



LICENCE
Electronique Télécommunication et Informatique
(ETI)

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

Implémentation du protocole AX25

Réalisé Par :

Salim Mohammed

Encadré par :

Pr M. Hicham Ghennioui

Soutenu le 14 Juin 2012 devant le jury

Pr M. Farid Abdi

Pr M. Mohcine Razi

Résumé

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'étude réalisé au sein de la FST.

Il consiste à l'étude et la réalisation d'une implémentation de protocole AX25 pour assurer une transmission des données fiable et plus active.

Ce projet à deux objectifs,

Le premier objectif est de faire une étude technique du protocole de communication AX25.

Le deuxième objectif est de réaliser une application reproduisant le fonctionnement de ce protocole.

Table de matière

| | |
|--|----|
| Chapitre 1 : Gestion de projet | 9 |
| 1-1 Contexte et objectif | 9 |
| 1-2 Spécification de besoin de projet | 9 |
| 1 -2-1 Spécifications fonctionnelles de projet | 9 |
| 1-2-2 Spécifications techniques de projet | 9 |
| 1-3 OBS : Structure organisationnelle de projet..... | 9 |
| 1-4 WBS : Structure de découpage de projet..... | 10 |
| 1-5 Calendrier | 10 |
| Chapitre 2 : étude bibliographique des radioamateurs, paquet radio, et satellite robusta | 12 |
| 2-1 Les radioamateurs | 12 |
| 2-1-1 Définition de l'union internationale des télécommunications..... | 12 |
| 2-1-2 Définition d'un radioamateur | 12 |
| 2-1-3 Service d'amateurs par satellite | 12 |
| 2-1-4 Service radioamateur | 12 |
| 2-1-5 Les radioamateurs dans le monde..... | 12 |
| 2-1-6 Examen de licence | 13 |
| 2-1-7 Indicatifs radioamateur | 13 |
| 2-1-8 Matériel radio..... | 13 |
| 2-1-9 Antennes | 15 |
| 2-1-10 Satellites radioamateurs | 15 |
| 2-1-11 Code <<Q>> | 16 |
| 2-1-12 Relais terrestre..... | 17 |
| 2-2 Paquets radio..... | 18 |
| 2-2-1 Définition..... | 18 |
| 2-2-2 Configuration de station | 18 |
| 2-2-3 Couches réseaux | 18 |
| 2-2-4 Couches physiques : le modem et le canal radio..... | 18 |
| 2-3 Satellite robusta..... | 19 |
| 2-3-1 Description du satellite | 19 |
| 2-3-2 Gestions de l'énergie | 20 |
| 2-3-3 Fonctionnement du Robusta | 21 |

| | |
|---|----|
| 2-3-4 Description du segment sol | 22 |
| Chapitre 3: Protocole AX25 | 24 |
| 3-1 Domaine et champ d'application..... | 24 |
| 3-2 Structure de la trame | 24 |
| 3-2-1 Champ fanion..... | 25 |
| 3-2-2 Champ adresse..... | 25 |
| 3-2-2-1 Définition..... | 25 |
| 3-2-2-2 Codage de champ adresse..... | 25 |
| 3-2-2-3 Codage du sous-champ destination | 26 |
| 3-2-3 Champ PID | 30 |
| 3-2-4 Champ contrôle | 29 |
| 3-2-4-1 Champ contrôle des trames non numérotés..... | 29 |
| A) Commande SABM (Set Asynchrones Balanced Mode) | 30 |
| B) Commande DISC (Disconnect) | 30 |
| C) Réponse FRMR (Frame Reject) | 30 |
| D) Réponse UA (Unnumbered Acknowledge)..... | 31 |
| E) Réponse DM (Disconnect Mode)..... | 31 |
| 3-2-4-2 Champ contrôle des trames de supervision | 31 |
| A) Commande et réponse RR (Receive Ready) | 31 |
| B) Commande et réponse RNR (<i>Receive not Ready</i>) | 31 |
| C) Commande et réponse REJ (<i>Reject</i>) | 32 |
| 3-2-4-3 Champ contrôle des trames information | 32 |
| 3-2-5 Champ FCS..... | 32 |
| Chapitre 4: contributions et réalisations | 35 |
| 4-1 Champ fanion et champ PID | 35 |
| 4-2 Champ adresse | 35 |
| 4-2-1 Implémentation d'adresse destination | 35 |
| 4-2-2 Implémentation d'adresse source | 36 |
| 4-3 Champ FCS..... | 36 |
| 4-4 Champ contrôle | 38 |

Liste des tableaux

| | |
|--|---------|
| Tableau 1 : Spécifications fonctionnelles de projet..... | page 9 |
| Tableau 2 : Spécifications techniques de projet..... | page 9 |
| Tableau 3 : WBS, structure de découpage de projet..... | page 10 |
| Tableau 4: Liste du radio amateurs dans le monde | page 13 |
| Tableau 5 : Composition de la trame U et S | page 25 |
| Tableau 6 : Composition de la trame I..... | page 25 |
| Tableau 7 : Champ adresse | page 26 |
| Tableau 8 : Codage de sous champ destination | page 27 |
| Tableau 9 : Codage commande de réponse | page 28 |
| Tableau 10: Codage de champ PID | page 29 |
| Tableau 11 : Champ contrôle des trames U..... | page 30 |
| Tableau 12 : Champ contrôle des trames S | page 31 |
| Tableau 13 : Champ information..... | page 32 |
| Tableau 14 : Polynôme génératrice..... | page 33 |

Liste des figures

| | |
|--|---------|
| Figure 1 : Un émetteur-récepteur radioamateur moderne..... | page 14 |
| Figure 2 : Antenne multi bande de type Yagi | page 15 |
| Figure 3 : Antenne orientable pour trafic satellite | page 16 |
| Figure 4 : Relais en montagne | page 17 |
| Figure 5 : Satellite robusta | page 19 |
| Figure 6 : Cellule solaire et structure mécanique | page 19 |
| Figure 7 : Les composants de satellite robusta | page 20 |
| Figure 8 : Les cartes constituant le satellite robusta | page 20 |
| Figure 9 : Architecture électrique de robusta | page 22 |
| Figure 10 : Architecture de segment sol | page 22 |
| Figure 11 : Registre à décalage | page 34 |

Abréviations et glossaire

ADCCP :Advanced Data Circuit-terminating Equipment.
AM : Analog Modulation.
BBS :Bulletin Bord System.
BLU : Bande Latérale Unique.
CAN : Convertisseur Analogique Numérique.
CCITT : Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique.
CRC : Cyclical Redundancy Check.
DCE: Data Communication equipment.
DTE : Data terminating Equipment .
DISC : Disconnect.
DM : Disconnect Mode.
FCS :Frame Check Sequence.
FM : Frequency Modulation.
FRMR : Frame Reject.
HDLC : High Level Data Link Control.
IUT : Union Internationales Des Télécommunications.
IRDA : Infrared Data Association.
OSI : Open Systems Interconnection.
PID : Protocol Identifier.
REJ : Reject.
RNR : Receive Not Ready.
RR : Receive Ready.
SABM : Set Asynchronous Balanced Mode.
SABME : Set Asynchronous Balanced Mode.
SAP : Service Access Point.
SWL : Short Wave Listener.
TNC : Terminal Node Controller.
UA : Unnumbered Acknowledgement.
USB : Universal Serial Bus.
VHF : Very High Frequency.

Introduction générale

Le développement d'un pays est fondé sur la démocratisation de l'accès à l'information, les connaissances, la maîtrise et la diffusion de l'information au double titre de la quantité et de la qualité, les services radio qui ont connu un développement spectaculaire au début des années quatre vingt dix, constituent un moyen incontournable pour accéder à l'information, et pour lier les savoirs locaux aux savoirs mondiaux en réhabilitant les langues et les modes d'expression.

Le protocole AX.25 ("Amateur X.25") est utilisé dans les transmissions de données par radio en mode paquet (paquet radio), surtout par les radioamateurs, qui jouent un grand rôle dans le développement des techniques d'intercommunication.

Un premier objectif de ce travail consiste à faire une étude technique approfondie de protocole de communication AX25 et de traiter le système de communication. En particulier les raisons radioamateurs et le microsatellite Robusta.

Un second objectif est de réaliser un modèle de simulation intégrant le protocole de communication AX25.

Le document est organisé de la façon suivante,

- le premier chapitre définit la gestion de projet, en donnant une idée générale sur les spécifications fonctionnelles et techniques de projet,
- le second chapitre est consacré pour définir bibliographiquement, les radioamateurs, le paquet radio et enfin le microsatellite Robusta,
- le troisième chapitre garantit une définition générale du protocole de communication AX25,
- le quatrième chapitre présente des différentes simulations des fonctions implémentées sous MATLAB.

Chapitre 1 : Gestion de projet

1-1 Contexte et objectif

Le travail a pour objectif de faire une étude technique et la réalisation d'une application reproduisant le fonctionnement de protocole de communication AX25.

Cette application est réalisée sous MATLAB, ayant les fonctionnalités suivantes,

- transmission fiable des données entre deux terminaux,
- réception et émission des données sur divers lien de communication,
- et description des systèmes en mode équilibré (considère les deux extrémités identique).

1-2 Spécification de besoin de projet

1-2-1 Spécifications fonctionnelles de projet

| Exigence fonctionnelles | Description |
|-------------------------|--|
| Ef-1 | Service fiable de transmission de données entre deux terminaux |
| Ef-2 | Capable d'émettre et de recevoir des données sur divers liens de communication |
| Ef-3 | Etablissement de plusieurs connexions par appareil |

Tableau 1 : spécifications fonctionnelles de projet

1-2-2 Spécifications techniques de projet

| Exigence technique | Description |
|--------------------|---|
| Et-1 | Débits typique vont de 300 bauds à 9600 bauds |
| Et-2 | Utilise l'indicatif radio du propriétaire de la machine : numéro étendu de 0 à 15 |

Tableau 2 : spécifications technique de projet

1-3 OBS : Structure organisationnelle de projet

Encadré par :
Pr. Hicham
ghennioui

Réalisé par :

Salim Mohammed

1-4 WBS : Structure de découpage de projet

| Intitulé | Contenu succinct |
|---|-------------------------------------|
| Partie 1 : gestion de projet | Management projet |
| Partie 2 : étude bibliographique <i>Réseaux radioamateurs</i> <i>Service paquet radio</i> <i>Satellite robusta</i> | Rapport d'études bibliographique |
| Partie 3 : implémentations | Simulation |

Tableau 3 : WBS : structure de découpage de projet

1-5 Calendrier

| | | |
|----------|------------|---|
| Lundi | 23/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Mardi | 24/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Mercredi | 25/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Jeudi | 26/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Vendredi | 27/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Samedi | 28/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Lundi | 30/04/2012 | Etude bibliographique de protocole AX25 |
| Mardi | 01/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Mercredi | 02/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Jeudi | 03/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Vendredi | 04/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Samedi | 05/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Lundi | 07/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Mardi | 08/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |

| | | |
|----------|------------|--|
| Mercredi | 09/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Jeudi | 10-05-2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Vendredi | 11/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Samedi | 12/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Lundi | 14/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Mardi | 15/05/2012 | Implémentation de protocole AX25 |
| Mercredi | 16/05/2012 | Etude des réseaux radioamateurs |
| Jeudi | 17/05/2012 | Etude des réseaux radioamateurs |
| Vendredi | 18/05/2012 | Etude des réseaux radioamateurs |
| Samedi | 19/05/2012 | Etude des réseaux radioamateurs |
| Lundi | 21/05/2012 | Etude des réseaux radioamateurs |
| Mardi | 22/05/2012 | Etude de satellite Robusta |
| Mercredi | 23/05/2012 | Etude de satellite Robusta |
| Jeudi | 24/05/2012 | Etude de satellite Robusta |
| Vendredi | 25/05/2012 | Etude de satellite Robusta |
| Samedi | 26/05/2012 | Réalisation de rapport de fin d'études |
| Lundi | 28/05/2012 | Réalisation de rapport de fin d'études |
| Mardi | 29/05/2012 | Réalisation de rapport de fin d'études |
| Mercredi | 30/04/2012 | Réalisation de rapport de fin d'études |
| Jeudi | 31/04/2012 | Réalisation de rapport de fin d'études |
| Vendredi | 01-05-2012 | Réalisation de rapport de fin d'études |

Chapitre 2 : étude bibliographique des radioamateurs, paquet radio, et satellite

2-1 Les radioamateurs

Les informations présentées dans cette section sont extraites de la référence [1].

2-1-1 Définition de l'union internationale des télécommunications

L'Union Internationale de Communication est chargée de la réglementation et de la planification des télécommunications dans le monde, il donne les définitions concernant la radio d'amateur.

2-1-2 Définition d'un radioamateur

Les radioamateurs sont des personnes qui pratiquent sans intérêt pécuniaire un loisir technique qui permet d'établir des liaisons radio avec d'autres radioamateurs dans le monde entier.

L'activité radioamateur permet aussi d'acquérir des connaissances techniques dans les domaines de la radio et de l'électronique et de développer des liens d'amitié entre amateurs de différent pays.

2-1-3 Service d'amateurs par satellite

Le service de radiocommunication fait usage de station spatiale située sur des satellites de la terre pour les mêmes fins que les services d'amateurs.

2-1-4 Service radioamateur

Le service radioamateur a pour objet l'instruction individuelle, l'intercommunication, et les études techniques effectuées par des amateurs, c'est à dire par des personnes dument autorisé s'intéressant à la technique de radioélectricité à titre uniquement personne et sans intérêt pécuniaire.

2-1-5 Les radioamateurs dans le monde

Le nombre total de radioamateurs licenciés dans le monde est proche de trois millions, avec une population très inégale selon les pays. Environ 15 % des radioamateurs sont des femmes

Le tableau suivant représente les statistiques des radioamateurs dans le monde,

| Pays | Nombre de radio amateurs |
|--------------|--------------------------|
| Japon | 1296059 |
| Etats-Unis | 682500 |
| Thaïlande | 141241 |
| Corée de sud | 14100 |
| Allemagne | 75262 |

| | |
|----------------|-------|
| Taiwan | 68692 |
| Canada | 63547 |
| Espagne | 58700 |
| Royaume-Uni | 71250 |
| Russie | 38000 |
| Brésil | 32053 |
| Italie | 30000 |
| Indonésie | 27815 |
| Chine | 20000 |
| France | 14478 |
| Ukraine | 17265 |
| Argentine | 16889 |
| Inde | 10679 |
| Afrique de sud | 6000 |
| Norvège | 5302 |
| Suisse | 4662 |

Tableau 4 : liste des amateurs dans le monde

2-1-6 Examen de licence

Les radioamateurs sont les seuls opérateurs de service radio ayant le droit de réaliser leur propre équipement sans homologation technique. Ceci impose un examen de niveau technique dans la plupart des pays pour éviter les gênes ou brouillages aux autres services ainsi que les risques de sécurité.

2-1-7 Indicatifs radioamateur

L'indicatif délivré par l'administration, est l'identifiant de la station d'amateur, une sorte de numéro d'immatriculation et d'opérateur certifié, responsable de l'utilisation qui est faite de sa station.

L'indicatif étant attaché à la station d'amateur, si un opérateur autre (dit occasionnel ») souhaite utiliser la station, il devra obtenir l'autorisation de l'opérateur titulaire, puis, dans son trafic, utiliser l'indicatif de la station qu'il opère, suivi de son indicatif propre. C'est le cas lors de l'utilisation d'une station d'amateur de radio-club par exemple. Chaque opérateur doit respecter les prérogatives (bandes de fréquence, puissance, type de transmission) de son certificat personnel lorsqu'il opère sur une station d'amateur. Il utilisera l'indicatif du radio-club suivi de son propre indicatif lors des transmissions.

2-1-8 Matériel radio

La figure suivante présente le récepteur émetteur le plus utilisée par les radioamateurs,



Figure 1 : récepteur émetteur moderne

Un émetteur-récepteur est un équipement électronique combinant un récepteur et un émetteur qui partagent des circuits communs

En radioélectricité, l'émetteur-récepteur permet la communication bidirectionnelle, en *half*-ou *full*-duplex par l'espace hertzien. Les fonctions d'émission et de réception sont similaires à des fonctions séparées, mais partagent des ressources communes,

- antenne,
- alimentation (batterie ou secteur),
- interface,
- commandes et affichages,
- et générateurs de fréquences.

Dans un premier temps, les radioamateurs devraient construire leur propre matériel, mais leur nombre croissant a amené des constructeurs à proposer les matériels de base pour HF et VHF. De plus l'évolution vers des modes de transmissions plus complexes, bande latérale unique (BLU), (RTTY), Paquet, où les précisions de fréquence et les filtrages demandent des techniques complexes, a fait que la majorité des amateurs utilisent du matériel commercial.

Aujourd'hui, le matériel de base essentiel, est un (transceiver) combinant émetteur et récepteur, en bandes HF ou VHF, avec une puissance de 100 W environ. En HF, il est parfois complété par un amplificateur linéaire de 500 W ou 1 000 W.

2-1-9 Antennes

La figure ci-dessous présente Une antenne multi bande de type *Yagi* appelée communément *beam*,



Figure 2 : Une antenne multi bande de type *Yagi*

Les antennes sont encore le domaine le plus ouvert aux réalisations personnelles, quoique beaucoup utilisent des antennes commerciales. Sur les bandes décadiques on trouve, par exemple, la classique antenne Yagi tribande à 3 éléments sur les bandes 20 m, 15 m, 10 m. En fréquences basses (160 m, 80 m, 40 m), les dipôles filaires sont largement utilisés, alors qu'en VHF, c'est l'antenne Yagi éventuellement en plusieurs nappes (stacking) qui équipe la plupart des stations.

2-1-10 Satellites radioamateurs

La figure ci-dessous présente une antenne orientable,



Figure 3 : antenne orientable pour trafic satellite

Dès mille neuf cents soixante un, les radioamateurs ont construit des satellites pour leur usage propre. Pour trafiquer à l'aide de ces satellites les techniques mises sont assez sophistiquées aussi bien dans la prévision des passages que dans la poursuite des satellites avec les antennes.

2-1-11 Code <<Q>>

Les radioamateurs utilisent le code Q universel en attribuant à certains codes une signification adaptée à leur pratique. On rencontre fréquemment les exemples ci-dessous,

- QRA : local où est située la station d'émission-réception,
- QRM : brouillage autre qu'atmosphérique (par exemple : parasites industriels ou dus à une autre station de radio),
- QRN : parasites atmosphériques,
- QRP : émission avec une puissance égale ou inférieure à 5 watts HF,
- QRO : émission avec une puissance supérieure à 5 watts HF,
- QRT : terminer ses émissions,
- QRX : interrompre ses émissions pour un court instant,
- QRZ ? : pour demander « qui m'appelle ? »,
- QSL : accusé de réception, carte qui confirme le contact,
- QSO : communication radio bilatérale.

2-1-12 Relais terrestre

Les relais terrestres, ou répéteurs, utilisés aussi bien pour la phonie, la TV ou tout autre mode de transmission utilisent des bandes de fréquences à partir de la VHF et au-delà.

Ils sont situés d'ordinaire sur des points hauts (montagnes, collines, immeubles de grande hauteur) et permettent à des opérateurs de communiquer sur des centaines de kilomètres carrés avec une simple station portable de faible puissance. Les relais peuvent également être liés entre eux en réseau. Ils sont, en particulier, beaucoup utilisés par les radioamateurs trafiquant depuis leur véhicule, ces relais sont installés et entretenus par les radio-clubs régionaux.

La figure suivante représente un relais terrestre,



Figure 4 un relais en montagne

2-2 Paquets radio

2-2-1 Définition

Paquet radio est tout simplement une forme de transmission de données numériques utilisé pour créer un lien entre ordinateurs.

2-2-2 Configuration de station

En parlant de configuration de station radio il faut citer les composantes de cette dernière qui n'est autre qu'un ordinateur, un modem, un émetteur, et enfin un récepteur avec une antenne.

Généralement l'ordinateur et le modem sont regroupés dans un seul appareil, appelé le (Terminal Node Controller (TNC)), avec un terminal simple ou un émulateur de terminal utilisé pour afficher et entrer les données, en ce qui concerne l'ordinateur, il est responsable de la gestion des connexions réseau, formatant les données comme les paquets AX.25 et en contrôlant le canal radio.

Bien souvent, il offre également d'autres fonctionnalités, comme un système BBS (bulletin board system) la plupart du temps FBB ou DPBOX, système de messagerie simplifié pour accepter les messages lorsque l'opérateur n'est pas présent.

2-2-3 Couches réseaux

Le paquet radio est utilisé pour des liaisons directes : entre stations, entre deux opérateurs, entre clavier... Aucun service au dessus de la couche de liaison de données n'est nécessaire pour ces utilisations.

Pour permettre un routage automatique des données entre les stations plusieurs protocoles réseaux ont été développés pour être utilisés avec l'AX.25, les plus célèbres sont NET/ROM, ROSE et TexNet.

2-2-4 Couches physiques : le modem et le canal radio

Les modems utilisés pour la paquet-radio varient en débits et techniques de modulation, et sont normalement choisis pour correspondre aux capacités de l'équipement radio qu'ils utilisent, l'équipement radio le plus communément utilisé est celui utilisant la modulation de fréquence (FM) pour transmettre de la voix avec une bande passante réduite, les premières stations paquet radio radioamateurs ont été construites en utilisant des modems Bell 202 de surplus, à 1 200 bits/s et, malgré son débit plutôt lent, la modulation Bell 202 est restée le standard pour les opérations en VHF dans la plupart des zones.

2-3 Satellite robusta

Les informations présentées dans cette section sont extraites de la référence [2].

2-3-1 Description du satellite

ROBUSTA est un satellite de type cubesat : 10x10x10 cm / 1kg / 1 watt. Il est constitué d'une structure mécanique, d'un ordinateur de bord, d'un système de production et de gestion de l'alimentation et d'un système de communication permettant la liaison avec la station sol.

La structure mécanique a été construite suivant les normes cubesat, la structure est usinée dans un seul bloc d'aluminium, des panneaux d'aluminium sont vissés sur les faces sur lesquelles des cellules solaires sont collées pour assurer l'alimentation du satellite.

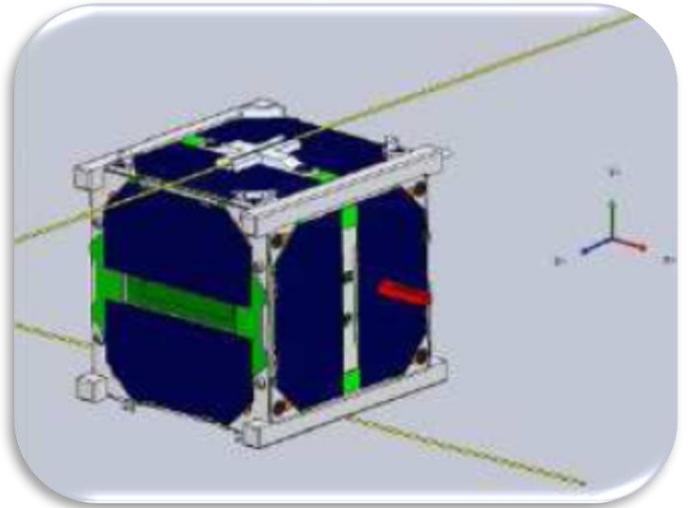


Figure 5 : satellite robusta

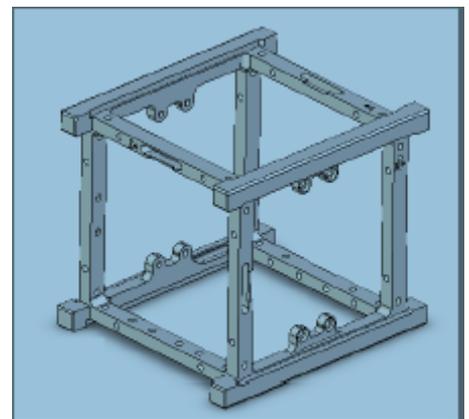
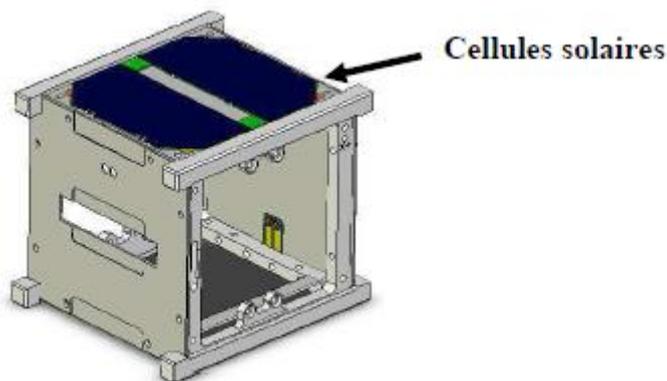


Figure 6 : cellules solaires et structure mécanique

Au sein de cette structure rigide se place quatre cartes,

- la carte "radiocommunications" permet l'envoi des données (télémesures) et reçoit les télécommandes de la station sol,

- la carte "gestion et distribution de la puissance" répartit l'énergie électrique issue des panneaux solaires et des batteries aux différentes cartes aux moments opportuns,
- la carte "contrôleur" est le cerveau du satellite, elle gère l'ordonnancement des autres cartes et stocke les télémesures en attendant le passage au dessus d'une station sol,
- et la carte "expérience" qui est la charge utile du satellite, elle contient les composants dont la dégradation sera mesurée tout au long de la mission, mais aussi les composants servant à relever les conditions environnementales de la mission (température, dose de rayonnement).

Les cartes sont interconnectées entre elles par le biais d'une carte mère, la carte mère comprend deux bus de communication, trois sources d'alimentation ainsi que la connexion avec les cellules solaire de chaque face.

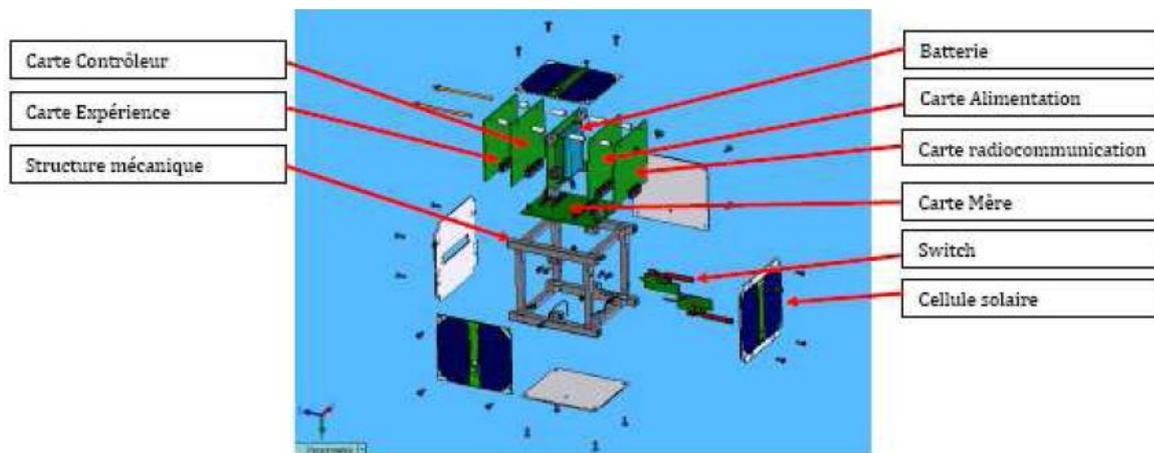


Figure 7 : les composants de satellites robusta

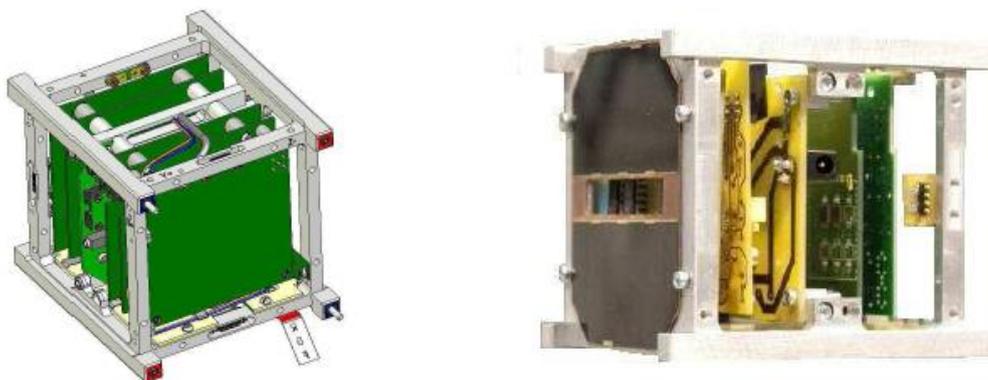


Figure 8 : les cartes constituant le satellite robusta

2-3-2 Gestions de l'énergie

La gestion de l'énergie est assurée par trois éléments,

- des cellules solaires sur les faces assurent l'alimentation du satellite,
- une batterie Li-ion SAFT stocke l'énergie produite par les cellules,
- et une carte électronique fournit les différents niveaux de tensions nécessaires à chaque carte électronique à partir de l'énergie stockée dans la batterie.

2-3-3 Fonctionnement du Robusta

L'ordinateur de bord sur une carte indépendante (carte contrôleur) permet la gestion de toutes les tâches se déroulant au sein du satellite, c'est lui qui cadence les différentes mesures produites par la charge utile. C'est à travers cette carte que transitent toutes les données charge utile et état du satellite (énergie et état bord) qui seront ensuite envoyées par la partie radiocommunication à la station sol, un bus présent sur la carte mère permet la communication entre l'ordinateur de bord, la charge utile et la partie radiocommunication.

La liaison satellite/sol est assurée par une carte permettant la transmission des télémesures vers le sol et la réception des télécommandes. La communication est assurée par le protocole de communication radioamateur AX.25, les données retransmises au sol sont de trois types,

- les données charge utile,
- les données puissance qui contiennent l'état de charge de la batterie,
- et l'état des cellules solaires et le journal des événements qui retrace toute les actions accomplies à bord du satellite.

La charge utile prend la forme d'une carte électronique sur laquelle les composants sous test ont été intégrés.

Deux types de composants en technologie bipolaire vont être testés, *des amplificateurs* LM124 et des comparateurs LM139. Ces circuits ont été sélectionnés car leur sensibilité à la dose et au débit de dose est bien connue.

La carte charge utile se décompose en plusieurs sous-systèmes assurant chacun une fonction contribuant à fournir les données expérimentales,

- la partie commande,
- le système de mesure des composants sous test,
- la mesure de l'environnement,
- et le système d'alimentation électrique.

En synthèse, l'architecture électrique de ROBUSTA ne comporte aucune redondance et notamment pour la réception des télécommandes. Le schéma suivant en donne la représentation,

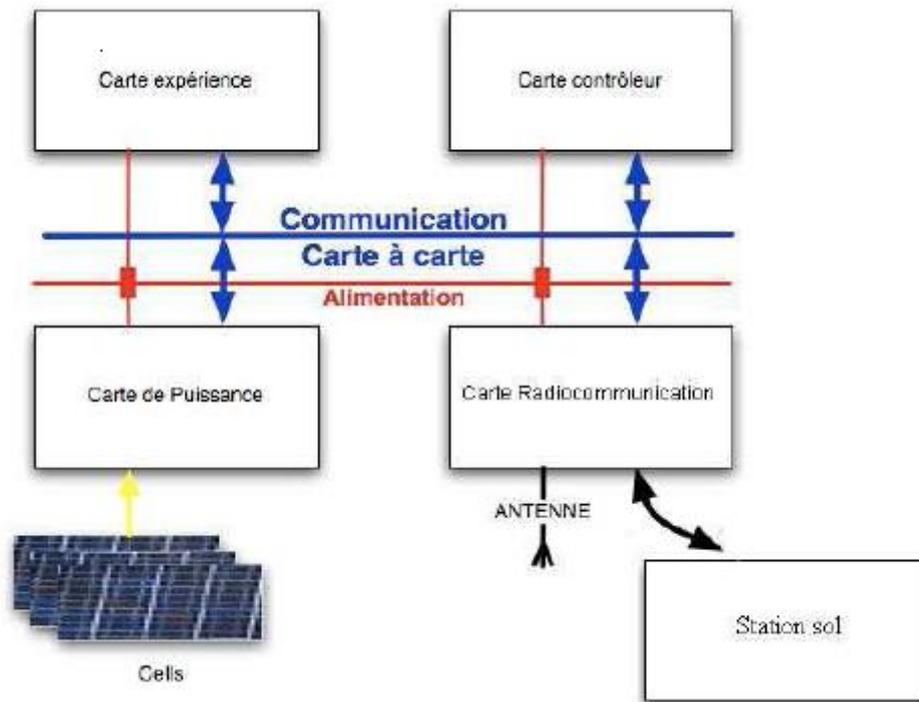


Figure 9: l'architecture électrique de robusta

2-3-4 Description du segment sol

L'architecture du segment sol est décrite au niveau de la figure suivante,

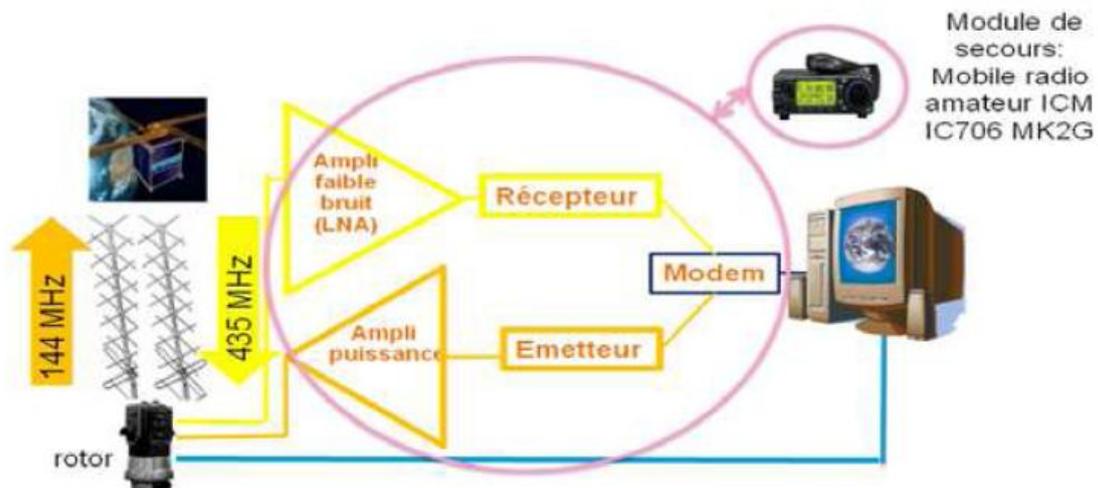


Figure 10: l'architecture de segment sol

La station au sol est composée de,

- deux antennes une pour l'émission (144MHz) et une pour la réception (435MHz),
- un rotor associé à chaque antenne,
- un amplificateur faible bruit pour détecter le signal reçu,

- un amplificateur de puissance pour émettre le signal,
- un module de réception et un d'émission pour traiter le signal,
- un modem pour moduler et démoduler le signal,
- un ordinateur lié par port série au modem. Il permet de stocker les données et piloter les rotors,
- et un transceiver acheté sur le marché, assurera le rôle des modules émission, réception et modem en cas de panne (ce transceiver assure le rôle de redondance).

Les antennes seront pointées vers le satellite grâce aux éphémérides déterminées par un logiciel d'orbitographie installé dans l'ordinateur de la station.

Chapitre 3: Protocole AX25

Les informations présentées dans cette section sont extraites de la référence [3].

3-1 Domaine et champ d'application

Afin de fournir un service fiable de transmission de données entre deux terminaux, il est nécessaire de définir un protocole pouvant recevoir et émettre ces données sur divers liens de communications, le protocole du niveau liaison AX.25 est conçu pour fournir ce service indépendamment d'autres niveaux éventuels.

Ce protocole se conforme aux recommandations ISO 3309, et utilise partiellement la terminologie de ces documents, il se conforme aussi à l'ANSI X3.66 décrivant ADCCP (Advanced Data Communication Control Procédure) en mode équilibré.

Ce protocole reprend dans le principe les recommandations CCITT X.25 à l'exception du champ d'adressage étendu et de l'ajout de la trame d'information non numérotée (trame UI), il suit également les principes de la recommandation CCITT Q.921 (LAP-D) concernant l'utilisation de liens multiples, identifiés par le champ adresse, sur un canal unique partagé.

Tel qu'il est défini ce protocole fonctionnera dans des environnements radio aussi bien duplex que semi-duplex.

Ce protocole a été étudié pour fonctionner aussi bien entre deux stations paquet radio individuelles qu'entre une station individuelle et un système à accès multiples.

Ce protocole permet l'établissement de plusieurs connexions par appareil si ce dernier en a la possibilité.

Ce protocole n'interdit pas l'auto-connexion, on considère qu'il y a auto-connexion quand un dispositif établit un lien vers lui même en utilisant sa propre adresse, à la fois comme source et destination de la trame.

La plupart des protocoles de niveau liaison supposent qu'un système primaire (ou maître) généralement appelé DCE (Data Circuit-terminating Equipment) est connecté à un ou plusieurs systèmes secondaires (esclaves) habituellement dénommé DTE (Data Terminating Equipment). Dans un environnement radioamateur, qui utilise un canal HF partagé, ce type de fonctionnement en mode non équilibré n'est pas utilisable. Le protocole AX.25 considère que les deux extrémités d'un lien sont de classes identiques supprimant de fait cette distinction. Le sigle DXE est utilisé dans les spécifications de ce protocole afin de décrire les systèmes en mode équilibré que l'on trouve en transmission amateur paquet radio.

3-2 Structure de la trame

Les transmissions paquet radio du niveau liaison s'effectuent dans des petits blocs de données appelées trames. Chaque trame est constituée de plusieurs sous-ensembles appelés champs.

Les Tableaux 5 et 6 montrent la composition des trois types de trames de base,

| 1 ^{er} bit transmis | | | | |
|------------------------------|--------------|----------|---------|----------|
| Fanion | Adresse | Contrôle | FCS | Fanion |
| 01111110 | 112/560 Bits | 8 Bits | 16 Bits | 01111110 |

Tableau 5 : composition de la trame U et S

| 1 ^{er} bit transmis | | | | | | |
|------------------------------|--------------|----------|--------|----------|---------|----------|
| Fanion | Adresse | Contrôle | PID | Info. | FCS | Fanion |
| 01111110 | 112/560 Bits | 8 Bits | 8 Bits | N*8 Bits | 16 Bits | 01111110 |

Tableau 6: composition de la trame information

3-2-1 Champ fanion

La longueur de champ fanion est d'un octet .il se localise au début et à la fin de la trame afin de pouvoir délimiter la trame, ce qui veut dire que deux trames peuvent partager la même trame, ce qui dénote la fin de la 1^{er} trame et le début de la deuxième .un fanion est constitué par un zéro suivi de six 1 et d'un autre zéro .

3-2-2 Champ adresse

3-2-2-1 Définition

Le champ adresse est utilisé pour identifier à la fois la source de la trame et sa destination. De plus le champ adresse contient l'information commande / réponse et des services complémentaires pour l'utilisation en répéteur de niveau deux.

3-2-2-2 Codage de champ adresse

Lorsque des répéteurs de niveau deux ne sont pas utilisés, le champ adresse est codé comme indiqué au niveau du [Tableau 7](#).

L'adresse de destination est l'indicatif radioamateur et le SSID de la station vers laquelle la trame est destinée, alors que l'adresse source contient l'indicatif radioamateur et le SSID de la station qui a émis la trame.

| Octet | ASCII | Binaire | Hexa. |
|--------|--------|----------|-------|
| Fanion | | 01111110 | 7E |
| A1 | F | 10010110 | 96 |
| A2 | S | 01110000 | 70 |
| A3 | T | 10011010 | 9A |
| A4 | 1 | 10011010 | 9A |
| A5 | Espace | 10011110 | 9E |
| A6 | Espace | 01000000 | 40 |
| A7 | (SSID) | 11100000 | E0 |
| A8 | F | 10101110 | AE |
| A9 | S | 10000100 | 84 |
| A10 | T | 01100100 | 68 |
| A11 | 2 | 10010100 | 94 |
| A12 | Espace | 10001100 | 8C |
| A13 | Espace | 10010010 | 92 |
| A14 | Espace | 01100001 | 61 |

Tableau 7 : champ adresse

Il s'agit d'une trame I, ne passant pas au travers d'un répéteur, émise par FST1 (SSID=0) vers FST2 (SSID=0) et sans protocole de niveau 3. Le bit P/F est positionné, le numéro de séquence de réception N(R)=1, le numéro de séquence d'émission N(S)=7.

3-2-2-3 Codage du sous-champ destination

Le **Tableau 8** indique comment un indicatif est placé dans le sous-champ adresse de destination, occupant les octets A1 à A7.

| Octet | ASCII | Binaire | Hexa. |
|---------------------|-------|----------|-------|
| A1 | W | 10101110 | AE |
| A2 | B | 10000100 | 84 |
| A3 | 4 | 01101000 | 68 |
| A4 | J | 10010100 | 94 |
| A5 | F | 10001100 | 8C |
| A6 | I | 10010010 | 92 |
| A7 | SSID | CRRSSID0 | |
| Position bit | | 76543210 | |

Tableau 8 : Codage champ destination

Le premier bit de chaque octet (bit de poids faible ou bit zéro) est le bit d'extension d'adresse HDLC sera positionné à zéro sur tout les octets sauf sur le dernier octet ou il sera positionné à 1.

Les bits marqués "r" sont réservés. Ils peuvent être utilisés par accord préalable sur des réseaux particuliers, quand ils ne sont pas utilisés ces bits doivent être positionnés à un.

Le bit marqué "C" est le bit commande / réponse d'une trame AX.25, comme indiqué au dessous

L'information commande / réponse est codée dans le champ adresse comme indiqué en *tableau 9*.

| | Bit C SSID Dest. | Bit C SSID Src |
|----------------------|------------------|----------------|
| Versions antérieures | 0 | 0 |
| Commande (V.2.0) | 1 | 0 |
| Réponse (V.2.0) | 0 | 1 |
| Versions antérieures | 1 | 1 |

Tableau 9: Codage commande / réponse.

Du fait que les trames sont considérées comme étant soit des commandes soit des réponses, un système devra avoir un des bits positionné à un, et l'autre à zéro.

Les codes caractères de l'indicatif doivent être en standard ASCII sept bits (majuscules uniquement) et placés dans les sept bits les plus à gauche de l'octet de façon à libérer l'emplacement du bit d'extension d'adresse. Si l'indicatif est constitué de moins de six caractères, il sera complété par des codes ASCII "espace" jusqu'à l'octet contenant le SSID.

3-2-3 Champ PID

Le champ identificateur de protocole (PID: Protocol Identifier) doit être présent dans les trames d'information (I et UI). Ce champ identifie le type de protocole de niveau trois (réseau) éventuellement utilisé.

Le champ PID n'est pas inclus dans le comptage des octets de la trame d'information. Le codage du champ PID est le suivant,

| HEX | 76543210 | Signification |
|------|----------|---|
| 0x01 | 00000001 | ISO 8208/CCITT X.25 PLP |
| 0x06 | 00000110 | Compressed TCP/IP packet. Van Jacobson (RFC 1144) |
| 0x07 | 00000111 | Uncompressed TCP/IP packet. Van Jacobson (RFC 1144) |
| 0x08 | 00001000 | Segmentation fragment |
| (**) | yy01yyyy | Protocole AX.25 de niveau 3 |
| (**) | yy10yyyy | Protocole AX.25 de niveau 3 |
| 0xC3 | 11000011 | TEXNET datagram protocol |
| 0xC4 | 11000100 | Link Quality Protocol |

| | | |
|------|----------|---|
| 0xCA | 11001010 | Appletalk |
| 0xCB | 11001011 | Appletalk ARP |
| 0xCC | 11001100 | ARPA Internet Protocol (IP) |
| 0xCD | 11001101 | ARPA Address resolution (ARP) |
| 0xCE | 11001110 | FlexNet |
| 0xCF | 11001111 | NET/ROM (TheNet) |
| 0xF0 | 11110000 | Absence de protocole de niveau 3. |
| 0xFF | 11111111 | Code d'échappement. L'octet suivant contient des informations supplémentaires sur le protocole de niveau 3. |

Tableau 10 : codage de champ PID

Toutes combinaisons en yy11yyyy et yy00yyyy autres que celles listées ci-dessus, sont à l'heure actuelle réservées pour de futurs protocoles de niveau trois.

3-2-4 Champ contrôle

3-2-4-1 Champ contrôle des trames non numérotés

| Type de trame | | | Bits du champ contrôle | | | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| <i>Set Asynchronous Balanced Mode</i> | SABM | Cmd | 0 | 0 | 1 | P | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Disconnect</i> | DISC | Cmd | 0 | 1 | 0 | P | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Disconnected Mode</i> | DM | Rép. | 0 | 0 | 0 | F | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Unnumbered Acknowledge</i> | UA | Rép. | 0 | 1 | 1 | F | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Frame Reject</i> | FRMR | Rép. | 1 | 0 | 0 | F | 0 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----------|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| <i>Unnumbered Information</i> | UI | Cmd/Rép. | 0 | 0 | 0 | P/F | 0 | 0 | 1 | 1 |
|-------------------------------|----|----------|---|---|---|-----|---|---|---|---|

Tableau 11 : champ contrôle des trames U

A) Commande SABM (Set Asynchrones Balanced Mode)

La commande SABM est utilisée pour mettre en place 2 DXE en mode asynchrone équilibré, c'est un mode d'opération équilibré, connu sous le sigle LAP-B, où deux systèmes sont traités de manière égalitaire.

Le champ d'information n'est pas autorisé dans les trames de commande SABM, toutes trames I en attente et expédiée après une commande SABM ne sera pas acquittée.

Le DXE accepte et confirme une commande SABM en envoyant une trame de réponse UA le plus rapidement possible. Si le DXE ne peut pas accepter une commande SABM il doit répondre si possible avec une trame DM.

B) Commande DISC (Disconnect)

La commande DISC est utilisée pour terminer une session de liaison de données entre deux stations. Aucun champ d'information n'est permis dans la trame de commande DISC.

Avant toute action, le DXE recevant une trame DISC confirme la déconnexion le plus rapidement possible en envoyant une trame de réponse UA, le DXE ayant émis la trame DISC passe en mode déconnecté dès qu'il reçoit la réponse UA.

Toute trame I non acquittée quand la commande de déconnexion est activée restera non acquittée.

C) Réponse FRMR (Frame Reject)

Une trame de réponse FRMR est émise afin de rendre compte que le destinataire ne peut traiter correctement une trame et que l'erreur n'est pas récupérable par retransmission, cet événement apparaît typiquement quand une trame ne comportant pas d'erreur FCS a été reçue dans une des conditions suivantes,

- réception d'une trame commande ou réponse incorrecte ou inconnue,
- réception d'une trame I dont la longueur du champ information excède la valeur normalisée,
- réception d'un N(R) incorrect. Ceci se produit quand le N(R) de la trame a déjà été transmis est acquitté ou quand N(R) est hors de la séquence attendue,
- réception d'une trame dans laquelle un champ d'information n'est pas autorisé, ou réception d'une trame U ou S de longueur invalide,
- réponse à une trame de commande avec le bit P positionné à un,
- réception d'une trame réponse UA ou DM non attendue,
- réception d'une trame comportant un N(S) invalide.

Une trame dont le champ contrôle n'est pas reconnu par le destinataire est définie comme étant une commande ou une réponse inconnue ou invalide.

D) Réponse UA (Unnumbered Acknowledge)

La réponse UA est émise pour acquitter et accepter une trame de commande SABM ou DISC, avant que la réponse UA soit émise la réception d'une commande n'est pas véritablement traitée.

Le champ information n'est pas autorisé dans la trame UA.

E) Réponse DM (Disconnect Mode)

La réponse DM est émise chaque fois qu'un DXE reçoit une trame autre que SABM ou UI alors qu'il est en mode déconnecté. Elle est aussi envoyée pour indiquer qu'un DXE ne peut pas accepter la connexion à un moment donné.

La trame de réponse DM ne comporte pas de champ information.

Dans l'état déconnecté, un DXE répondra à toutes commandes autres que SABM ou UI par une trame réponse DM avec le bit P/F positionné à un.

3-2-4-2 Champ contrôle des trames de supervision

Le champ contrôle des trames de supervision est codé comme indiqué en **Tableau 12**.

| Type | | Bits champ contrôle | | | | | | | |
|--------------------------|-----|---------------------|---|-----|---|---|---|---|---|
| | | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| <i>Receive Ready</i> | RR | N(R) | | P/F | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| <i>Receive Not Ready</i> | RNR | N(R) | | P/F | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| <i>Reject</i> | REJ | N(R) | | P/F | 1 | 0 | 0 | 1 | |

Tableau 12 : Champs contrôle trames S

A) Commande et réponse RR (Receive Ready)

On utilise Receive Ready (RR) dans les cas suivants,

- pour indiquer que l'expéditeur du RR peut maintenant recevoir d'autres trames I,
- pour acquitter les trames I valides jusqu'à N(R)-1 inclus.

B) Commande et réponse RNR (*Receive not Ready*)

On utilise RNR pour indiquer à l'expéditeur de trames I que le DXE recevant ces trames est temporairement occupé et qu'il ne peut plus en accepter d'autres. Les trames sont acquittées jusqu'à N(R)-

I ne sont pas prises en compte toutes trames I, numérotées N(R) ou plus, qui auraient pu être reçues et non acquittées quand la commande RNR a été transmise.

La condition RNR peut être annulée par l'émission d'une trame UA, RR, REJ ou SABM

C) Commande et réponse REJ (*Reject*)

On utilise la trame REJ pour demander la retransmission de trames I à partir de N(R). Toutes les trames émises avec un numéro de séquence N(R)-1 ou inférieur sont acquittées. Si des trames I supplémentaires sont présentes on peut les ajouter à la retransmission de la trame N(R).

3-2-4-3 Champ contrôle des trames information

| Bits du champ contrôle | | | | | | | |
|------------------------|---|---|------|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| N(R) | | P | N(S) | | | 0 | |

Tableau 13 : champ information

3-2-5 Champ FCS

Le FCS est l'un des algorithmes les plus utilisés dans le domaine de communication pour la détection d'erreur, la plupart des protocoles comme CAN, USB, IRDA, SDLC, HDLC, AX25 s'appuient sur FCS pour détecter l'erreur au niveau de transmission et d'émission.

Principe de fonctionnement

La détection d'erreur peut se faire par plusieurs méthodes :

Exemple 1 :

Détection d'erreur par calcul de la somme de l'information :

M=bonjour

Le message alors sera transmis avec sa somme, de l'autre côté le récepteur refait la somme et la compare avec celle reçue si jamais cette somme n'est pas égale avec celle reçue, on constate qu'il y a des erreurs. Sauf que (M=bonjour) aura la même somme ce qui démontre que cette méthode a une marge de sécurité très basse.

Exemple 2 :

Par contre FCS (Frame Check Sequence) est largement sécurisé, il se base sur une division binaire de l'information par le polynôme génératrice (déjà défini), le reste sera ajouté à l'information, ensuite envoyé, dans l'autre bout le récepteur on refait la même division, si le reste est nul l'information est correctement reçue, sinon, l'information doit être renvoyée.

Le tableau suivant représente les polynômes génératrices qui vont jouer le rôle de diviseur

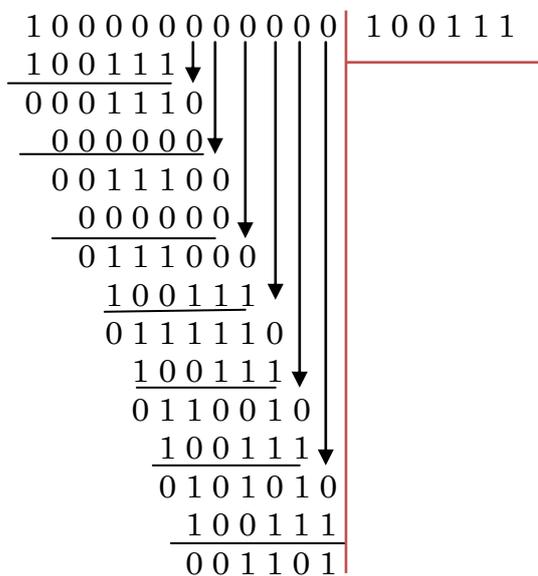
| | Polynôme génératrice | HEX |
|------------------|--|----------|
| CRC-12 | $X^{12}+X^{11}+X^3+X^2+X+1$ | 80F |
| CRC-16 | $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ | 8005 |
| CRC-CCITT | $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ | 2021 |
| CRC-32 | $X^{32}+X^{26}+X^{23}+X^{16}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^8+X^7+X^5+X^4+X^2+X+1$ | 04C11DB7 |

Tableau 14 : Polynômes génératrices

Soit M une information qu'on désire envoyer tel que : M= 10000000, et G=100111.

Etape 1 :

L'émetteur ajoute N-1 zéro à l'information, M devient 100000000000, on fait la division binaire par XOR :



Etape 2

Ainsi le message sera accompagné avec le reste M'=M+R=10000000R, d'un autre coté le récepteur refait la division binaire à l'aide de XOR.

1^{er} cas : le reste est nul, implique que le message est bien reçu.

2^{ème} cas : le reste n'est pas nul, ce qui veut dire que le message a été erroné pendant la transmission.

Pratique :

La division des données binaires se fait par un registre à décalage

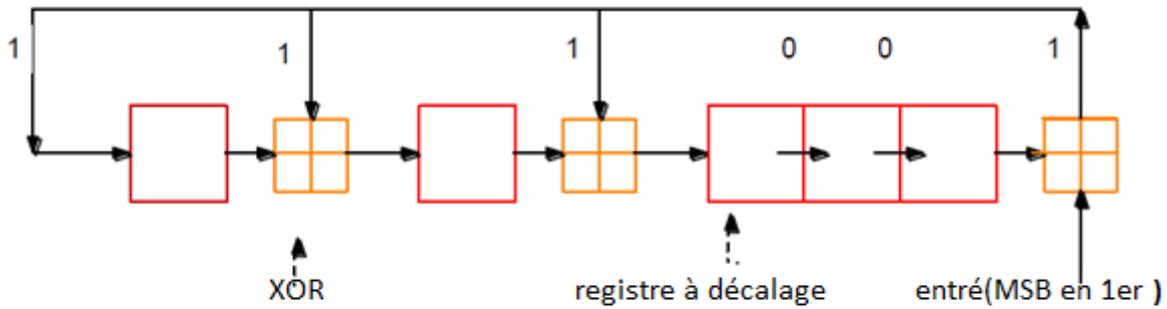


Figure 11 : registre à décalage

| Entré | Feedback | Contenu de registre à décalage de gauche à droite | | | | |
|-------|----------|--|---|---|---|---|
| | | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

Reste (LSB vers MSB)

Ainsi en inversant le reste de registre à décalage on obtient le reste effectué par XOR.

Chapitre 4: contributions et réalisations

4-1 Champ fanion et champ PID

Pour le champ fanion, il suffit de mettre un suivi de six zéro puis un autre un au début et à la fin de la trame

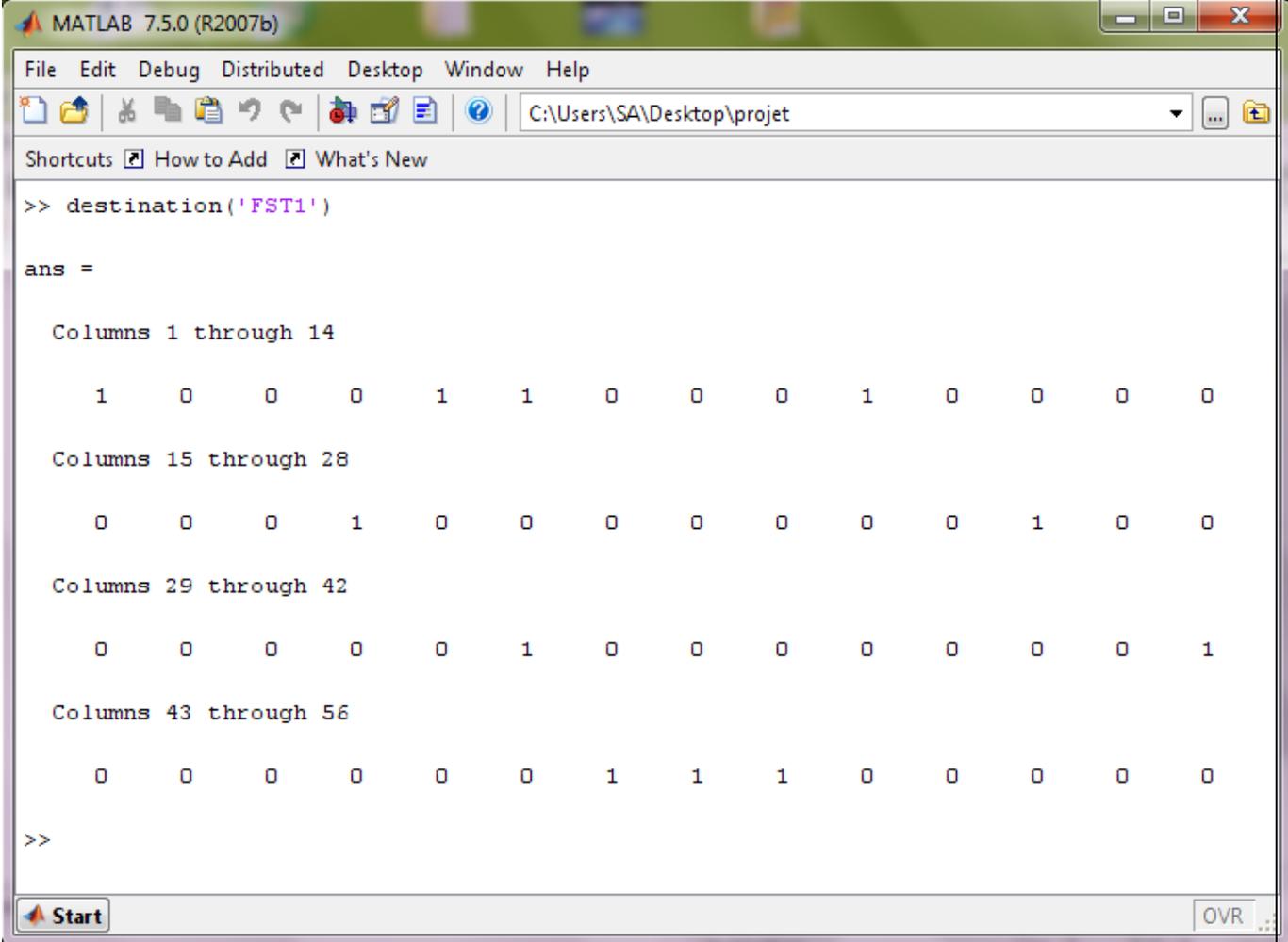
En ce qui concerne le champ PID c'est est champ identificateur de protocole (il est défini dans le chapitre 3).

4-2 Champ adresse

4-2-1 Implémentation d'adresse destination

Pour l'adresse destination on a défini une fonction capable de convertir l'information en binaire selon la norme de l'AX25, (voir annexe 1)

Simulation d'adresse de destination

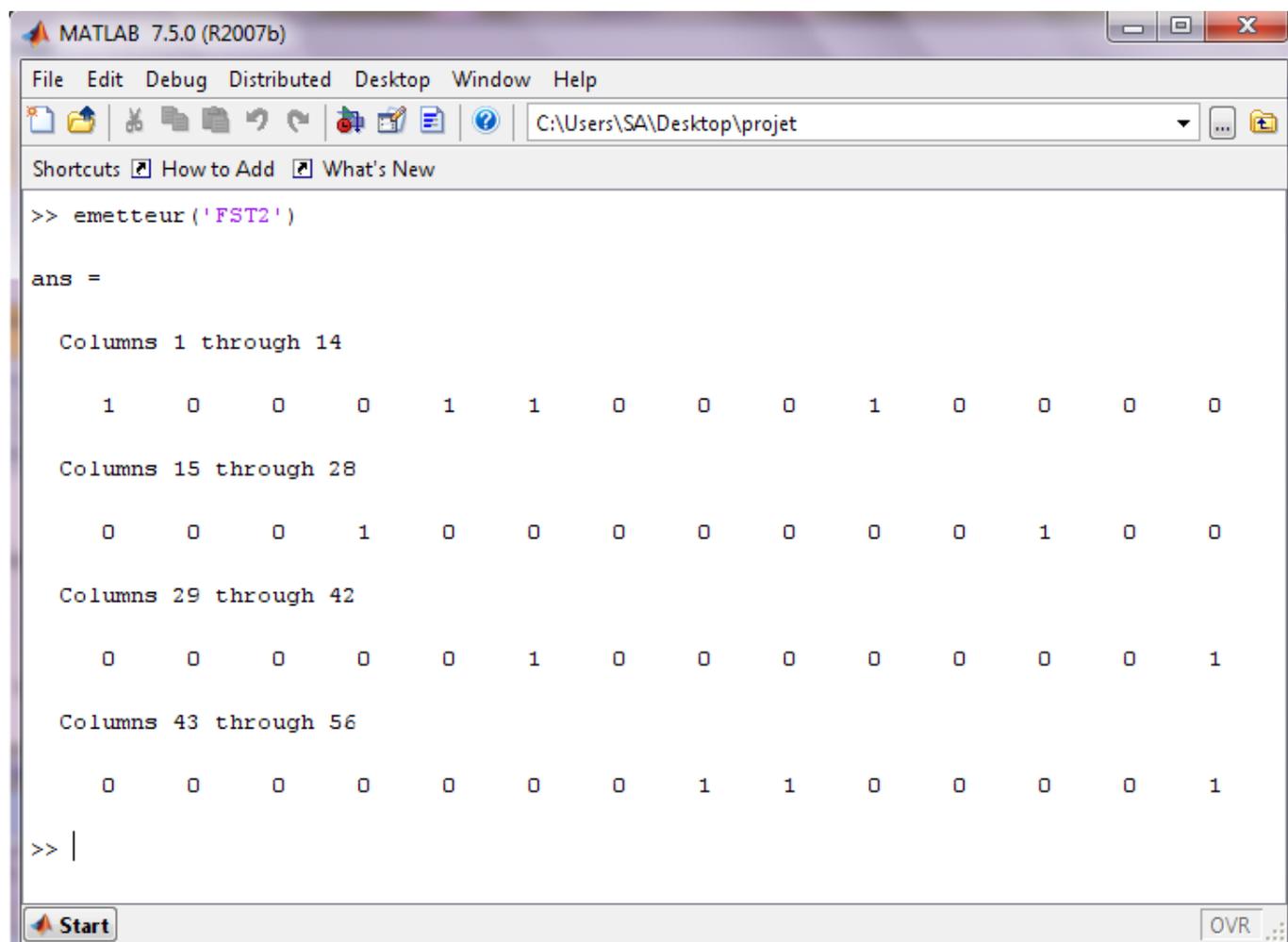


```
MATLAB 7.5.0 (R2007b)
File Edit Debug Distributed Desktop Window Help
C:\Users\SA\Desktop\projet
Shortcuts How to Add What's New
>> destination('FST1')
ans =
Columns 1 through 14
    1    0    0    0    1    1    0    0    0    1    0    0    0    0
Columns 15 through 28
    0    0    0    1    0    0    0    0    0    0    0    1    0    0
Columns 29 through 42
    0    0    0    0    0    1    0    0    0    0    0    0    0    1
Columns 43 through 56
    0    0    0    0    0    0    1    1    1    0    0    0    0    0
>>
```

4-2-2 Implémentation d'adresse source

(Voir annexe 2)

Simulation d'adresse source



```
MATLAB 7.5.0 (R2007b)
File Edit Debug Distributed Desktop Window Help
C:\Users\SA\Desktop\projet
Shortcuts How to Add What's New
>> emetteur('FST2')
ans =
Columns 1 through 14
    1     0     0     0     1     1     0     0     0     1     0     0     0     0
Columns 15 through 28
    0     0     0     1     0     0     0     0     0     0     0     1     0     0
Columns 29 through 42
    0     0     0     0     0     1     0     0     0     0     0     0     0     1
Columns 43 through 56
    0     0     0     0     0     0     0     1     1     0     0     0     0     1
>> |
```

4-3 Champ FCS

Pour le champ FCS, on définit une fonction qui génère le reste de n'importe quelles données binaires à condition qu'il soit supérieur au 16 bit.

Implementation

(Voir l'annexe 3)

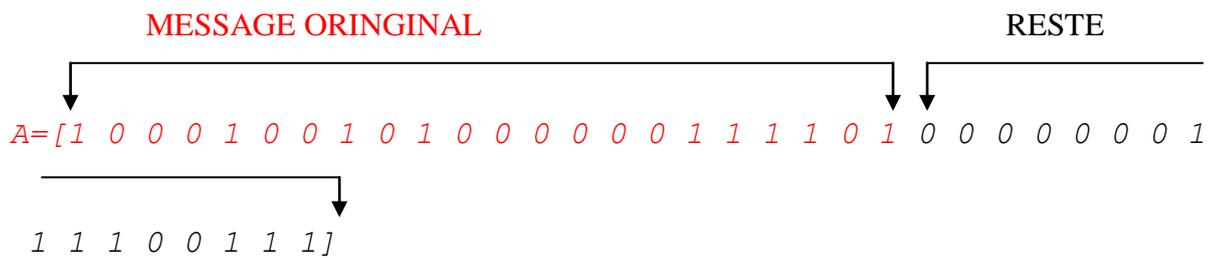
Simulation

```

MATLAB 7.5.0 (R2007b)
File Edit Debug Distributed Desktop Window Help
C:\Users\SA\Desktop\projet
Shortcuts How to Add What's New
>> rest([1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1])
ans =
Columns 1 through 14
    0    0    0    0    0    0    0    0    1    1    1    1    0    0    1
Columns 15 through 16
    1    1
>>
Start OVR

```

Pour vérifier que la fonction fonctionne correctement on refait la division mais cette fois en ajoutant le reste au dessus, donc l'information devient :



On simule F à l'aide de la fonction **rest** on obtient,

```

MATLAB 7.5.0 (R2007b)
File Edit Debug Distributed Desktop Window Help
C:\Users\SA\Desktop\projet
Shortcuts How to Add What's New
>> rest([1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1])
ans =
Columns 1 through 14
    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
Columns 15 through 16
    0    0
>>
Start OVR

```

Ainsi si on obtient un reste nul, on déduit que le message est bien reçu sans être erronés.

4-4 Champ contrôle

Le champ contrôle a pour rôle l'identification du type de trame transmise ainsi que de l'acheminement des commandes et des réponses d'un bout à l'autre du lien, de façon à maintenir une supervision appropriée.

Le DXE accepte une commande SABM en envoyant une trame de réponse UA, si le DXE ne peut pas accepter une commande SABM il doit répondre avec une trame *DM*.

Implémentation

(voir l'annexe 4),

Remarque

Afin de mieux comprendre l'aspect fonctionnel des autres commande/réponses de champ control il vaudrait mieux d'abord définir une trame Information qui transmet une donnée ou une information vers un fichier texte, qui présentera l'adresse de destination.

Implémentation

(Voir l'annexe 6)

Cette fonction sera utilisée après pour aider à déterminer le champ contrôle de supervision qui a été défini dans le Chapitre 3,

Fonction déterminant les caractéristiques de champ contrôle de la trame de supervision

Implémentation :

(Voir l'annexe 6)

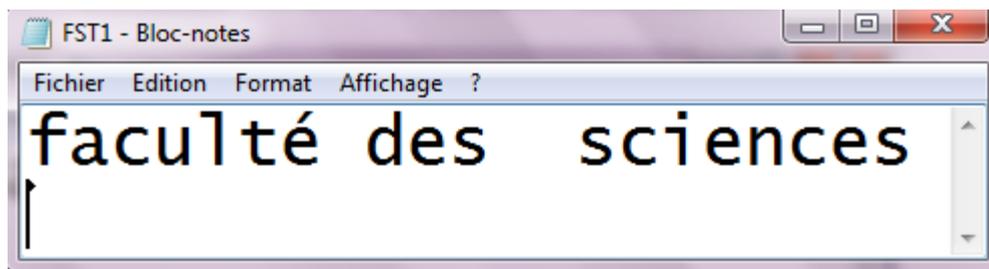
Remarque

La fonction number mentionné au sein de la fonction emission, est une fonction qui aide à déterminer le nombre de séquence de réception.

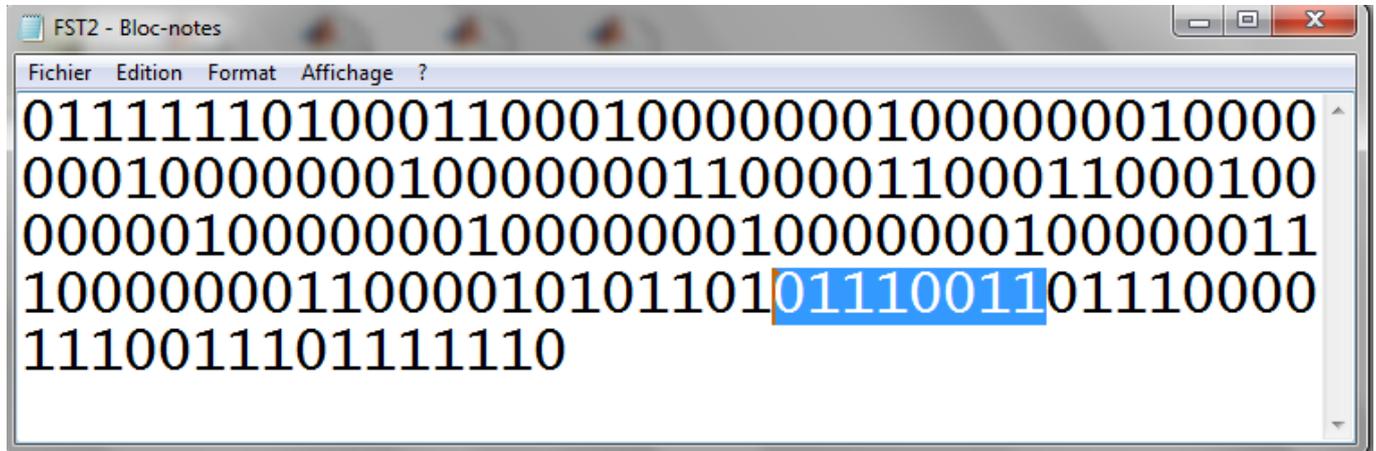
(Voir l'annexe 7)

Simulation

Posant l'information ('faculté des sciences') dans l'adresse FST2.



L'information contient 21 caractères, supposons, que le DXE a reçu la commande contrôle suivante, Com=[1 1 1 1 0 0 1] : ce qui veut dire que le DXE distant est prêt à recevoir d'autre trame à partir de la caractère 21 ,ainsi le DXE va transmettre le dernier caractère de l'information 's', faisant la simulation, >> reponseS(com)
En revanche, l'information va se transmettre vers' FST2'



L'information 's' en binaire='01110011' .

Conclusion et perspectives

L'objectif de mon projet de fin d'étude était de réaliser un modèle MATLAB reproduisant le fonctionnement de protocole de communication AX2, les résultats obtenus sont partiels et il reste à finaliser le projet.

Comme perspective on recommande de réaliser toutes les procédures.

Afin d'atteindre le but de projet on s'est enchainé sur une étude bibliographique des paquets radio, et des satellites radioamateurs et surtout le satellite robusta, qui utilise principalement l'AX25, comme protocole de communication, ensuite une étude bibliographique de protocole AX25, et enfin une révision de logiciel MATLAB pour passer à l'implémentation de protocole.

web

[1] <http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/1404454>

[2] http://www.google.co.ma/url?sa=t&rct=j&q=la%20mission%20de%20robusta%20contribue%20%C3%A0%20la%20validation%20d%E2%80%99une%20nouvelle%20m%C3%A9thodologie%20de%20test%20de%20composants%20bipolaires%20sensibles&source=web&cd=1&ved=0CE4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fsmc.cnes.fr%2FROBUSTA%2FFr%2FDossier_ROBUSTA.pdf&ei=BAbST6L7Ic328QPH3LyJAw&usg=AFQjCNHHegBSc4qLGJcoyZ48LT9jGdeV3Q

[3] <http://f1ult.free.fr/DIGIMODES/MULTIPSK/packetax25.htm>

[4] <http://www.ibiblio.org/pub/linux/docs/howto/translations/fr/text/AX25-HOWTO.txt>

[5] <http://f1my.pagesperso-orange.fr/F1MY/taprax25.htm>

Annexe

1. Cette fonction implémente l'adresse de destination

```
function extention=destination(azer)

res1=zeros(1,8);
res=zeros(1,8);

for i=1:length(azer)
    res1=str2num(dec2bin(double(azer(1,i))))';
    res(1,(8-length(res1):7))=res1;

    size(res);
    extention(1,(i-1)*8+1:i*8)=res;
end
a=6-length(azer);
x=[0 1 0 0 0 0 0 0];
    for t=a:6

        size(res);
        extention(1,(t-1)*8+1:t*8)=x;
    end
    ssid=[1 1 1 0 0 0 0 0];
extention(1,(7-1)*8+1:7*8)=ssid;

end
```

2. La fonction suivante implémente l'adresse source

```
function extention=emetteur(azer)

res1=zeros(1,8);
res=zeros(1,8);

for i=1:length(azer)
    res1=str2num(dec2bin(double(azer(1,i))))';
    res(1,(8-length(res1):7))=res1;

    size(res);
    extention(1,(i-1)*8+1:i*8)=res;
end
a=6-length(azer);
x=[0 1 0 0 0 0 0 0];
    for t=a:6

        size(res);
```

```
    extention(1, (t-1)*8+1:t*8)=x;
```

```
end
```

```
    ssid=[0 1 1 0 0 0 0 1];
```

```
extention(1, (7-1)*8+1:7*8)=ssid;
```

```
end
```

3. la fonction suivante génère FCS (fonction pour détecter l'erreur)

```
function FCS=rest(information)
```

```
G=[1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1];
```

```
g=G(2:17);
```

```
D=fliplr(g);
```

```
sr=zeros(1,16);
```

```
len=length(information);
```

```
for a=1:len;
```

```
    outbit=sr(16);
```

```
        sr=[0, sr(1:15)];
```

```
        mask=(xor(information(a), outbit))*D;
```

```
        sr=xor(mask, sr);
```

```
end
```

```
FCS=fliplr(sr);
```

4. fonction générant une réponse à la commande SABM.

```
function control=reponsesabm(commande);
```

```
sabm=[0 0 1 1 1 1 1 1];
```

```
    ua=[0 1 1 1 0 0 1 1];
```

```
    dm=[0 0 0 1 1 1 1 1];
```

```
if commande==sabm control=ua;%DXE accepte la commande
```

```
else control=dm; % DXE refuse SABM
```

```
end
```

```
end
```

5. fonction déterminant la trame information.

```
function y=emission(information)
```

```
i=0; %compteur qui permet le déplacement  
%caractères
```

```
x=0; %compteur qui permet le  
% déplacement d'une trame à l'autre
```

```

j=0;

info=ascii2bin(information);
fid=fopen('FST2.txt','w');           %l'adresse destination qui va
                                       % aquitter l'information

r=length(info);                       %longueur de l'information

nr=[0 0 0];
fanion=[0 1 1 1 1 1 1 0];
p=1;
pid=[1 0 1 0 1 1 0 1];              %champ identificateur de protocole
adresseS=emetteur('FST1');
adresseD=destination('FST2');
adresse=[adresseS adresseD];
while(i<r)
    inf=zeros(1,32);
    sup=zeros(1,i+32);                %l'émission s'effectuera par envoi
                                       % de 4 caractère à la fois

    if i==0    ns=[0 0 1]; end
    if i==32   ns=[0 1 0]; end
    if i==64   ns=[0 1 1]; end
    if i==96   ns=[1 0 0]; end
    if i==128  ns=[1 0 1]; end
    if i==160  ns=[1 1 1]; end
    controle=[ns 1 nr 0];
    j=j+1;
    sdf=[adresseS adresseD];          %le FCS exploitera le champ adresse
                                       %comme donnée

    FCS=rest('sdf');

    if length(sup(1,1:i+32))>r        %cette condition est utilisée pour
                                       %envoyer les derniers caractères
    inf=info(1,i+1:r)                 % de l'information qui peuvent
                                       %être différent de 4 caractère

    d=length(info(1,i+1:r))
    trame(1,x+1:x+160+d)=[fanion adresseS adresseD controle pid
                           inf FCS fanion];

    tr= trame(1,x+1:x+160+d)
    fprintf(fid,'%g',tr);              %transmission des données vers
                                       %l'adresse destination

else

    inf=info(1,i+1:i+32);
    trame(1,x+1:x+192)=[fanion adresseS adresseD controle pid inf FCS
                        fanion];

```

```

tr= trame(1,x+1:x+192)
fprintf(fid,'%g',tr);
end
i=i+32;
x=x+192;
end

```

fonction definissant le champ controle de la trame U

```

function trans=reponseS(commande) %fonction determinant le champ
                                %controle de la trame de supervision

nr=commande(1,1:3)
information=fread(fopen('FST1.txt','r'));
                                %la transmission se fait à partir
                                %de l'adresse FST1 vers FST2

A=setstr(information')
l=length(A)
if commande==[nr 1 0 0 0 1] % on va tester le champ contrôle de
                            %supervision afin de déterminer les
                            % nombre des séquences à envoyer

s=number(nr)

emission(A(1,s+1:l)) % l'expéditeur du RR peut maintenant
                    %recevoir d'autres trames I ,

end

if commande==[nr 1 0 1 0 1] end %pas d'emission
                                %:commande receive not reidy

if commande==[nr 1 1 0 0 1] % comande REJ pour demander la
                            %retransmission des données à partir de nr-1

s=number(nr);

emission(A(1,s+1:l));
end

```

fonction determinant le variable de reception

```

function i=number(nr) %c'est une fonction
                    %qui permet de determiner le
                    %le nombre de séquence de reception
                    %le variable i designe le nombre de caractère
if nr==[0 0 1] i=0; end

```

```
if    nr==[0 1 0]    i=4;    end
if    nr==[0 1 1]    i=8;    end
if    nr==[1 0 0]    i=12;   end
if    nr==[1 0 1]    i=16;   end
if    nr==[1 1 1]    i=20;   end
end
```