

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie électrique et Informatique
Département d'électronique



Mémoire



De fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme De Master en Télécommunications

Thème

*Étude d'une chaîne de diffusion en
utilisant la norme DVB-S et DVB-S2 de
TDA vers le satellite ALCOMSAT-1*

Proposé et dirigé par :
M' Y.ATTAF

Dirigé par :
M' M. BOUDENE
M' T. BOUTKEDJIRT

Réalisé par :

M^{elle} BOUDJELIL Kahina

M^{elle} BOUSSAKOU Nour El Houda

2017/2018



Remerciements ...

Lors de l'ascension d'une montagne, le sommet représente le but final mais on dit souvent que ce qui est véritablement appréciable, c'est tout le parcours qui mène au sommet car c'est les différentes sensations qui nous font apprécier ce but final...

Ces cinq années nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase. Ce parcours en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail...

Et au terme de ce modeste travail, qui clôturera ce parcours, Nous tenons à adresser nos vifs remerciements...

Avant tout, à Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour surmonter toutes les difficultés rencontrées durant l'année...

À notre promoteur M^r ATTAF Youcef, pour nous avoir accordé beaucoup de son temps précieux, de ses efforts, ses conseils avisés, pour nous avoir guidé avec rigueur et amabilité durant notre année, à qui nous voulons exprimer notre immense reconnaissance et notre profond respect...

À M^r BOUDENE Maamar et M^r BOUTKEDJIRT Taha de nous avoir aidé

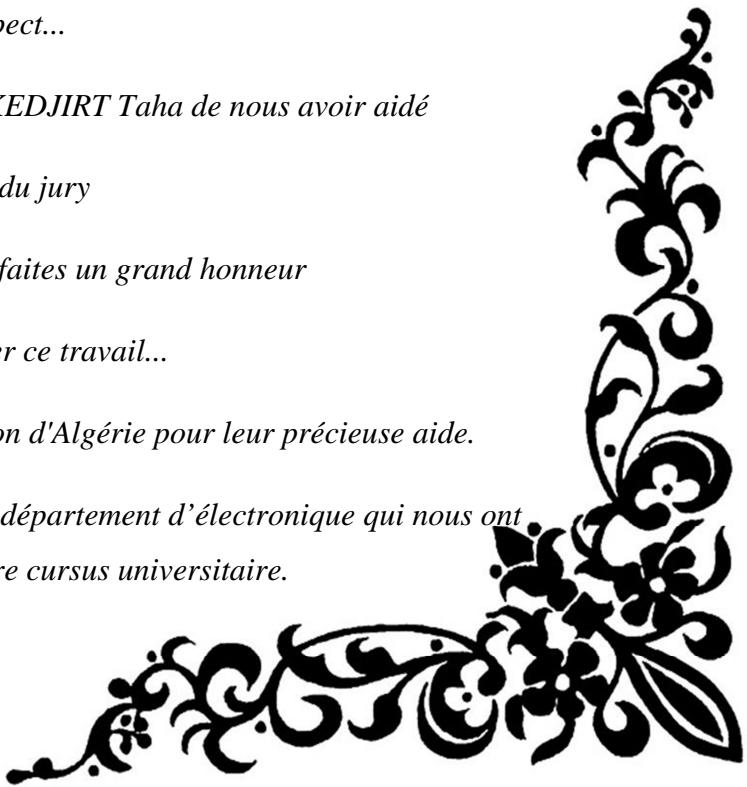
Aux membres du jury

Messieurs les jurys, vous nous faites un grand honneur

en acceptant de juger ce travail...

Aux personnel de l'entreprise de Télédiffusion d'Algérie pour leur précieuse aide.

Egalement envers tous les enseignants de notre département d'électronique qui nous ont aidés et enseignés durant notre cursus universitaire.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A la lumière de ma vie, mes chers parents,

Pour l'effort qu'ils ont déployé pour notre éducation.

*Que ce travail soit pour eux le fruit de leurs
Sacrifices et conseils*

*A mes chères sœurs : Naouel, Wahiba, Selma, Zineb, Sahar
Sabrina, et leurs famille*

A mon cher frère Kamel et sa famille ,

A celui qui m'a soutenue tout au long de ce travail : Yacine,

A toute ma famille, mes amis,

A mon binôme Houda,

Et à tous ceux qui m'ont soutenu au long de mon cursus scolaire.

Je vous dis merci.

Kahina

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A la lumière de ma vie, mes chers parents,

Pour l'effort qu'ils ont déployé pour notre éducation.

*Que ce travail soit pour eux le fruit de leurs
Sacrifices et conseils*

A mon très cher frère Ali,

A mes petites sœurs Maroua et Bouchra,

A celui qui m'a soutenue tout au long de ce travail Zino,

A toute ma famille, mes amis,

A mon binôme Kahina,

Et à tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon cursus scolaire.

Je vous dis merci.

Houda

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des formules	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
Présentation de l'entreprise TDA	2
Chapitre I: Généralités sur la Télévision	
I.1. Introduction.....	3
I.2. Historique	3
I.3. Analyse et synthèse de l'image	4
I.3.1. La lumière	4
La lumière blanche.....	5
I.3.2. La vision humaine.....	5
I.3.3. Principe de la production d'une image	6
I.3.3.1. L'influence du pouvoir séparateur de l'œil.....	6
I.3.3.2. Système entrelacé	6
I.4. La télévision en couleurs	8
I.4.1. La couleur (système RVB)	8
I.4.2. Les Caractéristiques de la couleur	9
I.5. Les standards de la télévision	9
I.5.1. Le Secam	9
I.5.2. Le NTSC.....	10
I.5.3. Le PAL.....	10
I.6. Les technologies d'affichage	11
I.6.1. Les écrans cathodiques	11
I.6.2. Les écrans plats(LCD)	12
I.6.3. Ecran plasma.....	12
I.6.4. Technologie OLED.....	13
I.7. Format de l'image	14
I.7.1. Format 4/3.....	14

Sommaire

I.7.2. Format 16/9.....	14
I.8. Les formats d'un signal TV	16
I.8.1. Standard définition (SD).....	16
I.8.2. Haute définition (HD).....	16
I.8.2.1. HD Ready	17
I.8.2.2. Full HD	18
I.8.3. Ultra haute définition (UHD).....	18

Chapitre II: Traitement d'un signal vidéo

II.1. Production et distribution d'un signal vidéo	20
II.2. Production et distribution de l'image numérique.....	20
II.3. Signal vidéo.....	21
II.3.1. Signal vidéo monochrome.....	21
II.3.2. Signal vidéo composite (couleur).....	22
II.4. Numérisation des signaux	23
1 ère étape : L'échantillonnage	24
Structures d'échantillonnage	24
Sous-échantillonnage	24
La structure 4:4:4	24
La structure 4:2:2	25
La structure 4:2:0	25
2ème étape : La quantification	25
3eme étape : Le codage.....	25
II.5. La compression.....	26
II.5.1. Les différents types de compression	27
II.5.1.1. Compression avec pertes	27
II.5.1.2. Compression sans pertes	27
II.5.2. Les techniques de compression	28
II.5.2.1. Compression spatiale.....	28
II.5.2.2. Compression temporelle.....	28
II.6. Les différentes normes de codages.....	28
II.6.1. La norme MPEG-1	28
Techniques de codage MPEG-1	29

Sommaire

II.6.2. La norme MPEG-2	29
Les formats d'entrée	30
Les améliorations du codage.....	30
II.6.3. La norme MPEG-4	30
II.7. Le multiplexage	31
II.7.1. Les techniques d'accès multiple	31
II.7.1.1. Multiplexage temporel (TDMA : Time Division Multiple Accès)	31
II.7.1.2. Multiplexage par code (CDMA : Code Division Multiple Accès)	31
II.7.1.3. Multiplexage fréquentiel(FDMA)	32
II.8. La modulation.....	33
II.8.1. Les techniques de modulation	33
Modulation analogique	34
La modulation d'amplitude (AM).....	34
La modulation de fréquence (FM)	34
La modulation a bande latéral unique (BLU)	34
La modulation de phase (PM).....	34
Modulation Numérique	34
La modulation de phase PSK.....	35
Binary phase-shift keying(BPSK).....	35
Quadrature phase-shift keying (QPSK)	36

Chapitre III: Diffusion du bouquet TDA par DVB-S

III.1. Présentation du standard DVB	39
III.2. Différentes variantes du DVB.....	39
III.2.1. Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T).....	39
III.2.2. Digital Video Broadcasting-Cable (DVB-C).....	40
III.2.3. Digital Video Broadcasting-Handhelds (DVB-H).....	41
III.2.4. Digital Video Broadcasting-Satellite (DVB-S).....	42
III.3. Généralités sur les satellites	43
III.3.1. Définition d'un Satellite	43
III.3.2. Les orbites satellitaires.....	43
Les systems GEO (Geostationary Earth Orbit).....	44

Sommaire

Les systèmes MEO (Medium Earth Orbit)	44
Les systems LEO (Low Earth Orbit)	44
III.3.3. Les bandes de fréquences.....	45
III.3.4. Présentation de la technologie VSAT	46
III.4.Présentation du satellite Alcomsat-1	46
III.5.Lancement du satellite Algérien de Télécommunications Alcomsat-1	47
III.6. Le bouquet de TDA vers le satellite Alcomsat-1 en formats HD et SD	48
III.7. La couverture du satellite Alcomsat-1	49
III.8. L'antenne parabolique de transmission du satellite Alcomsat-1	50
III.9.Présentation d'une chaine de transmission satellitaire	51
III.9.1. Equipements utilisés à l'émission	51
Codeur (Encoding).....	51
Multiplexeur (MUX).....	51
Modulateur (Modulator)	52
Convertisseur (Block Up Converter BUC)	52
Amplificateur haute puissance (High Power Amplifier HPA)	53
Guide d'onde.....	53
III.9.2.Equipements utilisés à la réception	54
La réception professionnelle au niveau de TDA.....	54
Analyseur de spectre	55
Tête de réception (LNB) professionnelle.....	55
La réception au grand public.....	56
La parabole.....	56
Tête de réception LNB au grand public	57
Le câble	57
Terminal numérique (Démodulateur)	58
Câble HDMI.....	58
Téléviseur.....	58
III.9.3.Le schéma globale d'une chaine de transmission par satellite	59
Conclusion	60
Annexe	
Mots clés	
Références bibliographiques	

Listes des figures

Figure I.1: Evolution de la Télévision	4
Figure I.2: Composition de la lumière blanche.....	5
Figure I.3: L'angle de la vision humaine	5
Figure I.4: Balayage d'une image	6
Figure I.5: Lignes paires et impairs d'une image.....	7
Figure I.6:Trames paires et impairs d'une image	7
Figure I.7: Affichage de couleur sur un écran	8
Figure I.8: Le système RVB	9
Figure I.9: Les standards de la Télévision	11
Figure I.10: Ecran à Tube Cathodique	11
Figure I.11: Ecran LCD	12
Figure I.12: L'intérieur d'un écran plasma	13
Figure I.13: Télévision a technologie Oled.....	13
Figure I.14: Image moitié HD et moitié SD.....	17
Figure I.15: Comparaison d'une image HD Ready et Full HD	18
Figure I.16: image en format UHD	19
Figure II.1 : Détail d'une ligne vidéo monochrome	22
Figure II.2 : Mire de barres couleur	23
Figure II.3: Signal analogique et signal numérique	23
Figure II.4: Structure d'échantillonnage les plus courantes	24
Figure II.5: les étapes de la numérisation	26
Figure II.6: La compression et décompression	27
Figure II.7: Types de Multiplexage	33

Listes des figures

Figure II.8: Modulation et démodulation d'un signal	33
Figure II.9: Diagramme de constellation pour B-PSK.....	36
Figure II.10: Diagramme de constellation pour QPSK.....	36
Figure II.11: Diagramme de constellation pour 8-PSK	37
Figure II.12: Courbe de taux d'erreur binaire	38
Figure III.1 : Schéma d'une diffusion DVB-T	40
Figure III.2 : Schéma d'une diffusion DVB-C	40
Figure III.3 : Schéma d'une diffusion DVB-H.....	41
Figure III.4 : Schéma d'une diffusion DVB-S	42
Figure III.5 : Un satellite.....	43
Figure III.6 : Les différentes orbites satellitaires	44
Figure III.7 : Schéma d'une liaison de plusieurs stations au même nœud central.....	46
Figure III.8 : Le satellite Alcomsat-1	47
Figure III.9 : Le Lancement du satellite Alcomsat-1	47
Figure III.10: Le bouquet d'Alcomsat-1	48
Figure III.11: La couverture offerte par le satellite Alcomsat-1	49
Figure III.12: Antenne de transmission au centre ASAL Bouchaoui du satellite Alcomsat-1	50
Figure III.13: Codeur TANDBERG 5710.....	51
Figure III.14: Multiplexeur MX 5640.....	51
Figure III.15: Modulateur	52
Figure III.16: Un Up Converter	52
Figure III.17: Un HPA	53
Figure III.18: Guides d'onde.....	53

Listes des figures

Figure III.19: Matériel utilisé au centre nodal pour l’affichage et la surveillance à Bouzareah...	54
Figure III.20: Analyseur de spectre.....	55
Figure III.21: Schéma d'une antenne reliée à une LNB professionnelle.....	56
Figure III.22: Une Parabole	56
Figure III.23: Tête LNB au grand public	57
Figure III.24: Câble coaxial	57
Figure III.25: Câble HDMI	58
Figure III.26: Schéma de principe de la chaîne de transmission	59

Liste des tableaux

Tableau III.1. Bandes de fréquences et leurs services	44
--	----

Liste des formules

Formule I.1. Longueur d'onde.....	4
Formule I.2. L'angle de vision	5
Formule I.3. Format d'une image.....	13
Formule II.1. Equation fondamentale de la lumière.....	21
Formule II.2. Equation d'un signal sinusoïdal	33

Introduction générale

La télévision est un objet essentiel dans la vie d'un humain. Elle sert principalement à instruire et parfois à divertir le téléspectateur. Elle est devenue de nos jours indispensable à notre bien-être avec laquelle nous partageons beaucoup de choses (loisirs, sports, musiques, informations...).

L'évolution technologique de la Télévision allant donc du Noir et Blanc au Tube à Rayon Cathodique, est devenue aujourd'hui une technique de pointe basée sur l'émission, la réception, la modulation, les satellites, l'internet...etc.

Notre sujet s'inscrit dans le domaine de la Télédiffusion. Il s'agit d'étudier une chaîne de diffusion par satellite du bouquet de TDA utilisant le système DVB-S2 pour une meilleure qualité de diffusion.

Le travail que nous avons réalisé, est présenté dans ce mémoire en trois chapitres.

Dans le premier chapitre nous donnons des généralités sur la télévision: les standards, les technologies d'affichage, les formats d'images ainsi que les types de signaux TV.

Le deuxième chapitre, porte sur le traitement du signal vidéo.

Dans le troisième chapitre, nous présentons le bouquet de TDA et les différentes chaînes de télévision et radio qui le composent, ainsi que le satellite Alcomsat-1, sa couverture au niveau de l'entreprise. Ensuite nous avons étudié une chaîne de transmission réelle avec les différentes étapes pour lesquelles le signal est transmis de la source jusqu'à l'antenne d'émission, et les différentes applications utilisées au niveau du centre nodal de Bouzareah utilisées pour le contrôle et la surveillance.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale, les annexes et les références bibliographiques.

Télédiffusion d'Algérie (TDA)



Télédiffusion d'Algérie est la société nationale algérienne chargée de la gestion des émetteurs algériens et de la diffusion des programmes radios et télévisions à travers tout le territoire national (diffusion terrestre) et à l'étranger (diffusion par satellite) . Elle est un membre actif de l'Union européenne de radiotélévision (UER).

Historique

1^{er} juillet 1986 sépare les activités gérées par la R.T.A. en 4 organismes autonomes :

1. une entreprise nationale de télédiffusion (TDA)
2. une entreprise nationale de radiodiffusion sonore (ENRS)
3. une entreprise nationale de production audiovisuelle (ENPA)
4. une entreprise nationale de télévision (ENTV).

Organisation

Télédiffusion d'Algérie est un membre actif de plusieurs organismes internationaux :

UIT : Union Internationale de Télécommunications.

EBU : Union Européenne de Radiodiffusion.

ASBU : Union des Radios et Télévisions Arabes.

UAR : Union Africaine des Radiodiffusions.

IBU : Union des Radiodiffusions islamique.

I.1. Préambule

La télévision est un ensemble de techniques destinées à émettre et recevoir des séquences audiovisuelles, appelées programme télévisé (émissions, films et séquences publicitaires). Le contenu de ces programmes peut être décrit selon des procédés analogiques ou numériques tandis que leur transmission peut se faire par ondes radioélectriques ou par réseau câblé. L'appareil permettant d'afficher des images d'un programme est dénommé téléviseur.

La télévision est tributaire d'un réseau économique, politique et culturel (langues nationales ou régionales, genres et formats, réglementation et autorisation de diffusion).

I.2. Historique

Tout a commencé par l'inventeur écossais John Baird qui en 1926, présenta son procédé de réception d'images sur tube cathodique à la Royal Institution de Londres. Cette invention fut nommée "téléviseur", et Baird commercialisera le premier récepteur grand public en 1930.

Depuis son apparition sur le marché grand public au milieu des années 2000, le téléviseur à écran plat n'a cessé de se démocratiser jusqu'à remiser définitivement la TV cathodique aux oubliettes.

La TV cathodique a été mise à la retraite par l'arrivée du téléviseur à écran plat. Celui-ci se décline de nos jours sous forme de téléviseur 3D et HD. Cela s'explique par les nombreux avantages offerts par le téléviseur à écran plat nouvelle génération.

La télévision est un objet essentiel dans la vie d'un humain. Elle sert principalement à instruire et parfois à divertir le téléspectateur.

Depuis sa création la TV ne cesse d'évoluer et de se réinventer pour nous offrir toujours plus d'expériences au quotidien.



Figure I.1 : Evolution de la Télévision.

I.3. Analyse et synthèse d'image

La télévision consiste à transmettre à distance par voie hertzienne, par câble, ou par satellites analogiques ou numériques une image animée en noir et blanc ou en couleurs.

A première vue, on serait tenté de considérer la télévision comme système de transmission d'images mobiles, alors qu'en réalité il s'agit de la transmission des images fixes, mises les unes à la suite des autres.

Comme ces images successives ne diffèrent que pour de petits détails, la cadence de leur projection aide à donner l'impression d'être des images animées..

I.3.1. La lumière

Est un rayonnement électromagnétique de même nature général que le rayonnement hertzien utilisé par la radio et la télévision. Ce rayonnement est sensible à l'œil humain.

$$380 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}.$$

$$385.10^3 \text{ ghz} \leq f \leq 790.10^3 \text{ ghz}.$$

$$\lambda = C/f \quad (\text{I.1})$$

Avec C : vitesse de la lumière dans le vide m/s

f: La fréquence d'onde en hertz

λ : Longueur d'onde en mètre .

- **La lumière blanche**

Elle est formée d'un mélange de couleurs : ce sont les couleurs de l'arc-en-ciel qui composent le "spectre" de la lumière visible. On distingue sept couleurs : le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Pour visualiser toutes les couleurs contenues dans la lumière blanche, il suffit d'observer la surface d'une bulle de savon ou d'un disque laser. La lumière est alors décomposée : c'est le phénomène de diffraction. Dans un arc-en-ciel, ce sont les gouttes d'eau en suspension dans l'atmosphère qui décomposent la lumière du soleil.

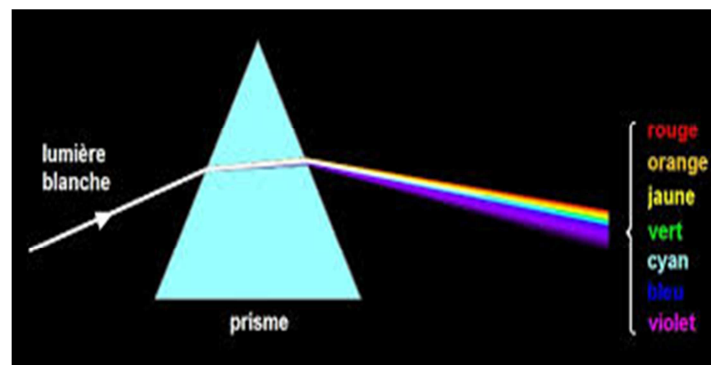


Figure I.2 : Composition de la lumière blanche

I.3.2. La vision humaine

Dans le phénomène de la vision humaine, un flux lumineux composé de photons frappe l'œil. Dans ce dernier, les bâtonnets vont réagir à l'intensité de la lumière et les cônes vont réagir à la couleur. Le cerveau effectue la synthèse de ces informations pour composer une image. L'œil humain est plus sensible à la luminance qu'à la chrominance.

α = L'angle de vision / h = La hauteur / d = La distance

avec : **$\tan \alpha = h/d$** (I.2)

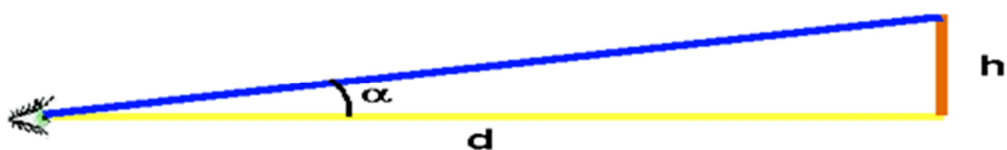


Figure I.3 : L'angle de la vision humaine

I.3.3. Principe de la production d'une image

L'image qui se forme sur la rétine de notre œil est composée d'une multitude de points lumineux. Chaque point de l'image est de dimension si réduite que l'on a l'impression que les points voisins lui sont confondus. Ceci est dû à la limite de séparation que permet l'œil humain.

I.3.3.1. L'influence du pouvoir séparateur de l'œil

L'influence du pouvoir séparateur est le plus petit écart angulaire entre deux points objets que l'œil peut séparer. Dans des conditions normales d'observation, le pouvoir séparateur de l'œil vaut $1/60^\circ$ (ou encore une minute d'arc, 1'). L'angle de vision verticale considéré comme confortable pour visualiser une image, chaque image est explorée ligne par ligne horizontale de gauche à droite et de haut vers le bas. Les lignes sont placées les unes sous les autres pour former une image. En Europe, en Asie et en Afrique, le nombre total de lignes de l'image de télévision est fixé à 625 (utilisent 25 images par secondes) (576 visibles), pour reconstituer le mouvement il faut transmettre 25 images par secondes, et de prévoir un signal de synchronisation à la fin de chaque ligne, pour passer à la ligne suivante et d'un signal différent à la fin de chaque image :tandis qu'aux Etats-Unis et au Japon, il est de 525(30 images par seconde) (480 visibles).A l'analyse de 625 ou 525 lignes à la fois, on constate à la réception une fatigue a l'œil, et pour y remédier à cet inconvénient on entreprend la synthèse par trame entrelacé.

I.3.3.2. Système entrelacé

Pour rester clair, il faudra donc distinguer le mot image du mot trame : Une image est constituée de deux trames. La trame impaire est réalisée avec les lignes 1 3 5 7 9 ...La trame paire est réalisée avec les lignes 2 4 6 8 10 ...Ces deux trames forment l'image ou trame complète.

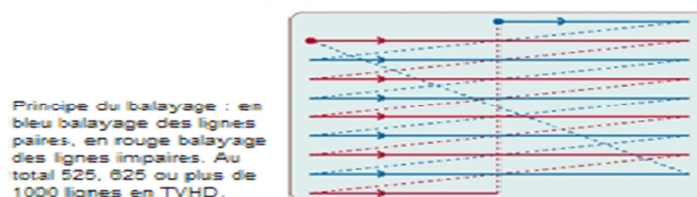


Figure I.4. Balayage d'une image

C'est sur ce principe que repose le balayage entrelacé qui est actuellement utilisé dans tout émetteur de télévision. Les trames successives pour l'analyse de l'image se composent chacune de la moitié de lignes c'est à dire 525/2, 625/2 suivant le standard. C'est ainsi que l'image est d'abord analysée par les lignes impaires, ensuite par les lignes paires.

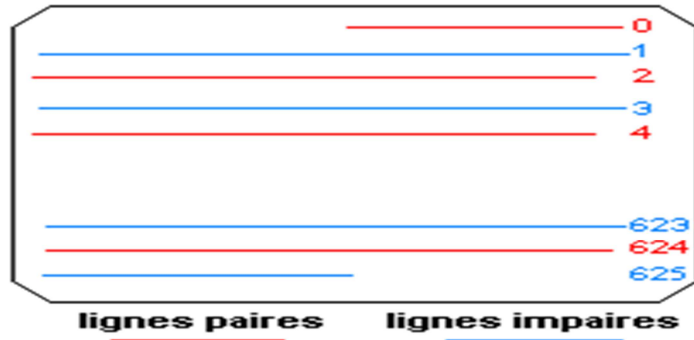


Figure I.5. Lignes paires et impaires d'une image.

Pour bien comprendre de quoi il s'agit, penchons-nous sur le bon vieux téléviseur à tube qui traîne peut-être encore dans votre salon. Avec un tube cathodique traditionnel, le faisceau d'électrons qui recrée l'image utilise un balayage alterné ou "entrelacé" pour reconstituer l'image. En clair, cette dernière est affichée en deux temps, en deux demi-images appelées "trames".

La première est constituée des lignes impaires (premier balayage), la deuxième étant constituée des lignes paires (deuxième balayage).

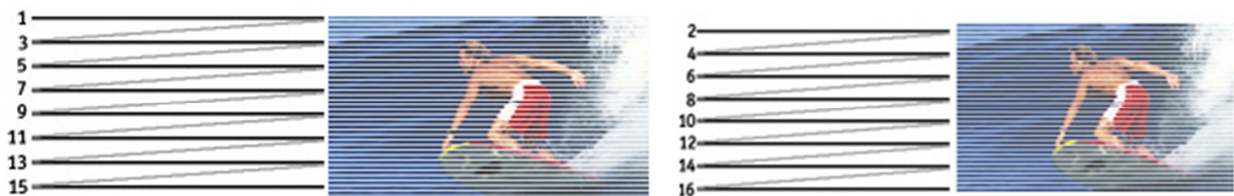


Figure I.6. Trames paires et impaires d'une image

Chaque balayage se produit 25 fois par seconde en Europe et 30 fois en Amérique et au Japon, soit un total de 50 ou 60 balayages chaque seconde. Un rythme si rapide que la plupart des yeux ne font pas la différence du fait de la persistance rétinienne. Le résultat perçu est une image uniforme au lieu des deux moitiés d'image affichées réellement.

I.4. La télévision en couleurs

La plupart des chercheurs comprenaient l'importance de la transmission d'images en couleurs. Grâce au procédé SECAM, inventé par l'ingénieur Henri, la diffusion de vidéos en couleurs s'est démocratisée au sein de tous les foyers.

Les écrans TV couleur n'ont besoin que de trois couleurs pour fabriquer toutes les autres.

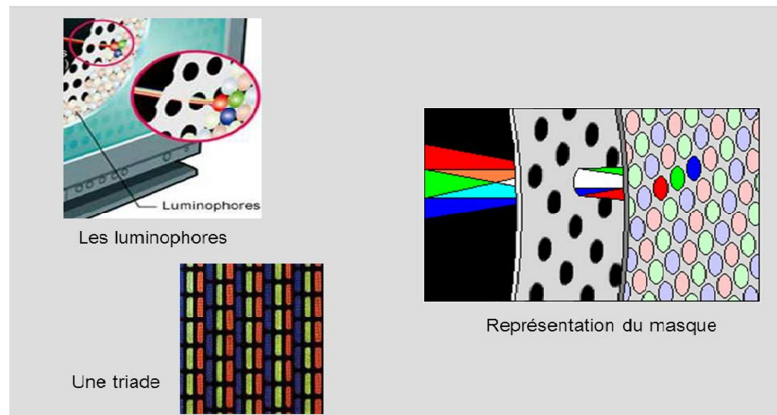


Figure I.7. Affichage de couleur sur un écran

I.4.1. La couleur (système RVB)

L'œil n'est pas sensible à toutes les couleurs de la même façon, il est plus sensible à des petits écarts de luminosité dans les basses lumières que dans les hautes. Les scientifiques ont remarqué que l'œil avait une sensibilité plus étendue dans le vert que dans les deux autres couleurs primaires (rouge et bleu).

Voilà tout simplement pourquoi quand on les regarde avec une forte loupe ou un microscope on peut constater qu'ils possèdent deux pixels verts pour un pixel rouge et un pixel bleu.

Un "pixel" est un groupe de 3 petits points (rouge, vert et bleu) c'est le système RVB.

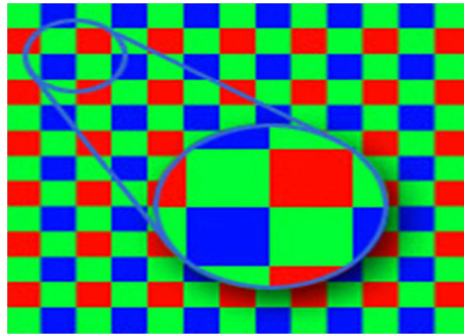


Figure I.8. Le système RVB.

I.4.2. Les Caractéristiques de la couleur

Elle est caractérisée par ces trois paramètres :

- **La teinte** : C'est la longueur d'onde proprement dite (ou sa fréquence).
- **La saturation** : C'est le degré de pureté en pourcentage entre 0% et 100%.
- **La luminance** : C'est la dilution de la couleur dans le blanc, on la désigne par Y.

I.5. Les standards de la télévision

Au niveau du codage, il existe plusieurs standards : SECAM, NTSC, PAL. Le signal de chrominance est superposé au signal de luminance par modulation de fréquence dans le cas du SECAM ou par modulation de phase dans le cas du PAL.

I.5.1. Le Secam

Le SECAM, (Sigle de Séquentiel Couleur À Mémoire), désigne un mode standardisé de codage vidéo analogique en couleurs, inventé par Henri de France et commercialisé à partir de 1967.

Adapté aux formats vidéo 625 lignes et 25 images par seconde, le SECAM a été principalement implanté en France, dans les pays de l'Europe de l'Est et les pays de l'ex-URSS, en Afrique francophone, en Mongolie et au Japon. Il est associé selon les pays, à une norme de télédiffusion spécifique.

I.5.2. Le NTSC

NTSC (National Télévision System Comité), c'est-à-dire, Comité du système de télévision nationale, est un standard de codage analogique de la vidéo en couleurs. Il est adapté aux formats vidéo 525 lignes et 30 images par seconde. Il peut être exploité pour les DVD vidéo avec une résolution de 720 x 480 lignes. Le format NTSC est exploité en Amérique du nord, et dans une partie de l'Amérique du sud et en Asie.

NTSC, est le format américain avec 30 images par seconde.

I.5.3. Le PAL

Lancé en 1963, le système de codage PAL (Phase Alternation Line) apporte une variation au NTSC, d'apparence mineure, mais qui en supprime la principale faiblesse. Le PAL utilise le même type de modulation que le NTSC, mais avec la particularité d'inverser, à l'émission, la phase de la sous-porteuse relative au signal de différence de couleurs D_r une ligne sur deux, tout en conservant son amplitude (une salve de référence de la phase couleur est insérée sur le palier de suppression ligne). Ainsi, si une rotation de phase accidentelle survient sur une ligne donnée, une rotation de signe opposé se produit sur la ligne suivante. L'œil faisant une synthèse additive des couleurs, il restitue la bonne teinte, puisque les deux déphasages s'annulent mutuellement (on admet que l'information de couleur est quasiment identique sur deux lignes successives).

L'alternance de phase sur la composante de différence de couleurs d'une ligne à l'autre engendre une périodicité de quatre trames. Cependant, si l'on considère la fréquence de la sous-porteuse choisie pour le PAL, le nombre de périodes par ligne n'est pas un entier. Au total, la périodicité du signal PAL s'élève en fait à huit trames. En montage, le fait de briser un bloc de quatre images entraîne une sorte de couleur provoquée par un déphasage de la sous-porteuse, visible surtout lorsqu'il s'agit de plan sur plan.

PAL est le format européen avec 25 images par seconde.

En Algérie c'est le standard PAL qui est utilisé. Comme nous le montre la figure I.9.



Figure I.9. Les standards de la Télévision

I.6. Les technologies d'affichage

I.6.1. Les écrans cathodiques

Les écrans à tube cathodique (CRT (Cathode Ray Tube)) sont les premiers écrans qui sont apparus (la première date de 1931), il s'agit de gros écrans comme sur la photo ci-dessous :



Figure I.10. Ecran à Tube Cathodique.

C'est un système constitué d'un filament chauffé, de cathodes et d'anodes en forme de lentilles trouées qui, soumises à une différence de potentiel (tension), créent un champ électrique accélérant les électrons. Ces derniers viennent frapper un des bords plats, l'écran, sur lequel on a déposé une couche fluorescente réagissant au choc des électrons en créant un point lumineux.

I.6.2. Les écrans plats(LCD)

Les écrans plats LCD (Liquid Crystal Display), comme leur nom l'indique, fonctionnent avec des cristaux liquides, sont les plus utilisés aujourd'hui (télévisions, écrans d'ordinateur, téléphones portables, etc...). Leur fonctionnement est bien plus simple que les écrans CRT.

Un écran LCD est constitué d'une lampe, située à l'arrière (parfois ce sont des LED qui servent de lampe, c'est ce que l'on appelle les télévisions à LED, souvent des tubes fluorescents (des néons en gros)).

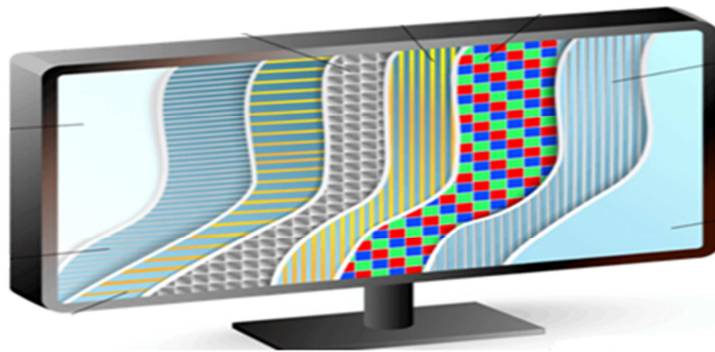


Figure I.11. Ecran LCD.

I.6.3. Ecran plasma

Le gaz utilisé est un mélange de gaz nobles (argon 90 % et xénon 10 %). Ce mélange de gaz est inerte et inoffensif. Pour qu'il émette de la lumière on lui applique un courant électrique qui le transforme en plasma, un fluide ionisé dont les atomes ont perdu un ou plusieurs de leurs électrons et ne sont plus électriquement neutres, alors que les électrons ainsi libérés forment un nuage autour.

Le gaz est contenu dans les cellules, correspondant aux sous-pixels (luminophores). Chaque cellule est adressée par une électrode ligne et une électrode colonne ; en modulant la tension appliquée entre les électrodes et la fréquence de l'excitation, il est possible de définir l'intensité lumineuse (en pratique on utilise jusqu'à 256 valeurs).

La lumière produite est ultraviolette, donc invisible pour l'humain, et ce sont des luminophores respectivement rouges, verts et bleus, répartis sur les cellules, qui la convertissent en lumière colorée visible, ce qui permet d'obtenir des pixels (composés de trois cellules).

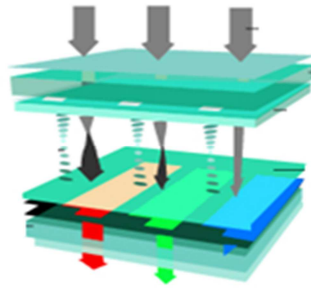


Figure I.12 L'intérieur d'un écran plasma.

I.6.4. Technologie OLED

La diode électroluminescente organique (Organic Light-Emitting Diode) est une technologie d'affichage sur écran aux possibilités d'applications multiples bien que principalement utilisée (à ce jour) pour des affichages de petites tailles ou dotés d'un écran flexible.

La technologie OLED est basée sur l'utilisation des diodes superposées qui, une fois alimentées par un courant électrique, émettent leur propre lumière, contrairement à d'autres types d'affichage tels que les écrans à cristaux liquides qui nécessitent un rétro-éclairage.

Chaque pixel de l'écran est composé de trois diodes juxtaposées (bleue, rouge et verte) dont l'épaisseur ne dépasse pas un millimètre.

Chacune de ces diodes est constituée d'un semi-conducteur organique à base de carbone, oxygène, hydrogène et azote entouré par une cathode métallique (charge électrique positive) et une anode transparente (charge électrique négative).

L'ensemble repose sur un support en verre ou en plastique (notamment pour les applications des écrans souples).



Figure I.13: Télévision à technologie OLED.

I.7. Format de l'image

Le format d'une image s'exprime par une valeur qui correspond au rapport de sa largeur sur sa hauteur :

$$\text{format} = \frac{\text{largeur}}{\text{hauteur}} \quad (\text{I.3})$$

Toutes les images de télévision ou de cinéma sont en orientation paysage, c'est-à-dire horizontales. La valeur de leur format est donc supérieure à 1 (1 étant le format d'une image carrée). Plus la valeur du format est élevée, plus l'image est large.

I.7.1. Format 4/3

Un format classique plus ancien normalisé aux origines de la télévision désigne les proportions de l'image et de l'écran de télévision (téléviseur, moniteur vidéo, rétroprojecteur), du vidéoprojecteur ou de l'écran informatique au « format historique » parfois improprement appelé format « carré ». Il s'agit d'un format d'image vidéo adopté sur le plan mondial. Il est progressivement remplacé par des formats « larges » : 16/9, 16/10 ...

La valeur 4/3 a été adoptée pour les normes de télévision américaine et européenne à partir des années 1950, du fait de la définition des signaux vidéo NTSC (525 lignes pour 720 × 480 points) et PAL/SECAM (625 lignes pour 720 × 576 points). De plus, ce format correspond au format historique des films de cinéma muet (rapport 1,33:1).

Le format 4/3 est également exploité pour l'édition vidéo sur les formats analogiques (VHS) et certains formats numériques. En revanche, il n'est pas adapté à la TVHD ou aux formats Haute Définition.

Ce format n'est plus utilisé pour la vidéo : il est obsolète. En revanche, il est encore utilisé pour les affiches publicitaires dites "4 par 3", car en 4 m × 3 m.

I.7.2. Format 16/9

Le format 16/9, format plus récent. Dans ce format, la largeur de l'écran vaut les seize neuvièmes de sa hauteur. Il s'agit d'un format adopté sur le plan mondial. Il remplace le format historique de la télévision 4 :3.

La valeur 16/9 a été adoptée pour proposer un compromis utile lors de la télédiffusion de films de cinéma à la télévision et s'adapte mieux à la perception oculaire humaine dite panoramique.

Apparu avec la norme de télédiffusion analogique D2 Mac dès 1988, ce format a été adopté en premier lieu au niveau européen à partir du début des années 1990 puis sur le plan mondial. Il est intimement lié aux normes de TVHD.

Le format 16/9 est également exploité pour l'édition vidéo sur les formats numériques.

À partir de la fin des années 2000, le format 16/9 a aussi été massivement adopté par les fabricants d'écrans d'ordinateur.

Si vous regardez une chaîne TV diffusant en 16 :9 (format large du cinéma) sur une télé au format 4:3 (format historique de la télévision), l'image sera déformée. Avec des bandes noires verticales ou horizontales, vous adaptez le format de l'image TV à celui de votre écran.

- **L'image s'étire en hauteur :** C'est parce que cette chaîne TV diffuse en 16 :9, et que votre écran est en 4 :3.



- **Avec des bandes noires horizontales:** votre écran 4:3 ressemble à un écran 16:9 et l'image n'est pas déformée.



- **L'image s'étire en largeur :** C'est parce que cette chaîne TV diffuse en 4:3 et que votre écran est en 16:9.



- **Avec des bandes noires verticales :**

Votre écran 16:9 ressemble à un écran 4:3 et l'image n'est pas déformée.



Il existe un autre format principalement utilisé pour les appareils de poche tels que les Smartphones, c'est le format 5/3.

I.8. Les formats d'un signal TV

Le monde de la télévision se livre à une véritable course à la définition, de la définition standard (SD) au 4 K (ultra HD), ces termes se référant à la définition des écrans, leurs capacités à afficher un certain nombre de pixels. L'objectif est clairement de proposer une meilleure qualité d'image.

I.8.1. Standard définition (SD)

On parle de SD lorsque la résolution est de 720 x 576 pixels. Le terme résolution est important. Désigne une série de normes vidéo de résolution image conformes aux normes NTSC, PAL ou SECAM. Auparavant, toute télévision était de type standard (analogique ainsi que numérique). Le format SD était plutôt approprié pour les téléviseurs de 24 pouces, mais ensuite la population a commencé à acheter des téléviseurs LCD avec écrans plus grands et la différence entre les résolutions SD et HD était claire. Par exemple on regarde un match de football avec SD, vous pouvez voir une balle, un joueur et un fond vert, mais avec HD, vous pouvez voir l'herbe et les visages des supporters.

I.8.2. Haute définition (HD)

La télévision en haute définition, ou TVHD, permet d'apporter un bon nombre d'améliorations dans le format de l'image qui passe du 4/3 au 16/9, une meilleure résolution de l'image (on passe de 576 lignes affichées à un maximum de 1080) et de nouvelles fonctionnalités de gestion des droits pour le plus grand bonheur des diffuseurs.

Pour regarder un téléviseur 4/3 « classique » dans des bonnes conditions, la distance idéale est d'environ 4 fois la diagonale de l'écran. Avec l'arrivée des écrans plats, les tailles des téléviseurs ont sensiblement augmenté pour atteindre aujourd'hui 107cm, voire 165cm pour les plus imposants.

Mais les dimensions de nos salons n'ont pas augmentés dans les mêmes proportions, bien au contraire ! Pour conserver une même qualité d'image avec des écrans que l'on regarde de plus en plus près en rapport à leur diagonale, il faut donc augmenter le nombre de points qui les composent (leur définition).

En augmentant la définition de l'image, on augmente son niveau de détail, c'est ce qui donne aux vidéos TVHD leur grande finesse.



Figure I.14: Image moitié HD et moitié SD.

I.8.2.1. HD Ready

Le standard "HD Ready" garantit au consommateur un minimum de fonctionnalités intégrées à l'écran plat pour recevoir la télévision en haute définition. L'objectif est d'adapter au plus près la définition de l'image source avec celle de l'image qu'il est possible d'afficher à l'écran. Les caractéristiques d'un écran plat "HD Ready" précisent donc la définition minimale de l'image qu'il doit pouvoir afficher, mais aussi le type de connecteurs dont il dispose, et enfin la capacité à reconnaître des codes de protection anti-piratage pouvant être insérés dans les images sources qu'il reçoit.

Plus précisément un écran plat LCD ou plasma est constitué de pixels qui, en s'illuminant, reconstituent les pixels contenus dans les images sources. Les images HD produites par des caméras haute définition ou par numérisation de supports films peuvent désormais avoir une définition idéale de 1080 lignes de 1920 pixels chacune, ce qui donne des images de 2 millions de pixels environ.

I.8.2.2. Full HD

Un écran "Full HD" possède d'origine les 1080 lignes de 1920 pixels, ce qui permet d'y afficher toute vraie image haute définition sans avoir à retraiter les pixels de l'image. La qualité est donc meilleure sous réserve toutefois que l'image source soit bien, elle aussi, une image "Full HD" de 1080 par 1920 pixels et on vient de voir que ce n'est pas toujours le cas, notamment pour les programmes haute définition diffusés par les chaînes tv, la carte graphique vidéo d'un écran "Full HD" doit alors être aussi capable de les traiter pour adapter leur définition à celle de l'écran, qui dans ce cas est meilleure que celle de l'image reçue.

Les productions "Full HD" sont surtout disponibles sur la DVD haute définition, Blue Ray ou HD DVD, et regarder un film dans ces conditions avec un écran "Full HD" est vraiment exceptionnel de qualité.

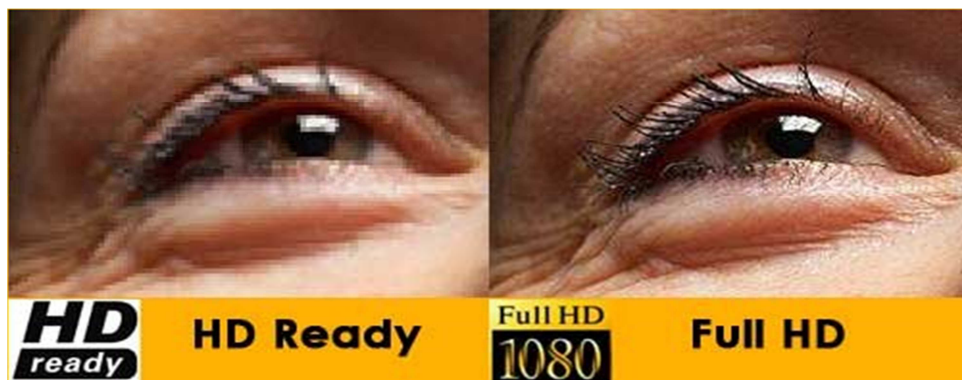


Figure I.15: Comparaison d'une image HD Ready et Full HD.

I.8.3. Ultra haute définition (UHD)

Est un format d'image numérique ayant une définition supérieure ou égale à 4 096 pixels de large. Sa résolution et sa qualité supérieure à la définition standard. Bien qu'il n'y ait pas de signification normalisée pour la haute définition, généralement toute image vidéo comportant considérablement plus de 480 lignes verticales (Amérique du Nord) ou 576 lignes

verticales (Europe) est considérée comme haute définition. 480 lignes de balayage est généralement le minimum même si la majorité des systèmes dépassent largement cela. Les images de résolution standard capturées à des vitesses plus rapides que la normale (60 images / seconde en Amérique du Nord, 50 images par seconde en Europe), par une caméra à haute vitesse peuvent être considérées comme de la haute définition dans certains contextes.



Figure I.16: Image en format UHD.

II.1. Production et distribution d'un signal vidéo

En sortie de la caméra, le signal vidéo se présente sous la forme de trois composantes RVB analogiques, par contre le son se présente sous la forme d'un signal analogique mono ou stéréo en bande de base.

Les traitements de production englobent le montage, le mélange ou l'incrustation de plusieurs signaux vidéo. Ces traitements peuvent s'appliquer aux signaux produits localement ou à distance tels que des reportages ou des programmes provenant d'autres sites de production.

Le codage des composantes audio et vidéo sous une forme qui soit "transportable" et "diffusable".

Les procédés NTSC, PAL et SECAM permettent de réaliser cela par codage et multiplexage des trois composantes vidéo RVB en incorporant le signal audio. Le signal "composite" résultant transporte un programme de télévision prêt à être modulé. D'autres opérations telle que l'insertion de données (télétexte) dans les intervalles de "suppression trame" du signal vidéo ou l'embrouillage du signal composite dans les systèmes à péage peuvent être réalisées en aval du studio de production.

Cette phase assure l'acheminement des programmes vers les points de diffusion. Différents supports de transmission tels que le câble, la fibre optique ou les faisceaux Hertziens sont utilisés. Ce segment "transport" peut se réduire à une simple connexion locale si les lieux de production et de diffusion sont proches.

La phase de diffusion recouvre l'ensemble des opérations de conditionnement des signaux composites avant leur diffusion sur les supports Hertziens terrestres, satellite, et câble. En Hertzien terrestre, les programmes sont diffusés dans les bandes VHF et UHF où un canal de 8MHz est attribué à chaque programme. Par satellite, chaque programme occupe une largeur de bande qui est de 27, 33 ou 36 Mhz.

II.2. Production et distribution de l'image numérique

Le signal vidéo doit comporter toutes les composantes de l'image : ses dimensions ainsi que la luminosité et la couleur de chaque point ou pixel. Toutes ces informations ne peuvent pas être transmises simultanément sur un seul signal : l'image à transmettre est donc

analysée séquentiellement, pixel par pixel, de gauche à droite et de haut en bas, de sorte qu'à un instant donné, le signal vidéo ne contient que les informations relatives à un seul pixel.

Des intervalles de temps sont réservés pour insérer des informations de synchronisation horizontale (au début de chaque ligne) et verticale (au début de chaque image) qui permettent de reconstituer le format de l'image.

La seconde étape consiste à diffuser dans les canaux existants les programmes numériques. Des techniques dites de modulation numérique propres à chacun des supports de diffusion ont été développées. Ces techniques permettent aujourd'hui de diffuser des flux binaires entre : 20 et 45 Mbit/s dans un canal satellite ; 25 et 40 Mbit/s dans un canal câble ; 8 et 25 Mbit/s dans un canal Hertzien terrestre.

On constate que les procédés de modulation numérique permettent d'acheminer plus d'un programme par canal. Pour exploiter au mieux cette possibilité, il apparaît nécessaire d'introduire dans le segment transport un multiplexeur de programmes chargé d'en effectuer le regroupement. Les codeurs vidéo et audio, le multiplexeur de composantes, le multiplexeur de programmes et le modulateur numérique viennent compléter la chaîne de distribution de l'image analogique pour donner naissance à la chaîne de distribution de l'image numérique.

II.3. Signal vidéo

II.3.1. Signal vidéo monochrome

Le signal électrique transmis a été spécifié lors de la création des premiers systèmes de diffusion télévisuelle, c'est-à-dire il y a eu moins de 50 ans. A l'époque (dans les années 30), la technologie n'offrait pas autant de performances que de nos jours et d'un autre côté, la télévision s'adresse à un marché « Grand Public » ; ainsi, le signal vidéo a été conçu dans un but de simplicité de décodage.

Le signal, présenté par la figure suivante pour une ligne vidéo, est composé de deux parties :

1. L'information vidéo, d'amplitude de 0,7V peut être utilisée directement pour moduler l'énergie du spot ; le noir est le niveau d'énergies les plus basses, et donc la tension la plus basse.

2. L'information de synchronisation ligne, matérialisée par une impulsion négative de 0,3V ; celle-ci est destinée à asservir le déplacement du spot ; elle est utilisée par une boucle à verrouillage de phase dont la sortie, en « dent de scie » définit le balayage horizontal.

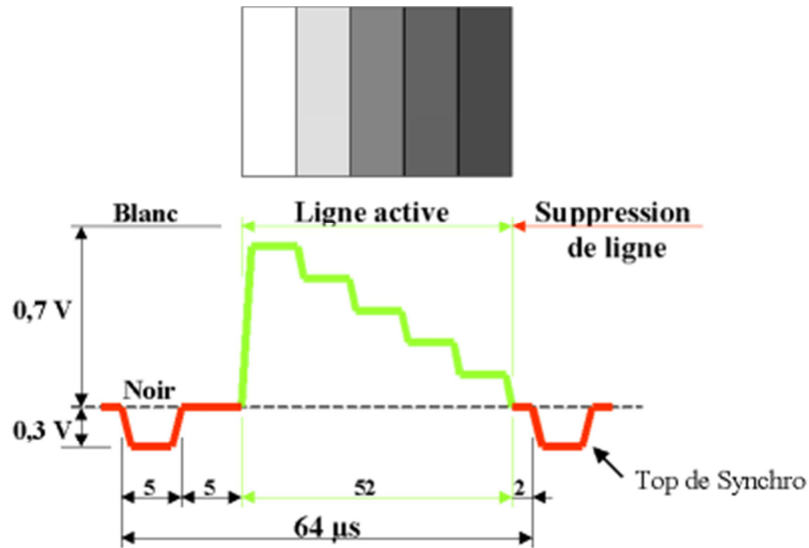


Figure II.1 : Détail d'une ligne vidéo monochrome.

La figure précédente représente le détail d'une ligne d'une image de télévision 625 lignes avec un cadencement de trame à 50 Hz, on vérifie bien que la durée d'une ligne est de 64µs ; la partie utile (visible) de la ligne dure 52µs ce qui laisse 12 µs pour la synchronisation.

La transmission du signal vidéo fait que le récepteur ne reçoit pas la composante continue du signal, il faut donc le recréer ; cette opération, dénommée « clamp » consiste à aligner le signal reçu sur le niveau de noir pendant les 5µs qui suivent le top de synchro (temps pendant lequel le signal est constant (palier)).

II.3.2. Signal vidéo composite (couleur)

Un signal essentiel pour les téléviseurs couleurs est le signal de chrominance. C'est grâce à ce signal que la télévision peut afficher la couleur.

La chrominance est un ensemble de trois nombres, chacun représente la quantité de couleur primaire qu'il faut pour obtenir la bonne couleur à l'écran. Ces nombres sont compris généralement entre 0 et 255. Par exemple, un signal (0;0;0) donnera du noir et un signal (255;255;255) donnera du blanc (voir synthèses additive et notamment l'animation). Quant les

trois indicateurs sont égaux (ex : (5;5;5)), on a du gris plus ou moins foncé en fonction de la valeur.

La luminance et la chrominance sont liées par l'équation :

$$Y=0,3R+0,59V+0,11B \quad \text{(II.1)}$$

où R, V et B correspondent aux trois niveaux des couleurs primaires.

La figure suivante présente des signaux pour la génération d'une mire de barres couleur.

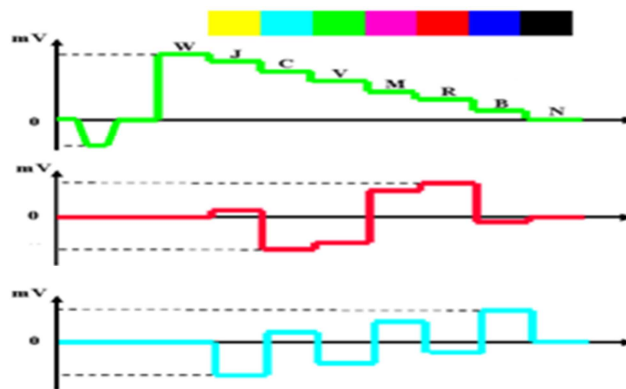


Figure II.2 : Mire de barres couleur.

II.4. Numérisation des signaux

Le signal analogique contient une infinité de valeurs. On ne peut évidemment pas toutes les traiter, on est donc obligé de le numériser.

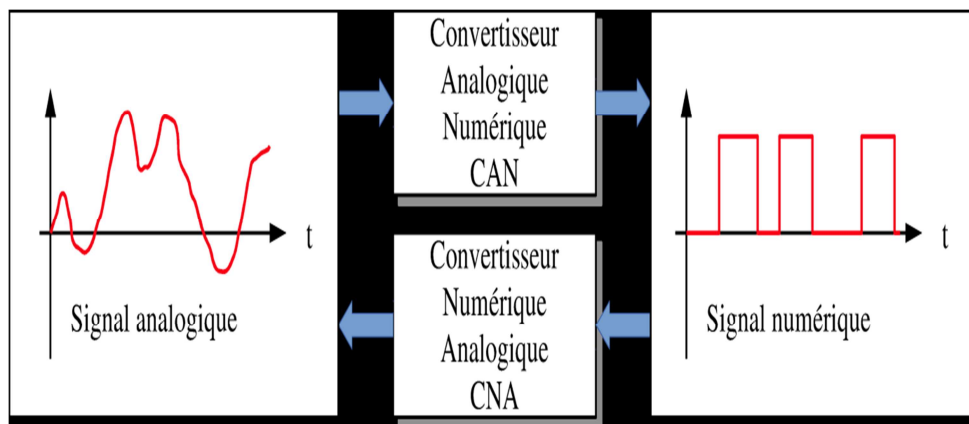


Figure II.3: Signal analogique et signal numérique.

Les étapes de la numérisation d'un signal sont présentées ci-dessous :

- **1 ère étape : L'échantillonnage**

L'échantillonnage est une méthode de réduction de volume des images numériques. Il consiste à diminuer le nombre d'échantillons à traiter : on parle de décimation. Cette étape est souvent nécessaire afin d'adapter un signal vidéo à son mode d'enregistrement ou de transmission. La vision humaine présentant une sensibilité moindre à la couleur qu'à la luminosité, on conserve généralement moins d'informations de chrominance que de luminance sans pour autant dégrader la qualité perçue de l'image.

a) Structures d'échantillonnage

Chaque pixel de l'image peut être reconstitué à partir de ces trois composantes : la luminance Y' , la chrominance bleu ou différence bleu (Cb) et la chrominance rouge (Cr). Cependant, on diminue souvent le nombre d'échantillons pour réduire le nombre d'informations à transmettre : un échantillon pourra être utilisé pour plusieurs pixels.

b) Sous-échantillonnage

Etant donné que l'œil est peu sensible aux variations de chrominance, la technique dite de sous-échantillonnage en chrominance, appelée également décimation, consiste à supprimer des informations de chrominance dans un groupe de 4×4 pixels.

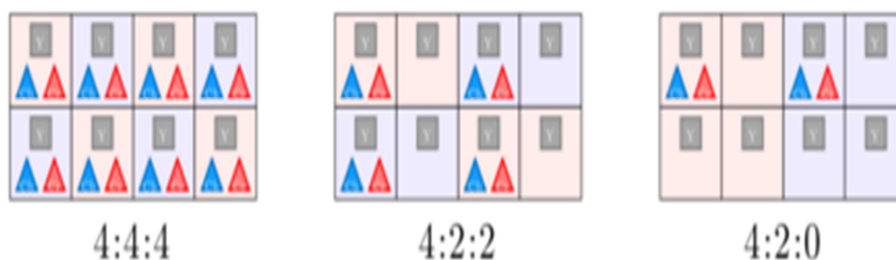


Figure II.4: Structures d'échantillonnage les plus courantes.

➤ **La structure 4:4:4**

Est principalement utilisée dans le monde du cinéma et par les productions audiovisuelles les plus exigeantes car elle ne présente aucun sous-échantillonnage. Chaque pixel est défini totalement, ce qui facilite les travaux sur l'image comme les incrustations.

Dans ce cas, on peut aussi bien transmettre les composantes R', G', B' sans matricage que les composantes Y', Cb et Cr. Le problème de cette structure est son débit très élevé ce qui entraîne un coût des matériels de traitement, d'enregistrement et de montage.

➤ **La structure 4:2:2**

Les deux composantes de chrominance sont échantillonnées à la moitié de la fréquence d'échantillonnage de luminance : il y a deux fois moins d'échantillons, la résolution de chrominance horizontale est réduite de moitié. Cela réduit le débit d'un tiers, avec peu ou pas de différence visuelle. Beaucoup de formats vidéo numériques de haute gamme et d'interfaces utilisent cette structure.

➤ **La structure 4:2:0**

Est un sous-échantillonnage utilisé généralement par le grand public, mais il peut aussi être utilisé par un professionnel s'il ne veut pas faire des travaux importants sur l'image comme une incrustation ou un étalonnage de couleurs.

- **2ème étape : La quantification**

La quantification est, après l'échantillonnage, la deuxième grande étape du processus de conversion analogique/numérique. Elle a pour but de faire correspondre à chaque amplitude discrète mesurée un nombre entier exprimé en base 2, dans laquelle n chiffres permettent de coder $N = 2^n$ valeurs distinctes. Au cours de cette étape de quantification, le signal analogique, qui peut prendre une infinité de valeurs, est converti en un signal constitué d'un nombre fini (N) de valeurs numériques codées sur n bits. On comprend alors que des erreurs d'arrondi par défaut ou par excès se produisent inévitablement. Car à plusieurs valeurs proches, mais cependant différentes, du signal analogique, correspondra une seule et même valeur numérique binaire. La précision du signal converti sera donc directement liée au nombre de valeurs disponibles pour coder les échantillons.

- **3ème étape : le codage**

Il faut ensuite convertir chaque échantillon (niveau de tension) en un nombre. Le signal numérique est représenté par une séquence de nombre.

Il existe plusieurs types de codage : binaire pure ; complément à 2

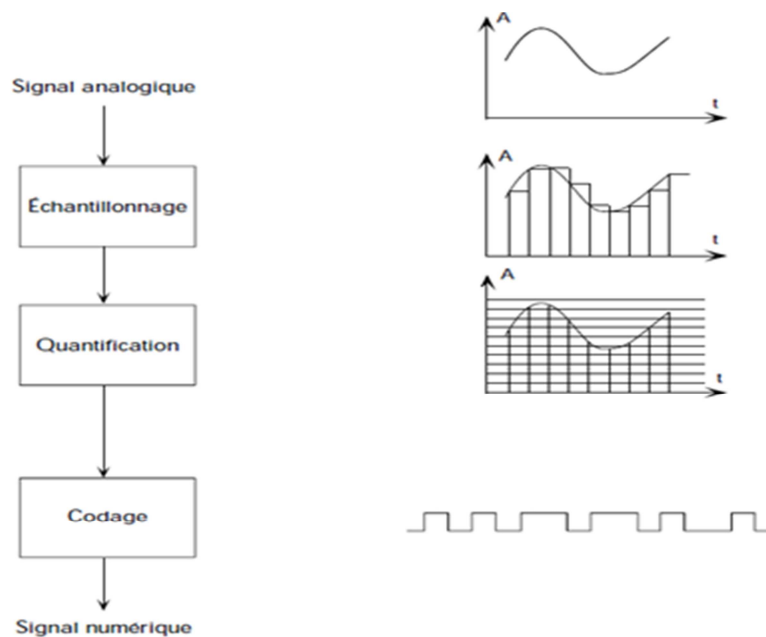


Figure II.5: Les étapes de la numérisation.

II.5. La compression

Le signal de télévision est formé d'une succession d'images dans le temps. La réduction du débit est fondée sur le fait qu'à l'intérieur des images et entre des images successives il existe des redondances.

Les techniques de réduction de débit comprennent donc :

Une phase qui exploite la redondance spatiale interne à une image. Le codage spatial se repose sur les similitudes entre les pixels d'une image et sur les fréquences spatiales dominantes de la région traitée. Une phase qui exploite la redondance temporelle entre images successives. Celle-ci est réduite en premier en utilisant les similitudes entre les images successives ; un codage à longueur variable. Mais comme le poids des images numérisées est trop important, il est nécessaire de les compresser et de ne faire voyager que les codes qui ont changé. Comme le signal a été découpé en une série de codes, il est possible d'envoyer uniquement ceux qui ont changé par rapport à l'image précédente. Pas besoin d'encombrer les ondes avec des choses que l'on a déjà.

La compression de données suit deux étapes toujours présentes dans le processus de la compression et la décompression. La première consiste à appliquer l'algorithme de compression pour réduire la taille des données. On obtient dès lors un fichier dit compressé. Cette étape est effectuée avec un outil appelé compresseur. La seconde consiste à rétablir les

données d'origine à l'aide du fichier compressé. Elle consiste souvent à appliquer l'algorithme de compression en sens inverse. Cette étape est effectuée avec un outil appelé décompresseur.

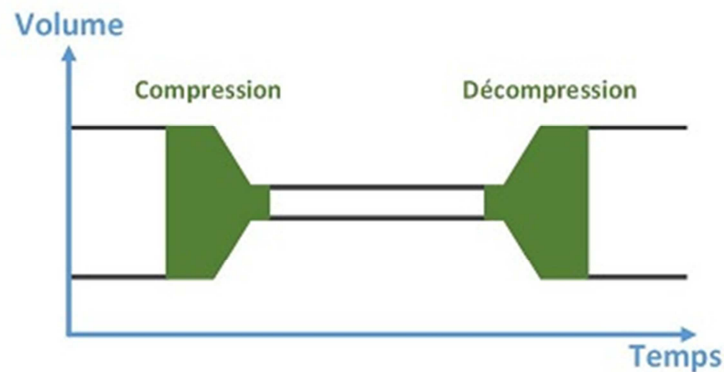


Figure II.6: La compression et décompression

II.5.1. Les différents types de compression

II.5.1.1. Compression avec pertes

Une compression est dite avec perte si les données après décompression sont différentes des données originelles.

Elles sont appliquées à des données perceptibles, c'est-à-dire à des images, des sons ou des vidéos. Le principe va consister à supprimer les informations là où les sens de la vue et de l'ouïe ne les perçoivent que très peu, par exemple, l'œil humain ne distingue que très peu les zones de contraste. Aussi, nous pouvons retirer des détails à ces zones sans trop impacter sur la qualité de l'image.

II.5.1.2. Compression sans pertes

Une compression est dite sans perte si les données après décompression sont identiques aux données originelles.

Ces compressions se basent toutes sur le même principe : la répétition d'une donnée est une répétition de trop. L'objectif va être de supprimer le maximum de répétition pour obtenir une compression plus importante tout en étant capable de retrouver les répétitions retirées. En somme, ces compressions écrivent exactement les mêmes données mais de façon plus concise. Elles sont appliquées à tous types de données et les formats compressés sont très nombreux. Pour ne citer que les plus connus.

II.5.2. Les techniques de compression

II.5.2.1. Compression spatiale

Dans une image fixe non compressée, les pixels sont codés individuellement. La compression spatiale recherche sur l'image les éléments redondants : par un exemple un ciel de couleur uni. On code ensuite la description du bloc correspondant au ciel, plutôt que chaque élément individuellement.

II.5.2.2. Compression temporelle

Dans une suite d'images (vidéo), seuls sont codés les éléments qui varient d'une image à l'autre. Exemple : personnage qui bouge dans un plan fixe.

II.6. Les différentes normes de codages

II.6.1. La norme MPEG-1

Une image animée est en fait une suite d'images décrivant un mouvement. Le nombre d'images par seconde doit être suffisant pour donner à l'œil une sensation de fluidité. Le taux idéal est de 24 images par seconde. A cette fréquence, l'œil perçoit le mouvement de façon claire. A 40 Hz le mouvement est suffisamment fluide pour un confort optimal de l'œil. La technique la plus utilisée pour augmenter cette fréquence est l'entrelacement qui permet d'afficher plus vite une image en la décomposant en lignes paires et lignes impaires. La fréquence de balayage est donc doublée et permet d'atteindre des fréquences plus élevées.

La norme de compression MPEG1 reprend ce principe de succession d'images et l'étend pour donner naissance à une véritable hiérarchie. La séquence vidéo est décomposée en plusieurs parties, elles-mêmes décomposées en d'autres parties, et ainsi de suite... Le niveau de complexité de cette structure est assez profond, nous allons l'étudier en détail.

Une séquence vidéo est décomposée en groupes d'images qui sont l'âme du principe de codage MPEG, en effet chaque image de ce groupe d'images a sa fonction propre dans ce groupe selon son type et son emplacement. Chaque image est décomposée en bandes qui sont des moyens de resynchroniser la décompression si une erreur survenait. Cela permet donc de ne pas jeter une image en cas d'erreur au sein de celle-ci. La bande est un groupe de macro blocs qui sont, dans le cas du MPEG1, composés de quatre blocs de luminance (Y) et de deux blocs de chrominance (Cb et Cr). La macro bloc est l'unité de codage de base pour ce que nous définirons comme la prédiction de mouvement et qui nous servira pour le codage vidéo.

Enfin le bloc est la plus petite entité de cette hiérarchie, il permet de réduire les redondances spatiales. Le bloc est un carré de 8*8 pixels.

➤ Techniques de codage MPEG-1

Les normes MPEG prévoient comme format d'entrée pour les images le format YCbCr. Où Y sont la luminance (le degré de luminosité du pixel) et Cb et Cr les composantes de chrominance (la teinte du pixel). Il existe plusieurs formats YCbCr différenciés par le nombre de bits codant chacune des composantes. La norme MPEG1 utilise le format 4:2:0, ce symbole indique pour chacune des composantes, sur un carré de 4 pixels, combien sont échantillonnés sur 8 bits. Dans ce cas, la composante Y est codée sur tous les pixels, alors que sur 4 pixels, les composantes Cb et Cr sont sous échantillonnés : les 4 pixels partagent les 8 bits codant chaque composante de chrominance.

Sur un carré de 4 pixels nous avons donc : $4 \times 8 + 1 \times 8 + 1 \times 8 = 48$ bits de codage, ce qui donne en moyenne 12 bits par pixel. La raison du sous échantillonnage de la chrominance et pas de la luminance vient d'une particularité de l'œil humain qui est plus sensible aux écarts de luminosité qu'aux variations de teinte ; en exploitant cette particularité, il nous est donc possible de compresser l'image en réduisant le nombre de bits nécessaires pour la coder.

Une image dans la norme MPEG1 est décomposée en trois matrices qui sont la composante de luminance (Y) et les deux composantes de chrominance de l'image (Cr et Cb). On peut comparer ceci à des pochoirs qui se compléteraient en les superposant pour donner l'image que l'on veut utiliser. Chaque pochoir détenant une information que ne détiennent pas les autres.

II.6.2. La norme MPEG-2

MPEG2 a été définie partiellement en 1994 et regroupe neuf recommandations dont certaines ont été définies plus tard. Cette norme a une compatibilité ascendante avec MPEG1 et permet donc de lire des flux MPEG1. Elle a été créée afin de répondre aux limitations de MPEG1 dont la qualité était insuffisante pour certains types d'applications.

➤ Les formats d'entrée

SIF (Source Input Format) est un format de vidéo numérique. Il décrit la résolution spatiale et le format d'échantillonnage des couleurs. Deux formats ont été définis : les formats SIF NTSC et SIF PAL/SECAM.

Ces formats sont utilisés comme format d'entrée pour le MPEG1. Nous remarquons que les composantes de chrominance sont sous échantillonnées par rapport à la composante luminance et nous en avons déjà expliqué les raisons.

MPEG-2 permet d'utiliser comme format de couleurs en entrée 4:4:4, 4:2:2 et 4:1:1 en plus du 4:2:0 du MPEG1. De plus l'utilisation des formats CIF et QCIF est possible.

➤ Les améliorations du codage

Quelques subtilités ont été ajoutées au codage MPEG2. Elles permettent généralement une plus grande précision au niveau du codage :

- Taille des macros blocs de 16×8 et 16×16 pixels au lieu de 16×16 uniquement La précision des vecteurs de mouvement passe d'un à un demi pixel.
- Des algorithmes de codage ont été également optimisés pour pouvoir améliorer la compression :
 - a. Table de Huffman amélioré.
 - b. Balayage alternatif des pixels des blocs pour le codage.

D'autres améliorations ont également été apportées mais l'aspect le plus important du MPEG2 sont les notions de profiles et de codage hiérarchique.

II.6.3. La norme MPEG-4

Les objets visuels codés peuvent être naturels ou synthétiques, en 2D ou en 3D, fixes ou mobiles. Un objet peut être un personnage se déplaçant, un objet fixe déplacé à un moment donné, Ces objets peuvent être eux-mêmes composés d'autres objets (les membres de la personne, sa tête...) et ainsi former une structure hiérarchique en arbre. MPEG4 fournit ainsi des outils permettant le codage et la manipulation des objets visuels.

La compatibilité avec MPEG 1 et 2 est assurée par l'acceptation au niveau du codage de l'utilisation des images comme unité de codage, c'est à dire que le flux vidéo peut être codé

(et donc décodé) soit selon la méthode MPEG 1 ou 2 (gestion d'image rectangulaire, compensation de mouvement...) ou utiliser la notion d'objets, donc de formes remarquables au sein de l'image (contour d'un personnage, d'un objet...). MPEG4 apporte au codage vidéo des normes de génération précédente, des outils permettant d'améliorer l'efficacité du codage. Ces outils dépendent du style d'objet à coder et permettent d'améliorer, dans un flux MPEG4, l'efficacité du codage et du décodage ; un flux MPEG2 sera décodé comme un flux MPEG2 standard.

II.7. Le multiplexage

Le multiplexage est une technique qui consiste à faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission. Elle permet de partager une même ressource entre plusieurs utilisateurs. Il existe deux techniques principales de multiplexage : temporelle et fréquentielle (ou, ce qui revient au même, en longueur d'onde).

II.7.1. Les techniques d'accès multiple

II.7.1. 1. Multiplexage temporel (TDMA : Time Division Multiple Accès)

Le TDMA permet de travailler à plusieurs émetteurs sur la même fréquence. Chaque émetteur émet successivement son signal et nécessite une bonne gestion des périodes d'émission.

Ce type de multiplexage est utilisé depuis longtemps sous une forme rudimentaire dans des systèmes simples comme les talkies-walkies où on appuie sur le bouton pour émettre et on relâche pour recevoir. Le multiplexage temporel est beaucoup utilisé aujourd'hui dans les communications numériques (téléphone numérique d'intérieur DECT, téléphone portable GSM ...) conjointement avec des techniques de compression de débit.

L'inconvénient majeur de cette méthode est la nécessité d'une horloge commune à tous les utilisateurs qui peut poser des problèmes de synchronisation. Associée au FDMA, cette méthode d'accès est utilisée pour la téléphonie mobile GSM.

II.7.1. 2. Multiplexage par code (CDMA : Code Division Multiple Accès)

La CDMA permet à plusieurs utilisateurs ou canaux de travailler simultanément sur la même bande de fréquence. La bande disponible (typiquement de 1,23 MHz dans les

téléphones portables US) est partagée et à l'intérieur de cette bande plusieurs utilisateurs ou canaux peuvent travailler simultanément.

Le signal du canal à transmettre est mélangé à un code binaire au débit beaucoup plus rapide, ce qui donne une émission à spectre relativement large. A chaque émission ou canal est associé un code différent, ce qui permet à la réception de récupérer le signal à condition de connaître le code utilisé à l'émission. Il est ainsi possible actuellement de faire travailler jusqu'à 64 utilisateurs ou canaux différents simultanément sur la bande de fréquence.

L'inconvénient réside dans le fait que la corrélation de l'information avec le code induit une certaine redondance de l'information et donc diminue le débit réel, c'est pourquoi la bande utilisée est beaucoup plus large que la bande nécessaire. Par contre, la décorrélation lors de la réception permet de récupérer l'information même si elle est fortement bruitée. Cela permet d'émettre avec des puissances plus faibles, noyant ainsi l'information dans le bruit et rendant le système moins perturbateur. Grace au code, cette méthode est sécurisée.

II.7.1. 3. Multiplexage fréquentiel(FDMA)

Cette technique alloue des fractions de la bande passante à chaque communication.

Le multiplexage optique ne répartit plus les signaux dans le temps, mais dans un espace de fréquences. Bien que plus abstrait dans son principe, c'est lui qui a été inventé en premier, il consiste à faire passer plusieurs informations en simultanément en jouant sur la longueur d'onde de la lumière émise. Il s'agit donc là aussi d'un multiplexage *spatial*. Plus simplement, on envoie plusieurs couleurs en simultanément sur un seul brin optique. Cela permet notamment d'augmenter la capacité de transmission des fibres optiques actuelles sans surcoût très important.

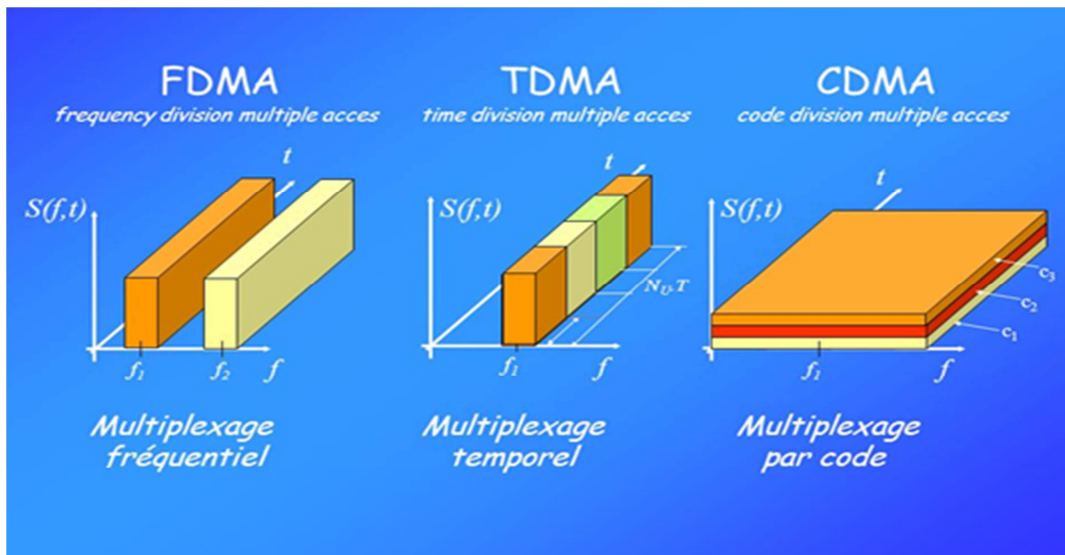


Figure II.7: Types de Multiplexage

II.8. La modulation

II.8.1. Les techniques de modulation

Dans la perspective d'une gestion des ressources radios, le choix d'une technique efficace de modulation est d'une importance significative. Dans la modulation, un signal en bande de base (signal de basse fréquence) est multiplié par un signal porteur (la porteuse) ou un signal de modulateur (normalement un signal à haute fréquence). Un signal porteur est normalement un signal sinusoïdal de haute fréquence. À l'extrémité du récepteur, le signal est alors démodulé à l'aide d'un dispositif appelé le démodulateur.

Il y a deux types des modulations : des modulations analogiques et des modulations numériques.

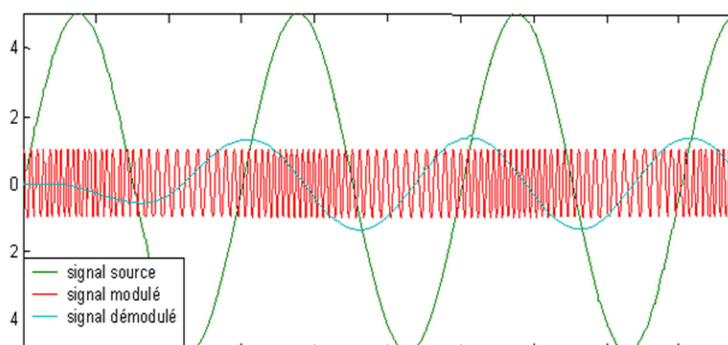


Figure II.8: Modulation et démodulation d'un signal

A. Modulation analogique

Dans les modulations analogiques, le signal porteur est sans cesse multiplié par le signal source. Le signal source est habituellement un signal continu. Ce type de modulation est normalement employé pour transférer les signaux analogiques. Voici quelques types importants de modulations analogiques :

- **La modulation d'amplitude (AM)**

Comme son nom l'indique ce type de modulation correspond à une modification de l'amplitude de l'onde porteuse par le signal information.

- **La modulation de fréquence (FM)**

Comme son nom l'indique ce type de modulation correspond à une variation de la fréquence de l'onde porteuse par le signal information.

- **La modulation à bande latérale unique (BLU)**

C'est une modulation d'amplitude comportant une seule raie spectrale.

- **La modulation de phase (PM)**

Comme son nom l'indique ce type de modulation correspond à une variation par saut de phase de l'onde porteuse.

B. Modulation Numérique

Les modulations numériques ont pour but de transmettre des informations d'un émetteur (source) à un récepteur (destinataire) en utilisant un canal de transmission qui peut être un câble, une fibre ou encore la propagation sur un canal radioélectrique.

Pour émettre un signal, il faut une porteuse, c'est à dire un signal sinusoïdal de fréquence pure « F », que l'on appelle la fréquence porteuse, parce qu'elle sert à porter sur les ondes les signaux que l'on veut émettre. On affecte cette sinusoïde de variations qui lui permettent de décrire le signal (modulant) que l'on veut transmettre. En analogique, le signal modulant est un courant électrique ou une tension, ce qui revient au même.

On avait inventé deux catégories de modulation :

- La modulation d'amplitude ASK (c'est la modulation de la télévision analogique terrestre) dans laquelle la fréquence «F» est constante, mais l'amplitude de la sinusoïde varie comme la valeur instantanée du signal.
- La modulation de fréquence FSK (c'est la modulation de la télévision analogique par satellite), dans laquelle l'amplitude de la sinusoïde reste constante, mais sa fréquence varie comme la valeur instantanée du signal.

Et c'est la modulation de phase PSK auquel nous nous intéressons.

La modulation a pour objectif donc d'adapter le signal à émettre au canal de transmission.

Cette opération consiste à modifier un ou plusieurs paramètres d'une onde porteuse :

$$S(t) = A \cos (w_0 t + \varphi_0) \quad (\text{II.2})$$

Les paramètres modifiables sont :

- L'amplitude : A
- La fréquence : $f_0 = w_0 / 2\pi$
- La phase: φ
- **La modulation de Phase PSK**

Le PSK désigne une famille de forme de modulations numériques qui ont toutes pour principe de véhiculer de l'information binaire via la phase d'un signal de référence (porteuse).

Les formes de PSK les plus utilisées sont la BPSK(ou 2-PSK : deux valeurs de phase possibles), la QPSK (ou 4-PSK : quatre valeurs de phase possibles), et la 8-PSK (huit valeurs de phase possibles).

- **Binary phase-shift keying(BPSK)**

La quadrature signifie les décalages du signal par les phases qui sont séparées par 180 degrés. Le signal décale dans les incréments de 180 degrés de 00 à 1800. C'est une modulation dite à deux états de phases, parce que l'opposé d'une sinusoïde ($-\sin(x)$) est la même déphasé de π , en effet $-\sin(x) = \sin(x + \pi)$.

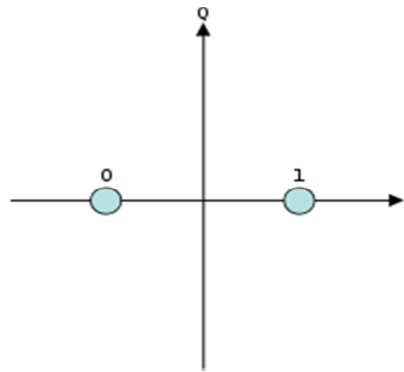


Figure II.9: Diagramme de constellation pour B-PSK

B-PSK est la forme la plus simple du PSK. Elle utilise deux phases qui sont séparées de 180° ; on l'appelle également 2-PSK. Cette modulation est la plus robuste de toutes les PSK, car il faut une grande déformation du signal pour que le démodulateur se trompe sur le symbole reçu. Cependant on ne peut moduler qu'un seul bit par symbole, ce qui est un inconvénient pour les applications qui nécessitent un débit binaire élevé.

- **Quadrature phase-shift keying (QPSK)**

Souvent connue sous le nom de 4-PSK ou QPSK, cette modulation utilise un diagramme de constellation à quatre points, à équidistance autour d'un cercle. Avec quatre phases, QPSK peut coder deux bits par symbole, cf. schéma code de Gray. Cela permet de soit multiplier le débit binaire par deux comparé à un système BPSK tout en maintenant la bande passante du signal ou alors de maintenir le débit en réduisant la bande passante utilisée par deux

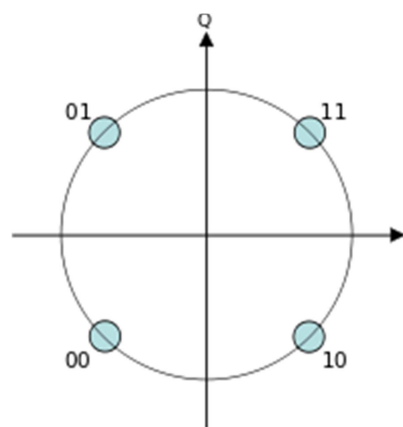


Figure II.10: Diagramme de constellation pour QPSK

Souvent connu sous le nom de 4-PSK ou QPSK, cette modulation utilise un diagramme de constellation à quatre points. À équidistance autour d'un cercle. Avec quatre phases, QPSK peut coder deux bits par symbole. Cela permet soit de multiplier le débit binaire par deux comparé à un système BPSK tout en maintenant la bande passante du signal ou alors de maintenir le débit en réduisant la bande passante utilisée par deux.

Bien que le QPSK puisse être vu comme une modulation en quadrature, il est aussi simple de le considérer comme deux modulations indépendantes. Avec cette interprétation, les bits pairs (ou impairs) sont utilisés pour moduler la composante In-phases, tandis que les bits impair (ou pair) sont utilisés pour la quadrature phase.

Le train binaire entrant est partagé entre les composantes In-phase et quadrature. Les trains de bits sortant du démultiplexeur sont moduler séparément à l'aide d'une fonction de base orthogonale. Dans cette implémentation, deux sinusoïdes sont utilisées. Par la suite, les deux signaux ainsi obtenus sont recombinaés pour former le signal QPSK. Les encodeurs ne retournent pas de polarité à bit 0 (NRZ). Ceux-ci peuvent être placés devant la source de données binaires, mais ici, ils sont disposés après pour illustrer conceptuellement la différence entre les signaux numériques et analogiques contribuant à la modulation numérique.

La Quadrature signifie le décalage de signal. Parmi les déclarer, deux phases qui sont séparées par 45 degrés. Le signal décale dans les incréments de 45 degrés à 90° à 135° . À 180° à -135° (225°) puis 270° et à 315° .

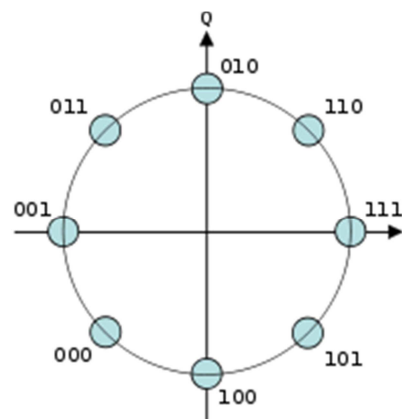


Figure II.11: Diagramme de constellation pour 8-PSK

Il est possible de construire un diagramme de constellation PSK avec un nombre quelconque de phases. Mais en pratique 8-PSK et l'ordre le plus élevé dans l'élaboration d'un tel diagramme. En effet avec plus de huit phases. La modulation PSK génère un taux d'erreur trop important.

Il est nécessaire, pour aller au-delà de huit phases, d'utiliser un type de modulation plus complexe comme QAM. Même si un nombre quelconque de phase peut être employé, le fait que la constellation traite des données binaires signifie que le nombre de symboles est toujours obtenu à partir d'une puissance de 2 (ce qui représente un nombre égal de bits par symboles).

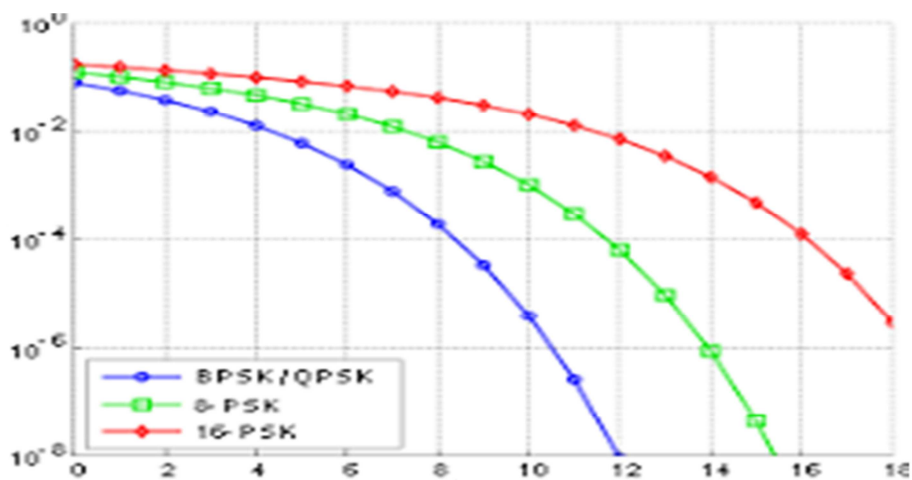


Figure II.12: Courbe de taux d'erreur binaire

Le graphique ci-dessus compare le taux d'erreur binaire entre BPSK, QPSK, 8-PSK et 16-PSK. On constate sur celui-ci que les modulations d'ordre supérieur présentent un taux d'erreurs plus important. En revanche, ce taux est constaté pour un train de données plus élevé.

III.1. Présentation du standard DVB

Digital Video Broadcasting abrégé en DVB, et qu'on pourrait traduire par « diffusion vidéo numérique », est un ensemble de normes de télévision numérique édictées par le consortium européen DVB, et utilisées dans un grand nombre de pays dont l'Algérie.

La diffusion de programmes télévisés, passe par la norme DVB. Ce standard européen de diffusion numérique, est associé au format de compression MPEG (Motion Picture Expert Group).

Les propriétés du signal DVB sont définies suivant le support de transmission. En effet plusieurs standards ont été définis. Dans la suite nous détaillerons quelques uns.

La chaîne de transmission exige la mise en œuvre des techniques numériques de codage, de multiplexage des données et de modulation. Les différents blocs de la chaîne de transmission seront décrits et détaillés par la suite.

III.2. Différentes variantes du DVB

III.2.1. Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T)

DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) désigne la variante terrestre de DVB, celle qui est utilisée avant comme norme pour la retransmission de télévision numérique terrestre par antenne râteau (Yagi).

Le procédé DVB-T utilise les mêmes fréquences de retransmission que celles employées pour la radiodiffusion analogique.

Il s'agit des canaux dans les bandes de fréquences VHF et UHF. Par rapport à la télévision analogique, le DVB-T peut optimiser l'utilisation des fréquences de façon à permettre la diffusion de quatre fois plus de programmes par canal. Etant donné que le DVB-T ne nécessite pas de raccordement d'antenne fixe, la réception DVB-T n'est pas seulement possible à l'intérieur d'un bâtiment mais également à l'extérieur, voir même dans une voiture. Le DVB-T permet aussi bien la réception stationnaire que portable et mobile, dépendant de l'antenne utilisée.

La DVB-T2 est une norme remplace la DBV-T, lancée en 2006 par le groupe DVB cette norme supporte la HD et UHD.

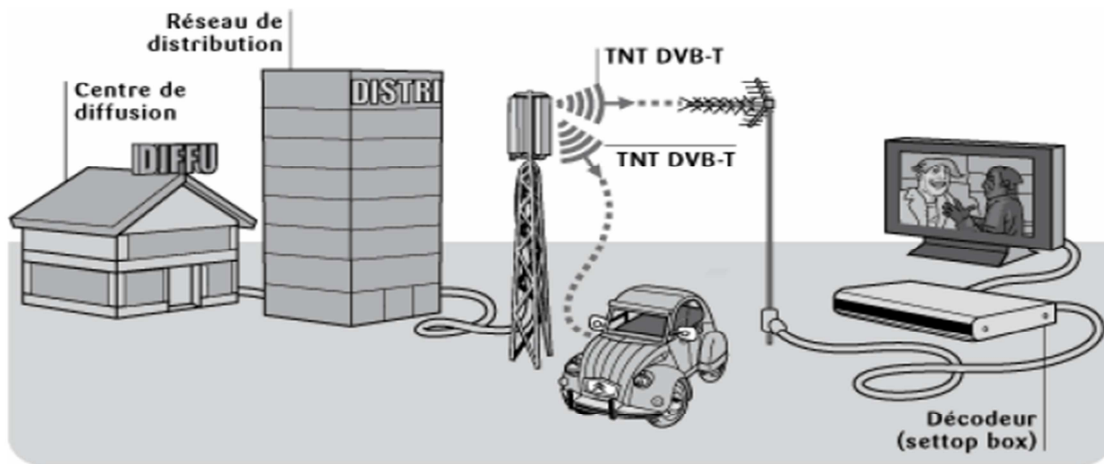


Figure III.1 : Schéma d'une diffusion DVB-T

III.2.2. Digital Video Broadcasting-Cable (DVB-C)

DVB-C (Digital Video Broadcasting-Cable) est une variante de DVB qui est utilisée pour la transmission de services numériques complémentaires par l'intermédiaire d'un raccordement câble à large bande, en règle pour la diffusion numérique de signaux de télévision. Il faut remarquer que l'offre de programmes est restreinte par rapport à celle de DVB-S et cela est dû à la bande passante limitée du câble.

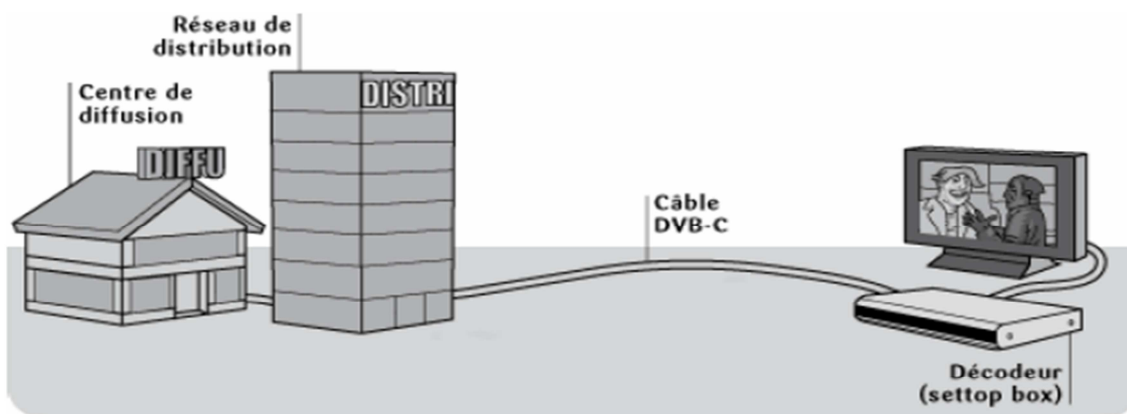


Figure III.2 : Schéma d'une diffusion DVB-C

III.2.3. Digital Video Broadcasting-Handhelds (DVB-H)

DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handhelds) représente une évolution de la norme DVB-T, qui permet la retransmission de services multimédia, et spécialement celle des programmes numériques de radiodiffusion vers des terminaux mobiles et/ou portables.

A l'aide de la compression en MPEG-4, d'une résolution moins élevée et d'un taux de données plus faible qu'en DVB-T, le DVB-H est mieux adapté pour la réception mobile. Tandis que le DVB-T permet la retransmission de quatre programmes par canal, le DVB-H en permet 10 fois plus.

Le canal de retour, non disponible actuellement pour les récepteurs DVB-T, est en principe compris dans les récepteurs DVB-H, étant donné qu'il s'agira essentiellement de téléphones mobiles GPRS ou UMTS, combiné avec un récepteur DVB-H.

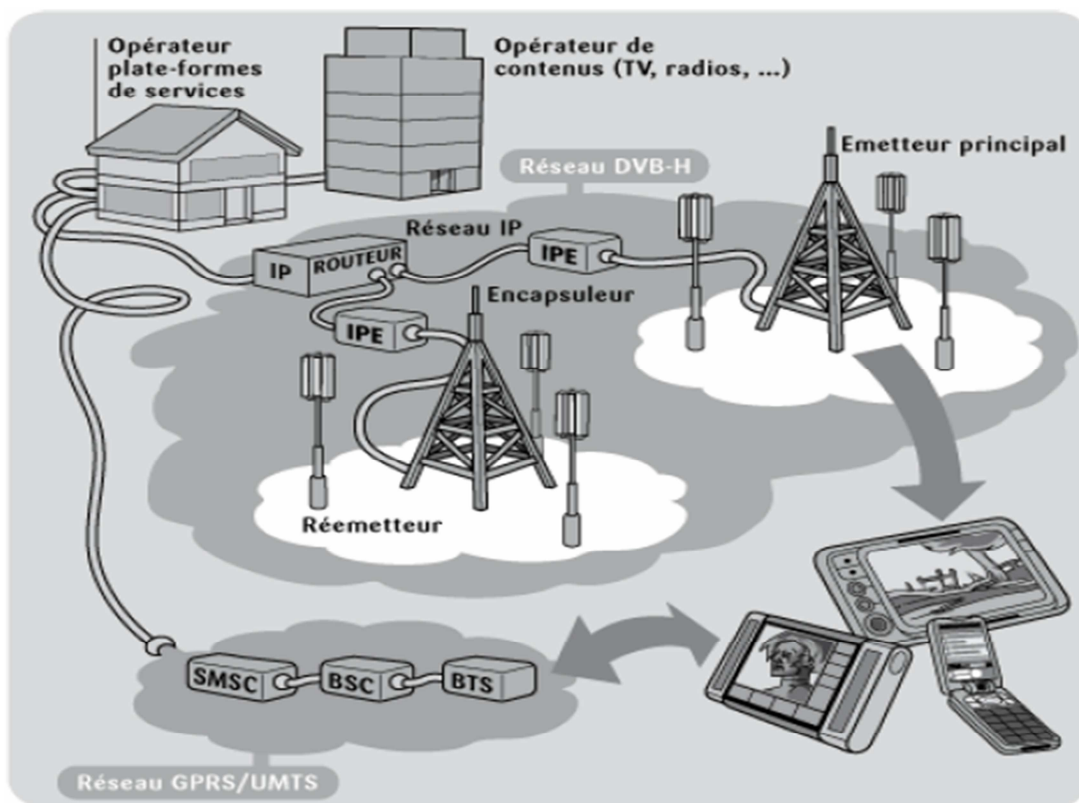


Figure III.3 : Schéma d'une diffusion DVB-H

III.2.4. Digital Video Broadcasting-Satellite (DVB-S)

DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite) est la variante pour la diffusion de DVB par satellite. Cette variante est la plus utilisée. Grâce à l'éventail large bande, la plupart des chaînes radio et télé ainsi que des services supplémentaires y sont diffusés.

Le DVB-S peut partiellement figurer comme fournisseur de données pour les câblodistributeurs ou pour les réseaux DVB terrestres.

Cette norme tient compte des caractéristiques d'une transmission satellite :

1. La bande disponible est relativement large : 36 MHz.
2. Signal fortement atténué et dominé par le bruit.
3. Transmission en ligne directe.

Il faut donc utiliser une transmission efficace à faible rapport signal à bruit : on utilise une modulation QPSK.

- Une nouvelle version **DVB-S2** (Digital Video Broadcasting Satellite 2) existe depuis maintenant quelques années, elle est beaucoup utilisée pour les transmission HD. Les récepteurs DVBS-2 sont compatibles avec les émissions DVB-S, mais pas l'inverse.

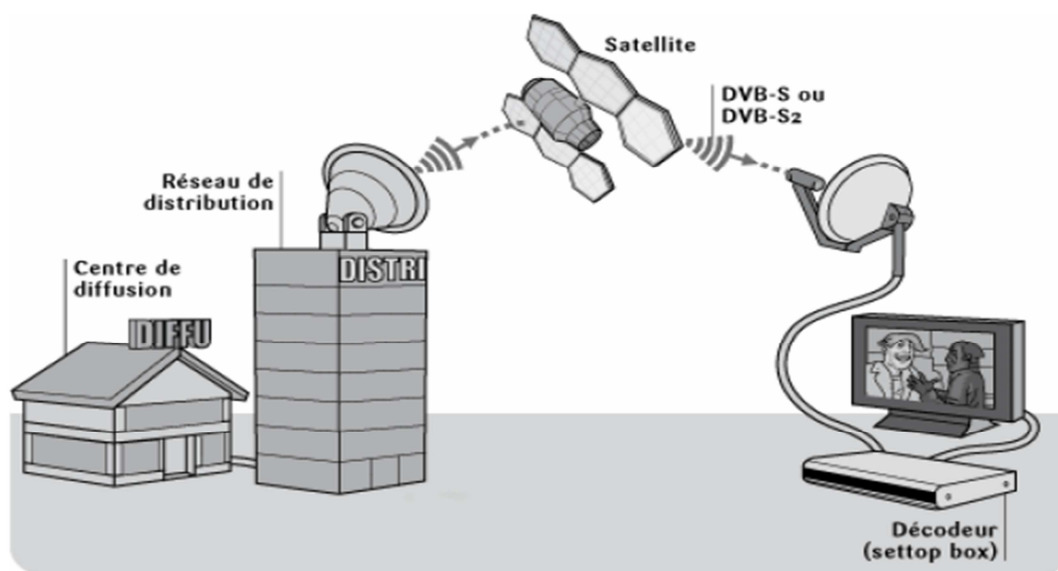


Figure III.4 : Schéma d'une diffusion DVB-S

III.3. Généralités sur les satellites

III.3.1. Définition d'un satellite

Un satellite de télécommunication peut être considéré comme une sorte de relais hertzien. En effet, il ne s'occupe pas de la compréhension des données : ce n'est qu'un simple miroir. Son rôle est de régénérer le signal qu'il a reçu et de le retransmettre amplifié en fréquence à la station réceptrice. Le satellite offre également une capacité de diffusion, c'est-à-dire qu'il peut retransmettre les signaux captés depuis la terre vers plusieurs stations. La démarche inverse peut également être effectuée ; il peut récolter des informations venant de plusieurs stations différentes et les retransmettre vers une station particulière. De plus, il est également possible d'établir des liaisons directes entre satellites.

Donc pour résumer on peut dire qu'un satellite est un élément spatial qui a pour rôle de produire ou relayer des données vers différents récepteurs terrestres.



Figure III.5 : Un satellite

III.3.2. Les orbites satellitaires

Les satellites peuvent être situés sur plusieurs types d'orbites en fonction de leur utilisation. En générale plus l'orbite se trouve éloigné de la terre et plus le temps aller-retour du signal électromagnétique est grand.

- **Les systemes GEO (Geostationary Earth Orbit)**

Qui correspondent à des satellites évoluant sur l'orbite géostationnaire. Elles sont situées à environ 36 000 km de la terre. Le temps aller-retour de l'onde radio est estimé à environ 250 ms. Ce type d'orbites est le plus utilisé dans le domaine de la diffusion vidéo et de l'accès à l'internet. Les systèmes **GEO** sont les plus communs grâce à leur position relativement fixe dans l'espace.

- **Les systèmes MEO (Medium Earth Orbit)**

Correspondent à des satellites évoluant sur l'orbite médiane de 5 000 à 15 000 km et au-dessus de 20 000 km par rapport à la terre. Le temps aller-retour de l'onde radio est estimé à environ 100 ms. Ils permettent donc d'ajuster les différentes caractéristiques des orbites en fonction de l'utilisation du satellite.

- **Les systems LEO (Low Earth Orbit)**

Correspondent à des satellites évoluant en orbite basse de 700 à 1 500 km. Le temps aller-retour de l'onde radio est estimé à environ 10ms. Ce type de satellite est appelé aussi satellite défilant.

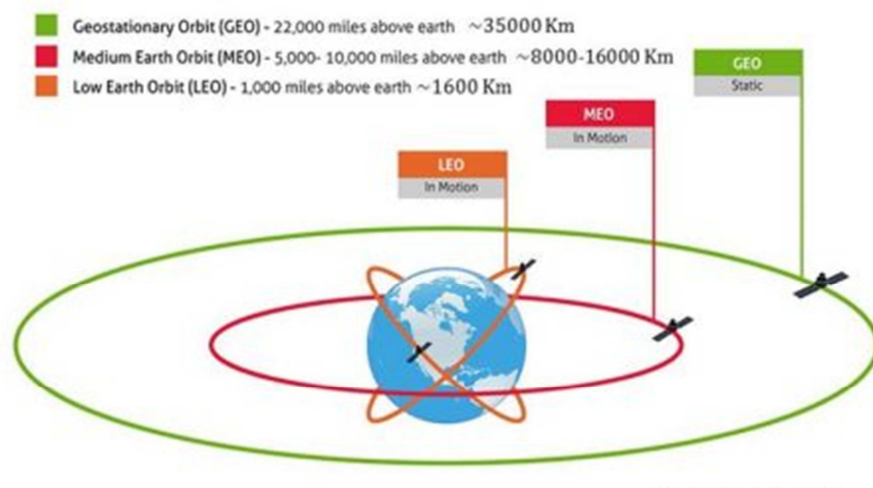


Figure III.6 : Les différentes orbites satellitaires

III.3.3. Les bandes de fréquences

Les bandes de fréquences mises en œuvre pour les communications par satellites sont le plus souvent comprises entre 1 et 30 GHz. En dessous de 1 GHz les ondes sont principalement réfléchies et diffusées par l'atmosphère. Au dessus de 30 GHz les liaisons satellitaires sont possibles mais l'absorption atmosphérique est importante et la technologie d'amplification plus complexe.

La bande de fréquence 1-60 GHz est divisé en sous bandes désignées par des lettres :

Bande	Fréquences	Services
L	1 – 2 GHz	Communication avec les mobiles
S	2 – 3 GHz	Communications avec les mobiles
C	4 – 6 GHz	Communications civiles nationales et internationales, TV.
X	7 – 8 GHz	Communications militaires
KU	11 – 14 GHz	Communication civiles nationales et internationales, télévision.
KA	20 – 30 GHz	Nouveaux systèmes d'accès aux réseaux large bande
EHF	21 – 45 GHz	Communications militaires
V	60 GHz	Liaisons inter satellites

Tableau III.1. Bandes de fréquences et leurs services

- **La bande Ku**

Plus récemment utilisée, donc pas encore encombrée, est surtout utilisée pour les SFS et exclusivement pour les SRS dans les bandes 12/11 GHz. Le désavantage de cette bande est qu'elle est très sensible aux orages ; l'eau de pluie absorbe les signaux. Par contre cette bande, est peu sensible aux parasites urbains et est donc préconisée pour l'utilisation des VSAT.

- **La bande Ka**

Permet l'utilisation d'antennes encore plus petites, les USAT. Cette bande est surtout utilisée par les terminaux mobiles de type GSM.

- **La bande L**

Est principalement destinée aux satellites en orbite basse. Les bandes de fréquences de la bande L ont été définies par la conférence mondiale (CAMR) de 1992 pour le service mobile par satellite.

- **La bande X**

Est réservée aux applications militaires.

- **La bande C**

Est divisée en deux sous bandes ; la plus basse, pour les flux descendants (satellite/terre) et la plus haute, pour les flux montants (terre/satellite).

III.3.4. Présentation de la technologie VSAT

Le terme **VSAT** (Verry Small Aperture Terminal) désigne l'équipement terminal d'émission réception de données par satellite. Les VSAT sont des stations terriennes équipées d'antennes de petit diamètre et de coût suffisamment faible pour permettre à des entreprises de se doter de réseaux privés de télécommunication par satellite. En Algérie, 03 opérateurs possèdent la licence VSAT à savoir ATS Algérie télécom satellite, Djezzy et Divona société privée.

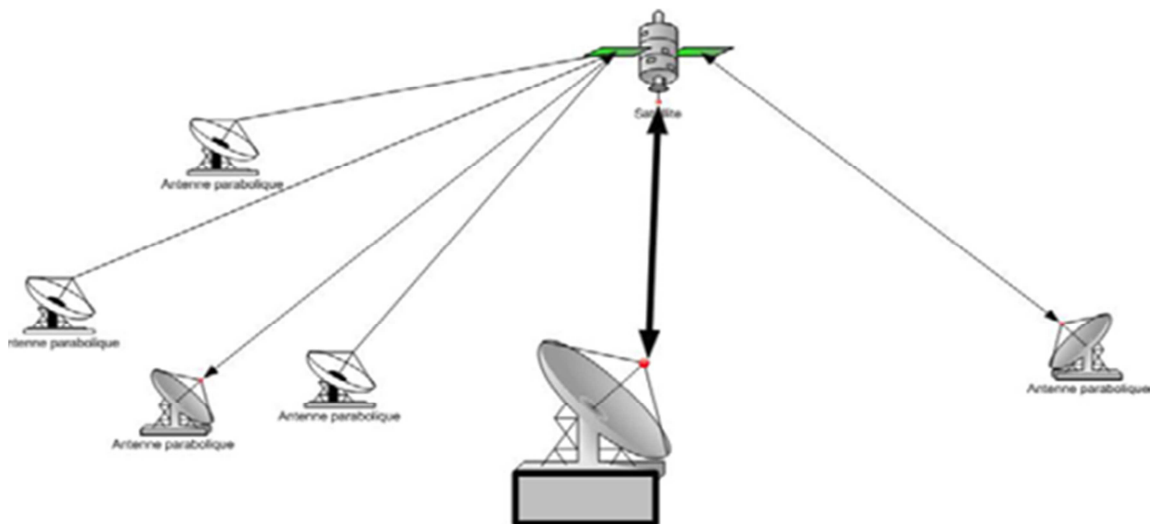


Figure III.7 : Schéma d'une liaison de plusieurs stations au même nœud central

III.4. Présentation du satellite Alcomsat-1

Est le premier satellite Algérien de télécommunications, c'est un précieux outil multi-missions qui assure une couverture nationale et régionale (Afrique du nord et Sahel). Il permettra l'amélioration des télécommunications et la réception de plusieurs programmes de télédiffusion.

Le satellite algérien de télécommunications Alcomsat-1 est placé en orbite géostationnaire à 36 000 km à la position orbitale 24.8 Ouest. Il devra fournir des services de diffusion, internet, téléphonie et VSAT. Actuellement seule la diffusion des programmes publics est en cours, et en phase de tests.



Figure III.8 : Le satellite Alcomsat-1.

III.5.Lancement du satellite Algérien de Télécommunications Alcomsat-1

Le 10 décembre 2017 à 17h 40mn, heure algérienne, correspondant au 11 décembre 2017 à 00h 40mn, heure de Pékin, a eu lieu le lancement avec succès du satellite algérien de télécommunications Alcomsat-1. Cette opération a été effectuée par le lanceur chinois LongMarch-3B (LM-3B) et ce, depuis la base de lancement Xichang, située dans la province du Sichuan à 2200 Km au sud ouest de Pékin.



Figure III.9 : Le Lancement du satellite Alcomsat-1

III.6. Le bouquet de TDA vers le satellite Alcomsat-1 en formats HD et SD



Frequency Beam EIRP (dBW)	Provider Name Channel Name	System Encryption	SR-FEC SID-VPID	ONID-TID C/N lock APID Lang.
12160 H	 TDA	DVB-S2	30000-2/3 SPSK	0-0 6.6
	ENTV	F	MPEG-4/HD BISS	1 513 641 Ara
	Canal Algérie	F	MPEG-4/HD	2 515 680 Ara
	Algérie 4	F	MPEG-4/HD	4 517 660
	Algérie 5	F	MPEG-4/HD	5 516 650 Ara
	Thalitha TV	F	MPEG-4/HD	25 101 110 Ara
12240 H	 TDA	DVB-S	30000-3/4	1374-10900 5.5
	ENTV	F		1 513 641 Ara
	Canal Algérie	F		2 515 680 Ara
	Thalitha TV	F		3 514 670 Ara
	Algérie 4	F		4 517 660
	Algérie 5	F		5 516 650 Ara
	(TDA feeds)			6 610 620
	Thalitha TV	F	MPEG-4/HD	25 101 110 Ara
	Chaîne 1	F S		11 685 Ara
	Chaîne 2	F S		12 661 Ber
	Chaîne 3	F S		13 671 Fre
	Radio Décrochage	F		14 651
	Radio Bahja	F S		15 1501 Ara
	Radio Décrochage 2	F		16 1601
	Radio Algérie Internationale	F S		17 683 Ara
	Radio Sahel	F		18 681 Ara
	Jii FM	F S		19 1901 Fre
	Radio Coran (Algeria)	F S		20 2001 Ara
	Radio Ouargla	F		615 724 Ara
	Radio Tamanrasset	F S		616 725 Ara
	Radio Bechar	F S		618 726
	Radio Adrar	F		620 727 Ara
	Radio Illizi	F S		621 728
	Radio Tindouf	F		622 729 Ara
	Radio Chlef	F S		623 721
	Radio D'Oum El Bouaghi	F		624 720
	Radio Biskra	F S		626 718 Ara
	Radio Bida	F S		627 734
	Radio Setif	F S		628 717 Fre
	Radio Sidi Bel Abbès	F S		629 722
Radio Annaba	F S		630 723	
Radio Constantine	F		631 719	
Radio Mostaganem	F S		632 714	

Figure III.10: Le bouquet d'Alcomsat-1

La figure III.10 nous donne les informations suivantes :

- Fréquences de réception du satellite : (12160 et 12240 Mhz) avec une polarisation Horizontale.
- Nom des services. (chaines tv et radio).
- L'ENTV (Programme National) est cryptée à l'aide d'un mode de cryptage appelé BISS.
- Un FEC de 2/3 en HD et 3/4 dans le bouquet SD.
- Symbole Rate 30000 Mbaud.
- Normes (DVB-S, DVB-S2) et type de modulation (8PSK).
- Les PID (Audio et Vidéo) comme Algérie 4 (517,660).

III.7. La couverture du satellite Alcomsat-1

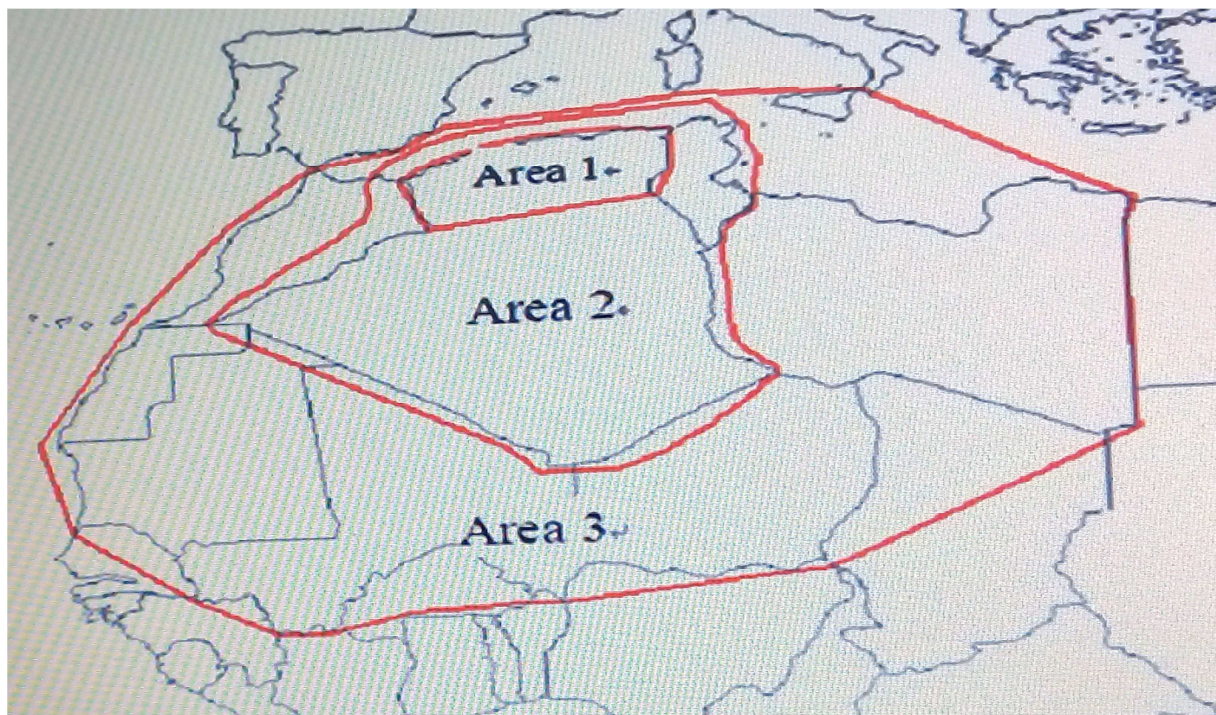


Figure III.11: La couverture offerte par le satellite Alcomsat-1

La figure précédente nous montre la couverture du satellite Alcomesat-1 :

Area 1 (région 1): couvre le Nord de l'Algérie.

Area 2 (région 2): couvre l'Algérie et la Tunisie.

Area 3 (région 3): couvre le Nord Africain et la Méditerranée.

La couverture définitive et les différentes PIRE ne sont pas encore définies.

Ces valeurs (PIRE) varient d'une région à une autre. Par exemple au Nord Algérien nous pouvons parfaitement capter le signal émis par le satellite avec une antenne parabolique d'un petit diamètre. Par contre au sud il nous faut une antenne d'un plus grand diamètre.

III.8. L'antenne parabolique de transmission du satellite Alcomsat-1



Figure III.12: Antenne de transmission au centre ASAL Bouchaoui du satellite Alcomsat-1

-Le diamètre de cette antenne est de 11 mètres avec une polarité de transmission Verticale (V)

III.9. Présentation d'une chaîne de transmission satellitaire

III.9.1. Equipements utilisés à l'émission

Les équipements utilisés sont les suivant :

- **Codeur (Encoding)**

Encodeur/compression en MPEG2 (SD) ou MPEG4 (HD).



Figure III.13: Codeur TANDBERG 5710

- **Multiplexeur (MUX)**

Partage une même ressource entre plusieurs utilisateurs.



Figure III.14: Multiplexeur MX 5640

- **Modulateur (Modulator)**

La modulation peut être définie comme le processus par lequel le signal est transformé de sa forme originale en une forme adaptée au canal de transmission, par exemple en faisant varier les paramètres d'amplitude et d'argument (phase/fréquence) d'une onde sinusoïdale appelée porteuse.

Le dispositif qui effectue cette modulation, est un modulateur.



Figure III.15: Modulateur

- **Convertisseur (Block Up Converter BUC)**

Après la modulation on obtient un signal analogique d'une fréquence intermédiaire FI.

Ce signal est translaté vers un signal RF (fréquence d'émission), d'une fréquence imposée par l'opérateur du satellite.



Figure III.16: Un Up Converter

- **Amplificateur haute puissance (High Power Amplifier HPA)**

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 qui dépend du bilan de liaison établi par l'opérateur.



Figure III.17: un HPA

- **Guide d'onde :** sert à guider les ondes électromagnétiques à l'antenne parabolique.

Il existe des guides d'onde rigides et flexibles.



Figure III.18: Guides d'onde

III.9.2. Equipements utilisés à la réception

La chaîne de réception par satellite représente l'ensemble des opérations et des équipements qui permettent de recevoir et transmettre les signaux par le satellite.

A. La réception professionnelle au niveau de TDA

Le nodal est un centre de commutation et de transit des signaux (vidéo, audio, et data) terrestre et satellitaire. La transmission est faite via trois types d'acheminement :

1. Faisceau Hertzien.
2. Satellite.
3. Fibre Optique.

Le centre Nodal de Bouzaréah utilise pour le contrôle et la surveillance des écrans d'affichage qui donnent des informations en temps réel sur la chaîne de transmission, les signaux envoyés et les signaux reçus dans l'intérêt d'avoir un contrôle continu.



Figure III.19: Matériel utilisé au centre nodal pour l'affichage et la surveillance à Bouzaréah

- **Matériels utilisés à la réception professionnelle :** Antenne, Low Noise Bloc (LNB professionnel), Integred Receive Data (IRD) ,Analyseur de spectre , Téléviseur.

- **Analyseur de spectre**

Un analyseur de spectre est plus que nécessaire dans le centre pour voir et surveiller les porteuses satellite car c'est en principe un instrument de mesure destiné à afficher les différentes fréquences contenues dans un signal ainsi que leurs amplitudes respectives.



Figure III.20: Analyseur de spectre

- **Tête de réception (LNB) professionnelle**

Est une tête utilisée dans les centres professionnels comme TDA. Elle permet de sélectionner la polarisation (horizontale ou verticale) . Elle est caractérisée par trois paramètres:

1. Azimut
2. Polarisation
3. Élévation

Cette tête contient un oscillateur local (OL) de 10000 KHz en basses fréquences et 11000 KHz en hautes fréquences, et elle est alimentée en 12 volts .

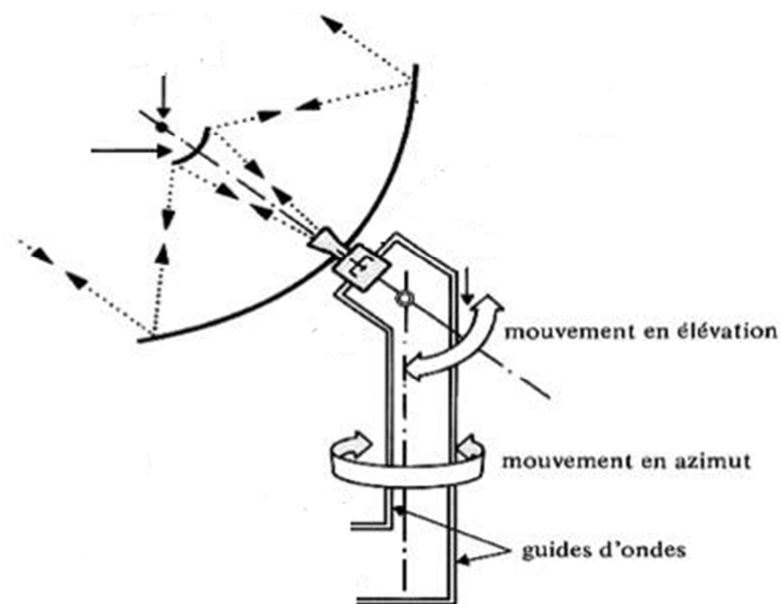


Figure III.21: Schéma d'une antenne reliée à une LNB professionnelle.

B. La réception au grand public

- **La parabole**

Le réflecteur parabolique est chargé de concentrer les ondes reçues vers l'antenne source qui se situe au foyer de la parabole.



Figure III.22: une Parabole

- **Tête de réception (LNB) au grand public**

Une tête universelle (LNB) est un boîtier contenant un préamplificateur et un convertisseur de signaux radio de la bande Ku vers la bande BIS (de fréquence plus basse, que peut transporter le câble coaxial).

LNB utilisée par le grand Public contient deux oscillateurs locaux (une montante rx 9750KHz et une autre descendante tx 10600 KHz).



Figure III.23: Tête LNB grand public

- **Le câble**

Le câble coaxial reliant les différents éléments, véhicule des signaux hautes fréquences.



Figure III.24: Câble coaxial

- **Terminal numérique (Démodulateur)**

Le terminal numérique est l'équipement intelligent de la chaîne de réception TV par satellite. Il sert à démoduler et à décrypter le signal reçu.

- **Câble HDMI**

C'est le câble qui relie le terminal numérique au téléviseur.



Figure III.25: Câble HDMI

- **Téléviseur**

C'est l'appareil qui permet de recevoir les programmes émis par télédiffusion. C'est l'élément final de la chaîne de réception TV par satellite.

III.9.3. Schéma globale d'une chaîne de transmission par satellite

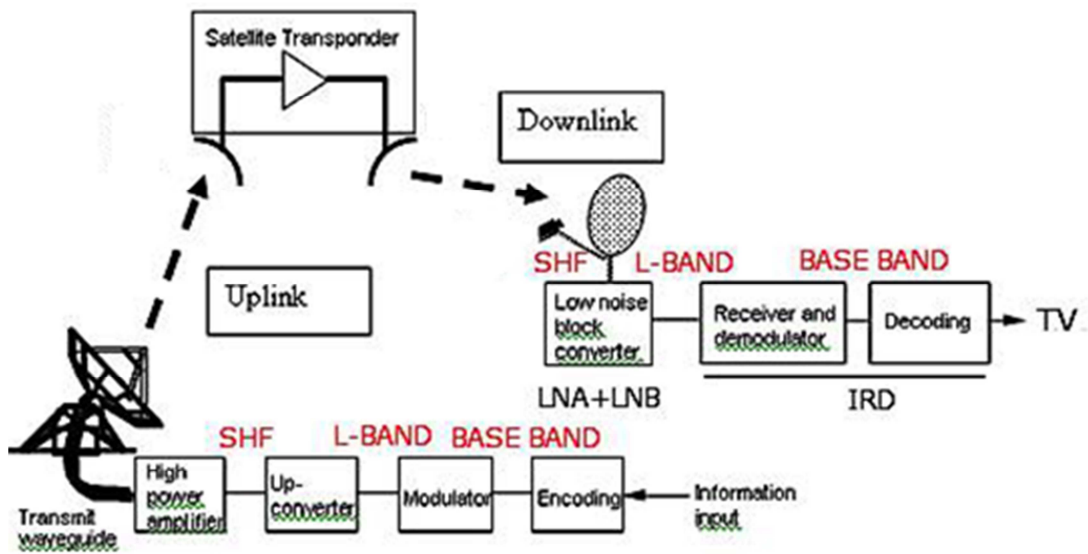


Figure III.26: Schéma de principe de la chaîne de transmission

Conclusion générale

L'émission TV terrestre (par antenne râteau) a montré ses limites dans la qualité et le temps.

L'évolution de la technologie d'émission-réception par satellite a montré une meilleure qualité de réception.

Ce travail effectué en entreprise (TDA) nous a permis de vivre une expérience réelle.

Nous avons travaillé avec des signaux vidéo de l'émission via DVB-S2 jusqu'au récepteur TV.

Donc le développement et la fusion de l'internet, l'informatique et les télécommunications ont permis aujourd'hui, une amélioration de la qualité du signal vidéo, et surtout le choix des milliers de chaînes TV et radios.

La télévision future est tributaire de l'évolution technologique dont l'internet, l'informatique, qui donnerons une télévision intelligente programmable à la demande, on peut changer de chaîne par signal vocal, ou par simple geste manuel à distance....

Nous espérons que ce travail servira de support pour les promotions futures.

➤ **Transmission Numérique Terrestre (TNT)**

La Télévision Numérique Terrestre TNT est un système de diffusion terrestre qui date de la fin des années 80. Elle véhicule les signaux vidéo, audio et données sous format numérique. L'ensemble de ces signaux sont multiplexés avant d'être modulés puis transportés par les ondes électromagnétiques dans les bandes VHF/UHF.

Elle utilise des fréquences UHF (bandes IV et V) pour une diffusion hertzienne au format DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*) et un signal vidéo codé en numérique selon les normes MPEG-2 pour le format standard (SD) et MPEG-4 pour la haute définition (HD)

➤ **Equipements utilisés à l'émission**

• **Emetteur TNT**

Contient 5 amplificateurs de 290 watt pour chacun. Au dessus, il y a un modulateur qui les gère.

La puissance de sortie de cet émetteur est de 1300 watt et une fréquence de 562 MHz. Cet émetteur est extrêmement compact, car il est refroidi à air dans une petite baie.

ANNEXE



Emetteur TNT

A la sortie de cet émetteur on trouve un guide d'onde qui est relié a une antenne d'émission TNT.

➤ Equipements utilisés à la réception

Sa réception nécessite une antenne spécifique, qui peut avoir la forme en râteau, et un décodeur.

- **Antenne râteau**

L'antenne hertzienne, également appelée antenne râteau est utilisée pour capter les signaux des chaînes TV analogiques et de la TNT dans les zones couvertes.

- **Un décodeur (Récepteur Numérique Terrestre)**

Il est équipé d'un tuner VHF et UHF devant être connecté à une antenne extérieure de type râteau, ou intérieure, éventuellement amplifiée.

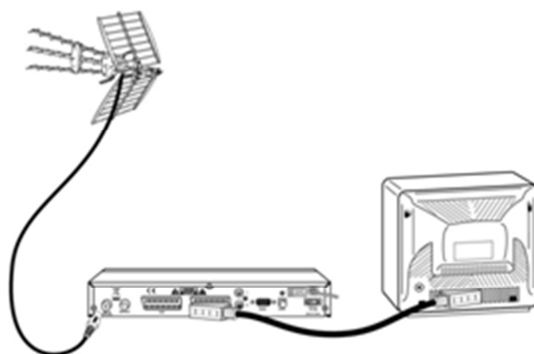


Schéma d'une réception TNT

- Les téléviseurs actuels contiennent une antenne TNT intégrée.

Références bibliographiques

- [1] **Jean, Herben.** La Télévision en couleurs-1. Fonctionnement et Maintenance. Edition Dunod, Paris, 1991 .
- [2] **Jean, Herben.** La Télévision en couleurs-2. Maintenance et techniques de dépannage. Edition Dunod, Paris, 1992 .
- [3] **U, Allaey.** Cours de Télévision. Ingénieur Electronicien. Gand.
- [4] Nouveau guide de la Télévision en couleurs. Tome1. Edition 1981.
- [5] Nouveau guide de la Télévision en couleurs. Tome2. Edition 1981.
- [6] **Z, Ousmail & N, Khair.** Etude et conception du système de diffusion numérique DVB-T (Télévision Numérique Terrestre), Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (2013) .
- [7] **R, Abdelhamid & A, Sid Ali .** Etude et réalisation d'une chaîne de diffusion par satellite :cas du bouquet MCPC de TDA vers le satellite Eutelsat 7 W A, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (2017) .
- [8] **Clément, Follet.** Transmission Satellite. Novembre 2012.
- [9] **ATTAF, Youcef.** Cours M2 Télévision. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2017/2018.
- [10] **https://www.memoireonline.com/10/12/6185/m_Transmission-dun-signal-audio-video-frequence-par-faisceau-hertzien-et-par-satellite-cas-de-l.html/** (Mémoire sur la transmission d'un signal audio-vidéo fréquence par faisceau hertzien et par satellite).
- [11] **<https://www.lyngsat.com/Alcomsat-1.html/>** (Contient des informations sur le bouquet de TDA vers le satellite Alcomsat-1).
- [12] **<https://www.tda.dz/actualit%C3%A9s/>** (Contient des informations sur le satellite Alcomsat-1).
- [13] **<http://www.asal.dz/>** (Contient des informations sur le programme spatial Algérien).