

Résumé

La télévision par satellite se développe rapidement suite à l'apparition de nouvelles techniques et à la création d'un environnement commercial favorable, conséquence de la déréglementation du secteur des télécommunications. Le succès de la radiodiffusion par satellite dépend aussi des programmes et, de plus en plus, du soin pris par les diffuseurs pour présenter aux divers publics une brochette de programmes séduisante. L'ensemble des paramètres caractérisant le satellite présente de ce fait une importante stratégie pour la pénétration d'un marché spécialisé.

Dans une première partie de ce projet, nous donnons des généralités sur les satellites de télécommunication ainsi que leurs standards.

En second, nous allons détailler l'étude des processus de numérisation et de compression d'un signal et suivre son acheminement dans une chaîne de transmission afin de pouvoir l'émettre sur satellite.

En suite nous exposons les différentes manipulations réalisées, l'étude des différents équipements utilisés durant notre stage au sein du téléport Bouchaoui, ainsi que la conception d'un programme sur C++ que nous avons pu mettre en œuvre afin de faciliter le calcul du bilan de liaison satellite.

Enfin nous terminons par une conclusion générale, une annexe qui viendra compléter notre travail et la bibliographie qui a permis cette rédaction.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	2
I. Présentation des organismes d'accueil.....	5
I.1 Téléport Bouchaoui.....	5
I.2 TDA (télédiffusion d'Algérie).....	5
I.3 ASBU (Arab States Broadcasting Union).....	6
Chapitre I : Généralités sur les satellites de télécommunication et les normes de transmission	
I. Définition d'un satellite.....	8
I.1 Définition d'un satellite de télécommunication.....	8
I.2 Caractéristiques des satellites de communication.....	8
I.3 Les liens satellites.....	9
I.4 les bandes de fréquences utilisées par les satellites de télécommunication.....	10
I.5 Services fournis par les réseaux satellitaires.....	11
I.5.1 La téléphonie.....	11
I.5.2 La télévision et radio.....	11
I.5.3 La télévision mobile.....	12
I.5.4 Radioamateur.....	12
I.5.5 Internet et radio par satellite.....	12
I.5.6 Aide aux systèmes de positionnement.....	13
II. Les standards DVB et DVB-S.....	13
II.1 La chaîne d'émission DVB-S.....	14
II.1.a Synoptique d'une chaîne d'émission DVB-S.....	14
II.2.Le flux TS.....	15
II.2.1 Structure des différents flux.....	16
II.2.2 Constitution des différents flux.....	16
II.2.3 Signalisation PSI/SI.....	17
II.2.3.a Tables PSI/SI obligatoires.....	17
II.2.3.b Tables PSI/SI optionnelle.....	18

Chapitre II : la chaine de transmission TV et radio par satellite de TDA

I. Bande de base.....	20
I.1 La télévision par satellite.....	20
I.1.1 TV analogique par satellite.....	20
I.1.1 TV numérique par satellite.....	23
I.2 Les systèmes de transmission numérique.....	23
I.2.1 Numérisation d'un signal vidéo.....	24
I.2.1.1 Echantillonnage.....	24
I.2.1.1.a Différents formats d'échantillonnage.....	25
I.2.1.2 Quantification.....	26
I.2.1.3 Codage.....	27
I.2.2 Compression.....	29
I.2.3 Norme MPEG.....	29
I.2.3.1 Compression vidéo à la norme MPEG-2	29
I.2.3.1.a Transformation en cosinus discrète.....	30
I.2.3.1.b Estimation et compensation de mouvement.....	32
I.2.3.2 Compression audio.....	34
I.2.3.2. a Numérisation d'un signal audio	34
II. Radio fréquence.....	35
II.1 La modulation QPSK.....	35
II.1.1 Principe.....	36
II.1.2 Dispositifs de correction d'erreur	37
II.1.2.1 Forward Error Correction (FEC).....	38
II.1.2.2 Code correcteur Reed-Solomon.....	38
II.1.2.3 Le choix de la modulation QPSK.....	38
II.2 Up-Converter (mélangeur de fréquence).....	40
II.3 Amplificateur de puissance (HPA).....	40
II.4 Antenne.....	40
II.5 Le satellite NSS7.....	41
II.6 Bilan de liaison satellite.....	42
II.7 Calcul de la dimension minimale de l'antenne de réception.....	42

Chapitre III Manipulation, mesures et conception

I. Manipulations effectuées sur le codeur E5710.....	47
I.1 Présentation du codeur utilisé.....	47
I.1.1 Schéma synoptique du codeur.....	48
I.1.2 Fonctionnement du codeur.....	49
I.1.3 Observation et rôle des blocs du codeur.....	49
I.2 Présentation du Dektec.....	50
I.3 Manipulation et implémentation du logiciel TDC.....	51
I.3.1 Manipulation effectuée.....	51
I.3.2 Présentation du logiciel TDC.....	52
I.3.2.1 Sous l'anglet Vidéo.....	52
I.3.2.2 Sous l'anglet Audio.....	53
I.3.2.3 Sous l'anglet Main.....	53
I.4 Choix de l'échantillonnage et affichage de la vidéo en 4 :2 :2 et 4 :2 :0.....	54
I.4.1 Choix de la structure et la longueur du GOP.....	56
I.4.2 Influence du débit sur la qualité de la vidéo.....	58
I.4.3 Choix du format d'affichage.....	60
I.5 Le multiplexeur de TDA.....	61
I.6 Conception du flux MPTS.....	62
I.7 Simulation de la chaîne de compression du codeur sous Matlab7.....	63
III. Récapitulation et conclusion.....	66
III.1 La bande de base du bouquet numérique de la TDA.....	66
IV. Manipulation effectuée sur le modulateur de TDA et modulation QPSK utilisée.....	68
IV.1 Calcul du débit symbole résultant de la modulation sans l'implémentation de RS.....	69
IV.2 Calcul du débit total résultant avec l'implémentation de RS.....	69
IV.2.1 Calcul du débit symbole.....	70
IV.3 Calcul de la bande passante occupée sur NSS7.....	70
IV.4 Influence du débit binaire sur l'occupation spectrale.....	71
IV.4.1 Manipulation réalisée.....	71
IV.5 Conversion de fréquence.....	73
IV.6 Amplification de puissance.....	74
IV.6.1 Influence du débit total sur le rapport C/N (Carrier/Noise).....	75

IV.6.2 Calcul de la puissance isotrope rayonnée.....	76
V. Conception d'un programme permettant le calcul du bilan de liaison avec C++builder5.....	77
V.1 Composition l'EDI C++builder.....	78
V.2 Présentation des fonctions du logiciel.....	79
V.2.1 Interface principale.....	79
V.4.3 Algorithme utilisé.....	83
Conclusion générale.....	86

Annexe

Bibliographie

I. Présentation des organismes d'accueil:

1. Le centre téléport Bouchaoui:

Pour faire face aux problèmes de réception au sud de l'Algérie (indisponibilité de liaisons terrestres jusqu'au SAHARA) ainsi que pour couvrir les zones d'ombres ; la télédiffusion d'Algérie a réalisé une station de diffusion via satellite. Cette nouvelle station qui est situé à 20km de l'ouest d'Alger diffuse le bouquet des programmes nationaux (TV et radio) sur les satellites AB3 5°W (Atlantic Bird) et NSS7 22°W et assure une part des échanges et contributions entre les différents organismes internationaux.



Figure1 : Le centre téléport Bouchaoui

I.2. TDA (télédiffusion d'ALGERIE) :

TDA : télédiffusion d'Algérie est un établissement public qui a été créé en juillet 1986, il est chargé de diffuser les programmes TV et Radio sur tout le territoire national via des émetteurs terrestres et à l'étranger via satellite. TDA compte 14 grands centres de télédiffusion, et elle diffuse les programmes sur 7 satellites différents.

L'établissement est membre actif dans plusieurs organismes spécialisés notamment :

- de l'union internationale de télécommunications (UIT)
- de l'union européenne de radiodiffusion (UER)
- de l'union des radios télévisions arabes (ASBU)
- de l'union des radios télévisions nationales africaines (URTNA) devenue dernièrement (UAR).



Figure2 : Direction générale TDA

I.3. ASBU (Arab States Broadcasting Union)

L'**ASBU** est l'un des organismes arabes les plus performants. Créée en 1969 pour consolider la coopération entre les radios et les télévisions publics des pays arabes, l'Union a accompagné toutes les évolutions audiovisuelles en pleine expansion de cette région, tout en maintenant son rôle vis-à-vis de la mission de service public. Elle compte également parmi les plus anciennes unions de radiodiffuseurs dans le monde.

Créée à Khartoum en 1969 pour resserrer les liens et consolider la coopération entre les radios et télévisions des pays arabes et pour développer leur travail, aussi bien dans la forme que dans le fond, l'ASBU regroupe les organismes publics de radio et de télévision dans tous les États arabes.

Les services de base comprennent essentiellement l'organisation est la coordination des échanges d'informations, de programmes et d'émissions sportives, l'assistance technique, un bouquet de programmes transmis au monde entier et la formation continue des cadres des radios et télévisions membres. À cette fin, l'ASBU dispose de deux centres spécialisés. Le premier se trouve à Alger et assure les échanges radio et télévision bilatéraux et collectifs, alors que Damas accueille l'autre centre, spécialisé dans la formation professionnelle continue.

Remerciements

*Nous tenons à remercier et à exprimer notre profonde gratitude à notre co-promoteur Mr **BESTAM Rachid** pour ses précieux conseils qu'il nous a prodigué tout au long de notre projet, sa disponibilité malgré son emploi du temps bien chargé, sa gentillesse, sa simplicité et sa modestie.*

*En second nous remercions le chef de centre du téléport Bouchaoui Mr **DROUCHE Brahim** de nous avoir proposé ce thème, d'avoir mis à notre disposition toute la documentation et les outils nécessaires afin de pouvoir réaliser nos expérimentations.*

*Nous remercions notre promoteur Mr **AIT BACHIR Youcef** de nous avoir orienté et encadré.*

*Nous remercions également le directeur technique de l'ASBU Mr **SAIAH Samir** pour ses conseils et ses orientations.*

Nos remerciements s'adressent aussi à toute l'équipe technique d'ingénieurs et techniciens du service exploitation du téléport Bouchaoui.

Nous tenons à remercier les membres de jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail.



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mon cher et tendre père qui m'a toujours soutenu, encouragé, et qui ne cesse de se sacrifier afin de voir ma réussite.

A la prunelle de mes yeux, ma chère mère qui m'oriente, m'encourage, me couvre d'affection et qui ne cesse de prier Dieu pour moi.

A mon cher frère Khaled que Dieu le protège.

A mes sœurs Sabrina et Katia que j'aime beaucoup.

A mon oncle Belkacem qui m'a orienté.

A mes tantes Aldjia et Malika et leurs filles qui m'ont beaucoup aidé.

A ma copine et sœur de cœur Bina.

A tous mes amis.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

CHAHINEZ



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- ✚ A la mémoire de mon père que Dieu le compte parmi ces fidèles ;*
- ✚ A ma très chère mère ma source de tendresse qui a tout sacrifié pour moi ;*
- ✚ A mon cher frère Kamel que Dieu le garde;*
- ✚ A mes chères sœurs Wezna, Meriem et Lynda ;*
- ✚ A mes cousins et cousines ;*
- ✚ A mes chers amis ;*
- ✚ A toute ma promotion et tous ceux qui me connaissent.*
- ✚ A tous ceux qui ont apporté de l'aide de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

Siham

SOMMAIRE

Introduction générale.....	2
I. Présentation des organismes d'accueil.....	5
I.1 Téléport Bouchaoui.....	5
I.2 TDA (télédiffusion d'Algérie).....	5
I.3 ASBU (Arab States Broadcasting Union).....	6
Chapitre I : Généralités sur les satellites de télécommunication et les normes de transmission	
I. Définition d'un satellite.....	8
I.1 Définition d'un satellite de télécommunication.....	8
I.2 Caractéristiques des satellites de communication.....	8
I.3 Les liens satellites.....	9
I.4 les bandes de fréquences utilisées par les satellites de télécommunication.....	10
I.5 Services fournis par les réseaux satellitaires.....	11
I.5.1 La téléphonie.....	11
I.5.2 La télévision et radio.....	11
I.5.3 La télévision mobile.....	12
I.5.4 Radioamateur.....	12
I.5.5 Internet et radio par satellite.....	12
I.5.6 Aide aux systèmes de positionnement.....	13
II. Les standards DVB et DVB-S.....	13
II.1 La chaîne d'émission DVB-S.....	14
II.1.a Synoptique d'une chaîne d'émission DVB-S.....	14
II.2.Le flux TS.....	15
II.2.1 Structure des différents flux.....	16
II.2.2 Constitution des différents flux.....	16
II.2.3 Signalisation PSI/SI.....	17
II.2.3.a Tables PSI/SI obligatoires.....	17
II.2.3.b Tables PSI/SI optionnelle.....	18

Chapitre II : la chaine de transmission TV et radio par satellite de TDA

I. Bande de base.....	20
I.1 La télévision par satellite.....	20
I.1.1 TV analogique par satellite.....	20
I.1.1 TV numérique par satellite.....	23
I.2 Les systèmes de transmission numérique.....	23
I.2.1 Numérisation d'un signal vidéo.....	24
I.2.1.1 Echantillonnage.....	24
I.2.1.1.a Différents formats d'échantillonnage.....	25
I.2.1.2 Quantification.....	26
I.2.1.3 Codage.....	27
I.2.2 Compression.....	29
I.2.3 Norme MPEG.....	29
I.2.3.1 Compression vidéo à la norme MPEG-2	29
I.2.3.1.a Transformation en cosinus discrète.....	30
I.2.3.1.b Estimation et compensation de mouvement.....	32
I.2.3.2 Compression audio.....	34
I.2.3.2. a Numérisation d'un signal audio	34
II. Radio fréquence.....	35
II.1 La modulation QPSK.....	35
II.1.1 Principe.....	36
II.1.2 Dispositifs de correction d'erreur	37
II.1.2.1 Forward Error Correction (FEC).....	38
II.1.2.2 Code correcteur Reed-Solomon.....	38
II.1.2.3 Le choix de la modulation QPSK.....	38
II.2 Up-Converter (mélangeur de fréquence).....	40
II.3 Amplificateur de puissance (HPA).....	40
II.4 Antenne.....	40
II.5 Le satellite NSS7.....	41
II.6 Bilan de liaison satellite.....	42
II.7 Calcul de la dimension minimale de l'antenne de réception.....	42

Chapitre III Manipulation, mesures et conception

I. Manipulations effectuées sur le codeur E5710.....	47
I.1 Présentation du codeur utilisé.....	47
I.1.1 Schéma synoptique du codeur.....	48
I.1.2 Fonctionnement du codeur.....	49
I.1.3 Observation et rôle des blocs du codeur.....	49
I.2 Présentation du Dektec.....	50
I.3 Manipulation et implémentation du logiciel TDC.....	51
I.3.1 Manipulation effectuée.....	51
I.3.2 Présentation du logiciel TDC.....	52
I.3.2.1 Sous l'anglet Vidéo.....	52
I.3.2.2 Sous l'anglet Audio.....	53
I.3.2.3 Sous l'anglet Main.....	53
I.4 Choix de l'échantillonnage et affichage de la vidéo en 4 :2 :2 et 4 :2 :0.....	54
I.4.1 Choix de la structure et la longueur du GOP.....	56
I.4.2 Influence du débit sur la qualité de la vidéo.....	58
I.4.3 Choix du format d'affichage.....	60
I.5 Le multiplexeur de TDA.....	61
I.6 Conception du flux MPTS.....	62
I.7 Simulation de la chaîne de compression du codeur sous Matlab7.....	63
III. Récapitulation et conclusion.....	66
III.1 La bande de base du bouquet numérique de la TDA.....	66
IV. Manipulation effectuée sur le modulateur de TDA et modulation QPSK utilisée.....	68
IV.1 Calcul du débit symbole résultant de la modulation sans l'implémentation de RS.....	69
IV.2 Calcul du débit total résultant avec l'implémentation de RS.....	69
IV.2.1 Calcul du débit symbole.....	70
IV.3 Calcul de la bande passante occupée sur NSS7.....	70
IV.4 Influence du débit binaire sur l'occupation spectrale.....	71
IV.4.1 Manipulation réalisée.....	71
IV.5 Conversion de fréquence.....	73
IV.6 Amplification de puissance.....	74
IV.6.1 Influence du débit total sur le rapport C/N (Carrier/Noise).....	75

IV.6.2 Calcul de la puissance isotrope rayonnée.....	76
V. Conception d'un programme permettant le calcul du bilan de liaison avec C++builder5.....	77
V.1 Composition l'EDI C++builder.....	78
V.2 Présentation des fonctions du logiciel.....	79
V.2.1 Interface principale.....	79
V.4.3 Algorithme utilisé.....	83
Conclusion générale.....	86

Annexe

Bibliographie

Introduction :

Les satellites ont été inventés avec l'idée qu'un point d'observation en très haute altitude pourrait servir à de nombreuses applications de télécommunication. Avant la conquête de l'espace, ce principe de relais d'ondes électromagnétiques a été assuré par des avions en haute altitude, des ballons ou même la Lune. En 1945 le principe d'un relais géostationnaire a montré qu'une couverture mondiale serait possible avec trois satellites "fixes". Plus tard Après de nombreux essais, le premier satellite actif de communication fut Telstar et la première transmission télévisuelle par satellite eut lieu en 1962, le premier satellite fixe en orbite géostationnaire a permis véritablement d'assurer un service de télécommunication point à point pour des transferts sur longue distance.

Les progrès remarquables des techniques numériques de production, transmission et émission de programmes télévision et radio modifient rapidement les idées en matière de radiodiffusion.

Les récents progrès enregistrés par les techniques d'intégration à très grande échelle ont considérablement contribué à l'émergence rapide des techniques de compression numérique image /vidéo pour les applications en radiodiffusion et dans le domaine de l'information.

L'intérêt suscité par la télévision numérique dans le cercle de la radiodiffusion et des télécommunications multimédias marque sans doute possible la transition du monde analogique au numérique.

La télévision par satellite se développe rapidement suite à l'apparition de nouvelles techniques et à la création d'un environnement commercial favorable, conséquence de la déréglementation du secteur des télécommunications. Le succès de la radiodiffusion par satellite dépend aussi des programmes et, de plus en plus, du soin pris par les diffuseurs pour présenter aux divers publics une brochette de programmes séduisante. L'ensemble des paramètres caractérisant le satellite présente de ce fait une importante stratégie pour la pénétration d'un marché spécialisé.

Dans une première partie de ce projet, nous donnons des généralités sur les satellites de télécommunication ainsi que leurs standards.

Introduction

En second, nous allons détailler l'étude des processus de numérisation et de compression d'un signal et suivre son acheminement dans une chaîne de transmission afin de pouvoir l'émettre sur satellite.

En suite nous exposons les différentes manipulations réalisées, l'étude des différents équipements utilisés durant notre stage au sein du téléport Bouchaoui, ainsi que la conception d'un programme sur C++ que nous avons pu mettre en œuvre afin de faciliter le calcul du bilan de liaison satellite.

Enfin nous terminons par une conclusion générale, une annexe qui viendra compléter notre travail et la bibliographie qui a permis cette rédaction.

Les systèmes de communication par satellite ont longtemps eu des fonctionnements dédiés et souvent propriétaires. L'essor de la télévision par satellite a vu l'apparition de nombreux standards, d'abord analogiques puis numériques. Le standard le plus répandu s'appelle DVB-S (Digital Video Broadcast - Satellite) et repose sur la norme de compression MPEG2 (Moving Pictures Expert Group). Les principes des réseaux satellite sont donc souvent très éloignés des standards des réseaux de télécommunication terrestre du fait de leur utilisation ciblée et de leurs caractéristiques intrinsèques.

I. Définition d'un satellite :

Un satellite est un ensemble de récepteur et émetteur radio basé sur une-plate forme en orbite autour de la terre. Les mesures sont effectuées par télédétection ; revient à mesurer tous les rayonnements réémis ou réfléchis par les scènes visées. Les satellites mis autour de la terre décrivent des orbites elliptiques ou circulaires selon la force de gravitation ou d'inertie à laquelle ils sont soumis.

I.1. Définition du satellite de télécommunication :

Les satellites de télécommunication transmettent donc des informations d'un point à l'autre de la terre, notamment des programmes télévisés en diffusion mais aussi des communications téléphoniques ou de données. Un satellite est constitué d'une plateforme (service module) assurant le maintien à poste dans l'espace et d'une charge utile (payload) permettant de remplir la mission du satellite. Pour un satellite de télécommunication, il est constitué de différents transpondeurs qui reçoivent, amplifient et retransmettent des signaux sur des fréquences différentes. [1]

I.2. Caractéristique des satellites :

Parmi les caractéristiques des satellites de télécommunication, on peut citer :

- Une grande couverture qui peut aller du tiers de la planète à 100 km pour les plus petits faisceaux ;
- Une diffusion naturelle, qui a naturellement aidé à développer la télévision par satellite ou toute application de diffusion ;
- Une accessibilité totale dans la zone de couverture, ce qui a permis de conserver cette technologie, non dépendante de facteurs terrestres (montagnes ou autres) ;

- Un délai qui peut être important avec un temps de propagation plus grand que le temps d'émission (autour de 250 ms pour une orbite géostationnaire) ;
- Peu d'infrastructures terrestres nécessaires ;
- Un coût important du fait du satellite lui-même mais aussi des équipements de transmission et de gestion du satellite et du réseau ;
- Une robustesse des composants et des systèmes ; il est trop dangereux d'envoyer des technologies non matures sur des satellites car elles doivent avoir une longue durée de vie en raison des coûts. [1]

I.3. Les liens satellites :

Les satellites ont été classés selon leurs hauteurs et les rayons autour desquels gravitent :

- **Les satellites LEO (Low Earth orbit) :** représentent des satellites en orbite basse de plusieurs centaines de kilomètres autour de 1000 km. Par conséquent la période de révolution des satellites est comprise entre 90 minutes et 2 heures. Les satellites en orbite terrestre basse demande une puissance de signal moins importante.
- **Les satellites MEO (Medium Earth orbit) :** évoluent sur une orbite médiane autour de 10000 km. portante.
- **Les satellites GEO (Geostationary Earth Orbit):** Les satellites géostationnaires gravitent autour de la terre avec une vitesse angulaire identique à celle de la terre. L'orbite sur laquelle tourne le satellite doit être circulaire et centrée sur l'axe polaire.

Pour que l'orbite soit fixe il faut que, la force centrifuge due à la rotation du satellite équilibre exactement l'attraction terrestre et que ces deux forces soient éloignées et cela ne se produit que dans le plan Equatorial.

Pour que la vitesse soit égale à celle de la terre, les calculs ont montrés que son rayon doit être égal à 42200km. Ces satellites se situent à une altitude de 35 786 km [1].

La figure (I.1) représente les orbites satellitaires :

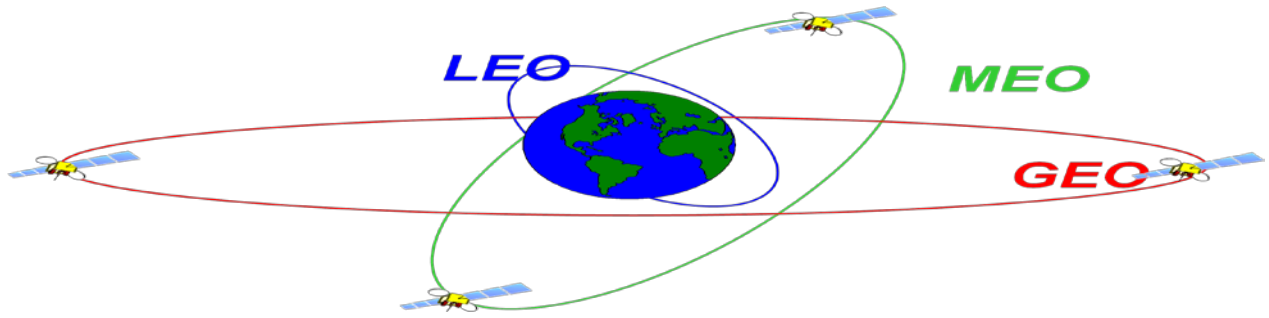


Figure I.1. Différentes orbites satellitaires [3]

I.4. Les bandes de fréquences utilisées par les satellites de communication :

Le choix des bandes de fréquences a été le fruit du compromis entre les avantages et les inconvénients des diverses bandes utilisables, les affectations existantes et les possibilités technologiques du moment.

En raison essentiellement des limitations technologiques des récepteurs, les fréquences utilisées ont été relativement basses au départ.

Des études poussées ont été menées pour déterminer les bandes de fréquence les plus intéressantes pour l'exploitation des services par satellite géostationnaire.

Deux principaux paramètres sont à prendre en compte :

1. Niveau de bruit, d'origine naturelle ou artificielle. Mis à part le bruit dû au bruit blanc qui est constant jusqu'à plus de 5000GHz, toutes les autres sources de bruit (atmosphérique, galactique et artificielle) décroissent quasi linéairement avec la fréquence pour devenir négligeable au delà de 5GHz environ.
2. Atténuation provoquée par l'atmosphère et ses perturbations (pluie et brouillard principalement). [2]

Les satellites utilisent des bandes de fréquences particulières ; les plus communes sont les bandes. **L (1.5-1.6GHz)**, **C (3.7 - 6.425GHz)**, **Ku (10.70 – 18GHz)** ou plus récemment **Ka (20 - 30 GHz)**. [1]

I.5. Services fournis par les réseaux satellitaires:

Les réseaux par satellite est un domaine qui a considérablement évolué depuis la naissance du premier satellite des télécommunications, de la téléphonie traditionnelle, la télévision, services à large bande modernes et des réseaux Internet et numériques par satellite.

Des progrès technologiques dans le domaine des réseaux sont centrés sur les réseaux satellites. Avec la demande croissante de la bande passante et la mobilité à l'horizon, le satellite est une option logique pour assurer une plus grande bande passante avec une couverture mondiale au-delà de la portée des réseaux terrestres et montre de grandes promesses pour l'avenir avec le développement des technologies des réseaux.

Le but ultime du réseau consiste à fournir des services et des applications directement aux utilisateurs. Le réseau assure le transport des services et informations entre les utilisateurs à une certaine distance ; parmi ces services :

I.5.1. La téléphonie :

Même concurrencée par les câbles optiques terrestres ou sous-marins, l'application qui est toujours la plus importante pour les satellites de communication est la téléphonie internationale. Les centraux locaux transportent les appels jusqu'à une station terrienne (téléport), d'où ils sont émis en direction d'un satellite géostationnaire. Ensuite ce satellite les retransmet vers une autre station de réception.

Les téléphones mobiles se connectent directement au satellite. Ils doivent donc être en mesure d'émettre un signal et de le pointer vers le satellite même en cas de mouvement.

I.5.2. Télévision et radio :

En télévision et radio, on sépare traditionnellement les utilisations en deux groupes :

- services occasionnels OU (Occasional Use) c'est une liaison de contribution ou de transmission.
- services permanents ITV (International TV) c'est la diffusion.

Le nombre de récepteur varie, quelques dizaines pour OU, et un nombre beaucoup plus important pour la diffusion ITV. Les contraintes techniques sont donc totalement différentes, tout en utilisant les mêmes satellites.

Un service ITV transmet à destination de petites antennes de réception (de 60 cm à 1.10m) situées directement chez les particuliers. En général les fréquences utilisées étaient dans la bande K, même si de nos jours avec l'évolution des technologies, on est en mesure de diffuser en bande C vers des particuliers, on parle de diffusion DTH (Direct To Home).

Un service OU est une liaison de A vers B (unilatérale) ou de A vers B, C, D... (Multilatérale) avec un nombre limité de récepteur, à l'origine, ces services utilisaient la bande C et la moitié inférieure de la bande Ku. Ce sont des liaisons utilisées pour ramener des images non montées au siège d'une chaîne par exemple, ou pour couvrir en direct un événement extérieur.

I.5.3. La télévision mobile :

A l'origine destinées à la diffusion vers des points de réception fixes, les technologies de diffusion de télévision par satellite ont pris un tournant en 2004, avec l'arrivée de deux nouveaux systèmes de transmissions par satellites aux États-Unis. Les systèmes **SIRIUS** et **XM Satellite Radio Holdings** permettent en effet la diffusion de télévision par satellite vers des récepteurs mobiles. Des constructeurs ont aussi lancé de nouvelles antennes spéciales pour la réception mobile de télévision satellite. Utilisant la technologie GPS comme référence, ces antennes se pointent automatiquement vers le satellite, quelle que soit la position et le mouvement du support de l'antenne. Ce type d'antenne satellite mobile est très apprécié des propriétaires de camping-cars par exemple.

I.5.4. Radioamateur :

Les opérateurs radioamateurs ont accès aux satellites OSCAR, ils sont en général accessibles aux amateurs équipés en UHF ou en VHF avec des antennes très directives, comme des antennes de type Yagi, ou des antennes paraboliques. En raison des limitations des équipements au sol, la plupart de ces satellites sont dans une orbite terrestre basse.

I.5.5. Internet et données sur satellite :

Depuis quelques années, les techniques de communication par satellite sont utilisées pour des connexions Internet à haut débit. C'est surtout très utile pour des utilisateurs très isolés qui ne peuvent pas être connectés en ADSL ou via le réseau téléphonique. Ces techniques servent aussi pour des entreprises ou des organisations implantées mondialement et ne voulant pas dépendre d'un opérateur de télécommunication local.

I.5.6. Aide aux systèmes de positionnement:

Plusieurs satellites de télécommunication géostationnaires sont utilisés actuellement comme aide aux utilisateurs du système GPS. La technique est connue sous le nom de SBAS (Satellite Based Augmentation System) est une première étape dans le sens d'établir un système de positionnement par satellite. Il s'agit d'un ensemble de satellites géostationnaires destinés à renseigner en temps réel les utilisateurs de GPS sur la qualité des signaux qu'ils reçoivent. [2]

Parmi les satellites géostationnaires on trouve **NSS7** et **AB3** qui assurent la couverture pour l'Algérie, l'Europe et le moyen orient.

Voici ci-dessous la couverture du satellite AB3:

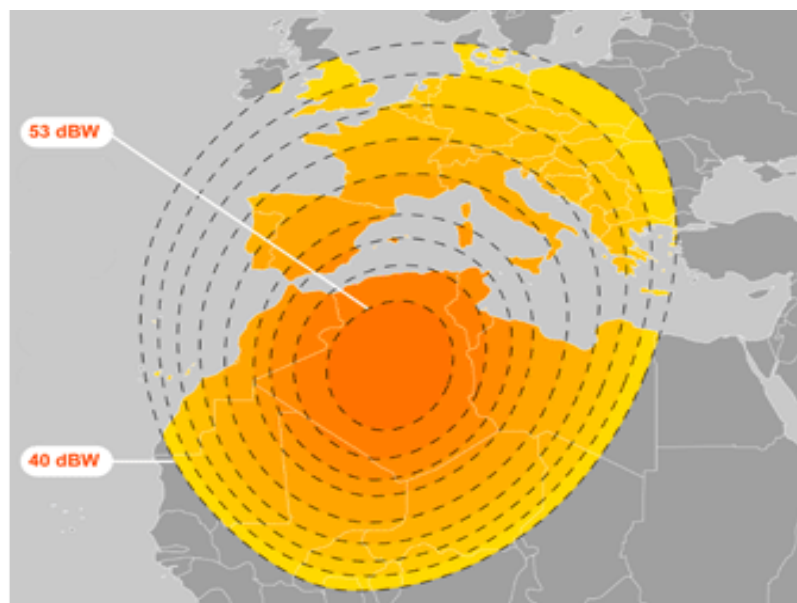


Figure I.2 : Couverture d'AB3 5°West pour l'Algérie [4]

II. Les standards DVB et DVB-S :

La norme **DVB** (Digital Vidéo Broadcasting) soit diffusion vidéo numérique, désigne une norme de télévision numérique européenne (standard de transmission) et également exploitée dans d'autres pays dans le monde dont le but est d'intégrer des points communs entre les différentes plates formes de diffusion ; en d'autres termes assurer une compatibilité entre les différentes interfaces de la chaîne de diffusion.

◆ La DVB peut être utilisée pour la diffusion aussi bien que pour les liaisons de transmission ou de contribution. Pour la diffusion, trois systèmes principaux sont définis : DVB-S pour le satellite, DVB-C pour le câble et DVB-T pour la diffusion terrestre.

◆ La norme DVB-S définit une méthode de transmission des signaux de télévision numérique MPEG-2 TS (Transport Stream) via satellite.

◆ Le standard DVB-S spécifie :

✓ une modulation QPSK.

✓ Un codage de canal de type Reed Solomon + un code convolutif.

La norme DVB impose que le signal TV numérique soit composé de « trains transport ». [5]

II.1. La chaîne d'émission DVB-S :

Dans une chaîne d'émission DVB-S ou pour la diffusion de la télévision numérique via Satellite, le signal montant vers ce dernier doit être conforme au format MPEG2-TS (flux de transport MPEG2) qui est constitué de paquets de 188 octets. Le TS contient un ou plusieurs programmes (services) dont chacun est constitué d'images, de sons et d'autres informations. [6]

II.1.a Synoptique d'une chaîne d'émission DVB-S :

En prenant en considération une transmission via satellite le schéma synoptique d'une chaîne d'émission DVB-S est donné par la figure I.3 :

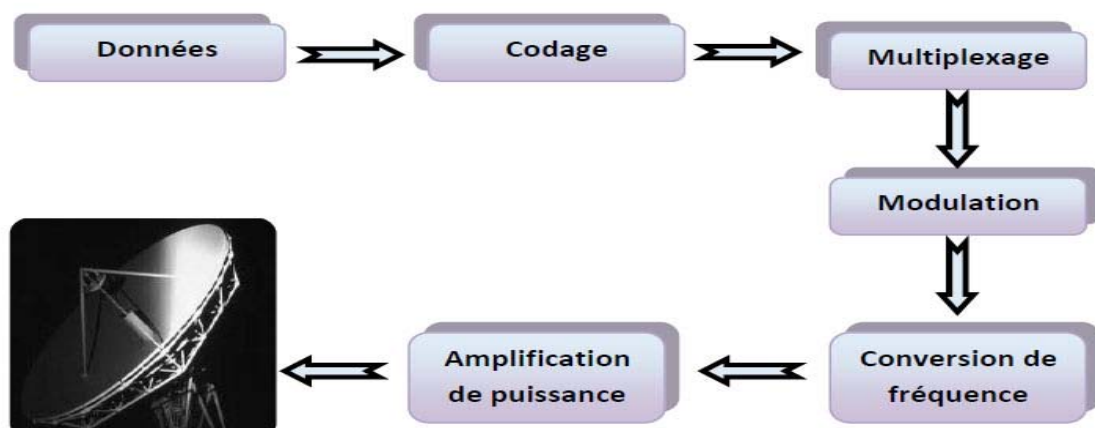


Figure I. 3: Schéma synoptique de la chaîne d'émission DVB-S

La chaîne d'émission est découpée en deux parties essentielles :

- **La Partie bande base** : Où s'effectue le traitement du signal (numérisation, codage compression et multiplexage). la figure I.4 représente le schéma synoptique de la bande de base.

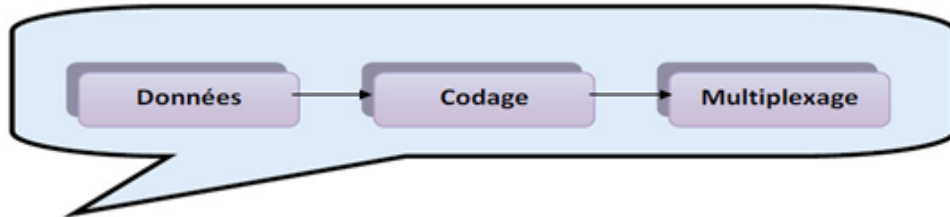


Figure I.4: Schéma synoptique de la bande de base

- **Partie RF** : Ou s'effectue la modulation du signal, la conversion de fréquence ainsi que la protection de l'information transportée. La figure I.5 représente le schéma synoptique de la partie radio fréquence :

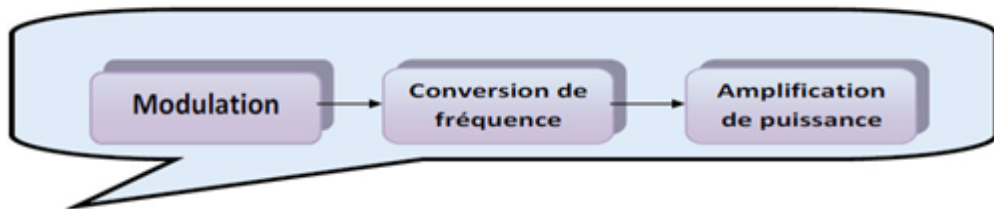


Figure I.5 : Schéma synoptique de la partie RF

II.2. Le flux TS :

Un flux TS (train transport) est composé de plusieurs paquets élémentaires appelés PES (Packetized Elementary Stream) qui sont multiplexés dans le temps ; chaque PES est composé de plusieurs ES (Elementary Stream) qui contiennent des signaux (informations) soit d'audio, de vidéo ou de data.

Le schéma suivant montre les différentes étapes de générer un flux TS :

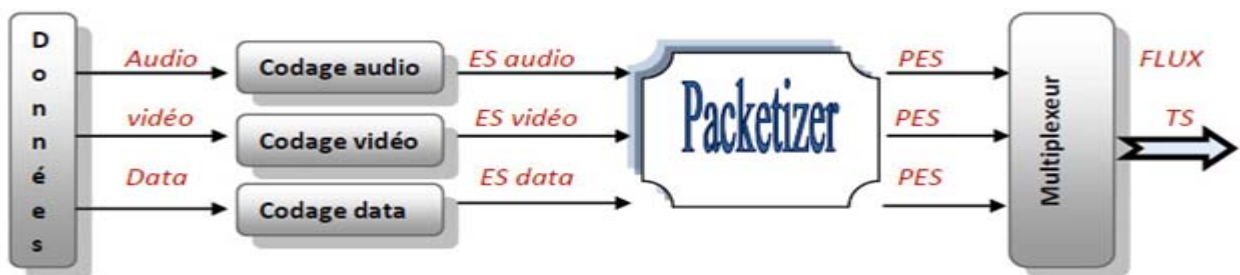


Figure I.6 : Schéma conceptuel de la génération des trains transports TS.

II.2.1. Structure des différents flux:

Le schéma suivant révèle la structure des différents flux :

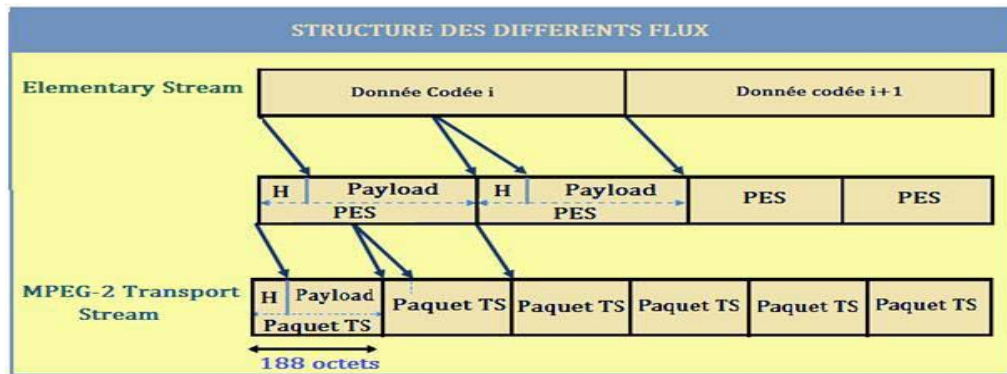


Figure I.7 : Structure des différents flux

- Les trains élémentaires fournis par les codeurs audio et vidéo et les données auxiliaires sont organisés en paquets pour former les Packetized Elementary Stream (PES) vidéo, audio et données privées.
- Le packetizer réalise le découpage des flux ES en paquets de longueur variable appelés PES identifiés par un en-tête spécifique.
- Le multiplexage des différents flux PES forme le train transport TS.

II.2.2. Constitution du paquet de transport :

Un paquet de transport de 188 octets est constitué d'un en-tête de 4 octets et d'une charge utile (payload) de 184 octets comportant les programmes TV transmis par le canal ainsi qu'un certain nombre de donnée permettant au décodeur d'identifier les composants du train transport. La charge utile est précédée par un champ d'adaptation (Adaptation field).

Voici ci- dessous la constitution du paquet de transport :

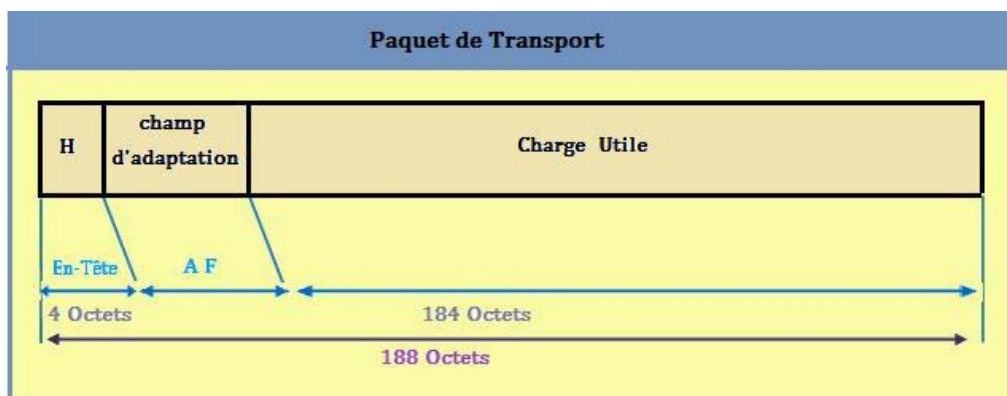


Figure1.8 : Constitution du paquet de transport

La longueur des paquets de transport a donc été fixée à 188 octets dont 1 octet de synchronisation, valeur retenue notamment pour les émissions par satellite, câble et terrestre à la norme Européenne DVB. Chaque paquet est identifié dans l'en-tête par un PID (Packet Identifier) qui indique le type de contenu en fonction de la signalisation PSI/SI

II.2.3. Signalisation PSI/SI :

Afin d'assurer le fonctionnement d'un tel système, des informations de contrôle sont nécessaires pour notamment attribuer aux PIDs le type de programme. Ce système de contrôle s'occupe également du contrôle d'accès, de la gestion du réseau et d'autres fonctions. Il utilise pour cela un ensemble de tables. La norme MPEG2 décrit uniquement les tables PSI : PAT, CAT, PMT, NIT. Elles ont été précisées et complétées par le groupe DVB par d'autres tables SI basées sur la même structure.

II.2.3.a. Tables PSI/SI obligatoires :

- **Table NIT** (Network Information Table) : Dans un système DVB, cette table est directement indiquée par un PID de '0x0010'. Elle donne des informations sur l'organisation du réseau physique. C'est la première table que l'on trouve dans un système DVB. Elle permet de trouver la bonne fréquence du flux d'un terminal par exemple.
- **Table PAT** (Program association Table) : Identifiée par un PID de '0x0000', elle liste les programmes présents ainsi que les PIDs des tables de description de programme (PMT) associés. Elle a donc un rôle d'index pour trouver d'autres tables décrivant le flux.
- **PCR** (Program Clock Reference) : Valeur instantanée de l'horloge du codeur qui est placée en général dans l'en-tête des paquets TS vidéo de chaque programme afin de synchroniser l'horloge du décodeur.
- **Table CAT** (Conditionnal Access Table) : Identifiée par un PID de '0x0001', elle donne des informations sur les contrôles d'accès mis en place dans le multiplexe, pour limiter l'accès des programmes aux abonnés.
- **Tables PMT** (Program Map Table) : On les trouve à partir de la table PAT. Une table PMT identifie et indique la localisation des flux associés à un service/programme. Elle définit donc la compréhension des données suivant leurs PIDs.

- **Table SDT** (Service Description Table) : Elle liste les noms et paramètres associés à chaque service d'un multiplexe
- **Table EIT** (Event Information Table) : Elle transmet des événements en cours ou à venir dans le multiplex. Elle peut permettre de bâtir un guide électronique des programmes ou EPG (Electronic Program Guide).
- **Table TDT** (Time and Data Table) : Elle permet une remise à l'heure de l'horloge interne du terminal récepteur.

II.2.3.b. Tables PSI/SI optionnelles :

- **Table TSDT** (Transport Stream Description Table) : Elle décrit le type de contenu du flux MPEG2-TS.
- **Table BAT** (Bouquet Association Table) : Elle groupe les différents services/programmes en bouquet pour présentation à l'utilisateur.
- **Table RST** (Running Status Table) : Cette table permet la mise à jour rapide d'un ou plusieurs événements.
- **Table TOT** (Time Offset Table) : Elle indique le décalage horaire aux terminaux.
- **Table ST** (Stuffing Tables) : Elle permet de désactiver des tables devenues inutiles.

Chacune de ces tables a un but particulier et contient des descripteurs définis dans la norme. Ces descripteurs peuvent être communs à différentes tables ; par exemple, un descripteur décrivant le nom d'un bouquet pourra être utilisé dans la BAT et la SDT. [1]

Les voies satellites, soit dans les bandes à service de radiodiffusion par satellite, soit dans les bandes des satellites à service fixe, offrent une excellente occasion de mettre en œuvre à brefs délais, des techniques numériques de télévision multiprogramme.

Nous allons voir dans le chapitre II ces techniques là, et l'étude d'une chaîne de transmission numérique par satellite (bande de base et RF).

Une chaîne de transmission via satellite se compose essentiellement de deux parties ; la partie bande de base et la partie radio fréquence dite RF. Dans ce chapitre nous étudions les différents processus et transformations des signaux audio et vidéo de la chaîne de transmission de TDA afin de pouvoir les émettre sur satellite.

I. Bande de base :

Grâce à la technologie du numérique, il est aujourd'hui possible de faire transiter simultanément plusieurs programmes dans un même canal satellite, là où on ne pouvait en loger en analogique qu'un seul et unique. Cette possibilité d'acheminer plusieurs chaînes de télévision numérique sur un même répéteur de satellite, permet de diffuser non plus quelques dizaines, mais quelques centaines de programmes sur chaque satellite.

I.1. La télévision par satellite :

il existe deux types de télévision par satellite :

I.1.1. TV analogique par satellite :

Les standards vidéos **NTSC**, **PAL**, **SECAM**, sont tous basés sur la compatibilité avec la télévision monochrome et transmettent un signal vidéo **composite** qui combine d'une part, la synchronisation et la **luminance Y**, combinaison linéaire des composantes Rouge, Verte et Bleu de l'image en couleur et d'autre part la **chrominance C** véhiculée par une sous porteuse dans la partie haute du spectre vidéo.

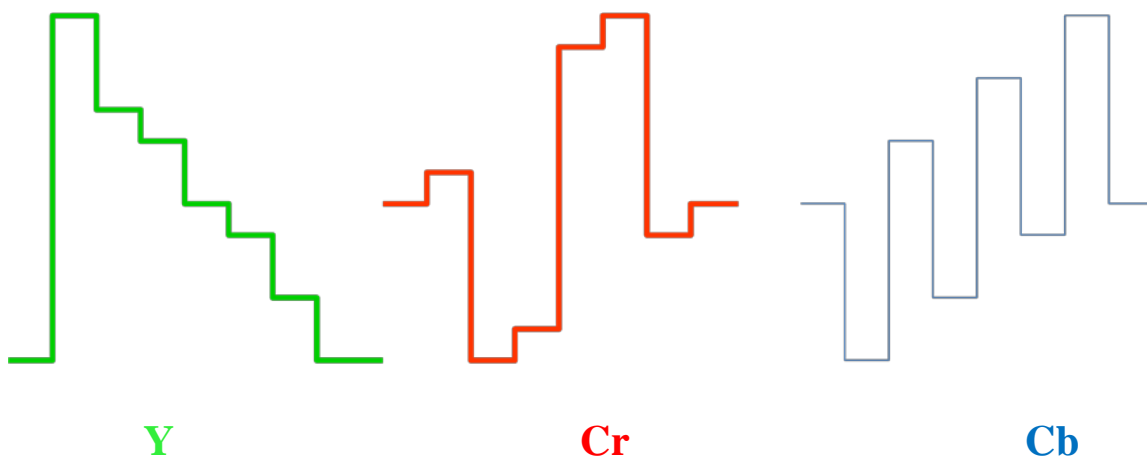


Figure II.1 : La décomposition de la vidéo

La vidéo se décompose comme suit :

- Une synthèse additive des couleurs primaires Rouge, Vert, Bleu.
- Des primaires R V B transformées en une composante de luminance tel que :

$$Y = 0.59V + 0.30R + 0.11 B$$

Y représente la luminosité de l'image monochrome compatible, quelque soit le standard.

Cr et **Cb** représentent les signaux de chrominance composés de deux signaux de « différence de couleur » R-Y et B-Y qui représentent la colorisation de l'image monochrome, et ont une bande passante réduite (environ un quart de celle de la luminance).

Les bandes passantes de la luminance et la chrominance sont respectivement :

$$\text{B.P. Luminance } Y = 5.75 \text{ MHz.}$$

$$\text{B.P. de (R-Y), (B-Y)} = 2.75 \text{ MHz.}$$

Il est plus facile de reconstituer le signal R, V, B dans le récepteur par combinaison linéaire des signaux R-Y et B-Y avec le signal Y par une opération dite de matricage.

Un signal analogique traite ou transmet des données sous la forme de variation continue d'une grandeur physique.

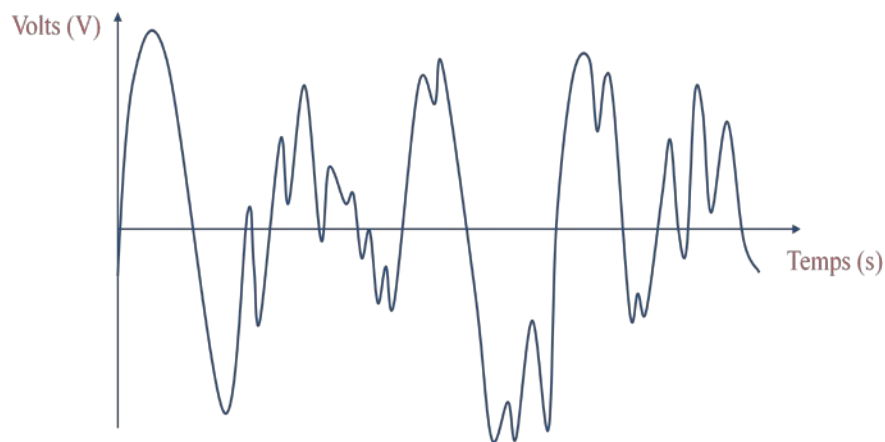


Figure II.2 : Signal analogique

Les trois systèmes souffrent cependant à des degrés de certains défauts inhérents au principe même du multiplexage fréquentiel utilisé, notamment le cross-color qui a lieu lorsque la fréquence de la luminance se trouve dans la bande passante de la chrominance (effet visible par exemple sur la

chemise rayée d'un présentateur) et une définition relativement faible de la chrominance par rapport à la luminance.

En analogique, un opérateur de programme fournit un programme qui sera ensuite diffusé par un opérateur de diffusion dans un canal TV. Donc en analogique on peut associer directement un programme avec un canal particulier. [8]

I.1.2. La TV numérique par satellite :

Depuis de nombreuses années déjà, les professionnels de la vidéo utilisent dans les studios des chaînes de télévision des formats numériques divers pour l'enregistrement, la manipulation, le montage et la copie des signaux vidéo.

Un signal numérique traite ou transmet des données sous la forme d'une suite de nombre.



Figure II.3 : Signal numérique

Afin de faciliter l'interopérabilité des matériels et l'échange des programmes, le **CCIR** (Comité Consultatif International des Radiocommunications) a normalisé les conditions de numérisation et l'interface des signaux vidéos numériques en composantes (Y, Cb, Cr) au format 4 :2 :2 et 4 :2 :0.

Les principaux avantages de ces formats numériques normalisés sont de permettre des copies multiples sans aucune dégradation de la qualité des images, de créer des effets spéciaux irréalisables en analogique, ainsi de faciliter les montages de toutes sorte et les échanges internationaux indépendamment du standard utilisé ensuite pour la diffusion. [9]

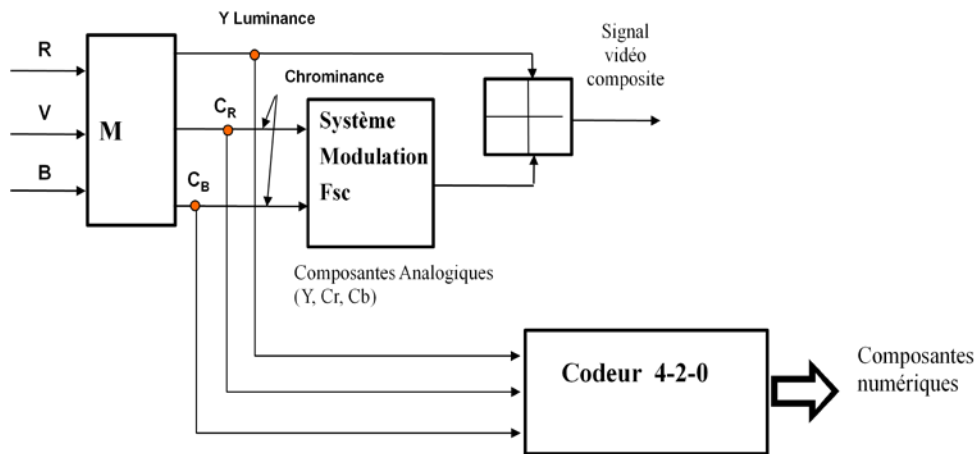


Figure II.4: Passage de l'analogique au numérique. [8]

I.2. Les systèmes de transmission numérique :

Les systèmes de transmission numérique véhiculent de l'information entre une source et un destinataire en utilisant un support physique comme le câble, la fibre optique ou encore, la propagation sur un canal radioélectrique. Les signaux transportés peuvent être soit directement d'origine numérique, comme dans les réseaux de données, soit d'origine analogique (parole, image...) mais convertis sous une forme numérique. La tâche du système de transmission est d'acheminer l'information de la source vers le destinataire avec le plus de fiabilité et de fidélité possible.

En numérique, grâce aux techniques de compression, on peut transporter plusieurs programmes dans le même canal. On ne peut plus sélectionner un programme particulier uniquement par son canal de diffusion. Il est nécessaire de rajouter des informations du contenu du multiplex.

Le schéma synoptique d'un système de transmission numérique est donné par la figure II.5 :

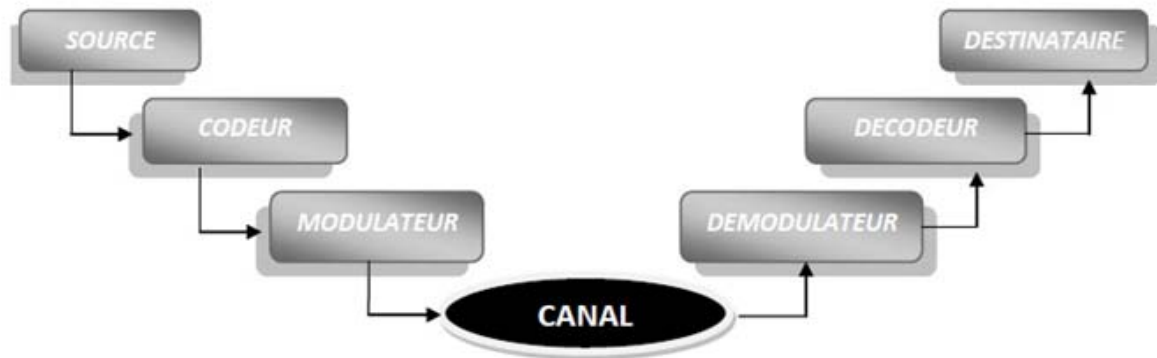


Figure II.5 : Schéma synoptique d'une chaîne de transmission

Les trois caractéristiques principales qui permettent de différencier et de comparer entre les différentes techniques de transmission sont les suivantes :

- La probabilité d'erreur (P_e) par bit qui est fonction de la technique de transmission utilisée, mais aussi du canal sur lequel le signal est transmis permettant ainsi d'évaluer la qualité d'un système de transmission.
- L'occupation spectrale du signal émis doit être connue pour utiliser efficacement la bande passante du canal de transmission.
- La complexité du récepteur dont la fonction est de restituer le signal émis.

I.2.1. Numérisation d'un signal vidéo:

Les étapes de numérisation du signal vidéo sont :

I.2.1.1. Echantillonnage :

A une certaine fréquence d'échantillonnage (f_e), des échantillons du signal analogique sont prélevés pendant une très courte période. Selon le théorème de Shannon, la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à deux fois la fréquence maximale du signal:

$$f_e \geq 2f_{\max}.$$

La recommandation de l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) qui définit la fréquence d'échantillonnage de la luminance, a été retenue à **13,5Mhz** et celles des chrominances à **6,75Mhz** pour l'ensemble des standards TV (PAL, SECAM et NTSC).

La figure II.6 illustre le processus d'échantillonnage.

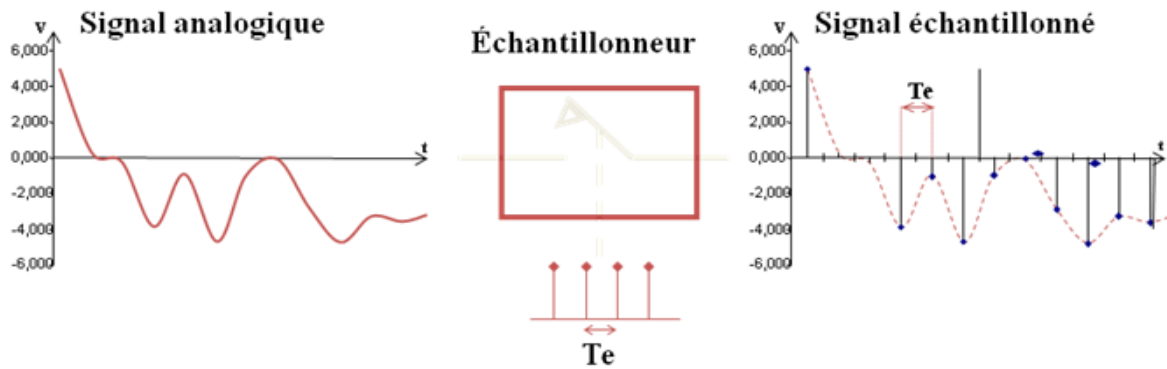


Figure II.6 : Echantillonnage d'un signal analogique

Te : période d'échantillonnage, intervalle de temps séparant deux échantillons.

Fe : fréquence d'échantillonnage, nombre d'échantillons pendant une seconde.

I.2.1.1.a. Différents formats d'échantillonnage :

Une vidéo est une séquence d'image fixe où chaque image est composée de deux trames, dans chaque trame il existe un nombre entier de ligne active qui est de l'ordre de 288 lignes (576 lignes actives dans chaque image vidéo). Ces lignes actives comportent de l'information de luminance Y et de la chrominance C avec ses deux composantes (Cr, Cb).

Pour les signaux vidéos, il existe différents formats d'échantillonnage comme le montre la figure II.7:

- **Echantillonnage 4 :4 :4 :**

Consiste à prélever 4 échantillons de luminance Y, 4 échantillons de chrominance Cr et 4 échantillons de chrominance Cb.

- **Echantillonnage 4 :2 :2 :**

Consiste à prélever 4 échantillons de luminance Y, 2 échantillons de chrominance Cr et 2 échantillons de chrominance Cb. Ce type d'échantillonnage est plus utilisé dans les studios.

- **Echantillonnage 4 :2 :0 :**

Consiste à prélever 4 échantillons de luminance Y, 2 échantillons de chrominance C. Dans ce type d'échantillonnage la moitié de l'image est en noir et blanc.

Cette résolution de chrominance est la plus utilisée dans les applications MPEG ou pour la diffusion de la télévision à domicile(DTH), et c'est ce format qui est utilisé par la TDA.

Voici la figure II.7 représente les différents formats d'échantillonnage :

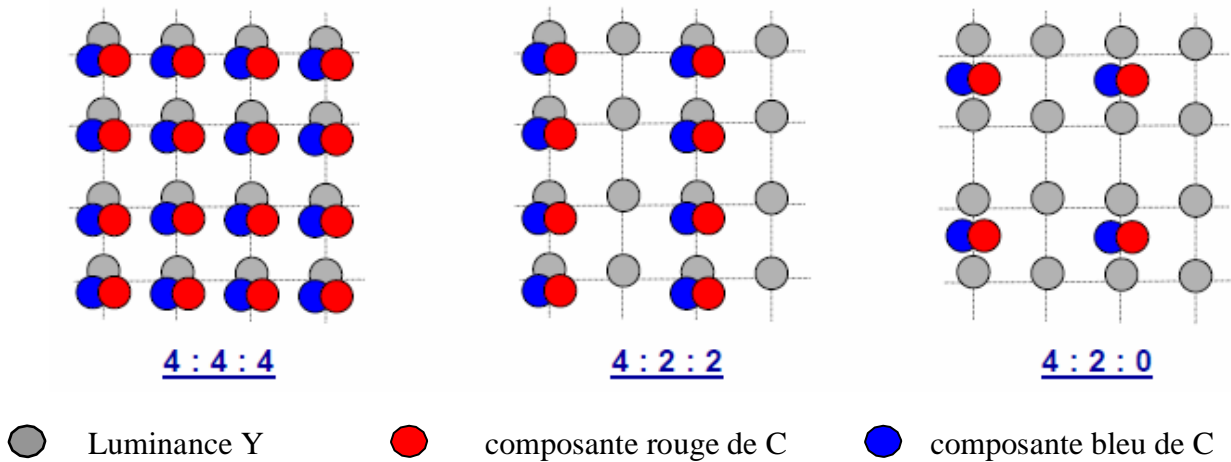


Figure II.7: Différents formats d'échantillonnage. [8]

I.2.1.2. Quantification :

Une évaluation de l'amplitude de chacun de ces échantillons par rapport à des références selon une échelle précisément établie. On établit une série de paliers égaux en amplitude (dans le cas d'une quantification linéaire). Chacun des échantillons du signal initial est comparé avec cette échelle et est transformé en un mot binaire correspondant à l'amplitude.

Le nombre de paliers possibles N ne dépend que du nombre de bits n utilisé par la quantification : il a pour valeur $N = 2^n$.

La figure II.8 illustre le processus de quantification :

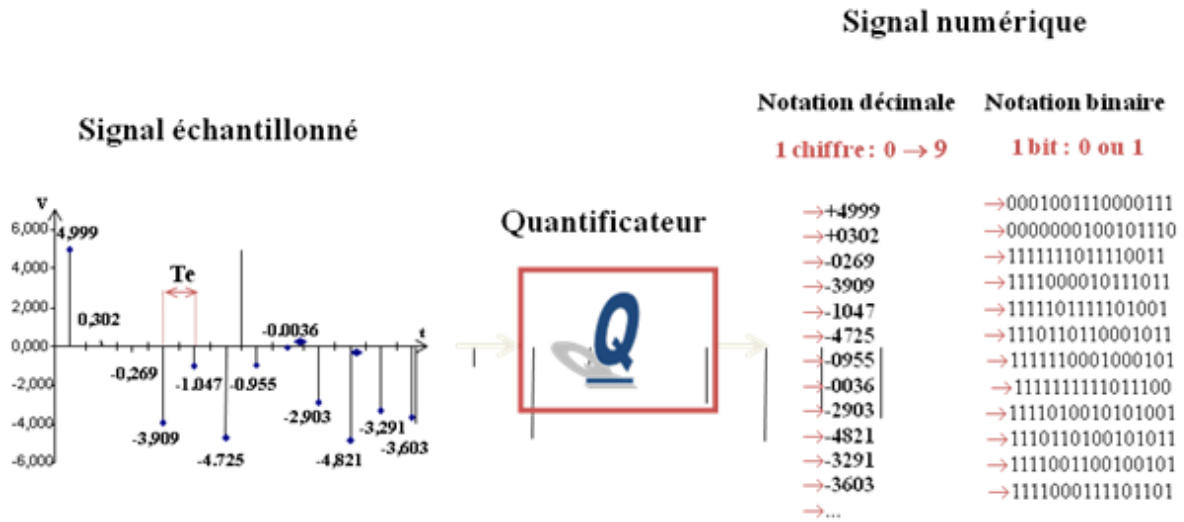


Figure II.8: Quantification d'un signal échantillonné

I.2.1.3. Codage :

Chaque échantillon sera codé sur un ensemble de bit. Comme l'illustre l'exemple suivant :

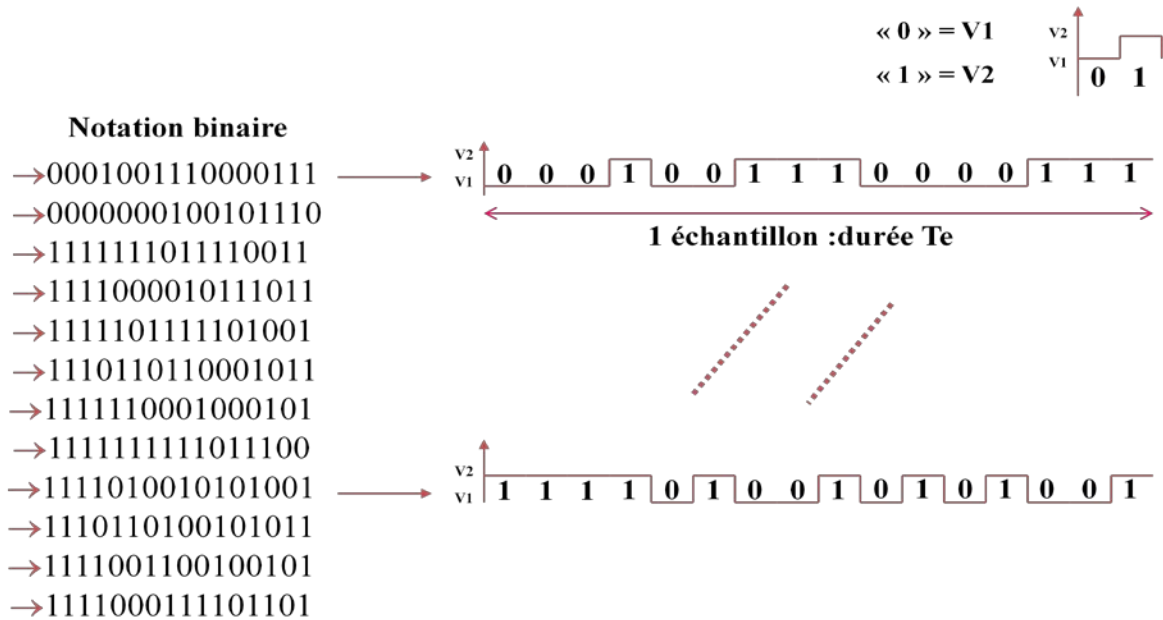


Figure II.9 : Codage d'un signal [8]

Voici ci-dessous le schéma illustratif de sérialisation de données :

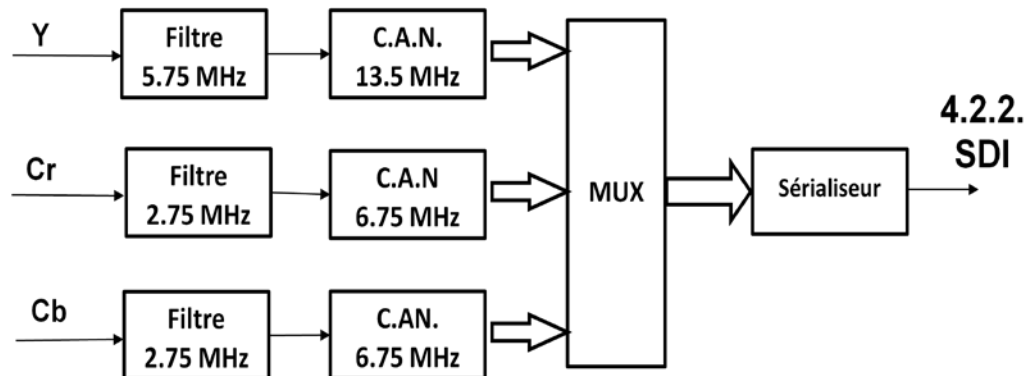


Figure II.10: La sérialisation des signaux. [8]

Prenons l'exemple d'un signal vidéo à 25 images/seconde, basé sur un signal YCrCb au format **4 :2 :0** ce qui correspond à 4 échantillons de luminance Y et 2 échantillons de chrominance C. Quelque soit le standard de balayage, la fréquence d'échantillonnage est de **13.5 Mhz** pour la luminance et de **6.75 Mhz** pour la chrominance, ce qui correspond à une définition de **720** échantillons de Y et de **360** échantillons de (Cr, Cb) par ligne en ne considérant que les lignes actives de l'image. [8]

Si chaque pixel est codé sur 10 bits ; le débit net nécessaire au transport du signal utile est de l'ordre de :

$$\text{Débit net} = (720+180+180) \times 25 \times 576 \times 10 = 720 \times 25 \times 576 \times 10 \times (1+1/4+1/4) = 155.52 \text{ Mbps.}$$

Le débit brut nécessaire au transport du signal complet (en considérant les intervalles de suppression horizontale et verticales) est de l'ordre de :

$$\text{Débit brut} = (13.5+6.75 \times 2) \times 10 = 270 \text{ Mbps}$$

D'autre part les studios de post productions numérique utilisent **270 Mb/s (SDI=Serial Digital Interface)** de débit (débit brut) pour coder les images sachant qu'un canal satellite accepte autour de **38 Mbit/s** (valeur la plus courante).

Aussi les satellites sont équipés de répéteurs à **36 Mhz** et la bande passante qu'occuperait un signal de **270 Mb/s** sans la piste audio est bien trop large, on peut constater par conséquent qu'une réduction de débit est nécessaire.

I.2.2. La compression:

De manière générale, la compression est une réduction de débit du signal transporté se basant sur la suppression de la redondance tout en préservant la qualité perceptible.

La compression a pour principal objectif l'optimisation de la bande passante occupée par le signal. Le groupe de travail européen DVB a choisi la norme de compression MPEG-2 pour le codage de source et a défini les caractéristiques du codage de canal, de manière à pouvoir transmettre de 6 à 8 programmes TV par canal RF Satellite.

I.2.3. Norme MPEG :

Moving Picture Experts Group, ce groupe d'experts est chargé du développement de normes internationales pour la compression, la décompression, le traitement et le codage de la vidéo, de l'audio et de leur combinaison, de façon à satisfaire une large gamme d'application. Parmi ces normes :

- **MPEG-2 :**

Norme applicable au codage de l'audio et la vidéo, ainsi que leur transport pour la télévision numérique: télévision numérique par satellite, télévision numérique par câble et télévision numérique terrestre. C'est notamment le format utilisé jusqu'à présent pour la TV sur ADSL. Les débits habituels sont de **2 à 6 Mbit/s** pour la résolution standard (SD), et de **15 à 20 Mbit/s** pour la haute résolution (HD).

I.2.3.1. Compression vidéo à la norme MPEG-2:

Le but du moteur de compression vidéo est évidemment de réduire le débit vidéo de manière qu'il corresponde à la capacité disponible du canal de transmission.

Le MPEG-2 prend en compte le fait que, dans une séquence vidéo, de nombreuses images successives se ressemblent énormément et la valeur d'un pixel donnée est susceptible d'être fortement corrélée aux pixels qui sont autour de lui. On parle alors de redondance spatiale ou temporelle.

Pour profiter de cette redondance, MPEG utilise un processus appelé transformée en cosinus discrète DCT combinée à une technique appelée quantification pour supprimer les informations inutiles.

I.2.3.1.a. Transformation en cosinus discrète :

Les différentes étapes de compression par la technique de DCT sont :

- ✓ La **DCT** est appliquée à un bloc de 8x8 pixels qui seront transformés en un bloc de 8x8 coefficients. Ces coefficients sont représentatifs de la teneur en fréquence du bloc de pixel initial, sachant que les composantes de basse fréquence sont concentrées dans le coin supérieur gauche du bloc transformé, alors que les composantes de fréquences plus élevées sont situées plus vers la droite et le bord inférieur, la figure II.11 illustre la transformé en cosinus discrète.

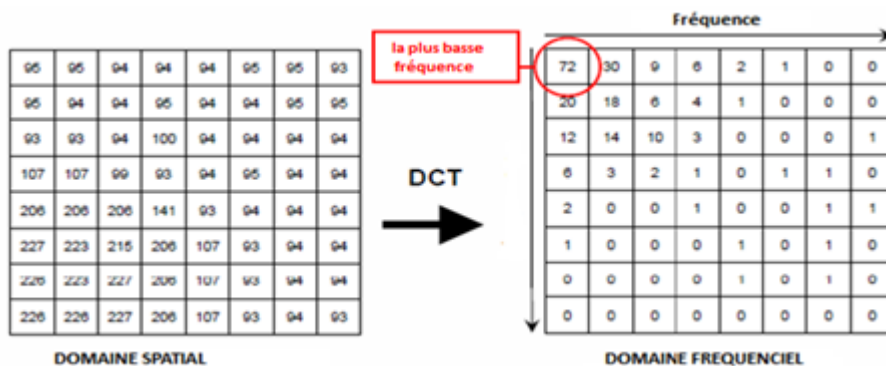
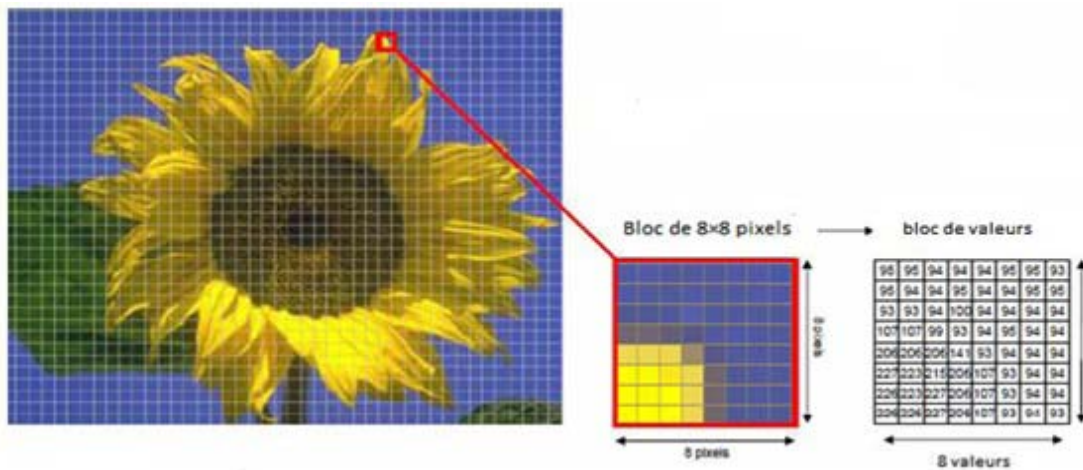


Figure II.11 : Procédés de la DCT

- ✓ Un processus de seuillage et de quantification va être appliqué aux blocs de coefficient grâce aux tables de quantification, les coefficients inférieurs à une valeur prédéterminée

sont mis à 0 tandis que les coefficients restants sont quantifiés avec une précision décroissante quand la fréquence augmente ce qui signifie qu'il ya beaucoup moins d'informations à coder.

- ✓ Les coefficients sont lus en Zigzag pour transformer la matrice en un flot de données série adapté aux prochaines étapes du processus.(Figure II.11)

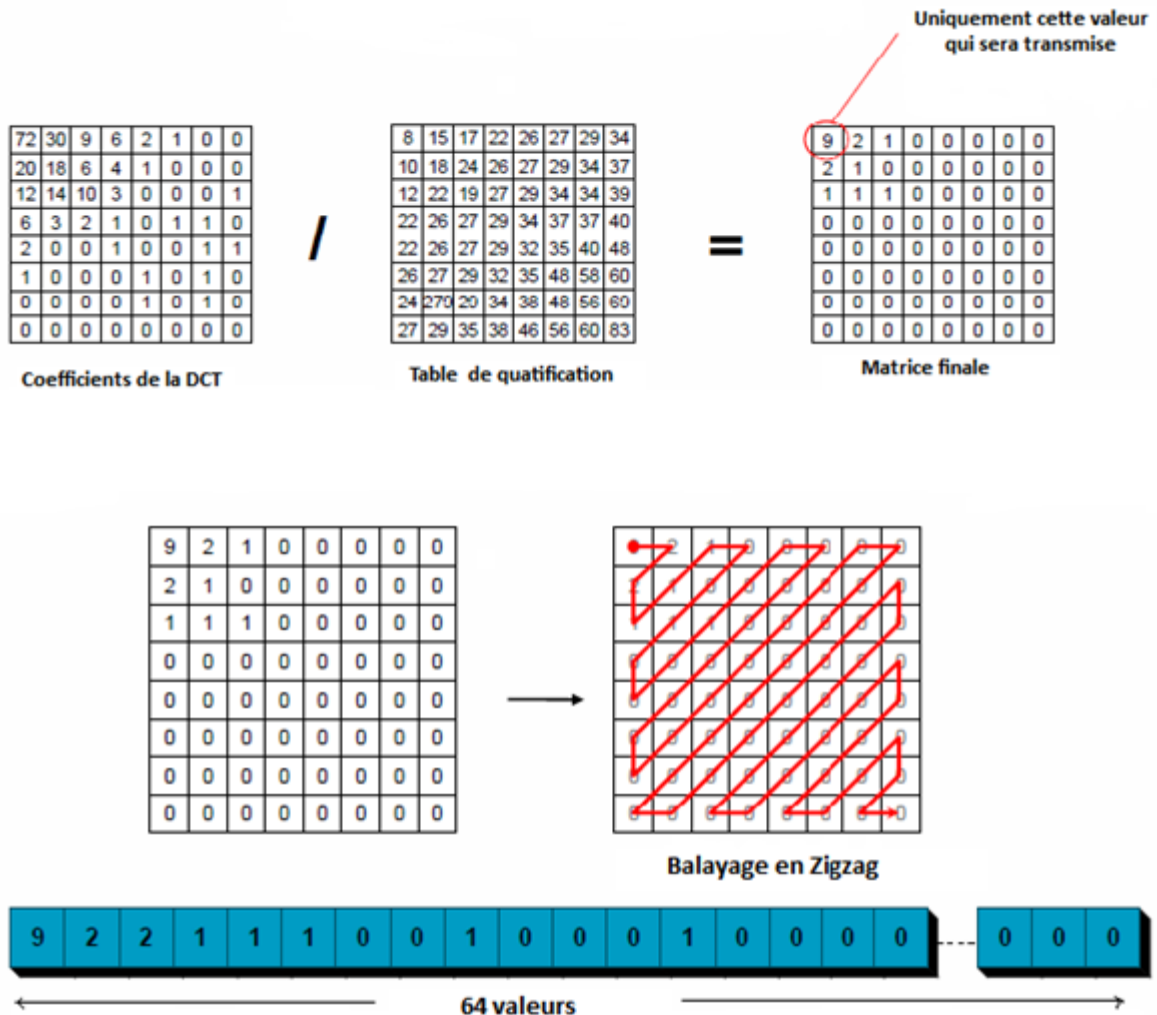


Figure II.12: Balayage en Zigzag

- ✓ Pour réduire davantage le débit vidéo, MPEG fait un usage d'une technique appelée codage à longueur variable VLC (variable length coding) : les coefficients sont codés avec une longueur d'autant plus courte qu'ils sont plus fréquents statistiquement. [10][11]

Ceci une comparaison entre le bloc initial et celui après compression :

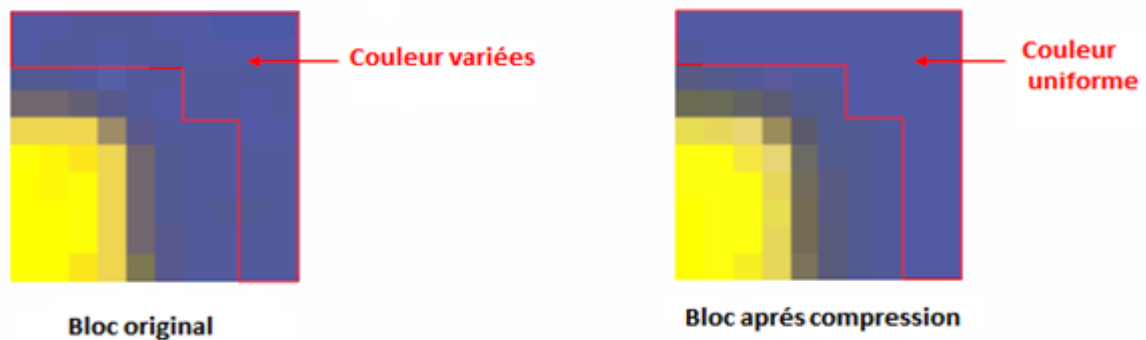


Figure II.13 : Impact de la compression sur le bloc de l'image

I.2.3.1.b. Estimation et compensation de mouvement :

L'estimation de mouvement consiste, à trouver un vecteur assurant la correspondance entre une zone d'arrivée sur la deuxième image et une zone de départ sur la première. Cette recherche s'effectue au niveau des macros blocs (16x16 pixels). La méthode par MPEG pour réduire le débit vidéo des images en mouvement (images animées) est de supprimer la redondance temporelle et prévoir le mouvement dans la vidéo.

De plus la vidéo est une capture d'une scène continue où deux images vidéos consécutives sont très susceptibles de contenir beaucoup d'informations statiques. MPEG profite de la similitude entre les images de la même vidéo en codant les images au moyen des renseignements qui ont été déjà codés dans d'autres images, pour cela MPEG définit trois types d'images en fonction de la façon dont elles sont codées [19] :

- ✓ **Image Intra I** : C'est une image qui est codée sans référence à une autre image.
- ✓ **Image Prédite P** : C'est une image qui est codée en faisant référence à une image qui la précède, en utilisant une prédiction compensée en mouvement à partir de l'image de référence antérieure I ou P.
- ✓ **Image Bidirectionnelle B** : C'est une image qui est codée par interpolation entre les deux images du type I ou P précédente et suivante qui les encadrent. C'est ce type d'image qui offre le taux de compression le plus fort.

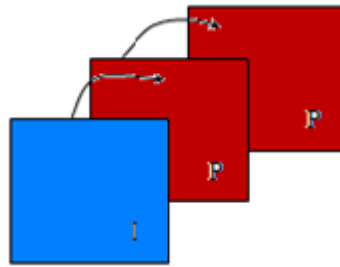


Figure II.14 : Image IPP

Les trames I, P et B sont combinées dans une séquence répétitive appelée la structure GOP, (Groupe d'image). Un GOP est d'abord structuré par la distance entre deux images I, appelée la distance intra-trame. La distance entre deux images prédites est notée M, celle entre deux images intra est notée N. Entre deux trames I, divers modèles sont possibles, comme IBBI mais aussi I seulement ou encore IBBP, comme le montre la figure II.15 :

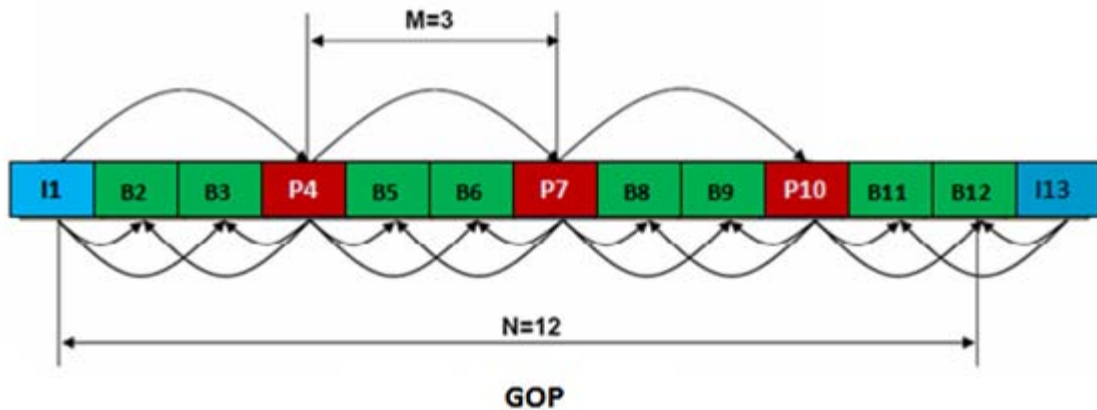


Figure II.15 : Structure GOP IBBP

En utilisant ces différentes techniques de compression, l'encodeur vidéo MPEG transforme la vidéo non compressée en un flux binaire continu unique et lui définit une hiérarchie de couche. A la réception ce flux binaire est vu comme une superposition de couche (en partant du niveau le plus haut): [12]

- Paquets élémentaires PES.
- Train élémentaire.
- Groupe d'image GOP.
- Image : collection de slices.
- Slices : tranche d'image ou collection de Macros blocs.
- Macros blocs de 16x16 pixels.
- Blocs de 8x8 pixels.

I.2.3.2. Compression audio :

Le but du moteur de compression audio est bien sûr de réduire le débit binaire audio tout en maintenant la qualité au dessus d'un niveau acceptable. Pour cela et comme pour la compression vidéo, on exploite les faiblesses de l'audition humaine pour réduire le nombre d'informations à transmettre sans détériorer de façon perceptible la qualité du signal audio. La compression audio se fait au format MPEG LAYER 2.

I.2.3.2.a. Numérisation d'un signal audio :

La propagation d'un son dans l'air est un phénomène continu et analogique, la fréquence d'échantillonnage (découpage temporel et régulier du signal analogique) doit être en rapport avec la fréquence maximum que l'on souhaite transmettre et reproduire. Pour les CD audio, la fréquence d'échantillonnage est de **44,1 KHz**.

Une évaluation de l'amplitude de chacun de ces échantillons par rapport à des références selon une échelle précisément établie c'est la quantification. On établit une série de paliers égaux en amplitude (dans le cas d'une quantification linéaire). Chacun des échantillons du signal initial est comparé avec cette échelle et est transformé en un mot binaire correspondant à l'amplitude. [13]

Une fois numérisé, le flux binaire pourra être, soit stocké, soit transmis sur les réseaux. Le débit s'exprime par la relation : $D = F_e \times N$ (D étant le débit en bit par seconde, F_e la fréquence d'échantillonnage en Hz et N le nombre de bits utilisés pour le codage). Ainsi à un codage sur 8 bits avec une fréquence d'échantillonnage de 8 KHz correspondra à un débit de 64 Kb/s (8 Ko/s) et une bande passante maximum de 4 KHz environ.

La figure II.17 représente les étapes de numérisation d'un signal audio :

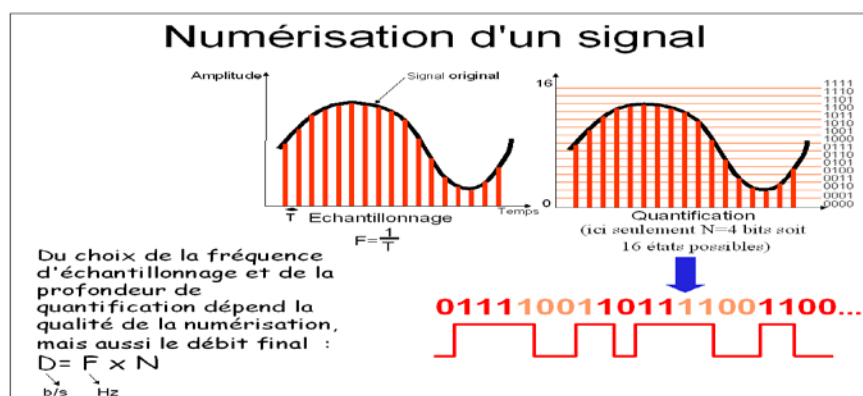


Figure II.17 : Les étapes de numérisation d'un signal audio [13]

Ces principes de numérisation sont mentionnés dans la littérature technique sous les acronymes de PCM (Pulse Code Modulation) ou MIC (Modulation par impulsions codées).

II. Radio fréquence (RF):

Le signal traité et transformé dans la partie bande de base (numérisation et compression) nécessite une porteuse pour assurer son émission. L'un des problèmes essentiels est d'adapter le signal transmis au support de communication, de plus le signal est soumis à de fortes perturbations qui peuvent affecter sa qualité, cependant il faut choisir une modulation robuste, et la modulation la plus adéquate à une diffusion via satellite est la modulation QPSK (quadrature phase amplitude shift keying) puisqu'il s'agit d'une modulation à enveloppe constante.

II.1. La Modulation QPSK :

La modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) est une modulation à 4 états de phase, correspondant à $\Phi_0 = 0$ et $M = 4$. Les 4 états de phase sont donnés par :

$$\Phi_k = (2k + 1)\frac{\pi}{4} \quad \text{avec } 0 \leq k < 4 \quad (\text{II.1})$$

On peut donc coder des symboles par 2 bits. La phase du signal modulé peut ainsi changer pour :

$$\left\{ \begin{array}{l} k = 0, \Phi_k = \frac{\pi}{4} \\ k = 1, \Phi_k = \frac{3\pi}{4} \\ k = 2, \Phi_k = \frac{5\pi}{4} \\ k = 3, \Phi_k = \frac{7\pi}{4} \end{array} \right.$$

La modulation QPSK s'obtient par une double modulation de 2 porteuses en quadrature par un groupe de 2 bits. [14]

II.1.1. Principe :

Deux signaux FI en quadrature sont générés à partir d'un oscillateur local à la fréquence quadruple. Le train de données binaire est séparé en deux "sous trains" appelés **I** et **Q**. La paire de valeurs (ou doublet) constitue ce que l'on appelle un symbole.

Pour des considérations électroniques, les signaux I et Q sont centrés sur 0V. On peut donc considérer que I et Q prennent symboliquement deux niveaux +1, -1 correspondant aux états

binaires. Chacun attaque un multiplieur. Le résultat de chaque multiplication est sommé en sortie de façon à obtenir un signal modulé $v_s(t)$:

$$V_s(t) = I \cos \omega t + Q \sin \omega t$$

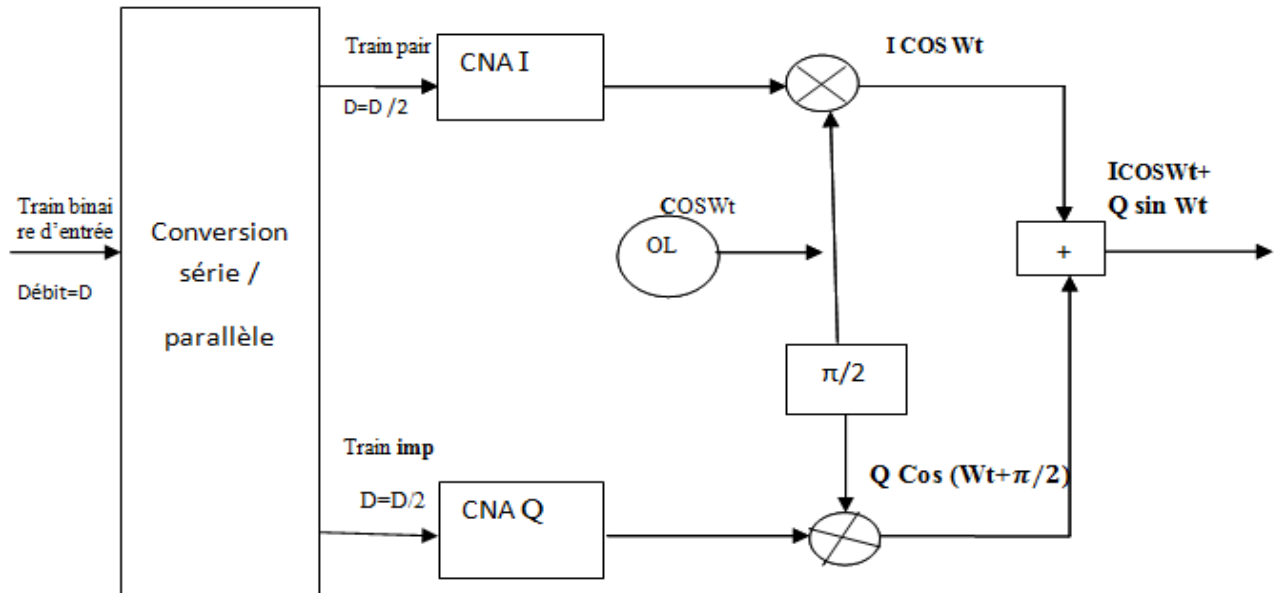


Figure II.18 : Schéma de principe du modulateur QPSK [6]

Les états de phase du signal modulé se représentent en coordonnées polaires dans le plan I, Q. Suivant les combinaisons de I et Q, on obtient alors un diagramme que l'on appelle **constellation**.

Le schéma ci-dessous montre les constellations de la modulation QPSK

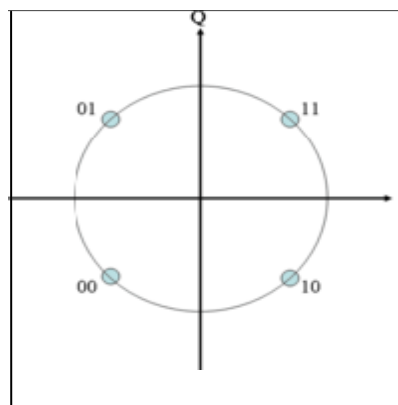


Figure II.19 : Constellation de la modulation QPSK

II.1.2. Dispositifs de correction d'erreur :

Le train « transport » TS issu du multiplexeur est destiné au transport de programme TV à longue distance sur des supports ou dans des milieux susceptibles d'introduire un taux d'erreurs assez élevé; la longueur des paquets est courte (188 octets) pour permettre l'introduction de dispositifs de correction d'erreurs efficaces. Le code correcteur utilisé est le code de Reed Solomon (204, 188, T=8) avec 3/4 (code externe).

Pour le codage RS (Reed Solomon) 16 octets sont rajoutés aux paquets de transports ce qui donne 204 octets : [15] [16]

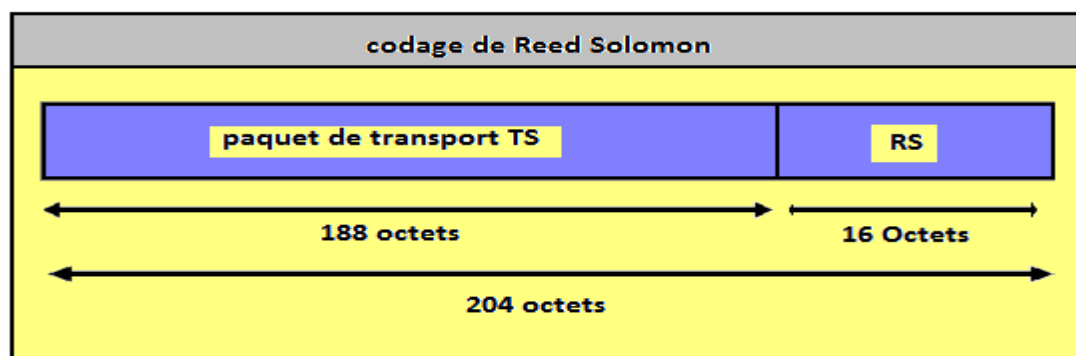


Figure II.20 : Paquet de transport TS.

II.1.2.1. Forward Error Correction:

Le FEC Code correcteur d'erreurs, il permet d'ajouter des éléments redondants aux données transmises dans le message numérique avant l'envoi du signal vidéo, pour pouvoir les vérifier à la réception et ainsi réduire les risques d'erreurs liés à la diffusion. Actuellement, ils vont de 1/2 à 7/8.

II.1.2.2. Code correcteur Reed-Solomon:

Le code de Reed-Solomon est un code correcteur, dont le principe est de construire un polynôme formel à partir des symboles à transmettre et de les échantillonner. Le résultat est alors envoyé, au lieu des symboles originaux.

La spécification DVB-T définit un code RS (204, 188, 8) pour les transmissions DVB. Pour 204 octets envoyés 188 représentent l'information utile, 16 (2x8) octets pour la redondance. Ce code permet de corriger jusqu'à 8 octets erronés.

II.1.2.3. Le choix de la modulation QPSK :

La courbe suivante présente l'évolution du TEB en fonction du E_b/N_0 pour une modulation QPSK et ce avant et après l'implémentation du code correcteur d'erreurs :

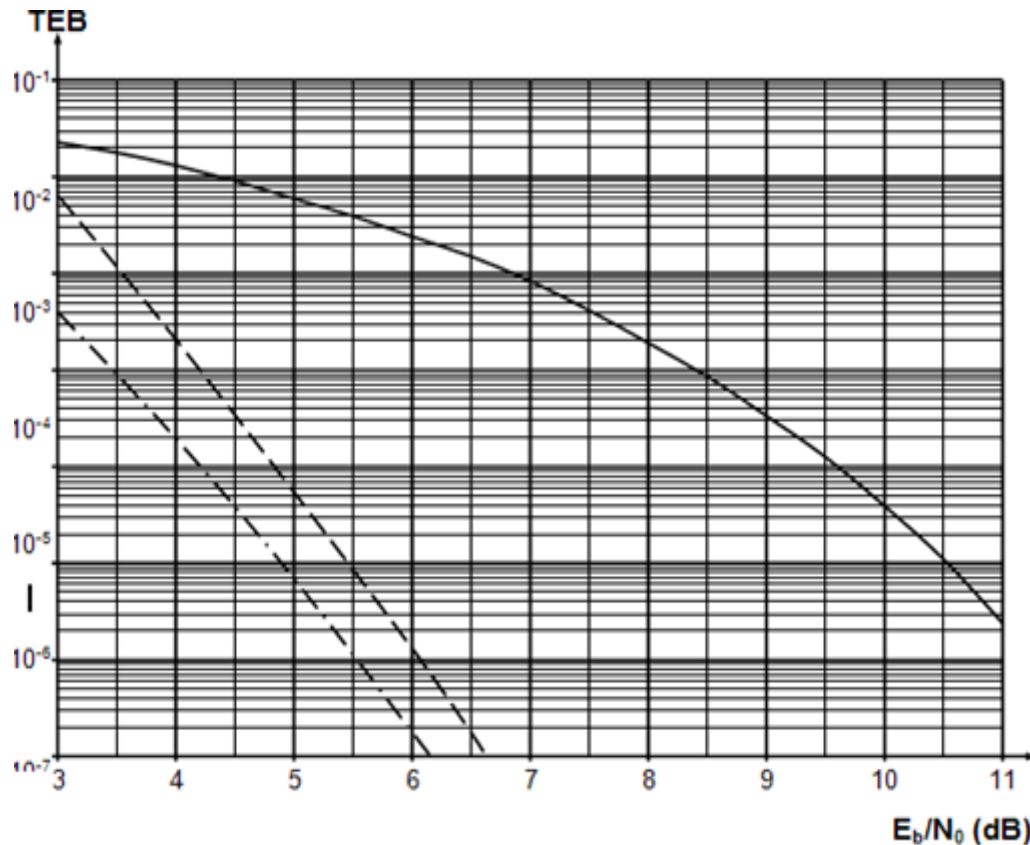


Figure II.21: Evolution du TEB en fonction de E_b/N_0 [17]

- Modulation QPSK non codée.
- · - · Modulation QPSK associée à un code convolutif de rendement 1/2.
- - - Modulation QPSK associée à un code convolutif poinçonné de rendement 3/4

Avec :

TEB : taux d'erreur en binaire.

E_b : énergie en binaire

N_0 : le bruit.

Pour une meilleure réception des signaux, il faut que la probabilité d'erreur **Pe** ou le taux d'erreur binaire TEB soit le plus faible possible en fonction du niveau de réception E_b/N_0 (Plus ce rapport est grand, meilleure est la qualité).

- **Observations et interprétation :**

- On remarque que la courbe représentant le TEB en fonction du E_b/N_0 pour une modulation QPSK avant l'implémentation du code correcteur présente une décroissance lente.
- La simple inclusion d'un FORWARD ERROR CORRECTION (FEC) de 3/4 permet d'obtenir une décroissance rapide du niveau de bruit en fonction du niveau de réception et on remarque par exemple pour un $TEB = 2.10^{-4}$ on obtient un niveau de réception acceptable de l'ordre de 3db. Plus ce rapport est grand, meilleure est la qualité

- **Conclusion :**

L'application du simple algorithme de correction d'erreur FEC (Forward Error Correction) permet l'utilisation d'un canal satellite dans de bonnes conditions de réception. FEC génère de la redondance d'information. Lorsque des données sont prêtes à être envoyées, on les encode avec l'algorithme FEC et on module le signal à émettre. Ce signal est alors perturbé par la couche atmosphérique de la Terre et se trouve légèrement modifié. A la réception, ce signal est démodulé et on décode l'information obtenue de nouveau avec l'algorithme FEC. Puisque l'information est redondée, les données initiales peuvent être retrouvées (avec bien sûr un seuil limite).

En transmission, un taux d'erreur binaire $TEB=2.10^{-4}$ avec un niveau de réception $E_b/N_0 = 4db$ correspond à une qualité d'image parfaite pour une modulation QPSK associée à un rendement de 3 /4.

La TDA associe un FEC (rendement du code de Viterbi) de 3/4 à la modulation QPSK qui permet de garantir un niveau de réception acceptable en fonction du TEB.

II.2. Up-Converter (mélangeur de fréquence) :

Le mélangeur est un dispositif essentiel des systèmes de communications radio, car il permet en particulier de générer les décalages de fréquence.

Le processus de mélange est intrinsèquement, un processus non linéaire permettant le transfert d'énergie d'une fréquence d'entrée ($F_I=70$ Mhz) vers une fréquence de sortie (F_{RF}) à l'aide d'un second signal d'entrée, appelé oscillateur local (F_{OL}). [16] [18]

$$F_{RF} = F m(t) + F_{OL}$$

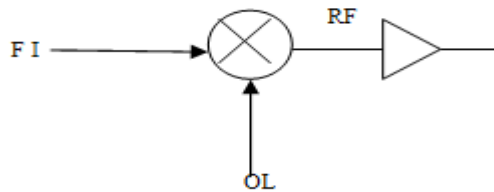


Figure II.22 : Diagramme du mélangeur de fréquences

Le convertisseur de fréquence va traduire le spectre du signal centré en $F_I = 70.4 \text{ MHz}$ vers une autre plage centrée en $f = 14.23525 \text{ GHz}$ qui est imposée par l'opérateur du satellite.

II.3. Amplification de puissance (HPA : High Power Amplifier):

Une fois le spectre transposé à une fréquence RF, le signal obtenu à la sortie du convertisseur de fréquence est de faible amplitude et puissance c'est pour cela qu'il faut l'amplifier à une certaine puissance afin d'attaquer l'antenne d'émission.

II.4. L'antenne :

Est un élément fondamental dans un système de transmission permettant de rayonner et de capter des ondes électromagnétiques, l'antenne est un transducteur électromagnétique plus au moins complexe placé dans un endroit dégagé, elle se définit par les paramètres suivants :

- ✓ fréquence d'utilisation
- ✓ impédance d'antenne
- ✓ polarisation,
- ✓ diagramme de rayonnement
- ✓ rendement et puissance Max en émission
- ✓ formes et dimension.

Par exemple l'antenne utilisée pour l'émission du bouquet MCPC vers le satellite NSS7 est une antenne de marque ANDREW de diamètre 7.6 m et est utilisée pour une transmission TX et une réception RX en bande KU (10,7GHz à 18GHz).

Cette antenne est équipée de tous les moyens permettant son orientation (calibrage et pointage). La figure II.23 représente l'antenne (émission et réception) :



Figure II.23 : Antenne d'émission et réception

Le signal va parcourir une distance d'environ 36000Km pour être reçu par les antennes de réception du satellite NSS7.

II.5. Satellite NSS7 :

Le satellite NSS7 22°WEST est un satellite géostationnaire placé sur le plan équatorial de la ceinture de Clarke, à 35 680 km de la terre. Il tourne dans le même sens que la terre et couvre toujours la même zone. La TDA a choisi le satellite NSS7 car il couvre pratiquement tout le territoire national (figure II.24).



Figure II.24 : La zone de couverture du satellite NSS7 22°W

II.6. Bilan de liaison satellite :

Le niveau de puissance est imposé par l'opérateur de satellite, dans notre cas ça été fixé à une puissance de 66,1dBw. D'autre part la puissance avec laquelle va être envoyé notre signal dépend non seulement de la puissance issue de l'amplificateur de puissance, mais aussi du gain de l'antenne d'émission et du niveau de pertes dû à la propagation guidée du signal (guides d'ondes). Cette puissance est dite PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) elle se calcule par la formule suivante :[17]

$$\text{PIRE (dB)} = G \text{ (dB)} + P_e \text{ (dBm)} - \text{Att (dB)} \quad (\text{II.2})$$

G : gain de l'antenne d'émission en dB.

Pe : puissance d'émission issue de l'HPA en dBm.

Att : atténuation dans le guide d'onde en dB.

L'onde électromagnétique va être transportée dans un guide d'ondes jusqu'à l'antenne d'émission.

II.7. Calcul de la dimension minimale de l'antenne de réception :

Les paramètres de réception de l'installation sont :

- PIRE = **49 dB**.
- Coefficient d'efficacité de l'antenne = 70%.
- Paramètres de modulation QPSK : FEC = 3/4, 35%.
- Température de l'antenne : $T_A = 30 \text{ °K}$.
- Fréquence de réception : $f = 12735,25 \text{ MHz}$.
- $D_s = 18,085 \text{ Msymboles/s}$.

Le diamètre minimum D de l'antenne de réception se calcule à partir du gain dont la formule est :

$$G = \frac{4 \times \pi \times \eta \times S}{\lambda^2} \quad (\text{II.3})$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (\text{II.4})$$

$$D = \left(\frac{\lambda}{A}\right) \times \sqrt{\frac{G}{\eta}} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

G: Gain de l'antenne parabolique.

$\eta \times s$: Surface équivalente de l'antenne.

D : Diamètre de l'antenne.

Mais il faut d'abord déterminer le gain de l'antenne à partir du facteur de qualité de l'installation

$\frac{G}{T}$:

$$\frac{G}{T} \text{ (dB)} = G \text{ (dB)} - T \text{ (dB)}. \quad (\text{II.6})$$

Détermination du facteur de qualité de l'installation $\frac{G}{T}$ (**dB**) :

On le calcule par la formule suivante :

$$\frac{G}{T} \text{ (dB)} = \frac{C}{N} \text{ (dB)} - \Phi - 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi k W} \right) \quad (\text{II.7})$$

avec :

$\frac{C}{N}$ (dB): Rapport porteuse sur bruit.

Φ : Densité du flux reçu.

$$\Phi = \frac{\text{PIRE}}{4\pi d^2} = \text{PIRE} - 10 \log 4\pi d^2 - \text{Att} = 49 - 10 \log (4\pi \times 38.10^6)^2 - 0.3 \quad (\text{II.8})$$

$$\Phi = -111.9 \text{ dBw/m}^2$$

Att : atténuation atmosphérique estimé à 0.3dB en ciel clair.

K : constante de Boltzmann = $1,38.10^{-23}$.

W : bande passante occupée par le signal.

λ : Longueur d'onde du signal reçu.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{12735.25 \times 10^6} = 6.697 \times 10^{-7} \text{ m} = 0.697 \mu\text{m} \quad (\text{II.9})$$

Mais il va falloir déterminer le rapport $\frac{C}{N}$ (**dB**) par la relation suivante :

$$\frac{C}{N} \text{ (dB)} = \frac{E_b}{N_0} \text{ (dB)} + 10 \log \left(\frac{D_U}{w} \right). \quad (\text{II.10})$$

Avec :

$$Du = dB * (188/204) * (3/4)*2 = 25 * (188/204) * (3/4)*2$$

$$W = 24,41\text{Mhz.}$$

$$D'o\grave{u} \quad \frac{C}{N} (\text{dB}) = 7 + 10\log\left(\frac{17.279 \times 10^6}{24.41 \times 10^6}\right) = 5.5 + \text{marges} = 15.06\text{dB.}$$

Finalement :

$$\frac{G}{T} (\text{dB}) = \frac{C}{N} (\text{dB}) - \Phi - 10\log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi k W}\right) \quad (\text{II.11})$$

$$\frac{G}{T} (\text{dB}) = 150.6 + 9 - 111.175 = 15.785 \text{ dB}$$

$$10\log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi k W}\right) = 10\log\left(\frac{(6.697 \times 10^{-7})^2}{4\pi \times 1.38 \times 10^{-23}}\right) = -111.175 \text{ dB}$$

D'autre part on sait que :

$$\frac{G}{T} (\text{dB}) = G (\text{dB}) - T (\text{dB}). \quad (\text{II.12})$$

$$\text{Et :} \quad T = \alpha T_A + (1-\alpha) T_0 + (F-1)T_0. \quad (\text{II.13})$$

Avec :

α : pertes de couplage $\alpha \approx 1$

T_A (K°): Température d'antenne.

T_0 (K°) : Température ambiante.

F : Facteur de bruit du LNB (Low Noise Bloc).

$$\text{Si } \alpha \simeq 1 \text{ alors : } T = \alpha T_A + T_0 + (F-1)T_0. \quad (\text{II.14})$$

$$\text{Ce qui donne : } T = 30 + (10^{0.07} - 1) \times 292 = 81.07^\circ\text{K}.$$

$$\text{La température en dB est donnée par : } T(\text{dB}) = 10 \log(T) = 19.08 \text{ dB}$$

On en déduit le gain de l'antenne :

$$G(\text{dB}) = \frac{G}{T}(\text{dB}) + T(\text{dB}) = 15.785 + 19.08 = 34.865 \text{ dB}$$

Finalement le diamètre de l'antenne vaut en remplaçant dans l'expression précédente (II.5):

$$D = \frac{\lambda}{\eta} * \sqrt{\frac{G}{\eta}}$$

$$D = 0.498 \approx 50 \text{ cm}$$

La numérisation au format 4 : 2 : 0, la compression MPEG2-TS, la modulation QPSK avec un code correction Reed-Solomon et le FEC de 3/4 sont la base d'un système de transmission susceptible de donner les meilleurs résultats vu les limitations en puissance des canaux satellite.

Nous allons vérifier tous ces facteurs au chapitre III grâce aux différentes manipulations réalisées durant notre stage au sein du téléport Bouchaoui.

La chaîne de transmission de TDA est constituée de deux parties (partie bande de base et partie RF), durant notre stage au sein du téléport Bouchaoui nous avons pu étudier, manipuler, réaliser des montages et voir de plus près chaque bloc de cette chaîne, qui émet un bouquet DTH (Direct To Home) contenant des services TV, radio, données de l'APS (Algérie Pré Service).

I. Manipulations effectuées sur le codeur Tandberg E5710 de TDA :

I.1. Présentation du codeur utilisé :

Les codeurs utilisés par la TDA sont de marque Tandberg de type E5710. Ces codeurs supportent le format MPEG-2 et peuvent être configurés manuellement grâce aux boutons de sélection (de défilement dans les sous menus) et de l'écran LCD présent dans la face avant du codeur. Ces encodeurs traitent la vidéo quelque soit sa résolution et le standard de télévision (PAL, NTSC, SECAM) et acceptent le signal vidéo sous n'importe quelle forme :

- ✓ analogique composite CVBS (Chroma Vidéo Blanking Synchro)
- ✓ numérique non compressé SDI (serial digital interface)

La figure suivante représente le codeur TANDBERG E5710 utilisé par la TDA.



Figure III.1 : Face avant du codeur Tandberg E5710.

Voici ci-dessous la face arrière du codeur Tandberg E5710 :

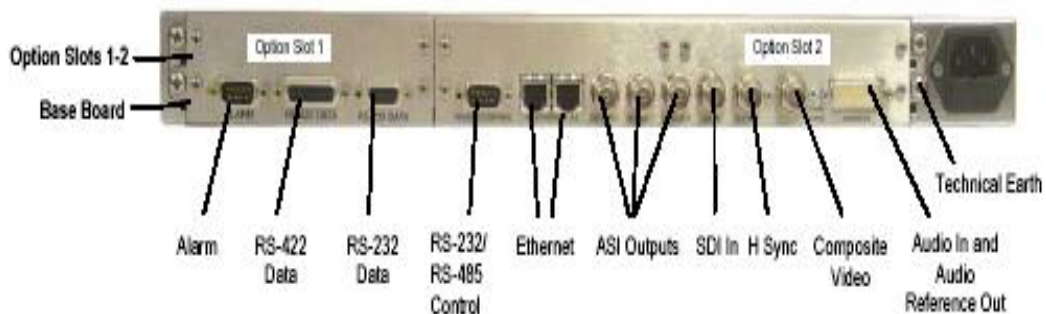


Figure III.2 : Panneau arrière du codeur Tandberg E5710

I.1.1. Schéma synoptique du codeur :

La figure III.3 présente le schéma synoptique du codeur, illustre le principe de fonctionnement de ce dernier.

Figure III.3 : Schéma synoptique du codeur E5710.

I.1.2. Fonctionnement du codeur :

Chaque donnée vidéo est reçue par le Switch1 qui sélectionne entre un signal « SDI » ou « Analogique » avant qu'elle passe dans un processeur. Lorsque la vidéo est dotée d'une audio « SDI-Embedded (l'audio est dans la trame 270Mbit/s) » le processeur sépare les deux signaux et envoie l'audio vers le Switch2 et la vidéo directement vers le codeur vidéo. Les audio analogiques et numériques sont sélectionnés et commutés vers les codeurs audio par le Switch2.

Une fois que les signaux audio sont compressés par les codeurs audio, et les signaux vidéo par le codeur vidéo ils vont se retrouver dans un multiplexeur afin de reconstituer le signal ASI.

A la sortie du multiplexeur le décodeur possède trois sorties ASI :

- ASI out1.
- ASI out2.
- ASI out3.

I.1.3. Observation et rôles des blocs du codeur :

On a pu ouvrir le codeur Tandberg E5710 de TDA afin d'observer ses différents organes, voici ci-dessous la photo prise (figure III.4) :

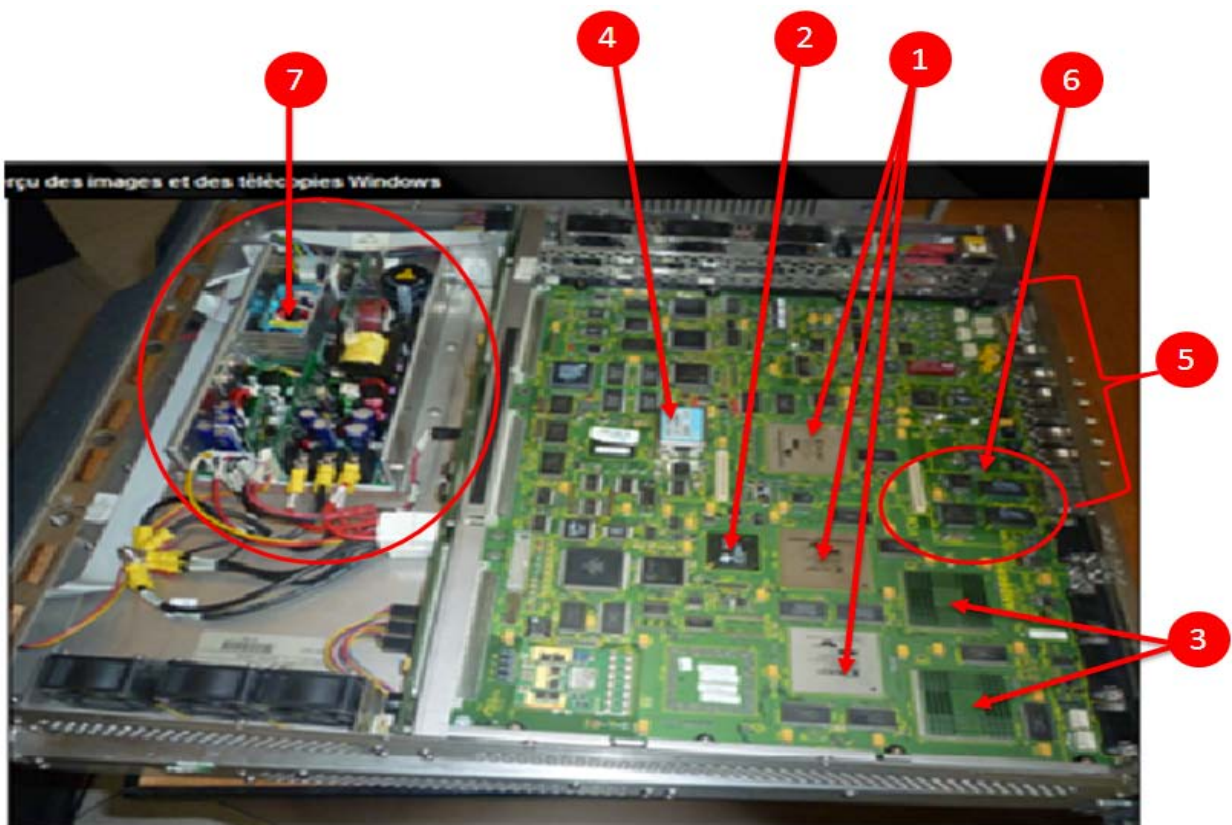


Figure III.4 : Les différents blocs du codeur.

- 1- trois circuits FPGA (field-programmable gate array) (Xilinx) pour la commutation du signal ASI.
- 2- Un circuit DSP (Digital Signal Processing) pour le traitement du signal analogique (échantillonnage, quantification et codage).
- 3- Deux processeurs l'un pour la compression, le deuxième pour la redondance.
- 4- Un PLL (phase locked loop) c'est une boucle de contrôle pour générer une fréquence de 27Mhz stable.
- 5- les différentes entrées :
 - Une entrée « vidéo input » reçoit le signal vidéo analogique composite.
 - Une entrée « RS232 » pour la connexion.
 - Une entrée « Audio input » pour les signaux audio.
- 6- la carte mère contient une carte réseau intégrée pour la communication du codeur avec le monde extérieur.
- 7- Le codeur Tandberg E5710, est alimenté par une alimentation à découpage qui délivre des tensions continues pour les différents organes du codeur.

Ces codeurs permettent de numériser et de compresser les signaux reçus, et pour effectuer nos manipulations afin de visualiser ces différents signaux et pouvoir les paramétrer, jouer sur le débit binaire et les types de numérisation et compression, nous avons besoin d'un convertisseur des signaux ASI vers USB, et pour se faire nous utilisons un convertisseur dit « Dektec » et un logiciel TDC fournis avec ces codeurs.

I.2. Présentation du Dektec (convertisseur ASI/ SDI vers USB) :

C'est un Outil indispensable pour tout ingénieur de télédiffusion numérique, Très pratique ; Il est utilisé pour analyser et enregistrer les flux ASI et les signaux SDI en temps réel, ainsi que pour la décompression du flux MPEG-2 et la visualisation des différents services constituant ce dernier (TV, Radio, Data) sur un PC.

Ce module possède deux entrées indépendantes (ASI et SDI) et une sortie USB, sa fonction est la conversion d'un signal ASI ou SDI en un signal USB qui peut être visualisé via un PC. Il est fourni avec le Dektec, le logiciel DtGrabber+ qui permet l'enregistrement des flux, le logiciel DtTV qui permet la visualisation des MPTS en temps réel, ainsi que Stream Xpress qui permet la visualisation des services TV, les débits des Datas et pouvoir écouter les Radios sur PC.

Le Dektec est représenté sur la figure III.5.



Figure III.5 : Interface ASI-SDI/ USB.

I.3. Manipulations et implémentation du logiciel TDC :

Les encodeurs TANDBERG sont paramétrables aussi à distance grâce à un logiciel fourni par le constructeur Ericsson 'TDC'. Il suffit de régler les différentes adresses IP des équipements (même classe d'adresse) pour créer un réseau local (en TCP/IP) via un **Switch**.

La configuration à distance nous permet de choisir les différents paramètres liés au type de codage MPEG ainsi qu'à la qualité du signal sortant du codeur (structure du GOP, débit de sortie, etc....).

L'émission d'un signal numérique non compressé (SDI : débit égale à 270Mbps) nécessite une très grande bande passante (impossible de l'émettre sur satellite), sachant que les satellites de télécommunication possèdent des répéteurs de 36 Mhz à 48 Mhz au maximum, on constate donc qu'une réduction de débit (compression) est nécessaire afin de transmettre un tel signal.

Dans cette manipulation où nous avons employé le codeur Tandberg E5710 pour l'échantillonnage, le codage et la compression dans le cas du signal analogique et uniquement la compression dans le cas du signal SDI.

I.3.1. Manipulation effectuée :

On relie la sortie ASI-out du codeur avec l'entrée ASI-in du Dektec, et on relie la sortie de ce dernier à un PC, afin de visualiser et estimer la qualité du signal sortant du codeur. Nous avons choisi d'effectuer le contrôle et la configuration du codeur avec le logiciel TDC (Tandberg Device Control) via l'interface Ethernet, pour la facilité de la configuration (comparant à la configuration par la face avant).

I.3.2. Présentation du logiciel TDC :

I.3.2.1. Sous l'onglet Vidéo :

La figure III.6, représente l'interface du logiciel TDC qui nous permet la configuration des paramètres de la vidéo.

- **Vidéo Input** : Nous permet de choisir entre une source analogique ou numérique non compressée.
- **Vidéo Bitrate** : pour fixer le débit à la sortie du compresseur Vidéo (MPGE2).

Débit de sortie de la vidéo codée :

- **Résolution** : Différentes valeurs attribuées 352x288 ~ 72.
- **Aspect Ratio** : Pour le choix entre les différents formats d'affichage (4 :3, 16 :9, etc.).
- **Video PID** : Pour faire rentrer la valeur du PID Vidéo.

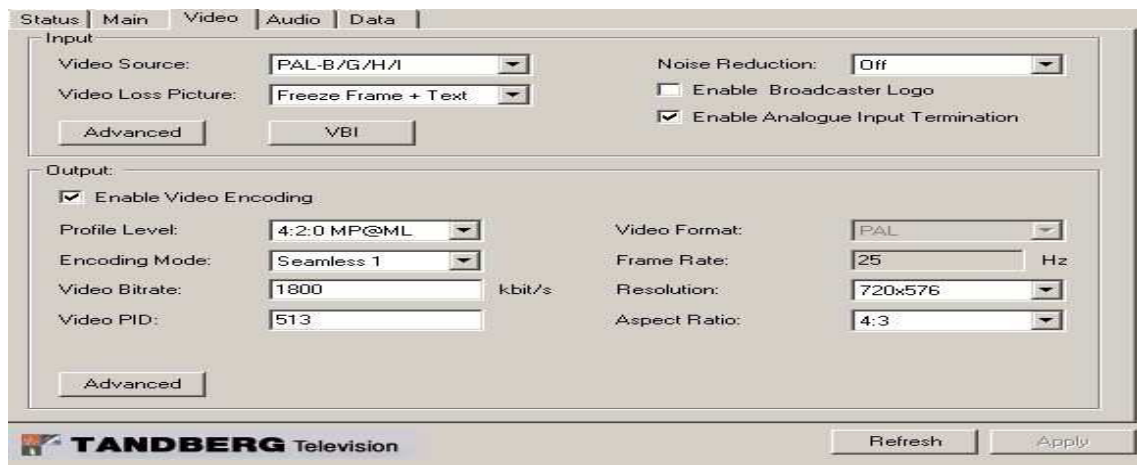


Figure III.6 : Interface TDC → Vidéo.

- **Bouton Advanced, section Output**: En cliquant sur le Bouton Advanced, apparaît une deuxième interface qui permet le paramétrage du GOP (Group Of Picture), figure III.7.
- **GOP Structure**: IBBP, IBBBP, IBB, IP, IPB... Techniques de compression de la Vidéo.
- **GOP Length (Longueur du GOP)**: 3, 9, 12 (Multiple de 3 max=12).
- **I** : image initiale.
- **P** : image précédente.
- **B** : image bidirectionnelle (contient les informations des changements « vecteurs de déplacement » de l'image précédente par apport à l'image initiale).

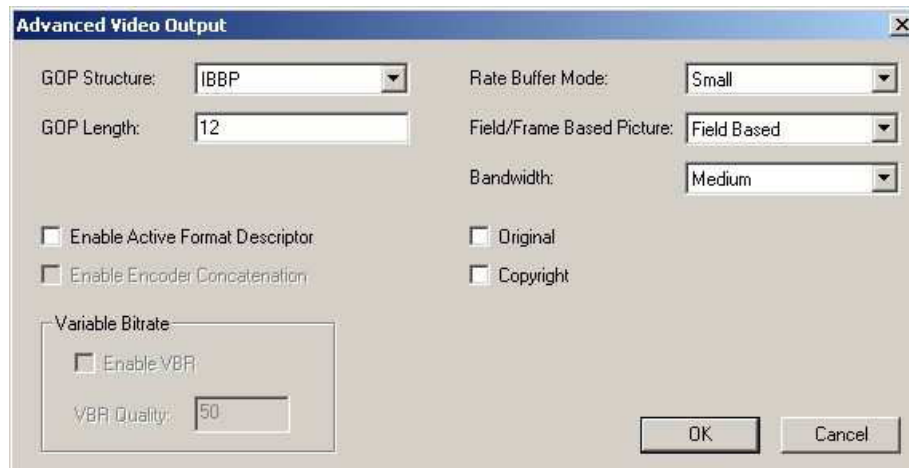


Figure III.7: Interface TDC →Video →Output →Advanced.

I.3.2.2. Sous l'onglet Audio:

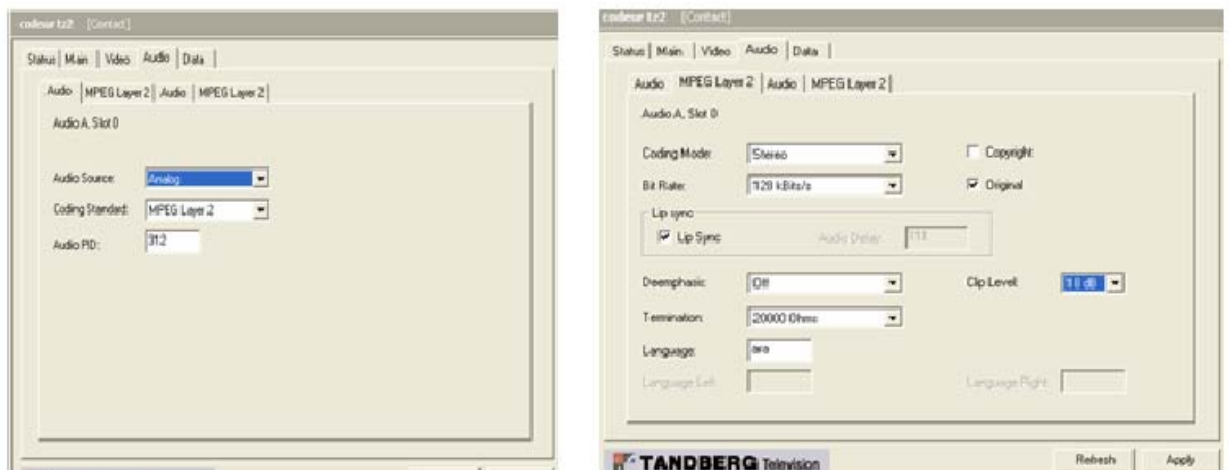


Figure III.8 : interfaces Main →Audio →MPEG Layer 2.

I.3.2.3. Sous l'onglet Main:

La figure III.9, représente l'interface Main du TDC qui nous permet de choisir :

- **ASI Output Bitrate** : Pour fixer le débit du PTS à la sortie du multiplieur intégré dans le codeur (schéma synoptique du codeur), elle contient (Vidéo+/-Audio+/-VBI).
- **PCR PID** : Pour introduire la valeur du PCR (Program Clock Reference) qui assure la synchronisation entre l'audio et la vidéo.
- **Internal Mux Clock** : Pour le choix entre une horloge interne de l'oscillateur 27Mhz intégré dans la carte mère (voir schéma synoptique), ou une référence externe (dans le cas ou le quartz interne ou la PLL résulte une horloge instable).
- **ASI Packet Length** : pour le choix de la longueur du paquet ASI de sortie 188 ou 204 Oct.

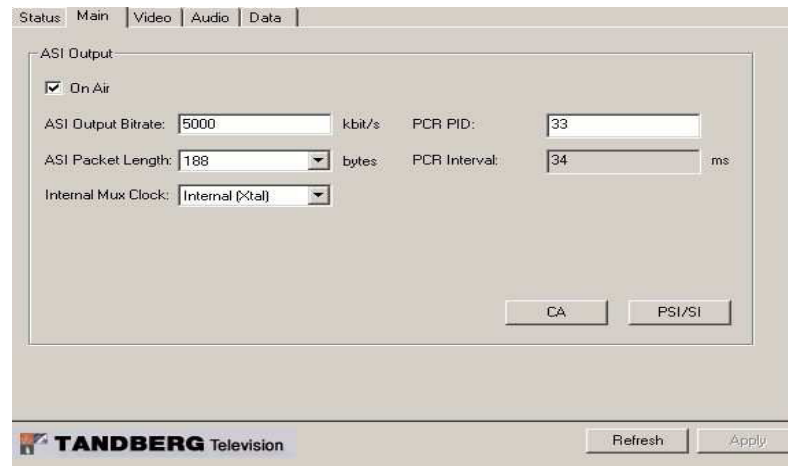


Figure III.9 : Interface TDC →Main.

I.4. Choix de l'échantillonnage et affichage de la vidéo en 4 :2 :2 et 4 :2 :0 :

D'après la configuration du codeur E5710 TANDBERG, on peut jouer facilement avec le TDC sur le type d'échantillonnage, la structure et la longueur du GOP et le débit binaire (Bitrate) du signal vidéo.

Les figures III.10 et III.11, dévoilant les effets du choix entre l'échantillonnage 4 :2 :2 et l'échantillonnage 4 :2 :0 respectivement sur la vidéo.

- Pour le format 4 :2 :2 on a visualisé la vidéo suivante :

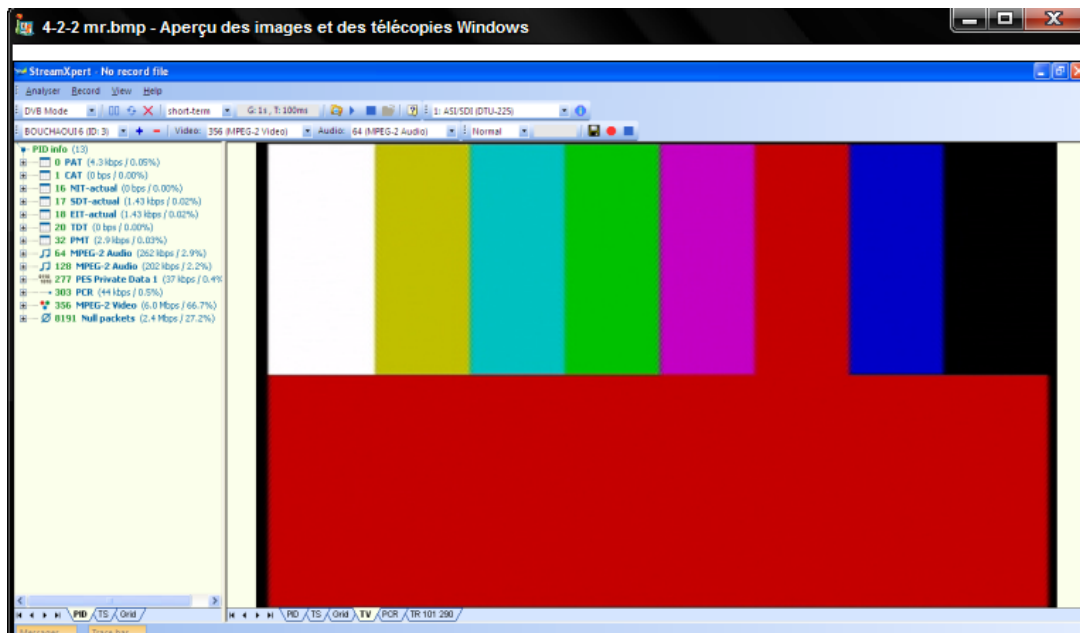


Figure III .10 : Vidéo visualisée pour 4 :2 :2.

- Pour le format 4 :2 :0 on a visualisé la vidéo suivante :

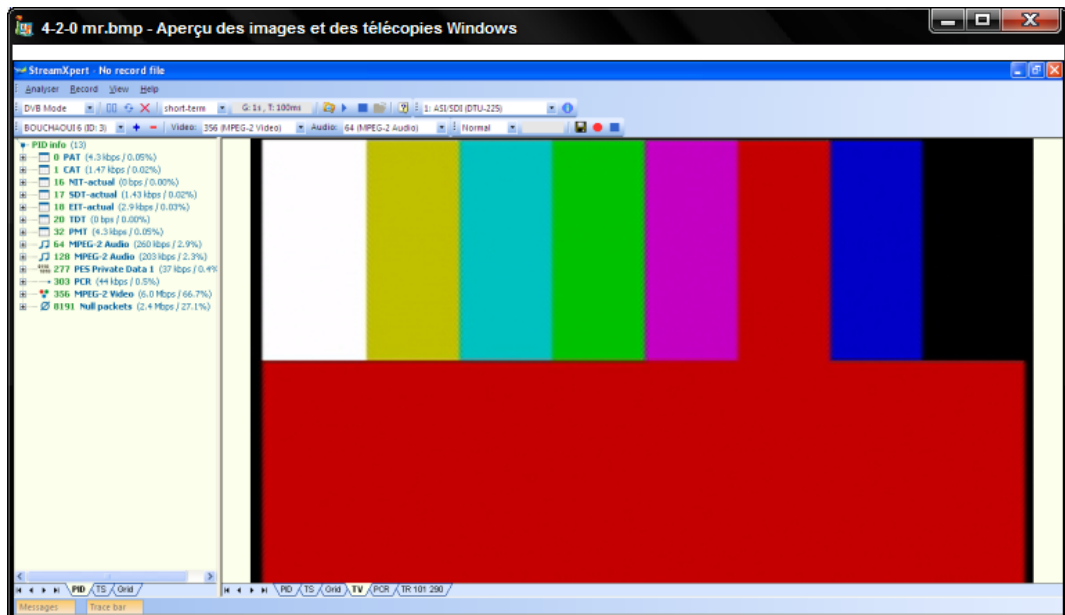


Figure III.11 : Vidéo visualisée pour 4 :2 :0

- **Observation :**

Une légère différence de couleur est observée entre les résultats obtenus par l'échantillonnage 4 :2 :2, et l'échantillonnage 4 :2 :0.

- **Conclusion :**

Le nombre des échantillons de la luminance est le même pour les deux types d'échantillonnages (4 :2 :2 et 4 :2 :0), par contre le nombre des échantillons de la chrominance dans le format 4 :2 :2 est deux fois plus grand que celui du format 4 :2 :0 (Chapitre II). Donc on aura plus d'informations de couleur dans la mire de barres échantillonnée en 4 :2 :2 par rapport au 4 :2 :0.

DTH utilise l'échantillonnage 4 :2 :0 pour réduire le débit net nécessaire au transport du signal utile (une réduction importante du débit net avec une légère dégradation des couleurs).

- Pour le 4 :2 :0 codé sur 10 bits:

Débit net = $(720+180+180) \times 25 \times 576 \times 10 = 155.52\text{Mbps}$.

- Pour le 4 :2 :2 codé sur 10 bits :

Débit net = $(720+360+360) \times 25 \times 576 \times 10 = 207.63\text{Mbps}$.

I.4.1 : Choix de la structure et la longueur du GOP :

Dans cette expérience on modifie la structure et la longueur du GOP tout en gardant le débit Vidéo fixe, puis on a observé son influence sur la Vidéo :

- Pour la structure **IP** longueur **12** :



Figure III.12 : Vidéo visualisée pour la structure IP.

- Pour la structure **IBBP** longueur **12** :



Figure III.13 : Vidéo visualisée pour GOP IBBP, longueur 12

- Pour la structure **IBBP** longueur 6 :



Figure III.14 : Image visualisée pour GOP IBBP, longueur 6

- Pour la structure **IP** longueur 6 :

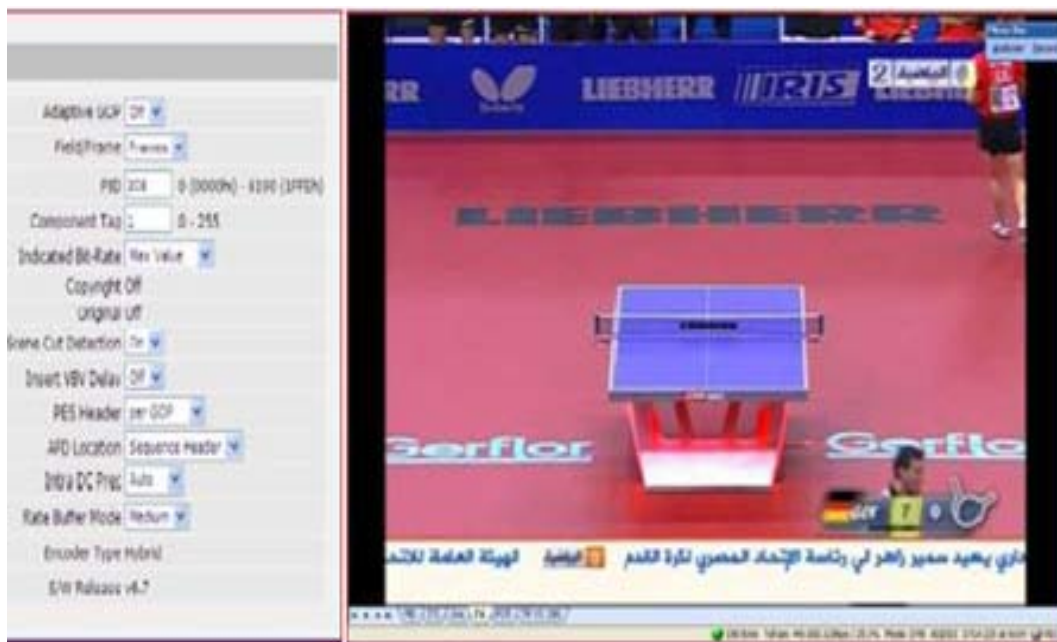


Figure III.15 : Image visualisée pour GOP IP, longueur 6

- **Observation:**

La qualité de la vidéo pour une structure IP est meilleure que celle obtenue avec une structure IBBP quelque soit le débit Vidéo, cela revient à sa définition expliquée auparavant au chapitre II.

Pour la structure IBBP, une meilleure qualité de la vidéo est obtenue avec une longueur du GOP égale à 12.

- **Conclusion :**

Pour une vidéo qui contient énormément de mouvement comme une chaîne de sport par exemple Djazira Sport, on utilise une IBBP pour l'optimisation du débit Vidéo mais avec une grande longueur du GOP pour avoir une qualité acceptable.

Malgré que la qualité de la Vidéo IP est plus convenable que pour la structure IBBP, la structure IP avec sa nature qui consomme plus de débit est rarement utilisée par les télédiffuseurs.

Finalement un choix judicieux de la structure et la longueur du GOP, peut optimiser le rapport qualité, débit binaire de la vidéo.

I.4.2. Influence du débit sur la qualité de La vidéo:

Dans cette expérience on prend différentes valeurs du débit binaire et à chaque fois on observe la qualité Vidéo qui s'affichée sur le PC.

➤ Pour Vidéo Bitrate = 1533Kb/s:



Figure III.16 : Image visualisée pour bit-rate = 1.533Mb/s

- Pour $\text{bit-rate} = 3.066\text{Mb/s}$:



Figure III.17 : Vidéo visualisée pour $\text{bit-rate} = 3.066\text{Mb/s}$

- Pour $\text{bit-rate} = 5\text{Mb/s}$:

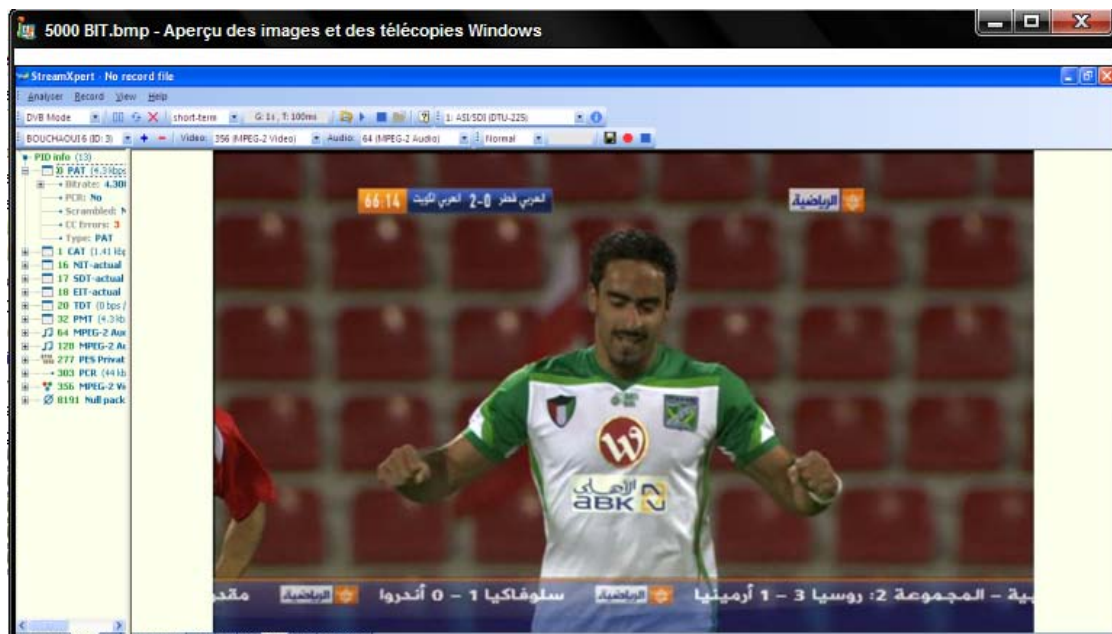


Figure III.18 : Vidéo visualisée pour $\text{bit-rate} = 5\text{Mb/s}$

- **Conclusions:**

D'après les résultats obtenus, on observe que pour des débits faibles on obtient une mauvaise qualité de l'image (apparition des pixels sur l'image), et lorsqu'on augmente le débit, la qualité de l'image devient meilleure.

On constate que :

- La compression réduit le débit du signal Vidéo-SDI de 270Mbps à 1.533Mbps (réduction maximale en MPEG 2 du Codeur E5710).
- La compression a un effet néfaste sur la qualité de l'image (elle réduit la qualité de l'image avec une forte réduction du débit binaire de la Vidéo).

Donc le choix d'un débit Vidéo optimal est nécessaire pour satisfaire le rapport qualité de service, bande passante.

I.4.3. Choix des formats d'affichage :

Grace au codeur Tandberg, on peut choisir les formats d'affichage via le logiciel TDC, voici les images visualisées :

➤ Pour le format 4/3 :



Figure III.19 : Format 4/3

➤ Pour le format 16/9 :



Figure III.20 : Format 16/9

• Conclusion :

On voit que pour le format 16/9 l'écran balaye une plus grande surface par rapport au format 4/3, mais la qualité de l'image est nettement meilleure pour 4/3, cela revient à la dimension des pixels qui sont plus grands pour 16/9, donc on a plus d'information de luminance et de chrominance dans le format 4/3.

I.5 Le multiplexeur de TDA:

Le multiplexeur de TDA est de marque Tandberg de type MX5640, supporte huit entrées ASI (SPES contient une vidéo et cinq audio) et une entrée ASI (TS contient les Datas de l'APS).

La figure suivante, montre la face avant du multiplexeur MX5640.



Figure III.21 : Le multiplexeur Tandberg MX5640

I.6. Conception du flux MPTS (Multiple Program Transport Stream):

Le schéma synoptique qui définit l'arrangement des flux SPTS dans un flux MPTS, est représenté par la figure III.22 :

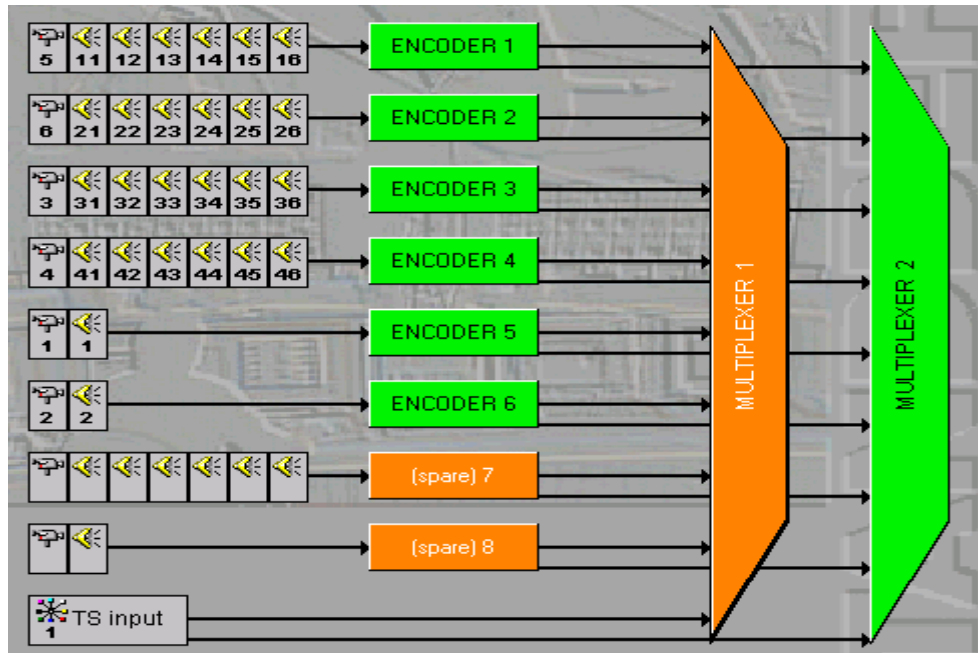


Figure III.22 : schéma synoptique de la conception du flux MPTS du TDA.

Le bouquet numérique TDA contient 4 chaînes TV en clair (Canal Algérie, A3, TV Coran et TV Tamazight), deux autres cryptées (Programme National et TV6 feed) « dédiées pour les contributions » et 20 radios réparties sur 6 codeurs (couleur verte sur le schéma) et deux codeurs pour assurer la redondance (couleur orange sur le schéma).

Les codeurs 1, 2, 3, 4, ne possèdent pas l'option du cryptage, et chaque codeur traite (échantillonnage, quantification, codage, compression, et affectation des PIDs) une vidéo et un audio analogiques (pour la TV), et cinq audio numériques EBU/AES (Audio numérique non compressée pour les radios). Afin de créer un SPTS

Les codeurs 5 et 6, possèdent l'option du cryptage, donc chaque codeur traite une vidéo et un audio analogiques. (Car les radios ne sont pas cryptées).

Pour la redondance, nous avons 4+1 pour les services en clair et 2+1 pour les services cryptés, donc en tout nous avons 8+2.

La figure suivante illustre une commutation entre un codeur principal et son redondant.

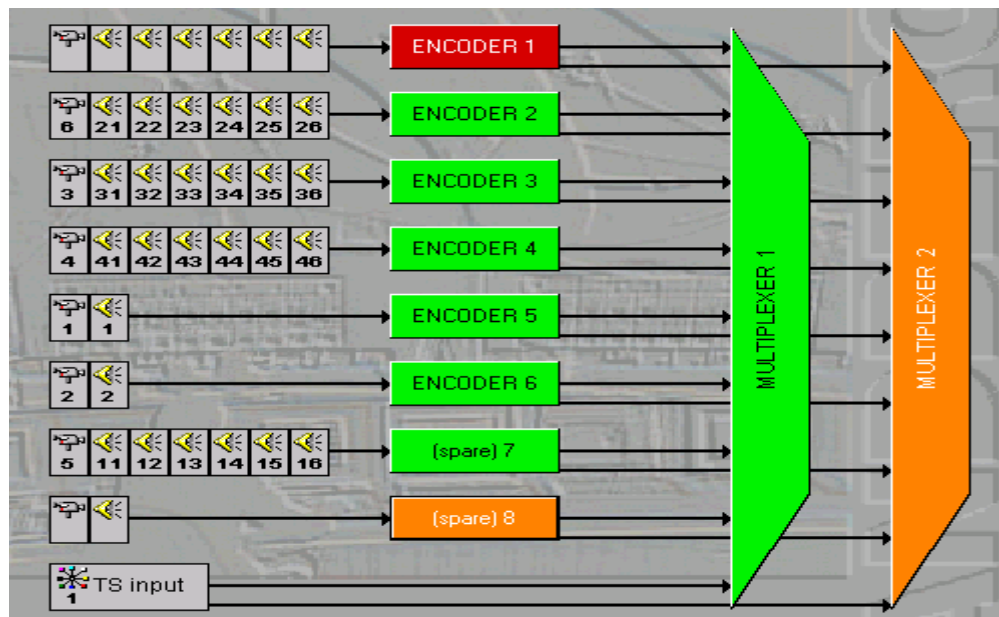


Figure III.23 : Redondance entre les codeurs.

Les 6 SPTS plus le TS de Data de l'APS qui ont été obtenu via un encapsulateur (encapsule les Datas envoyées par des trames IP « Internet Protocole » dans des trames TS), sont acheminés vers le multiplexeur MX5640 qui va identifier et affecter les noms des services suivant les PIDs de Chaque STPS, afin d'obtenir le fameux multiplexe de la TDA qui contient les 6 TV et les 20 Radios (MPTS ; c'est un signal ASI de 188Oct).

II. Simulation de la chaîne de compression du codeur sous Matlab7 :

Pour pouvoir estimer la qualité d'une vidéo compressée du format 4 :2 :2 vers 4 :2 :0 en MPEG1 et du format 4 :2 :2 vers 4 :2 :0 en MPEG2. Nous avons simulé la chaîne de compression de TDA sous Matlab7.

Les différentes étapes à suivre à fin de retrouver la chaîne de compression sur Matlab7 sont citées dans la page qui suit.

- On ouvre Matlab7 et on clique sur start :

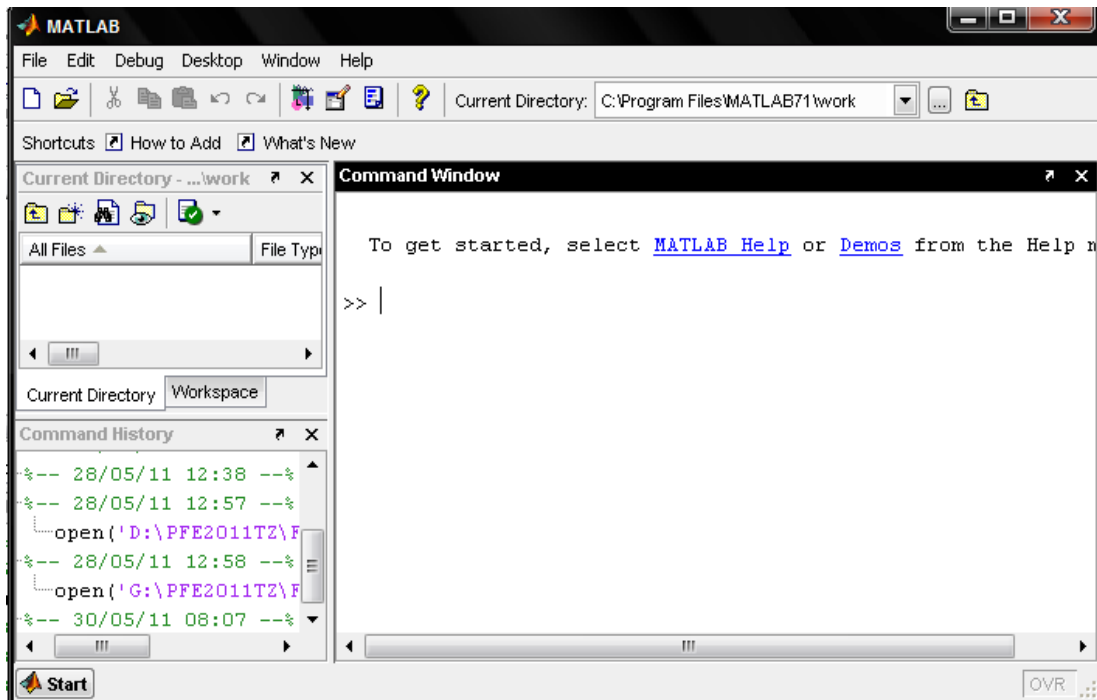


Figure III.24 : La fenêtre apparaissant au démarrage.

On sélectionne « Blocksets » ensuite « vidéo and image processing » puis « Demos » comme l'indique la figure suivante :

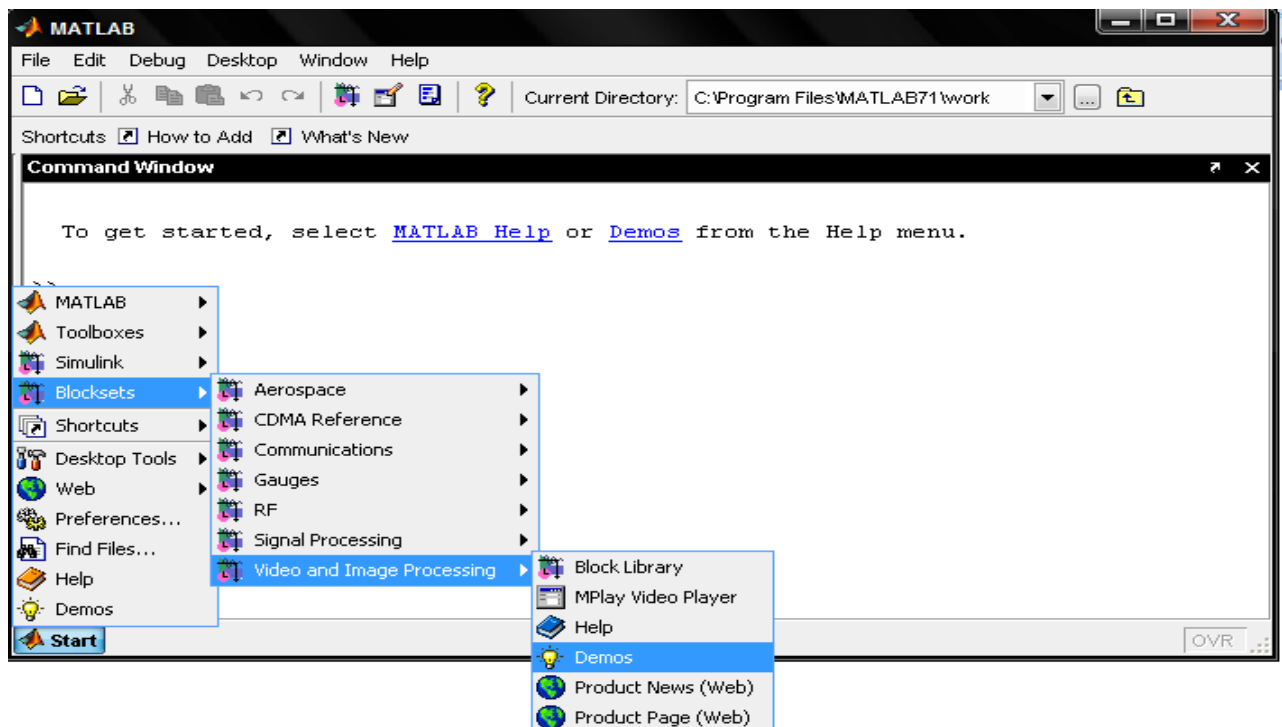


Figure III.25 : Contenu du bouton start.

- On a choisi « vidéo compression » Uses Simulink ;

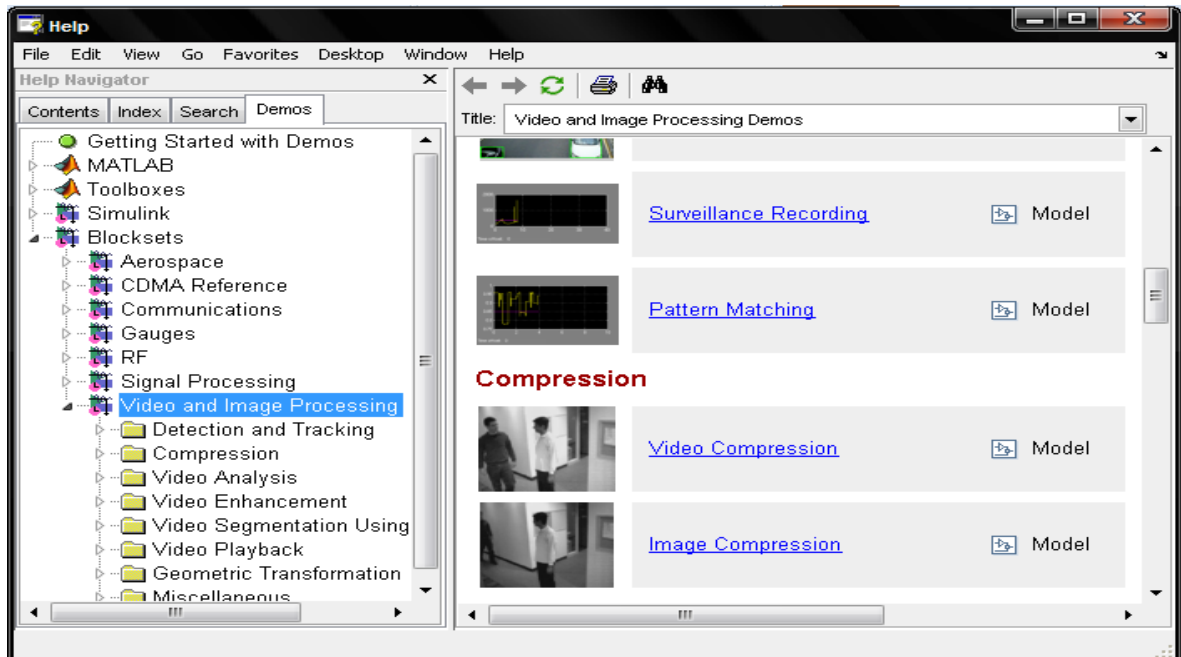


Figure III.26 : Bloc de simulation de la compression vidéo

La chaîne de compression « vipcodec color.mdl » dont voici les différents blocs de la chaîne est représentée ci-dessous :

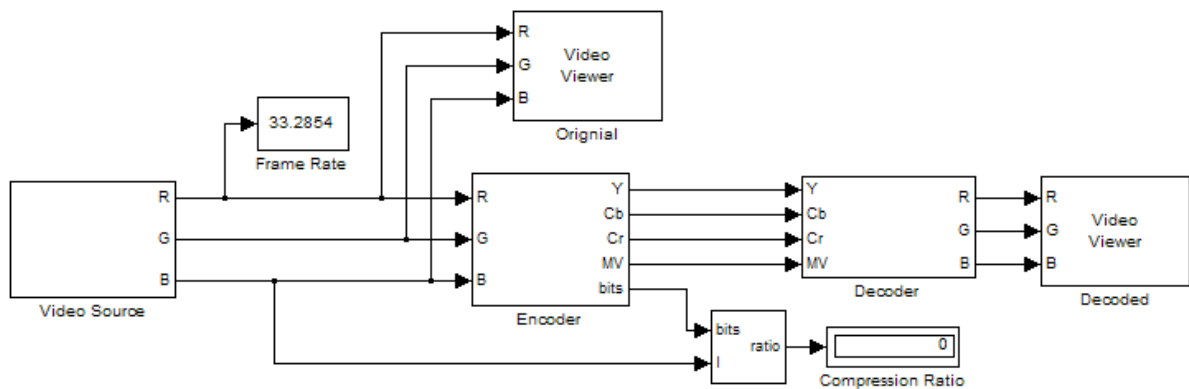


Figure III.27 : Chaîne de compression sous Matlab

- On clique sur Start simulation pour visualiser la vidéo avant et après la compression, et on clique deux fois de suite sur l'encodeur, et on sélectionne le format de la compression qui est de : 4 :2 :2 vers 4 :2 :0 en MPEG1, et une autre fois le format 4 :2 :2 vers 4 :2 :0 en MPEG2. voici les résultats obtenus:

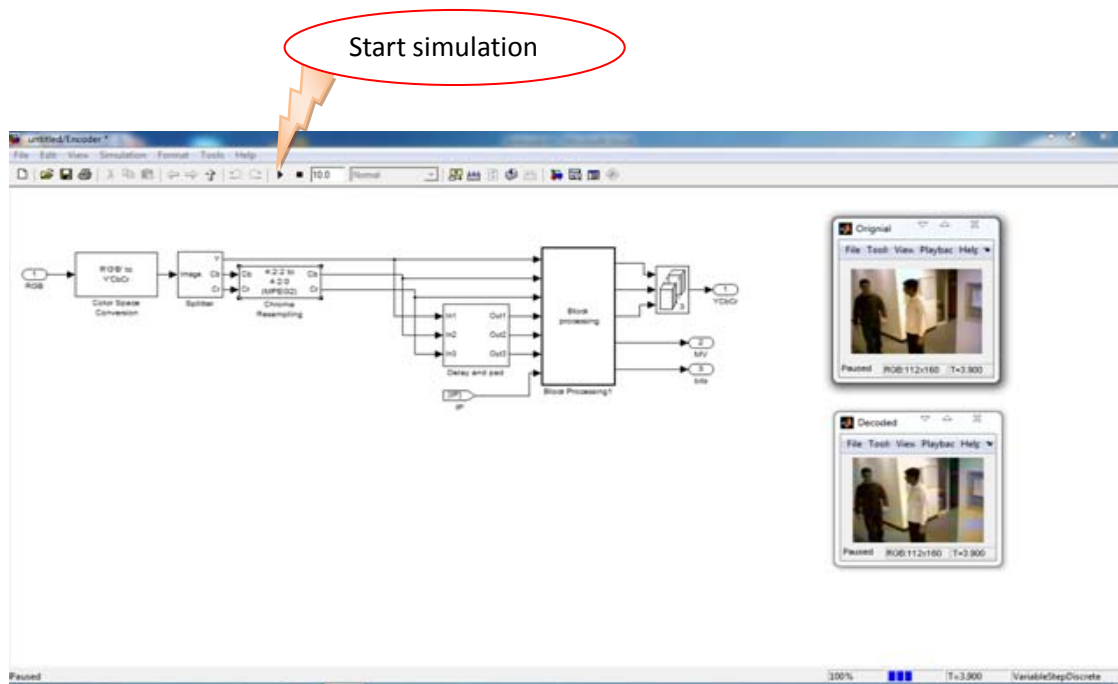


Figure III.28 : Compression vidéo MPEG2 de 4 :2 :2 vers 4 :2 :0

On remarque que sur la chaîne de compression sous Matlab7, que la qualité de La vidéo compressée en **MPEG2** format **4 :2 :0** est nettement meilleure par rapport à **MPEG1** format **4 :2 :0**. D'ou le choix de la TDA pour ce type de compression.

III. Récapitulation et conclusion :

III.1 La bande de base du bouquet numérique de la TDA:

Chaque codeur TANDBERG supporte un programme TV et cinq radios, et le bouquet de TDA comporte 6 programmes TV et 20 radios, donc la chaîne de codage est organisée comme suit :

- Quatre codeurs sont prévus pour coder les quatre chaînes nationales (TV Coran, TV Tamazight, A3, Canal Algérie) en clair où chaque codeur prendra en charge un programme TV et cinq radios locales.
- Deux autres codeurs sont prévus pour coder les deux chaînes restantes (Programme Nationale, Canal Feed) ces deux là sont cryptés :
 - Le premier sert à coder la chaîne nationale qui est normalement diffusée par des émetteurs terrestres ; Or il n'y a pas de liaisons terrestre jusqu'au Sahara, donc le signal TV national est diffusé via satellite. La chaîne est cryptée car elle diffuse des matchs de football et suite a la demande de la FIFA, elle a été cryptée.

- Le second sert à coder la chaîne dite « canal feed » qui sert à transmettre des signaux vers des destinations spécifiques.

➤ Le système est composé de deux autres codeurs, mis en parallèle avec les six codeurs précédents assurant la redondance du point de vue programmes et matériels en cas de panne d'un des codeurs précédents, l'un des deux codeurs assure le secours des signaux non cryptés par contre l'autre est prévu pour les deux signaux cryptés.

Voici ci-dessous la bande de base du bouquet TDA :



Figure III.29 : partie bande de base réelle du bouquet TDA

La somme des débits de tous les programmes TV, Radios et les PSI vaut 28Mbps :

- Débit vidéo des programmes A3, TV Coran, TV Tamazight et Canal Feed vaut à 14Mbps, le débit audio, de ces derniers est estimé à 512Kbps.
- Le débit vidéo du Programme National et Canal Algérie est de 7Mbps, son débit audio égale à 256 kbps.
- Les 20 chaînes radios consomment 2.56 Mbps.
- Les Datas APS consomment 2Mbps.
- La table PSI consomme 1,672Mbps.

Le signal sortant du multiplexeur ne peut pas être transmis sur le satellite à cause de sa nature numérique. La partie RF consiste de donner à ce signal (débit utile) la nature de pouvoir se propager c'est à dire ; onde électromagnétique (signal analogique à haute fréquence).

Comme toute chaine RF, la chaine de transmission de la TDA contient :

- Un modulateur QPSK.
- Un up-converter.
- Un amplificateur de puissance HPA.
- Un guide d'onde.
- Une antenne.
- Un analyseur de spectre.

IV .Manipulation effectuée sur le modulateur SDM 2020 de TDA et modulation QPSK utilisée:

La chaine d'émission du bouquet national vers le satellite NSS7, dispose de deux modulateurs de marque Comtech SDM 2020 de fréquence FI=70Mhz (fréquence intermédiaire), ils réalisent la modulation QPSK qui est utilisée en DVB-S, le premier est un modulateur principal et le deuxième sert au secours en cas de panne.

Voici ci- dessous le modulateur SDM2020 :



Figure III. 30 : Modulateurs SDM 2020.

La modulation retenue par tous les fournisseurs de service satellitaire, est la modulation **QPSK** (quadrature phase shift keying), avec un code correcteur Reed-Solomon.

Un signal dont le débit binaire vaut 28Mbps, à la sortie du modulateur, le signal est décrit par son débit symbole comme il est illustré dans la figure III.31 :

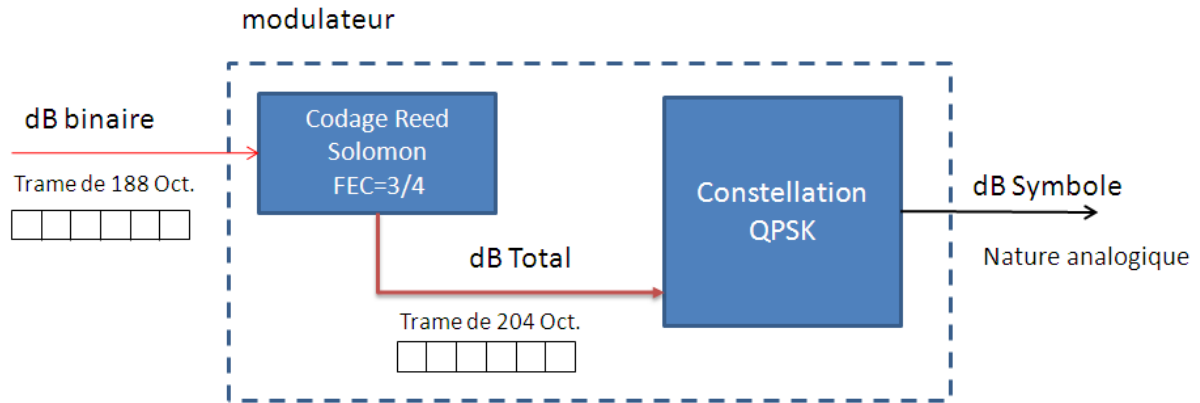


Figure III.31. Passage du débit binaire au débit symbole.

IV.1. Calcul du débit symbole résultant de la modulation sans l'implémentation du code correcteur :

La modulation QPSK associe à chaque symbole 2 bits ($N = \log_2 M$).

N : le nombre de bit.

M : le nombre de symbole.

Alors si on considère que le débit binaire D_b sortant du multiplexeur est de l'ordre de 28Mbps (cas de TDA sur NSS7), le débit symbole résultant d'une modulation QPSK sans le code Reed-Solomon (code correcteur) D est donné par :

$$D = D_b / N = D_b / 2 \quad (\text{III.1})$$

d'où :

$$D = 28/2 = 14 \text{ Symboles/sec.}$$

IV.2. Calcul du débit total résultant avec l'implémentation du code Reed-Solomon :

L'implémentation d'un code correcteur dans la trame de l'ASI (188 Oct.), permet la détection et la correction due au canal de transmission, afin d'obtenir à la réception une qualité du signal acceptable.

$$D_T = \frac{1}{r_{RS}} \times \frac{1}{FEC} \times D_b = \frac{204}{188} \times \frac{4}{3} \times 28 = 40.40 \text{ Mbps} \quad (\text{III.2})$$

r_{RS} : Facteur du code Reed-Solomon égale à 188/204.

IV.2.1. Calcul du débit symbole:

On peut calculer le débit symbole résultant de la modulation et de l'implémentation des codes correcteurs par la formule suivante :

$$D_s = \frac{1}{r_{RS}} \times \frac{1}{FEC} \times D_b \times \frac{1}{N} = \frac{204}{188} \times \frac{4}{3} \times 14 = 20.20 \text{ Msymboles/sec} \quad (\text{III.3})$$

IV.3. Calcul de la bande passante occupée sur NSS7 :

La TDA loue une capacité dans un transpondeur de 38.4Mhz sur le satellite NSS7, 27.28Mhz de cette bande sont utilisés pour le bouquet national, les 11.12Mhz restants sont utilisés pour les contributions (figure III.31).

Cependant La bande passante occupée par le bouquet MCPC de la TDA dépend du débit symbole de celui-ci, et peut se calculer à partir de la relation suivante :

$$W = (1+\alpha) \times D_s \quad (\text{III.4})$$

W : bande passante occupé par le bouquet MCPC en Hz.

α : roll-off du après filtrage avec le filtre de Nyquist et qui vaut 0.35.

D_s : débit symbole en (Msymbole/sec).

Ce qui donne :

$$W = (1+0.35) \times 20.20 = 27.28 \text{ Mhz}$$

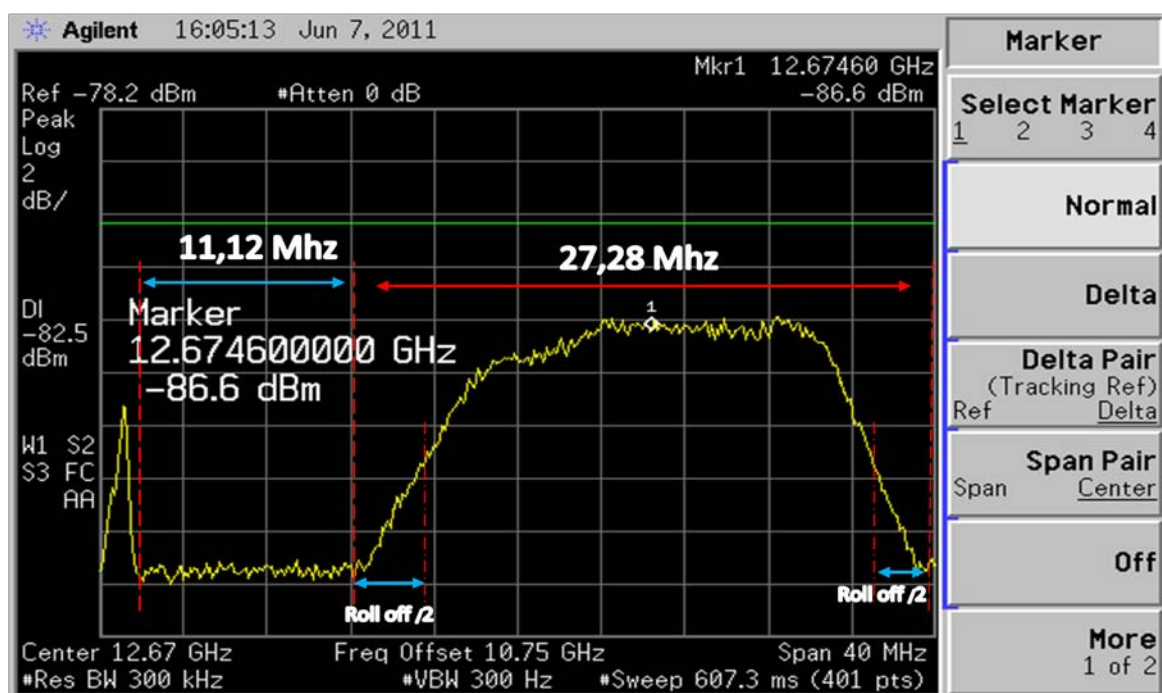


Figure III.32 : Capacité du transpondeur louée par TDA sur le satellite NSS7.

IV.4. Influence du débit binaire sur l'occupation spectrale :

Dans cette manipulation on fait varier le débit binaire ou le débit symbole à partir du modulateur FI, et on observe son influence sur l'occupation spectrale.

IV.4.1. Manipulation réalisée :



Figure III.33. Montage permettant de voir l'occupation spectrale en fonction du débit

On injecte deux signaux vers les deux codeurs, en suite vers le multiplexeur afin de les mettre en paquet , de la sortie du multiplex vers l'entrée du modulateur FI et enfin vers l'entrée de l'analyseur de spectre.

On fait varier le débit symbole ou binaire par la face avant du modulateur, et on observe l'occupation spectrale qu'affiche l'analyseur de spectre (la figure III.34 et la figure III.35).

- Pour un débit = **10Mbps** :

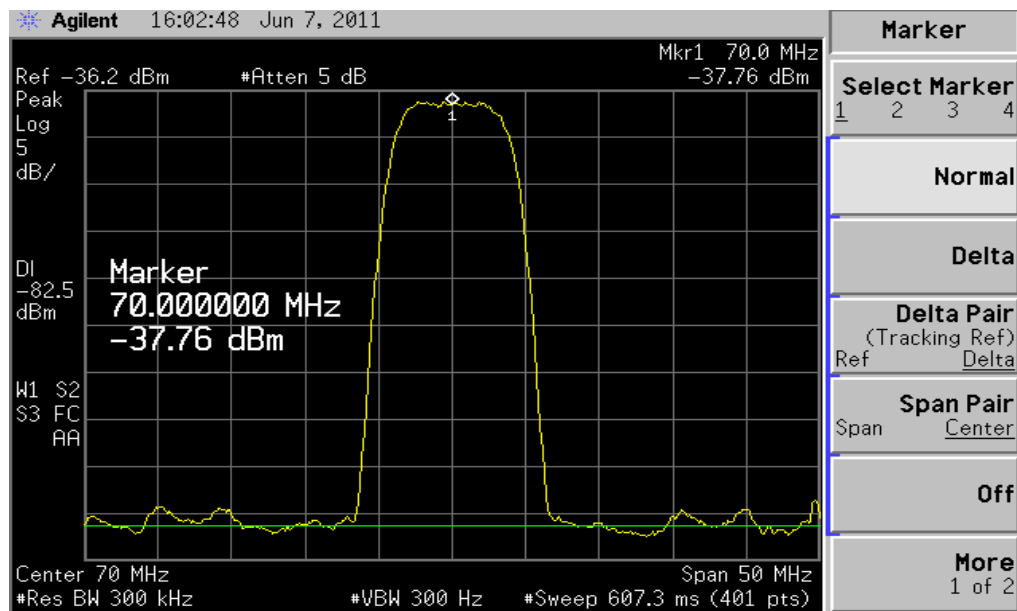


Figure III.34: Occupation spectrale pour un débit égale 10Mbps

- Pour un débit = **50Mbps** :

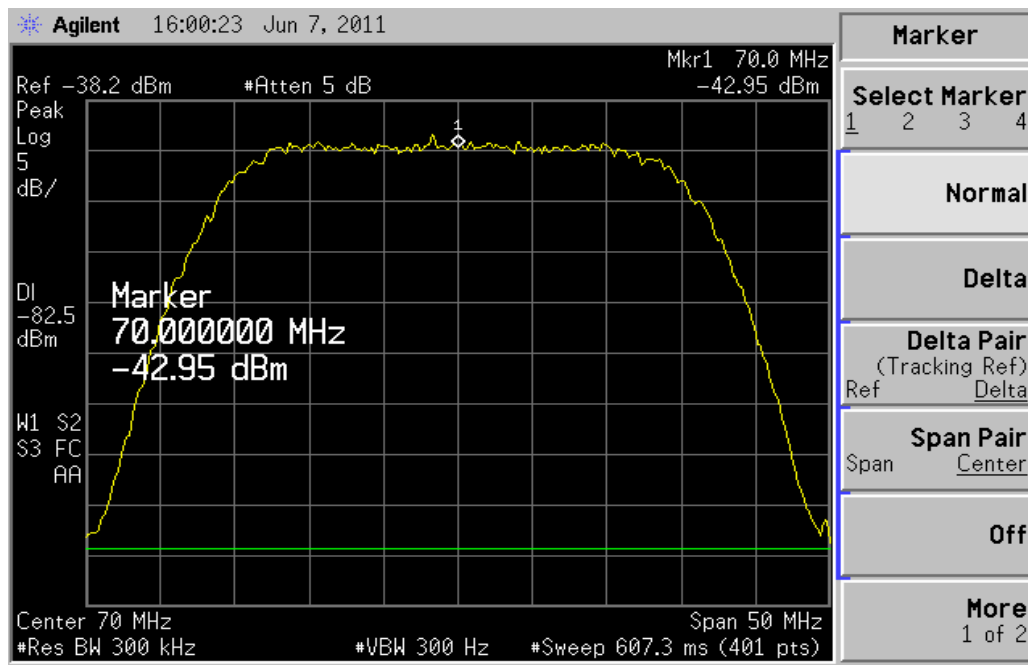


Figure III.35: Occupation spectrale pour débit égale 50Mbps

- **Observation :**

- ✓ Pour un débit =10 Mbps on obtient une occupation spectrale $W= 13.50\text{Mhz}$.
- ✓ Pour un débit = 50 Mbps on obtient une occupation spectrale $W= 48.82\text{Mhz}$.

Une augmentation du débit binaire implique une augmentation de la bande passante.

- **Conclusion :**

Après la modulation, on obtient un signal analogique d'une fréquence intermédiaire $FI=70\text{Mhz}$. Ce signal n'est pas encore prêt pour l'émission sur satellite à cause de sa faible fréquence et amplitude.

IV.5. Conversion de fréquence :

L'opérateur satellitaire impose une fréquence RF pour le signal montant (up Link), donc on a besoin d'un circuit qui translate notre signal de la fréquence FI à la fréquence RF (fréquence d'émission) avec un synthétiseur interne qui contrôle la fréquence de conversion, ce circuit est appelé UP-Converter.

Le convertisseur de fréquence va traduire le spectre du signal centré en $FI=70\text{Mhz}$ vers une autre fréquence centrée à $f=14.23525\text{Ghz}$ qui est imposée par l'opérateur du satellite NSS7.

Les convertisseurs employés par la TDA (un principal et l'autre comme secours) sont de marque Multipoint comme l'indique la figure suivante :



Figure III.36 : Up-Converter.

Le spectre en sortie de l'Up-Converter est représenté à la figure III.37 :

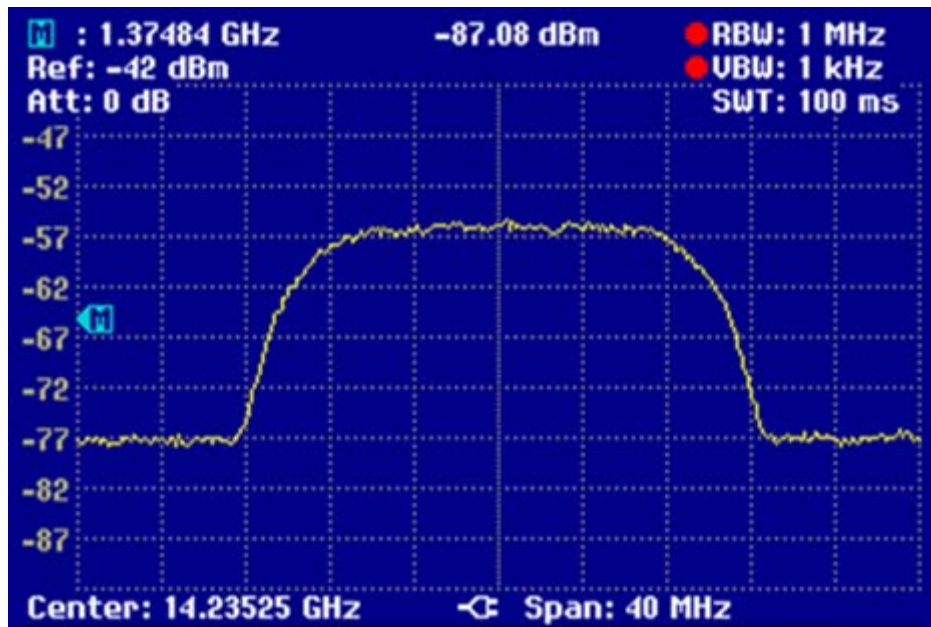


Figure III.37 : Spectre en sortie de l'Up-Converter.

IV.6. Amplification de puissance (HPA : High Power Amplifier):

Une fois le spectre transposé à une fréquence RF (propageant), le signal obtenu à la sortie du convertisseur de fréquence, est de faible amplitude et puissance c'est pour cela qu'il faut l'amplifier à une certaine puissance afin de rattraper les atténuations du canal de transmission (devient solide), cette dernière s'appelle la PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée), exigée par l'opérateur du satellite pour éviter la saturation de son transpondeur.

La TDA utilise des amplificateurs de puissance à semi conducteur SSPA (Solide State Power Amplifier) du fait de leur résistance à la chaleur :



Figure III.38 : Amplificateur de puissance HPA.

Le spectre en sortie de l'amplificateur est représenté par la figure suivante :

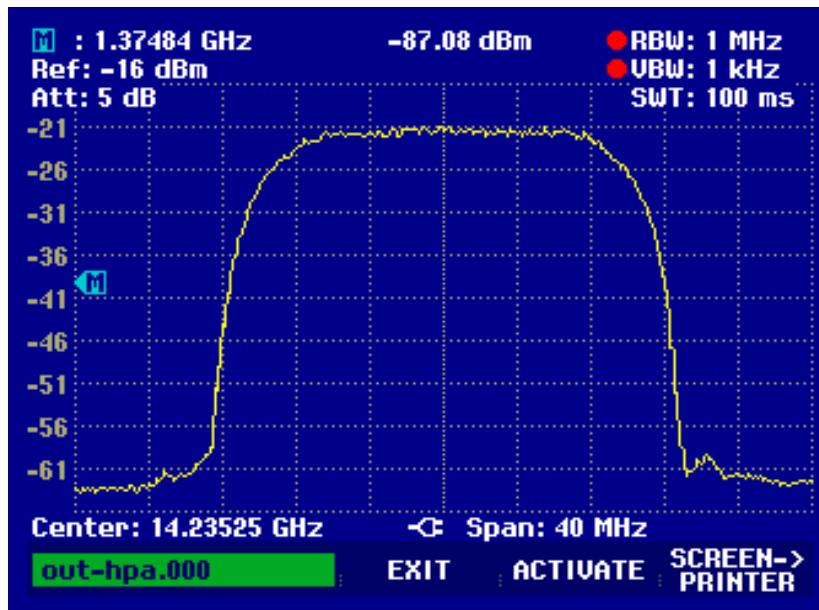


Figure III.39 : Spectre en sortie de l'amplificateur

IV.6.1. Influence du débit Total sur le rapport C/N (Carrier/Noise) :

La puissance est inversement proportionnelle au débit du signal modulé, les deux figures suivantes montrent l'influence du débit total sur le rapport C/N.

On réalise manipulation de la figure III.32, mais on ajoute un HP.

- Pour un débit Total égal à 14.46 Mbps

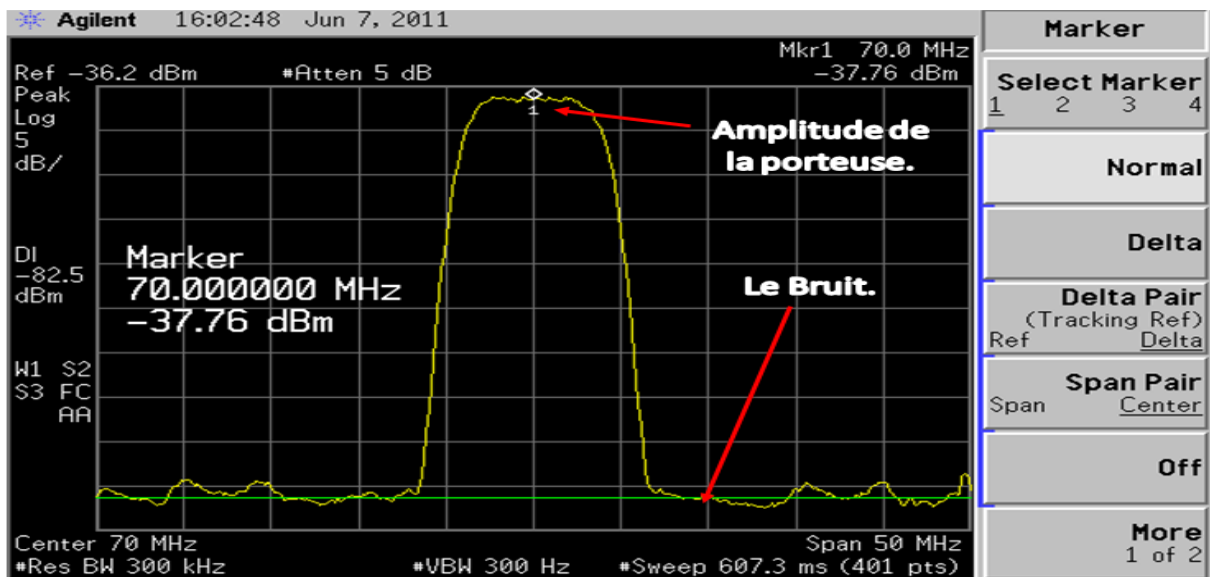


Figure III.40 : Le rapport C/N pour un débit de 14.46Mbps.

- Pour un débit Total égal à 72.34Mbps :

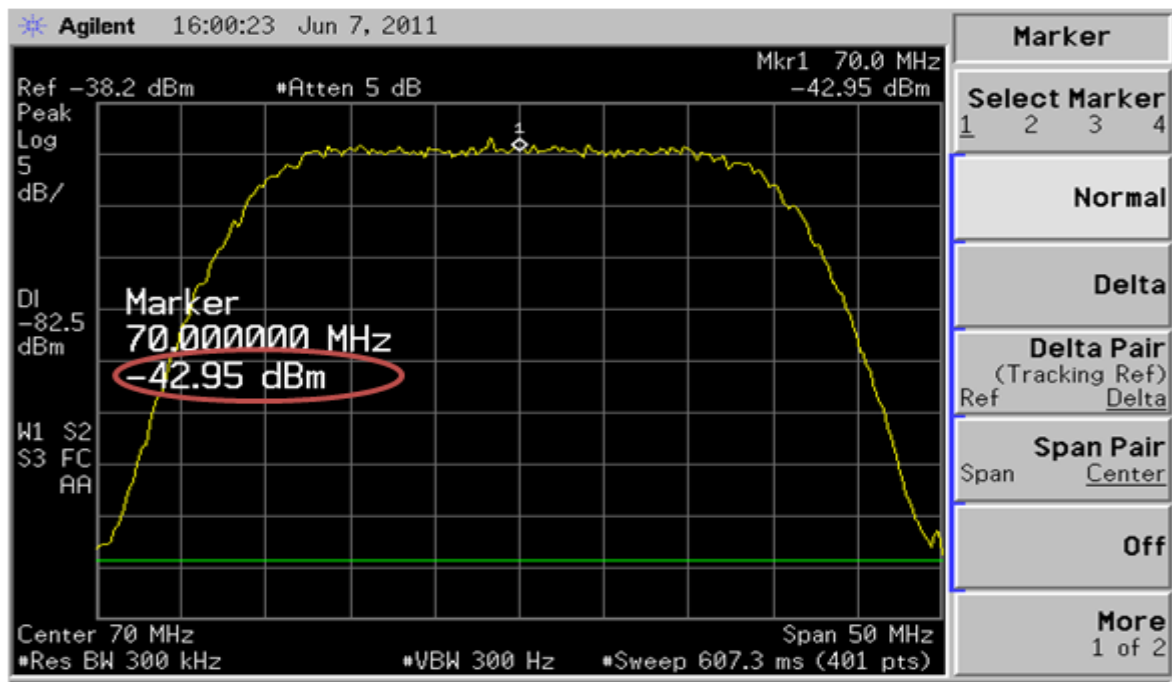


Figure III.41 : Le rapport C/N pour un débit de 72.34Mbps

IV.6.2 : Calcul de la puissance isotrope rayonnée :

Pour le calcul de la PIRE on utilise la relation suivante :

$$\text{PIRE} = \text{Gain (dB)} - \text{Att (dB)} + \text{Pe (dB)} \quad (\text{III.5})$$

Avec

$$\text{Pe} = \text{Valeur mesurée} + \text{facteur de couplage.} \quad (\text{III.6})$$

Application numérique :

$$\text{Pe} = 0.3 + 40.7 = 41 \text{ dB.}$$

$$\text{PIRE} = 59.4 - 1.5 + 41 = 98.90 \text{ dB} - 30 = 68.9 \text{ dBm.}$$

Pour la mesure de la puissance, on a connecté un galvanomètre avec la sortie monitoring de l'HPA via un coupleur (sonde) qui réduit la puissance du signal sortant afin de protéger l'appareil de mesure (galvanomètre). L'image du galvanomètre et la sonde sont représentés par la figure III.40

Les valeurs des facteurs de couplage sont indiquées sur la sonde, la table III.1 résume les différents facteurs pour plusieurs fréquences d'émission :

F (Ghz)	11	12.4	13	14	15
Facteur %	95.1	94.4	94.6	94	92.9

Table III.1 : facteurs de couplage pour différentes fréquences

- Facteur de couplage de HPA de la station NSS7 est : 40.7.
- Facteur de couplage de HPA de la station AB3 est : 40.57.



Figure III.42 : Image du galvanomètre avec leur sonde.

V. Conception d'un programme permettant le calcul du Bilan de liaison avec C++ Builder 5:

Il est nécessaire de choisir un langage de programmation qui puisse calculer le Bilan de liaison. Pour cela, notre choix s'est porté sur le C++ Builder, de plus, il est le produit de développement rapide d'application de Borland pour l'écriture d'application C++.

Avec c++Builder, on développe des programmes Windows C++ avec plus de facilité et de rapidité qu'auparavant. Dans notre travail on a utilisé C++ Builder 5.

Le C++Builder dispose de tous les outils nécessaires pour concevoir une application, lorsque vous démarrez le programme vous obtenez à la fois une fiche vierge et l'EDI (Environnement de Développement Intégrer) comme le montre la figure suivante :

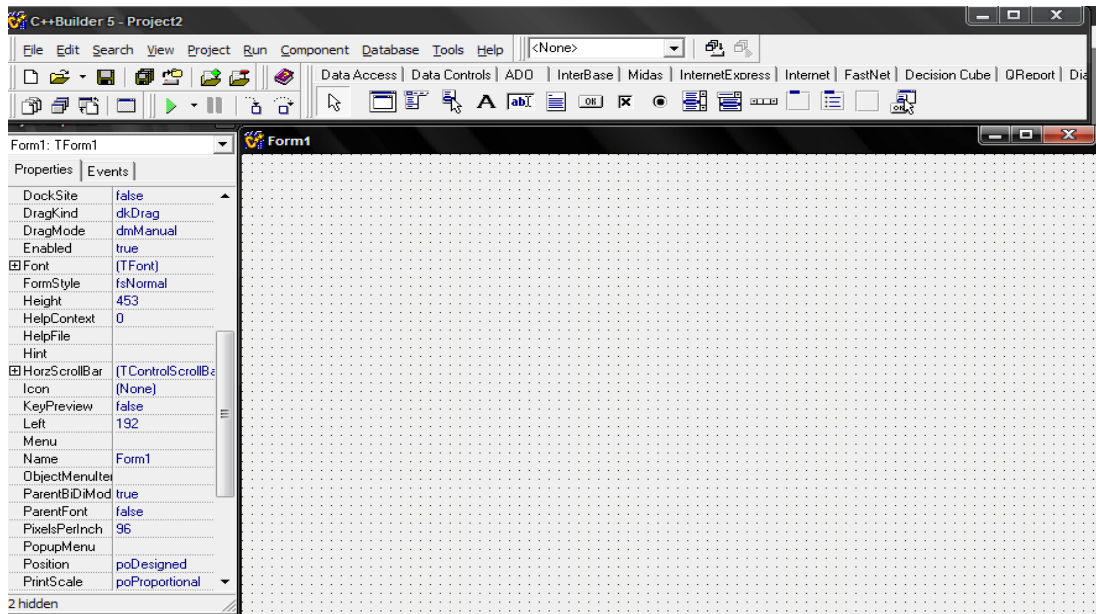


Figure III.43 : L'interface EDI et la fiche vierge apparaissant au démarrage

V.1. Composition l'EDI C++ builder:

- La fenêtre supérieure est considérée comme la fenêtre principale. Elle contient la barre d'outils à gauche qui vous permet d'accéder aux tâches comme l'ouverture , l'enregistrement et la compilation des projets , et la palette des composants à droite qui contient une grande quantité que l'on peut déposer sur vos fiches(les composants sont libellés(Label1), les boutons (Botton), les zones de saisie (Edit1), les zones de liste (Liste Box),.....).
- L'inspecteur d'objets qui se situe au dessous de la barre d'outils et de palette des composants, dans l'onglet supérieur gauche de l'écran. C'est à l'aide de l'inspecteur d'objets que l'on modifie les événements et les propriétés d'un composant. Il possède un ou deux onglets selon le composant sélectionné, mais il affiche toujours l'onglet propriétés. Les propriétés d'un composant contrôle la façon dont il opère, l'inspecteur d'objets a généralement un onglet événement en plus de l'onglet propriétés. Les événements se produisent lorsque l'utilisateur interagit avec un composant.
- Une fiche représente une fenêtre dans le programme. La fiche peut être la fenêtre principale, une boîte de dialogue ou tout autre type de fenêtre.

Derrière le concepteur de fiche se cache l'Editeur de code ; c'est dans l'éditeur de code qu'on aura la page pour écrire le programme.

L'inspecteur d'objets, le concepteur de fiche, l'éditeur de code et la palette des composants fonctionnent interactivement lorsqu'on construit nos applications.

V.2. Présentation des fonctions du logiciel :

Notre application est composée de différentes formes que nous allons illustrer par la suite dans le menu.

V.2.1. Interface principale :

Cette fenêtre représente le menu principal de notre application :



Figure III.44 : Interface principale.

- **Fichier** : Elle contient des opérations sur des fichiers (**Nouveau** : pour revenir à l'interface de démarrage. **Fermer** : pour la fermeture du logiciel).
- **Bilan** : Elle contient le calcul de la puissance isotrope rayonnée, le bilan de puissance et la conversion de la puissance de dB en Watt.

Par exemple la fenêtre suivante illustre les paramètres pour calculer la puissance isotrope rayonnée et le choix de la station (soit NSS7 ou AB3).

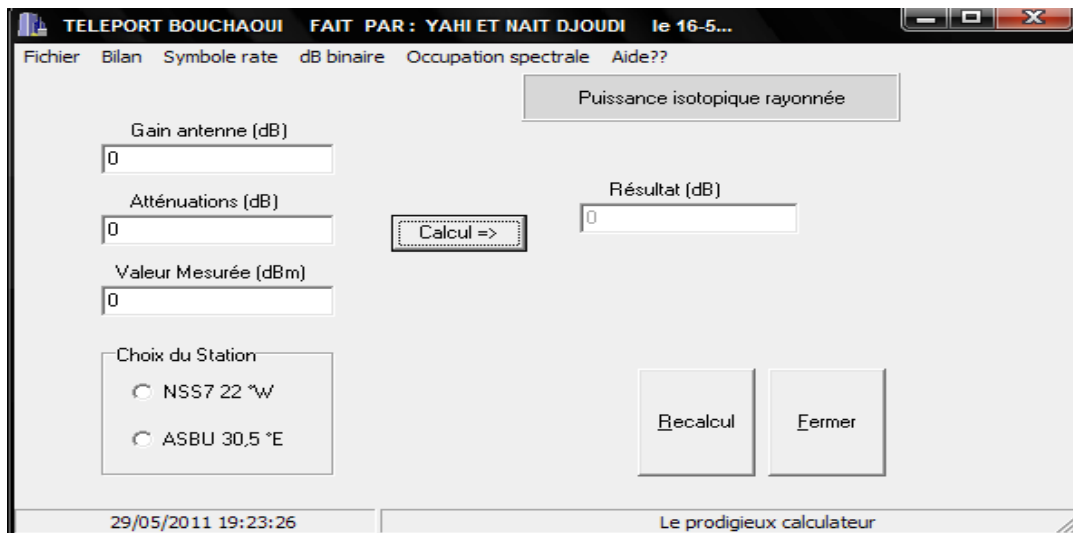


Figure III.45 : Fenêtre permettant le calcul de la puissance isotrope rayonnée

- **Symbole rate** : Ce bouton nous permet de calculer le débit symbole du signal, si on clique sur ce bouton, la fenêtre suivante s'affiche:

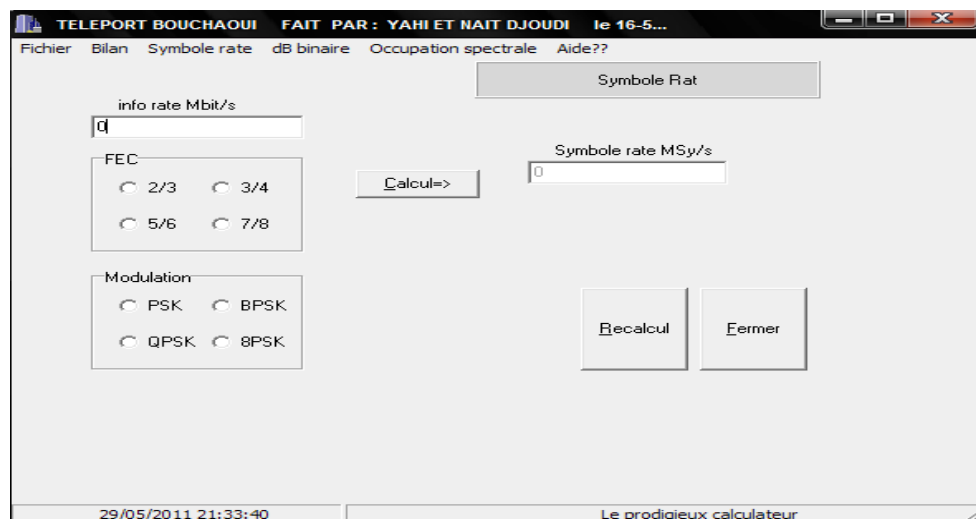


Figure III.46 : Contenu du bouton symbole rate

- **dB binaire** : La fenêtre suivante nous permet de calculer le dB binaire du signal à partir du dB symbole :

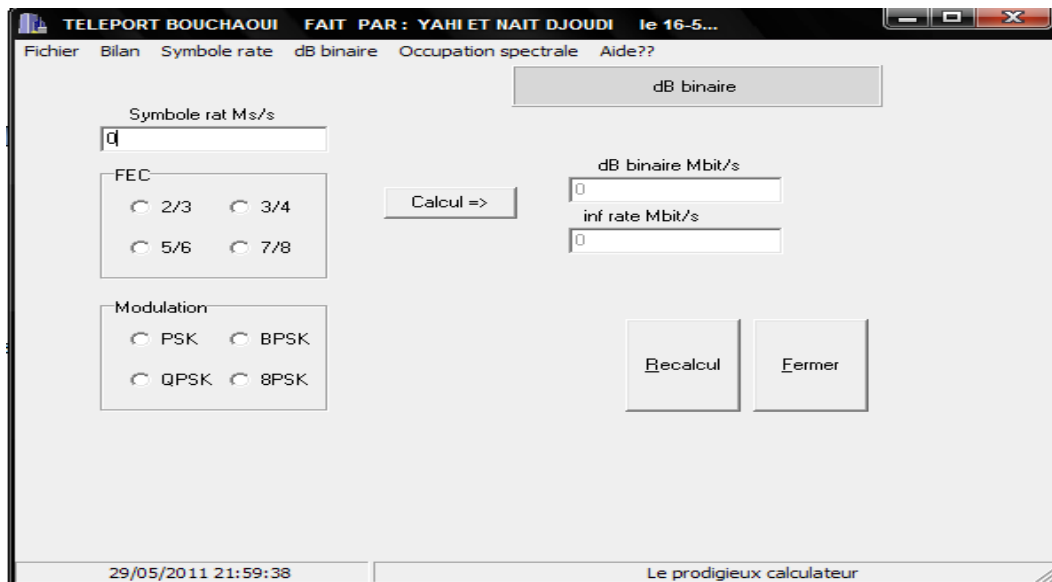


Figure III.47 : Contenu du bouton de dB binaire

- **Occupation spectrale** : Elle contient les paramètres nécessaires pour calculer la bande passante du signal et la fenêtre suivante illustre son contenu :

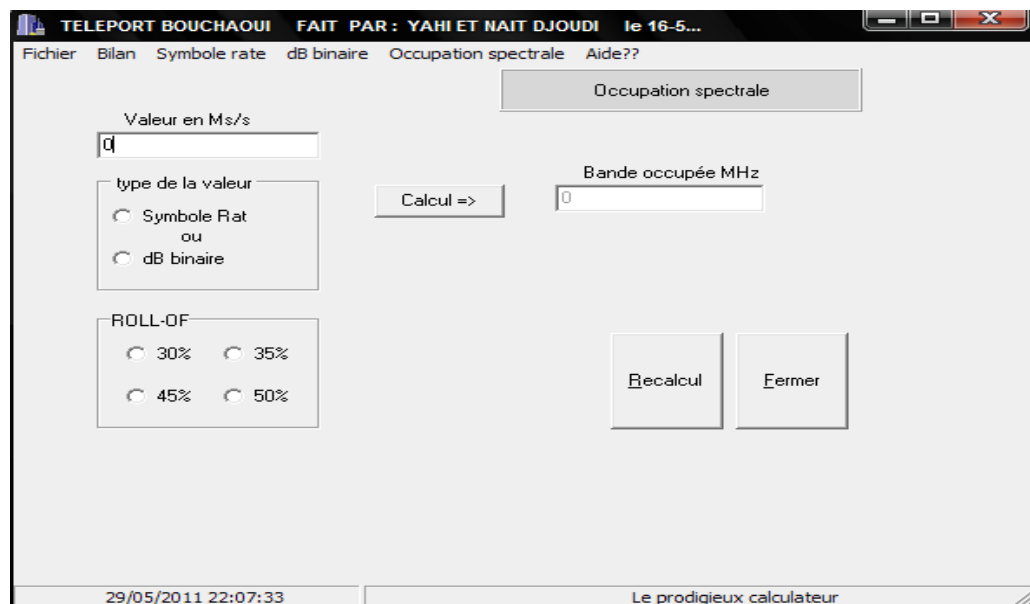


Figure III.48 : Contenu du bouton occupation spectrale

- **Aide ?** : Si on clique sur le bouton « Aide ? » un message qui décrit les relations entre les différents paramètres s'affichent et la figure suivante illustre son contenu :

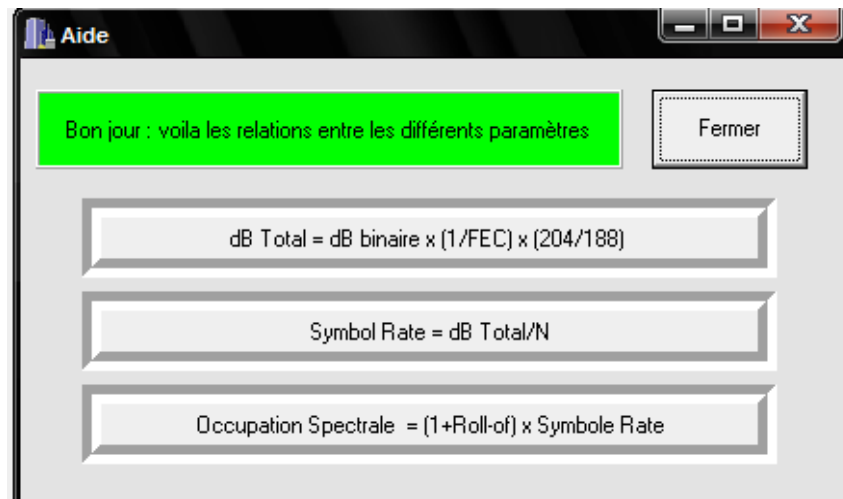
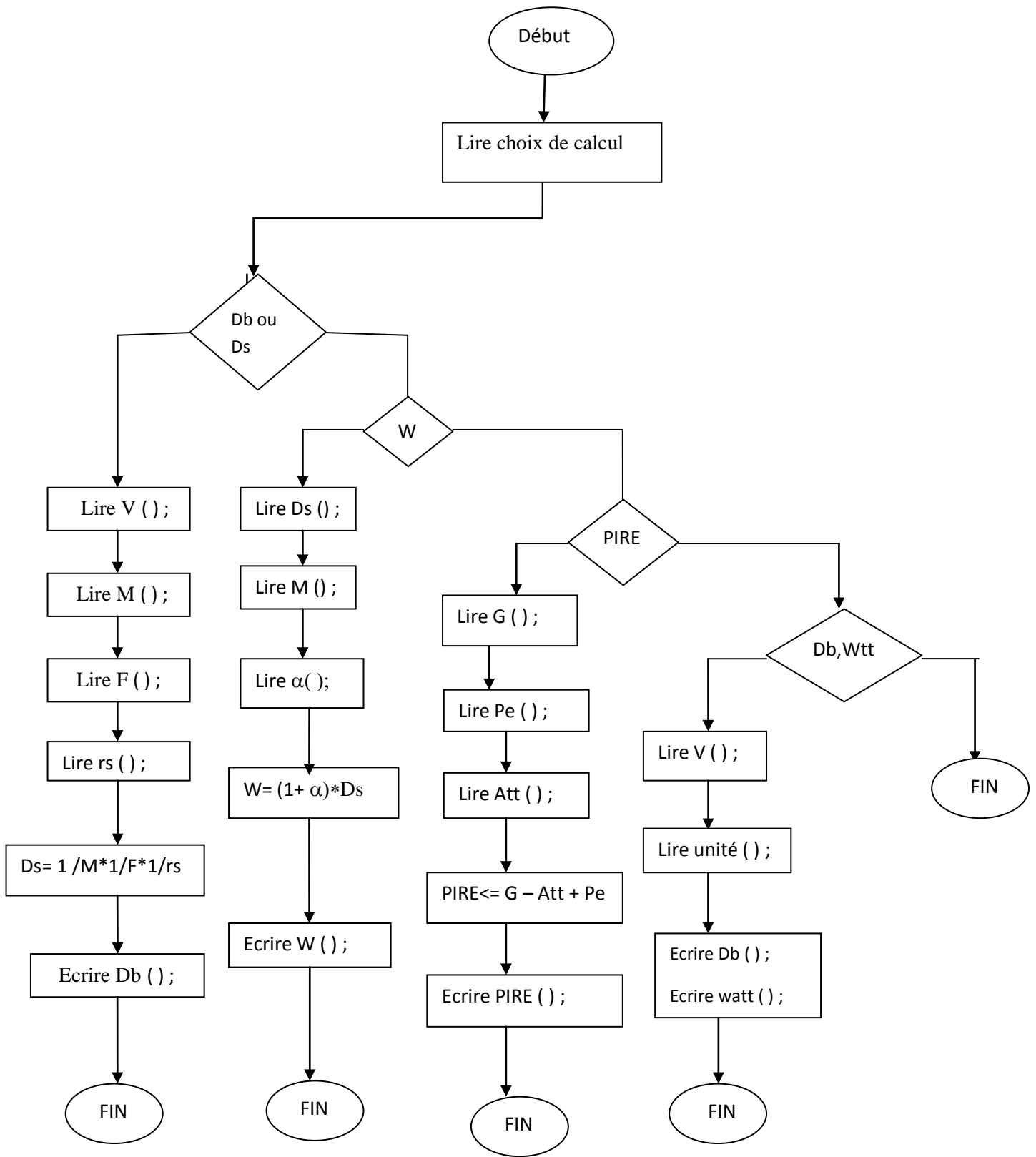


Figure III.49 : Contenu du bouton Aide ?

V.3. Organigramme utilisé :



La TDA utilise le format d'échantillonnage 4:2:0, la norme MPEG2 TS pour la compression vidéo et MPEG Layer2 pour l'audio, la résolution 4/3, un GOP IBBP longueur 12, une modulation QPSK et code correcteur Reed-Solomon avec un FEC de 3/4, une puissance à l'émission de 12,589W, une PIRE de 68,9dBm, une fréquence d'émission de 14Ghz et une occupation spectrale de 27,28Mhz.

Le numérique a réellement faciliter les transmissions des signaux sur satellite, parmi ses avantages on peut citer :

- La qualité constante des images et des sons en terme de transmission: Le numérique est moins exposé aux perturbations extérieures que l'analogique et offre une meilleure résistance au bruit, au brouillage ou aux phénomènes d'écho.
- La facilité de la compatibilité entre tous les pays et une compatibilité accrue avec les équipements de production qui sont déjà numériques depuis longtemps.
- La réduction des coûts: coût de la retransmission des programmes, en théorie, on devrait pouvoir diviser le prix actuel de la location de chacun des transpondeurs des satellites par le nombre de programme qui pourrait y transiter.

Notre stage au sein du téléport Bouchaoui nous a offert beaucoup d'opportunités et apporté de grands bénéfices sur plusieurs plans;

- Sur le plan pratique, nous avons pu mettre en application nos acquis théoriques, nous avons eu l'opportunité d'avoir l'accès aux outils de mesure : HPA, Up-Converter, analyseur de spectre, modulateur FI et bande L.
- Sur le plan formation, nous avons acquis des connaissances sur l'utilisation et la configuration de certains équipements (codeurs, IRD, multiplexeurs, modulateurs, dektec...) et assimiler le fonctionnement de la chaîne de transmission de TDA.
- Sur le plan de la recherche nous avons été mené à découvrir de nouvelles notions : numérisation du signal, compression et les normes MPEG2, la modulation QPSK et les codes correcteurs d'erreurs...
- Sur le plan professionnel, nous avons été mis en contact avec un environnement où règne l'esprit de groupe et de partage.

Nous avons pu constater, durant notre stage au Téléport de Bouchaoui, que l'Algérie a fait l'effort nécessaire pour mettre en place de grands Centres de Télécommunication, de les doter d'équipements des plus performants afin de ne pas se laisser dépasser par l'évolution rapide des technologies du XXI^e siècle.

- [1] : Thèse de doctorat par Mr Dubois « institut national polytechnique Toulouse ».
- [2] : <http://www.google.fr> /service des satellites de télécommunication.
- [3] : Satellites communications Fundamentals de Jeremy Rose Senior consultant.
- [4] : Formation TDA Alger de Jaque Baudu Janvier 2009.
- [5] : le standard de diffusion DVB-S2 de S.Flatresse.
- [6] : MPEG Systèmes et informations de service DVB de Alain Gerland
- [7] : Bases de transmissions numériques « les modulations numériques » de Patrice Kadionik
- [7] : Thèse d'ingénieur « Compression d'images numériques par fractales dans le domaine DCT » de Melle AKROUR Leila. Le promoteur Mr Mourad LAHDIR.
- [8] : Vidéo numérique de Francis Mahieu.
- [9] : <http://google.fr>/ TV numérique.
- [10] : Training Course de Grass Valley.
- [11] : Livre « télévision numérique par satellite de Hervé Benoit » 2007.
- [12] : Technologie Seminar : introduction to MPEG and DVB « Compression Standard and Techniques for the broadcast industry » présenté par un groupe de Newtec.
- [13] : MSH Paris nord- plate forme Arts, Sciences, technologie « les formats MPEG audio » de PH. Gasser-2006.
- [14] : Thèse d'ingénieur « étude et simulation sous matlab d'une transmission OFDM » de ELN 17 2010
Promoteur Mr Ait Bachir.
- [15] : Thèse master 2010 :2011 Système de télécommunication « chaine d'émission du bouquet MCPC vers le satellite NSS7 » de Melles : Zitouni Farah et Mechiki Imene et dirigé par Mr Drouche Brahim.
- [16] : Rapport de stage Ibrouchene Nassim « participation à la mise en place d'une plate forme de codage, multiplexage MPEG2 » dirigé par Mr Boudjemadi Said.
- [17] : Bilan de liaison par satellite « cours l'INA » de Sylvie Kalinowski et Alain Geland.

[18] : Thèse « compression du signal vidéo en MPEG2 et étude du réseau SDH de TDA » de
Mr : Gacem Ayoub et Gherrmoul Oussama.

CHAPITRE I

Généralités sur les satellites

*ET Les normes de
transmission*

Introduction générale

CHAPITRE II
La chaîne de transmission TV
&
Radio de TDA

Sommaire

Bibliographie

Annexe

Présentation
Des
Organismes d'accueil

CHAPITRE II
Chaîne de
Transmission du TV & Radios
par satellite de TDA

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTIQUE ET INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



Mémoire de Fin d'Etudes

En Vue de l'Optention du Diplôme d'Ingenieur d'Etat en
Electronique
Option: Communication

THEME

Etude et Conception d'une Plate-Forme de
Diffusion d'un Bouquet Numérique
TV & Radio Par Satellite

Fait par :

Melle : YAHI Siham

Melle : NAIT DJOUDI Chahinez

Promoteur:

Mr : AIT BACHIR Youcef

Proposé par :

Mr : DROUCHE Brahim

Promotion 2011