1.2.b.1 Catégories des données

Les informations échangées sur le média (Câble Ethernet) entre les différents utilisateurs seront classifiées dans des **catégories de données**.

Ces catégories qui définissent le type de données échangées seront normalisées et seront les mêmes pour tous les utilisateurs d'ASTERIX.

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 ;

Jusqu'à 256 catégories de données peuvent être définies et leur utilisation sera

comme suit :

- Catégories de données de 000 à 127 pour des applications civiles et militaires standard ;
- Catégories de données de 128 à 240 pour des applications militaires spéciales;
- Catégories de données de 241 à 255 pour des applications civiles et militaires non standard ;

Le tableau III.1.1 suivant montre les catégories de données actuellement existante :

Catégorie	Types de données Transmis	Partie
000	Messages de la synchronisation (Time synchronisation Messages)	-
001	Le rapport radar des cibles (Radar Target report) d'un système de surveillance radar à un système de traitement des données radar RDP (Plot, Piste, ou combinaison des deux)	2
002	Messages De Service Radar (Radar Service Messages)	3
003	Distribution des données synthétiques du trafic aérien	-
...		
008	Information Météo dérivée du Monoradar	4
009	Information Météo dérivée du Multicapteur	-
...		
016	Données de Surveillance Augmentées à partir de la station sol Mode-S	-
...		
030	Echange des images de situation en l'air (Air Situation Picture) ¹⁾	-
031	Messages de l'information capteur ¹⁾	-
032	l'information fourni par les utilisateurs au ARTAS ¹⁾	-
...		
127		
128)	
...) Réservé pour des Applications Militaire Spéciale	
240)	
241	Messages Techniques	-
...		
252	Message de contrôle des services et sessions ¹⁾	-
253	Information surveillance et contrôle de la Station à distance ²⁾	-
254	L'Information De Décharge De Mémoire up-line ²⁾	-
255	L'Information De Charge De Programme down-line ²⁾	-
NOTES		
1. Réservé pour les applications ARTAS		
2. Provisoire		

Tableau III.1.1 : Catégorie de Données

III.1.2.b.2 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.

- **la 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 (Radar Data Processor). 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.

- **La 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.

NOTE

Pour le reste des catégories vous les trouveriez dans l'Annexe 3.

III.1.2.b.3 Les Articles de données (Data Items) 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.

Les applications comportant l'échange d'information hors d'une catégorie de données connue, se serviront exclusivement des articles de données normalisés dans un Catalogue(s) d'articles de données.

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.

III.1.2.b.4 Champs de donnée (Data Field)

Dans le but de la communication, les divers articles de données (data items) seront assignés aux champs de données (data fields), c.-à-d. Data Field (x) = Data Item (y), chacun de ces champs de donnée (Data Field) ayant une longueur du nombre d'octets intégral et référencié par un numéro de référence de champ (FRN ; Field Reference Number).

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).

III.1.2.b.5 Profil D'Application Utilisateur (UAP)

L'UAP (User Application Profile) est le mécanisme par lequel la correspondance entre les articles de données et les champs de données sera normalisée pour chaque application se servant de la structure de message ASTERIX.

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.

III.1.2.c La Structure Générale De Message

III.1.2.c.1 Généralités

Les données d'application à transmettre sur le média de communication se composeront d'un ou d'une concaténation de blocs consécutifs de données.

III.1.2.c.2 Le Bloc de données

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 ;

La structure de bloc de donnée est représentée sur la Figure III.1.2.

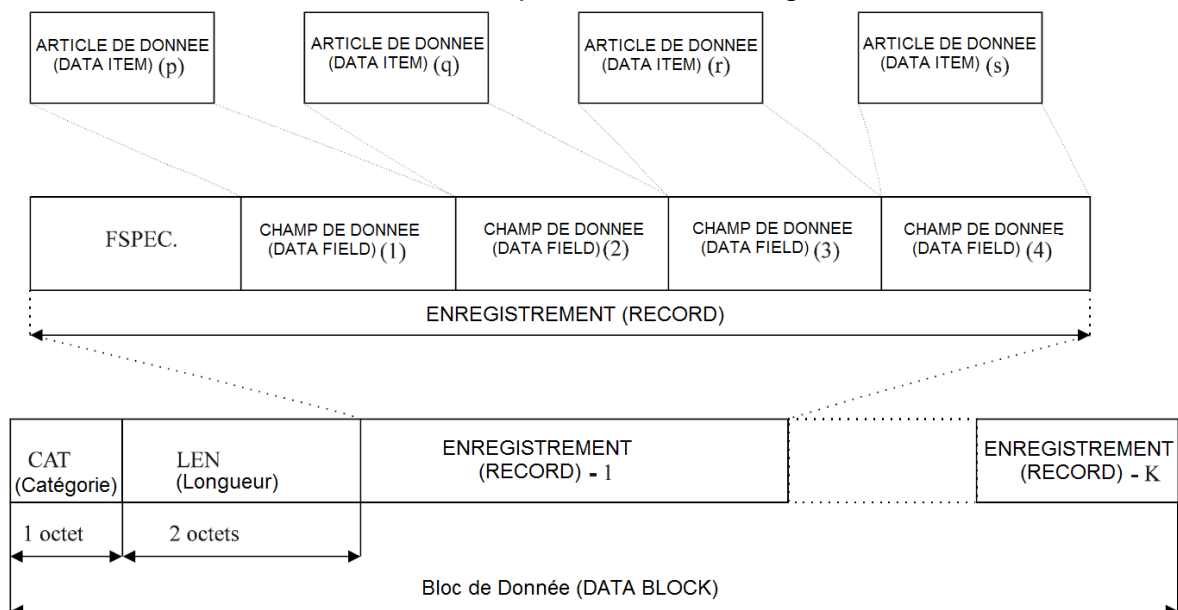


Figure III.1.2 : Structure du Bloc de données

Chaque Enregistrement (Record) est de longueur variable mais est aligné sur un multiple d'octet. La longueur d'un bloc de données est ainsi variable mais sera toujours un multiple d'un octet.

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

III.1.2.c.3 L'Enregistrement (Record)

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

- Un champ concernant la spécification des champs (FSPEC ; Field Specification) de longueur variable, indiquant quels champs de donnée (et par

conséquence quels articles de donnée) sont présents dans l'Enregistrement et dans quels ordre ;

- 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

Chaque champ de donnée aura un format défini comme indiqué dans le catalogue des articles de donnée.

III.1.2.c.4 Formats De Champ de Données

- **Champs de données Standard**

Des champs standard de données sont représentés sur Figure III.1.3 et auront une longueur implicite ou explicite (multiple d'un octet) selon l'article de donnée assigné à chacun d'eux.

- **Champs de Données de longueur implicites**

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

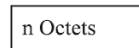
- ✓ Champs de données de **longueur fixe**, comportant un nombre d'octets fixe ;
- ✓ Champs de données de **longueur extensible**, étant d'une longueur variable, contenant une partie primaire de longueur prédéterminée, immédiatement suivie d'un certain nombre de parties secondaire, chacune d'une longueur prédéterminée. La présence de la prochaine partie secondaire (suivante) est indiquée par la mise à 1 du bit du poids faible (LSB ; Least Significant Bit) 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)**.
- ✓ Champ de données Répétitif, étant d'une longueur variable, comportant un champ appelé **Indicateur de Répétition des Champs (REP ; Field Repetition Indicator)** de 1 octet signalant la présence de N sous-champs consécutifs chacun de la même longueur prédéterminée ;

- **Champs de données de longueur Explicites**

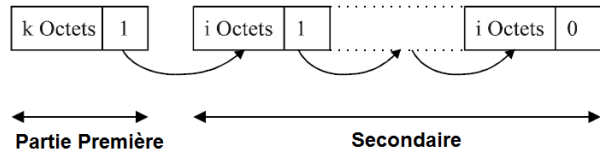
Ces champs de données commenceront par un **indicateur de longueur** 1 octet donnant la longueur totale des champs en octets, y compris l'indicateur de longueur.

A. **Champ de Donnée (Data Field) de Longueur Implicite :**

A.1. **Champ de Donnée de longueur Fixe**



A.2. **Champ de donnée Extensible**



A.3. **Champ de Donnée Répétitif**



B. **Champ de Donnée de Longueur Explicite**

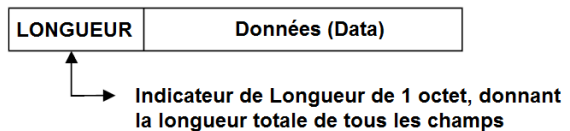


Figure III.1.3 : Types des Champs de Données

- **Champs de données Non standard**

C'est un usage spécial permettant à un sous-groupe d'utilisateur d'échanger un champ de longueur variable qui sera transparent aux utilisateurs non-intéressés.

Le premier octet contiendra la longueur explicite du champ exprimé en octets, y compris l'indicateur de longueur. Le champ suivant de données peut contenir des informations telle qu'un article de donnée (Data Item) pas encore indiqué dans le catalogue des articles de données ou en attente de spécification, une chaîne de caractère pour la communication opérateur, des données de test..etc.

Le contenu d'un tel champ de données sera convenu entre les utilisateurs concernés, alors que ceux non concernés peuvent ignorer ces informations.

III.1.2.c.5 Organisation De Champ

- **Généralités**

Afin de réaliser un maximum d'efficacité de transmission la structure de message ASTERIX permet l'empilement des champs de données (Data Field) d'une manière à réaliser les blocs de données (Data Block) les plus courts possibles. Ceci sera réalisé en ordonnant soigneusement les champs de données (Data Field) dans un Enregistrement (Record).

Deux méthodes complémentaires d'ordonnement des champs sont prévues pour tenir compte de la flexibilité désirée.

NOTE

Pour illustrer tous cela deux exemples des structures d'Enregistrement OFS sont montrés dans la Figure III.1.4. Le premier exemple contient un Enregistrement avec un simple-octet FSPEC, tandis que le second met l'accent sur un cas avec un FSPEC multi-octet.

L'organisation OFS tient compte d'une composition d'Enregistrement flexible et compacte pourvu que le nombre des différents articles de données qui pourrait être échangés soit limité. Dans les applications où le statut d'un processus est décrit avec un nombre élevé d'articles de données l'efficacité OFS diminue rapidement. La présence occasionnelle d'un ou plusieurs champs de données avec un FRN élevé (articles de données rarement transmis) aurait comme conséquence un champ FSPEC prolongé non désiré. Pour cette raison et afin de maintenir la flexibilité et l'efficacité dans toutes les situations, l'organisation OFS sera complétée avec l'organisation **Séquençage aléatoires des champs (RFS ; Random Field Sequencing)** dont la méthode d'application est décrite dans le prochain sous-paragraphe.

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

L'organisation RFS (Random Field Sequencing) 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.

NOTE - 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.

Le champ organisé RFS est représenté dans la Figure III.1.5 et sera structuré comme suit :

- Le premier octet fournit le nombre, N, de champs de données (Data Field) qui vont le suivre après ;
- N Champs dans n'importe quel ordre, se composant d'un un-octet FRN immédiatement suivi par le contenu de l'article de données (Data Item) approprié.

Un séquençage des champs de données assemblé en RFS exigera seulement un seul Bit pour être réservé dans le champ FSPEC. Ce Bit s'appelle **l'Indicateur de Séquence Aléatoire (RS-Bit ; Random Sequence Indicator)** car il signale la présence ou l'absence d'un champ organisé RFS (Figure III.1.6).

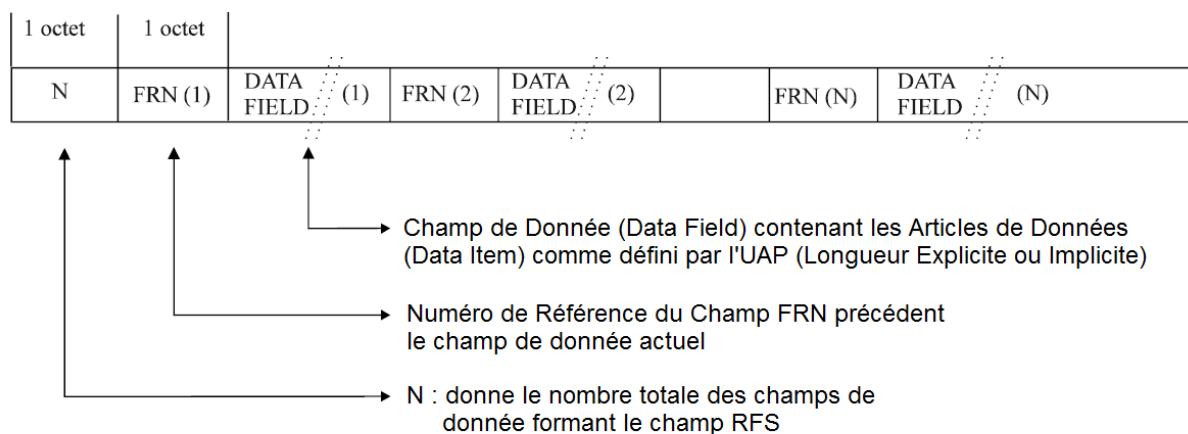


Figure III.1.5 : l'Organisation Séquençage Aléatoire des Champs (RFS)

III.1.2.c.6 Stratégie d'Assemblage d'un Enregistrement Complet

Une stratégie efficace d'assemblage d'Enregistrement utilisant l'ASTERIX sera comme suite :

- Les champs de données avec un FRN inférieur au FRN du Bit RS emploieront toujours l'organisation OFS, c-a-d leur présence est signalée dans le FSPEC en plaçant le Bit correspondant à 1.
- Les champs de données échangés avec un FRN excédant le FRN du Bit RS peuvent employer un FSPEC prolongé, ou seront assemblés dans un champ RFS, ou un mélange des deux, celle qui rapporte la composition Enregistrement la plus compacte. De toute façon un champ organisé RFS, une fois utilisé, contiendra seulement des champs de données avec des FRNs excédant le Bit RS lui-même.

Un Bit à usage spécial appelé le Bit Spécial (**SP ; Special Purpose**) complète le mécanisme d'assemblage d'Enregistrement ASTERIX et est prévu pour fournir un mécanisme de secours pour l'échange exceptionnel des données non standards. Quand ce dispositif est employé, un indicateur spécial SP, (le Bit PS) sera réservé dans le champ FSPEC.

NOTE - afin d'illustrer tous les éléments de la composition d'Enregistrement ASTERIX un exemple est représenté sur Figure III.1.6 là où le Bit 13 du FSPEC est consacré au dispositif SP, tandis que le Bit-14 est employé pour indiquer la présence d'une organisation RFS, portant les champs de données 83 et 57 dans cet ordre.

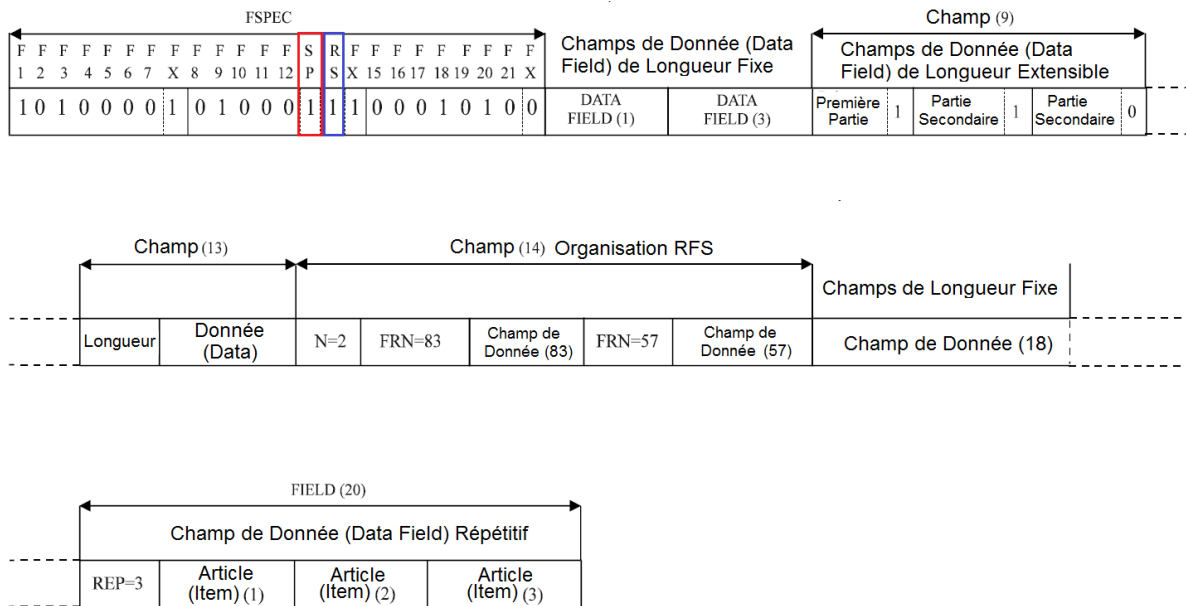


Figure III.1.6 : Structure Générale d'un Enregistrement

III.1.3 CONVENTIONS

III.1.3.a 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.

III.1.3.b. Valeurs Binaires

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

III.1.3.c Gestion du temps dans les applications de transmission des données radar

III.1.3.c.1 Généralités

Deux domaines d'applications seront distingués :

- 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 ;

III.1.3.c.2 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 ; Universal Time Coordinate**). Là ici il existe de diverses options d'implémentation pour la gestion du temps :

- Chaque Plot ou Piste est individuellement horodaté ;
- Ou un certain nombre des 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).

NOTE – Application de l'information temps doit être au niveau de la donnée elle-

même.

III.1.3.c.3 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.

III.1.3.d 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 transmettre son information dans son propre système de coordonnée et transformer l'information reçue des autres utilisateurs d'ASTERIX à son propre système des coordonnées.

NOTE - Depuis le 1er janvier 1998 le système géodésique Mondial 84 (GT 84 ; World Geoditic System 84) est devenu le système de projection de référence.

III.1.4 Systeme D'adressage ASTERIX

III.1.4.a Généralités

Afin d'éviter l'ambiguïté, chaque système (par exemple sonde radar, 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.

III.1.4.b Syntaxe

Le format d'identification du système ASTERIX se composera de deux sous-champs comme illustré dans la Figure III.1.7 suivante :



	Nom du Champ	Type d'élément	Taille du Champ
SAC	Systeme du Code Régional (System Area Code)	Binaire	1 Octet
SIC	Systeme Code Identification (System Identification Code)	Binaire	1 Octet

Figure III.1.7 : Indicateur de la source de Donnée

III.1.4.c Formats

III.1.4.c.1 Systeme du Code Régional (SAC)

Le champ SAC (**System Area Code**) se composera d'un nombre de huit bits assigné à un secteur géographique ou à un pays.

III.1.4.c.2 Systeme Code Identification (SIC)

Le SIC (**System Identification Code**) 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.

III.1.4.d Attribution des Identificateurs Systemes

III.1.4.d.1 SAC

Un SAC sera assigné à chaque pays.

NOTE - 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 travaille STFRDE (Surveillance Task Force on Radar Data Exchange).

NOTE – L'Algérie pour sa part le code SAC en Hexadécimale est C8 comme le montre la Figure III.1.8 suivante :

	SAC Algérie
Code Hexa	C8
Code Binaire	1100 1000

Figure III.1.8 : Code Régional de l'Algérie

NOTE - la liste initiale des SAC des autres pays est contenue dans le tableau III.1.2 suivant :

SAC (Hexa)	Pays/Site Géographique	Représentation Binaire	SAC (Hexa)	Pays/Site Géographique	Représentation Binaire
00			48		
02	Grèce	0000 0010	50		
04	Pays-Bas	0000 0100	52		
06	Belgique	0000 0110	54		
08	France	0000 1000	56		
10			58		
12	Monaco	0001 0010	60	Pologne	0110 0000
14	Espagne	0001 0100	62	Allemagne	0110 0010
16	Hongrie	0001 0110	64		
18			66		
19	Croatie	0001 1001	68	Portugal	0110 1000
20	La Yougoslavie	0010 0000	70	Luxembourg	0111 0000
22	Italie	0010 0010	72	Irlande	0111 0010
24			74	Islande	0111 0100
26	Roumanie	0010 0110	76		
28	La Suisse	0010 1000	78	Malte	0111 1000
30	Répub slovaque	0011 0000	80	Chypre	1000 0000
31	Répub tchèque	0011 0001			
32	Autriche	0011 0010	82		
34	Royaume-Uni	0011 0100	84	Bulgarie	1000 0100
35	Royaume-Uni	0011 0101	86	Turquie	1000 0110
36			88		
38	Danemark	0011 1000	90		
40	Suède	0100 0000	92		
42	Norvège	0100 0010	93	Répub de La Slovénie	1001 0011
44	Finlande	0100 0100	94		
46	Lituanie	0100 0110	96		
47	Lettonie	0100 0111	98		

Tableau III.1.2 : Système du Code Régional (SAC)

III.1.4.d.2 SIC

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 travaille STFRDE (Surveillance Task Force on Radar Data Exchange ; 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.

NOTE – L'Algérie pour sa part les codes SICs assignés aux stations Radars sont le Tableau III.1.3 Suivant :

SIC (Décimale)	Emplacement de la Station
00	Chararba – Dar El Baida
01	Oran
02	Annaba
03	El oued
04	El Bayadh

Tableau III.1.3 : Code d'Identification des Stations Radar

NOTE - les SICs assigné sont contenus en annexe 4.

Partie 2 : CAT001 Transmission des Rapports Monoradar des Cibles

Cette Partie décrit la structure de message pour la transmission des rapports monoradar des cibles à partir du stand d'une des stations radar suivantes :

- Radar Secondaire de Surveillance (SSR) Conventionnel
- Radar Secondaire de Surveillance (SSR) Monopulse
- Radar Primaire Conventionnel
- Radar Primaire en utilisant le **MTD (Moving Target Detection ; Détection de cible mobile)**

Vers un ou plusieurs systèmes RDP (Radar Data Processing ; Système de traitement des données radar).

Les rapports de cible sont des données de catégorie 001.

III.2.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

III.2.1.a Généralités

La transmission d'information monoradar exigera la transmission de deux types de messages :

- Les messages de données ou les rapports radar des cibles contenant la Piste ou le Plot (cette partie est couverte dans la présente **Partie 2** de ce Chapitre) ;
- Les messages service du radar utilisés pour signaler le statut de l'information transmise de la station radar aux systèmes utilisateur (cette partie est couverte dans la **Partie 3** de ce Chapitre).

III.2.1.b Les Rapports Radar des Cibles

III.2.1.b.1 Types des Rapports Radar des Cibles

Les rapports radar des cibles seront transmis sous forme de plots ou de Piste produits par un système de poursuite local situé à l'emplacement radar.

III.2.1.b.2 Profils d'Application Utilisateur (UAP) et les blocs de données

Deux profils d'application utilisateur (UAP ; User Application Profile) sont définis et seront employés en fonction des informations fournies par le radar (Plots ou Pistes).

Les blocs de données contenant des rapports radar des cibles auront la disposition suivante :

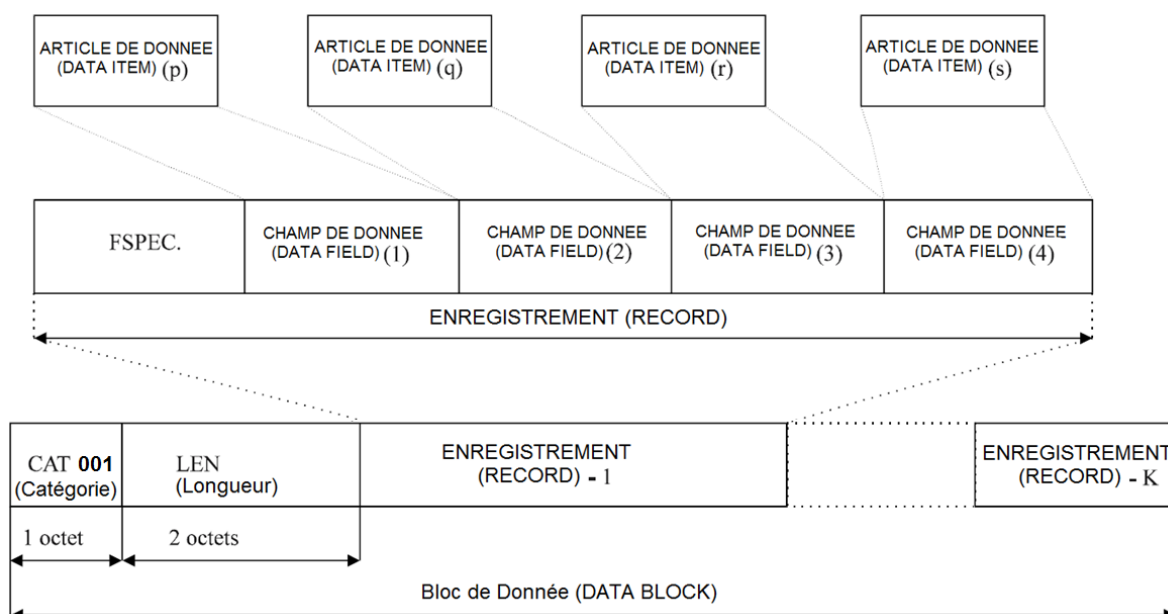


Figure III.2.1 : Bloc de Donnée CAT 001

Avec :

- Catégorie de donnée CAT 001, c'est un champ de 1 octet qui indique que le bloc de donnée contient le rapport radar des cibles ;
- 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 ;

III.2.1.c Composition des messages

Les messages se composeront d'articles de données (Data Item) assemblés dans l'ordre défini par le numéro de référence des champs (FRN) dans l'UAP associé. Les articles de données seront obligatoires ou facultatifs. Les articles obligatoires représentent les données généralement utilisées exigées par n'importe quelle application. Les articles facultatifs représentent des données plus spécifiques et leur implémentation sera négociée entre les utilisateurs.

Si les articles de données sont obligatoires ou facultatifs, ils seront toujours transmis ou conditionnellement transmis. Les articles obligatoires seront toujours transmis dans un Enregistrement avec le Bit FSPEC correspondant mise à un. Les articles facultatifs seront présents dans un Enregistrement seulement si certaines conditions sont réunies (par exemple disponibilité des données). Les Bit FSPEC correspondants seront mise à 1 ou 0 selon la présence ou l'absence des champs.

III.2.2 DISPOSITION DES MESSAGES DE RAPPORT DE CIBLE

III.2.2.a Articles de données Standard

Les articles de données normalisés qui seront employés pour la transmission des rapports monoradar de cible sont définis dans le Tableau III.2.1 suivant :

N° Article de Donnée	Description	Unité
I001/010	Identificateur source de donnée	Néant
I001/020	Description du rapport de cible (Target Report)	Néant
I001/030	Conditions Alarme/Erreur	Néant
I001/040	Position Mesurée dans les coordonnées Polar	Rho : 1/128 NM Theta : 360°/(2 ¹⁶)
I001/042	Position Mesurée dans les coordonnées Cartésiennes	X,Y : 1/64 NM
I001/050	Code Mode-2 dans la représentation Octale	Néant
I001/060	Indicateur de Confiance du Code Mode-2	Néant
I001/070	Code Mode-3/A dans la représentation Octale	Néant
I001/080	Indicateur de Confiance du Code Mode-3/A	Néant
I001/090	Code Mode-C dans la représentation Binaire	¼ FL
I001/100	Code Indicateur de Confiance et Code Mode-C	Néant
I001/120	Vitesse radiale Doppler mesurée	(2 ⁻¹⁴) NM/s
I001/130	Caractéristiques des Plots Radar	Néant
I001/131	Puissance Reçue	1 dBm
I001/141	Heure tronquée (Truncated Time of Day)	1/128 s
I001/150	Présence de X-Impulsion	Néant
I001/161	Numéro Piste/Plot (Track/Plot)	Néant
I001/170	Etat de Piste	Néant
I001/200	Vitesse Piste calculée en Coordonnées Polaires	Vit (2 ⁻¹⁴) NM/s Cap : 360°/(2 ¹⁶)
I001/210	Qualité de la Piste (Track Quality)	Néant

Tableau III.2.1 : Articles de Données Standard

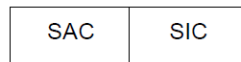
III.2.2.b Description des articles de données standards

- **Article I001/010, Identificateur de la Source d'Informations**

Définition : Identification de la station de radar de à partir de laquelle les informations sont reçues.

Format : article de donnée de longueur fixe (2 octets).

Structure :



	Nom du Champ	Type d'élément	Taille du Champ
SAC	Système du Code Régional (System Area Code)	Binaire	1 Octet
SIC	Système Code Identification (System Identification Code)	Binaire	1 Octet

Figure III.2.2 : Article I001/010, Identificateur de la Source d'Informations

- **Article I001/020, Descripteur des Rapports de Cible**

Définition : Type et caractéristiques des données radar comme transmises par une station radar.

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

Structure :

Structure de la Première Partie

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
TYP	SIM	SSR/PSR	ANT	SPI	RAB	FX	

bit-8	(TYP)	= 0	Plot
		= 1	Track (Piste ou Tracé)
bit-7	(SIM)	= 0	Piste ou Plot Actuel
		= 1	Piste ou Plot Simulé
bits-6/5	(SSR/PSR)	Détection radar dans le dernier balayage d'antenne, comme suite :	
		= 00	Pas de détection
		= 01	Détection du Primaire Seulement
		= 10	Détection du Secondaire Seulement
		= 11	Détection Combinée du Primaire et Secondaire
bit-4	(ANT)	= 0	Rapport de Cible (Target Report) à partir de l'antenne N°1
		= 1	Rapport de Cible à partir de l'antenne N°2
bit-3	(SPI)	= 0	Par défaut
		= 1	Identification de Position Spéciale
bit-2	(RAB)	= 0	Par défaut
		= 1	Plot ou Piste (Track) à partir d'un Transpondeur Fixe
bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet

Structure de la Première Extension

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
TST	DS1/DS2	ME	MI	0	0	FX	

bit-8	(TST)	= 0	Par défaut
		= 1	Indicateur de Cible de Test
bits-7/6	(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
		= 1	Urgence Militaire
bit-4	(MI)	= 0	Par défaut
		= 1	Identification Militaire
bits-3/2			Bits de réserve mise à 0
bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet

Figure III.2.3 : Article I001/020, Descripteur des Rapports de Cible

NOTE- le Bit 7 (SIM) est utilisé pour identifier un rapport d'une cible simulée produite par un simulateur de trafic.

- **Article I001/030, Conditions Alarme/Erreur (champ facultatif)**

Définition : conditions Alarme/Erreur détectés par une station radar pour le rapport de cible impliqué.

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

Structure de la première partie :

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
Valeur W/E							FX

bits-8/2	(W/E Value)		Valeur de la Première Condition Alarme/Erreur
bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet (Exemple la Deuxieme Condition Alarme/Erreur)

Figure III.2.4 : Article I001/030, Conditions Alarme/Erreur (champ facultatif)

NOTES

Les valeurs des conditions Alarme/Erreur entre 0-63 sont réservées pour l'usage standard usuel, tandis que les valeurs 64-127 dépendent de l'application.

L'ensemble suivant des valeurs usuelles **W/E (Warning/Error ; Alarme/Erreur)** est défini comme suit :

- ✓ W/E = 0, aucun avertissement ni condition d'erreur ;
- ✓ W/E = 1, réponse déformée (garbled reply);
- ✓ W/E = 2, réflexion ;
- ✓ W/E = 3, réponse des lobe secondaires ;
- ✓ W/E = 4, plot fractionné (split plot);
- ✓ W/E = 5, deuxième fois autour de la réponse ;
- ✓ W/E = 6, phénomène des anges (Angels ; échos parasites) ;
- ✓ W/E = 7, véhicules terrestres.

L'ensemble suivant des valeurs W/E dépendent des applications et sont réservées :

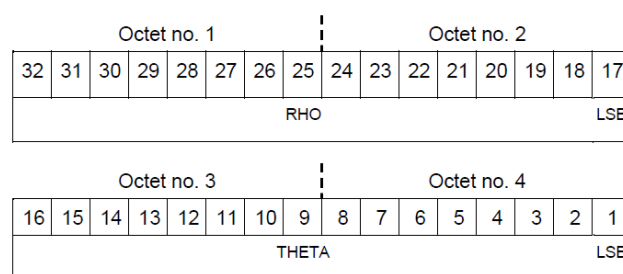
- ✓ W/E = 64, Possibilité de faux code dans le Mode-3/A ;
- ✓ W/E = 65, Possibilité que l'information altitude est fausse, transmise quand le contrôle de vraisemblance du code C échoue en même temps que le code Mode-C dans la numération binaire ;
- ✓ W/E = 66, Possibilité de Plot fantôme MSSR ;
- ✓ W/E = 80, Plot fixe PSR ;
- ✓ W/E = 81, Plot lent PSR ;
- ✓ W/E = 82, Plot PSR de la mauvaise qualité.

- **Article I001/040, position mesurée dans les coordonnées polaires**

Définition : Position mesurée d'un avion dans des coordonnées polaires locales.

Format : article de donnée de longueur fixe de 4 octets.

Structure :



bit-17 (LSB) = 1/128 NM.
Max. Distance (Range) = 512 NM

bit-1 (LSB) = $360^\circ / (2^{16}) = 0.0055^\circ$

Figure III.2.5 : Article I001/040, position mesurée dans les coordonnées polaires

NOTE – quand c'est exprimé en 16 bits, azimuts avec ou sans signe doit avoir la même valeur.

- **Article I001/042, position calculée dans les coordonnées cartésiennes**

Définition : Position calculée d'un avion dans des coordonnées cartésiennes.

Format : article de donnée de longueur fixe de 4 octets.

Structure :

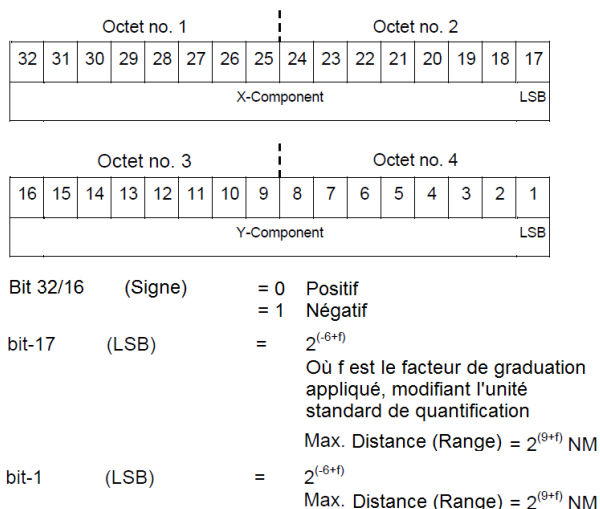


Figure III.2.6 : I001/042, position calculée dans les coordonnées cartésiennes (champ facultatif)

NOTES

- ✓ Une unité de quantification par défaut de NM 1/64 est obtenue pour une valeur de f = 0.
- ✓ Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bit-32 et bit-16 seront mise à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

- **Article I001/050, code Mode-2 dans la représentation octale**

Définition : Réponse à l'interrogation Mode-2.

Format : article fixe de longueur 2-octet.

Structure :

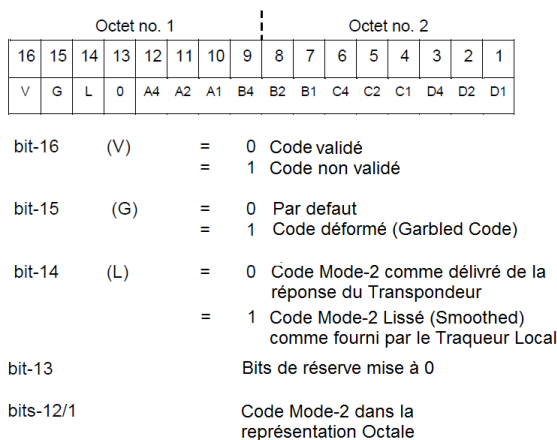


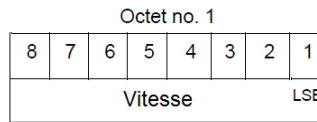
Figure III.2.7 : Article I001/050, code Mode-2 dans la représentation octale

- **Article I001/120, Vitesse Radiale Mesurée de l'Informations Doppler**

Définition : Composante radiale de la vitesse sol mesuré au moyen du filtre Doppler dans les processeurs de traitement du signal radar. C'est un article facultatif, quand il est utilisé il sera transmis que s'il l'information est disponible.

Format : article de donnée de longueur fixe d'1 octet.

Structure :



bit-1 (LSB) = $2^{-(14+f)}$ NM/s.
 Bit 8 (Signe) = 0 Positif
 = 1 Négatif

Figure III.2.13 : Article I001/120, Article I001/120, Vitesse Radiale Mesurée de l'Informations Doppler

NOTES

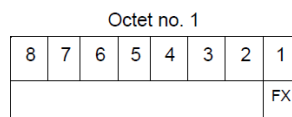
- ✓ Une unité de quantification par défaut de 14.062 5 kt et d'un maximum de +/- 1 800 kt est obtenue pour une valeur de $f = 6$.
- ✓ Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bit-8 est placé à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

- **Article I001/130, Caractéristiques du Plot Radar**

Définition : Information additionnelle sur la qualité du rapport de cible.

Format : L'article de donnée est de longueur variable, comportant une première partie d'un octet, a suivi des extensions d'un-octet selon les besoins.

Structure de la première partie :



bits-8/2 = Indicateur. Le sens Actuel du bit dépend des applications.
 bit-1 (FX) = 0 Fin de l'article de Donnée (Data Item)
 = 1 Extension dans le prochain Octet

Figure III.2.14 : Article I001/130, Caractéristiques du Plot Radar

- **Article I001/131, Puissance Reçue**

Définition : Mesure de la puissance reçue.

Format : article fixe de longueur 1-octet.

Structure :

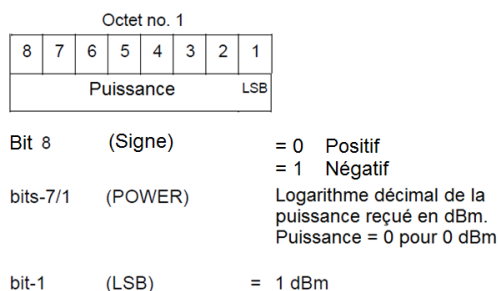


Figure III.2.15 : Article I001/131, Puissance Reçue

NOTES

- ✓ La PUISSANCE est la valeur mesurée de la puissance reçue sur le modèle SUM (Somme) pour un plot Figure I.12.
- ✓ Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bit-8 est placé à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

- **Article I001/141 Heure tronqué**

Définition : Le temps absolu utilisé est le temps universel de coordination (UTC).

Format : article de donnée de longueur fixe de 2 octet.

Structure :

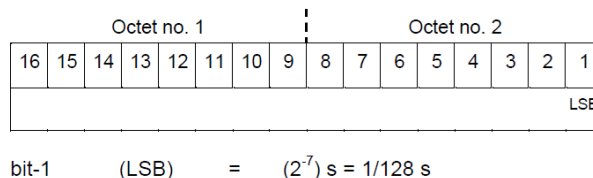


Figure III.2.15 : Article I001/141 Heure tronqué (Champ Facultatif)

NOTES

1. L'échange de cet article de donnée permet la dérivation facile de la valeur correcte de temps UTC, à condition que les horloges à la source et au niveau des collecteurs de données (Sink) soient moins de 512 secondes de la synchronisation.
2. La valeur du temps est remise à zéro chaque jour à minuit.

- **Article I001/150, Présence de l'impulsion X**

Définition : La présence de l'impulsion X pour les divers modes appliqué dans le modèle interrogation entrelacée.

Format : article fixe de longueur 1-octet.

Structure :

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
XA	0	XC	0	0	X2	0	0

bit-8	(XA)	= 0	Par défaut
		= 1	Impulsion X reçue dans la réponse Mode 3/A
bit-7			Bits de réserve mise à 0
bit-6	(XC)	= 0	Par défaut
		= 1	Impulsion X reçue dans la réponse Mode C
bits-5/4			Bits de réserve mise à 0
bit-3	(X2)	= 0	Par défaut
		= 1	Impulsion X reçue dans la réponse Mode 2
bits-2/1			Bits de réserve mise à 0

Figure III.2.16 : Article I001/150, Présence de l'impulsion X

NOTE - Cet article est transmis seulement si au moins une impulsion X a été reçue dans une réponse Mode-A, de Mode-2 ou de Mode-C.

- **Article I001/161, Numéro du Plot/Piste (Champ Facultatif)**

Définition : Une valeur entière représentant une référence unique à un Enregistrement Plot/Piste dans un dossier particulier Plot/Piste.

Format : article de donnée de longueur fixe de 2 octet.

Structure :

Octet no. 1									Octet no. 2							
16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Numéro Plot / Piste (Track) (max. 65 535)																

Figure III.2.17 : Article I001/161, Numéro du Plot/Piste (Champ Facultatif)

NOTE - La différenciation entre le numéro du Plot et le numéro de la Piste est implicite, il est fait par l'intermédiaire du descripteur de rapport de cible (article de donnée I001/020).

- **Article I001/170, Statut de la Piste (Champ Facultatif)**

Définition : Le statut de la Piste dérivé des données radars primaire et/ou secondaire.

Format : L'article de donnée est de longueur variable, comportant une première partie d'un octet, suivi des extensions d'un-octet selon les besoins.

Structure :

Structure de la Première Partie

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
CON	RAD	MAN	DOU	RDPC	0	GHO	FX

bit-8	(CON)	= 0	Piste (Track) Confirmée
		= 1	Piste (Track) en initialisation de phase
bit-7	(RAD)	= 0	Piste (Track) Primaire
		= 1	Piste (Track) SSR/Combiné
bit-6	(MAN)	= 0	Par défaut
		= 1	Manoeuvre d'avion
bit-5	(DOU)	= 0	Par défaut
		= 1	Association Douteuse du Plot à la Piste (Track)
bit-4	(RDPC)		Chaîne de Traitement des données radar Radar Data Processing Chain
		= 0	chaîne RDP 1
		= 1	chaîne RDP 2
bit-3			Bits de réserve mise à 0
bit-2	(GHO)	= 0	Par défaut
		= 1	Piste (Track) Fantome (Ghost Track)
bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet

Structure de la Première Extension

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
TRE	0	0	0	0	0	0	FX

bit-8	(TRE)	= 0	Par défaut
		= 1	Dernier Rapport pour la Piste (Track)
bits-7/2			Bits de réserve mise à 0
bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet

Figure III.2.18 : Article I001/170, Statut de la Piste (Champ Facultatif)

NOTES

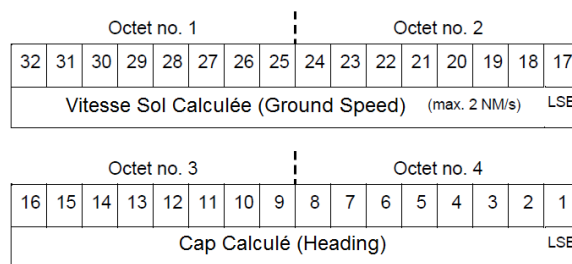
1. Bit-2 (GHO) est utilisé pour signaler que la Piste est suspectée pour avoir été produite par une cible fausse (Fantome).
2. Bit-4 (RDPC) est employé pour signaler la discontinuité des numéros des Pistes.

- **Article I001/200, vitesse de la piste calculée dans des coordonnées polaires (Champ Facultatif)**

Définition : Vitesse de la piste calculée en coordonnées polaires.

Format : article de donnée de longueur fixe de 4 octet

Structure :



bit-17 (LSB) = (2^{-14}) NM/s = 0.22 kt

bit-1 (LSB) = $360^\circ / (2^{16}) = 0.0055^\circ$

Figure III.2.19 : Article Article I001/200, vitesse de la piste calculée dans des coordonnées polaires (Champ Facultatif)

- **Article I001/210, Qualité de la Piste (Champ Facultatif)**

Définition : Qualité relative de la Piste.

Format : L'article de donnée est de longueur variable, comportant une première partie d'un octet, suivi des extensions d'un-octet selon les besoins.

Structure de la première partie :

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
							FX

bits-8/2

Indicateur de Qualité

bit-1 (FX)

= 0 Fin de l'article de
Donnée (Data Item)
= 1 Extension dans le
prochain Octet

Figure III.2.20 : Article I001/210, Qualité de la Piste (Champ Facultatif)

III.2.2.d Transmission de l'information Plot

III.2.2.d.1 UAP Standard pour la transmission du Plot

La norme UAP suivante montrée dans le Tableau III.2.2 suivant sera employée pour la transmission des plots des radars primaire, SSR ou combinés primaire/SSR :

FRN	N° Article de Donnée	Description	Longueur en Octet
1	I001/010	Identificateur source de donnée	2
2	I001/020	Description du rapport de cible (Target Report)	1+
3	I001/040	Position Mesurée dans les coordonnées Polar	4
4	I001/070	Code Mode-3/A dans la représentation Octale	2
5	I001/090	Code Mode-C dans la représentation Binaire	2
6	I001/130	Caractéristiques des Plots Radar	1+
7	I001/141	Heure tronquée (Truncated Time of Day)	2
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
8	I001/050	Code Mode-2 dans la représentation Octale	2
9	I001/120	Vitesse radiale Doppler mesurée	1
10	I001/131	Puissance Reçue	1
11	I001/080	Indicateur de Confiance du Code Mode-3/A	2
12	I001/100	Code Indicateur de Confiance et Code Mode-C	4
13	I001/060	Indicateur de Confiance du Code Mode-2	2
14	I001/030	Conditions Alarme/Erreur	1+
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
15	I001/150	Présence de X-Impulsion	1
16	-	Réserve	-
17	-	Réserve	-
18	-	Réserve	-
19	-	Réserve	-
20	-	Réservé pour l'Indicateur SP (But Spécial)	-
21	-	Réservé pour l'Indicateur RS (Séquençage RFS)	-
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-

Tableau III.2.2 : UAP Standard pour l'information Plot

- la première colonne indique le FRN des champs de données (Data Field) associé à chaque article de donnée (Data Item) utilisé dans l'UAP ;
- la quatrième colonne donne le format et la longueur de chaque article. Un numéro simple indique le compte d'octet d'un article de longueur constante, 1+ indique un article de longueur variable comportant une première partie de un-octet suivie des extensions de n-octets selon les besoins.

La longueur maximum du FSPEC correspondante est trois 3-octets.

III.2.2.d.2 Règles De Codage dans l'UAP Plot

On distingue deux types d'articles à transmettre, les champs Obligatoires (toujours envoyés) et les champs facultatifs ou optionnels (leur envoi dépend de leur disponibilité).

- **L'article I001/010 (Identificateur Source de Donnée)** est un article obligatoire et sera toujours transmis dans chaque bloc de donnée, au moins dans le premier Enregistrement d'une séquence d'Enregistrements provenant de la même source de données.

Recommandation l'Identificateur de la source d'Informations devrait être transmis dans chaque Enregistrement.

- **L'article I001/020 (descripteur du rapport de cible)** C'est un article obligatoire et sera toujours transmis.

NOTE - Bit-8 de la première partie de ce champ indique si le contenu d'enregistrement concerne un plot ou une piste, et permet aux systèmes d'utilisateur d'appliquer l'UAP approprié pour décoder l'information restante dans l'Enregistrement.

- **L'article I001/040 (position mesurée dans des coordonnées polaires)** est un article obligatoire et sera toujours transmis pour l'information de plot.
- L'article I001/070 (code Mode-3/A dans la représentation octale) est un article obligatoire pour les plots du SSR ou combinés et sera transmis si disponible.
- L'article I001/090 (code Mode-C dans la représentation binaire) **est un article obligatoire** pour SSR ou pour les plots combinés et sera transmis si disponible. La numération binaire permet un traitement plus facile par les systèmes utilisateur que le code gris reçu du transpondeur qui ne peut pas être utilisé sans conversion. La conversion du code gris en altitude décodée étant faite à l'emplacement site radar.
- L'article I001/130 (caractéristiques du plot radar) est facultatif. Quand il est utilisé il sera transmis seulement si au moins un bit dans le champ est mise à 1. Cet article permet la transmission d'information concernant l'application sur les caractéristiques du plot, son contenu étant défini entre les utilisateurs concernés.
- L'article I001/141 d'informations (Heure Tronqué) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis quand il est disponible. Cet article permet l'application de d'information temps à l'information plot à l'emplacement site radar. Cette information de temps, codé en deux-octets, étant la période de détection d'un plot exprimé dans le temps UTC.

NOTE

Comme le bit du poids faible vaut 1/128 s, le codage de 24h débordera les 2 octets. La conversion de la valeur tronquée de temps à la valeur entière de temps peut être réalisée, par exemple, par référence avec l'article I002/030 (voir Partie 3 : les messages de service de radar).

- L'article I001/050 (code Mode-2 dans la représentation octale) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible.
- L'article I001/120 (vitesse radiale Doppler mesurée) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible.
- L'article I001/131 (puissance reçue) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible.
- L'article I001/080 (indicateur de confiance du code Mode-3/A) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1 (c.-à-d. au moins une impulsion de mauvaise qualité).
- L'article I001/100 (code Mode-C et indicateur de confiance du code) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit de qualité est mise à 1 (c.-à-d. au moins une impulsion de mauvaise qualité).

NOTE - les niveaux de qualité fournis par un radar monopulse se rapportent aux réponses dans la notation grise comme reçu d'un transpondeur et pas à l'altitude du Mode-C décodée. L'utilisation de cet article (combinant le code Mode-C dans la notation grise et l'indicateur de confiance) permet l'utilisation des indicateurs de qualité sans devoir retourner de nouveau de l'altitude décodée Mode-C (dans la représentation binaire) à la notation grise.

- L'article I001/060 (indicateur de confiance du code Mode-2) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1 (c.-à-d. au moins une impulsion de mauvaise qualité).
- L'article I001/030 (Conditions Alarme/Erreur) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si la valeur du champ est différente de 0. La valeur nulle pour ce champ ne signifie aucune condition d'avertissement ou d'erreur.
- L'article I001/150 (présence de l'impulsion X) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1 (c.-à-d. une impulsion X reçue dans la réponse du Mode-3/A, 2 ou C).

III.2.2.d.3 Notes générales pour coder toutes les informations Plot

- ✓ Bits-16/19 du FSPEC sont de réservés pour de futures applications et sont placés à zéro.

- ✓ Bit-20 du FSPEC est réservé pour l'indicateur du champ de but spécial (SP : Special Purpose). Ceci permet la transmission d'un champ de longueur variable non inclus dans l'UAP. Le contenu d'un tel champ étant convenu entre les utilisateurs concernés, alors que ceux non concernés peuvent sauter les informations. Le premier octet contient la longueur de champ, y compris l'octet de longueur lui-même.
- ✓ Bit-21 du FSPEC est réservé pour l'indicateur de champ Séquence Aléatoires des champs (RFS ;Random Field Sequencing). Ceci permet la transmission des articles standard dans n'importe quel ordre.
- ✓ Les informations spécifiques non normalisées sont transmises en utilisant le champ SP et non pas le champ RFS.

III.2.2.d Transmission de l'information Piste

III.2.2.d.1 UAP standard pour la transmission de la Piste

L'UAP suivant montré dans le Tableau III.2.3 sera employé pour la transmission des Pistes du radar primaire, SSR ou combinées Primaire/SSR :

FRN	N° Article de Donnée	Description	Longueur en Octet
1	I001/010	Identificateur source de donnée	2
2	I001/020	Description du rapport de cible (Target Report)	1+
3	I001/161	Numéro Piste/Plot (Track/Plot)	2
4	I001/040	Position Mesurée dans les coordonnées Polar	4
5	I001/042	Position Mesurée dans les coordonnées Cartésiennes	4
6	I001/200	Vitesse Piste calculée en Coordonnées Polaires	4
7	I001/070	Code Mode-3/A dans la représentation Octale	2
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
8	I001/090	Code Mode-C dans la représentation Binaire	2
9	I001/141	Heure tronquée (Truncated Time of Day)	2
10	I001/130	Caractéristiques des Plots Radar	1+
11	I001/131	Puissance Reçue	1
12	I001/120	Vitesse radiale Doppler mesurée	1
13	I001/170	Etat de Piste	1+
14	I001/210	Qualité de la Piste (Track Quality)	1+
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
15	I001/050	Code Mode-2 dans la représentation Octale	2
16	I001/080	Indicateur de Confiance du Code Mode-3/A	2
17	I001/100	Code Indicateur de Confiance et Code Mode-C	4
18	I001/060	Indicateur de Confiance du Code Mode-2	2
19	I001/030	Conditions Alarme/Erreur	1+
20	-	Réservé pour l'Indicateur SP (But Spécial)	-
21	-	Réservé pour l'Indicateur RS (Séquençage RFS)	-
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
22	I001/150	Présence de X-Impulsion	1

Tableau III.2.3 : UAP Standard pour l'information Piste (Track)

Où :

- La première colonne indique le FRN (Field Reference Number) associé à chaque article utilisé dans l'UAP ;
- La quatrième colonne donne le format et la longueur de chaque article. Un nombre tous seul indique la longueur d'un article en octet qui est constante, (1+) indique qu'un article de longueur variable comportant une première partie de un-octet suivie des extensions de n-octets selon les besoins.

NOTE

La longueur maximum du FSPEC correspondant est 4 octets. FRN > 22 sera mise à zéro.

III.2.2.d.2 Règles De Codage dans l'UAP Piste

- **L'article I001/010 (Identificateur Source de Donnée)** est un article obligatoire et sera toujours transmis dans chaque bloc de donnée, au moins dans le premier Enregistrement d'une séquence d'Enregistrements provenant de la même source de données.

Recommandation *l'Identificateur de la source d'Informations devrait être transmis dans chaque Enregistrement.*

- **L'article I001/020 (descripteur du rapport de cible)** C'est un article obligatoire et sera toujours transmis.

NOTE - Bit-8 de la première partie de ce champ indique si le contenu d'enregistrement concerne un plot ou une piste, et permet aux systèmes d'utilisateur d'appliquer l'UAP approprié pour décoder l'information restante dans l'Enregistrement.

- L'article I001/161 (numéro Piste/Plot) C'est un article obligatoire et sera toujours transmis pour chaque Piste.
- L'article I001/040 (position mesurée dans des coordonnées polaires) et I001/042 (position calculée dans des coordonnées cartésiennes). Une position, mesurée ou calculée, toujours sera transmise dans un rapport de cible, excepté dans un message d'annulation de Piste (Track Cancellation Message), pour lequel une position de Piste n'est pas nécessaire.

NOTE - le premier article représente la position mesurée du plot (cible) associée à la Piste pour le balayage actuel d'antenne, exprimée en coordonnées polaires dans le système local de référence centré sur la station radar. Le deuxième article se rapporte à une position calculée de la Piste (smoothed ; lissée par exemple) dans des coordonnées cartésiennes puisque la sortie d'un système local civil de poursuite monoradar est habituellement exprimé en coordonnées cartésiennes.

Recommandations

- ✓ Il devrait être possible de transmettre les articles I001/040 et I001/042 ensemble ou seulement un.

- ✓ Si seulement l'article I001/042 (position calculée) est transmis, il ne devrait y avoir aucune perte d'information, même dans le cas où il n'y a eu aucune détection pour la Piste dans le balayage actuel d'antenne, puisque la position calculée est toujours fournie par le traqueur local.
 - ✓ Pour éviter la perte d'information dans le cas d'absence de plot (Missing Plot ; aucune position mesurée disponible dans ce balayage d'antenne) quand seulement l'article I001/040 (position mesurée) est transmis, cet article devrait être interprété comme position calculée en coordonnées polaires. Cette condition peut être détectée autant que les Bit-6 et 5 du descripteur du rapport de cible (article I001/020) signalent l'absence de la détection.
 - ✓ L'utilisation compatible et permanente du I001/040 ou I001/042 ou de tous les deux ensembles devrait être convenue par les utilisateurs concernés.
- L'article I001/200 (vitesse calculée de la Piste dans les coordonnées polaires) est facultatif et une fois utilisé, sera toujours transmis excepté dans le message d'annulation de Piste dans lequel l'information de vitesse de Piste n'est pas exigée. La représentation polaire de la vitesse de Piste permet un affichage plus facile de la vitesse sol qu'une représentation cartésienne.
 - L'article I001/070 (code Mode-3/A dans la représentation octale) est obligatoire et sera transmis quand il est disponible. Il représente le code Mode-3/A pour le plot associé à la piste (Track) pour le balayage actuel d'antenne ou il représente l'information mode 3/A de la piste.

NOTE - le code Mode-3/A, pour le plot associé avec la piste pour le balayage actuel d'antenne, et le code Mode-3/A lissé de la piste ne peuvent pas être présent ensemble dans le même rapport de Piste.

- L'article I001/090 (code Mode-C dans la représentation binaire) est obligatoire et sera transmis s'il est disponible. Il représente le code Mode-C pour le plot associé avec la piste pour le balayage actuel d'antenne, ou l'information Mode-C de la Piste. La numération binaire permet un affichage plus facile de l'**Altitude** du plot par les systèmes utilisateur que le code gris reçu du transpondeur qui ne peut pas être utilisé sans conversion. La conversion du code gris en altitude décodée étant faite à l'emplacement site radar.
- L'article I001/141 (Heure Tronquée) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis quand il est disponible. Cet article permet l'application de l'information temps à l'information Piste (Track) à l'emplacement site radar. Cette information temps, codé en deux-octets, étant le temps validé pour la position d'une Piste exprimée dans le temps UTC.

NOTE -

Comme le bit du poids faible vaut 1/128 s, le codage de 24h débordera les 2 octets. La conversion de la valeur tronquée de temps à la valeur entière de temps peut être réalisée, par exemple, par référence avec l'article I002/030 (voir Partie 3 : les messages de service de radar).

- L'article I001/130 (caractéristiques du plot radar) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit dans le champ est mise à 1. Cet article permet la transmission d'information dépendante d'application sur les caractéristiques du plot associées avec la piste pour le balayage actuel d'antenne. Son contenu étant défini entre les utilisateurs concernés.
- L'article I001/131 (puissance reçue) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible. Cet article représente la puissance reçue du plot primaire ou combiné associé avec la piste du balayage actuel d'antenne.
- L'article I001/120 (vitesse radiale Doppler mesurée) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible pour une piste qui a été associée avec un plot primaire ou combiné du balayage actuel d'antenne.
- L'article I001/170 (statut de la Piste) est obligatoire et sera transmis seulement si au moins un bit dans le champ est mise à 1. Cet article permet la transmission d'information dépendante d'application sur le statut de la piste. Son contenu étant défini entre les utilisateurs concerné.
- L'article I001/210 (qualité de la piste) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit dans le champ est mise à 1. Cet article permet la transmission d'information dépendante d'application sur la qualité de la piste. Son contenu étant défini entre les utilisateurs concernés.
- L'article I001/050 (code Mode-2 dans la représentation octale) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis s'il est disponible. Cet article représente le code Mode-2 pour le plot associé à la piste pour le balayage actuel d'antenne ou l'information Mode-2 de la piste.

NOTE - le code Mode-2 pour le plot associé avec la piste pour le balayage actuel d'antenne et le code Mode-2 lissé de la piste ne peuvent pas être présent ensemble dans le même rapport de piste.

- L'article I001/080 (indicateur de confiance du code Mode-3/A) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1 (c.-à-d. au moins une impulsion de mauvaise qualité). Il représente le niveau de confiance pour chaque bit de réponse du code Mode-3/A du plot associé avec la piste pour le dernier balayage d'antenne.

NOTE - L'ordre des bits de qualité dans cet article est le même que dans l'article I001/070 (code d'Informations d'identification de Mode-3/A).

- L'article I001/100 (code Mode-C et indicateur de confiance du code) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit de qualité est mise à 1 (c.-à-d. au moins une impulsion de mauvaise qualité). Il représente l'Altitude du Mode-C dans la notation grise ainsi que le niveau de confiance pour chaque bit de réponse du code Mode-C du plot associé avec la piste pour le dernier balayage d'antenne.

NOTE - les niveaux de qualité fournis par un radar monopulse se rapportent aux réponses dans la notation grise reçu d'un transpondeur et pas à l'altitude décodée du

Mode-C. L'utilisation de cet article (combinant le code Mode-C dans la notation grise et l'indicateur de code de confiance) permet l'utilisation des indicateurs de qualité sans retourner de l'altitude décodée de Mode-C (dans la représentation binaire) vers la notation grise.

- L'article I001/060 (indicateur de confiance du code Mode-2) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1 (c.-à-d. au moins une impulsion de mauvaise qualité). Il représente le niveau de confiance pour chaque bit de réponse du code Mode-2 du plot associé avec la piste pour ce balayage d'antenne.

NOTE - L'ordre des bits de qualité dans cet article est le même que dans l'article I001/050 (code Mode-2).

- L'article I001/030 (Conditions Alarme/Erreur) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si la valeur du champ est différente de 0. La valeur nulle pour ce champ ne signifie aucune condition d'avertissement ou d'erreur.
- L'article I001/150 (présence de l'impulsion X) est facultatif. Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1 (c.-à-d. une impulsion X reçue dans la réponse du Mode-3/A, 2 ou C).

III.2.2.d.3 Notes générales pour coder toute l'information Piste

- ✓ Bit-20 du FSPEC est réservé pour l'indicateur PS. Ceci permet la transmission d'un champ de longueur variable non inclus dans l'UAP. Le contenu d'un tel champ étant convenu entre les utilisateurs concernés, alors que ceux non concernés peuvent sauter les informations. Le premier octet contient la longueur du champ, y compris l'octet de longueur lui-même.
- ✓ Bit-21 du FSPEC est réservé pour l'indicateur RFS. Ceci permet la transmission des articles standards dans n'importe quel ordre.
- ✓ L'information spécifique non normalisée est transmise en utilisant le champ PS et non pas le champ RFS.

Partie 3 : CAT 002 Transmission des Messages Services du Monoradar

Dans le contexte de la présente partie les données monoradar standard couvrent les Messages Service des types de radar suivants :

- Radar Secondaire de Surveillance (SSR) Conventionnel
- Radar Secondaire de Surveillance (SSR) Monopulse
- Radar Mode S
- Radar Primaire Conventionnel
- Radar Primaire en utilisant le **MTD (Moving Target Detection ; Détection de cible mobile)**

Vers un ou plusieurs systèmes RDP (Radar Data Processing ; Système de traitement des données radar).

Les rapports de cible sont des données de catégorie 002.

III.3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

III.3.1.a Généralités

La transmission d'information monoradar exigera la transmission de deux types de messages :

- Les messages de données ou les rapports radar des cibles contenant la Piste ou le Plot (couverte dans la précédente **Partie 2** de ce Chapitre) ;
- Les messages service du radar utilisés pour signaler le statut de l'information transmise de la station radar aux systèmes utilisateur (couverte dans la présente **Partie 3** de ce Chapitre).

III.3.1.b Messages Service Du Radar (Radar Service Message)

III.3.1.b.1 Types de Messages Service du radar

Trois types de messages de service de radar ont été identifiés :

- ✓ Message de croisement de secteur (**Sector Crossing Messages**) ;
- ✓ Messages Marqueurs Nord et Sud (**North/South Marker Message**) ;
- ✓ Messages Activation/Arrêt de filtrage des zones Masquées (**Activation/Stop of Blind Zone Filtering Messages**) ;
- **Message de croisement de secteur**

La transmission de tels messages (**Sector Crossing Messages**) 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.

- **Messages Marqueurs Nord et Sud**

Quand ces messages (**North/South Marker Message**) 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.

- **Messages Activation/Arrêt de Filtrage des Zones Masquées**

Ces messages (**Activation/Stop of Blind Zone Filtering Messages**) 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.

III.3.1.b.2 Profil d'application d'utilisateur et bloc de données

Un UAP simple a été normalisé et sera employé pour transmettre des messages de service d'une station radar vers les systèmes RDP (Radar Data Processing) utilisateur.

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

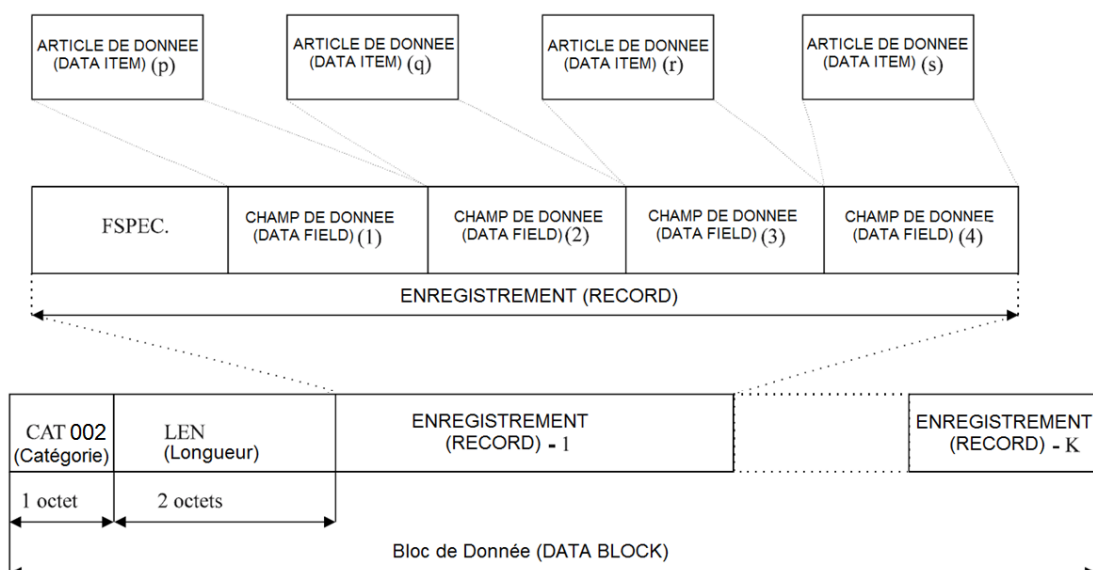


Figure III.3.1 : Bloc de Données CAT 002

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 ;

III.3.1.c Composition des messages

Des 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 ;

Les articles facultatifs représentent des données plus spécifiques et leur implémentation sera négociée entre les utilisateurs.

Si les articles sont obligatoires ou facultatifs, donc ils seront toujours transmis ou conditionnellement transmis.

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

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.

III.3.2 DISPOSITION DES MESSAGES DE SERVICE DE RADAR

III.3.2.a Articles de Données Standard

Les articles normalisés qui seront employés pour la transmission des messages service du radar sont définis dans le tableau et décrits dans les pages suivantes.

N° Article de Donnée	Description	Unité
I002/000	Type de Message	Néant
I002/010	Identificateur source de donnée	Néant
I002/020	Numéro du Secteur	$360^\circ/(2^8)$
I002/030	Temps de la Journée	1/128 s
I002/041	Période de rotation de l'antenne	1/128 s
I002/050	Configuration de la station	Néant
I002/060	Mode de traitement de la station	Néant
I002/070	Valeur du compte du plot	Néant

I002/080	Conditions Alarme/Erreur	Néant
I002/090	Erreur de collimation	Range : 1/128 NM Azimut : 360°/(2 ¹⁶)
I002/100	Fenêtre Dynamique – Type 1	Rho : 1/128 NM Theta : 360°/(2 ¹⁶)

Tableau III.3.1 : Articles de Données Standard de la CAT 002

III.3.2.b Description des articles standards

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

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

Format : Article de longueur fixe de 1 octet.

Structure :

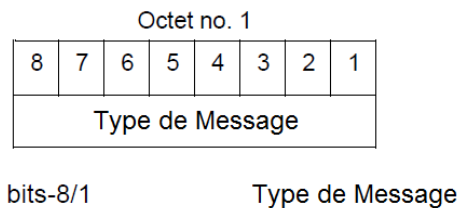


Figure III.3.2 : Article I002/000, Type De Message

NOTES

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.

Le Type de Message valeurs 1-127 sont réservés pour l'usage standard usuel, tandis que les valeurs 128-255 dépendent d'application.

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

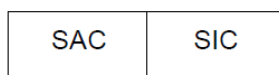
- ✓ 001, Message Marqueur du Nord (North marker message) ;
- ✓ 002, Message de Croisement de Secteur (Sector crossing message) ;
- ✓ 003, Message Marqueur du sud (South marker message) ;
- ✓ 008, Activation du Filtrage des Zones Masquées (Activation of blind zone filtering) ;
- ✓ 009, Arrêt du Filtrage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

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

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

Format : Article de longueur fixe de 2-octets.

Structure :



	Nom du Champ	Type d'élément	Taille du Champ
SAC	Système du Code Régional (System Area Code)	Binaire	1 Octet
SIC	Système Code Identification (System Identification Code)	Binaire	1 Octet

Figure III.3.3 : Article I002/010, Identificateur de Source d'Informations

NOTES

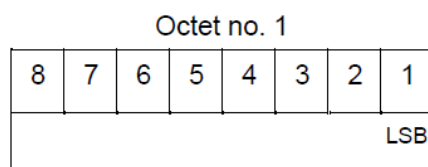
- ✓ Les SAC sont définis et énumérés dans la partie 1 (Système d'Adressage ASTERIX) ;
- ✓ Les SIC sont définis et énumérés dans la partie 1 et en annexe 4.

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

Définition : les Huit bits qui représentent l'azimut d'antenne définissent un secteur d'azimut particulier.

Format : Article de longueur fixe de 1-octet.

Structure :



bits-8/1 = Les 8 bits représentant l'azimut d'antenne

bit-1 (LSB) = $360^\circ / (2^8) = 1.41^\circ$

Figure III.3.4 : Article Article I002/020, Numéro du Secteur

- **Article I002/030, Temps de la Journée**

Définition : Application du temps absolu exprimé en UTC.

Format : Article de longueur fixe de 3-octets.

Structure :

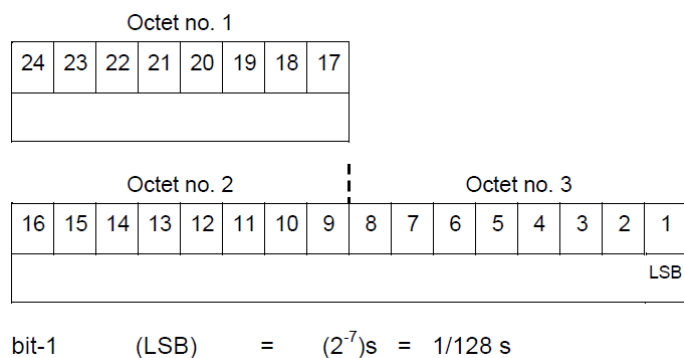


Figure III.3.5 : Article I002/030, le Temps

NOTES

1. La valeur du temps est remise à zéro chaque jours à minuit.
2. 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**

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

Format : article de longueur fixe de 2-octets.

Structure :

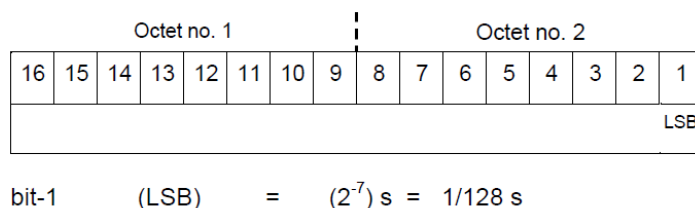


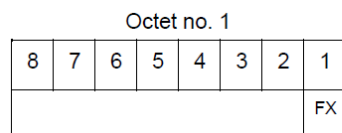
Figure III.3.6 : Article I002/041, Période de Rotation d'Antenne

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

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

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

Structure de la première partie :



bit-1 (FX) = 0 Fin de l'article de Donnée (Data Item)
 = 1 Extension dans le prochain Octet

Figure III.3.7 : Article I002/050, Configuration de la Station

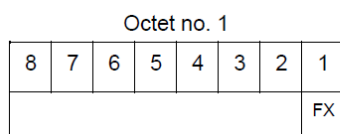
NOTE - due à la diversité dans la conception de matériel et les exigences dans les stations radar présentes et futures, c'est impraticable d'essayer de définir les différents bits.

- **Article I002/060, Mode De Traitement de la Station**

Définition : Détails au sujet du statut actuel en ce qui concerne les paramètres et les options de traitement.

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

Structure de la première partie :



bit-1 (FX) = 0 Fin de l'article de Donnée (Data Item)
 = 1 Extension dans le prochain Octet

Figure III.3.8 : Article I002/060, Mode De Traitement de la Station

NOTES

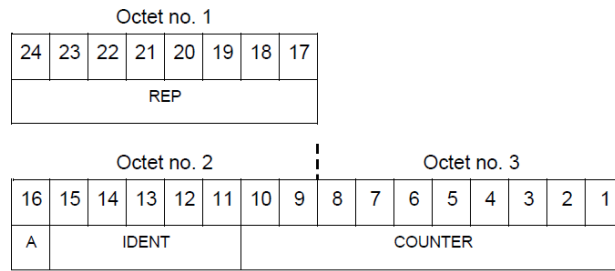
1. L'information typique donnée dans cet article inclut entre autres le type de polarisation en service, l'indicateur de cible mobile (MTI) en service et/ou la définition de la gamme à laquelle MTI est appliqué, la présence des surcharges et le type de mesures de réduction de charge en service.
2. Seulement 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**

Définition : 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.

Format : Article répétitif, commençant par un champ indicateur de répétition d'un-octet (REP) suivi au moins d'un compteur de plot de longueur 2-octets.

Structure :



bits-24/17 (REP) Facteur de répétition

bit-16(A) Identification de l'antenne
Emission/réception

 = 0 Découpe (Counter) pour l'antenne 1
 = 1 Découpe (Counter) pour l'antenne 2

bits-15/11 (IDENT) 5-Bit pour le code d'identification
de la catégorie du Plot, comme
suite :

 = 1 Plots du Primaire Seulement
 = 2 Plots du SSR Seulement
 = 3 Plots des Deux (Combiné)

bits-10/1 (COUNTER) 10-bit Valeur de la découpe (Counter)

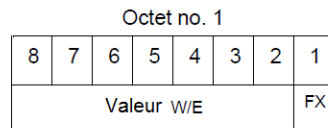
Figure III.3.9 : Article I002/070, Valeurs De Compte Du Plot

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

Définition : Conditions Alarme/Erreur (W/E) affectant le fonctionnement du système radar lui-même.

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

Structure :



bits-8/2 (W/E Value) Valeur de la Première
Condition Alarme/Erreur

bit-1 (FX) = 0 Fin de l'article de
Donnée (Data Item)
 = 1 Extension dans le
prochain Octet
(Exemple la Deuxieme
Condition Alarme/Erreur)

Figure III.3.10 : Article I002/080, Conditions Alarme/Erreur

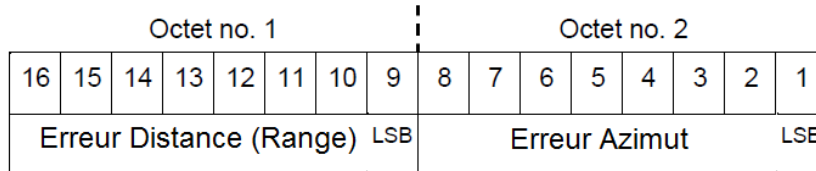
NOTE - les valeurs des conditions Alarme/Erreur 1-63 sont réservées pour l'usage standard usuel, tandis que les valeurs 64-127 dépendent des applications.

- **Article I002/090, Erreur De Collimation**

Définition : 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.

Format : article de longueur fixe de 2-octets.

Structure :



Bit 8 /16 (Signe) = 0 Positif
= 1 Négatif

bit-9 (LSB) = 1/128 NM

bit-1 (LSB) = $360^\circ / (2^{(16-f)})$

Figure III.3.11 : Article I002/090, Erreur De Collimation

NOTES

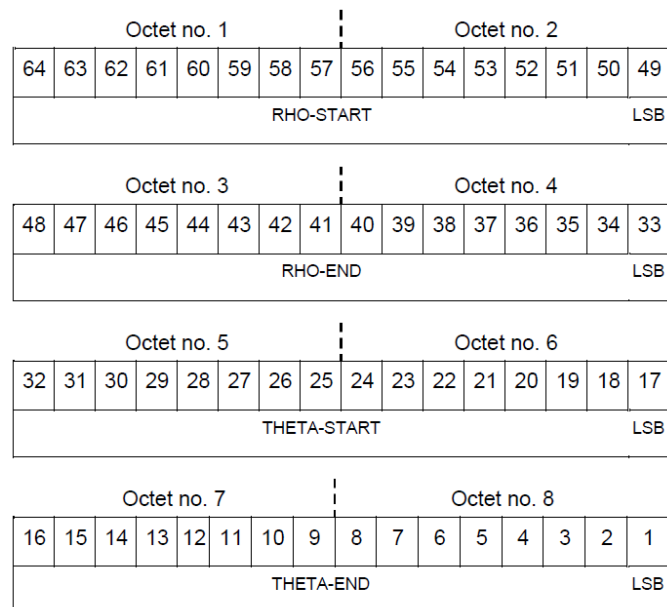
1. Une unité de quantification par défaut est de 0.022° donc une gamme entre -2.8125° et $+2.7905^\circ$ est obtenue pour une valeur de $f=2$.
2. Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bit-16 et bit-8 sont placés à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

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

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

Format : Article de longueur fixe de 8-octets.

Structure :



bit-49 (LSB) = 1/128 NM.
 Max. Distance (Range) = 512 NM

bit-33 (LSB) = 1/128 NM.
 Max. Distance (Range) = 512 NM

bit-17 (LSB) = $360^\circ / (2^{16}) = 0.0055^\circ$

bit-1 (LSB) = $360^\circ / (2^{16}) = 0.0055^\circ$

Figure III.3.12 : Article I002/100, Fenêtre Dynamique – Type 1

NOTE

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.

III.3.2.c Transmission des messages de service de radar

III.3.2.c.1 UAP standard pour la transmission des Messages Service du Radar

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

FRN	N° Article de Donnée	Description	Longueur en Octet
1	I001/010	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 (Séquençage RFS)	-
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-

Tableau III.3.2 : UAP Standard pour les Messages Services du Radar

Où :

- la première colonne indique le FRN associé à chaque article de donnée utilisé dans l'UAP ;
- la quatrième colonne donne le format et la longueur de chaque article. Un numéro simple indique le compte d'octet d'un article de longueur constante, 1+ indique un article de longueur variable comportant une première partie de un-octet suivie des extensions de n-octets selon les besoins.

La longueur maximum du FSPEC est 2 octets.

III.3.2.c.2 Règles De Codage

Les trois types de messages de service (c.-à-d. messages de croisement de secteur, messages de marqueur du Nord/Sud et les messages de filtrage de zone masquée) seront composés et transmis selon les règles suivantes :

- 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 azimut d'antenne.

NOTE - par convention, le message de croisement du secteur 0 correspond au croisement du Nord azimut 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.

III.3.2.d Notes générales pour coder tous les Messages de Service

1. Bit-12 du FSPEC est un bit de réserve et est placé à 0. Il est réservé pour de futures applications.
2. Bit-13 du FSPEC est réservé pour l'indicateur PS. Ceci permet la transmission d'un champ de longueur variable non inclus dans l'UAP.
3. Bit-14 du FSPEC est réservé pour l'indicateur RFS. Ceci permet la transmission des articles standards dans n'importe quel ordre.
4. L'information spécifique non normalisée est transmise en utilisant le champ PS et non pas le champ RFS.

Partie 4 : CAT008 Transmission des informations Météos dérivées du Monoradar

Le présent document décrit la transmission des images météorologiques relativement simples des secteurs de précipitation de divers niveaux d'intensité, d'une station radar à une ou plusieurs system de traitement des données.

L'information Météo est une donnée de catégorie CAT 008.

III.4.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

III.4.1.a Généralités

La transmission d'information météo dérivée du monoradar exige la transmission de deux types de messages :

- Messages de donnée contenant des éléments des images météos ;
- Messages de contrôle.

NOTE - Les deux le type de messages se composent des articles appartenant à la catégorie de donnée CAT 008.

III.4.1.b Messages de données

III.4.1.b.1 Représentation et transmission des zones de précipitations

Des images des zones de précipitations seront représentées et transmises selon une des trois méthodes comme détaillé ci-dessous.

NOTE Un vecteur est un ensemble de point.

- **Secteurs ombragés de vecteurs polaires**

Une zone de précipitation sera représentée au moyen d'une série de vecteurs étroitement espacés, exprimée en coordonnées polaires locales.

La recommandation : cette méthode devrait typiquement être appliquée pour la transmission des zones de précipitations à partir d'un extracteur d'informations météo à un système informatique à distance qui se trouve dans un centre ATC pour un traitement plus ultérieure et/ou un affichage.

- **Secteurs ombragés de vecteurs cartésiens**

Une zone de précipitations sera représentée au moyen d'ensembles de vecteurs parallèles, exprimés dans un système de coordonnée cartésienne dont l'origine est le point de référence du site radar, ou un autre site.

Recommandation : il devrait être possible d'employer plus d'une orientation ombragée, pour exprimer différents niveaux d'intensité de précipitation.

- **Découpes des zones de précipitations**

Une zone de précipitations sera représentée par un ensemble de points de sommet consécutifs qui constituent une découpe fermée du secteur. Les points de sommet étant exprimés en système de coordonnée cartésien local.

La recommandation : cette méthode devrait typiquement être appliquée si les zones de précipitations sont visualisées par d'autres techniques d'affichage que le secteur ombragé, par exemple en colorant le secteur, selon le niveau d'intensité.

III.4.1.b.2 Précision dans les articles de données exprimant une distance

Tous les articles exprimant une distance emploieront un sous-champ d'un-octet pour les paramètres de distance, longueur de vecteur et les coordonnées d'un point de découpe (c.-à-d. format standard de précision SPF ; Standard Precision Format).

En raison de la grande diversité en ce qui concerne les conditions maximum d'assurance et de précision dans les diverses applications ATC, une valeur fixe ne sera pas assignée au bit du poids faible (LSB) des articles de données exprimant une distance dans la catégorie de données CAT 008.

Les facteurs décisifs pour un arrangement approprié de la valeur du LSB (bit du poids faible) seront la **gamme maximum de couverture** et la **précision intrinsèque de la sonde radar**. L'application d'un **facteur de graduation (f)** est le mécanisme pour assortir la précision aux conditions régnantes, c.-à-d. la valeur binaire sera multipliée par 2^f (décalage binaire sur f positions) pour rapporter la valeur réelle de paramètre.

Comme unités standard de quantification, les valeurs suivantes seront choisies :

- (2^{-6}) NM, pour la longueur du vecteur et les coordonnées des points de la découpe ;
- (2^{-7}) NM, pour la distance.

NOTE

Les conséquences pour le LSB, c.-à-d. les valeurs minimums et maximums pour les divers paramètres sont données dans le tableau suivant :

Article de Donnée (Data Item)	LSB	Paramètre Distance (Range)
Distance (Début, Fin)	$2^{(-7+f)}$	$0 < p < 2^{(1+f)}$
Longueur	$2^{(-6+f)}$	$0 < p < 2^{(2+f)}$
(x,y)	$2^{(-6+f)}$	$-2^{(1+f)} < p < 2^{(1+f)}$

Tableau III.4.1 : Unités Standards de Quantification

Les possibilités d'un tel mécanisme pour traiter les gammes seront illustrées ci-dessous :

- pour un radar avec une distance maximum de 32 NM une valeur $f = 4$ peut être choisie, qui rapporte $LSB = 0.125$ NM ;

- pour un dispositif radar météo avec une gamme de couverture jusqu'à 250 NM une valeur $f = 7$ peut être choisie. Ceci signifie cependant une précision limitée due à $LSB = 1$ NM.

NOTE - une valeur négative $f = -1$ peut être adoptée, ayant pour résultat une précision élevée de $1/256$ NM (elle est seulement utile si elle est justifiée par la précision de la sonde).

Le facteur de graduation, f , sera un paramètre du message Début de l'Image (**SOP ; Start Of Picture**).

III.4.1.b.3 Messages Météos

Les messages météo contiendront des images des zones de précipitations dans seulement une des trois représentations possibles.

Recommandations :

1. Un nombre variable d'éléments météo de la même intensité devrait être empilé dans un seul enregistrement ASTERIX.
2. Un certain nombre d'enregistrements devraient être empilés ensemble dans un seul bloc de données ASTERIX.

III.4.1.c Messages de Contrôle

Deux types de messages de contrôle sont identifiés :

Début de l'Image (SOP ; Start Of Picture)

Ce message sera employé pour signaler le début d'un nouveau cycle de renouvellement des données et pour fournir des informations additionnelles telles que l'heure et le statut réel de traitement et de configuration de la station radar.

Fin de l'image (EOP ; End Of Picture)

Ce message sera employé pour signaler la fin d'un cycle de renouvellement des données et pour fournir un compte du nombre total d'articles constituant l'image météo transmise. La dernière valeur permet au récepteur de vérifier si tous les articles ont été reçus réellement.

III.4.1.d Transmission d'information Météo dérivée du Monoradar

III.4.1.d.1 Profil D'Application D'Utilisateur (UAP)

Un profil d'application utilisateur simple (UAP) a été défini et normalisé et sera employé pour transmettre les données météo (des données et des messages de contrôle).

Puisque les messages de données et de contrôle se composent des articles de la même catégorie de donnée CAT008, il est possible de mélanger les deux types de messages dans le même bloc de données.

III.4.1.d.2 Transmission De Message

Au début d'un cycle de renouvellement de donnée, les messages de donnée seront précédés par un message SOP (Début de l'image).

À la fin d'un cycle de renouvellement de donnée, les messages de donnée seront suivis d'un message EOP (Fin de l'image).

III.4.1.d.3 Bloc de Donnée

Les blocs de données contenant l'information météo dérivée du monoradar auront la disposition suivante :

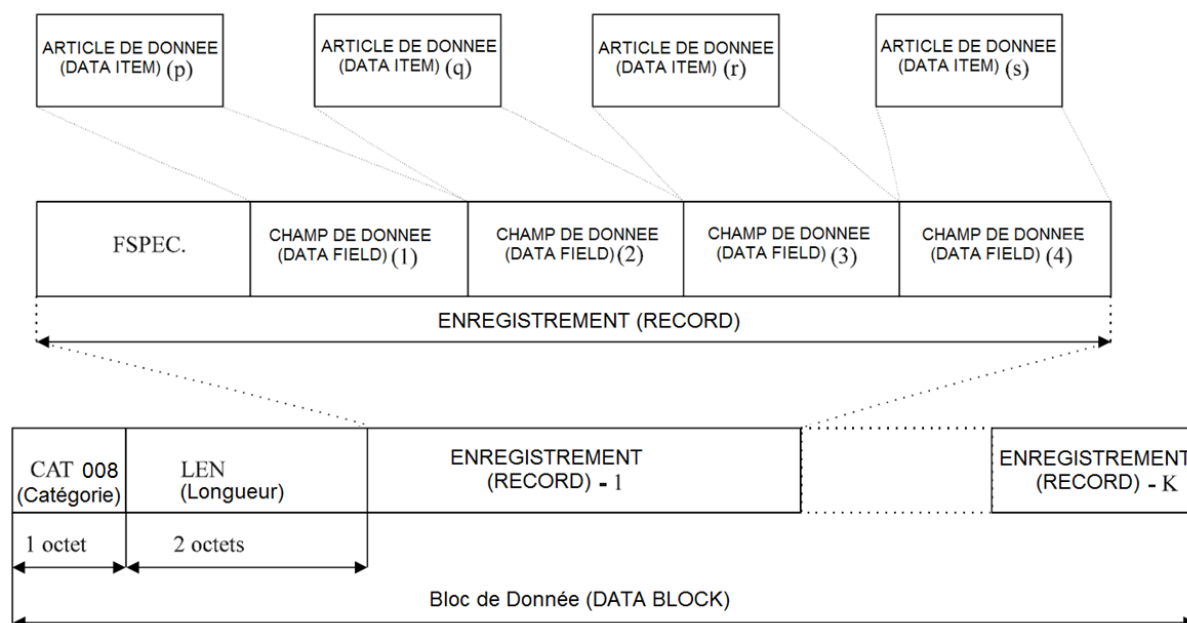


Figure III.4.1 : Bloc de Donnée Météo

Où :

- Catégorie de donnée CAT 008, c'est un champ de 1 octet qui indique que le bloc de donnée contient les Informations Météos dérivées du Monoradar ;
- 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 ;

III.4.1.e Composition des messages

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

Les articles seront obligatoires ou facultatifs. Les articles obligatoires représentent des informations généralement utilisées exigées par n'importe quelle application, ils seront mis en application. Les articles facultatifs représentent des informations plus spécifiques et leur exécution sera négociée entre les utilisateurs.

Si les articles sont obligatoires ou facultatifs, ils seront toujours transmis ou conditionnellement transmis. Quand c'est obligatoire, ils seront toujours transmis dans un enregistrement avec le bit correspondant dans le champ FSPEC mise à un. 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 mise à un ou à zéro selon la présence ou l'absence des champs.

III.4.2 DISPOSITION DES MESSAGES METEOS

III.4.2.a Articles de Données Standard

Les articles normalisés qui seront employés pour la transmission d'information météo dérivée du monoradar sont définis dans le tableau suivant et décrits dans les pages suivantes :

N° Article de Donnée	Description	Unité
I008/000	Type de Message	Néant
I008/010	Identificateur source de donnée	Néant
I008/020	Qualificateur Du Vecteur	Néant
I008/034	Séquence des Vecteurs Polaires dans la notation SPF	Range : $2^{-(7+f)}$ NM Azimut : $360^\circ/(2^{16})$
I008/036	Séquence des vecteurs cartésiens dans la notation SPF	X,Y: $2^{-(6+f)}$ NM
I008/038	Séquence de vecteur météo dans la notation SPF	X,Y: $2^{-(6+f)}$ NM
I008/040	Identificateur de Découpe	Néant
I008/050	Séquence des points de découpe dans la notation SPF	X,Y: $2^{-(6+f)}$ NM
I008/090	Temps de la journée	1/128 s
I008/100	Statut du Traitement	Néant
I008/110	Configuration De la Station	Néant
I008/120	nombre total des articles constituant une image météo	Néant

Tableau III.4.2 : Articles de données standards pour la CAT008 Météo

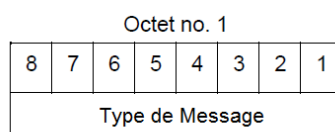
III.4.2.b Description des articles de données standard

- **Article I008/000, Message Type**

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

Format : Article de longueur fixe de 1-octet.

Structure :



Les Messages suivants sont normalisés pour les Enregistrements Catégorie 008

- 001, Vecteur Polaire;
- 002, Vecteur Cartisien pour Point de Début/ Longueur;
- 003, Enregistrement Découpe (Countour Record);
- 004, Vecteur Cartisien pour Point de Début/Fin;
- 254, Message SOP (Start of Picture ; Début Image)
- 255, Message EOP (End of Picture ; Fin Image)

Figure III.4.2 : Article I008/000, Message Type

- **Article I008/010, Identificateur de la Source de donnée**

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

Format : article de longueur fixe de 2-octets.

Structure :

SAC	SIC
-----	-----

	Nom du Champ	Type d'élément	Taille du Champ
SAC	Système du Code Régional (System Area Code)	Binaire	1 Octet
SIC	Système Code Identification (System Identification Code)	Binaire	1 Octet

Figure III.4.3 : Article I008/010, Identificateur de la Source de donnée

NOTES

- ✓ Les SAC sont définis et énumérés dans la partie 1 (Système d'Adressage ASTERIX) ;
- ✓ Les SIC sont définis et énumérés dans la partie 1 et en annexe 4.

- **Article I008/020, Qualificateur Du Vecteur**

Définition : Niveau d'intensité de précipitation, l'orientation de l'ombre des vecteurs représentant le secteur de précipitation et le système de coordonnées utilisé.

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

Structure de la première partie :

Structure de la Première Partie

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
ORG	I1	I2	I3	S1	S2	S3	FX

bit-8	(ORG)	= 0	Coordonnées Locales
		= 1	Système de Coordonnée
bits-7/5	(I1/I2/I3)		Niveau d'intensité (gamme de 0 à 7)
bits-4/2	(S1/S2/S3)		Orientation de l'ombre par référence au Nord, comme suite :

S1	S2	S3	Cap (Heading)
0	0	0	0°
0	0	1	22.5°
0	1	0	45°
0	1	1	67.5°
1	0	0	90°
1	0	1	112.5°
1	1	0	135°
1	1	1	157.5°

bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet

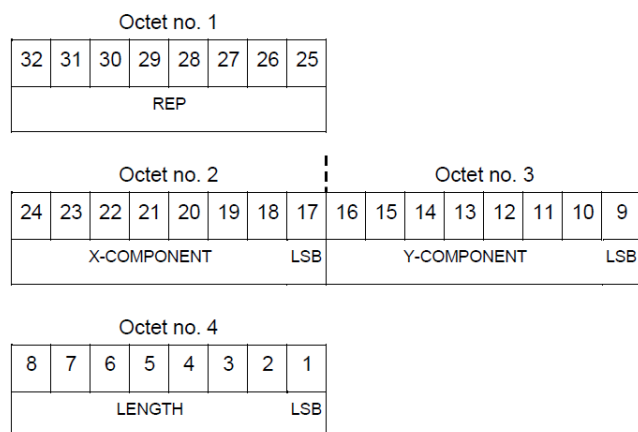
Structure de la Première Extension

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	0	0	TST	ER	FX

bits-8/4			Bits de réserve mise à 0
bit-3	(TST)	= 0	Par défaut
		= 1	Vecteur de Test
bit-2	(ER)	= 0	Par défaut
		= 1	Condition Erreur Produite
bit-1	(FX)	= 0	Fin de l'article de Donnée (Data Item)
		= 1	Extension dans le prochain Octet

Figure III.4.4 : Article I008/020, Qualificateur Du Vecteur

NOTE - Pour des vecteurs polaires les bits-4/2 sont sans signification et sont mise à zéro.



bits-32/25 (REP)	Nombre des vecteurs Météo
Bit 16/24 (Signe)	= 0 Positif
	= 1 Négatif
bit-17 (LSB)	= $2^{(-6+f)}$ NM
bit-9 (LSB)	= $2^{(-6+f)}$ NM
bit-1 (LSB)	= $2^{(-6+f)}$ NM

Figure III.4.6 : Article I008/036, Séquence des vecteurs cartésiens dans la notation SPF (Standard Precision Format)

NOTES

1. f est un paramètre dans le message SOP.
2. Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bit-24 et bit-16 sont mise à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

- **Article I008/038, Séquence de vecteur météo dans la notation SPF**

Définition : Séquence de vecteur météo, dans la représentation point de début/point final, dans les coordonnées cartésiennes locales ou du système.

Format : Article répétitif, commençant par un indicateur de répétition de champ (REP) d'un-octet indiquant le nombre de vecteurs, suivi d'une série de 4-octets (composantes vecteur) selon les besoins.

Structure :

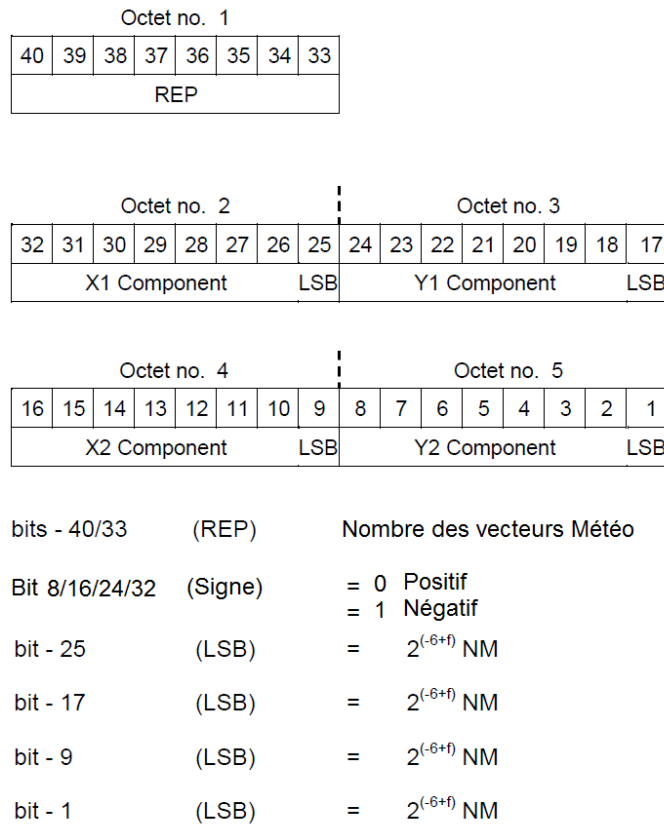


Figure III.4.7 : Article I008/038, Séquence de vecteur météo dans la notation SPF

NOTES

1. f est un paramètre du message SOP.
2. Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bits-32, 24, 16 et 8 sont misent à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

- **Article I008/040, Identificateur de Découpe**

Définition : Numéro de série de la découpe ainsi que les niveaux d'intensité de précipitation et le système de coordonnées utilisés.

Format : article de longueur fixe de 2-octets.

Structure :

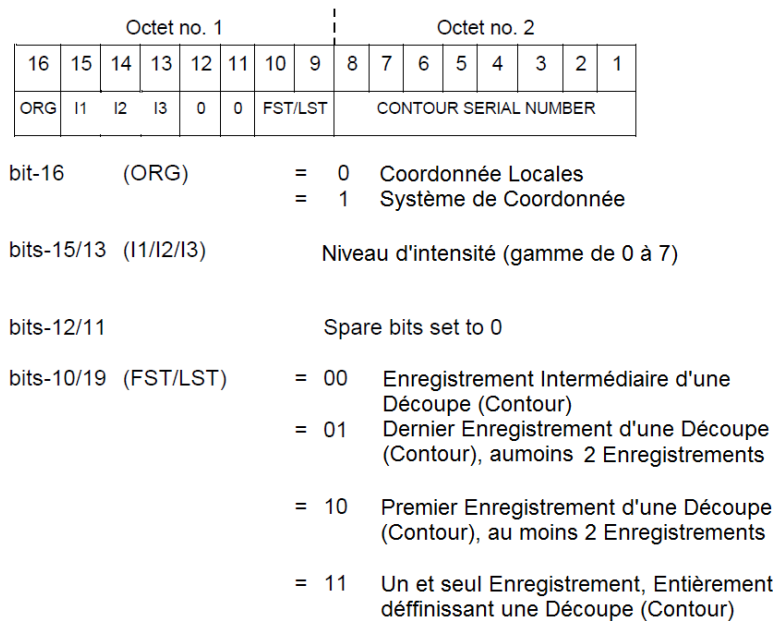


Figure III.4.8 : Article I008/040, Identificateur de Découpe

- **Article I008/050, Séquence des points de découpe dans la notation SPF**

Définition : Coordonnées cartésiennes d'un nombre variable de points définissant une découpe.

Format : Article réitéré d'Informations, commençant par un indicateur de répétition de champ d'un-octet (REP) indiquant le nombre de points consécutifs suivis par les coordonnées X et Y et de chaque point.

Structure :

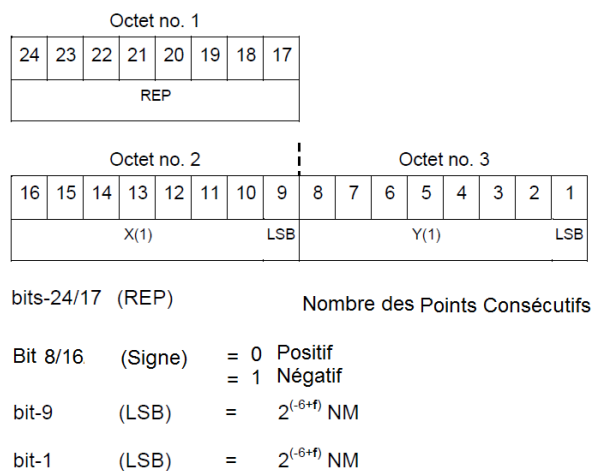


Figure III.4.9 : Article I008/050, Séquence des points de découpe dans la notation SPF

NOTES

1. f est un paramètre du message SOP.
2. Des valeurs négatives sont exprimées sous la forme de 2 compléments, bit-16 et bit-8 seront mise à 0 pour des valeurs positives et à 1 pour des valeurs négatives.

- **Article I008/110, Configuration De la Station**

Définition : information au sujet de l'utilisation et du statut de certains essentiels composants matériel d'un système radar.

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

Structure de la première partie :

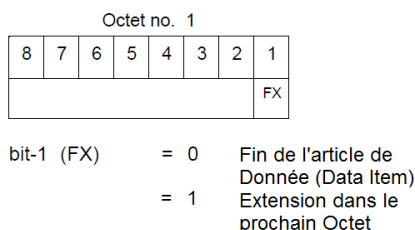


Figure III.4.12 : Article I008/110, Configuration De la Station

NOTE

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

- **Article I008/120, nombre total des articles constituant une image météo**

Définition : Le nombre total des vecteurs, points de découpe respective, constituant toute l'image météo, fourni avec le message EOP (End of Picture).

Format : article de longueur fixe de 2-octets.

Structure :

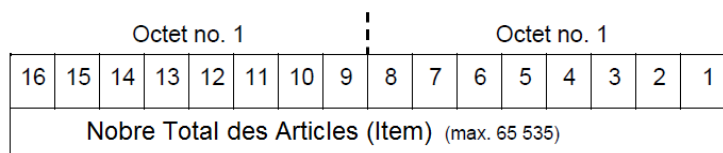


Figure III.4.13 : Article I008/120, nombre total des articles constituant une image météo

III.4.2.c Transmission des messages météos

III.4.2.c.1 Profil D'Application D'Utilisateur

La norme suivante UAP montrée dans le tableau sera employée pour la transmission d'information météo dérivée du monoradar :

FRN	N° Article de Donnée	Description	Longueur en Octet
1	I008/010	Identificateur source de donnée	2
2	I008/000	Type de Message	1
3	I008/020	Qualificateur Du Vecteur	1+
4	I008/036	Séquence des vecteurs cartésiens dans la notation SPF	(1 + 3xN)
5	I008/034	Séquence des Vecteurs Polaires dans la notation SPF	(1 + 4xN)
6	I008/040	Identificateur de Découpe	2
7	I008/050	Séquence des points de découpe dans la notation SPF	(1 + 2xN)
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-
8	I008/090	Temps de la journée	3
9	I008/100	Statut du Traitement	3+
10	I008/110	Configuration De la Station	1+
11	I008/120	nombre total des articles constituant une image météo	2
12	I008/038	Séquence de vecteur météo dans la notation SPF	(1 + 4xN)
13	-	Réservé pour l'indicateur SP (But Spécial)	-
14	-	Réservé pour l'indicateur RS (Séquençage RFS)	-
FX	-	Indicateur de Champ d'Extension	-

Tableau III.4.3 : UAP pour les Messages Météos

Où :

- la première colonne indique le FRN associé à chaque article utilisé dans l'UAP ;
- la quatrième colonne donne le format et la longueur de chaque article. Un numéro simple indique le compte d'octet d'un article de longueur constante, 1+ indique un article de longueur variable comportant une première partie de un-octet suivie des extensions de n-octets selon les besoins.

III.4.2.c.2 Utilisation des articles normalisés d'Informations

L'utilisation des articles normalisés dans les différents messages sera comme représentée dans le tableau.

Article de Donnée (Data Item)	Message de Contrôle		Message de Donnée			
	SOP	EOP	Séquence de Vecteur Cartésien	Séquence de Vecteur Météo	Séquence de Vecteur Polaire	Séquence des Points de la Découpe
I008/010	X	X	X	X	X	X
I008/000	X	X	X	X	X	X
I008/020			X	X	X	
I008/036			X			
I008/034					X	
I008/040						X
I008/050						X
I008/090	X	X				
I008/100	X					
I008/110	X	X				
I008/120		X				
I008/038				X		

Tableau III.4.4 : utilisation des Articles de donnée normalisés

III.4.2.c.3 Règles De Codage

- **Messages de données**

L'article I008/010 (Identificateur de la source d'Informations) est obligatoire et sera transmis dans chaque bloc de données, au moins dans le premier enregistrement d'une séquence d'enregistrements provenant de la même source d'informations.

La recommandation : *l'Identificateur de la source d'Informations devrait être transmis dans chaque Enregistrement.*

L'article I008/000 (type de message) est obligatoire et sera transmis dans chaque bloc de données, au moins dans le premier enregistrement d'une séquence d'enregistrements du même type.

L'article I008/020 (qualificateur de vecteur) est obligatoire pour chaque message de vecteur et sera toujours transmis.

L'article I008/036 (Séquence des vecteurs cartésiens dans la notation SPF) ou l'article I008/038 (Séquence des vecteurs météos dans la notation SPF) est obligatoire pour des images météos transmises en tant que vecteurs cartésiens et sera toujours transmis.

NOTE - La longueur de ces articles est respectivement $(1 + 3 \times n)$ et $(1 + 4 \times n)$ octets où n est le nombre de vecteurs transmis.

L'article I008/034 (Séquence des vecteurs polaires dans la notation SPF) est obligatoire pour des images météos transmises en tant que vecteurs polaires et sera toujours transmis.

NOTE - La longueur de cet article est $(1 + 4 \times n)$ octets où n est le nombre des vecteurs transmis.

L'article I008/040 (Identificateur de découpe) est obligatoire pour des images météos transmises comme séquence des points de découpe et sera toujours transmis.

NOTE - quand une séquence des points de découpe est répartie sur plus d'un enregistrement, cet article est transmis dans chaque enregistrement.

L'article I008/050 (Séquence des points de découpe) est obligatoire pour des images météos transmises comme points de découpe et sera toujours transmis.

Notes générales pour coder tous les messages de donnée

1. Pour des messages contenant un ordre des vecteurs cartésiens, les bits 5, 6 et 7 du champ FSPEC sont sans signification et misent à 0. Dans l'opération normale la longueur du FSPEC correspondante est de un octet Tableau.III.4.3.
2. Pour des messages contenant une séquence de vecteur polaire, les bits 4, 6 et 7 du champ FSPEC sont sans signification et misent à 0. Dans l'opération normale, la longueur du FSPEC correspondante est de un octet.
3. Pour des messages contenant une séquence des points de découpe, les bits 3, 4 et 5 du champ FSPEC sont sans signification et mise à 0. Dans l'opération normale, la longueur du FSPEC correspondante est de un octet.

• Les Messages de Contrôle

L'article I008/010 (Identificateur de la source de données) est obligatoire et sera toujours transmis.

L'article I008/000 (type de message) est obligatoire et sera toujours transmis.

NOTE - Cet article permet la distinction entre les enregistrements contenant des données météos et les enregistrements contenant des informations de contrôle.

L'article I008/090 (Temps de la journée) est facultatif dans des messages de contrôle. Quand il est utilisé, il sera transmis quand il est disponible.

NOTE - cet article permet de horodater les messages SOP et EOP à l'emplacement de la station radar. L'information temps codée sur trois octets, est la période d'un événement concernant le SOP ou EOP exprimé par le nombre de 1/128 s qui s'est écoulé depuis le dernier minuit.

L'article I008/100 (statut du traitement) est obligatoire dans les messages SOP seulement et sera toujours transmis.

Recommandation *bien que l'article I008/100 soit conçu comme article de longueur variable, il est possible que la plupart des applications limitent sa longueur à trois octets (c.-à-d. sa première partie). En raison de la diversité dans la conception de matériel et les exigences des stations radar, du codage et de l'interprétation de bits-19/17 (étape de réduction en service) et de bits-16/2 (traitant des paramètres) dans l'article I008/100 devrait être défini et mutuellement convenu par les utilisateurs concernés.*

L'article I008/110 (configuration de la station) est facultatif dans les deux messages de contrôle (SOP/EOP). Quand il est utilisé, il sera transmis seulement si au moins un bit du champ est mise à 1.

NOTE - cet article fournit des informations sur quelques composants matériels essentiels de la station radar. Son contenu, qui dépend de l'application, étant convenu entre les utilisateurs concernés.

Recommandation : *bien que l'article I008/110 soit conçu comme article de longueur variable, il est possible que la plupart des applications limitent sa longueur à un octet (c.-à-d. sa première partie). En raison de la diversité dans la conception de matériel et les exigences des stations de radar, du codage et de l'interprétation de l'article I008/110 devrait être défini et mutuellement convenu par les utilisateurs concernés.*

L'article I008/120 (nombre total des articles constituant une image météo) est obligatoire pour les messages EOP seulement et sera toujours transmis dans de tels messages.

Notes générales pour coder tous les messages de commande

1. Pour un message SOP, les Bits 3, 4, 5, 6, 7 et 11 du champ FSPEC sont sans signification et misent à zéro. La longueur maximum du FSPEC correspondante est deux octets Tableau III.4.3.
2. Pour un message EOP, les bits 3, 4, 5, 6, 7, et 9 du champ FSPEC sont sans signification et misent à zéro. La longueur maximum du FSPEC correspondante est deux octets.

Notes générales pour coder tous les articles normalisés

1. Bit-13 du FSPEC est réservé pour l'indicateur PS. Ceci permet la transmission d'un champ de longueur variable. Le contenu d'un tel champ étant mutuellement convenu entre les utilisateurs concernés, alors que ceux non concernés peuvent sauter les informations. Le premier octet contient la longueur de champ, y compris l'octet de longueur lui-même.
2. Bit-14 du FSPEC est réservé pour l'indicateur RFS. Ceci permet la transmission des articles standards dans n'importe quel ordre.
3. L'information spécifique non normalisée est transmise en utilisant le champ PS et non pas le champ RFS.

Chapitre IV

Traduction des Messages ASTERIX

Résumé

Dans ce chapitre on a pris quelques exemples de trame formées des deux protocoles HDLC (Couche N°2) et ASTERIX (Couche N°6) afin de déterminer les types de données radar échangées, et essayer de traduire ces données en langage aéronautique clair qui sera par la suite affiché sur les PPI (Plan Position Indicator) du Contrôleur Aérien.

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre on va décortiquer quelques exemples de messages ASTERIX pris des ordinateurs de contrôle de la station radar. Parmi ces exemples on va prendre les 3 catégories principales les plus fréquentes, c.-à-d. CAT001 (**Rapports Monoradar des Cibles**), CAT 002 (**Messages de Service du Monoradar**) et CAT 008 (**Information Météo Dérivée du Monoradar**).

Pour information ces exemples sont des messages en langage ASTERIX dans le protocole de communication HDLC affichés sur un écran ordinateur dans la salle de contrôle des machines par le biais d'un logiciel appelé **Frame Display**.

IV.2 Exemple de Message CAT001

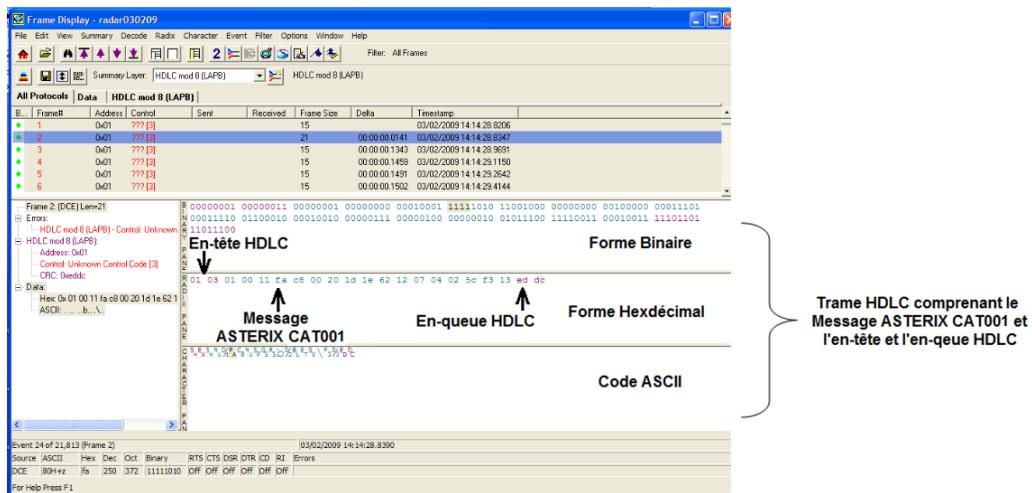


Figure IV.1 : Exemple Message CAT001

Dans cet exemple c'est une trame HDLC comprenant les éléments suivants :
 En-tête : 0000 0001 0000 0011 = 01 03 Hex champ adresse qui indique que c'est une opération de liaison simple du DTE (station secondaire) vers le DCE (station primaire).

En-queue : 0011 0100 1011 1001 = ED DC Hex champ FCS (Frame Check Sequence) est un champ de 16 bits calculé autour des champs Adresse, et données en utilisant des programmes de calcul au sein de l'émetteur HDLC. Une fois cette information à destination le récepteur HDLC compare cette information avec une autre générée à son niveau pour voir que la trame contient des erreurs ou pas.

Message Asterix : 01 00 11 FA C8 00 20 1D 1E 62 12 07 04 02 5C F3 13 =
 00000001 00000000 00010001 11111010 11001000 00000000 00100000 00011101
 00011110 01100010 00010010 00000111 00000100 00000010 01011100 11110011
 00010011

01 : Catégorie du message n°01 contenant les **Rapports Radar des Cibles**.

00 11 : longueur du bloc de donnée qui est de 17 octets.

FA : champ FSPEC (Field Specification) de 1 octet avec ses FRN (Field Reference Number) respective c-a-d :

FA : 11111010 : FRN [1 2 3 4 5 7] et d'après le Tableau III.2.2 on a les articles de données qui vont être transmis selon l'ordre évoqué dans ce tableau.
 C.-à-d. :

FRN [1] : article I001/010 : Identificateur de la source de donnée (2 octets).

FRN [2] : article I001/020 : Descripteur du Rapport de Cible (1+ octets).

FRN [3] : article I001/040 : Position mesurée dans les Coordonnées Polaires (4 octets).

FRN [4] : article I001/070 : Code Mode 3/A dans la représentation octale (2 octets).

FRN [5] : article I001/090 : Code Mode C dans la représentation binaire (2 octets).

FRN [7] : article I001/141 : Heure Tronquée (2 octets).

NOTE

- Dans le champ FSPEC puisque le dernier bit FX = 0 donc sa longueur est d'un seul octet et non pas deux.
- La longueur du bloc de donnée est 17 octets = champ CAT001 (1 octet) + champ Longueur (2 octets) + champ FSPEC (1 octet) + champ FRN [1] (2 octets) + champ FRN [2] (1 octets) + champ FRN [3] (4 octets) + champ FRN [4] (2 octets) + champ FRN [5] (2 octets) + champ FRN [7] (2 octets).

- C8 00 : FRN [1] : article I002/010 : Identificateur de la source de donnée (2 octets).
 C8 : c'est le SAC (Code de la région) de l'Algérie.
 00 : c'est le SIC (Code du Système Radar) de Dar El Baida.
- 20 : FRN [2] : article I001/020 : Descripteur du Rapport de Cible (1+ octets).
 Bit 8 (Type) = 0 : l'information transmise est un Plot.
 Bit 7 (Simulation) = 0 : Plot actuel et non une simulation.
 Bit 6-5 (SSP/PSR) = 10 : Détection à partir du radar secondaire seulement.
 Bit 4 (Antenne) = 0 : Rapport de cible de l'antenne n°1
 Bit 3 (SPI) = 0 : Pas de champ spéciale dans la trame.
 Bit 2 (RAB) = 0 : Pas de plot d'un transpondeur fixe.
 Bit 1 (FX) = 0 : Pas de champ d'extension.
- 1D 1E 62 12 : FRN [3] : article I001/040 : Position mesurée dans les Coordonnées Polaires (4 octets).
 1D 1E : représente $RHO = 7454 / 128 = 58 \text{ NM}$.
 62 12 : représente $THETA = 25106 * 0.0055^\circ = 138,083^\circ$
- 07 04 : FRN [4] : article I001/070 : Code Mode 3/A dans la représentation octale (2 octets). 0000 0111 0000 0100
 Bit 16 (V) = 0 : code valide.
 Bit 15 (G) = 0 : code non déformé (Not Garbled)
 Bit 14 (L) = 0 :
 Bit 13 = 0 : Bit supplément mise à 0
 Bit 1-12 = 0111 0000 0100 = 34 04 Octale : code d'identification d'aéronef pour les besoins Militaire/Civil
- 02 5C : FRN [5] : article I001/090 : Code Mode C dans la représentation binaire (2 octets).
 Bit 16 (V) = 0 : code valide.
 Bit 15 (G) = 0 : code non déformé (Not Garbled).
 Bit 1-14 = 0 : 00 0010 0101 1100 = 604 : Altitude du mode C qui est de $604 * 25 = 15100 \text{ ft} \approx \text{FL } 150$.
- F3 13 : FRN [7] : article I001/141 : Heure Tronquée (2 octets). Cet article permet l'application de d'information temps à l'information plot à l'emplacement site radar. Cette information de temps, codé en deux-octets, étant la période de détection d'un plot exprimé dans le temps UTC.
 F3 13 = $62227 / 128 \approx 486 \text{ s} \approx 8 \text{ mn}$

Conclusion du Message Cat 001

On voit un plot d'un avion réel non une simulation dans le secteur TMA Alger Centre détecté par le radar secondaire seulement.

Sa position est :

- Angle : $138,083^\circ$ par rapport au Nord de la station
- Distance : 58 NM de la station radar
- Altitude : 15100 ft \approx FL 150.
- Transpondeur : 34 04

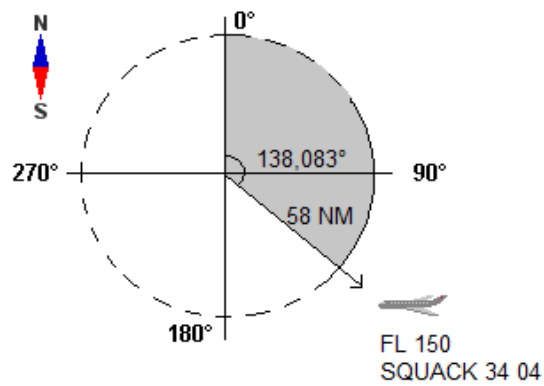


Figure IV.2 : Conclusion du Message Cat 001

IV.3 Exemple de Message CAT002

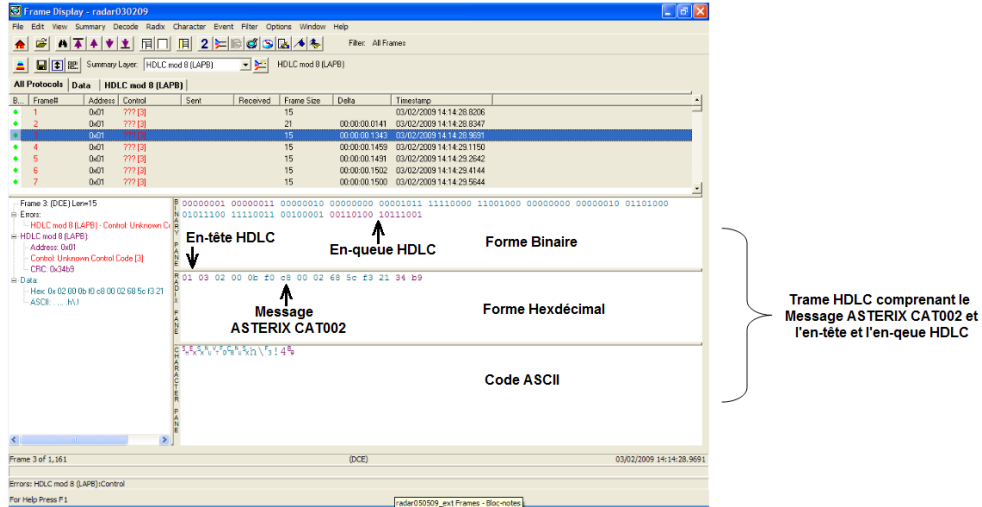


Figure IV.3 : Exemple Message CAT002

Dans cet exemple c'est une trame HDLC comprenant les éléments suivants :

En-tête : 0000 0001 0000 0011 = 01 03 Hex champ adresse qui indique que c'est une opération de liaison simple du DTE (station secondaire ou un équipement) vers le DCE (station primaire ou centrale).

En-queue : 0011 0100 1011 1001 = 34 B9 Hex champ FCS (Frame Check Sequence) est un champ de 16 bits calculé autour des champs Adresse, et données en utilisant des programmes de calcul au sein de l'émetteur HDLC. Une fois cette information à destination le récepteur HDLC compare cette information avec une autre générée à son niveau pour voir que cette information contient des erreurs ou pas.

Message Asterix : 02 00 0B F0 C8 00 02 68 5C F3 21 Hex = 00000010 00000000 00001011 11110000 11001000 00000000 00000010 01101000 01011100 11110011 00100001

02 : Catégorie du message n°02 contenant les données **Messages de Service du Monoradar**

00 0B : longueur du bloc de donnée qui est de 11 octets.

F0 : champ FSPEC (Field Specification) de 1 octet avec ses FRN (Field Reference Number) respective c-a-d :

F0 : 11110000 : FRN [1 2 3 4] et d'après le Tableau III.3.2 on a les articles de données qui vont être transmis selon l'ordre évoqué dans ce tableau. C.-à-d. :

FRN [1] : article I002/010 : Identificateur de la source de donnée (2 octets).

FRN [2] : article I002/000 : Type de Message (1 octets).

FRN [3] : article I002/020 : Numéro du Secteur (1 octets).

FRN [4] : article I002/030 : Temps (3 octets).

NOTE

- Dans le champ FSPEC puisque le dernier bit FX = 0 donc sa longueur est d'un seul octet et non pas deux.
- La longueur du bloc de donnée est 11 octets = champ CAT002 (1 octet) + champ Longueur (2 octets) + champ FSPEC (1 octet) + champ FRN [1] (2 octets) + champ FRN [2] (1 octets) + champ FRN [3] (1 octets) + champ FRN[4] (3 octets).

C8 00 : FRN [1] : article I002/010 : Identificateur de la source de donnée (2 octets).

C8 : c'est le SAC (Code de la région) de l'Algérie.
00 : c'est le SIC (Code du Système Radar) de Dar El Baida.

02 : FRN [2] : article I002/000 : Type de Message (1 octets). Il définit que c'est un Message de Croisement de Secteur (Sector crossing message).

68 : FRN [3] : article I002/020 : Numéro du Secteur (1 octets). Il définit le numéro du secteur qui est sur le point de commencer, ici c'est le secteur numéro : $104 * 1.41^\circ = 146,64^\circ$

5C F3 21 : FRN [4] : article I002/030 : Temps (3 octets). Temps de croisement du secteur d'antenne N°= $146,64^\circ$ qui est de $6091553/128 = 47590 \text{ s} = 13 \text{ h}$ temps UTC.

Conclusion du Message Cat 002

Message de de croisement de Secteur du radar CCR Alger qui est sur le point de commencer.

Son N° est $146,64^\circ$ à 13h temps universel UTC.

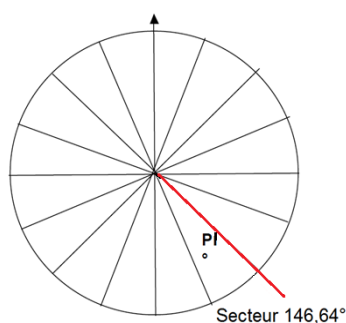


Figure IV.4 : Conclusion du Message Cat 002

IV.4 Exemple de Message CAT008

Message ASTERIX : 08 00 0B C1 40 C8 00 FE 38 00 00

08 : Catégorie Message N°08 informations Météos dérivées du Monoradar

00 0B : Longueur du bloc de donnée 11 octets

C1 40 : 1100 0001 0100 0000 champ FSPEC de 2 octets avec ses FRN respective FRN [1 2 9] et d'après le Tableau III.4.3 on a les articles de données qui vont être transmis :

- FRN [1] : article I008/010 : Identificateur de la source de donnée (2 octets).
- FRN [2] : article I008/000 : Type de message (1 octet).
- FRN [9] : article I008/100 : Statut du traitement (3+ octets).

C8 00 : FRN [1] : article I008/010 : Identificateur de la source de donnée (2 octets).

- C8 : c'est le SAC (Code de la région) de l'Algérie.
- 00 : c'est le SIC (Code du Système Radar) de Dar El Baida.

FE : FRN [2] : article I008/000 : Type de message (1 octet). Il définit que c'est un message Début d'image SOP.

38 00 00 : 0011 1000 0000 0000 0000 0000 FRN [9] : article I008/100 : Statut du traitement (3+ octets).

0011 1 : facteur de graduation $f=7$.

000 : opération normale

0000 0000 0000 0000 : pas de paramètre de traitement.

Conclusion du Message Cat 008

Message début d'un nouveau cycle de renouvellement des données météorologique appelé SOP (Start of Picture) qui indique une opération normale et le facteur de graduation $f=7$ utilisé pour calculer l'unité du bit du poids faible (LSB).

CONCLUSION

Cette étude est très intéressante dans la mesure où elle m'a permis en parallèle avec le stage pratique au Centre de Contrôle Régional CCR d'Alger d'aborder certains domaines d'étude d'une façon on peut dire profonde et qui ne sont pas inclus dans notre cycle de cours autant qu'ingénieur aéronautique.

En effet, car j'ai eu la chance de connaître les salles de contrôle du trafic aérien ainsi que la station radar qui sont considérés comme le noyau central de la gestion de l'espace aérien Algérien.

J'ai appris aussi à partir de mon sujet d'étude, l'importance de l'échange de communication entre la station radar et les centres de calcul terminaux. Cette dernière rendait plus facile la tâche de la maintenance de l'équipement Radar.

J'ai pu également grâce à ce stage de faire un pont entre la théorie et la pratique et bien comprendre le principe de fonctionnement de beaucoup de composants Radar, ainsi que les types de données échangées par ce dernier avec les différents terminaux et de voir leurs importances dans la recherche de panne.

En définitif, bien que conscients que dans mon étude je n'ai pas tout abordé, toute fois j'ai essayé de cerner l'essentiel en respectant le cadre de travail qui m'a été tracé et j'espère que j'ai effectué un volume de travail assez consistant.

Annexe

Annexe 1 Plages de fréquences

Nom de bande	Plage de fréquences	Longueurs d'onde	Commentaires
HF	3-30 MHz	10-100 m	Pour high frequency (haute fréquence). Utilisée par les radars côtiers et les radars "au-delà de l'horizon".
P	< 300 MHz	1 m+	Pour précédent : appliquée <i>a posteriori</i> aux radars primitifs
VHF	50-330 MHz	0.9-6 m	Pour very high frequency (très haute fréquence). Utilisée par les radars à très longue portée et par ceux à pénétration de sol.
UHF	300-1000 MHz	0.3-1 m	Pour ultra high frequency (ultra haute fréquence). Radars à très longue portée (ex. détection de missiles balistiques), pénétration de sol et de feuillage.
L	1-2 GH	15-30 cm	Pour long . Utilisée pour le contrôle aérien de longue portée et la surveillance aérienne, le GPS (et donc les radars passifs se basant dessus).
S	2-4 GHz	7.5-15 cm	Pour short (court). Utilisée par les radars de trafic aérien local, les radars météorologiques et navals.
C	4-8 GHz	3.75-7.5 cm	Compromis entre les bandes S et X pour les transpondeurs satellitaires et les radars météorologiques.
X	8-12 GHz	2.5-3.75 cm	Pour les radars météorologiques, les autodirecteurs de missiles, les radars de navigation, les radars à résolution moyenne de cartographie et la surveillance au sol des aéroports.
K _u	12-18 GHz	1,67-2,5 cm	Fréquence juste sous K (indice 'u' pour <i>under</i> en anglais) pour les radars de cartographie à haute résolution et l'altimétrie satellitaire.
K	18-27 GHz	1,11-1,67 cm	De l'Allemand kurz (court). Très absorbées par la vapeur d'eau, K _u et K _a sont utilisées pour la détection des gouttelettes de nuages en

			météorologie et dans les radars routiers (24.150 ± 0.100 GHz) manuels.
K _a	27-40 GHz	0.75-1.11 cm	Fréquence juste au-dessus de K (indice 'a' pour "above" en anglais) pour la cartographie, la courte portée, la surveillance au sol des aéroports, les radars routiers (34.300 ± 0.100 GHz) automatisés, et les radars anti-collision montés sur les voitures haut de gamme.
mm	40-300 GHz	1 - 7,5 mm	Bande millimétrique subdivisée en quatre parties :
Q	40-60 GHz	5 mm - 7,5 mm	Utilisée pour les communications militaires.
V	50-75 GHz	6.0 - 4 mm	Très fortement absorbée par l'atmosphère.
E	60-90 GHz	6.0 - 3,33 mm	
W	75-110 GHz	2.7 - 4.0 mm	Utilisée comme radar anti-collisions automobile et pour l'observation météorologique à haute résolution et de courte portée.

Annexe 2

Numéros de Port pour la couche 4 (Transport)

Numéros de port TCP réservés

Décimal	Mot-clé	Description
0		Réservé
1-4		Non attribué
5	RJE	Soumission de travaux à distance
7	ECHO	Écho
9	DISCARD	Abandon
11	USERS	Utilisateurs actifs
13	DAYTIME	Heure du jour
15	NETSTAT	Qui est actif ou NETSTAT
17	QUOTE	Citation du jour
19	CHARGEN	Générateur de caractères
20	FTP-DATA	Protocole FTP (données)
21	FTP	Protocole FTP
23	TELNET	Connexion en mode terminal
25	SMTP	Protocole SMTP
37	TIME	Heure du jour
39	RLP	Protocole RLP
42	NAMESERVER	Serveur de noms d'hôte
43	NICNAME	Qui est
53	DOMAIN	Serveur de noms de domaine
67	BOOTPS	Serveur de protocole Bootstrap
68	BOOTPC	Client de protocole Bootstrap
69	TFTP	Protocole TFTP
75		Tout service de sortie privé
77		Tout service RJE privé
79	FINGER	Finger
80	HTTP	Protocole HTTP
95	SUPDUP	Protocole SUPDUP
101	HOSTNAME	Serveur de noms d'hôte NIC
102	ISO-TSAP	ISO-TSAP
113	AUTH	Service d'authentification
117	UUCP-PATH	Service de chemin UUCP
123	NTP	Protocole NTP
133-159		Non attribué
160-223		Réservé
224-241		Non attribué
242-255		Non attribué

Numéros de port UDP réservés

Décimal	Mot-clé	Description
0		Réservé
1-4		Non attribué
5	RJE	Soumission de travaux à distance
7	ECHO	Écho
9	DISCARD	Abandon
11	USERS	Utilisateurs actifs
13	DAYTIME	Heure du jour
15	NETSTAT	Qui est actif ou NETSTAT
17	QUOTE	Citation du jour
19	CHARGEN	Générateur de caractères
20	FTP-DATA	Protocole FTP (données)
21	FTP	Protocole FTP
23	TELNET	Connexion en mode terminal
25	SMTP	Protocole SMTP
37	TIME	Heure du jour
39	RLP	Protocole RLP
42	NAMESERVER	Serveur de noms d'hôte
43	NICNAME	Qui est
53	DOMAIN	Serveur de noms de domaine
67	BOOTPS	Serveur de protocole Bootstrap
68	BOOTPC	Client de protocole Bootstrap
69	TFTP	Protocole TFTP
75		Tout service de sortie privé
77		Tout service RJE privé
79	FINGER	Finger
123	NTP	Protocole NTP
133-159		Non attribué
160-223		Réservé
224-241		Non attribué
242-255		Non attribué

A.2.6 La Catégorie 009, Données Météos Dérivées des Multi capteurs :

Ceci permet la transmission des images météo 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.

A.2.7 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 données est unidirectionnel de la station radar Mode-S au système(s) utilisateur.

A.2.8 catégorie 030, échange 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 (ATC Radar Tracker and Server) 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.

A.2.9 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.

A.2.10 la catégorie 032, l'information fournie par les utilisateurs au 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. l'addition d'information supplémentaire (par exemple information relative au plan de vol) aux tracés de radar d'ARTAS.

A.2.11 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.

A.2.12 la 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.

A.2.14 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.

A.2.15 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.

Annexe 4**Liste des SICs des pays de l'Europe****Table B-1 - System Identification Codes for The Netherlands**

SIC (Decimal)	Radar Data Source	Radar Type	Code (Binary)
Civil Radars			
000	Herwijnen, main	PSR/MSSR	0000 0000
001	Herwijnen, standby	SSR	0000 0001
002	Herwijnen	Weather Radar	0000 0010
010	Den Helder	MSSR	0000 1010
020	Schiphol TAR4	PSR/MSSR	0001 0100
021	Schiphol TAR1	SSR	0001 0101
030	Eelde	MSSR	0001 1110
040	Beek	PSR/SSR	0010 1000
Processing Systems			
060	ARTAS - APP on AAA-Ian		0011 1100
070	ARTAS - ACC on AAA-Ian		0100 0110
080	ARTAS - OPERATIONAL		0101 0000
090	ARTAS - TEST		0101 1010
100	Weather Processor - ACC (future replacement of RSAP 002/075)		0110 0100
101	Weather Processor - APP (future replacement of RSAP 002/065)		0110 0101
Military Radars			
150	Nieuw Milligen	PSR/MSSR (3D)	1001 0110
160	Wier	PSR/MSSR (3D)	1010 0000
UAC Maastricht			
240	MADAP ONL		1111 0000
241	MADAP STB		1111 0001

Table B-2 - System Identification Codes for Belgium

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
001	Brussels	TAR	0000 0001
002	Brussels	MSSR	0000 0010
003	Bertem		0000 0011
004	Bertem		0000 0100
005	Saint Hubert		0000 0101
006	Saint Hubert		0000 0110

Table B-3 - System Identification Codes for France

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
000	Orly	Mode S Ex	0000 0000
001	Chaumont - Cirfontaines	MSSR	0000 0001
002	Tours - Monthodon	MSSR	0000 0010
003	Auch - Lias	MSSR	0000 0011
004	Grenoble - Fours	MSSR	0000 0100
005	Mont Ventoux	MSSR	0000 0101
006	Bordeaux - Lestiac	MSSR	0000 0110
007	Paris Sud - Palaiseau	MSSR	0000 0111
008	Grasse - Le Haut Montet	MSSR	0000 1000
009	Paris Nord - Coubron	MSSR	0000 1001
016	Bretagne	MSSR	0001 0000
017	Limoges - Mont de Blond	MSSR	0001 0001
018	Le Grand Ballon	MSSR	0001 0010
019	Avranches - Gathemo	MSSR	0001 0011
020	Boulogne - Vaudrigheim	MSSR	0001 0100
021	Nevers - Le Télégraphe	MSSR	0001 0101
022	Mont Incudine	MSSR	0001 0110
023	Montpellier - Les Plans	MSSR	0001 0111
024	Biarritz - Artzamendi	MSSR	0001 1000
025	La Roche sur Yon - Saint Michel Mont Mercure	MSSR	0011 1001
032	Rouen	Mode S Ex	0010 0000
048	Nice	PSR	0011 0000
049	Toulouse	PSR	0011 0001
050	Lyon	PSR	0011 0010
051	Bordeaux	PSR	0011 0011
052	Marseille	PSR	0011 0100
053	Bâle	PSR	0011 0101
054	Orly	PSR	0011 0110
055	Roissy	PSR	0011 0111
056	Roissy	PSR	0011 1000
057	Strasbourg STAR 2000	PSR	0011 1001

NOTE - Mode S Ex represents Mode S Experimental

Table B-4 - System Identification Codes for Spain

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
Radars in Terminal Areas			
001	Madrid 1	PSR/SSR	0000 0001
002	Madrid 2	PSR/MSSR	0000 0010
003	Santiago	PSR/MSSR	0000 0011
065	Málaga	PSR/MSSR	0100 0001
066	Sevilla	PSR/MSSR	0100 0010
129	Barcelona	PSR/MSSR	1000 0001
130	Valencia	PSR/MSSR	1000 0010
131	Palma de Mallorca	PSR/SSR	1000 0011
193	Gran Canaria	PSR/MSSR	1100 0001
194	Tenerife Sur	PSR/MSSR	1100 0010
197	Lanzarote	MSSR	1100 0101
Radars in En-Route Airspace			
004	Alcolea	SSR	0000 0100
005	Cancho Blanco	SSR	0000 0101
006	Espiñeiras	SSR	0000 0110
007	Solórzano	MSSR	0000 0111
008	Valdespina	SSR	0000 1000
009	Villanubla	MSSR	0000 1001
010	As Pontes	MSSR	0000 1010
011	Monflorite	MSSR	0000 1011
067	El Judío	SSR	0100 0011
132	Begas	MSSR	1000 0100
133	Randa	SSR	1000 0101
134	Sierra Espuña	MSSR	1000 0110
135	Turrillas	MSSR	1000 0111
195	Peñas del Chache	SSR	1100 0011
196	Isla de La Palma	SSR	1100 0100

Table B-5 - System Identification Codes for Italy

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
001	Monte Lesima	PSR/MSSR	0000 0001
002	Lambro	PSR/MSSR	0000 0010
003	Peschiera	PSR/MSSR	0000 0011
004	Ravenna	PSR/MSSR	0000 0100
005	Poggio Lecceta	PSR/SSR	0000 0101
006	Fiumicino 33K (OPS)	PSR/MSSR	0000 0110
007	Maccarese 44K (OPS)	PSR/MSSR	0000 0111
008	Monte Codi	PSR/SSR	0000 1000
009	Monte Stella	PSR/SSR	0000 1001
010	Brindisi Casale	PSR/SSR	0000 1010
011	Masseria Orimini	PSR/MSSR	0000 1011
012	Ustica	PSR/SSR	0000 1100
013	Palermo 33A	PSR/SSR	0000 1101
014	Fiumicino 33K (PSA)	PSR/MSSR	0000 1110
015	Maccarese 44K (PSA)	PSR/MSSR	0000 1111
Air Traffic Control Centres			
128	Milano CRAV		1000 0000
129	Padova CRAV		1000 0001
130	Brindisi CRAV		1000 0010
131	Roma CRAV (OPS)		1000 0011
132	ROMA CRAV (PSA)		1000 0100

Table B-6 - System Identification Codes for Switzerland

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
000	Lägern	PSR/MSSR	0000 0000
001	Cointrin main	MSSR	0000 0001
002	Holberg	MSSR	0000 0010
003	La Dôle	PSR/MSSR	0000 0011
006	TG	MSSR	0000 0110
011	Cointrin aux.	MSSR	0000 1011
012	Holberg aux.	MSSR	0000 1100

Table B-7 - System Identification Codes for United Kingdom

SIC (Decimal)	Radar Data System
Plot Extracted Radar Data Services¹⁾	
001 to 003	St. Annes
004 to 007	Allans Hill
008 to 011	Clee Hill
012 to 015	Mt. Gabriel
016 to 020	Lowther Hill
021 to 024	Abbotsinch
025 to 028	Northern North Sea
029 to 032	Irish Sea
033 to 036	Ventnor
037 to 040	Debden
041 to 044	Claxby
045 to 048	Heathrow
049 to 052	Pease Pottage
053 to 056	Great Dun Fell
057 to 060	TSF (TEE)
061 to 064	RSRE
065 to 068	Cromer
069 to 072	Sumburgh
073 to 076	Saxa Vord
077 to 080	Stornoway
081 to 085	Burrington
086 to 090	Aberdeen
091 to 094	Jersey
095 to 098	Tiree
099 to 100	Guernsey
¹⁾ Spare codes have been allocated, to cater for future requirements	

Table B-7 (continued) - System Identification Codes for United Kingdom

SIC (Decimal)	Airport Operators	Code (Binary)
120	Edinburgh (Provisional)	0111 1000
130	Gatwick Primary / SSR only or combined	1000 0010
131	Gatwick Assigned Mode : Pease Pottage	1000 0011
132	Gatwick Assigned Mode : Heathrow	1000 0100
140	Glasgow Primary / SSR only or combined	1000 1100
141	Glasgow Assigned Mode : Lowther Hill	1000 1101
150	Heathrow Primary / SSR only or combined	1001 0110
151	Heathrow Assigned Mode : Heathrow Control	1001 0111
153	Heathrow Assigned Mode : Pease Pottage	1001 1001
154	Heathrow Assigned Mode : Debden	1001 1010
160	Manchester Head No. 1 Primary / SSR or combined	1010 0000
161	Manchester Head No. 1 Assigned Mode : St Annes	1010 0001
162	Manchester Head No. 1 Assigned Mode : Clee Hill	1010 0010
163	Manchester Head No. 1 Assigned Mode : Head 2	1010 0011
164	Manchester Head No. 2 Primary / SSR or combined	1010 0100
165	Manchester Head No. 2 Assigned Mode : St Annes	1010 0101
166	Manchester Head No. 2 Assigned Mode : Clee Hill	1010 0110
167	Manchester Head No. 2 Assigned Mode : Head 1	1010 0111
170	Stansted Primary / SSR or combined	1010 1010
171	Stansted Assigned Mode : Debden	1010 1011
172	Stansted Assigned Mode : Heathrow	1010 1100
180	TSF Primary / SSR only or combined	1011 0100
181	TSF Assigned Mode : TSF (RRP)	1011 0101
182	TSF Assigned Mode : Pease Pottage	1011 0110
183	TSF Assigned Mode : Heathrow	1011 0111
190	Belfast (Provisional)	1011 1110

Table B-7 (concluded) - System Identification Codes for United Kingdom

SIC (Decimal)	Radar Data System	Code (Binary)
Air Traffic Control Centres		
	London	
200	Operational RMCDS A	1100 1000
201	Operational RMCDS B	1100 1001
	NERC	
205	Operational RMCDS A	1100 1101
206	Operational RMCDS B	1100 1110
207	TDU RMCDS A	1100 1111
208	TDU RMCDS B	1101 0000
210	Manchester	1101 0010
215	Scottish	1101 0111
220	New Scottish	1101 1100
	NERC Internal	
225	Operational Multi Radar Processor	1110 0001
226	TDU Multi Radar Processor	1110 0010
227	TDU Scenario Simulator	1110 0011

Table B-8 - System Identification Codes for Norway

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
002	Tromso - Channel 0	MSSR	0000 0010
003	Tromso - Channel 1	MSSR	0000 0011
004	Haukåsen - Channel 0	PSR/MSSR	0000 0100
005	Haukåsen - Channel 1	PSR/MSSR	0000 0101
006	Bodo - Channel 0	MSSR	0000 0110
007	Bodo - Channel 1	MSSR	0000 0111
008	Bodo - TAR - Channel 0	TAR	0000 1000
009	Bodo - TAR - Channel 1	TAR	0000 1001
010	Vega - Channel 0	MSSR	0000 1010
011	Vega - Channel 1	MSSR	0000 1011
012	Tolga - Channel 0	MSSR	0000 1100
013	Tolga - Channel 1	MSSR	0000 1101
014	Vaernes - Channel 0	TAR	0000 1110
015	Vaernes - Channel 1	TAR	0000 1111
016	Evje - Channel 0	MSSR	0001 0000
017	Evje - Channel 1	MSSR	0001 0001
018	Ålesund - Channel 0	MSSR	0001 0010
019	Ålesund - Channel 1	MSSR	0001 0011
020	Mobile Radar	MSSR	0001 0100
022	Flesland - Channel 0	MSSR	0001 0110
023	Flesland - Channel 1	MSSR	0001 0111
024	Gullfaks C - Channel 0	SSR	0001 1000
025	Gullfaks C - Channel 1	SSR	0001 1001
026	Gardermoen	TAR	0001 1010
027	Gardermoen	TAR	0001 1011
028	Stavanger - Channel 0	TAR	0001 1100
029	Stavanger - Channel 1	TAR	0001 1101
Processing Systems			
128	Oslo - ATCC - RDPA		1000 0000
129	Oslo - ATCC - RDPB		1000 0001

Table B-9 - System Identification Codes for Germany

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
Airport Radars			
001	Hamburg	PSR/MSSR	0000 0001
002	Bremen	PSR/MSSR	0000 0010
003	Hannover	PSR/MSSR	0000 0011
004	Berlin Tegel	PSR/MSSR	0000 0100
005	Berlin Schönefeld	PSR/MSSR	0000 0101
006	Münster - Osnabrück	PSR/MSSR	0000 0110
007	Leipzig	PSR/MSSR	0000 0111
008	Düsseldorf	PSR/MSSR	0000 1000
009	Dresden	PSR/MSSR	0000 1001
010	Köln/Bonn	PSR/MSSR	0000 1010
011	Frankfurt Nord	PSR/MSSR	0000 1011
012	Frankfurt Süd	PSR/MSSR	0000 1100
013	Nürnberg	PSR/MSSR	0000 1101
014	Stuttgart	PSR/MSSR	0000 1110
015	München Nord	PSR/MSSR	0000 1111
016	München Süd	PSR/MSSR	0001 0000
Long Range Radars			
032	Boostedt	MSSR	0010 0000
033	Wanna	PSR/MSSR	0010 0001
034	Neubrandenburg	MSSR	0010 0010
035	Schmocksberg	PSR/MSSR	0001 0011
036	Deister	PSR/MSSR	0010 0100
037	Auersberg	PSR/MSSR	0010 0101
038	Lüdenscheid	MSSR	0010 0110
039	Neunkirchen	PSR/MSSR	0010 0111
040	Mittersberg	MSSR	0010 1000
041	Pfälzer Wald	MSSR	0010 1001
042	Grosshager Forst	PSR/MSSR	0010 1010
043	Gosheim	MSSR	0010 1011
048	Götzenhaim	Mode-S + stand alone MSSR	0011 0000
Monitoring and Control			
061	WAST Bremen		0011 1101
062	WAST Berlin		0011 1110
063	WAST Düsseldorf		0011 1111
064	WAST Frankfurt		0100 0000
065	WAST München		0100 0001
255	Test		1111 1111
NOTE - WAST = Wartungsstützpunkte			

Table B-10 - System Identification Codes for Ireland

SIC (Decimal)	Radar Data System		Radar Type	Code (Binary)
000	Dooncarton	Channel A	MSSR	0000 0000
001	Dooncarton	Channel B	MSSR	0000 0001
002	Dublin Head 1	Channel A	PSR/MSSR	0000 0010
003	Dublin Head 1	Channel B	PSR/MSSR	0000 0011
004	Dublin Head 2	Channel A	PSR/MSSR	0000 0100
005	Dublin Head 2	Channel B	PSR/MSSR	0000 0101
006	Woodcock Hill	Channel A	MSSR	0000 0110
007	Woodcock Hill	Channel B	MSSR	0000 0111
008	Shannon	Channel A	PSR/MSSR	0000 1000
009	Shannon	Channel B	PSR/MSSR	0000 1001
010	Cork	Channel A	PSR	0000 1010
011	Cork	Channel B	PSR	0000 1011
012	Mt Gabriel Hd 1	Channel A	MSSR	0000 1100
013	Mt Gabriel Hd 1	Channel B	MSSR	0000 1101
014	Mt Gabriel Hd 2	Channel A	MSSR	0000 1110
015	Mt Gabriel Hd 2	Channel B	MSSR	0000 1111

Table B-11 - System Identification Codes for Austria

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
000	Linz	TAR	0000 0000
001 to 006	Reserved for military radar-heads		
007	Salzburg	TAR	0000 0111
008	Koralpe	MRR	0000 1000
009	Buschberg	MRR	0000 1001
010	Feichtberg	MRR	0000 1010
011	Vienna - Schwechat	TAR	0000 1011
012	Graz	TAR	0000 1100
013	Reserved for MRR Roßkofol (planned)		0000 1101
014	Reserved for Innsbruck (planned)		0000 1110
015 to 031	Reserved for other ATC-radars or channels		
032 to 127	Reserved for other direct data sources		
128 to 255	Reserved for Data Processing Systems, WAN-nodes and channels within (to be defined later)		

Table B-12 - System Identification Codes for Denmark

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
000	Multi Radar Tracking	CATCAS MRT	0000 0000
005	Kastrup	PSR/MSSR	0000 0101
010	Roskilde	PSR/MSSR	0000 1010
011	Weather Channel	Weather Channel	0000 1011
015	Esbjerg	MSSR	0000 1111
020	Aalborg	PSR/SSR	0001 0100
025	Skrydstrup	PSR/SSR	0001 1001
030	Skagen	PSR/SSR	0001 1110
035	Tirstrup	PSR/MSSR	0010 0011
Processing Systems			
050	CATCAS		0011 0010
060	ARTAS - DK		0011 1100
070	Weather Processor		0100 0110

Table B-13 - System Identification Codes for the Republic of Slovenia

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
000	Brnik - Channel A	TAR/MSSR	0000 0000
001	Brnik - Channel B	TAR/MSSR	0000 0001
002	Reserved for LR - Channel A	PSR/MSSR	0000 0010
003	Reserved for LR - Channel B	PSR/MSSR	0000 0011
004	Ljubljana	RMCDE - A	0000 0100
005	Ljubljana	RMCDE - B	0000 0101
006	Ljubljana	RDPS - A	0000 0110
007	Ljubljana	RDPS - B	0000 0111
008/010	Reserved for Military Radars		
011/012	Reserved for Weather Radars		

Table B-14 - System Identification Codes for Portugal

SIC (Decimal)	Radar Data System	Radar Type	Code (Binary)
001	Montejunto	TAR	0000 0001
002	Lisbon		0000 0010
003	Foia		0000 0011
004	Porto Santo		0000 0100
Processing Systems			
005	Lisbon - RDP 1st Chain		0000 0101
006	Lisbon - RDP 2nd Chain		0000 0110
230	Recording Subsystem		1110 0110
231	Recording Subsystem		1110 0111
250	Faro System		1111 1010
251	Faro - RDP 1st Chain		1111 1011
252	Faro - RDP 3rd Chain		1111 1100
253	RASS1 (Evaluation Tool)		1111 1101
254	RASS2 (Evaluation Tool)		1111 1110

BIBLIOGRAPHIE

Références

-  Manuel Technique de l'équipement ATC33S_DPC
(émetteur 10kw).
-  Manuel Technique de l'équipement Récepteur
ATC33S_DPC.
-  Manuel Technique de l'équipement Récepteur
d'Intérogation Secondair Monopulse SIR-M.
-  EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF
AIR NAVIGATION
-  EUROCONTROL STANDARD DOCUMENT FOR RADAR
DATA EXCHANGE
-  TRH C.S.C.I. COURSE
-  Cours Certification Cisco CCNA Fr
-  Les cites Internet :

www.radartutorial.eu

www.eurocontrol.int

fr.wikipedia.org