

Quelques systèmes de réception télévisée

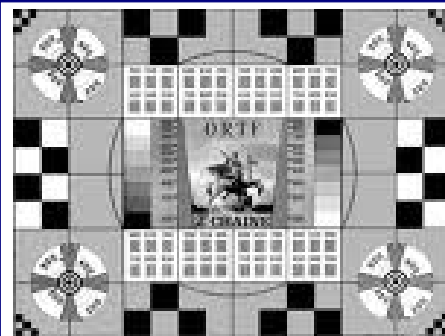


Table des matières

Introduction.....	2
La réception télévisée analogique par satellite.....	2
Introduction.....	2
Présentation de quelques éléments constituant le système.....	2
La parabole.....	2
Le démodulateur.....	3
Informations circulant dans le câble coaxial.....	3
Bilan de liaison HF.....	4
Fréquences intermédiaires (BIS).....	6
Utilisation d'un mesureur de champs en réception satellite analogique.....	8
La télévision numérique par satellite.....	9
Le système de transmission.....	9
Organisation fonctionnelle de la chaîne d'émission.....	10
Multiplexage et codage MPEG-2.....	11
Adaptation multiplexeur et brassage des données.....	12
Adaptation multiplexeur :.....	12
Brassage des données :.....	13
Codage correcteur d'erreur externe (Reed-Salomon).....	13
Entrelacement.....	14
Synthèse.....	14
Codage correcteur d'erreur interne (code convolutif poinçonné).....	15
Traitement en bande de base.....	16
Modulation QPSK.....	16
Synthèse : Schéma bloc émetteur et récepteur.....	17
Décodage d'erreur en réception et objectifs de TEB.....	18
Utilisation d'un mesureur de champs en réception satellite numérique	19
Réception télévisée numérique terrestre (TNT).....	21
Principe.....	21
Utilisation d'un mesureur de champs en réception satellite numérique	21

Introduction

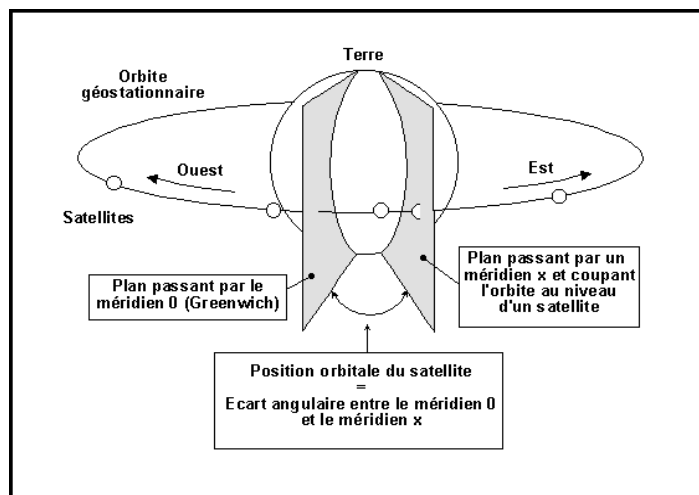
Nous allons au cours de ces séances étudier la réception télévisée par satellite (analogique et numérique) et la réception télévisée numérique terrestre. L'étude théorique de ses systèmes sera illustrée par des manipulations. Compte tenu des moyens mis à notre disposition, il n'y aura qu'un seul poste de manipulation.

La réception télévisée analogique par satellite

Introduction

Les satellites utilisés pour la diffusion directe d'émissions de télévision ou de radio, ceux permettant les liaisons techniques entre deux continents ou ceux assurant le transport des images d'un événement sportif depuis son lieu de déroulement sont tous situés autour de la terre à une altitude d'environ 35800 km dans le plan de l'équateur. Cette orbite unique permet aux satellites qui y sont situés, de tourner à la même vitesse que la terre.

Un satellite est connu par son nom (par exemple : Astra 1A, Hot Bird 2, Télécom 2B...) et par sa position sur l'orbite géostationnaire ($19,2^\circ$ Est, 13° Est, 5° Ouest pour les exemples précédents). Le graphique ci-dessous permet de comprendre ce que représentent ces valeurs.



Présentation de quelques éléments constituant le système

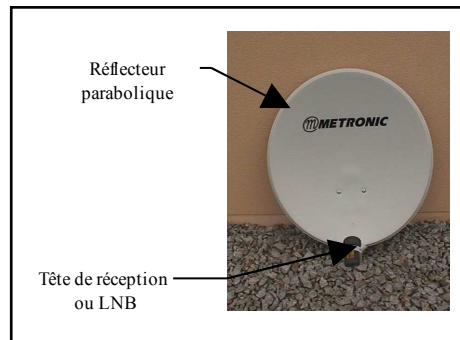
La parabole

La parabole est constituée de deux éléments :

le réflecteur parabolique et la tête de réception plus communément appelée LNB pour Low Noise Blockconverter.

Les ondes électromagnétiques émises par les satellites sont concentrées par le réflecteur parabolique sur la tête de réception.

La tête est reliée au démodulateur par un câble coaxial d'impédance 75 ohms, dans lequel transitent différents signaux contenant les informations vidéo et son.



Le démodulateur

Le démodulateur extrait les informations audio/vidéo transposées dans la bande (0,95 GHz – 2,15 GHz) par la tête de réception. Il les convertit en signaux vidéo et son, exploitables par un téléviseur PAL/SECAM via une prise de type péritel. De plus, il alimente la tête de réception à travers le même câble coaxial que celui utilisé pour la vidéo et le son.



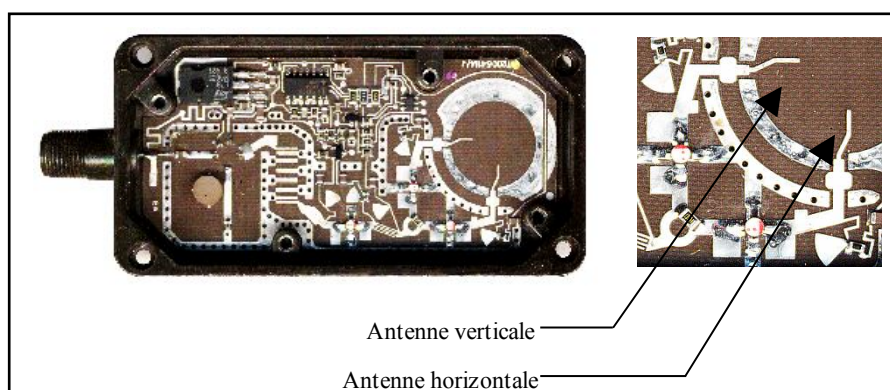
Informations circulant dans le câble coaxial

La description des différentes informations circulant dans le câble coaxial nécessite de détailler le fonctionnement et la conception d'une tête de réception ou LNB.

La tête de réception est un objet technique complexe qui assure les fonctions suivantes :

1. Collecte des ondes électromagnétiques émises par le satellite puis réfléchies et concentrées par la parabole.
2. Réception des ondes émises horizontalement ou verticalement à l'aide d'un commutateur interne commandé par la tension d'alimentation fournie par le démodulateur via le câble coaxial. Lorsque la tête est alimentée sous 13 volts, l'antenne verticale est sélectionnée, les ondes émises verticalement sont reçues ; tandis que lorsque la tête est alimentée sous 18 volts, l'antenne horizontale est sélectionnée, les ondes émises horizontalement sont reçues. On appelle ceci la polarisation de la tête.

Les deux photographies ci-dessous, représentent une tête de réception universelle par satellite démontée.



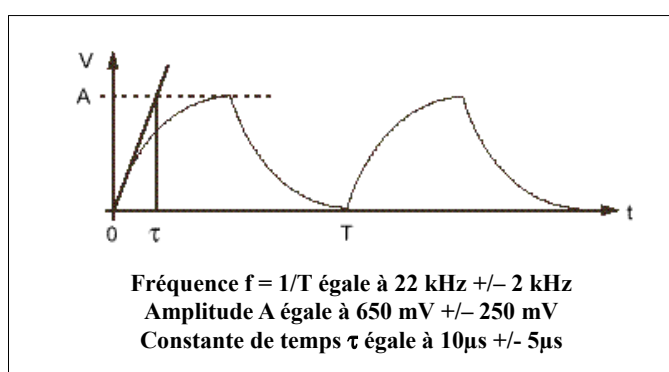
3. Transposition des fréquences des ondes reçues dans la bande (0,95GHz – 2,15GHz). Ceci dans le seul but de permettre l'utilisation de câbles coaxiaux 75 Ω standards.

Les fréquences basses (10,7GHz – 11,7GHz) sont ramenées dans la plage (950MHz – 1950MHz) à l'aide d'un oscillateur local fonctionnant à 9,75GHz ; tandis que les fréquences hautes (11,7GHz – 12,75GHz) sont ramenées dans la plage (1100MHz – 2150MHz) à l'aide d'un oscillateur local fonctionnant à 10,6GHz.

Par exemple, une chaîne émise à 11GHz sera transposée à la fréquence de 1,25GHz ($11 - 9,75 = 1,25$) alors qu'une chaîne émise à 12GHz sera transposée à la fréquence de 1,4GHz ($12 - 10,6 = 1,4$).

Le choix de transmission des fréquences hautes ou basses est effectué grâce au démodulateur qui génère ou non un signal normalisé de fréquence 22 kHz et le transmet à la tête de réception via le câble coaxial. La présence de ce dernier donne accès aux fréquences hautes.

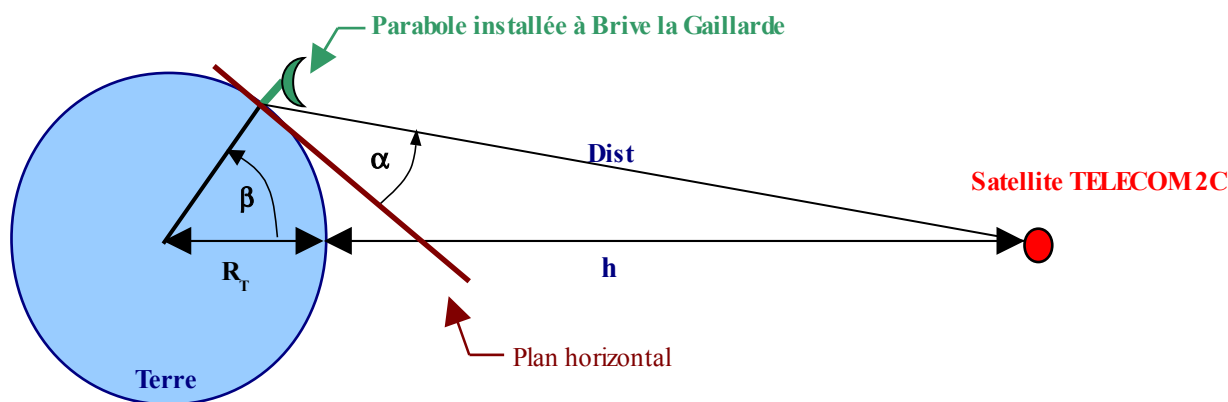
Le graphe ci-dessous représente le signal de 22 kHz normalisé.



Bilan de liaison HF

La parabole est pointée sur le satellite Atlantic Bird III (Ex-TELECOM 2C) qui émet les six chaînes françaises suivantes : TF1, France 2, France 3, Canal +, Arte/France 5 et M6.

Le graphique ci-dessous représente une parabole installée à Brive la Gaillarde et pointée sur le satellite Atlantic Bird III positionné à 5° Ouest sur l'orbite géostationnaire.

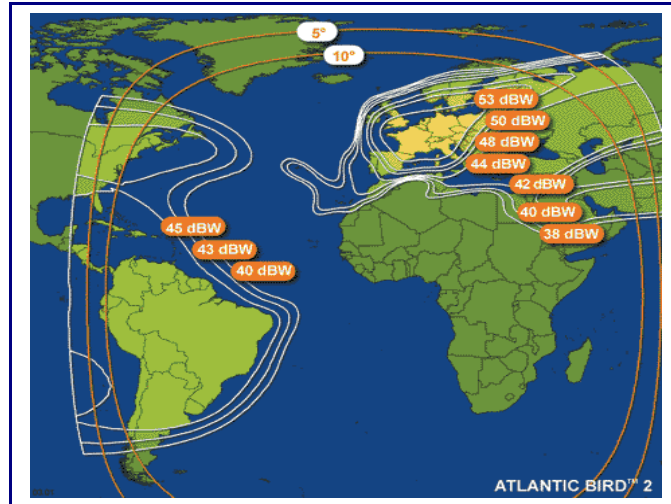


avec :

α : Angle de déviation de la parabole par rapport à l'horizontale ou plus communément appelé *angle d'élévation de la parabole*.

β : Latitude du lieu d'installation de la parabole. La latitude de Brive la Gaillarde est égale à $45,16^\circ$.
 h : Hauteur de l'orbite équatoriale géostationnaire, soit $35,79.10^6$ mètres.
 R_T : Rayon de la terre, soit $6,38.10^6$ mètres.
Dist : Distance entre la parabole installée à Brive et le satellite Atlantic Bird III, soit environ 37942 kilomètres.

La figure ci-dessous représente partiellement l'image de la **Puissance Isotrope Rayonnée** à l'**Emission** (PIRE) par le satellite Atlantic Bird III.



La moyenne des fréquences d'émission des six chaînes françaises étant égale à 12627MHz, nous allons effectuer tous nos calculs en considérant la fréquence d'émission égale à 12600MHz soit 12,6GHz.



Exercice 1

1- Exprimez la puissance isotrope rayonnée par Atlantic Bird III sur la France métropolitaine en dBm puis calculez la longueur d'onde correspondant à la fréquence d'émission de 12,6GHz.

2- Calculez l'atténuation (en décibels) des ondes émises par Atlantic Bird III et captée par une parabole installée à Brive la Gaillarde sachant que l'atténuation en espace libre est donnée par la relation suivante :

$$Attn(dB) = 20 \cdot \log \left(4 \cdot \pi \cdot \frac{Dist}{\lambda} \right)$$

3- A partir des réponses apportées aux questions précédentes, déterminez la puissance (en dBm) du signal reçu par l'antenne parabolique.

Le gain de l'antenne parabolique utilisée est égal à 38 dB. Celui de la tête de réception (LNB) est égal à 55 dB

4- Déterminez la puissance (en dBm) du signal reçu par la tête de réception.

5- Calculez la puissance (en dBm) du signal disponible à la sortie de la tête de réception.

Fréquences intermédiaires (BIS)

Le tableau ci-dessous fournit des indications sur l'atténuation provoquée par le câble coaxial sur le signal reçu.

Fréquence en MHz	100	300	500	860	1000	1750	2050	2150	2500
Atténuation en dB pour 100 mètres	6,5	11	14	19	20,5	28	30,5	31,5	34,5

Les six chaînes françaises sont émises dans la bande haute. Les signaux émis par Atlantic Bird III sont donc ramenés autour d'une fréquence inférieure à 2,5GHz par un oscillateur local de 10,6GHz.

Cet oscillateur local de 10,6GHz permet de transposer les ondes émises autour d'une porteuse de 12,6GHz vers une porteuse de 2GHz par l'opération suivante :

$$12,6\text{GHz} - 10,6\text{GHz} = 2\text{GHz}$$

On appelle **fréquence BIS**, la fréquence de cette nouvelle porteuse.

On estime la longueur typique du câble coaxial d'un système de réception par satellite installé chez un particulier à 20 mètres environ.

C'est la raison pour laquelle les kits de réception satellite disponibles chez les revendeurs spécialisés sont fournis avec des longueurs de câbles de 20 mètres.



Exercice 2

1- Rappelez le niveau du signal reçu à l'entrée du démodulateur pour une longueur de câble nulle.

2- A partir des informations fournies ci-avant et de l'étude effectuée au cours de l'exercice précédent, évaluez la puissance (en dBm) du signal présent à l'entrée du démodulateur pour une longueur de 20 mètres de câble coaxial.

Les informations techniques ci-dessous sont extraites de la documentation technique du démodulateur analogique utilisé dans le cadre de cette étude.



TUNER

- Niveau d'entrée : -60 à -30 dBm.
- Impédance : 75 Ω.
- Seuil : 6 dB typ.
- Gain différentiel : 5% max.
- Phase différentielle : 5° max.
- Signal de bruit : 35 dB Min.

3- Comparez le résultat de la question précédente avec les caractéristiques techniques du démodulateur représenté ci-dessus. Une installation de réception analogique par satellite avec 20 mètres de câble coaxial est-elle viable ?

4- Déterminez la longueur maximale de câble compatible avec le niveau minimal du signal d'entrée du démodulateur.

L'encadré ci-dessous est extrait d'un guide récapitulant les caractéristiques des chaînes analogiques émises par les satellites de radio télédiffusion. On y trouve des données techniques sur les six chaînes françaises émises en analogique.

1 TF1 12690V / 5,80M
2 France 2 12564V / 5,80M
3 France 3 12732V / 5,80M
4 Canal+ 12648V / 7,02S
5 Arte/La Cinquième 12606V / 5,80M
6 M6 12522V / 5,80M

La lecture du tableau précédent est relativement simple. Analysons par exemple les données techniques fournies sur TF1 :

- **12690** indique la fréquence de la porteuse vidéo, soit ici 12690MHz.
- **La lettre V** signifie que les ondes sont émises verticalement. La composante continue du signal présent dans le câble coaxial est donc égale à 13 volts.
- **5,80** indique que la porteuse son principale est située 5,8MHz après la porteuse vidéo.
- **La lettre M** indique que TF1 est émise en mono.



Exercice 3

- 1- Calculez les six fréquences BIS correspondant aux porteuses des chaînes françaises.
- 2- Tracez le spectre théorique du signal présent sur le câble coaxial avec niveaux et fréquences. Ce spectre pourrait être visualisé avec un mesureur de champ lorsqu'une parabole installée à Brive la Gaillarde est pointée sur le satellite Atlantic Bird III.



Expérimentation 1

- 1 – Observer le spectre mesuré sur le câble par l'intermédiaire du Té de mesure. Celui-ci entraîne une atténuation supplémentaire de 20dB
- 2- Vérifier que cette mesure est conforme au résultat théorique déterminé précédemment.

Utilisation d'un mesureur de champs en réception satellite analogique

AIDE MEMOIRE RECEPTION SATELLITE

Tension d'Alimentation du LNB

14V = Polarisation Verticale

18V = Polarisation Horizontale

Astuce : Dix-Huit Volts avec un **H** comme Horizontal

22 KHz

22 KHz absent : bande basse :

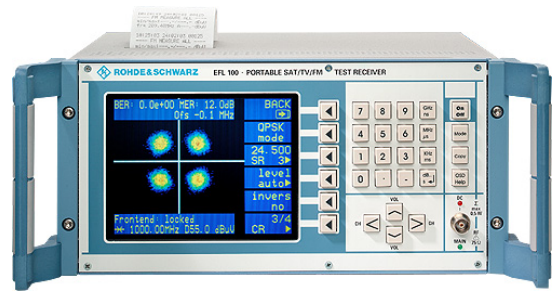
F reçue = 10,7 GHz à 11,7 GHz

FOL = 9,75 GHz

22 KHz présent : bande haute :

F reçue = 11,7 GHz à 12,75 GHz

FOL = 10,6 GHz



Analyseur de champ EFL100
Rohde et Schwartz

Configuration de l'installation

L'installation utilisée dans la salle de TP comporte 2 paraboles fixes pointées sur Atlantic Bird 3 (Ex Telecom 2C) située à 5,0 ° Ouest.



Experimentation 2

- 1- Configurer le récepteur EFL100 (Menu CNTRL SAT) pour recevoir les chaînes analogiques (TF1 à M6). Relever cette configuration.
- 2- Configurer la fréquence reçue pour recevoir TF1.
- 3- Vérifier que la fréquence est bien calée (utiliser l'analyseur de spectre avec un balayage étroit, accessible par le menu MEAS).
- 4- Mesurer le champ reçu en dBμV. Effectuer la conversion en dBm.
- 5- Visualiser la chaîne reçue et vérifier qualitativement la qualité de l'image reçue.
- 6- Configurer les sous-porteuses pour avoir le son et l'image simultanément.
- 7- Vérifier que la chaîne reçue est bien la chaîne attendue à l'aide du télétexte (accessible par le menu MEAS puis SCOPE).
- 8- Observer une ligne d'image reçue (ligne 17) à l'aide de la fonction scope (accessible par le menu MEAS puis SCOPE).

La télévision numérique par satellite

Nous connaissons l'intérêt d'utiliser une transmission numérique de l'information plutôt qu'une transmission analogique. On citera pour mémoire, les quelques avantages suivants :

- une plus grande immunité au bruit
- facilités de traitement
- simplification du stockage.

La télévision n'a pas échappé à la révolution numérique. L'histoire de la télévision numérique grand public commence avec la publication de la norme MPEG2 (pour **M**otion **P**icture **E**xpert **G**roup) en 1993. Sans rentrer dans les détails, on retiendra que cette norme permet de coder numériquement un programme télévisé de qualité "broadcast" (diffusion) en utilisant un débit de quelques Mbit/s.

Aujourd'hui, dans un canal satellite qui permet de diffuser un seul programme en analogique, on peut diffuser cinq à huit programmes numériques.

La location d'un canal satellite se chiffre à environ 4 Millions d'euros par an. On comprend pour le diffuseur, l'intérêt économique du numérique par rapport à l'analogique !

A terme, la télédiffusion analogique par satellite va disparaître. L'arrêt de la diffusion de programmes analogiques par satellite est prévu avant 2010.

En France, les deux opérateurs principaux de télévision numérique, TPS et Canal Satellite, émettent depuis 1996 de nombreux programmes. Canal Satellite émet depuis la flotte de satellites Astra (19° Est) et TPS depuis la flotte de satellites Eutelsat Hot Bird (13° Est). France Télévision émet (en clair) ses programmes depuis le satellite Atlantic Bird (5°W°).

Le système de transmission

Pour garantir une compatibilité entre les différents constructeurs, les matériels doivent être conformes à une norme commune.

En Europe, dans le domaine des télécommunications, c'est L'ETSI (pour **E**uropean **T**elecommunications **S**tandards **I**nstitut : Institut européen des normes de télécommunications) qui produit ces normes.

L'ETSI est une organisation non gouvernementale dont le but est de produire des normes, qui seront utilisées dans toute l'Europe et ailleurs dans le domaine des télécommunications.

L'ETSI est basée à Sophia-Antipolis (06, France) et unit 688 membres de 55 pays qui représentent des constructeurs de matériels, des administrations, des opérateurs réseaux, des fournisseurs de services, des chercheurs et des utilisateurs.

La norme ETSI qui concerne la télévision numérique par satellite est la norme : **ETSI EN 300 421 : Digital Vidéo Broadcasting (DVB). Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services.**

Il est possible de télécharger gratuitement cette norme sur le site Internet de l'ETSI :

<http://www.etsi.org>.

Bien que l'ETSI soit basé en France, les normes ETSI sont rédigées en Anglais.

Nous allons, dans les paragraphes suivants, analyser quelques points de cette norme. La plupart des figures qui suivent en sont extraites.

Organisation fonctionnelle de la chaîne d'émission

Le schéma fonctionnel de la chaîne d'émission est donné ci-dessous.

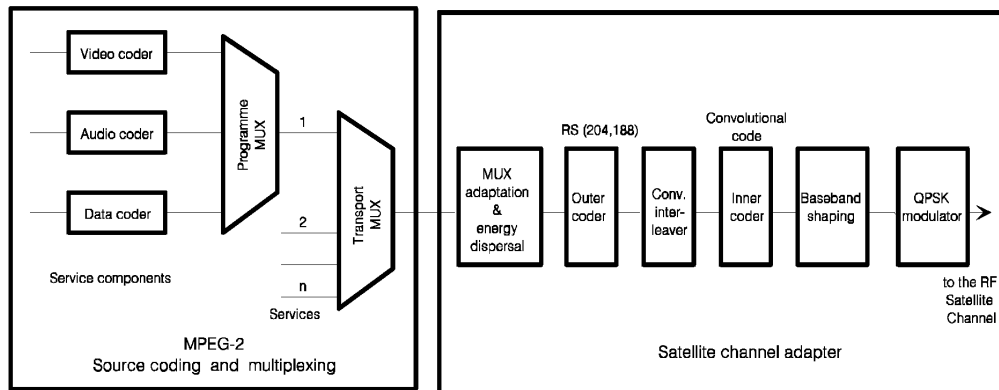


Figure 1: Functional block diagram of the System

Ce schéma comporte deux principaux blocs :

- MPEG-2 source coding and multiplexing : Multiplexage et codage MPEG-2
- Satellite channel adapter : Adaptation au canal satellite

Nous allons présenter sommairement le bloc "Multiplexage et codage MPEG-2", puis nous étudierons les différentes fonctions du bloc "Adaptation au canal satellite" tout au long du chapitre.

Les différentes fonctions du bloc "Adaptation au canal satellite" avec leur traduction en français sont :

- Mux adaptation and energy dispersal : Adaptation multiplexeur et Brassage (embrouillage des données)

Outer coder RS(204,188) : Codage correcteur d'erreur externe (Reed-Salomon)

Convolutional interleaver : Entrelacement

Inner coder : Codage correcteur d'erreur interne (code convolutif poinçonné)

Baseband shaping : Traitement en bande de base

QPSK Modulator : Modulateur QPSK

Cette organisation fonctionnelle permet d'obtenir une liaison numérique quasiment sans erreur et donc une image de bonne qualité dans des conditions normales de réception.



Exercice 4

1- Traduisez le paragraphe ci-dessous, extrait de la norme ETSI EN 300 421.

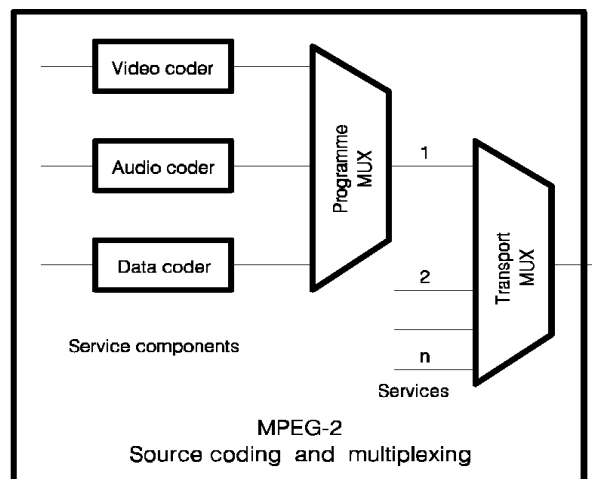
The Forward Error Correction (FEC) technique adopted in the System is designed to provide a "Quasi Error Free" (QEF) quality target. The QEF means less than one uncorrected error-event per transmission hour; corresponding to Bit Error Ratio (BER) = 10^{-10} to 10^{-11} at the input of the MPEG-2 demultiplexer.

Nota : On pourra traduire The Forward Error Correction technique par : La technique de correction d'erreur.

2- Vérifier par un calcul simple l'affirmation : *"The QEF means less than one uncorrected error-event per transmission hour; corresponding to Bit Error Ratio (BER) = 10^{-10} to 10^{-11} at the input of the MPEG-2 demultiplexer"*.

Nota : Vous effectuerez le calcul en considérant le débit moyen égal à 5Mbit/s.

Multiplexage et codage MPEG-2

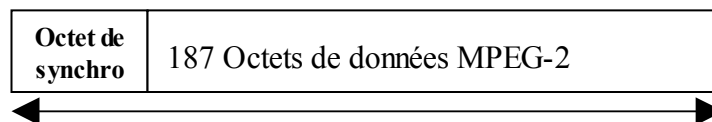


Le premier multiplexeur (Program MUX) assemble toutes les composantes d'un même programme télévisé sous forme d'un paquet de données. Chaque paquet commence par des données d'identification (un en-tête de 4 octets, le PID : Packet Identifier) qui signalent leur nature : vidéo, audio, services.

C'est à ce niveau qu'intervient un éventuel cryptage (télévision à péage).

Le second multiplexeur (Transport Mux) permet d'assembler les données relatives à toutes les chaînes ou services transmis par un même transpondeur ; c'est à dire jusqu'à six ou huit programmes.

En sortie du multiplexeur de transport, les données sont organisées en trame sous la forme suivante :



1 paquet de transport = 188 octets = 1504 bits

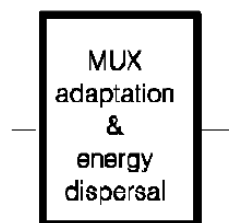
L'octet de synchro est toujours égal à 01000111 en binaire, soit 47_{HEX}

A ce stade, le débit binaire est de l'ordre de 30 Mbit/s et correspond à cinq à huit programmes de télévision.

Adaptation multiplexeur et brassage des données

Pour assurer un nombre suffisant de transitions et éliminer de longues suites de bits identiques, on effectue un brassage (ou embrouillage) des données.

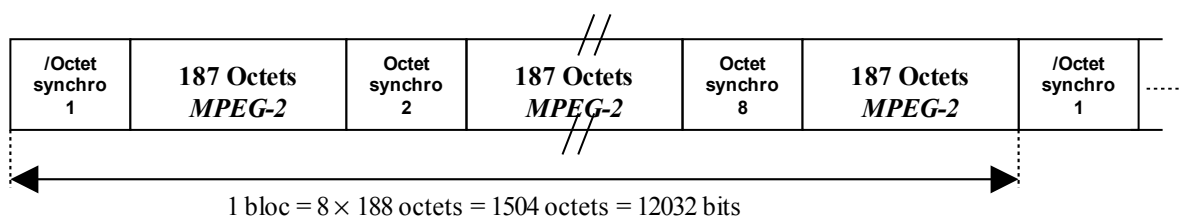
Cette opération se fait en deux temps : Adaptation multiplexeur puis brassage des données.



Adaptation multiplexeur :

On assemble les paquets de transport MPEG-2 par blocs de 8 paquets.

Pour pouvoir repérer le début de chaque bloc, on complémente l'octet de synchronisation du premier paquet du bloc de 8 paquets.



1 bloc = 8 × 188 octets = 1504 octets = 12032 bits

L'octet de synchro est 01000111 soit 47_{HEX} pour les octets de synchro 2,3,...,8.

L'octet de synchro du paquet 1 est complétement, c'est donc 10111000 soit B8_{HEX}.

Cette opération permet de travailler sur de plus grands ensembles de bits avant d'effectuer leur brassage.

Brassage des données :

Le structure utilisée pour le brassage des données est la suivante :

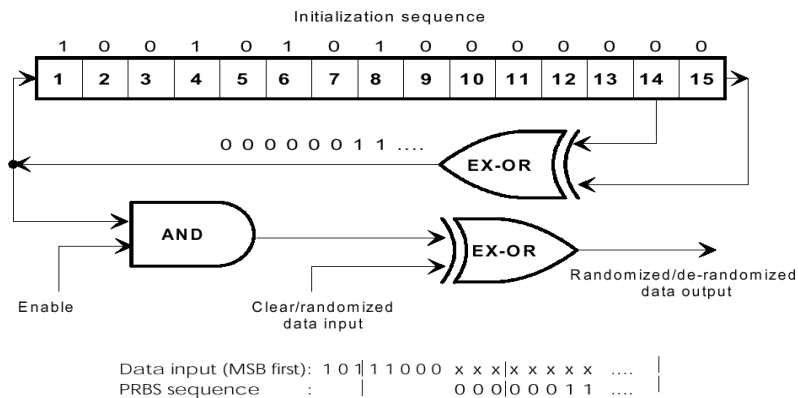


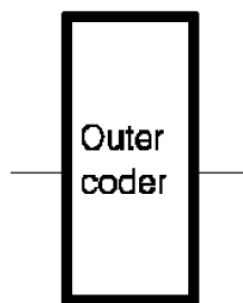
Figure 2: Randomizer/de-randomizer schematic diagram

Remarque : la même structure peut être utilisée en brassage des données à l'émission (Randomizer) et en "dé-brassage" des données en réception (de-randomizer).

Cette structure permet de « mélanger » le signal à transmettre avec une séquence dite « pseudo-aléatoire ». Le signal Enable permet de mettre ou non en fonction cette fonction. Les mots de synchronisation ne sont pas brassés.

Le brassage des données doit être actif même lorsque le flux binaire à l'entrée du modulateur n'existe pas ou lorsque ce flux binaire n'est pas conforme au format MPEG. Ceci, afin d'éviter l'émission de signaux non-modulés sur l'émetteur.

Codage correcteur d'erreur externe (Reed-Solomon)



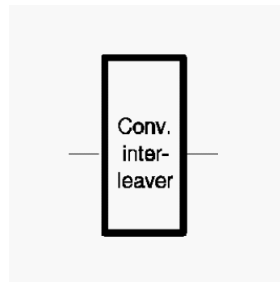
On utilise un code correcteur d'erreur de type "Reed-Solomon" noté

RS(204, 188, T = 8). Ce code correcteur travaille sur des octets.

Pour 188 octets en entrée, il fournit 204 octets en sortie. Ce code rajoute donc 16 octets (204 – 188 = 16) qui vont permettre de détecter et corriger les erreurs de transmissions.

Ce code permet de corriger au maximum 8 octets erronés sur les 204. Les 188 octets présents en entrée du codeur de Reed-Solomon correspondent à un paquet de données MPEG-2 brassé, accompagné de son octet de synchronisation (47_{HEX} ou B8_{HEX}).

Entrelacement



Nous avons vu précédemment que le codage de Reed-Solomon permettait de corriger au maximum 8 octets.

Hors, dans une transmission satellite, les erreurs n'arrivent pas de manière isolées mais arrivent par paquets. Pour augmenter l'immunité du codage correcteur d'erreur, on effectue un entrelacement des données.

L'entrelacement consiste à répartir les octets successifs d'un paquet sur d'autres paquets.

Les erreurs arrivant de manière groupée, l'entrelacement permet de transformer un "grand paquet d'erreurs" en de nombreuses erreurs isolées et donc corrigibles grâce au code Reed-Solomon.

En réception, le système doit pouvoir récupérer les différents paquets et les remettre dans l'ordre.

Deux octets consécutifs en entrée du circuit d'entrelacement vont donc être émis à des instants très éloignés.

Synthèse

La figure ci-dessous, extraite de la norme ETSI EN 300 421 résume les différentes opérations effectuées sur la trame : brassage, codage Reed-Solomon et entrelacement.

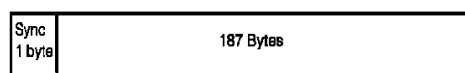


Figure 3a) MPEG-2 transport MUX packet

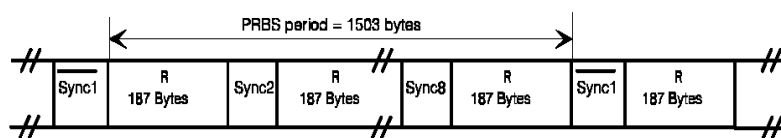


Figure 3b) Randomized transport packets: Sync bytes and randomized sequence R

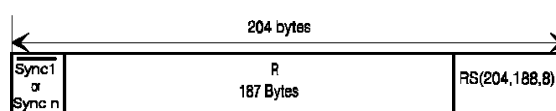


Figure 3c) Reed-Solomon RS (204,188, T=8) error protected packet

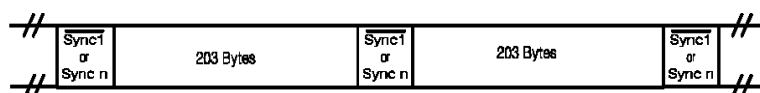


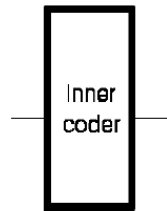
Figure 3d) Interleaved frames; interleaving depth $l=12$ bytes

Sync1 = not randomized complemented sync byte
Sync n = not randomized sync byte, $n = 2, 3, \dots, 8$

Figure 3: Framing structure

Codage correcteur d'erreur interne (code convolutif poinçonné)

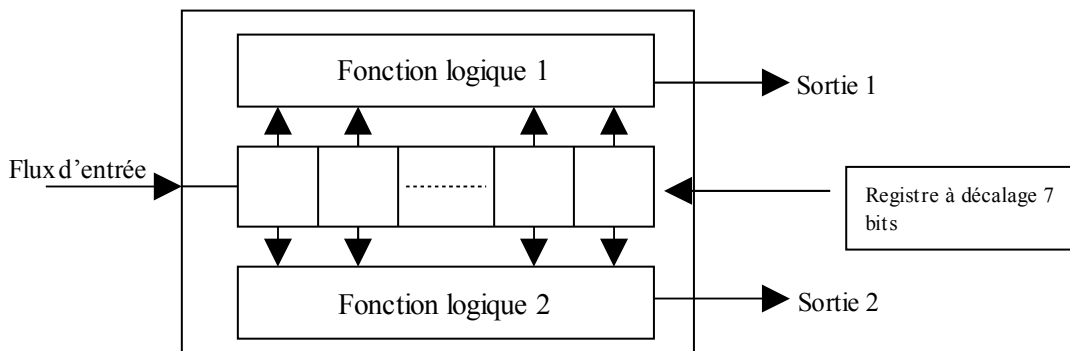
Le rapport Signal/Bruit étant faible, le codage Reed-Solomon et l'entrelacement ne permettent pas de tenir les objectifs de qualité. On utilise un autre code correcteur d'erreur pour corriger l'essentiel des erreurs de transmission : le code convolutif poinçonné.



Code convolutif 1/2

Ce codage crée deux flux binaires à partir du flux original. Il permet une correction des erreurs efficace même en présence d'un très faible rapport Signal/Bruit.

L'idée essentielle du code convolutif est de générer deux suites de bits qui sont fonction du bit présent à l'entrée du codeur et des valeurs qu'il avait précédemment.



En réception, en observant les suites de bits reçus, un algorithme va déterminer la suite de bits émise la plus probable. Cet algorithme est appelé "Algorithme de Viterbi". Le décodeur est parfois appelé "Décodeur de Viterbi".

L'inconvénient de cette structure est qu'elle double le nombre d'informations à transmettre et donc de fait, double la bande passante.

Autres codes convolutifs

Pour occuper une bande passante plus réduite, on peut utiliser des variantes de cette structure où, au lieu d'avoir 1 bit en entrée pour 2 bits en sortie, on aura :

- Code convolutif 2/3 : 2 bits en entrée pour 3 bits en sortie,
- Code convolutif 3/4 : 3 bits en entrée pour 4 bits en sortie,
- Code convolutif 5/6 : 5 bits en entrée pour 6 bits en sortie,
- Code convolutif 7/8 : 7 bits en entrée pour 8 bits en sortie.

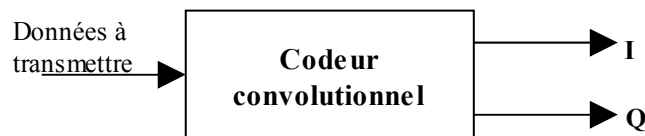
La fraction associée au code est appelée rendement. Le rendement représente le rapport du nombre de bits utiles sur le nombre de bits total transmis.

Bien entendu, la capacité de correction d'un code est fonction du rendement. Le code 1/2 a une capacité de correction supérieure au code 7/8, mais en contrepartie, le code 1/2 occupe plus de

bande passante que le code 7/8.

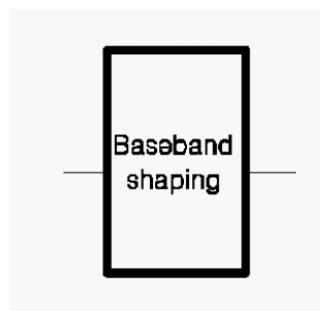
Le choix du taux de codage à l'émission est arrêté par l'exploitant. C'est une affaire de compromis car la bande passante étant limitée ; en fonction de l'application, on choisira de privilégier le débit binaire ou le taux d'erreur.

Fonctionnellement, quelque soit le rendement du code utilisé, le codeur possède toujours un flux d'entrée et deux flux de sortie I et Q pour attaquer le modulateur.



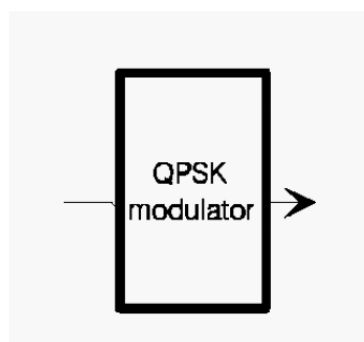
Les bits I et Q sont fonction des différentes sorties du codeur convolutionnel. La norme ETSI définit les relations entre I et Q et les sorties du codeur convolutionnel.

Traitement en bande de base

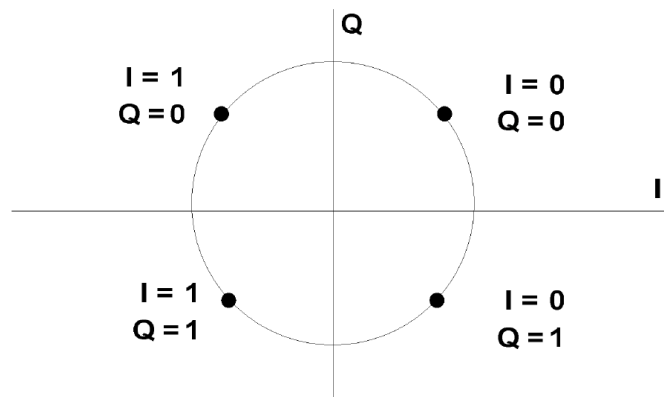


Les bits de sortie du codeur convolutif poinçonné sont filtrés par un filtre dit "filtre demi-Nyquist". Ce filtre permet de limiter la largeur du spectre émis tout en maintenant une ouverture du diagramme de l'œil maximale. Ce type de filtrage est réalisé par des fonctions de filtrage numérique.

Modulation QPSK



On effectue ensuite la modulation QPSK d'une porteuse HF. La constellation émise est la suivante :



Les bits à transmettre sont groupés deux par deux, en fonction de ces deux, on module une porteuse en phase. Ce type de modulation sera abordée en détail en seconde année.

Synthèse : Schéma bloc émetteur et récepteur.

La norme ETSI EN 300 421 fournit les schémas fonctionnels de l'émetteur et du récepteur.

Remarque : En Télévision numérique terrestre (TNT), la chaîne de transmission est identique jusqu'au codeur/décodeur de Viterbi. Cette fonction n'existe pas en TNT. La modulation n'est pas une modulation QPSK mais une modulation COFDM. Cette modulation numérique complexe comprend de nombreux états (64 états) sur de nombreuses porteuses (4096). Celle-ci est très robuste aux échos multiples et donc parfaitement adapté au canal de transmission hertzien terrestre.

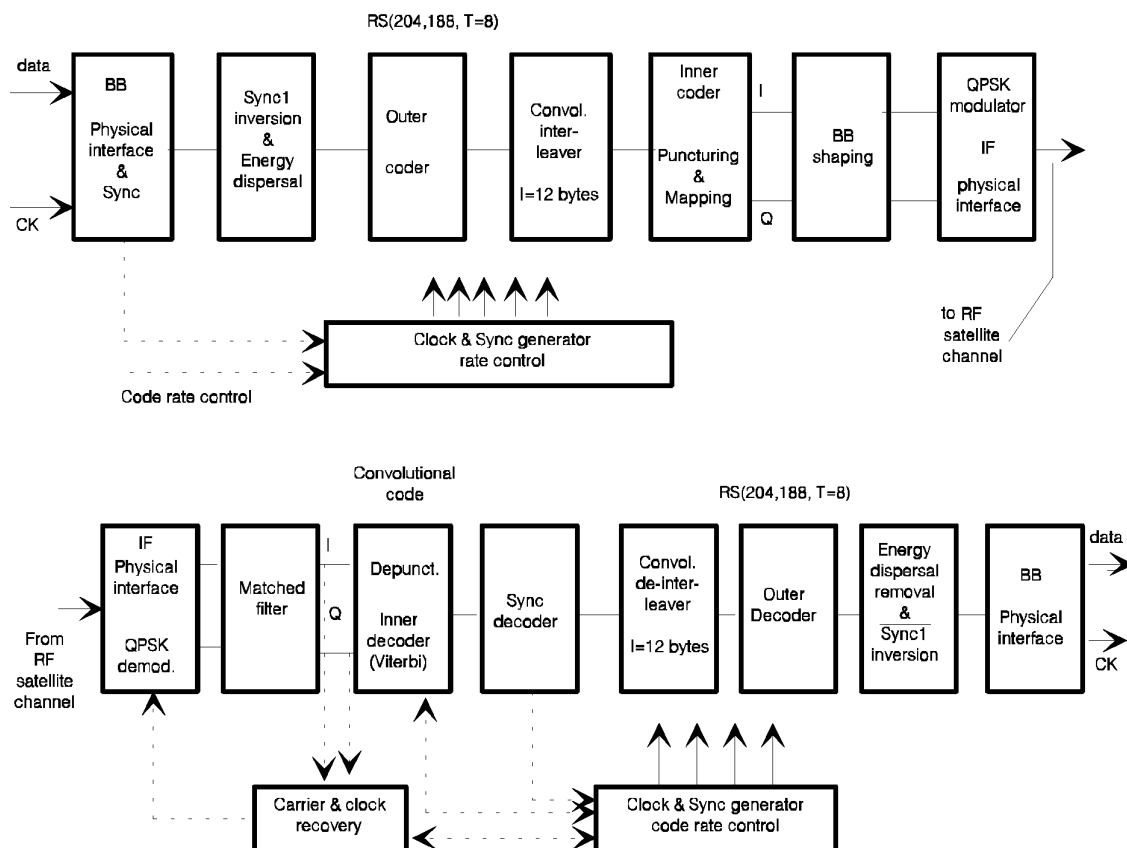


Figure B.1: Conceptual block diagram of the System at the transmitting and receiving side

Décodage d'erreur en réception et objectifs de TEB



Exercice 5

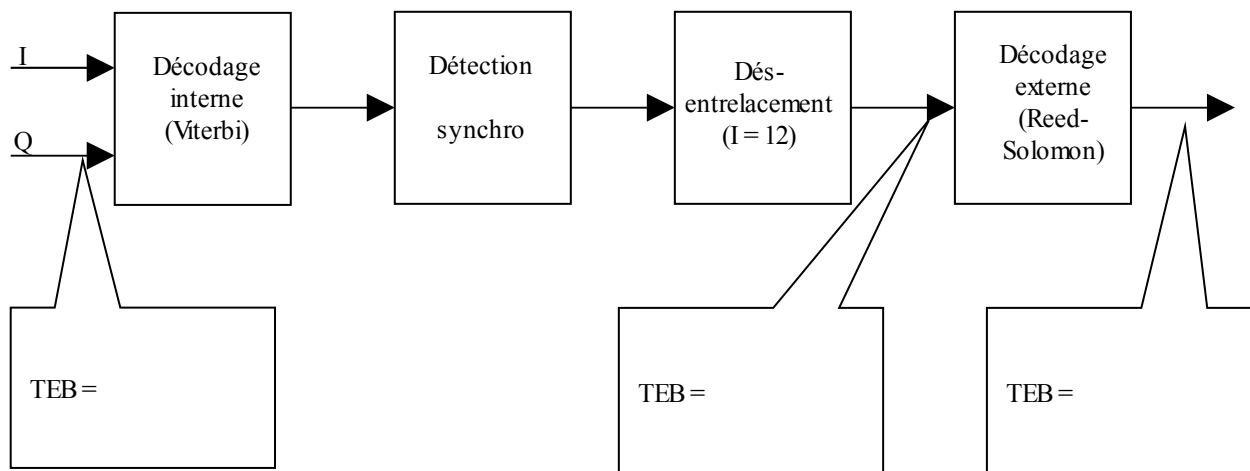
Les deux paragraphes ci-dessous, extraits de la norme, décrivent les différentes fonctions réalisées par le décodeur.

1- Traduisez ces deux paragraphes.

- **Inner decoder:** *this unit performs first level error protection decoding. It should operate at an input equivalent .. BER in the order of between 10^{-1} and 10^{-2} (depending on the adopted code rate), and should produce an output BER of about 2×10^{-4} or lower. This output BER corresponds to QEF service after outer code correction. This unit is in a position to try each of the code rates and puncturing configurations until lock is acquired. Furthermore, it is in a position to resolve $\pi/2$ demodulation phase ambiguity.*

- **Outer decoder:** *this unit provides second level error protection. It is in a position to provide QEF output (i.e. BER of about 10^{-10} to 10^{-11}) in the presence of input error bursts at a BER of about $7 \cdot 10^{-4}$ or better with infinite byte interleaving. In the case of interleaving depth $I = 12$, $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ is assumed for QEF.*

2- Indiquer les objectifs de TEB sur le schéma fonctionnel ci-dessous.



Utilisation d'un mesureur de champs en réception satellite numérique

Sur le satellite Atlantic bird III , on peut recevoir le bouquet France Télévision numérique qui est émis en clair. Les caractéristiques de ce bouquet sont les suivantes :

Fréquence porteuse : 11590 MHz
Polarisation verticale : Verticale
Débit Symbole (Symbol Rate SR) : 20000 ksymbole/s (kbauds)
Code correcteur (FEC) : 2/3

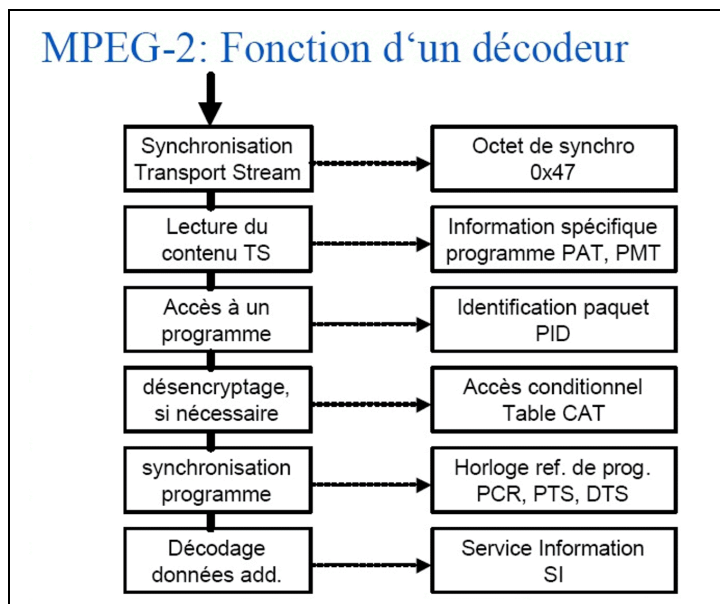
Expérimentation 3

- 1- Configurer le récepteur EFL100 (control sat) pour recevoir le bouquet France Télévision numérique. Relever cette configuration.
- 2- Configurer la fréquence centrale.
- 3- Vérifier que la fréquence est bien calée (utiliser l'analyseur de spectre avec un balayage étroit, accessible par le menu MEAS).
- 4- Mesurer le champ reçu en dBμV. Effectuer la conversion en dBm. Comparer au résultat précédent.
- 5- Observer la constellation reçue (accessible par le menu MEAS).

La procédure pour visualiser un programme en diffusion numérique est la suivante :

- Visualisation d'une constellation « propre » :
 - calage de la fréquence
 - Réglage du débit symbole
- Réglage de code correcteur d'erreur
 - Si le taux de codage est inconnu, essayer les différentes possibilités jusqu'à obtenir le message « frontend locked » : récepteur verrouillé.

La figure suivante le principe d'un décodeur numérique MPEG (Document Rohde et Schwartz):



PAT : Program Association Table
 PID : Packet Identifier
 PMT : Program Map Tables
 CAT : Conditional Acces Table (Cryptage)
 PCR : Program Clock Reference
 PTS : Presentation Time Stamps (synchro Image/Son)
 DTS : Decoding Time Stamps



Expérimentation 4

1- Relever en fonctionnement le Taux d'erreur Binaire (BER) avant correction et le MER (Modulation Error Ratio).

Note : Le MER est un indicateur de qualité de la constellation. Si la constellation est constituée de 4 points infiniment petits le MER est infini.

En pratique, on relève en sortie d'un émetteur des MER de l'ordre de 35 dB. Avec une réception convenable, on observe un MER de l'ordre de 12 dB.

Le menu PICTUR MPEG permet de visualiser le signal. La sélection du PID (Packet Identifier) et du PAT (Program Association Table) permet de choisir le programme.

2- Visualiser les différentes chaînes reçues dans le bouquet et vérifier qualitativement la qualité de l'image reçue. Comparer à l'image analogique

Recherche de programmes

3- A l'aide d'Internet, (le site king of sat recense les différents programmes émis sur tous les satellites), rechercher d'autres programmes sur le satellite Atlantic Bird III. Relever les fréquences, polarisation, débit, FEC, etc...

4- Configurer l'analyseur de champs pour recevoir ses programmes.

Réception télévisée numérique terrestre (TNT)

Principe

La télévision numérique terrestre diffère de la télévision numérique par satellite uniquement au niveau des deux derniers étages de l'émetteur : Traitement en bande de base et modulation.

En effet, en télévision terrestre, compte tenu des bandes de fréquences utilisées, il faut tenir compte des échos parasites entre l'émetteur et le récepteur, ce qui n'existait pas en diffusion par satellite.

Pour cela, on utilise une modulation COFDM.

Le principe de la modulation COFDM consiste à répartir l'information sur un grand nombre de porteuses distinctes et orthogonales modulées individuellement. Son principal avantage est son excellent comportement en présence d'échos dus aux réflexions sur des montagnes ou des bâtiments, et qui sont caractéristiques de la diffusion terrestre.

En France, on utilise une modulation dont les caractéristiques sont les suivantes :

Modulation 64 QAM (64 états de phase et d'amplitude)

Mode 8k (6817 porteuses)

Rendement code 2/3

Intervalle de garde = 28μs (si un écho est retardé d'une durée inférieure à 28μs, il renforcera le signal)

Utilisation d'un mesureur de champs en réception satellite numérique

L'antenne présente en salle de TP est pointée vers l'émetteur de Lissac. Cet émetteur émet en TNT. Les fréquences d'émission sont facilement accessible sur Internet (il suffit de taper TNT Brive Lissac sur Google).

Brive (Lissac)								
Mux	Canal	Freq. (en Mhz)	Chaîne 1	Chaîne 2	Chaîne 3	Chaîne 4	Chaîne 5	Chaîne 6
R1	28	530,166	[2] France2	[3] France3	[14] France4	[5] France5	[7] Arte	[13] LCP/PS
R2	41	634,166	[8] Direct8	[10] TMC	[15] BFMtv	[16] i>télé	[17] Europe2TV	[18] Gulli
R3	38	610,166	[4] Canal+ (pc)	[32] Canal+Sport	[33] Canal+Cinéma	[35] Planète	[37] Canal J	
R4	51	714,166	[6] M6	[9] W9	[11] NT1	[31] Paris Première (pc)	[34] AB1	[36] TF6
R5	44	658,166						
R6	47	682,166	[1] TF1	[12] NRJ12	[30] TPS Star (pc)	[38] LCI	[39] Eurosport	
Canaux/Freq. Analogiques			Chaines gratuites	Chaines payantes	(pc) : chaîne proposant des plages en clair			
TF1	23	490	Pour savoir si votre antenne pointe bien sur l'émetteur tnt, relevez sur votre téléviseur les fréquences ou canaux sur lesquels vous recevez les chaînes analogiques: cela doit correspondre aux valeurs données ici. Si ce n'est pas le cas, c'est que votre antenne pointe vers un émetteur ou réémetteur ne diffusant pas la tnt: il faudra réorienter votre antenne.					
France2	29	538						
France3	26	514						
F5/arte	21	474						
M6	48	690						
Canal+	6	354						



Expérimentation 5

- 1- A l'aide de la documentation fournie, configurer le récepteur EFL100 pour recevoir la télévision numérique terrestre. Relever cette configuration.
- 2 - Observer la constellation et relever le taux d'erreur en fonctionnement.
- 3- Observer l'image reçue en TNT
- 4- Configurer maintenant le récepteur pour observer la télévision analogique terrestre.
- 5- Comparer la qualité de l'image obtenue en analogique et en numérique.