

**Mémoire de Projet de fin d'étude**

**Préparé par**

**ASSINI HANANE**

**Pour l'obtention du diplôme**

**Ingénieur d'Etat en**

**SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS**

**Intitulé**

**Standardisation des mesures de la qualité vidéo et développement d'une interface web pour leur enregistrement**

**Encadré par :**

**Pr F.ABDI**

**Pr H. GHENNIQUI**

**Mr. A.HADJ SADEK (SNRT)**

**Mr L.LEGHROUDI (SNRT)**

**Soutenu le jeudi 28 Juin 2012, devant le jury composé de :**

**Pr F. ABDI : Encadrant**

**Pr H. GHENNIQUI : Encadrant**

**Pr A. MECHAQRANE : Examineur**

**Pr F. ERRAHIMI : Examineur**

## Dédicaces

*À mes parents*

*Je sens qu'aucune dédicace ne pourrait exprimer l'amour,  
la profonde reconnaissance et l'admiration que je vous porte.  
Ce travail est le votre, il ne vous est pas dédié, car sans vos  
conseils, sans votre soutien, sans vos encouragements,  
Il n'aurait jamais vu le jour.*

*À mon mari*

*En témoignage des profonds liens d'amour que je vous porte.*

*À mes sœurs Karima, Fatima et Khadija  
Puisse Allah vous accorder, longue vie et bonheur.*

*À mon frère*

*Que dieu vous accordez santé, longue vie et bonheur  
À mes neveux Ayoub, Mouhssin et ma chère nièce Rajae  
Meilleurs vœux de succès dans votre vie*

*À toute ma belle famille*

*Qui a été toujours là pour m'aider*

*À ma chère amie Khadija,*

*Avec tous mes vœux de réussite et de bonheur.*

*À tous ceux que j'aime.*

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens tout particulièrement à exprimer ma grande gratitude à M.LAZREK de m'avoir accueilli comme stagiaire au sein de sa Direction.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent, particulièrement à mes encadrants, Pr F.ABDI et Pr H.GHENNIOUI pour leurs conseils et directives. Mes sincères remerciements s'adressent aussi à Mr L.LEGHROUDI et Mr A.HADJ SADEK pour l'intérêt qu'ils m'ont porté, leurs aides et leurs directives pertinentes quant à l'aboutissement de ce travail.

Je remercie aussi tous les membres de l'équipe de la direction de télédiffusion pour leur collaboration, leur accueil chaleureux ainsi que l'aide qu'ils ont apporté pour élaborer ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à tous ceux qui se découvrent pour nous éclairer la voie et les immenses horizons du savoir.

---

## Résumé

---

Afin de garantir un meilleur fonctionnement des systèmes au sein d'une entreprise et en vue de répondre mieux aux besoins de public, de nombreuses sociétés ont commencé à introduire la notion de la qualité. Ce concept a permis d'offrir une meilleure disponibilité de services, à base d'un ensemble des règles poussant à réagir rapidement vis-à-vis les évanouissements que peut connaître une entreprise.

La direction de la télédiffusion de la société nationale de radiodiffusion et de la télévision est l'une des entreprises qui veille non seulement sur la qualité des services qu'elle offre mais aussi sur la démarche à suivre pour le contrôle de cette qualité. Pour cette raison, elle a décidé de standardiser les mesures de la qualité de toute vidéo diffusée.

Cependant un archivage et une communication de ces mesures entre toutes les personnes de la direction de télédiffusion est nécessaire, c'est la raison pour laquelle la SNRT nous a confié la recherche d'une solution.

Le présent document est la synthèse de notre projet de fin d'étude qui consiste à réaliser une fiche pour la standardisation des mesures de la qualité des vidéo diffusées, et aussi le développement d'une application web intranet permettant l'enregistrement et la communication de toute mesure effectuée.

## Liste des figures

Figure 1: L'organigramme de la direction de la télédiffusion.....	23
Figure 2: Schéma synoptique de TV analogique à la station de ZAER.....	27
Figure 3: Schéma synoptique de la chaîne TNT à la station de ZAER. ....	28
Figure 4: La bande passante du canal.....	29
Figure 5: Compositions d'une image vidéo. ....	31
Figure 6: Les constituants d'une ligne pour un signal vidéo analogique. ....	32
Figure 7: Balayage des lignes et restitution de l'image. ....	33
Figure 8: Signal vidéo monochrome. ....	34

---

Figure 9: Signal vidéo couleur.....	35
Figure 10: Schéma synoptique de la chaîne DVB-T.....	36
Figure 11: Codage source et multiplexage. ....	38
Figure 12: Longueur d'un paquet TS. ....	38
Figure 13: Organisation des flux depuis le codeur jusqu'au flux MPTS.....	39
Figure 14: Schéma illustrant le principe d'un codeur canal. ....	41
Figure 15: Paquets TS assemblés en bloc. ....	42
Figure 16: Schéma de l'embrouilleur.....	42
Figure 17: Format des paquets transports protégés. ....	43
Figure 18: les symboles d'une modulation QPSK.....	45
Figure 19: les symboles d'une modulation 16QAM.....	45
Figure 20: les symboles d'une modulation 64QAM.....	46
Figure 21: Modulateur OFDM de base.....	46
Figure 22: Spectre du signal en sortie du modulateur OFDM.....	48
Figure 23: Ajout de l'intervalle de garde. ....	48
Figure 24: Forme de la ligne 17 donnée par l'analyseur de réseaux.....	51
Figure 25: Signal vidéo correspondant à la ligne 17 sur la télévision.....	51
Figure 26: Distorsion d'amplitude de l'impulsion 20T. ....	53
Figure 27: Distorsion asymétrique de l'impulsion 20T. ....	53
Figure 28: Application de filtre passe haut à la ligne 17.....	54
Figure 29: Signal vidéo correspondant à la ligne 18 sur la télévision.....	54
Figure 30: Forme de la ligne 18 donnée par l'analyseur de réseaux.....	54
Figure 31: Forme de la ligne 330 donnée par l'analyseur de réseaux.....	56
Figure 32: Signal vidéo correspondant à la ligne 330 sur la télévision.....	56
Figure 34: Diagramme du gain différentiel.....	57
Figure 33: Mesure du gain différentiel d'une vidéo émet par un émetteur de canal 9.....	56
Figure 35: Mesure de phase différentielle d'une vidéo émet par un émetteur de canal 9.....	58
Figure 36: Diagramme de phase différentielle. ....	58
Figure 37: Signal vidéo correspondant à la ligne 331 sur la télévision.....	59
Figure 38: Forme de la ligne 331 donnée par l'analyseur de réseaux.....	59
Figure 39: Gabarit de tolérance de la réponse transitoire de l'émetteur image.....	60
Figure 40: Mesure de la réponse transitoire d'un émetteur canal 5.....	60
Figure 41: Gabarit de tolérance pour la caractéristique d'amplitude vidéo.....	60
Figure 42: Mesure de la caractéristique de l'amplitude vidéo pour un émetteur canal 5.....	60
Figure 43: Mesure de la bande latérale pour un émetteur canal 5 (mesure n'est pas bonne).....	61
Figure 44: Gabarit de tolérance de la bande latérale RF.....	61
Figure 45: Le Mer est le rapport entre le vecteur d'erreur.....	64
Figure 46: Influence de bruit sur le signal.....	65
Figure 47: Influence des interférences CW sur le signal.....	65
Figure 48 : Représentation de l'erreur de phase.....	66
Figure 49: Influence d'erreur de phase sur le signal.....	66
Figure 50: Spectre DVB-T en modes 2k et 8k pour un intervalle de garde $\tau = 1/4$ .....	67
Figure 51: Spectre DVB-T en mode 8k pour le canal 30.....	67
Figure 52: Partie du spectre pour différents intervalles de garde.....	68

Figure 53: La porteuse pilote continue N° 0. ....	69
Figure 55: La porteuse pilote continue N° 201.....	69
Figure 58: La porteuse TPS N° 346.....	69
Figure 54: La porteuse donnée+ pilote N° 276.....	69
Figure 56: La porteuse donnée N° 512.....	70
Figure 57: La porteuse pilote continue N° 483.....	70
Figure 59: Mesures de BER et de MER d'un signal DVB-T de canal 30. ....	71
Figure 60: Diagramme de fonctionnement de l'application web. ....	78
Figure 61: Configuration de l'application. ....	79
Figure 62: Configuration de serveur. ....	80
Figure 63: Création de page à l'aide de Dreamweaver. ....	80
Figure 64: Création de l'interface permettant de chercher une mesure.....	81
Figure 65: Création de l'interface permettant d'enregistrer les mesures. ....	82
Figure 66: Face avant de deux émetteurs. ....	84
Figure 67: Les étages d'un émetteur TV ....	85
Figure 68: Branchement d'avant des différents étage d'un émetteur ....	86
Figure 69 Branchement arrière des différents étages d'un émetteur ....	86
Figure 70: Appareil de mesure du signal vidéo analogique.....	87
Figure 71: Appareil de mesure du signal vidéo numérique.....	87

## Liste des tableaux

Tableau 1: Bandes des fréquences au Maroc. ....	28
Tableau 2: Les types de compression audio vidéo en numérique. ....	30
Tableau 3: Codage d'un signal vidéo monochrome. ....	34
Tableau 4: Codage d'un signal vidéo couleur.....	34
Tableau 5: Les valeurs limites de la caractéristique d'amplitude de signal vidéo. ....	61
Tableau 6: Les valeurs limites de la bande latérale RF. ....	62
Tableau 7: Caractéristique des modes 2k et 8k.....	63
Tableau 8: Tableau des pilotes continus.....	88
Tableau 9: Tableau des pilotes TPS. ....	88

## Liste des acronymes

### A

<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>AM</b>	Amplitude Modulation

### B

<b>BAT</b>	Bouquet Association Table
------------	---------------------------

---

<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>C</b>	
<b>CSA</b>	Conseil supérieur de l'audiovisuel
<b>CAT</b>	<i>Conditional Association Table</i>
<b>D</b>	
<b>DVB</b>	Digital Video Broadcasting
<b>DVB-H</b>	DVB Handheld
<b>DVB-T</b>	DVB Terrestrial
<b>DVB-T2</b>	DVB Terrestrial second generation
<b>E</b>	
<b>EIT</b>	Event Information Table
<b>ES</b>	Elementary Stream
<b>F</b>	
<b>FM</b>	Frequency Modulation
<b>M</b>	
<b>MER</b>	Modulation Error Ratio
<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group
<b>MPTS</b>	Multiple Program Transport Stream
<b>N</b>	
<b>NIT</b>	Network Information Table
<b>H</b>	
<b>HD</b>	Haute Définition
<b>O</b>	
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing

**Q****QAM**            Quadrature Amplitude Modulation**QPSK**           Quadrature Phase Shift Keyed**P****PAL**            Phase Alternate Line**PAT**            Programm Association Table**PES**            Paquetized Elementary Stream**PID**            Paquet Identifier**PMT**           Programm Map Table**PLL**            Phase-locked loop**PSI**            Programm Specific Information**R****RF**            Radio Fréquence**RTM**           Radio Télévision Marocaine**RVB**           Rouge Vert Bleu**S****SDT**           Service Description Table**SD**            Standard Definition**SNRT**          Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision**SPTS**          Single Programme Transport Stream**T****TDT**           Time Definition Table**TOT**           Time Offset Table**TS**            Transport Stream**TNT**           Télévision Numérique Terrestre**TPS**           Transmission Parameters Signalling**V****VHF**           Very High Frequency

**U****UHF** Ultra High Frequency**UTC** Coordinated Universal Time**Sommaire**

Liste des figures.....	8
Liste des tableaux .....	10
Liste des acronymes .....	10
<i>Introduction générale</i> .....	16
<i>Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil</i> .....	19
I. <i>Présentation de la SNRT</i> .....	19
II. <i>Historique</i> .....	19
III. <i>Les services offerts par la SNRT</i> .....	20
1. <i>Les chaines TV</i> .....	20
2. <i>Les stations radio</i> .....	21
IV. <i>Les directions de la SNRT</i> .....	22

---

V. <i>La direction de la télédiffusion</i> .....	23
VI. <i>Contexte général de projet</i> .....	23
<i>Chapitre II : Etude théorique de la télévision terrestre</i> .....	26
<i>Introduction</i> .....	26
A. <i>Architecture de réseau SNRT</i> .....	26
B. <i>Les normes et standards au Maroc</i> .....	28
I. <i>Les bandes de fréquences</i> .....	28
II. <i>Le système de codage</i> .....	29
C. <i>La télévision analogique terrestre</i> .....	30
I. <i>Technique et norme de la vidéo analogique terrestre</i> .....	30
1. <i>Structure de l'Image</i> .....	30
2. <i>Le signal vidéo</i> .....	32
3. <i>Le signal vidéo monochrome et couleur</i> .....	33
A. <i>La télévision numérique terrestre</i> .....	35
I. <i>La télévision numérique terrestre (TNT)</i> .....	35
II. <i>La norme DVB-T</i> .....	36
1. <i>Introduction</i> .....	36
2. <i>Codage source</i> .....	37
3. <i>Le codage canal</i> .....	40
4. <i>Adaptation au canal de transmission terrestre</i> .....	44
<i>Chapitre III : Mesure de la qualité vidéo</i> .....	50
A. <i>mesure de la qualité du signal vidéo analogique</i> .....	50
I. <i>Les signaux de mesure de la qualité</i> .....	50
1. <i>La ligne 17</i> .....	51
2. <i>La ligne 18</i> .....	54
3. <i>La ligne 330</i> .....	55
4. <i>La ligne 331</i> .....	58
5. <i>Autres mesures</i> .....	60
B. <i>mesure de la qualité d'un signal vidéo numérique</i> .....	62
I. <i>Les constituants d'un signal vidéo numérique</i> .....	62
II. <i>terminologie de mesure</i> .....	63
1. <i>le MER (Modulation Error Ratio)</i> .....	63
2. <i>Le BER (Bit Error Rate)</i> .....	66

---

---

<i>III. Les mesures de qualité d'un signal vidéo numérique</i> .....	67
1. <i>Mesure de spectre utile</i> .....	67
2. <i>L'intermodulation</i> .....	68
3. <i>Mesure d'erreur binaire BER</i> .....	70
4. <i>Mesure de MER</i> .....	72
<i>Chapitre IV : Standardisation des mesures et développement d'une interface web pour leur enregistrement</i> .....	74
I. <i>Analyse des besoins</i> .....	74
II. <i>Standardisation des mesures</i> .....	75
III. <i>Mise en place de l'interface web</i> .....	77
a. <i>Se familiariser avec les outils de travail</i> .....	77
b. <i>Réaliser le diagramme de site</i> .....	77
c. <i>Passer à l'action</i> .....	78
<i>Conclusion générale et perspectives</i> .....	82
<i>Bibliographie</i> .....	83
<i>Webographie</i> .....	83
<i>Annexe 1</i> .....	84
<i>Annexe 2</i> .....	87
<i>Annexe 3</i> .....	88



## *Introduction générale*

Dans le domaine de télécommunication, la qualité de service en termes de diffusion et de transmission est devenue une exigence pour le public. Et vu la complexité des systèmes assurant ces services, une simple erreur peut amener à des résultats inattendus. De peur qu'une entreprise tombe dans une telle situation, il est de la responsabilité des gestionnaires des réseaux publics de garantir un certain niveau de qualité des signaux diffusés aux utilisateurs.

Pour une société telle que la société nationale de radiodiffusion et de la télévision, le contrôle de la qualité de service devient une fonction essentielle dans toutes les activités liées à un réseau de diffusion et de transmission. Ainsi, au cas de défaillance d'un équipement et en se basant sur un ensemble des normes de la mesure de qualité, cette dernière aura pour objectif de cibler la source de défaillance et de rendre la vitesse de détection et de réaction encore plus rapide. De manière plus générale, on voit que le contrôle de la qualité des signaux transmis est un élément très important de l'ingénierie des télécommunications.

A son arrivé, et lors d'une situation anormale, le signal traversant la chaîne de transmission va subir un ensemble de mesure à l'aide d'un outil de contrôle de qualité afin de remédier au problème pendant l'intervalle de temps le plus court possible.

C'est dans ce contexte que se situe notre projet de fin d'étude. Il consiste à une proposition d'une stratégie de mesure de la qualité du signal vidéo pour la transmission analogique et numérique.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, effectué au sein de la société nationale de radiodiffusion et de la télévision, nous étions amenés, en premier lieu, à passer par une étude théorique de la télévision terrestre ce qui nous a aidé à construire une idée sur les constituants d'un signal vidéo analogique et numérique. Ensuite, nous sommes passés à l'étude pratique qui s'est focalisé sur la mesure de la qualité de celui-ci. Cependant, une analyse des besoins a montré un grand intérêt de ces mesures pour le département de la télédiffusion. Ainsi, la problématique de l'existant pourra être définie par :



- Une absence d'une démarche précise à suivre lors de la réalisation des mesures, ce qui présente un inconvénient majeur lors de la maintenance, vu que la personne mesureur peut oublier ou négliger certaines mesures.
- Une absence d'une politique d'archivage, ce qui influence la continuité de la démarche de contrôle de la qualité vidéo.

En dernier lieu, nous avons terminé par l'implémentation de la solution jugée convenable selon le besoin et la disponibilité.

A ce propos, notre sujet, est intitulé « standardisation de mesure de la qualité vidéo et développement d'une interface web pour son enregistrement ».

Pour notre mémoire, nous avons choisi de suivre le plan suivant :

Une première partie décrivant l'organisme d'accueil.

Une deuxième partie théorique comportant quatre axes :

- Une brève description du réseau de diffusion à la SNRT.
- Une petite étude sur les bandes de fréquence et les systèmes de codage adopté au Maroc.
- Une étude de la télévision analogique terrestre décrivant les constituants d'un signal vidéo analogique.
- Une étude de la télévision numérique terrestre illustrant les différentes étapes de codage d'un signal numérique en commençant par un codage source et puis par un codage canal pour terminer avec une adaptation avec le canal de transmission.

Une troisième partie pratique pour la mesure de la qualité vidéo, et s'est divisé en deux sous partie, l'une qui traite les mesures à effectuer sur un signal vidéo analogique, et l'autre traite les mesures à faire sur un signal vidéo numérique.

La dernière partie va être consacrée à la standardisation de mesure de la qualité vidéo et le développement d'une interface web pour son enregistrement.



# 1

## PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

*Ce chapitre sera dédié à une présentation de l'organisme d'accueil, ainsi que le contexte générale de projet*



## *Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil*

### *I. Présentation de la SNRT*

Anciennement Radio Télévision Marocaine (RTM), la Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision (SNRT) est, conformément à la loi n° 77-03 relative à la communication audiovisuelle, une société anonyme de droit marocain dont le capital social est entièrement détenu par l'Etat. A ce titre et, en vertu des articles 1er et 47 de ladite loi, la SNRT est une société nationale d'audiovisuel appartenant au Secteur public de la communication audiovisuelle.

La SNRT est financée par des subventions de l'état, les recettes publicitaires et la taxe pour la promotion du paysage audiovisuel national (TPPAN).

Les chaînes du service public marocain visent, à travers leurs programmes, à la promotion et la sauvegarde du patrimoine culturel audiovisuel national.

### *II. Historique*

L'ancêtre de la SNRT, Radio Maroc, commença à émettre lors du protectorat le **13 avril 1928**, sous tutelle de l'Office Chérifien des Postes et Télégraphes. Le Maroc fut le pionnier dans le domaine de l'audiovisuel. Déjà dans les années 50, il avait connu une première expérience entreprise par la société française "TELMA" qui voyait en la communauté européenne au Maroc un public potentiel.

- En **1951**, l'autorisation d'exploitation et de diffusion fut cédée à la "TELMA" qui ne commença à émettre qu'en 1954. La chaîne publique marocaine devait débiter au lendemain de l'indépendance le **3 mars 1962**, émettant en noir et blanc. La couleur (Secam b) ne fut introduite qu'en **1972**.
- En **octobre 1966**, la Radiodiffusion Marocaine devient un établissement public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière mais retourne dans le giron de l'administration en **janvier 1968**. La SNRT est alors rattachée à l'Administration Centrale du Ministère de l'Information en **1978**.



- En **avril 2005**, dans un contexte de libéralisation du paysage audiovisuel marocain et de compétition grandissante, la Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision succède à la RTM qui était toujours une administration publique. Les 2 300 salariés de l'ex RTM ont alors changé de statut, le groupe n'étant plus une administration mais une société d'Etat indépendante.

Plusieurs chantiers de modernisation sont alors lancés tant au niveau de la structure de l'organigramme qu'au niveau de la création de chaînes thématiques, le lancement d'un portail Internet, l'avènement de la TNT et la Télévision Mobile Personnelle.

### **III. Les services offerts par la SNRT**

#### **1. Les chaînes TV**

Les chaînes de télévision du groupe sont diffusées sur les ondes hertziennes, l'ADSL, le Satellite et la TNT, à l'exception d'Al Maghribya qui est diffusée uniquement par satellite et Aflam TV qui est exclusivement diffusée via TNT.



Al Aoula

L'objectif de cette chaîne étant de répondre au mieux aux besoins de nos téléspectateurs au Maroc, dans le monde Arabe et en Europe.



Laayoune TV

Cette chaîne se veut une chaîne de proximité et couvre ainsi la totalité des provinces du sud.



Arryadia

Cette chaîne s'intéresse à tous les sports pratiqués au Maroc et couvre toutes les rencontres sportives nationales ainsi que l'actualité sportive internationale.



Arrabia

C'est la chaîne du savoir et de la culture, elle s'intéresse à la vulgarisation des problématiques sociales et la connaissance des institutions nationales.



Al Maghribia

C'est une chaîne satellitaire qui a pour vocation de s'adresser aux résidents marocains à l'étranger.



Assadissa

La chaîne Mohammed VI du Saint Coran est une chaîne thématique religieuse axée sur la connaissance des préceptes de l'Islam à destination d'un large public.



Aflam TV

Cette chaîne est entièrement dédiée à la fiction avec des programmes nationaux et internationaux, en qualité numérique 24H/24H.



Tamazight

Cette chaîne est dédiée au programme en langue Tamazight.

## 2. Les stations radio

Le pôle radio de la SNRT comporte quatre radios nationales et dix radios régionales qui offrent une programmation de référence, généraliste et diversifiée dans le but de satisfaire les besoins d'information, de culture, d'éducation et de divertissement du public marocain.



Al Idaa Al Watania

: Radio généraliste de référence de tous les marocains



Chaîne Inter

: Station généraliste émettant en arabe, français, espagnol et anglais.



Al Idaa Al Amazighia

: Station consacrée à la culture berbère.



Radio Mohammed VI  
du Saint Coran

: Station à vocation religieuse.

Les stations régionales sont :



- Casablanca à 98.6 MHz.
- Tanger à 88.70 MHz.
- Tétouan à 93.70 MHz.
- Fès à 98.40 MHz.
- Meknès à 92.50 MHz.
- Oujda à 96.10 MHz.
- Marrakech à 91.70 MHz.
- Agadir à 87.90 MHz.
- Laayoune à 91.00 MHz.
- Dakhla à 91.80 MHz.

#### IV. *Les directions de la SNRT*

La SNRT est administrée par un directeur général. Et elle comprend quatre directions :

- **La direction de la radio** : elle a pour mission de définir et d'arrêter les orientations en matière de programme et d'information radiophoniques et d'œuvrer à la promotion de la culture nationale et à sa diffusion sur le territoire national et à l'étranger.
- **La direction de la télévision** : elle a pour mission de définir et d'arrêter les orientations en matière de programme et d'information télévisuels et d'œuvrer à la promotion de la culture national et à sa diffusion sur tout le territoire national et à l'étranger. Elle assure la conception des dits programmes, et leur programmation.
- **La direction de la télédiffusion** : elle a pour mission d'assurer la réalisation ainsi que l'exploitation et l'entretien des moyens de transmission et de diffusion de la radio et de la télévision.
- **La direction des ressources humaines et des affaires générales** : elle a pour mission de gérer les ressources humaines, matérielles et budgétaire mise à la disposition de la SNRT.

L'administration de la SNRT comprend aussi :

- **Une division de la coopération et des relations extérieures.**
- **Des services extérieurs constitués de stations régionales.**



## V. *La direction de la télédiffusion*

Notre projet de fin d'étude a été effectué au sein de la direction de télédiffusion qui a pour rôle principal de veiller sur le bon fonctionnement des différents moyens de transmission et de diffusion de la radio et de la télévision.

Cette direction regroupe plusieurs départements et services comme le montre l'organigramme suivant :

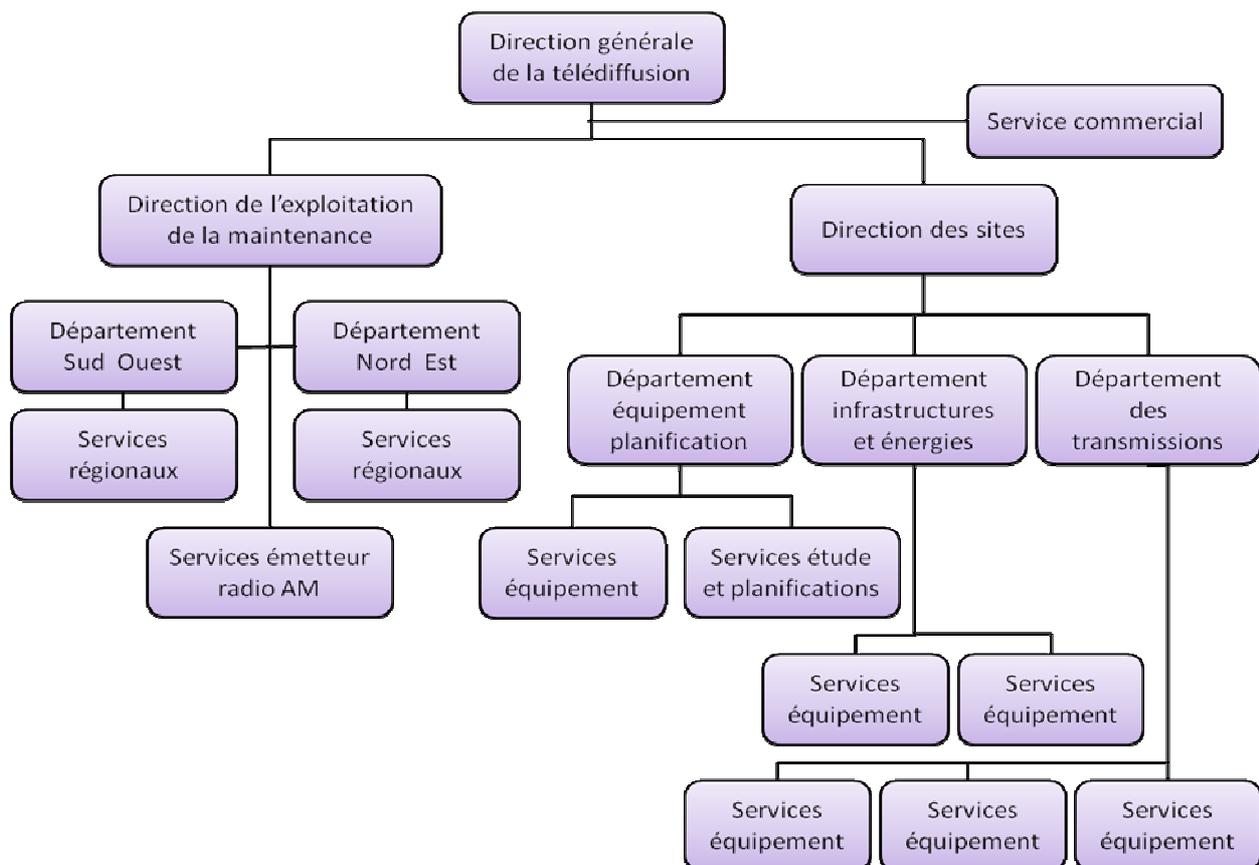


Figure 1: L'organigramme de la direction de la télédiffusion.

## VI. *Contexte général de projet*



Durant notre stage effectué à la SNRT, la mesure de la qualité vidéo est le sujet qui nous a beaucoup intéressé. Ainsi, il nous a poussés à passer par un enchaînement des étapes. D'abord d'entamer toute une étude théorique sur la télévision analogique et numérique terrestres, puis étudier profondément les mesures à faire sur la qualité vidéo analogique et numérique, ainsi pour étudier les problèmes rencontrés lors de ces mesures. A la fin de cette étude, il sera question de mettre en place une fiche standard pour la mesure de la qualité vidéo, ainsi qu'une interface web intranet permettant d'enregistrer toute mesure faite et aussi de communiquer les informations concernant les mesures entre toute personne du département de télédiffusion concernée par ces mesures.

*Etude théorique de la télévision analogique terrestre et la télévision numérique terrestre.*

*Etude pratique sur les mesures de la qualité vidéo analogique et numérique.*

*Analyse des besoins de département de télédiffusion concernant les mesures de la qualité vidéo, et la mise en place d'une fiche standardisant ces mesures ainsi qu'une interface web intranet permettant leur numérisation et leur enregistrement.*

L'enchaînement des travaux de ce projet est présenté dans la figure suivant :

Etape I

Etape II

Etape III

Enchaînement à suivre.



*Ce deuxième chapitre sera consacré à une étude théorique de la télévision terrestre et il sera divisé en deux parties, la première va être consacrée à la télévision analogique terrestre quant à la deuxième sera consacrée à la télévision numérique terrestre.*

# 2

## ETUDE THÉORIQUE DE LA TÉLÉVISION

---

### TERRESTRE



## ***Chapitre II : Etude théorique de la télévision terrestre***

### ***Introduction***

La télévision terrestre est constituée par un ensemble du réseau d'émission et de diffusion. Ce réseau est basé essentiellement sur:

- Une transmission terrestre (Radio de Faisceau hertzien): Réseau d'émission et de contribution.
- Des émetteurs TV, FM, AM : qui servent à une couverture terrestre d'une grande population locale ou régionale.
- Des réémetteurs TV & FM : permettant de changer le canal de diffusion en gardant le même signal diffusé par l'émetteur pilot afin de couvrir les zones ombres.

### ***A. Architecture de réseau SNRT***

Afin d'étudier de plus près le réseau de la télévision terrestre nous nous sommes rendus à la station de ZAER, dans laquelle nous avons pu découvrir le schéma synoptique de la chaîne de télévision analogique et aussi celle de la télévision numérique.

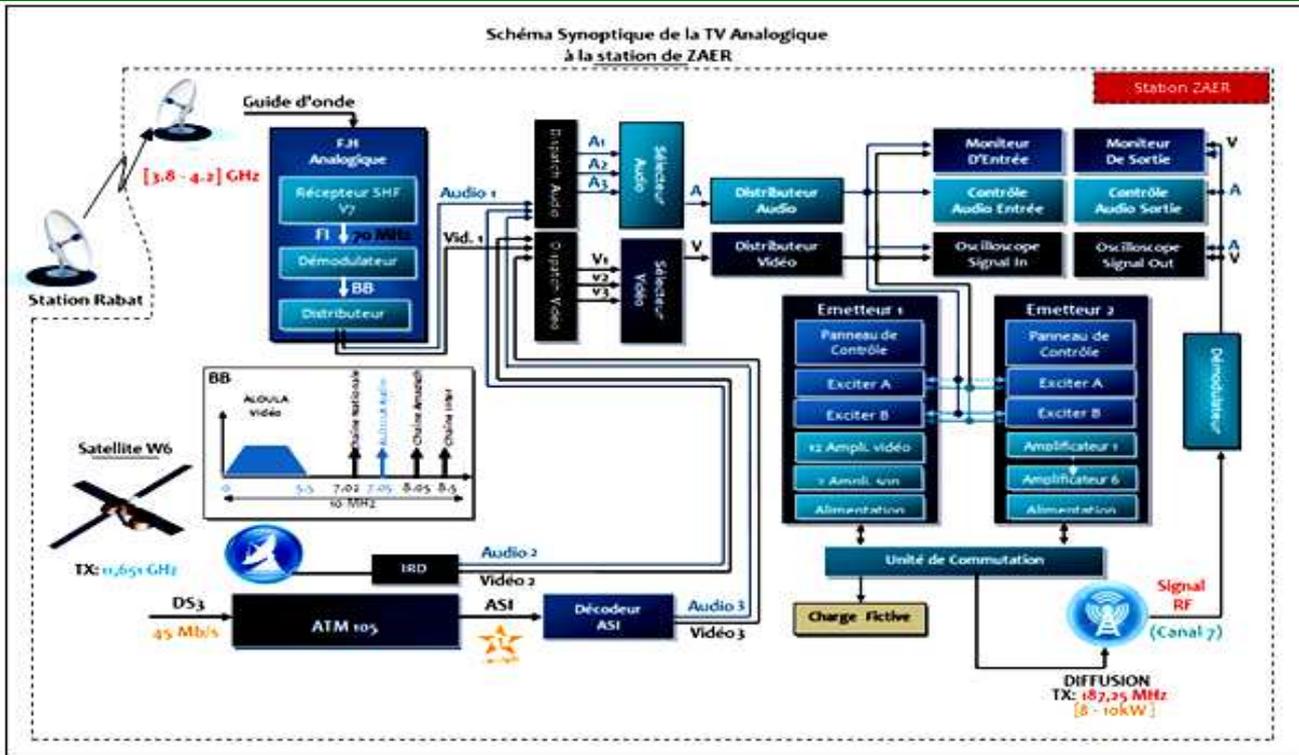


Figure 2: Schéma synoptique de TV analogique à la station de ZAER.

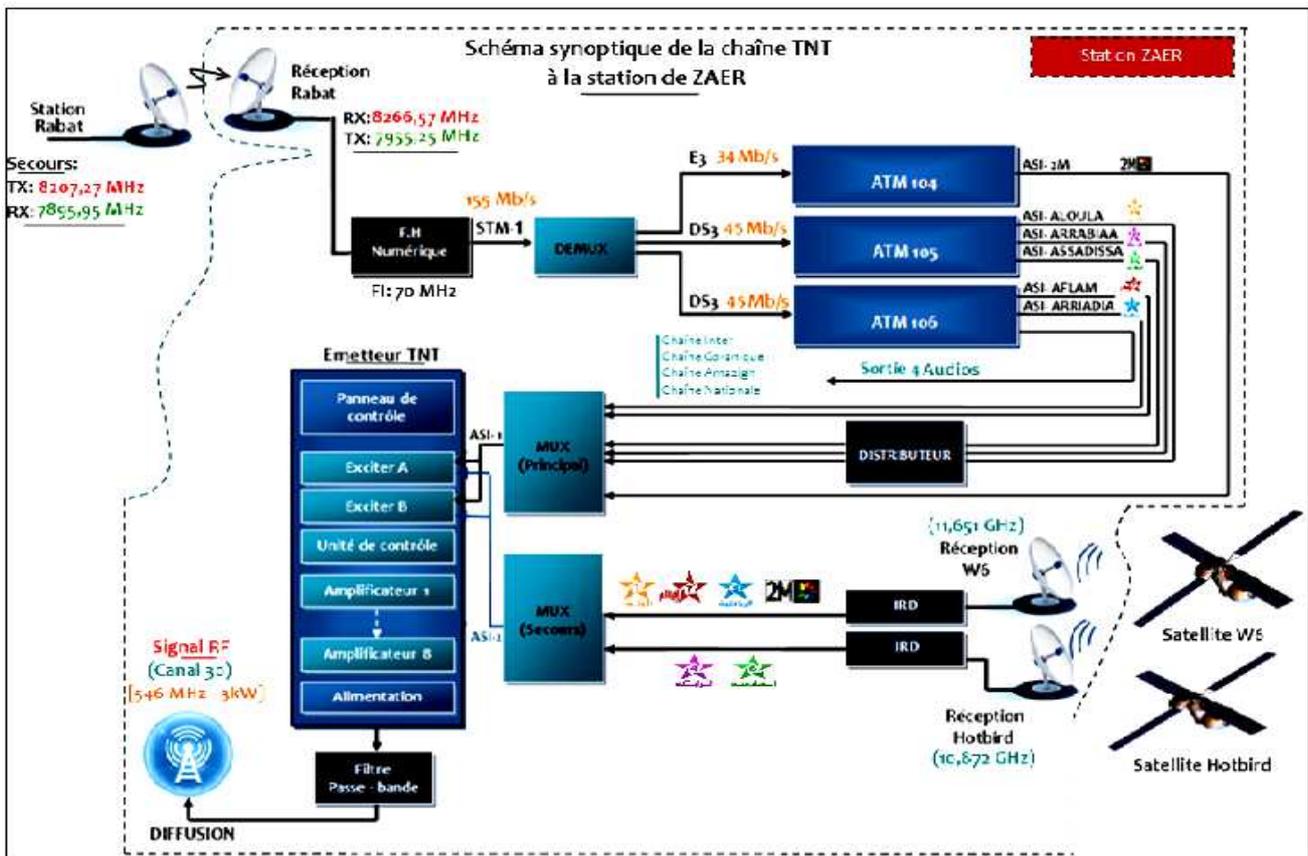




Figure 3: Schéma synoptique de la chaîne TNT à la station de ZAER.

A la station terrestre de diffusion, nous trouvons principalement deux types de support de transmission :

- Le faisceau hertzien

Ce type de support de transmission représente le moyen le plus efficace pour les distances de l'ordre de 50 Km. Au Maroc, le type de modulation utilisée sur ce support est une modulation d'amplitude pour la vidéo et une modulation de fréquence pour le son.

- Le satellite

Il s'agit d'un moyen essentiel de réception surtout pour les zones lointaines qui ne peuvent pas être asservies par le faisceau hertzien. Encore, le satellite peut jouer un rôle très important au cas de défaillance de faisceau hertzien puisqu'il peut être utilisé comme un secours de celui-ci.

## ***B. Les normes et standards au Maroc***

### ***I. Les bandes de fréquences***

Au Maroc, la bande de fonctionnement de la télévision analogique est la bande III/VHF [170 - 230] MHz qui permet de profiter de huit canaux dont la disposition est la suivante :

Canal	Fréquence image (MHz)	Fréquence son (MHz)
M5	171.25	176.75
M6	179.25	184.75
M7	187.25	192.75
M8	195.25	200.75
M9	203.25	208.75
M10	211.25	216.75
E11	217.25	222.75
E12	224.25	229.75

Tableau 1: Bandes des fréquences au Maroc.



Alors que la diffusion pour la TNT se fait dans la bande IV et V en UHF permettant ainsi de bénéficier de 47 canaux (du canal 21 jusqu'au canal 68).

La bande passante de chaque canal est de 8 MHz, alors que l'intervalle utile ne peut pas dépasser 5.5 MHz et commence par la fréquence vidéo et se termine par la fréquence son. Et afin d'éliminer les interférences entre deux canaux adjacents, il est nécessaire de laisser des petits intervalles de l'ordre de 1.25MHz des deux cotés de chaque canal.

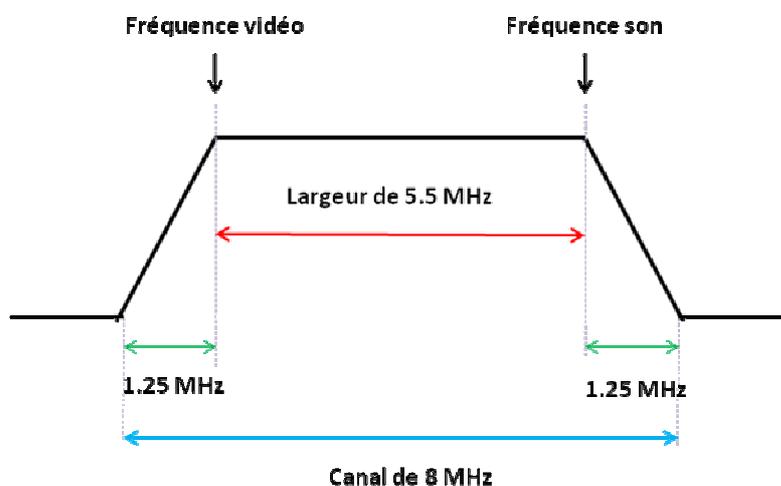


Figure 4: La bande passante du canal.

## II. Le système de codage

Pour la télévision analogique couleur, l'image est transmise sous la forme de deux informations complémentaires la luminance exprimant la luminosité ainsi que les contours des formes visualisées et la chrominance, porteuse de l'information couleur.

Le système de codage couleur utilisé par la télévision au Maroc est le B/G PAL (Phase Alternate Line), il s'agit d'un format européen, les caractéristiques de ce standard sont :

- une vidéo d'une seconde n'est autre qu'une succession de 25 images.
- Une image est formée de 575 lignes utiles.
- Chaque ligne correspond à 720 points.
- Fréquence de la sous porteuse de chrominance :  $F = 4.43$  MHz.
- La sous porteuse de chrominance est modulée en amplitude.



- Le son est modulé en fréquence.

En ce qui concerne la télévision numérique terrestre, La transmission des signaux se fait suivant la norme DVB-T. Cette dernière définit différents types de compression audio/vidéo selon la qualité d'image et de son comme le montre le tableau suivant :

	Chaines gratuites	Chaines payantes	
La définition	SD (720*576 pixels)	SD (720*576 pixels)	SD (1440*1080 pixel)
La vidéo	MPEG2, 4Mbps	MPEG4 AVC, 1Mbps	MPEG4 AVC, 8Mbps
L'audio	MPEG layer 3, Dolby AC3, 192Kbps Ou 5.1, 384Kbps	MPEG4 AAC	MPEG4 AAC

Tableau 2: Les types de compression audio vidéo en numérique.

## ***C. La télévision analogique terrestre***

### ***I. Technique et norme de la vidéo analogique terrestre***

#### ***1. Structure de l'Image***

Les caractéristiques fondamentales de tous les systèmes de télévision ont été définies par rapport à des considérations physiologiques de l'œil humain, qui se résument par le mot image. Cette image est constituée d'un ensemble de lignes portant des informations qui peuvent concerner l'intensité lumineuse, la couleur, la synchronisation ou la qualité. Pour le standard B/G PAL utilisé au Maroc, une image est constituée de 625 lignes composées de deux trames :

- La première trame: commence à la ligne 1 et se termine à la ligne 312.5.
- La deuxième trame: commence à la ligne 312.5 et se termine à la ligne 625.

Pour chaque trame, on trouve deux types de lignes:

- ✓ Lignes utiles: Elles portent des informations propres à l'image et sont de 575 lignes :



- De la ligne 23.5 jusqu'à la ligne 310.
- De la ligne 336 jusqu'à la ligne 623.5.
- ✓ Lignes non utilisés : Elles ne portent pas des informations propres à l'image, mais peuvent contenir des informations sur sa qualité et sont de 50 lignes :
  - De la ligne 623.5 jusqu'à la ligne 23.5.
  - De la ligne 311 jusqu'à la ligne 335.

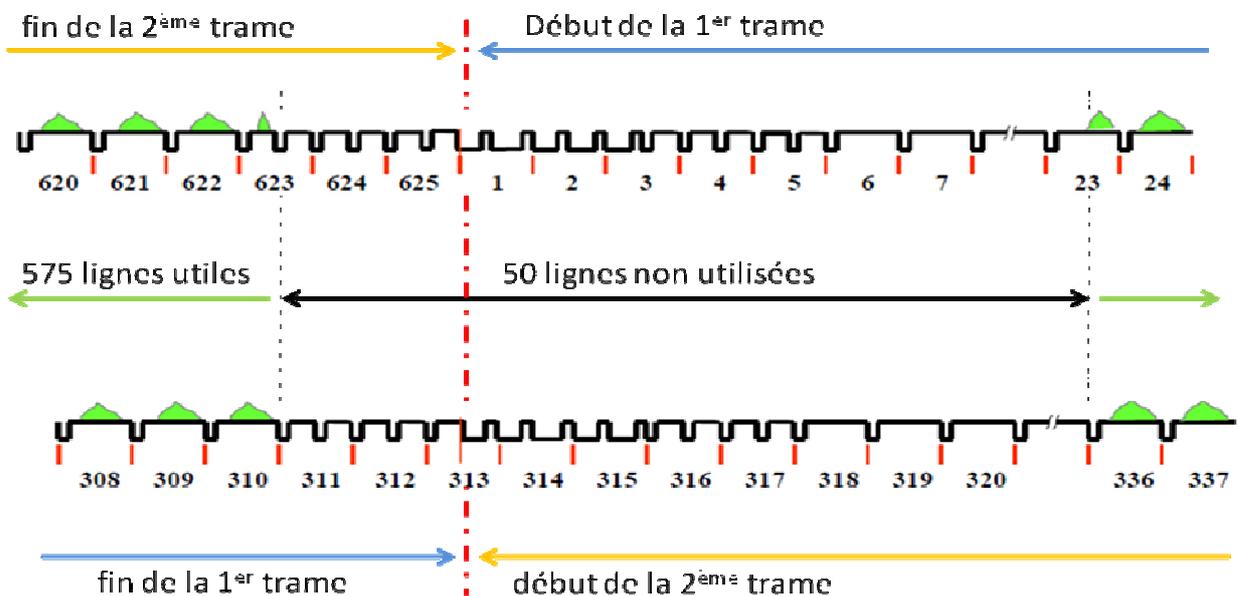


Figure 5: Compositions d'une image vidéo.

Pour une charge d'adaptation de  $75 \Omega$ , l'amplitude crête à crête des signaux vidéo est de 1V, 30% de cette plage (0.3V) est dédié à la synchronisation, sur l'écran ce niveau se traduit en noir, alors que les 70% restant (0.7V) sont dédié aux niveaux de luminance, le niveau 0.3V représente le noir sur l'écran alors que le niveau 0.7V représente le blanc.

Au Maroc, la fréquence du courant électrique est de 50 Hz, donc à chaque période de courant électrique va correspondre une trame :

$$\text{Durée d'une trame} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0.02 \text{ s} = 20 \text{ ms.}$$

Et puisqu'une image correspond à 625 lignes, alors la durée d'une ligne est:

$$\text{Durée ligne} = \frac{\text{Durée image}}{625 \text{ lignes}} = \frac{40 \text{ ms}}{625} = 64 \mu\text{s}$$



$$\text{Fréquence ligne} = \frac{1}{\text{durée ligne}} = 15.625 \text{ KHz}$$

En réalité, sur chaque ligne le signal utile ne peut durer que 52  $\mu\text{s}$ , alors que les 12  $\mu\text{s}$  restantes sont réservées à la synchronisation. Les premières 4.7  $\mu\text{s}$  correspondent au balayage horizontal, les 5.8  $\mu\text{s}$  avant les variations des niveaux de luminance, les 52  $\mu\text{s}$  correspondent aux variations des niveaux de luminance, et les 1.5  $\mu\text{s}$  restant situés à la fin pour annuler toute perturbation de la ligne suivante causée par la ligne à balayer.

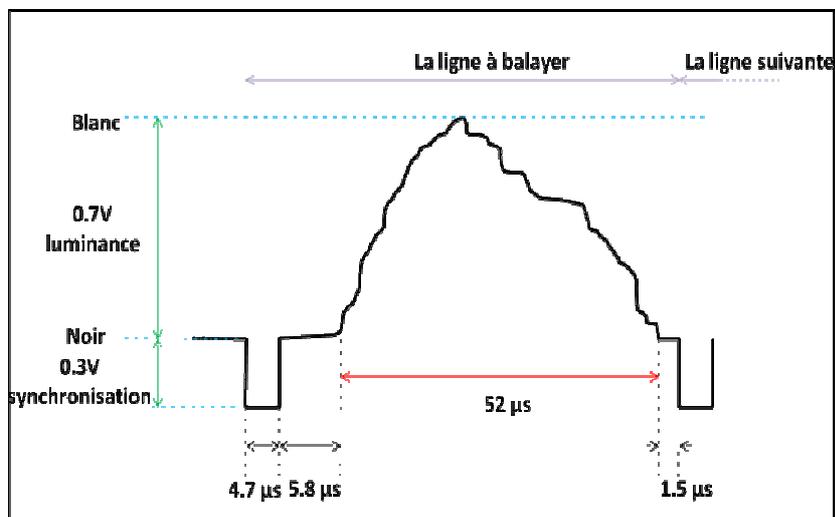


Figure 6: Les constituants d'une ligne pour un signal vidéo analogique.

## 2. Le signal vidéo

En télévision, l'affichage de l'image se fait à l'aide d'un faisceau d'électrons dans un tube cathodique, ce faisceau permet l'analyse de toutes les lignes constituant l'image en se déplaçant de gauche vers la droite, ce principe est appelé **balayage**.

Le balayage des lignes paires (2, 4, 6,...) se fait lors de la première séquence pour former la première demi image. La deuxième séquence va concerner le balayage des lignes impaires (1, 3, 5, 7, ...) afin de compléter l'image, ce principe est appelé **entrelacement**.

Le tableau ci-dessous explique bien la reconstitution de l'image sur l'écran :

Séquence des lignes paires	Séquence des lignes impaires	Toutes les lignes de l'image
----------------------------	------------------------------	------------------------------

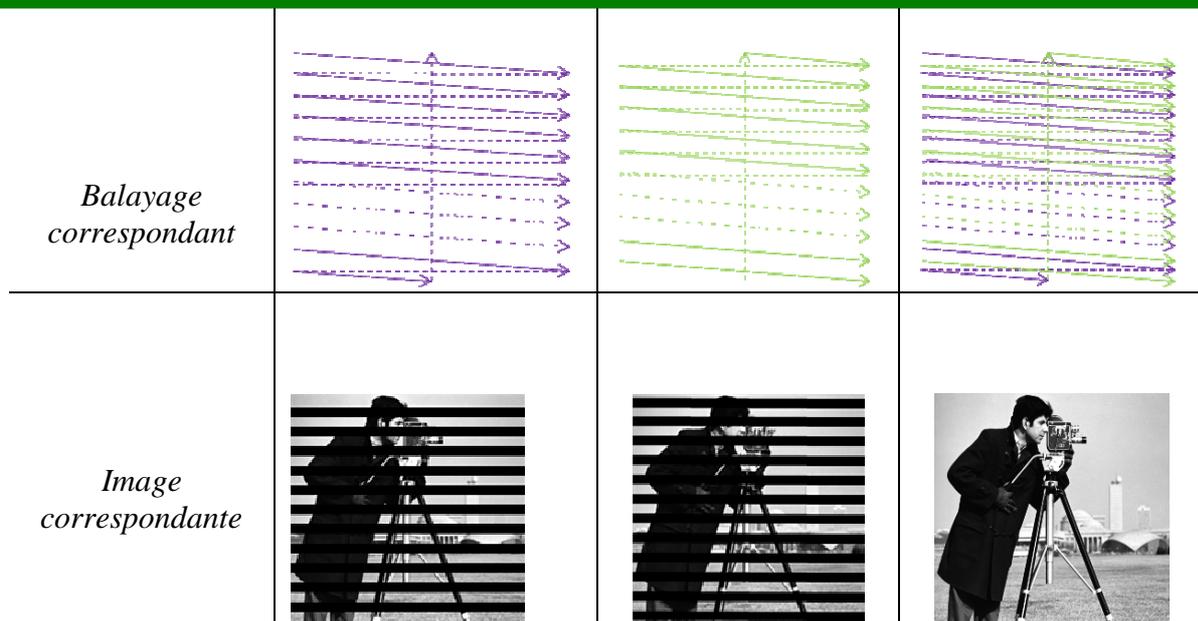


Figure 7: Balayage des lignes et restitution de l'image.

La durée d'une image est de 40 ms. D'où, la fréquence d'une image est :

$$\text{Fréquence image} = \frac{1}{40 \text{ ms}} = 25 \text{ Hz} = 25 \text{ image/seconde}$$

Donc un signal vidéo de durée d'une minute va correspondre à :

$$25 \text{ image} * 60 \text{ secondes} = 1500 \text{ images.}$$

### 3. Le signal vidéo monochrome et couleur

Pour les systèmes TV noir et blanc, la transmission de signal vidéo à été basée sur une seule composante qui est la luminance, celle-ci permet de décrire les variations des niveaux de gris sur l'écran, et elle a comme formule :  $Y=0.3R+0.11B+0.59V$ , où R représente la couleur, rouge, B représente la couleur bleu et V représente la couleur vert.

Les variables R, V et B ne peuvent prendre que deux valeurs comprise entre '0' et '1'.

Exemple :

R	V	B	Y	luminance correspondant
1	1	1	1	
1	1	0	0.89	
0	1	1	0.7	



0	1	0	0.59	
1	0	1	0.41	
1	0	0	0.3	
0	0	1	0.11	
0	0	0	0	

Tableau 3: Codage d'un signal vidéo monochrome.

Le signal vidéo correspondant à cette luminance est le suivant :



Figure 8: Signal vidéo monochrome.

Pour pouvoir assurer la compatibilité entre les systèmes TV N&B et les systèmes TV couleur, il est nécessaire de faire un transcodage des signaux RVB en ajoutant deux autres composantes en plus de la luminance. Ces composantes sont :

- ✓ La chrominance rouge :  $Cr = R - Y$ .
- ✓ La chrominance bleu :  $Cb = B - Y$ .

Exemple :

R	V	B	Y	luminance correspondant	$Cb = B - Y$	$Cr = R - Y$	couleur correspondant
1	1	1	1		0	0	
1	1	0	0.89		-0,89	0,11	jaune
0	1	1	0.7		0,3	-0,7	cyan
0	1	0	0.59		-0,59	-0,59	vert
1	0	1	0.41		0,59	0,59	magenta
1	0	0	0.3		-0,3	0,7	rouge
0	0	1	0.11		0,89	-0,11	bleu
0	0	0	0		0	0	noir

Tableau 4: Codage d'un signal vidéo couleur.

Le signal vidéo correspondant à ces couleurs est le suivant :

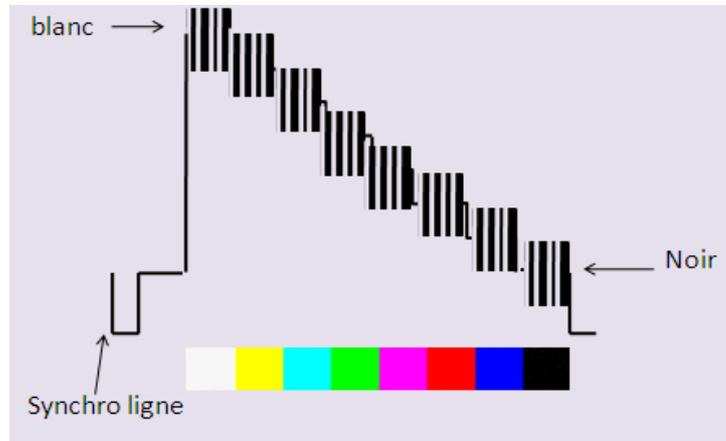


Figure 9: Signal vidéo couleur.

Le passage de la télévision noir et blanc à la télévision couleur a fallu maintenir une compatibilité avec les téléviseurs noirs et blancs existants. Alors, la transmission de la composante de chrominance a permis d'accomplir cette compatibilité, sans avoir recours à aucune mutation des anciens systèmes.

## ***A. La télévision numérique terrestre***

### ***I. La télévision numérique terrestre (TNT)***

La naissance de la télévision numérique terrestre était une évolution en matière de la diffusion des signaux. Il s'agit d'une diffusion numérique des signaux basée sur le même réseau que celui de la télévision analogique. Et contrairement à cette dernière qui à chaque programme dédie tout un canal, la télévision numérique a permis aux opérateurs d'économiser le nombre des canaux en diffusant plusieurs programmes sur un seul canal (5 ou 6 programme par canal). Et parmi les avantages de la TNT, on cite :

- la qualité d'image est meilleure que celle offerte par la télévision analogique.
- Même si le signal est faible les altérations sont moins perceptibles.
- Certaines chaînes peuvent diffuser en haute définition (HD).
- La consommation d'énergie en termes de la transmission.
- La suppression de l'effet négatif des trajets multiples.



- la compatibilité naturelle avec les installations de réception analogique existantes.
- Des ressources en débit numérique.

## II. La norme DVB-T

### 1. Introduction

La norme DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestriel) de la télévision numérique a permis aux faisceaux hertziens de jouer le rôle de satellite pour une transmission numérique des signaux vidéo. En effet, le principe de fonctionnement est basé sur un ensemble d'équipement permettant de réaliser une adaptation des signaux TV en bande de base en sortie de multiplexeur aux caractéristiques du canal terrestre.

Le flux de données à transmettre subit à un traitement selon le schéma synoptique ci-dessous :

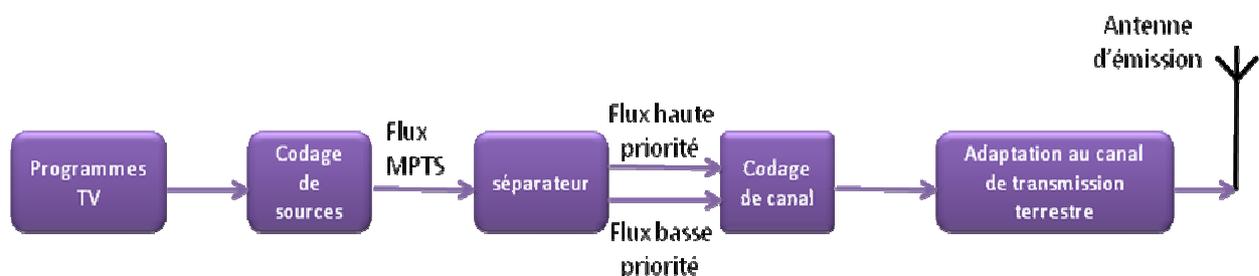


Figure 10: Schéma synoptique de la chaîne DVB-T.

Le processus d'une chaîne d'émission DVB-T peut être résumé en trois étapes :

- Un codage source : permettant la compression, l'embrouillage et le multiplexage des données.
- Un codage canal: qui vise à transformer les données de manière à augmenter la sûreté de transmission.
- Une adaptation au canal de transmission terrestre: qui se fait par la technique de modulation numérique visant à faire face aux problèmes typiques du canal de transmission terrestre.



## 2. Codage source

La compression, l'embrouillage et le multiplexage forment l'ensemble des processus participant au codage canal.

### a. La compression MPEG-2/MPEG-4

Cette compression consiste à réduire la quantité des données en minimisant l'impact sur la qualité vidéo afin de réduire le cout de la transmission.

- MPEG-2 appliqué au son : l'oreille humaine n'est capable de percevoir que les sons dont la fréquence est comprise entre 20 Hz et 20 KHz, ainsi cette compression consiste à éliminer tout son dont la fréquence se situe à l'extérieur de cet intervalle.
- MPEG-2 appliqué à la vidéo : d'une part, cette compression consiste à ne pas répéter les points identiques sur une image, et d'autre part de ne transmettre que la différence de deux images s'elles sont très semblables.
- MPEG-4 : cette compression utilisée sur des supports haute définition, consiste à décomposer l'image en objets dont chacun peut bénéficier d'un traitement adapté à sa nature.

### b. Le multiplexage

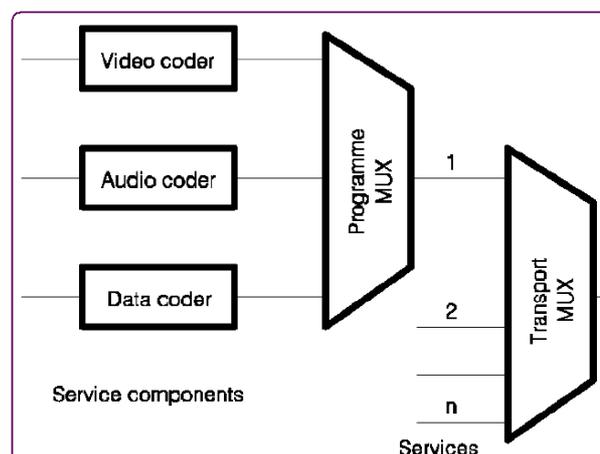




Figure 11: Codage source et multiplexage.

Après avoir traversé le codeur, le signal devient sous forme de train élémentaire ES (Elementary Stream) dont chaque train élémentaire va être rassemblé sous format d'un paquet dite PES (Paquetized Elementary Stream). Ces derniers vont être organisés pour donner un flux de transport TS (Transport Stream) de 188 octets dont le premier octet sera dédié à la synchronisation trois octets à l'en-tête de paquet TS, et les 184 qui restent pour les données utiles.

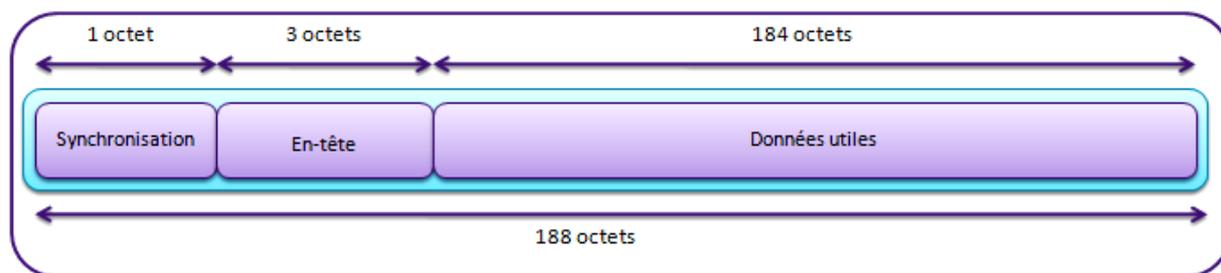


Figure 12: Longueur d'un paquet TS.

Le multiplexage des données se fait en deux étapes. En effet le rôle des premiers multiplexeurs est de rassembler toutes les composantes d'un même programme télévisé sous forme d'un paquet SPTS. Alors que le deuxième a pour rôle de diffuser dans un même canal plusieurs programmes, l'ensemble de ces programmes est organisé sous forme de paquet MPTS.

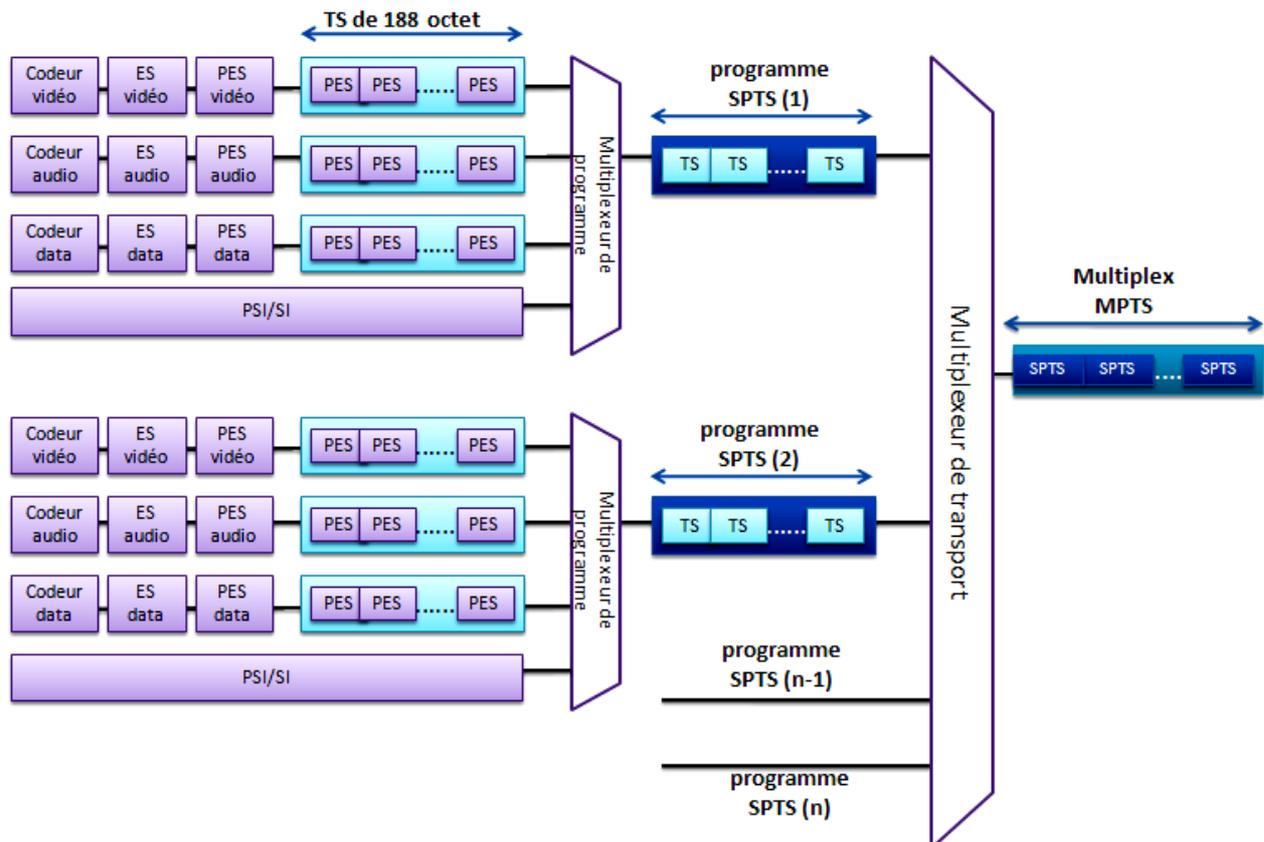


Figure 13: Organisation des flux depuis le codeur jusqu'au flux MPTS.

### c. L'embrouillage

Certaines chaînes sont payantes et diffusées en compression MPEG-4, donc il est nécessaire de les embrouiller afin de limiter l'accès aux abonnés. La norme DVB a établi un algorithme commun d'embrouillage (CSA) permettant de contrôler les abonnés et de limiter les piratages.

Cet embrouillage peut être fait à deux niveaux :

- soit au niveau paquet élémentaire de données PES.
- soit au niveau paquet transport TS.

Pour pouvoir trouver les différents services dans le flux, la norme IEC 1381-1 a définie deux types de signalisation :

- La signalisation PSI (Programm Specific Information) :

Cette signalisation est organisée en trois tables :



- La table PAT (Programm Association Table) : chaque paquet TS est identifier par son PID, en fait la table PAT se trouve toujours sur le PID 0x00 de paquet, et elle a pour rôle de définir le nombre de programme présent dans le multiplex et de donner les PID des tables qui vont permettre de reconstituer ces services.
- La table PMT (Programm Map Table) : cette table se trouve dans le multiplex, elle permet d'indiquer les différentes composantes d'un programme et donne le PID de chacune de ces composantes (image, audio1, audio2 ...).
- La table CAT d'accès conditionnel, elle est présente si au moins un des programmes est crypté, il s'agit d'un système de contrôle d'accès.
- La signalisation SI (Service Information) :  
Cette signalisation est organisée en six tables :
  - La table NIT (Network Information Table) : fournit les informations au sujet du réseau physique.
  - La table SDT (Service Description Table) : permet de décrire les services de système.
  - La table BAT (Bouquet Association Table) : permet de décrire les services d'un bouquet.
  - La table EIT (Event Information Table) : permet de décrire les événements des services tels que l'heure de départ, etc.
  - La table TDT (Time Definition Table) : fournit l'information sur la date et l'heure au format UTC.
  - La table TOT (Time offset Table) : Fournit l'information sur la date et l'heure au format UTC, ainsi que le fuseau horaire.

### ***3. Le codage canal***

Pour augmenter la sureté de la transmission des flux HD et SD issus de séparateur, ces derniers doivent subir à un traitement permettant la détection et la correction, au niveau de récepteur, des erreurs apporter par le canal, comme le montre la figure ci-dessous. Ce traitement passe par les étapes suivantes :

- Une dispersion d'énergie ou le brassage.
- Un codage externe ou Reed Solomon.
- Un entrelacement externe.
- Un codage convolutif et poinçonnage.
- Un entrelacement interne.

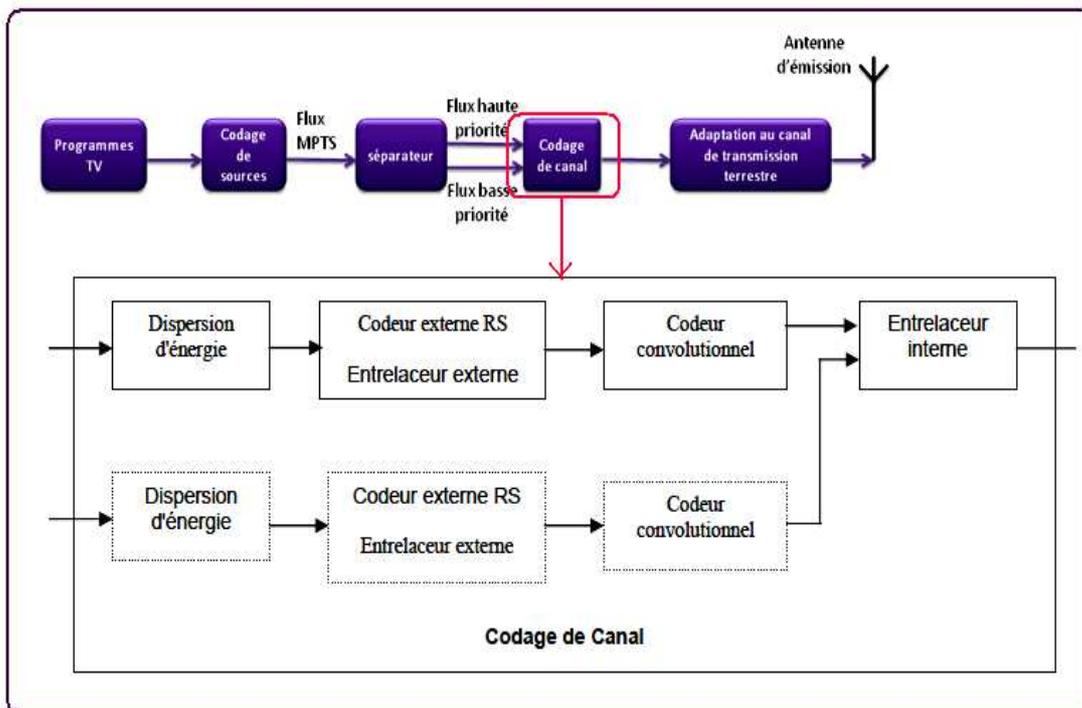


Figure 14: Schéma illustrant le principe d'un codeur canal.

*a. Dispersion d'énergie ou le brassage*

Les paquets de transport TS sont assemblés par bloc de 8 paquets, ce qui fait  $8 \times 188$  octets = 1504 octets, la récupération des blocs se fait en utilisant les octets de synchronisation de paquet TS :

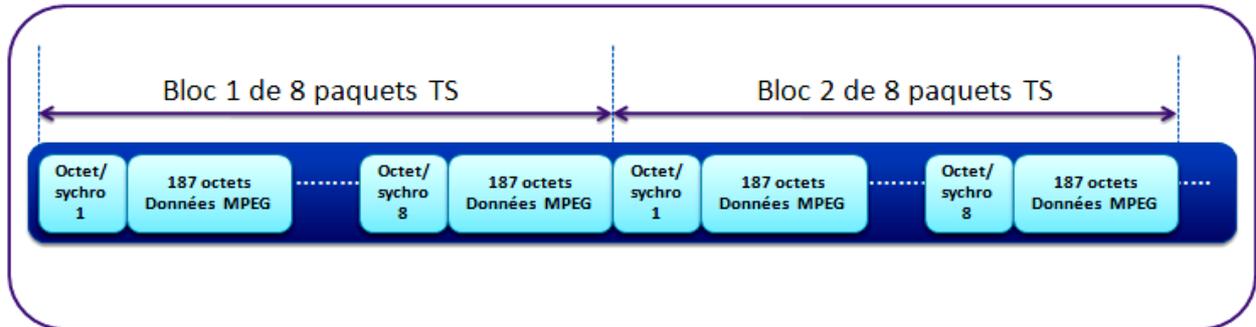


Figure 15: Paquets TS assemblés en bloc.

Le brassage ou la dispersion d'énergie sur l'ensemble de canal a pour objectif d'éliminer les longues suites de 0 ou de 1 afin d'augmenter le nombre de transitions de signal et ainsi faciliter la récupération de l'horloge. Le brassage des données est réalisé par un OU exclusif entre une séquence pseudo aléatoire, définie par la norme DVB 10010101000000, et les données d'entrée.

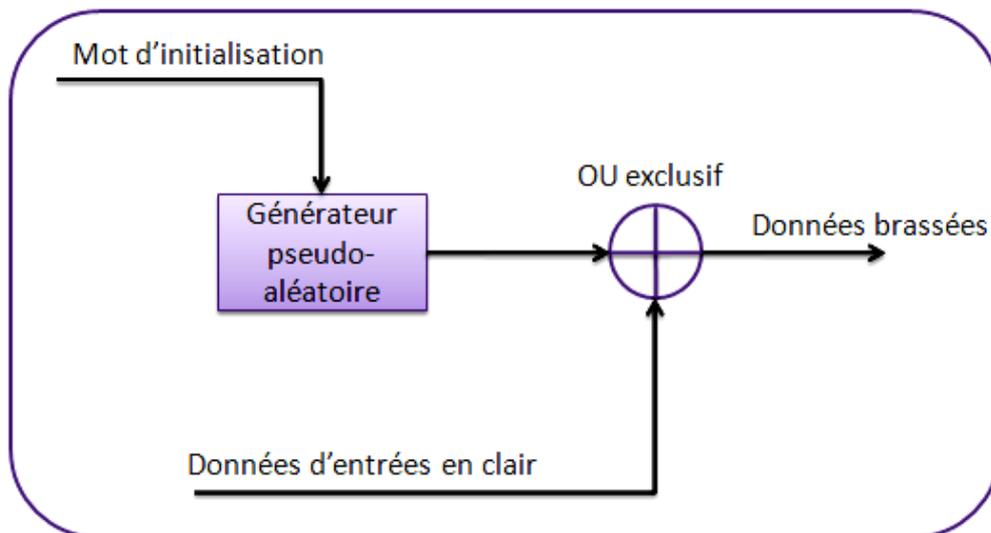


Figure 16: Schéma de l'embrouilleur.

L'octet de synchronisation de chaque paquet est : 01000111 soit 47 en hexadécimal. Pour pouvoir différencier entre l'octet de synchronisation des blocs, le premier octet de premier TS de bloc sera alors inverser à 10111000 qui vaut B8 en hexadécimal.



b.

*Codage*

*externe ou Reed Solomon*

Le codage externe est basé sur le code Reed Solomon, qui a pour rôle de corriger les erreurs de transmission. Ce type de code noté RS(204,188, T=8), permet d'ajouter 16 octets de redondance à chaque paquet de transport TS afin de pouvoir corriger 8 octets à l'intérieur de tout le paquet reçu (de 204 octets).

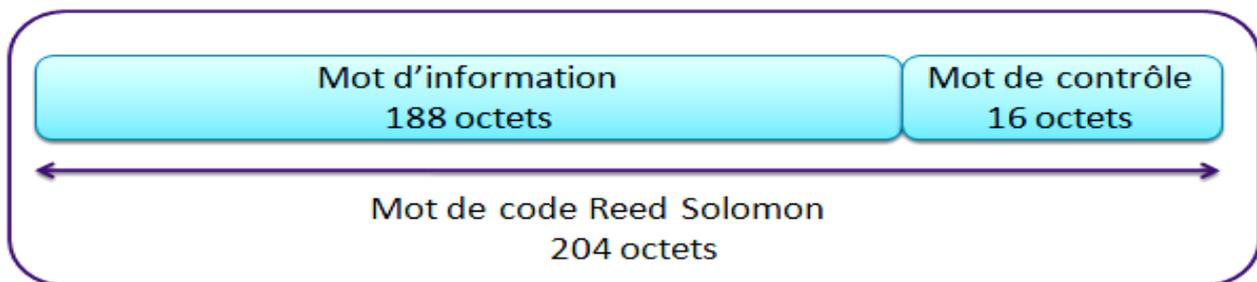


Figure 17: Format des paquets transports protégés.

c.

*Entrela*

*cement externe*

Le codage Reed Solomon ne permet de corriger que 8 erreurs, ainsi pour éviter d'avoir des longs paquets d'erreur et augmenter l'efficacité de ce type de codage, un entrelacement est nécessaire.

Le principe d'entrelacement est basé sur la répartition des données binaires d'un paquet sur plusieurs paquets à la sortie de codeur RS, de telle manière à ce que les séquences d'erreurs soient dispersées afin de pouvoir être corrigées. A la réception les 187 octets vont être réarrangés dans leur paquet original.

d.

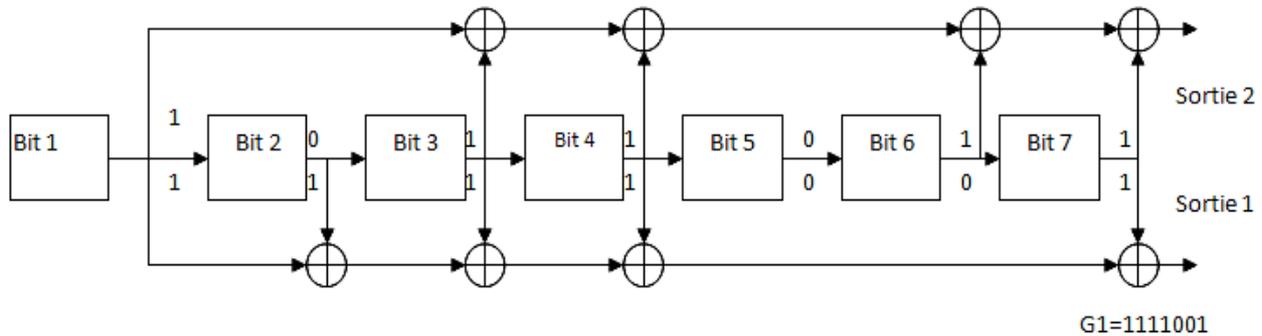
*Codage*

*convolutif et poinçonnage*

Lorsque l'on affronte des milieux très bruités, il est nécessaire de renforcer encore les mesures de protection des données à transmettre, d'où la naissance de code convolutif. Contrairement au code Reed Solomon, le code convolutif travaille sur un flux binaire dont l'idée consiste à relier chaque bit à un ou plusieurs bits qui le précède en générant deux bit à la sortie.



$G_2=1011011$



Le bit 1 de sortie est un "OU exclusif" entre les bits 1, 2, 3, 4 et 7 tandis que le bit 2 de sortie est un "OU exclusif" des bits 1, 3, 4, 6 et 7. L'inconvénient de ce codeur s'explique à la génération de deux bits à partir d'un seul. Cependant, le poinçonnage a pour rôle d'améliorer le rendement de ce codeur en ne transmettant pas certains bits qui seront remplacés par des zéro à la réception, et c'est le décodeur qui sera chargé de retrouver la valeur la plus probable.

#### *e. Entrelacement interne*

L'entrelacement interne dite aussi l'entrelacement fréquentiel consiste à disperser données successives sur des porteuses suffisamment éloignées pour pouvoir corriger les longues séquences de bits erronés, cet entrelacement passe par deux étapes :

- Entrelacement bit : dont le rôle est de supprimer la corrélation des erreurs par symbole.
- Entrelacement symbole : dont le rôle est de supprimer la corrélation des erreurs sur des symboles transmis sur des porteuses consécutives.

#### *4. Adaptation au canal de transmission terrestre*

Tout canal de transmission utilisant le faisceau hertzien même s'il présente l'inconvénient des trajets multiples qui se traduisent en échos. Face à ce problème, la norme DVB-T a adopté la modulation OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), permettant une bonne transmission à base de trois notions principales:



- Modulation multi porteuse : permettant la transmission du maximum d'information sur la bande passante.
- La notion d'orthogonalité : permettant de transmettre les informations sans être interférées.
- La notion d'intervalle de garde : permettant l'usage des échos dans un sens aidant à améliorer la qualité de la vidéo.

*a. Modulation multiporteuse*

Dans un premier temps la modulation OFDM consiste à coder le signal à transmettre sur un grand nombre de symboles qui peuvent être modulés soit :

- En phase QPSK : chaque symbole est codé sur 2 bits.
- En amplitude 16QAM : chaque symbole est codé sur 4 bits.
- En amplitude 64QAM : chaque symbole est codé sur 6 bits.

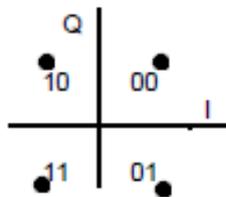


Figure 18: les symboles d'une modulation QPSK.

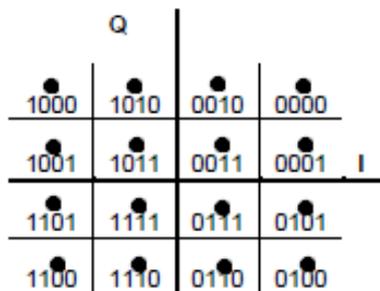


Figure 19: les symboles d'une modulation 16QAM.

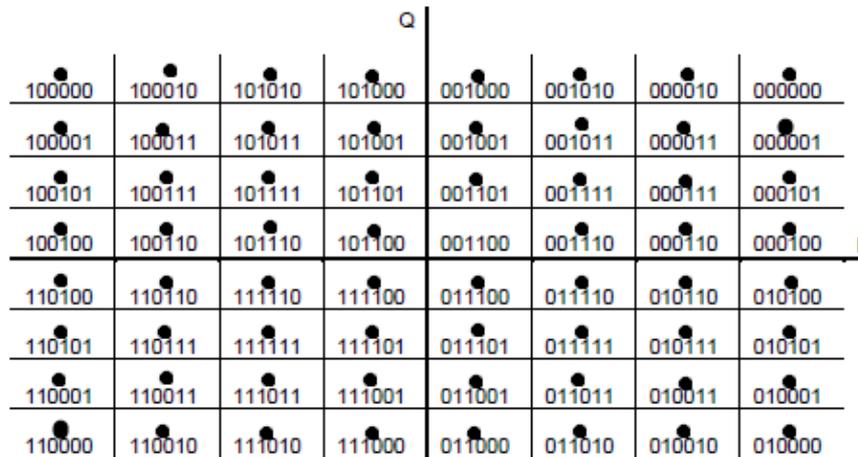


Figure 20: les symboles d'une modulation 64QAM.

Ainsi, le principe de la modulation OFDM consiste à répartir les symboles à transmettre sur plusieurs sous-porteuses, afin de transmettre le maximum d'information en utilisant la quasi-totalité de la bande passante.

Soit  $m$  l'intervalle pendant lequel un symbole OFDM sera transmis, durant cet intervalle,  $N_c$  symboles de modulation seront transmis ( $a_0, a_1, a_3, \dots, a_{N_c-1}$ ) et seront appliqués à  $N_c$  sous-porteuses. La figure ci-dessous donne une description d'un modulateur OFDM.

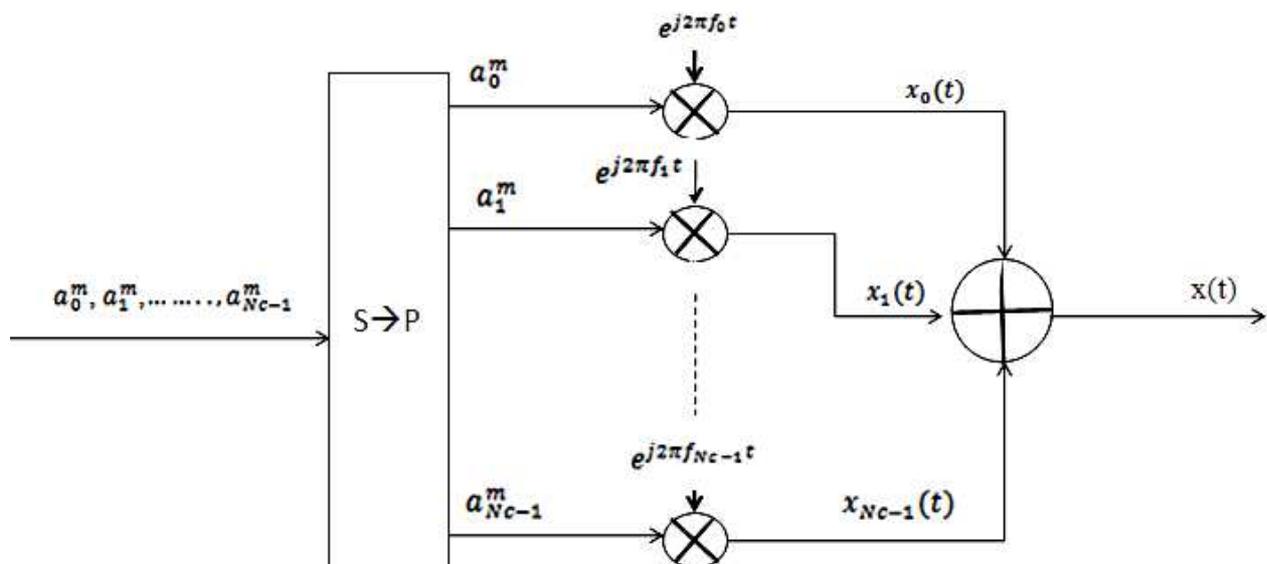


Figure 21: Modulateur OFDM de base



D'où le signal OFDM  $x(t)$  s'exprime :

$$x(t) = \sum_{k=0}^{N_c-1} x_k(t) = \sum_{k=0}^{N_c-1} \sum_m a_k^m e^{j2\pi f_k t}$$

**b. L'orthogonalité**

Souvent que l'utilisation d'un très grand nombre de sous-porteuses amène à des interférences, d'où la nécessité d'introduire la notion d'orthogonalité qui consiste à utiliser un espacement, entre les symboles  $a_k$ , de  $F=1/T$ , où  $T$  est la période pour laquelle le récepteur intègre le symbole démodulé. Ce qui rend l'interaction entre sous-porteuses approximativement nulle.

Dans le domaine temporel, chaque sous-porteuse correspond à une impulsion rectangulaire, ce qui donne un spectre sinus-cardinal dans le domaine fréquentiel :

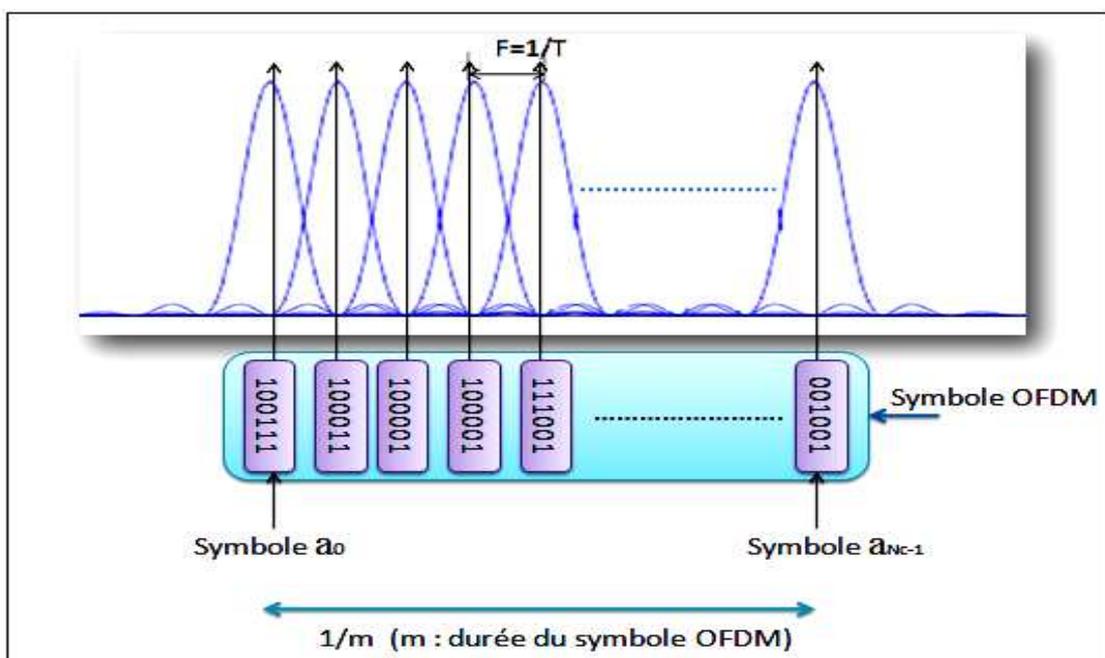




Figure 22: Spectre du signal en sortie du modulateur OFDM.

*c. L'intervalle de garde*

Lors de la transmission d'un symbole, la multiplicité des trajets donne naissance à des échos retardés ce qui amènent à des interférences avec le symbole qui suit. La modulation OFDM a pu résoudre ce problème en introduisant un intervalle de garde, entre deux symboles successifs, qui a pour rôle est d'absorber les échos, ce qui augmente la durée de transmission du symbole :

$$T_s = m + \Delta t$$

$m$  : la durée de transmission d'un symbole OFDM.

$\Delta t$  : L'intervalle de garde.

Cet intervalle de garde  $\Delta t$  va correspondre au retard dû au plus long trajet parcouru, donc il va être calculé comme suit :

$$\Delta t = \frac{\text{le plus long trajet parcouru}}{\text{la vitesse de la lumière}}$$

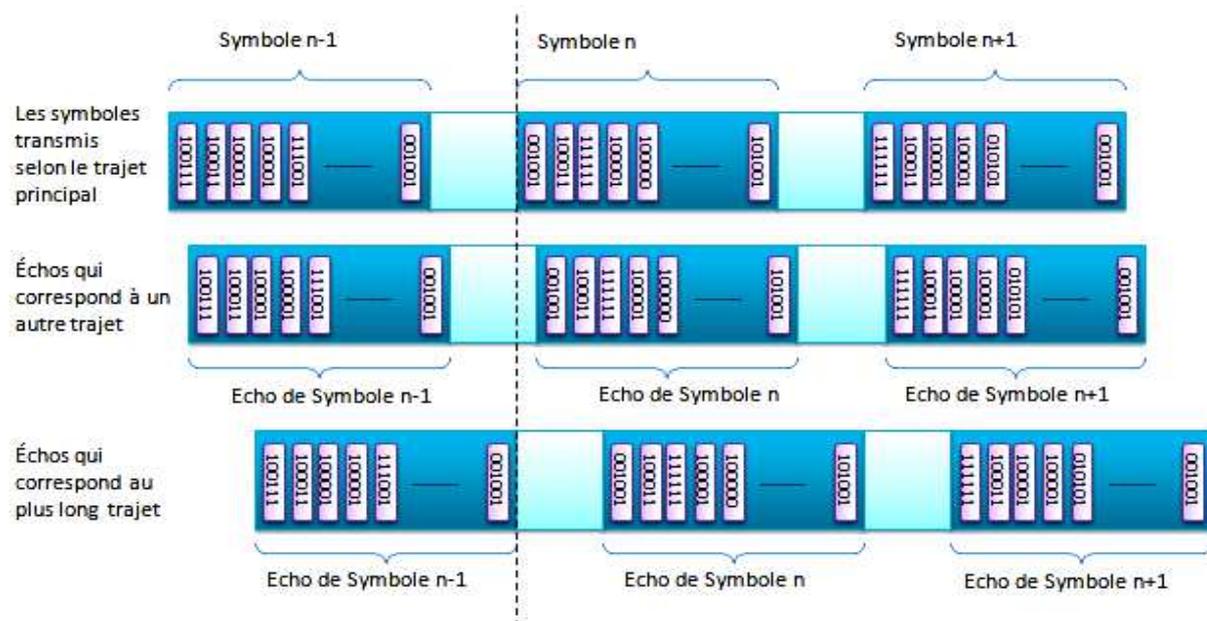


Figure 23: Ajout de l'intervalle de garde.



---

### *Conclusion*

L'un des obstacles majeurs devant l'évolution de la télévision terrestre est la saturation des canaux de transmission. Mais, grâce à sa flexibilité, vis-à-vis le traitement et la transmission des données et à base de la norme DVB-T, la TNT a pu remédier à ce problème en assurant une meilleure cohabitation avec la télévision analogique terrestre. Une extension de la DVB-T existe toujours, c'est la DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial). Cette dernière est conçue pour offrir un débit plus élevé puisqu'il offre des configurations de signal meilleures que celles offertes par la DVB-T.





### ***Chapitre III : Mesure de la***

*Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à une étude pratique sur les mesures de la qualité d'un signal vidéo. Dans un premier temps cette étude va être consacrée aux mesures de la qualité d'un signal vidéo analogique, et puis aux mesures de la qualité d'un signal vidéo numérique.*

### ***qualité vidéo***

#### ***A. mesure de la qualité du signal vidéo analogique***

##### ***I. Les signaux de mesure de la qualité***

Selon le standard B/G PAL, une vidéo de durée d'une seconde est constituée d'une succession de 25 images. Chaque image est formée de 625 lignes dont seulement 575 sont utilisées.

Parmi les cinquante lignes non utilisées, le standard B/G PAL définit quatre lignes pour mesurer la qualité de l'image. Ces lignes sont :



- La ligne 17
- La ligne 18
- La ligne 330
- La ligne 331

L'objectif de cette partie est de définir l'utilité de chacune de ces lignes séparément, et de savoir les mesures à prendre en considération pour le contrôle de la qualité vidéo.

### 1. La ligne 17

Cette ligne se situe dans la trame paire de l'image, elle est constituée d'une impulsion rectangulaire de durée de 10  $\mu$ s, d'une impulsion 2T d'une durée à mi-hauteur de 200 ns, une impulsion 20T, et un signal en marches d'escalier. Elle permet de mesurer :

- L'amplitude des tops de synchronisation
- Le niveau de blanc
- Le niveau de chroma
- La linéarité
- La distorsion de temps de propagation de groupe introduite par la chaîne de transmission.

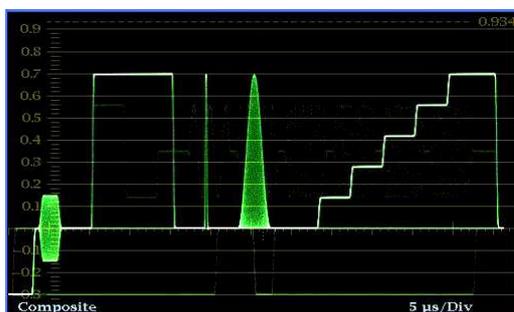


Figure 24: Forme de la ligne 17 donnée par l'analyseur de réseaux.

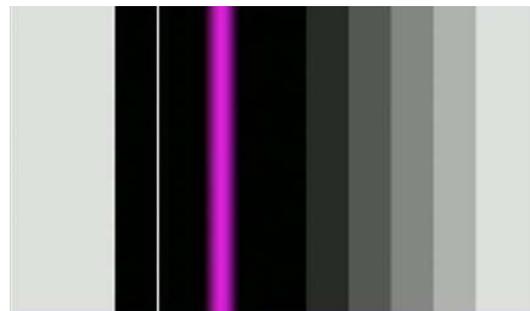


Figure 25: Signal vidéo correspondant à la ligne 17 sur la télévision.

#### a. Etude de la réponse en luminance



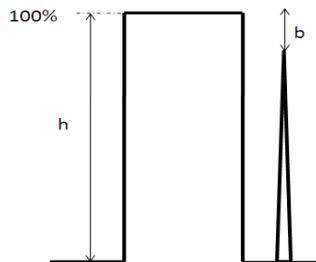
**La barre blanche** : permet de déterminer les erreurs de réponse en fréquence de l'émetteur dans une gamme de fréquence comprise entre 15 KHz et quelque centaines de KHz.

*Interprétation :*

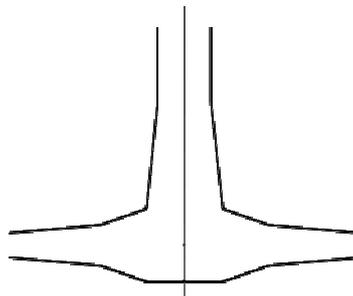
Cette barre blanche doit avoir une amplitude de 1V, avec une tolérance de  $\pm 10\%$ , si l'amplitude sort de l'intervalle de tolérance, la couleur blanche sera représentée incorrectement sur l'écran.

**L'impulsion 2T** : la durée à mi-hauteur est de 200 ns, les mesures sur cette impulsion se font en vérifiant deux facteurs :

- Le facteur  $K_{2T/S}$  sert à vérifier l'amplitude :  $K_{2T/S} = 25 \cdot \frac{b}{h}$  (%)



- Le facteur  $K_{2T}$  sert à vérifier la forme : L'analyse des distorsions de l'impulsion 2T se fait à l'aide du gabarit ci-dessous :



*Interprétation :*

Le facteur  $K_{2T/S}$  doit avoir une tolérance de  $\pm 2.5\%$ , et pour le facteur  $K_{2T}$ , si l'impulsion 2T est déformée c.-à-d. s'elle sort de gabarit, cela implique qu'il y a un retard de groupe.

**b. Etude de la réponse en chrominance**

**L'impulsion 20T** : cette impulsion a une durée à mi-hauteur de 2 us, et elle permet deux mesures :

- Mesure des erreurs d'amplitude : qui se traduisent par une variation de l'amplitude de l'impulsion.

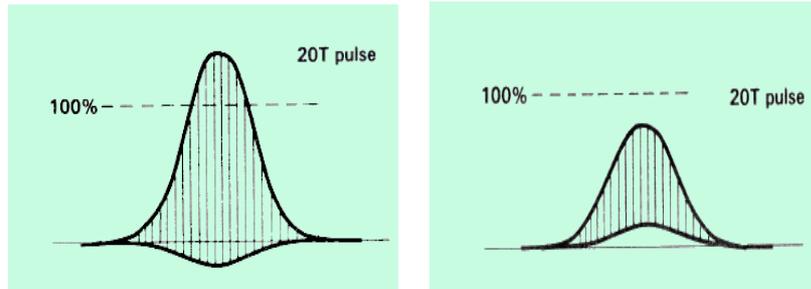


Figure 26: Distorsion d'amplitude de l'impulsion 20T.

- Mesure des retards de temps de propagation de groupe : qui se traduisent par une distorsion asymétrique de l'impulsion, sans variation de l'amplitude.

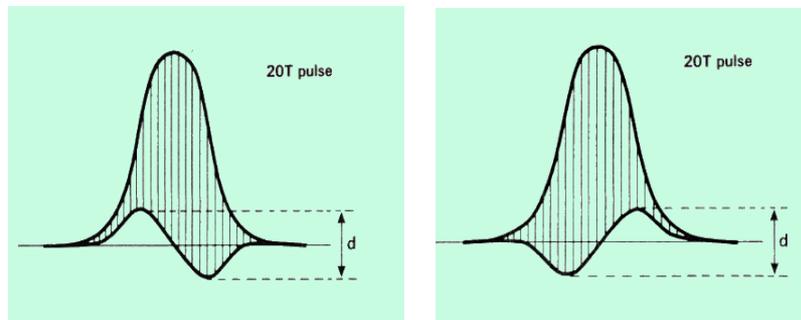


Figure 27: Distorsion asymétrique de l'impulsion 20T.

*Interprétation :*

S'il y a des variations de l'amplitude de cette impulsion, la luminance et la chrominance seront représentées incorrectement sur l'écran, et si l'impulsion présente des distorsions asymétriques cela implique qu'il y a un retard de chrominance sur la luminance (figure à gauche) où une avance de chrominance sur la luminance (figure de droite).

**Signal en escalier** : ce signal sert à mesurer le non linéarité de la chrominance. Pour cela nous appliquons un filtre passe haut à la ligne 17, ce qui donne des impulsions de Dirac :

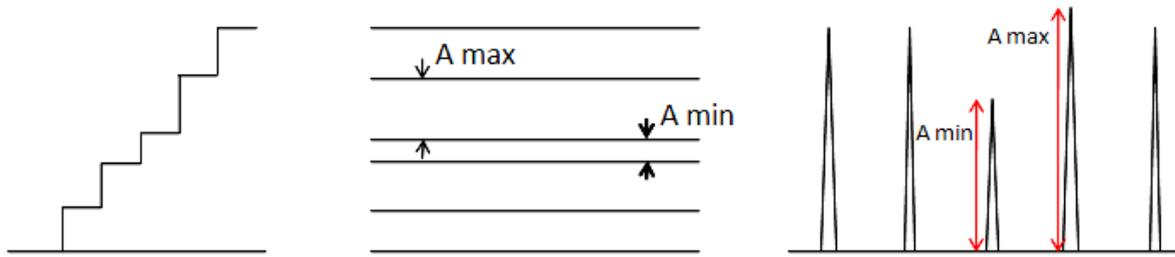


Figure 28: Application de filtre passe haut à la ligne 17.

*Interprétation :*

Cette mesure sert à étudier la distorsion non linéaire créée par l'étage d'amplification RF de l'émetteur. Plus les impulsions de Dirac sont égaux en amplitude ( $A_1=A_2=\dots=A_5=100\%$ ) plus l'émetteur ne présente pas de distorsion. Une tolérance a été prise pour être dans les limites, et il est de l'ordre de 10%.

## 2. La ligne 18

Cette ligne se situe dans la trame paire de l'image, elle est constituée de :

- Une barre d'amplitude de 860 mV de durée de 8 us.
- 6 salves : de 0.5 MHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 4.8 MHz et de 5.8 MHz.

Et elle permet de mesurer la distorsion amplitude-fréquence.

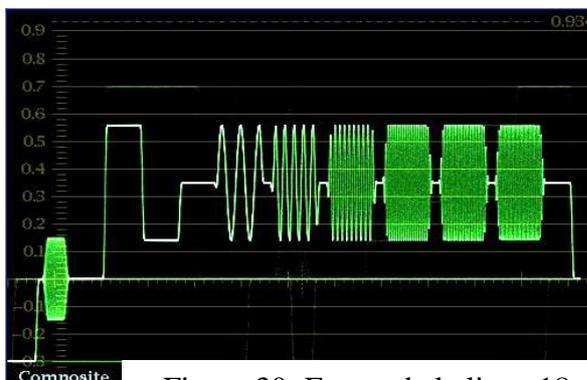


Figure 30: Forme de la ligne 18 donnée par l'analyseur de réseaux.

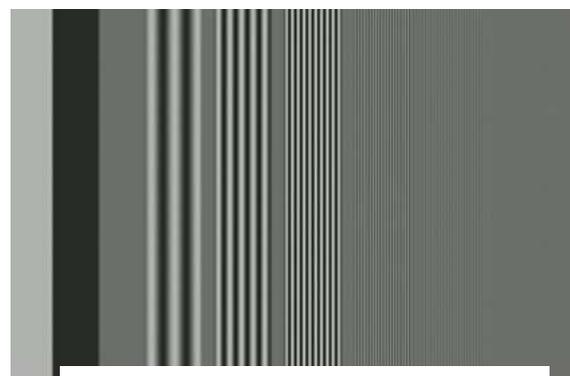
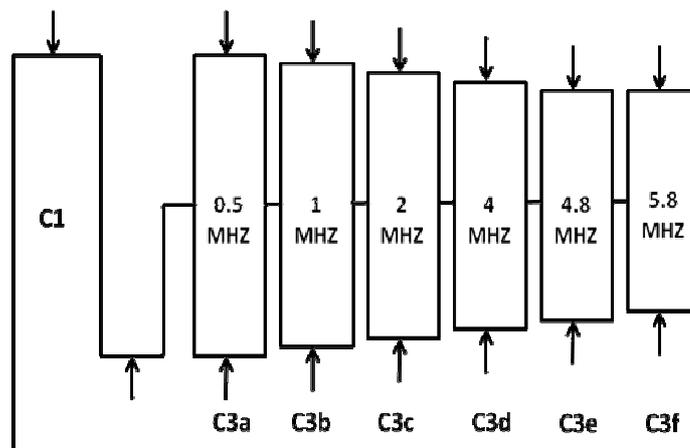


Figure 29: Signal vidéo correspondant à la ligne 18 sur la télévision.

Les distorsions amplitude-fréquence se mesurent à partir des affaiblissements des salves:



$$\frac{C1-C3a}{C1} * 100 = \dots\% \quad ; \quad \frac{C1-C3b}{C1} * 100 = \dots\% \quad ;$$
$$\frac{C1-C3c}{C1} * 100 = \dots\%$$
$$\frac{C1-C3d}{C1} * 100 = \dots\% \quad ; \quad \frac{C1-C3e}{C1} * 100 = \dots\% \quad ; \quad \frac{C1-C3f}{C1} * 100 = \dots\%$$



*Interprétation :*

Plus les affaiblissements sont grands plus on aura une superposition des couleurs.

### 3. La ligne 330

Cette ligne est située dans la deuxième trame, elle est constituée d'une barre blanche d'une durée de 10 us, d'une impulsion 2T, et d'un escalier de luminance avec sous porteuse couleur superposée.

On a la sous porteuse chrominance qui s'écrit sous cette forme:

$$s(t) = a \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Ce signal peut subir des variations d'amplitude ou de phase, comme il peut avoir une variation des deux à la fois, la ligne 330 permet alors deux mesures concernant ce signal :

- Le gain différentiel : c'est la variation de l'amplitude de la sous-porteuse chrominance au cours de la modulation de signal. Si cette variation dépasse certaines normes, on aura une saturation des couleurs.

- La phase différentielle : grâce aux déphasages parasites liés à la transmission de signal, la phase de la sous-porteuse chrominance peut subir des variations au cours de la modulation. Si cette variation dépasse certaines normes spécifiées elle crée des saturations de la teintes des couleurs.

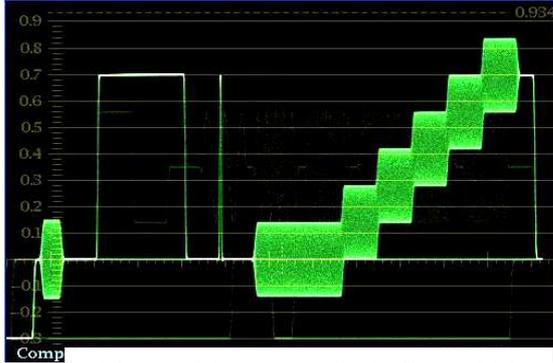


Figure 31: Forme de la ligne 330 donnée par l'analyseur de réseaux.

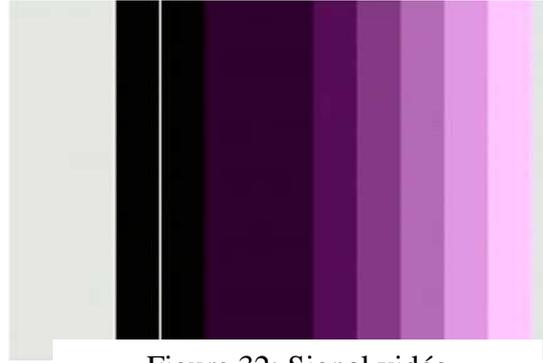
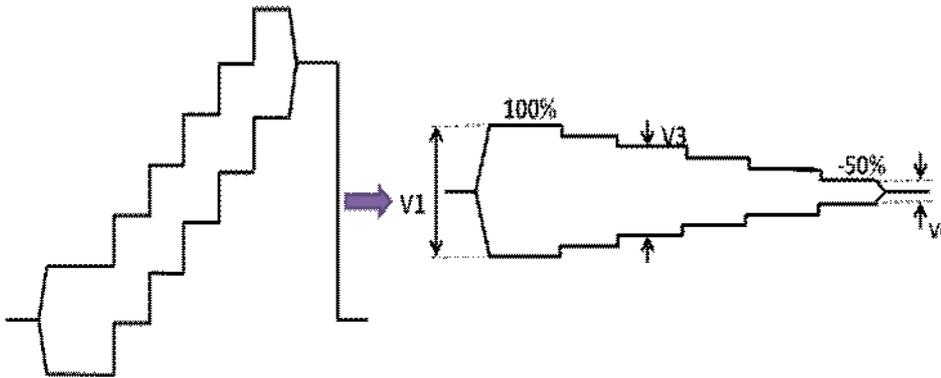


Figure 32: Signal vidéo correspondant à la ligne 330 sur la télévision.

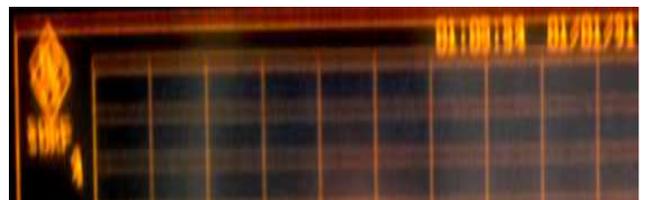
**Mesure du gain différentiel :** cette mesure se fait en appliquant un filtre passe bande 4.43 MHz à la ligne 330, ce qui donne la forme suivante :



Le gain différentiel se calcul par la formule :  $G_{diff} = \frac{V1 - Vn}{V1} * 100 = \dots\dots\dots\%$  Tel que

V1 est l'amplitude à 100% et Vn = V2, V3, V4, ou V5.

Ces mesures peuvent être obtenues automatiquement à l'aide d'un analyseur de réseau, ce qui donne le diagramme suivant :



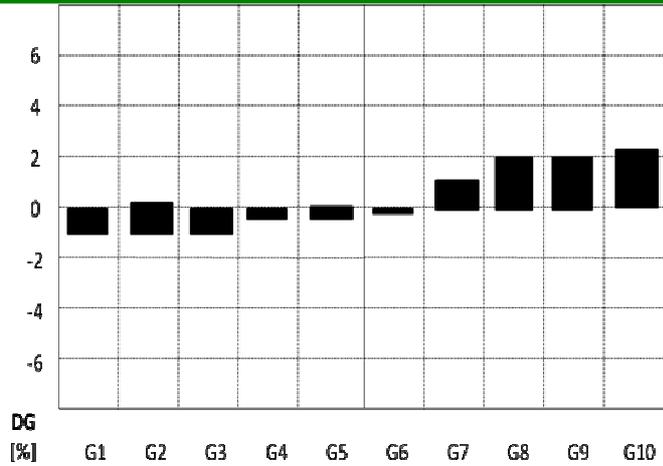
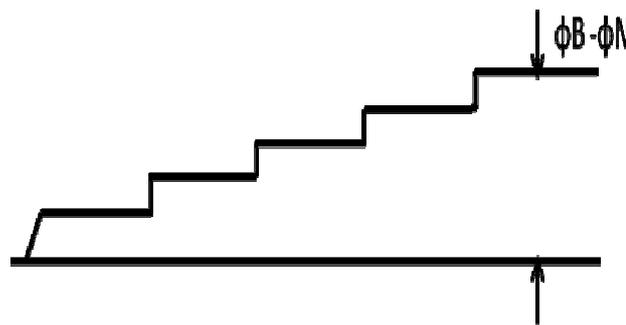


Figure 34: Diagramme du gain différentiel

*Interprétation :*

Cette mesure sert à étudier la non linéarité des amplificateurs. Si les valeurs du gain différentiel dépassent  $\pm 5\%$ , ça se traduit par une saturation des couleurs sur l'écran.

**Mesure de la phase différentielle :** cette mesure se fait lorsqu'on applique à la ligne 330 un détecteur de phase, et on obtient la figure suivante :



La phase différentielle se calcule par la formule :  $\Phi_{diff} = \phi_B - \phi_N = \dots\dots\dots$

Cette mesure peut être prise automatiquement à l'aide d'un analyseur de réseau, ce qui donne le diagramme suivant :

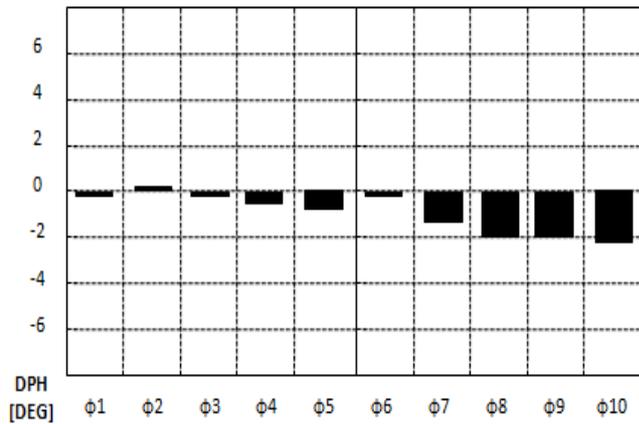


Figure 36: Diagramme de phase différentielle.

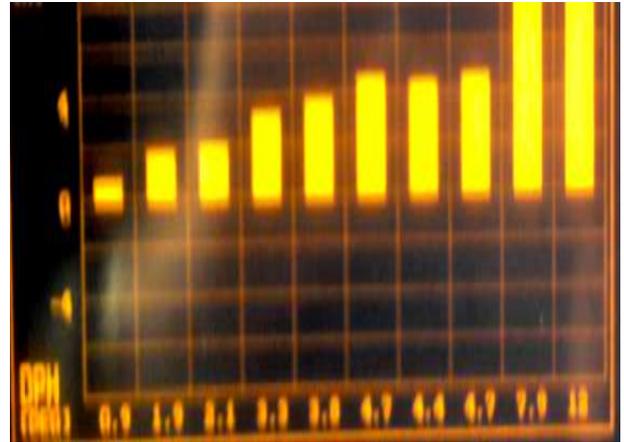


Figure 35: Mesure de phase différentielle d'une vidéo émet par un émetteur de canal 9.

#### *Interprétation :*

Cette mesure sert à étudier l'influence des déphasages parasites sur la phase  $\phi$  de la sous-porteuse chrominance, si les valeurs de la phase différentielle dépassent  $\pm 5^\circ$  alors l'influence sur l'image se traduit par des erreurs de restitution des teints.

#### **4. La ligne 331**

Cette ligne se situe dans la deuxième trame. Elle est constituée d'une barre de chrominance à trois niveaux, et de la sous porteuse couleur de référence.

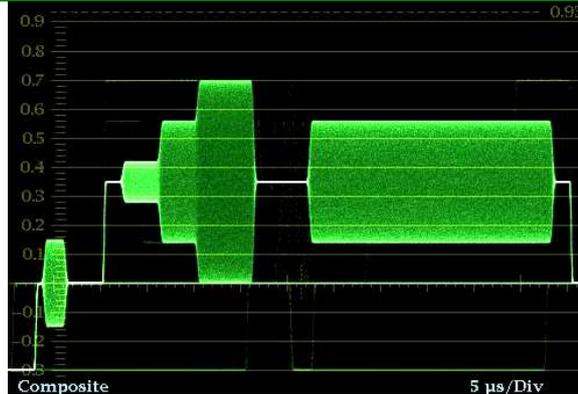
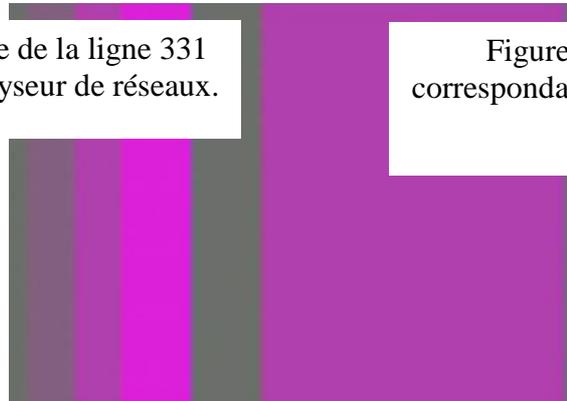


Figure 38: Forme de la ligne 331 donnée par l'analyseur de réseaux.

Figure 37: Signal vidéo correspondant à la ligne 331 sur la télévision.



Cette ligne sert à mesurer :

**La non linéarité de chrominance :** Les trois salves de la sous porteuse chrominance ont l'amplitude 1, 3/5, 1/5. Ces amplitudes indiquent les non-linéarités de la caractéristique de la modulation à la fréquence de la sous porteuse chrominance. Le calcul de la non-linéarité se fait en prenant la plus grande valeur des deux suivantes :

$$\left| \frac{A1 - 1/3A2}{1/3A2} \right| \cdot 100 [\%], \quad \left| \frac{A3 - 5/3A2}{5/3A2} \right| \cdot 100 [\%],$$

tel que : A1 est l'amplitude la plus faible, A3 est l'amplitude la plus élevée.

*Interprétation :*

Cette mesure sert à étudier la saturation en chrominance ou en luminance, s'elle dépasse les  $\pm 10\%$ . On dit que l'une des deux composantes de l'image (luminance/chrominance) est majoritaire par rapport à l'autre.



## 5. Autres mesures

### a. Mesure de la réponse transitoire

Les mesures TV utilisent des signaux rectangulaires de 15 KHz et de 250 KHz. Ces signaux, possédant des temps de montée de 100 ns et de 200 ns, peuvent provoquer des sur-oscillations symétriques par rapport au front montant et descendant des impulsions rectangulaire. Ceci sert à contrôler le réglage du temps de propagation de groupe.

Ainsi, la mesure de la réponse transitoire de l'émetteur image se fait à l'aide de gabarit de tolérance suivant :

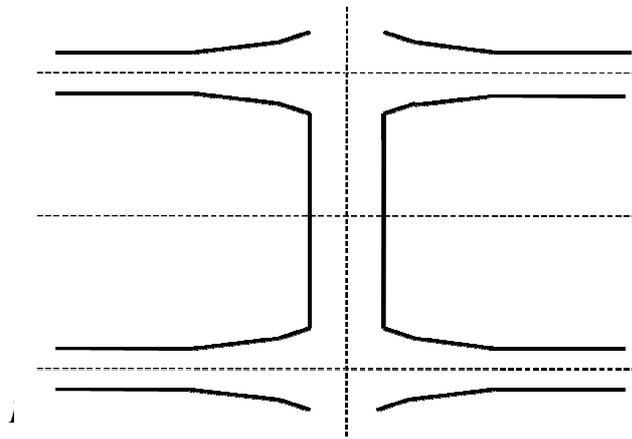


Figure 39: Gabarit de tolérance de la réponse transitoire de l'émetteur image.

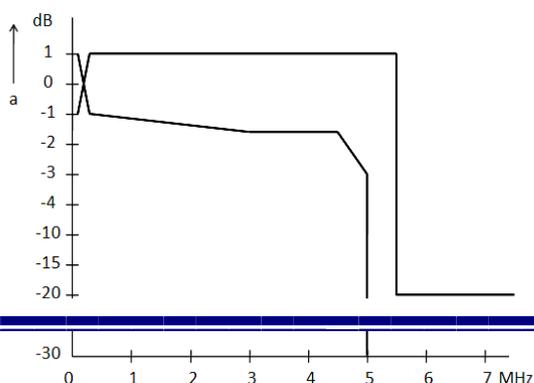


Figure 40: Mesure de la réponse transitoire d'un émetteur canal 5

### b. Caractéristique de l'amplitude vidéo

Elle désigne la réponse amplitude/fréquence globale de tout le système de transmission (émetteur/récepteur). Cette caractéristique consiste à mesurer l'amplitude du signal vidéo en fonction de la fréquence en se basant sur le niveau de blanc et le niveau de noir.

Ces mesures s'effectuent à l'aide de gabarit de tolérance suivant :





*Interprétation :*

Ce gabarit sert à contrôler la caractéristique d'amplitude vidéo du signal transmis par l'émetteur image. Et nous constatons que la mesure obtenue dans la figure à droite n'est pas bonne puisqu'elle sort de gabarit de tolérance. Le contrôle s'effectue à travers des limites que ne doit pas dépasser l'amplitude de la vidéo et elles sont résumées dans le tableau suivant :

Fréquence en MHz	Limites en dB	
0 ..... 0.2	+1	-1
0.2	Valeur de référence	
3 ..... 4.5	+1	-1.5
5	+1	-3
>5.5	-20	-

Tableau 5: Les valeurs limites de la caractéristique d'amplitude de signal vidéo.

*c. Caractéristique de la bande latérale*

La transmission des images TV s'effectuent en bande latéral résiduelle. Seule la bande latérale supérieure du signal est conservée en totalité, la largeur de la bande inférieure est considérablement réduite.

La caractéristique d'amplitude RF et la caractéristique de bande latérale doivent respecter des valeurs limites. Ainsi, les mesures s'effectuent à l'aide de gabarit de tolérance suivant :

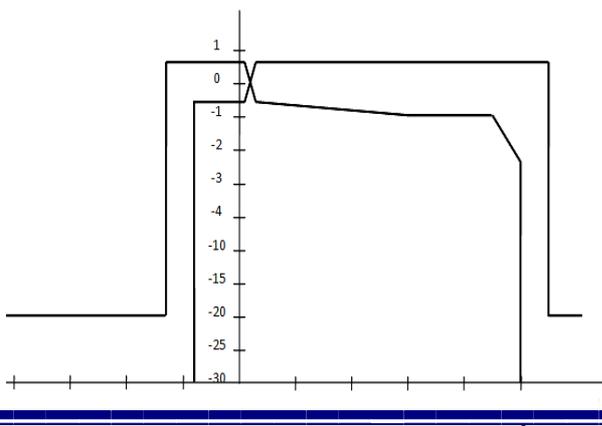


Figure 44: Gabarit de tolérance de la bande

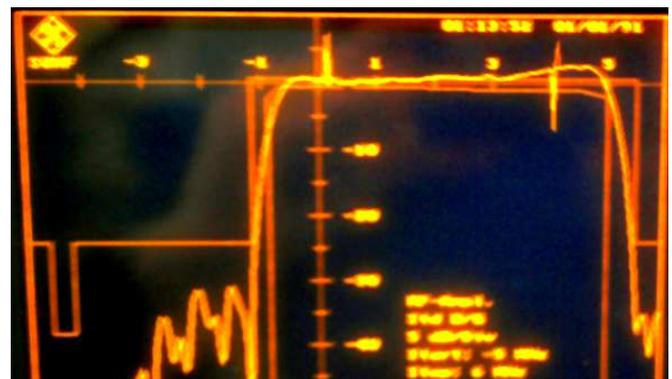


Figure 43: Mesure de la bande latérale pour un



*Interprétation :*

Ce gabarit sert à contrôler les variations que peut subir la bande latérale RF lors de la transmission. Ce contrôle s'effectue à travers des limites que la bande latérale doit respecter et elles sont indiquées dans le tableau suivant :

Fréquence en MHz	Limites en dB	
<- 1.25	- 20	-
- 1.25 ..... - 0.75	0.5	-
- 0.75	0.5	- 4
- 0.5	0.5	- 1
- 0.25	0.5	- 0.5
0	0.5	- 0.5
0.2	Valeur de référence	
3 ..... 4.5	0.5	- 1
5	0.5	- 2.5
5 ..... 5.5	0.5	-
>5.5	-20	-

Tableau 6: Les valeurs limites de la bande latérale RF.

## ***B. mesure de la qualité d'un signal vidéo numérique***

### ***I. Les constituants d'un signal vidéo numérique***

Dans la norme B/G PAL, une image numérique est constituée de 720 points, dont chaque point correspond à 576 pixels, et chaque pixel est codé sur 24 bits ( $2^{24} - 1 = 16777215$  couleurs). Alors, la taille d'une image non compressée est :

$$720 * 576 * 24 = 9953280 \text{ bits/image} = 1244160 \text{ octets/image}$$

En effet, une vidéo de durée d'une seconde correspond à la transmission de 25 images, ce qui nécessite un débit de :

$$D = 25 * 1244160 = 31104000 \text{ octets/second}$$

Ce débit rend la transmission d'une vidéo numérique très compliquée. Face à ce problème, l'OFDM utilise comme technique de compression le MPEG-2 ou 4 (voir paragraphe II-2-a de troisième chapitre).

Le spectre DVB-T peut être transmis selon deux modes :



- Le mode 2k : Ce mode correspond à la transmission de 2024 constellations, dont seulement 1705 qui sont utiles.
- Le mode 8k : Ce mode correspond à la transmission de 8190 constellations, dont seulement 6817 qui sont utiles.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de chaque mode :

Les données générales d'un spectre DVB-T	Le spectre DVB-T en mode 2k				Le spectre DVB-T en mode 8k			
Le nombre de porteuses utiles	1705				6817			
Le nombre de pilot dispersés	131				524			
Le nombre de pilots continus	45				177			
Les porteuses TPS	17				68			
Le nombre de porteuses de données	1512				6048			
La distance entre porteuses (Hz)	4 464.286				1 116.071			
La largeur de la bande passante	1704 × 4 464.286 = 7 607 142.9				6816 × 1 116.071 = 7 607 142.9			
La durée du symbole utile (us)	224				896			
La durée du symbole par intervalle de garde (us)	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
	280	252	238	231	1120	1008	952	924
Intervalle de garde (us)	56	28	14	7	224	112	56	28

Tableau 7: Caractéristique des modes 2k et 8k.

Il existe aussi le mode 4k conçu pour la DVB-H (la télévision sur mobil), dont le nombre total de porteuse est 4096, parmi lesquelles on trouve 3040 qui sont utiles avec un durée de 448 us pour chaque symbole. Ce mode peut avoir comme intervalle de garde 14, 28, 56 ou 112 us.

## **II. terminologie de mesure**

### **1. le MER (Modulation Error Ratio)**

Les points de la constellation doivent se situer au centre de chaque zone, mais grâce à des nombreuses raisons (bruit, conversion A/N, ...) ce point n'est pratiquement jamais atteint.

Le MER, par définition, est le rapport entre la puissance de signal et la puissance des vecteurs d'erreur. Il permet d'indiquer la capacité d'un récepteur à décoder correctement le signal.

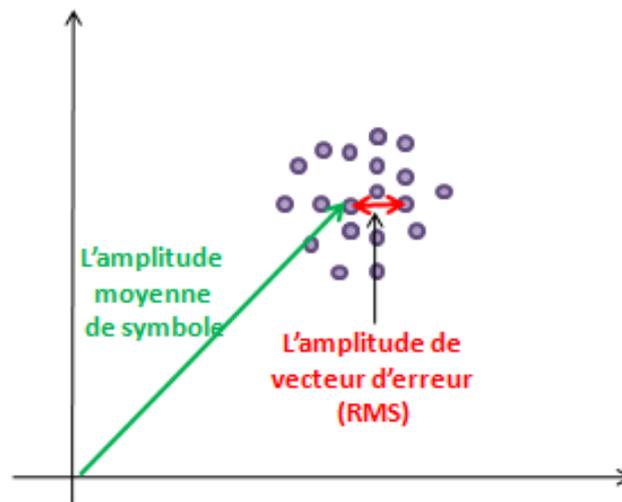


Figure 45: Le Mer est le rapport entre le vecteur d'erreur et le vecteur amplitude de symbole.

Le MER est définie par :

$$\text{MER (dB)} = 20 \times \log \left( \frac{\sum \text{amplitudes moyenne de symbole}}{\sum \text{amplitudes des vecteurs d'erreur}} \right).$$

Le MER représente un indice de toutes les dégradations d'un signal, d'où la nécessité d'identifier toutes ses composantes :

- le rapport signal à bruit (S/N) : le bruit gaussien additif est la source principale influençant les signaux. Le SNR permet alors la mesure du rapport entre la puissance de signal et la puissance de bruit

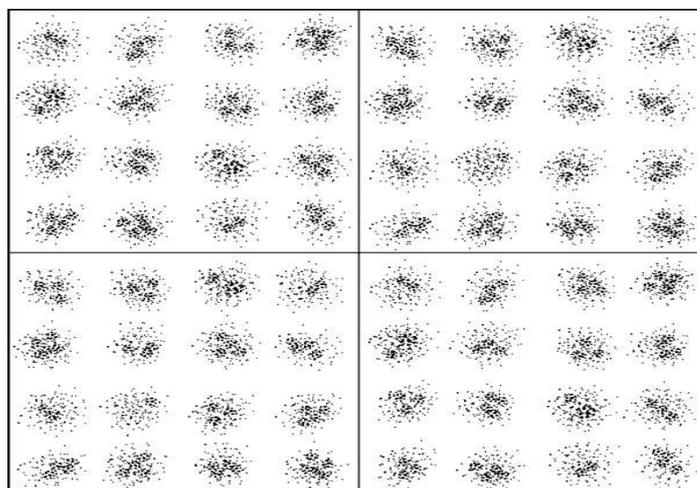




Figure 46: Influence de bruit sur le signal.

- Les interférences à bande étroite où CW : l'addition des interférences CW introduit un vecteur d'erreur avec une certaine rotation par rapport au symbole reçu. Les sources de ce type d'interférence peuvent être :
  - ✓ Le modulateur/le convertisseur.
  - ✓ Le réseau de diffusion.
  - ✓ L'équipement de réception.

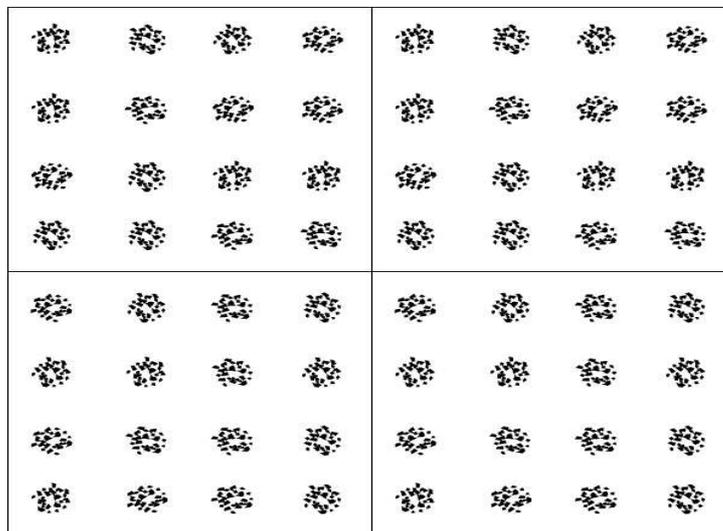


Figure 47: Influence des interférences CW sur le signal.

- Erreur de phase : la chaîne de transmission contient un oscillateur local, et grâce à l'agitation thermique produite à l'intérieur de ce dernier, le signal reçu peut subir des déformations, et ceci à cause des erreurs de phase introduites.

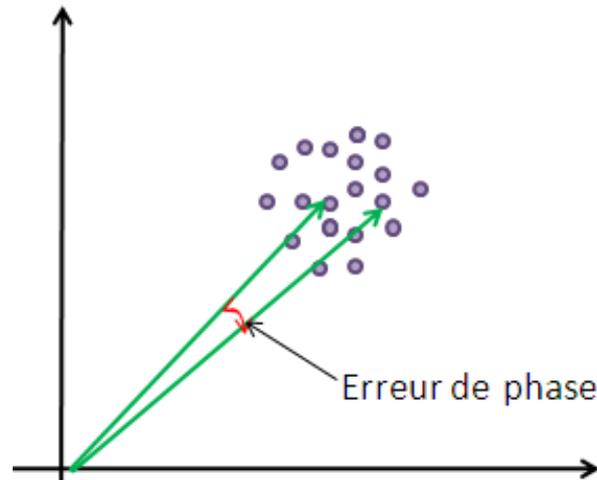


Figure 48 : Représentation de l'erreur de phase.

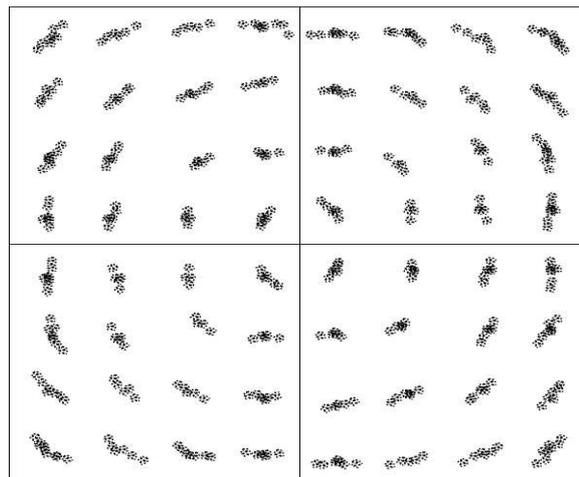


Figure 49: Influence d'erreur de phase sur le signal.

A la réception, les erreurs de phase peuvent s'accumuler et empêcher la réception de signal, ce qui nécessite une boucle PLL dans le démodulateur afin d'annuler tous les erreurs de phase introduites.

## 2. Le BER (Bit Error Rate)

Le codage canal dispose de codage Reed-Solomon, celui-ci consiste à générer des mots supplémentaires permettant de corriger les erreurs de transmission.

Le BER est défini comme étant le rapport entre le nombre de bit erronés et le nombre total des bits transmis, il est mesuré à deux niveaux :



- Le BER avant le codage Viterbi.
- La BER après le codage Viterbi.

### III. Les mesures de qualité d'un signal vidéo numérique

#### 1. Mesure de spectre utile

La figure ci-dessous présente le spectre DVB-T en mode 2k et 8k pour un intervalle de garde de  $\tau = 1/4$ .

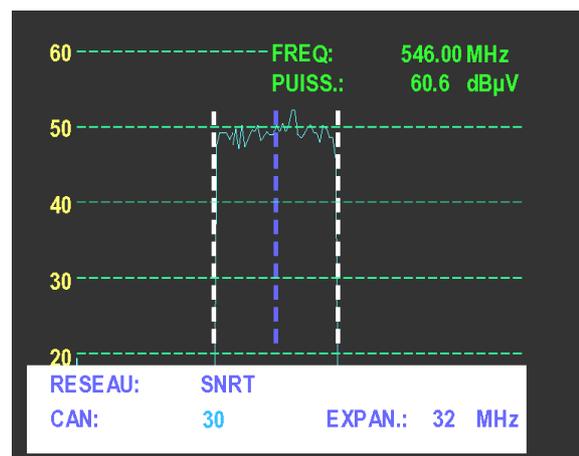
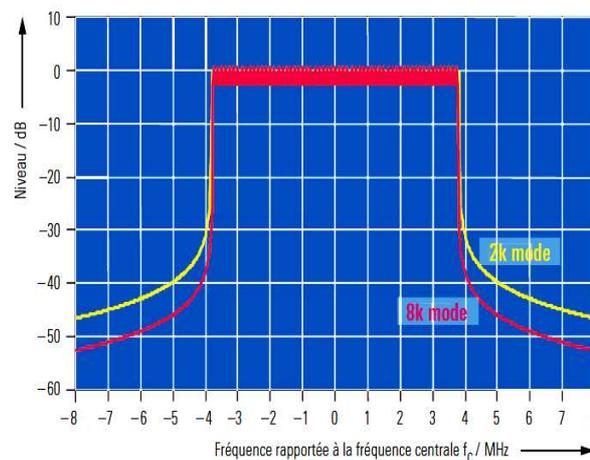


Figure 50: Spectre DVB-T en modes 2k et 8k pour un intervalle de garde  $\tau = 1/4$ .

Figure 51: Spectre DVB-T en mode 8k pour le canal 30.

D'après la figure ci-dessus le spectre utile se situe dans la bande  $[-4, 4]$  MHz. Il s'agit de palier. Selon l'intervalle de garde utilisé, le palier peut présenter des ondulations.



Plus l'intervalle de garde augmente plus le niveau des ondulations augmente (dans les figures ci-dessus le niveau des ondulations est de l'ordre de 3 dB).

La figure ci-dessous montre un spectre DVB-T en mode 8k avec différents intervalles de garde :

- La courbe en rouge correspond à  $\tau = 1/4$ .
- La courbe en vert correspond à  $\tau = 1/32$ .
- La courbe en jaune correspond à  $\tau = 0$ .

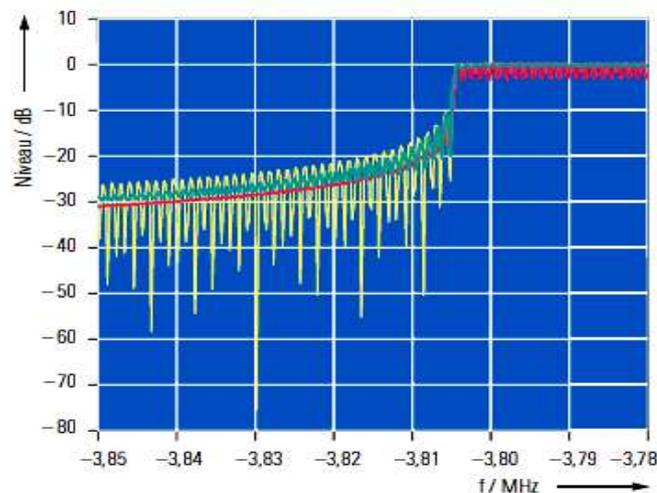


Figure 52: Partie du spectre pour différents intervalles de garde.

### *Interprétation*

Dans la bande utile, nous constatons que plus l'intervalle de garde est grand plus les porteuses sont plus distinguées et plus la condition d'orthogonalité n'est plus remplie. A la réception, et afin de rétablir cette condition, l'intervalle de garde sera supprimé à l'aide de récepteur.

### **2. L'intermodulation**

Lors de la transmission et dans une bande de 8 MHz, selon leurs types, les constellations de spectre DVB-T peuvent jouer différents rôles, et on trouve:

- Des sous-porteuses de données : elles servent à la transmission des informations utiles de signal.
- Des sous-porteuses dites pilotes continus : ces porteuses se situent sur l'axe réel c.-à-d qu'elles ont la phase  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ , et elles servent à la synchronisation de récepteur en fréquence et en phase.



- Des sous-porteuses dites pilotes dispersés : elles sont dispersées sur tout le spectre DVB-T, entre chaque 12 sous-porteuses utiles se trouve le pilote dispersé, dont le rôle est d'aider au balayage du signal.
- Des sous-porteuses dites TPS : elles se situent à des fréquences fixes, elles servent à transmettre au démodulateur de récepteur des informations sur le mode de modulation utilisé.

Nous avons pris les mesures suivantes pour un signal DVB-T canal 30 et le mode 8 k :

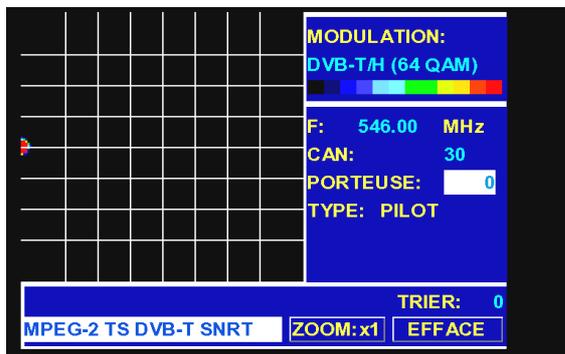


Figure 53: La porteuse pilote continue N° 0.



Figure 54: La porteuse pilote continue N° 201.

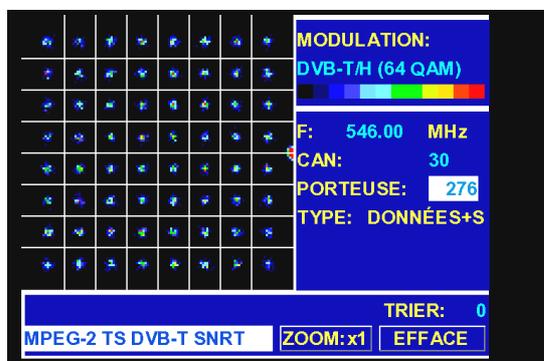


Figure 56: La porteuse donnée+ pilote N° 276.

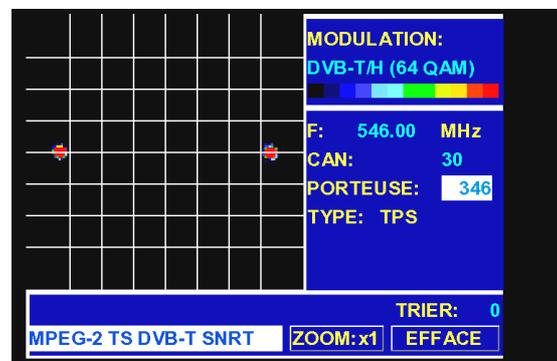


Figure 55: La porteuse TPS N° 346.



Figure 58: La porteuse pilote continue N° 483.

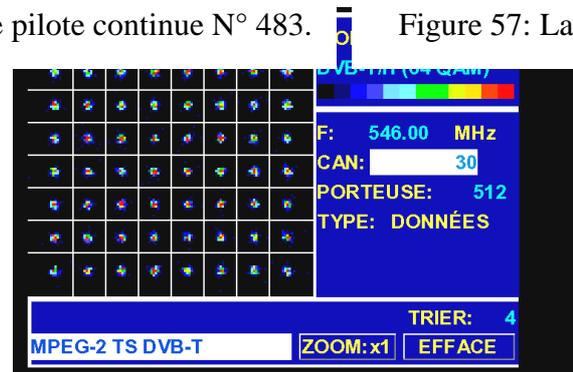


Figure 57: La porteuse donnée N° 512.

*Interprétation :*

Les figures ci-dessus nous a permis de vérifier l'existence des sous-porteuses pilote et TPS et aussi de vérifier les sous-porteuses données, et nous voyons bien qu'il s'agit d'un signal acceptable puisque les constellations sont proche de centre des zones carreaux.

**3. Mesure d'erreur binaire BER**

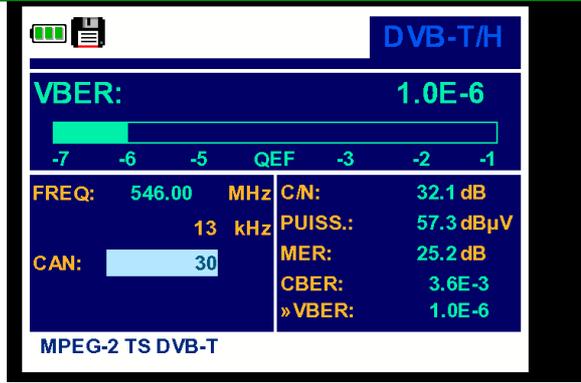
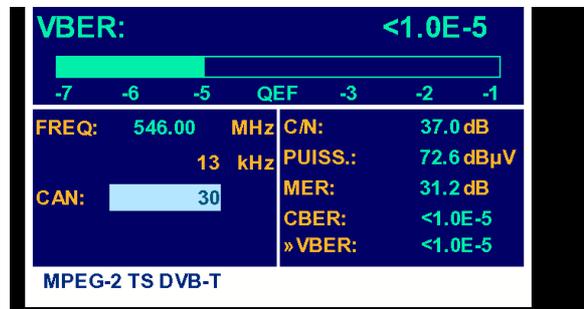


Figure 59: Mesures de BER et de MER d'un signal DVB-T de canal 30.



*Interprétation :*

- Lorsque la valeur de BER avant Viterbi est de  $10^{-5}$  cela explique qu'il existe une erreur sur 1000000 bits, il s'agit dans ce cas d'une excellente réception.
- Lorsque la valeur de BER avant Viterbi est de  $5 * 10^{-3}$  cela explique qu'il existe une erreur sur 200 bits, c'est la limite inférieure tolérable, on aura des perturbations intermittentes.
- Lorsque la valeur de BER avant Viterbi est de  $10^{-2}$  cela explique qu'il existe une erreur sur chaque 100 bits, dans ce cas le terminal se bloque et refuse toute réception.

Le BER après Viterbi correspond au nombre de bit que le récepteur a pu corriger.

La gamme des valeurs acceptables de BER après Viterbi est :

$$1.00E^{-5} < \text{BER} < 1.00E^{-4}$$



- Lorsque le récepteur n'arrive pas à corriger les erreurs, les BER avant et après Viterbi seront égaux.

#### ***4. Mesure de MER***

Les figures ci-dessus présentent aussi des mesures de MER, la figure gauche présente la valeur 25.2 dB de MER, ce qui donne une image figée, et la figure droite présente une bonne valeur de MER qui est de 31.2 dB, mais à cause des erreurs que le récepteur n'arrive pas à corriger (le BER avant Viterbi égale au BER après Viterbi), nous apercevons des images bruitées. Pour pouvoir capter un signal acceptable, la valeur minimale que peut avoir le MER est de 26 dB

#### ***Conclusion***

Après avoir réussi à intégrer l'équipe travaillant au sein de département de télédiffusion, nous avons pu apprendre profondément toutes les mesures de la qualité d'une vidéo analogique/numérique. Ainsi, et pendant la réalisation des ces mesures nous avons aboutir aux problèmes empêchant l'amélioration de ces mesures, et qui seront traiter au chapitre suivant.



MISE EN PLACE DE LA SOLUTION :

STANDARDISATION DES MESURES ET MISE EN PLACE  
D'UNE INTERFACE WEB POUR LEUR  
ENREGISTREMENT.



## *Chapitre IV : Standardisation des mesures et développement d'une interface web pour leur enregistrement*

### *I. Analyse des besoins*

Pour pouvoir analyser les besoins, plusieurs constatations ont été faites lors de la réalisation des mesures, ce qui a donné naissance à plusieurs questions. Parmi ces constatations nous citons :

*Ce chapitre sera dédié à la solution proposée et qui consiste à standardiser les mesures de la qualité vidéo en réalisant une fiche rassemblant toutes les mesures qui doivent être réalisées, et puis de mettre en place une interface web intranet permettant l'enregistrement de toutes les mesures faites, et la communication de ces mesures entre toute l'équipe de département de télédiffusion.*

- Problème d'archivage : aucune information concernant les mesures réalisées précédemment n'est documentée, que ça soit des valeurs numériques, la méthodologie de mesure, ou les interventions faites lors de la maintenance.
- Toutes les mesures réalisées précédemment ne sont connues que par les anciens employés, ce qui rend un peu difficile l'intégration d'un nouvel employé au sein de groupe de la direction de télédiffusion.



- Lors de notre visite de la station de Temara, en accompagnant un groupe des ingénieurs, pour vérifier le fonctionnement des nouveaux émetteurs, nous avons constaté que les mesures s'effectuent d'une manière aléatoire c.-à-d. qu'il n'y a pas une démarche précise à suivre. Ceci peut présenter des inconvénients majeurs lors de la maintenance, puisque la personne mesureur peut oublier ou négliger certaines mesures.

Pour toutes ces constatations, nous sommes amenés à proposer une solution réaliste, cohérente et compréhensible. Cette solution va être basée sur deux concepts :

- Concept de standardisation des mesures : il a pour objectif le respect d'une démarche précise lors des mesures en imposant une fiche des mesures.
- Concept de l'archivage des mesures : il aura comme objectif de laisser la trace de toute mesure effectuée pour chaque émetteur installé, afin de faciliter la tâche à toute autre personne mesureur.

Après avoir analysé les besoins de la direction de télédiffusion en termes de mesure de la qualité vidéo, nous avons pu aboutir à une solution visant à mettre en place une fiche standardisant les mesures ainsi qu'une interface web intranet spécifiée à ces mesures. Cette solution aura pour but de :

- Normaliser les mesures.
- Avoir une interface web communiquant entre les personnes concernées par les mesures de la qualité vidéo au sein de la direction de télédiffusion, et qui permet :
  - Le téléchargement de la fiche des mesures.
  - L'enregistrement des mesures effectuées.
  - D'avoir un guide sur la méthodologie de mesure.
  - D'avoir un historique sur toutes les mesures effectuées.

## ***II. Standardisation des mesures***

Pratiquer réellement les mesures de la qualité vidéo, fouiller profondément des livres, et chercher largement d'autres mesures sur internet, sont l'aptitude qui nous a



permet d'inventer une fiche standardisant les mesures à effectuer sur la qualité vidéo, cette fiche sera imposée à toute personne mesureur de la qualité vidéo au sein de la direction de télédiffusion.

Pour la télévision analogique terrestre nous avons abouti aux mesures suivantes :

- Mesures sur la ligne 17 :
  - La barre planche
  - L'impulsion 2T
  - L'impulsion 20T
  - Le signal en escalier
- Mesure sur la ligne 18 :
  - Mesure des distorsions d'amplitude en fonction de la fréquence.
- Mesures sur la ligne 330 :
  - Mesure de gain différentielle
  - Mesure de phase différentielle
- Mesure sur la ligne 331 :
  - Mesure de la linéarité de chrominance
- D'autres mesures :
  - Mesure de la réponse transitoire
  - Mesure de l'amplitude vidéo
  - Mesure de la bande passante

La fiche réalisée pour les mesures analogiques est présentée dans l'annexe 3.

Pour la télévision numérique terrestre nous avons aboutit aux mesures suivantes :

- Mesure de rapport signal à bruit.
- Mesure de taux d'erreur de modulation.
- Mesure de taux d'erreur binaire avant Viterbi.
- Mesure de taux d'erreur binaire après Viterbi.
- Mesure de puissance de signal.
- Mesure de spectre utile.



- Mesure de l'intermodulation.

La fiche réalisée pour les mesures numériques est fournie dans l'annexe 3.

### **III. Mise en place de l'interface web**

Dans le but de faciliter cette tâche, il était nécessaire de l'organiser en un ensemble des étapes :

#### **a. Se familiariser avec les outils de travail**

Afin d'avoir une idée sur les outils de travail nous avons commencé par une documentation à propos de création des sites web dynamiques. Ainsi, nous avons trouvé qu'il faut installer deux logiciels qui sont :



WampServer : la création d'un site web dynamique nécessite trois programmes :

- Apache : donnant à un ordinateur le caractère d'un serveur.
- PHP : permettant au serveur d'interpréter le code PHP que peut contenir les pages web.
- MySQL : c'est un système de gestion de base de données permettant le stockage d'une manière structurée de toutes les informations nécessaires, afin d'y faciliter l'accès.

Le WampServer est un logiciel offrant une plateforme qui contient à la fois l'Apache, le PHP et MySQL.



DreamWeaver : il s'agit d'un éditeur d'application web permettant de créer des pages HTML, PHP et d'autres. Il est édité par Adobe systems.

#### **b. Réaliser le diagramme de site**



Après la phase de documentation et de l'installation des logiciels nécessaires, vient l'étape de la réalisation de diagramme de fonctionnement du site web. Le site web à créer sera composé de trois grands entêtes :

- Accueil : qui sera dédié à la présentation de site web.
- La télévision analogique terrestre : cet entête va contenir trois sous titre :
  - Partie théorique : contenant des informations générales sur la télévision analogique terrestre.
  - Partie mesure : cette partie sera dédiée à la méthodologie de mesure et va contenir aussi un lien permettant le téléchargement de fiche de mesure de la qualité vidéo analogique.
  - Partie historique : le rôle de cette partie est de laisser la trace de toutes les mesures à effectuer. Elle permet l'enregistrement des mesures faites, et aussi l'accès à toutes les mesures effectuées précédemment.
- La télévision numérique : cet entête va être semblable à ce que nous avons fait pour la télévision analogique terrestre.

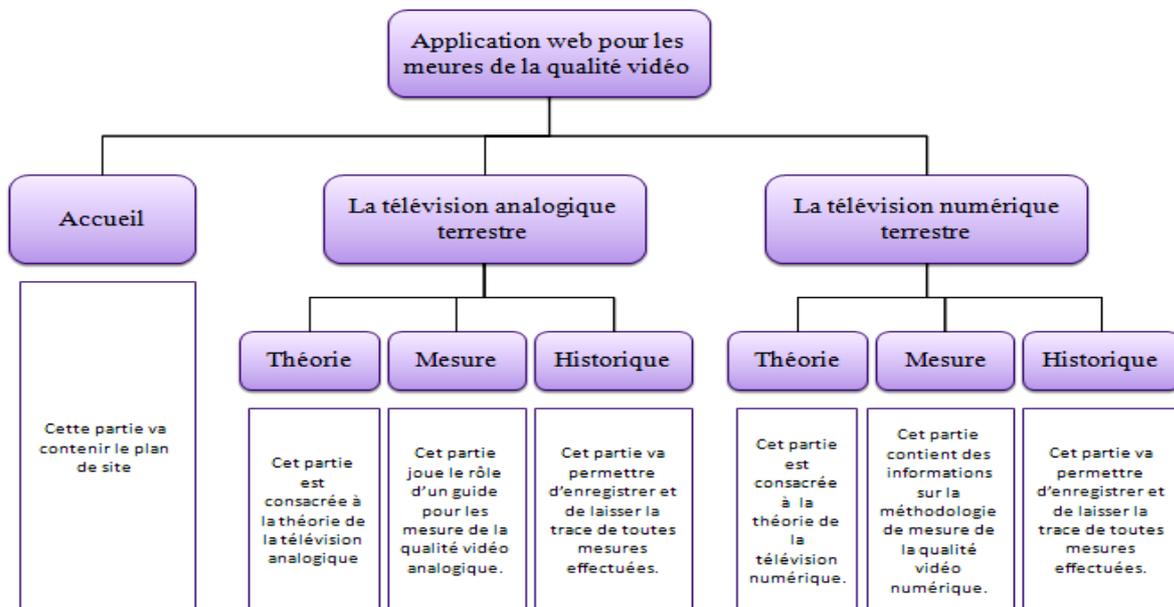


Figure 60: Diagramme de fonctionnement de l'application web.

### c. Passer à l'action



Le but de cette phase est de mentionner toutes les étapes de création de site web, ainsi, nous avons commencé par créer un dossier de site sous le nom de « SNRT\_mesures », ce dossier va contenir toutes les pages web de site ainsi que tous les images utilisées, et il doit avoir comme emplacement le dossier de serveur qui correspond aux projets :

*C:\wamp\www\SNRT\_mesures*

La configuration de site se fait en choisissant un nom de site ainsi que son dossier local:

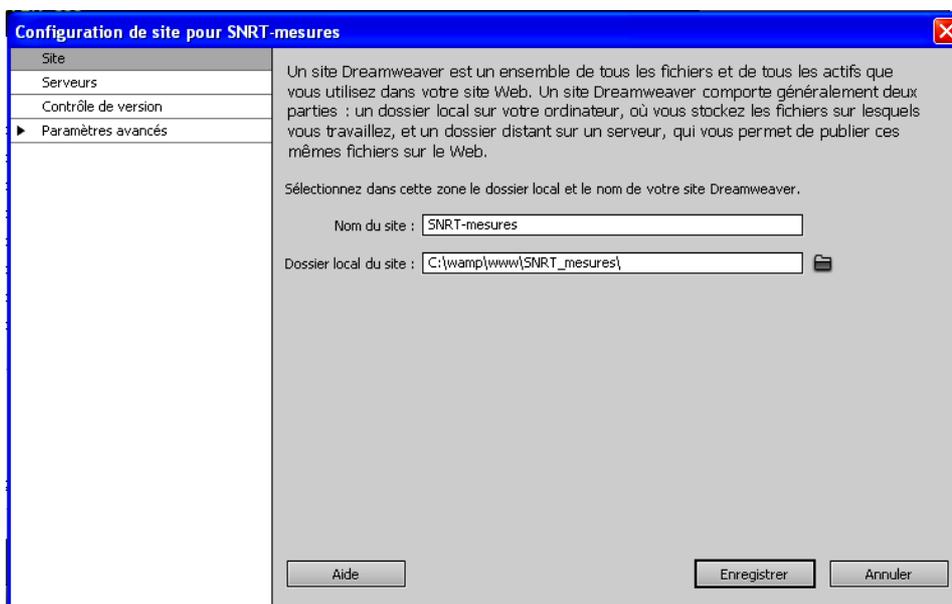


Figure 61: Configuration de l'application.

La configuration de serveur :

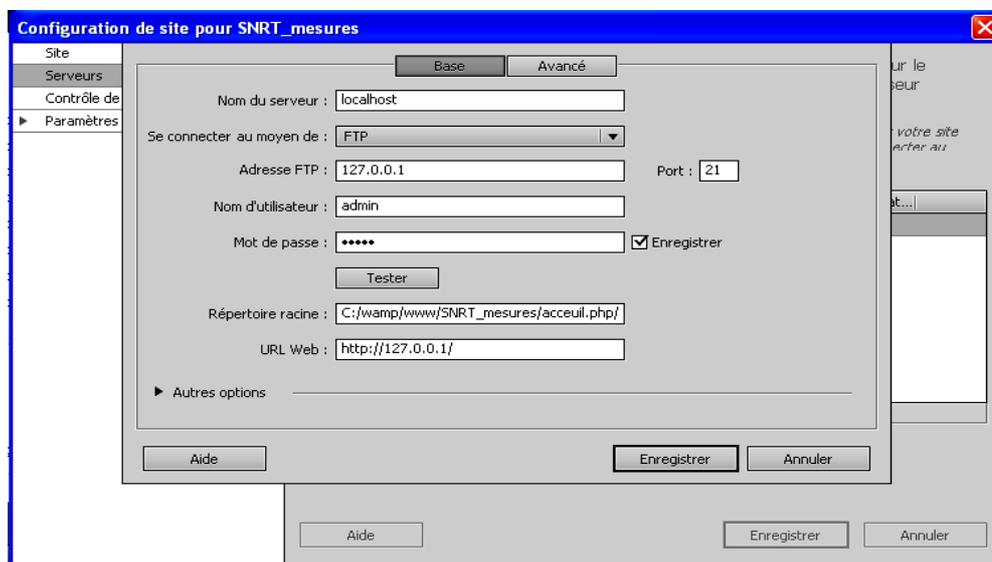




Figure 62: Configuration de serveur.

Après avoir terminé la configuration de site et de serveur, nous passons à la création des pages web nécessaires pour un bon fonctionnement de site, et puisque les pages web peuvent contenir de code PHP, alors celles-ci doivent avoir l'extension .PHP :



Figure 63: Création de page à l'aide de Dreamweaver.

La page web la plus importante parmi les pages créées, est celle correspondante à l'historique des mesures.

Pour les mesures analogiques l'interface créée est la suivante :



Figure 64: Création de l'interface permettant de chercher une mesure.

Selon le besoin, la recherche dans l'historique des mesures peut être effectuée par divers manière, soit par:

- Date : si nous souhaitons chercher des mesures effectuées à telle date.
- Station : si nous souhaitons chercher des mesures correspondant à une station spécifique.
- Canal : si nous souhaitons chercher des mesures correspondant à un émetteur spécifique.

Cette partie sera suivie d'une partie « enregistrer des mesures » qui va permettre de charger et d'envoyer la fiche de mesures vers le serveur :

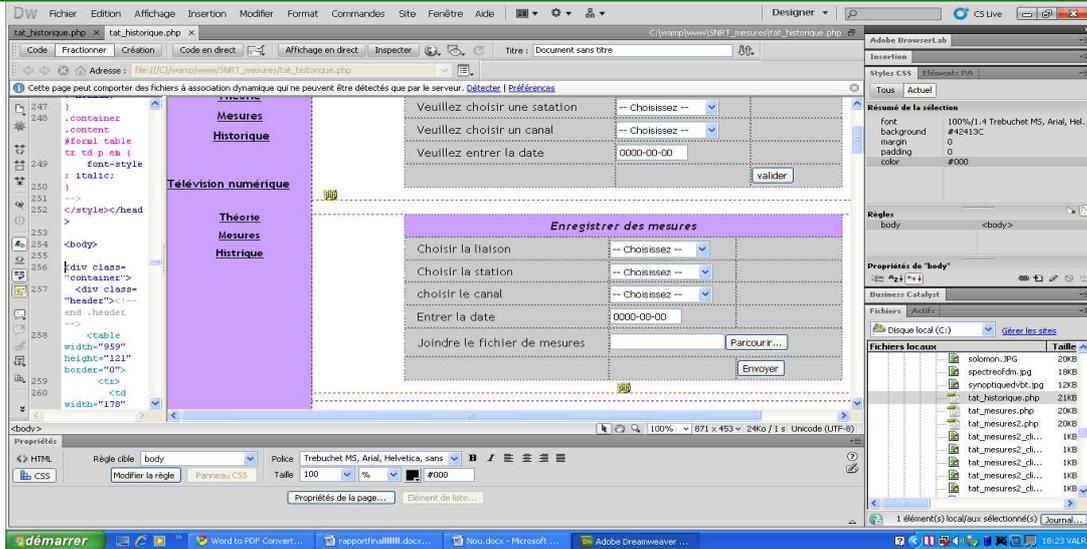


Figure 65: Création de l'interface permettant d'enregistrer les mesures.

Le développement de la page concernant l'historique des mesures numérique sera similaire à celle réalisée pour les mesures analogiques. Un seul changement va être subit, c'est celui des nombres de canaux puisqu'en numérique nous profitons de 47 canaux au lieu de 8 exploités en analogique.

## *Conclusion générale et perspectives*

Ce travail qui s'inscrit dans le cadre de projet de fin d'étude, consiste à proposer une standardisation des mesures de la qualité vidéo ainsi qu'un développement d'une interface web intranet, pour l'enregistrement de chaque mesure effectuée, pour le département de la télédiffusion de la société nationale de radiodiffusion et de télévision.

Ce projet a constitué pour moi, la chance de développer mon esprit d'autonomie et de responsabilité, et il m'a permis de mettre en pratique les enseignements reçus lors de la formation, ainsi qu'une occasion de créer une dynamique de groupe.

A cet effet, nous avons fait ressortir, à partir d'une analyse des besoins, les spécifications sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour décider de la solution de standardisation de mesure de la qualité vidéo et développement d'une interface web pour



son enregistrement afin de répondre mieux aux attentes de département de télédiffusion. Pour cela, nous avons tout d'abord fait une étude pratique profonde de mesures de la qualité d'un signal vidéo analogique et numérique, afin de pouvoir réaliser une fiche standardisant les mesures, et aussi de développer une interface web intranet permettant l'enregistrement de toute mesure effectuée.

Les principales difficultés rencontrées ont été au niveau de l'étude de l'existant et plus précisément au niveau des mesures analogiques, puisqu'il n'y a aucune trace de ces mesures et à chaque fois nous posons la même question sur plusieurs personnes pour être plus exacte au niveau des informations collectées.

Les perspectives possibles à la suite du présent projet sont multiples et parmi lesquelles nous citons : une étude de toutes les interventions faite lors de la maintenance et une réalisation d'une fiche décrivant la démarche à suivre lors de la maintenance. Lors d'une défaillance, toute fiche de mesure de la qualité sera accompagnée par une fiche décrivant l'intervention effectuée, ainsi que d'archiver toute information afin de rendre la vitesse de détection et de réaction encore une fois plus rapide.

## *Bibliographie*

1. Cours de l'INA formation « la TNT » unité technique de Sylvie Kalinowski.  
Janvier 2005.
2. ROHDE&SCHWARZ « Digital TV Rigs and Recipes DVB-T ».
3. ROHDE&SCHWARZ « Mesures sur signaux MPEG2 et DVB-T ».
4. Screen Service «AUTOMATIC CHANGE-OVER OPERATION MANUAL ».

## *Webographie*

1. [www.cisco.com/.../products\\_white\\_paper0900aecd805738f5.shtml](http://www.cisco.com/.../products_white_paper0900aecd805738f5.shtml).
2. [www.wikipédia.fr](http://www.wikipédia.fr)



3. <http://www.louisreynier.com/fichiers/systemes%20tv.pdf>
4. [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt.pdf](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt.pdf)
5. [www.tek.com/sites/.../PAL%20composite%20video%20test%20signals.doc](http://www.tek.com/sites/.../PAL%20composite%20video%20test%20signals.doc)
6. <http://www-lagis.univ-lille1.fr/~bonnet/image/video.pdf>
7. [http://kozlovsky.pagesperso-orange.fr/cours/3\\_video\\_signal.PDF](http://kozlovsky.pagesperso-orange.fr/cours/3_video_signal.PDF)

### Annexe 1

La face avant d'un émetteur « 1+1 » (un émetteur secours pour un emetteur principal).



Figure 66: Face avant de deux émetteurs.

Les étages d'un émetteur TV :

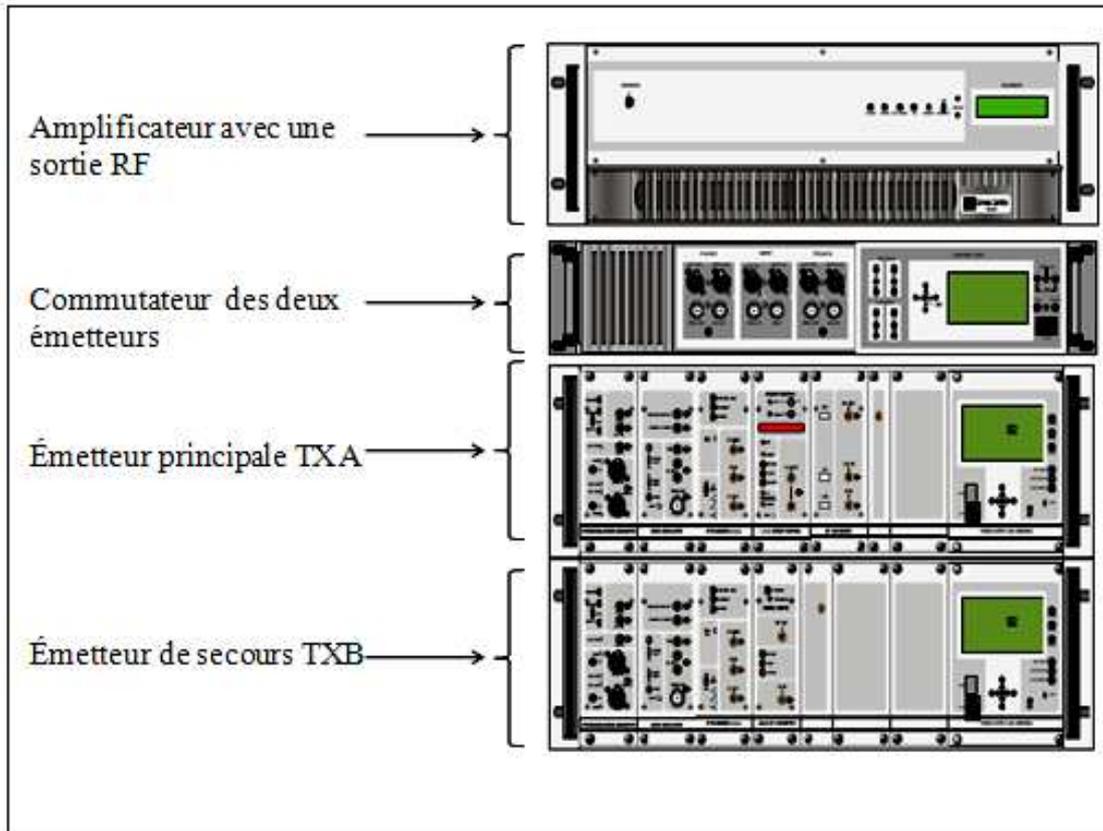


Figure 67: Les étages d'un émetteur TV

Branchement d'avant des différents étages de l'émetteur:

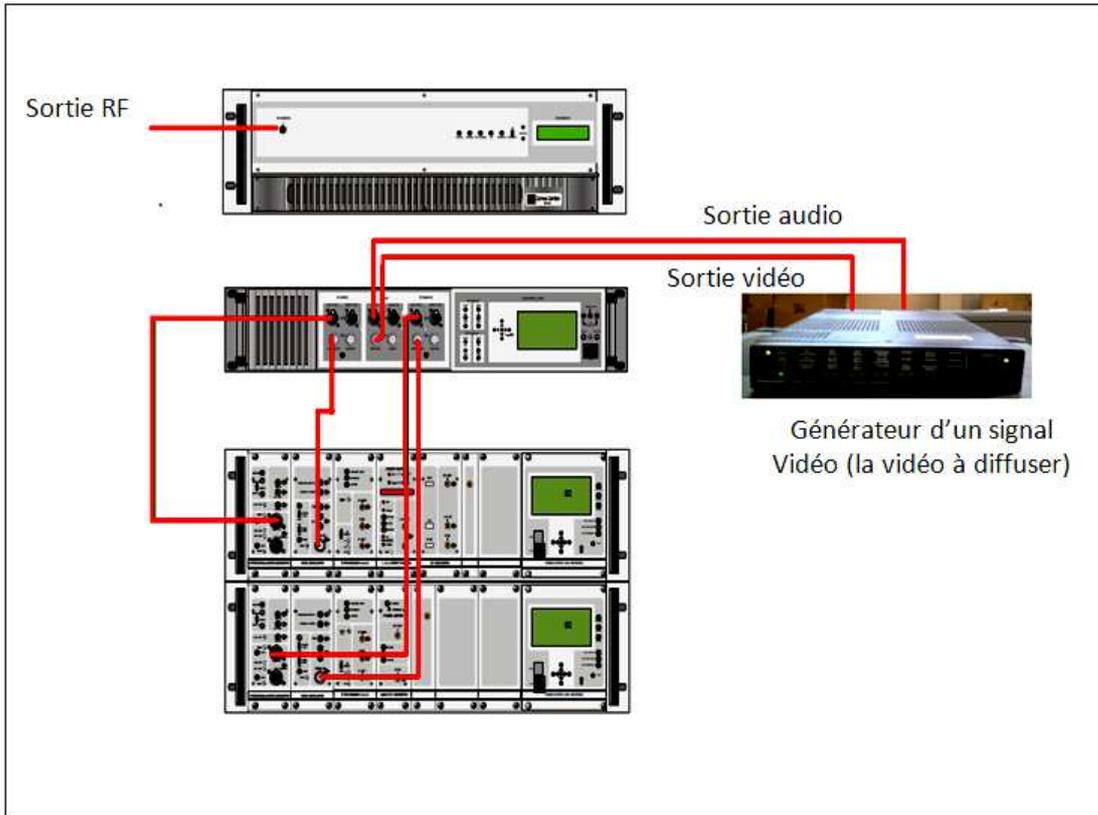


Figure 68: Branchement d'avant des différents étage d'un émetteur

Branchement d'arrière des différents étages de l'émetteur:

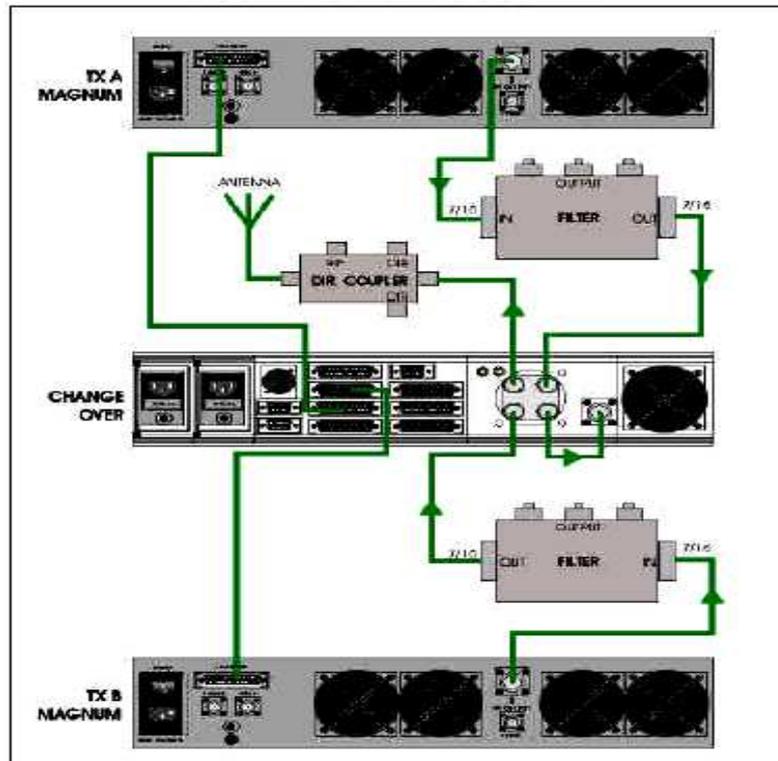


Figure 69 Branchement arrière des différents étages d'un émetteur

Les appareils de mesure de la qualité vidéo :

ANNEE UNIVERSITAIRE 2011- 2012



- Pour le signal vidéo analogique

ROHDE & SCHWARZ TV NETWORK ANALYSER (sokf) :



Figure 70: Appareil de mesure du signal vidéo analogique

- Pour le signal vidéo numérique

PROMAX HD



Figure 71: Appareil de mesure du signal vidéo numérique

## Annexe 2

Les positions des porteuses pilots en mode 2k et 8K :

- Le tableau des pilots continus :



Continual pilot carrier positions (index number k)													
2K mode							8K mode						
0	48	54	87	141	156	192	0	48	54	87	141	156	192
201	255	279	282	333	432	450	201	255	279	282	333	432	450
483	525	531	618	636	714	759	483	525	531	618	636	714	759
765	780	804	873	888	918	939	765	780	804	873	888	918	939
942	969	984	1 050	1 101	1 107	1 110	942	969	984	1 050	1 101	1 107	1 110
1 137	1 140	1 146	1 206	1 269	1 323	1 377	1 137	1 140	1 146	1 206	1 269	1 323	1 377
1 491	1 683	1 704					1 491	1 683	1 704	1 752	1 758	1 791	1 845
							1 860	1 896	1 905	1 959	1 983	1 986	2 037
							2 136	2 154	2 187	2 229	2 235	2 322	2 340
							2 418	2 463	2 469	2 484	2 508	2 577	2 592
							2 622	2 643	2 646	2 673	2 688	2 754	2 805
							2 811	2 814	2 841	2 844	2 850	2 910	2 973
							3 027	3 081	3 195	3 387	3 408	3 456	3 462
							3 495	3 549	3 564	3 600	3 609	3 663	3 687
							3 690	3 741	3 840	3 858	3 891	3 933	3 939
							4 026	4 044	4 122	4 167	4 173	4 188	4 212
							4 281	4 296	4 326	4 347	4 350	4 377	4 392
							4 458	4 509	4 515	4 518	4 545	4 548	4 554
							4 614	4 677	4 731	4 785	4 899	5 091	5 112
							5 160	5 166	5 199	5 253	5 268	5 304	5 313
							5 367	5 391	5 394	5 445	5 544	5 562	5 595
							5 637	5 643	5 730	5 748	5 826	5 871	5 877
							5 892	5 916	5 985	6 000	6 030	6 051	6 054
							6 081	6 096	6 162	6 213	6 219	6 222	6 249
							6 252	6 258	6 318	6 381	6 435	6 489	6 603
							6 795	6 816					

Tableau 8: Tableau des pilotes continus.

- Le tableau des pilotes TPS :

2K mode					8K mode							
34	50	209	346	413	34	50	209	346	413	569	595	688
569	595	688	790	901	790	901	1 073	1 219	1 262	1 286	1 469	1 594
1 073	1 219	1 262	1 286	1 469	1 687	1 738	1 754	1 913	2 050	2 117	2 273	2 299
1 594	1 687				2 392	2 494	2 605	2 777	2 923	2 966	2 990	3 173
					3 298	3 391	3 442	3 458	3 617	3 754	3 821	3 977
					4 003	4 096	4 198	4 309	4 481	4 627	4 670	4 694
					4 877	5 002	5 095	5 146	5 162	5 321	5 458	5 525
					5 681	5 707	5 800	5 902	6 013	6 185	6 331	6 374
					6 398	6 581	6 706	6 799				

Tableau 9: Tableau des pilotes TPS.

### Annexe 3



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Faculté des Sciences et Techniques Fès  
Département Génie Electrique

