

# Saé 31 - Transmissions

## Les systèmes de diffusion de télévision

UCA/IUT/BUT 2/S3

### Compte-rendu il m



FIGURE 1 – Antenne d'émission, puy de Dôme

**Le but de cette saé est d'étudier en théorie et en pratique les caractéristiques de la diffusion de la télévision par satellite et par faisceau hertzien.**

***Ce document de compte-rendu est donc à compléter au fur et à mesure des séances de projet.***

# – Sommaire

<b>TP n°1 la télévision numérique par satellite</b>	<b>2</b>
1.1 Préparation du TP1 - La télévision numérique par satellite	2
1.1.1 Codage de canal TV numérique	2
1.1.1 Codage convolutif	3
1.1.1.1 Représentation de la structure d'un additionneur modulo 2 à 3 entrées	3
1.1.1.2 Calcul de la sortie du codeur de la figure 1.5	4
1.1.1.3 Convertir 171 et 133 de l'octal au binaire	6
1.1.1.4 Structure du codeur [171,133] avec M = 8	7
1.2 Manipulation du TP 1 - La télévision numérique par satellite	8
1.2.1 Présentation du dispositif de réception satellite	8
1.2.2 Etude des spectres	9
1.3.4 Mesure de rapport signal à bruit	12
1.3.5 Mesure de puissance	15
1.3.6 Mesure du taux d'erreur (BER)	18
<b>TP n° 2 la télévision numérique terrestre (TNT)</b>	<b>19</b>
2.2 Préparation du TP 2 - La télévision numérique terrestre	19
2.2.1 En déduire la durée d'un bit ? le débit en bits/s ?	19
2.2.2 Tracer le diagramme de constellation du 64-QAM	20
Diagramme de constellation du 64-QAM	20
2.2.3 Nombres de symboles transmis pendant une période de la porteuse	20
2.2.4 Analyse du symbole "011100"	21
2.3 Manipulation	24
2.3.1 Mise en service du mesureur	24
2.3.2 Étude de la bande UHF	24
2.3.3 Paramètres d'un canal	26
2.3.4 Mesures de qualité numérique	27
2.3.5 Diagramme de constellation	29
2.3.6 Démodulation d'une chaîne TV	30
2.3.7 Conclusion	31
<b>3. Étude théorique et documentaire</b>	<b>32</b>
3.1 Historique	32
3.2 Télévision analogique	35
3.3 Télévision numérique	36

# TP n°1 la télévision numérique par satellite

Travail séance 1 non encadrée - Préparation des TPs - (temps estimé : 3h)

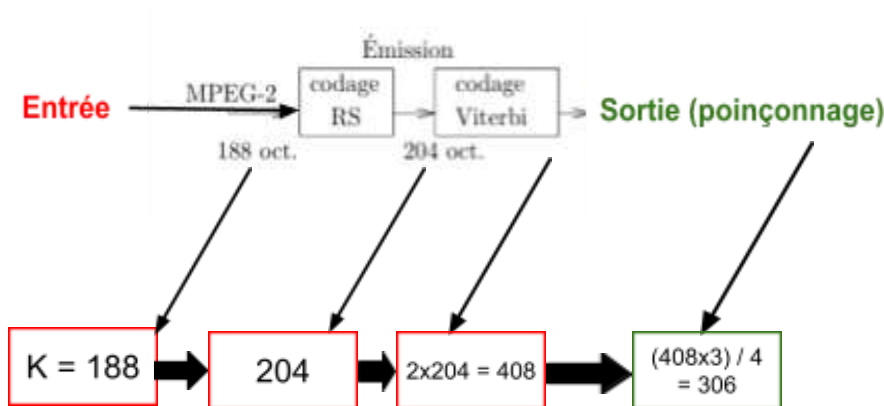
## 1.1 Préparation du TP1 - La télévision numérique par satellite

### 1.1.1 Codage de canal TV numérique

Calcul du code rate entre l'entrée du codeur de Red-Solomon et la sortie du poinçonnage :

On utilisera la formule ci-dessous :

$$R_c = \frac{K}{N}$$



Soit dans notre cas :

$$R_c = \frac{188}{306} = 0,6143 = 61,43 \% \text{ de rendement}$$

Le code rate entre l'entrée du codeur "Rs" et la sortie du poinçonnage donne une valeur de 0,6143 ce qui représente environ 61,4 % de rendement cela signifie que 61,4 % des données transmises sont de l'information utile, le reste étant de la protection contre les erreurs.

## 1.1.1 Codage convolutif

### 1.1.1.1 Représentation de la structure d'un additionneur modulo 2 à 3 entrées

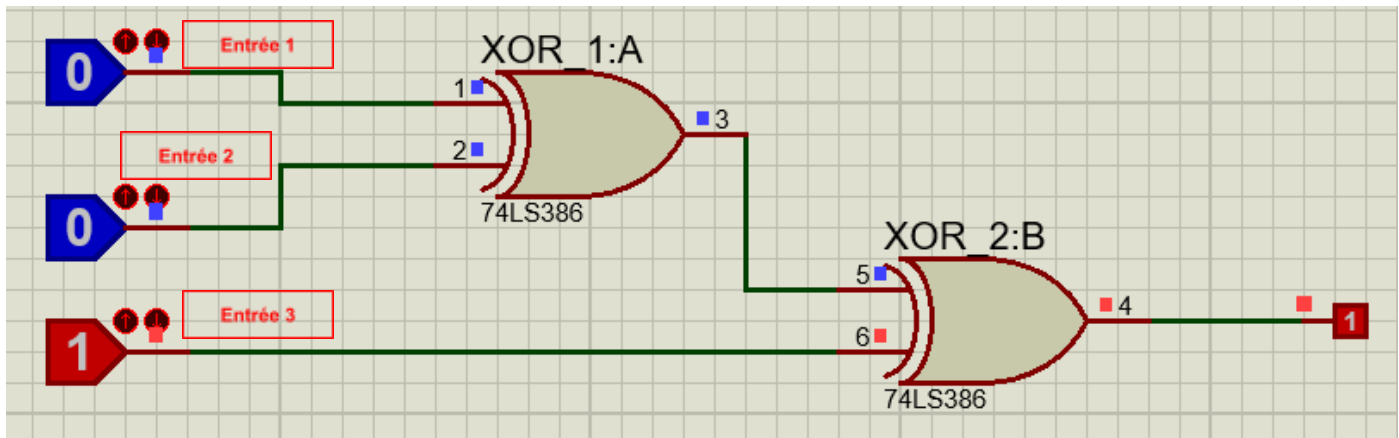
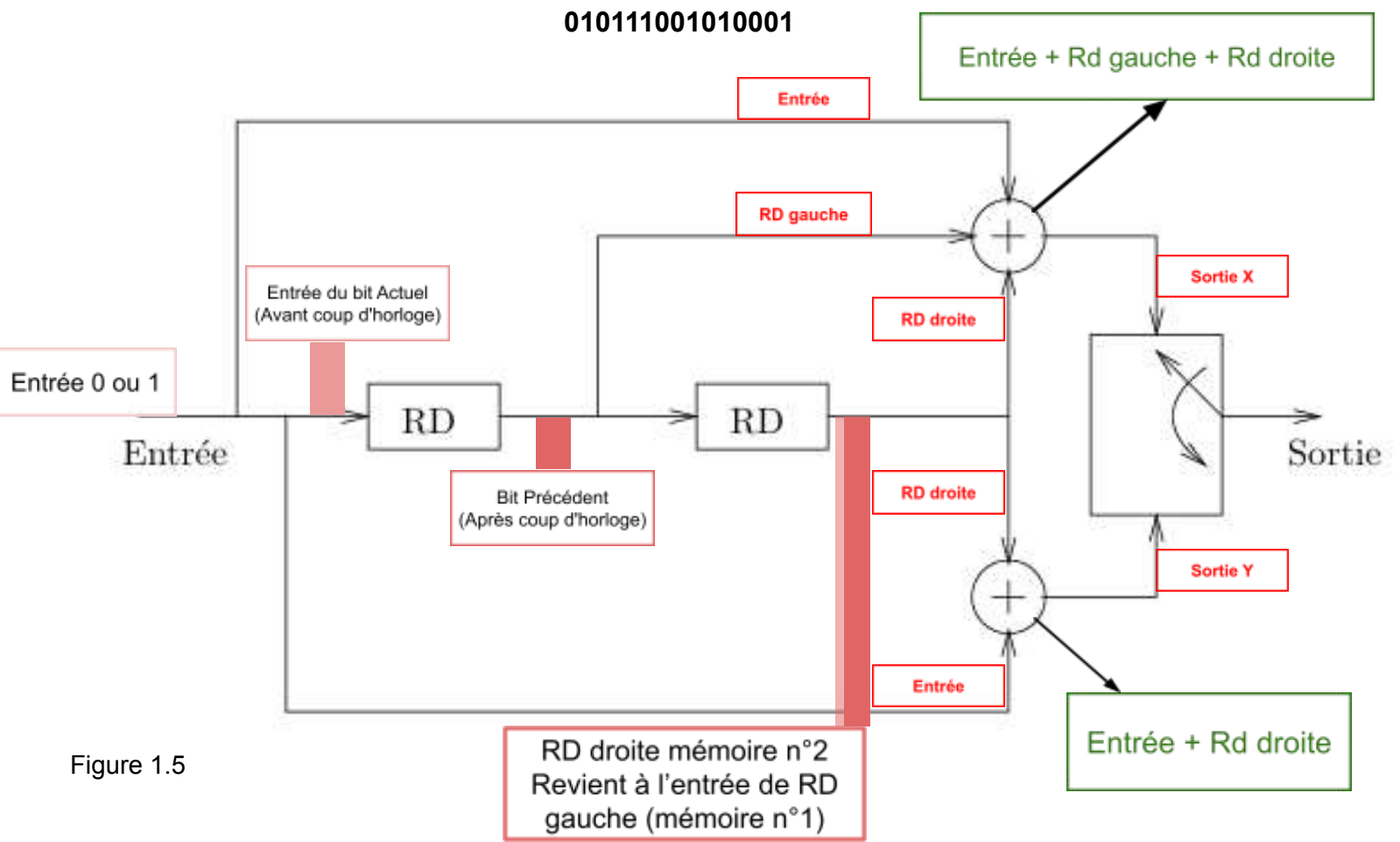


Schéma réalisée à l'aide du logiciel proteus 8

Table de vérité associée au circuit :

Entrée 1	Entrée 2	Entrée 3	Sortie
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

1.1.1.2 Calcul de la sortie du codeur de la figure 1.5



Le Tableau de Calcul pour une meilleures analyse

ENTRÉE	RD Gauche	RD Droite	Calcul HAUT	Calcul BAS	Sortie (Haut Bas)
0	0	0	$0+0+0 = 0$	$0+0 = 0$	00
1	0	0	$1+0+0 = 1$	$1 + 0 = 1$	11
0	1	0	$0+1+0 = 1$	$0+0 = 0$	10

1	0	1	$1+0+1 = 0$	$1+1 = 0$	00
1	1	0	$1+1+0 = 0$	$1+0 = 1$	01
1	1	1	$1+1+1 = 1$	$1+1 = 0$	10
0	1	1	$0+1+1 = 0$	$0+1 = 1$	01
0	0	1	$0+0+1 = 1$	$0+1 = 1$	11
1	0	0	$1+0+0 = 1$	$1+0 = 1$	11
0	1	0	$0+1+0 = 1$	$0+0 = 0$	10
1	0	1	$1+0+1 = 0$	$1+1 = 0$	00
0	1	0	$0+1+0 = 1$	$0+0 = 0$	10
0	0	1	$0+0+1 = 1$	$0+1 = 1$	11
0	0	0	$0+0+0 = 0$	$0+0 = 0$	00
1	0	0	$1+0+0 = 1$	$1+0 = 1$	11

**010111001010001**



**001110000110011111100010110011**  
(Sortie du codeur de la figure 1.5)

### 1.1.1.3 Convertir 171 et 133 de l'octal au binaire

Table de traduction octal vers binaire :

Chiffre Octal	Binaire (3 bits)
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Soit 171 = 001 111 001 -> 1111001 et 133 = 001 011 011 -> 1011011

### 1.1.1.4 Structure du codeur [171,133] avec M = 8

Pour 171 on obtient (soit notre sortie X) , circuit du haut :

Position	Entrée	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Binaire	1	1	1	1	0	0	1
Schéma	Fil	Fil	Fil	Fil	Pas de fil	Pas de fil	Fil

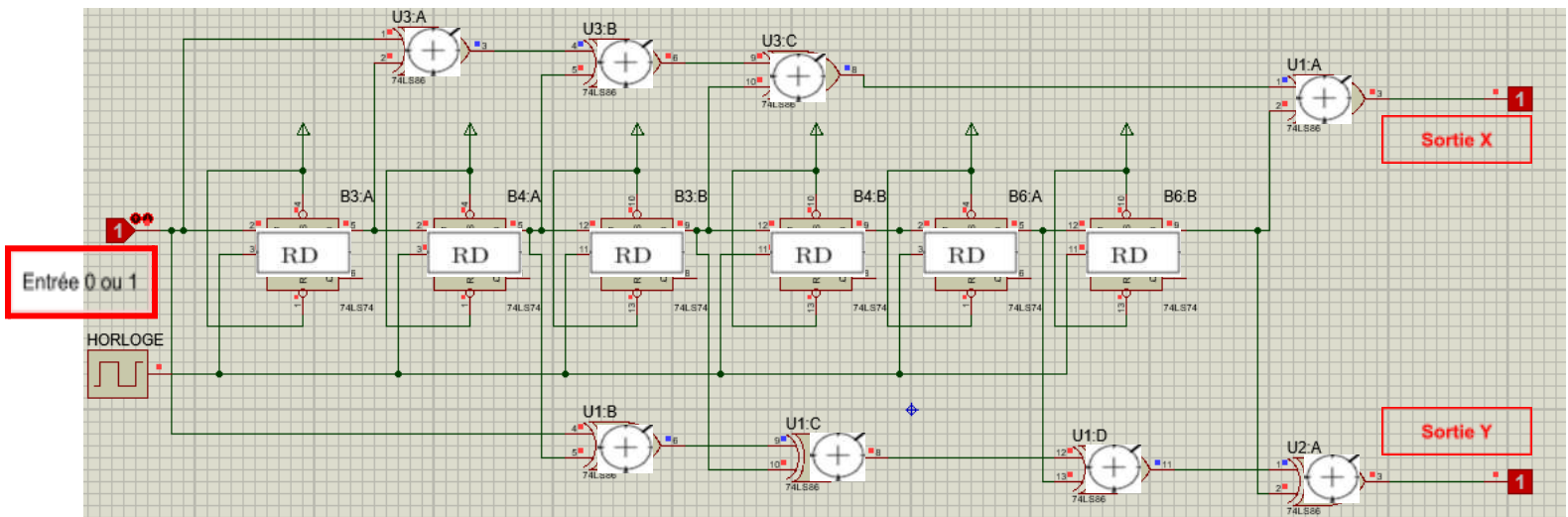


Schéma réalisée à l'aide du logiciel proteus 8

Pour 133 on obtient (soit notre sortie Y) , circuit du bas :

Position	Entrée	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Binaire	1	0	1	1	0	1	1
Schéma	Fil	Pas de fil	Fil	Fil	Pas de fil	Fil	Fil



## Travail séances 1 et 2 encadrées - Temp : 6h

### 1.2 Manipulation du TP 1 - La télévision numérique par satellite

#### 1.2.1 Présentation du dispositif de réception satellite

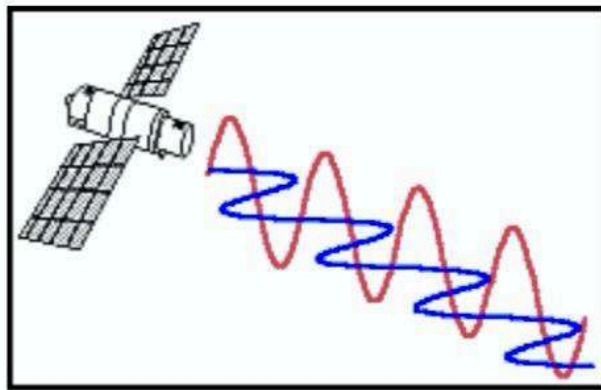


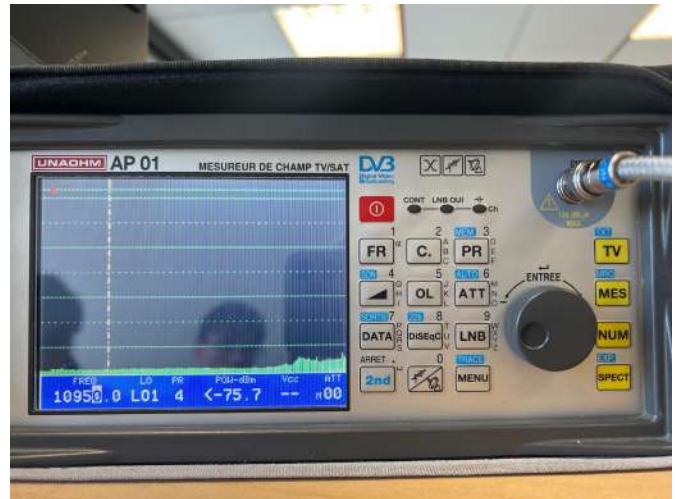
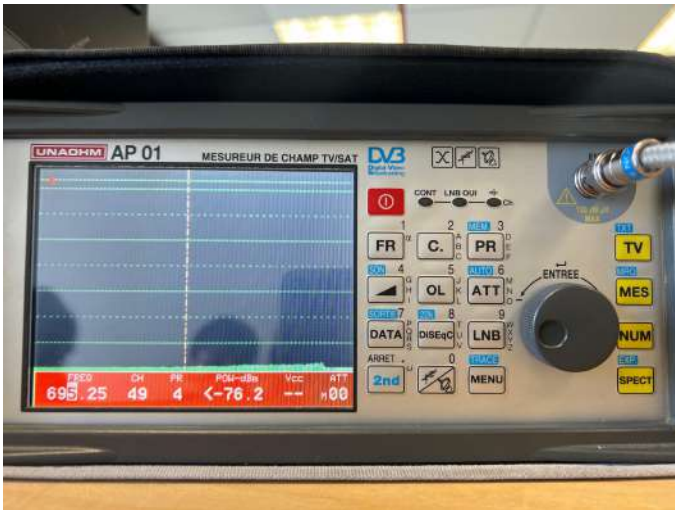
FIGURE 1.7 – polarisation des ondes émises (rouge en verticale, bleu en horizontale).

La polarisation dépendra de la tension qui alimentera la LNB :

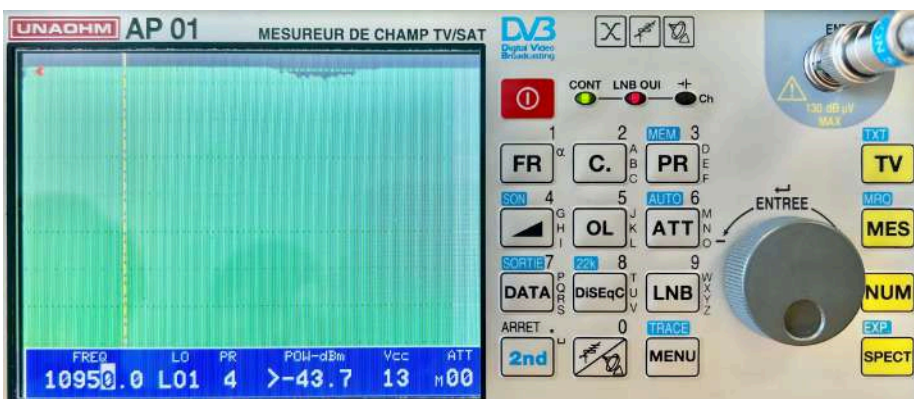
- Une polarisation verticale (V) correspond à une tension de 13V.
- Une polarisation horizontale (H) correspond à une tension de 18V.

## 1.2.2 Etude des spectres

1) Basculement entre numérique et analogique :



2) Alimentation de la LNB :

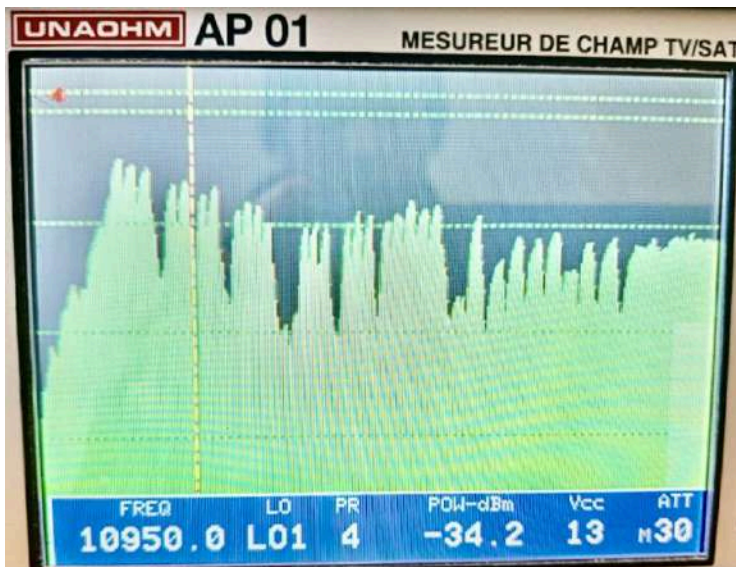


3) Rôle de chaque tensions concernant le dispositif de réception satellite :

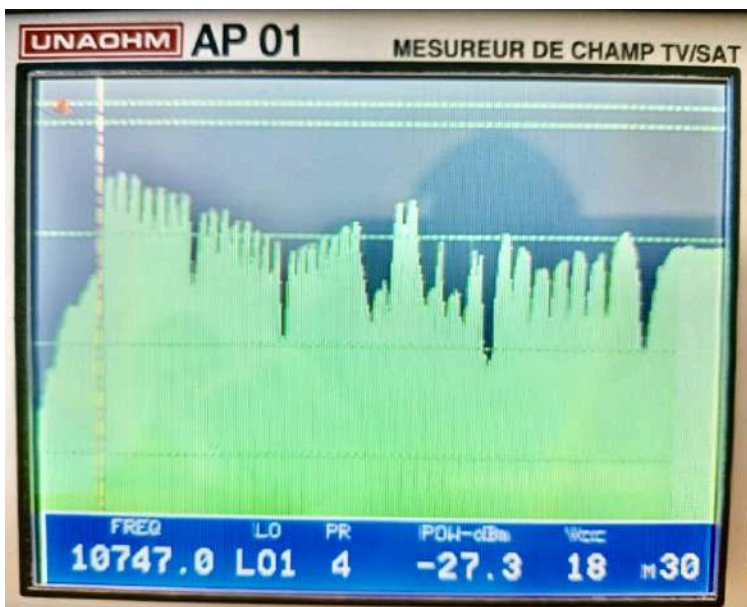
- On choisira une tension de 13 V pour observer la polarisation **vertical** émise par le satellite ASTRA1.
- On choisira une tension de 18 V pour observer la polarisation **horizontal** émise par le satellite ASTRA1.

4) Représentation de l'allure du spectre satellite :

a) Concernant une polarisation vertical (13 V)



b) Concernant une polarisation horizontal (18 V)

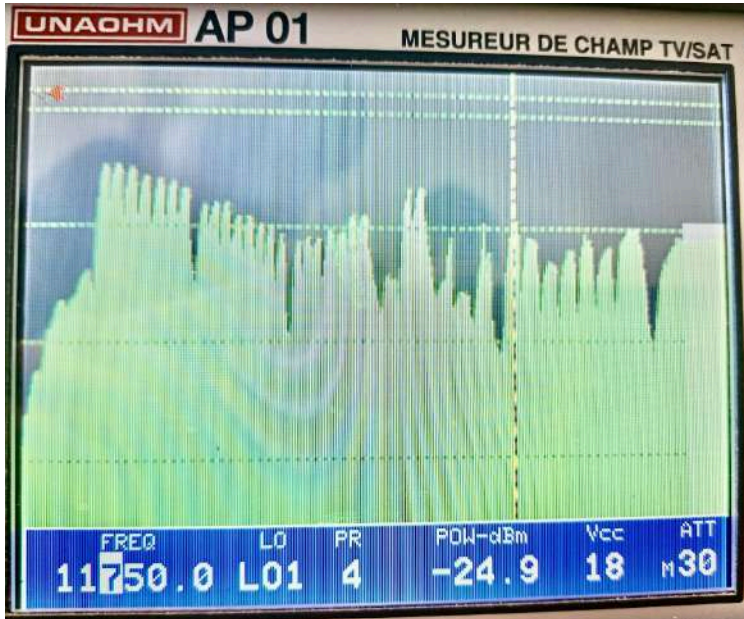


**Observation :** Lorsqu'on change la polarisation (en passant de 13V à 18V), l'allure du spectre change complètement. On observe de nouveaux pics de fréquences à des endroits différents.

**Explication :** Les signaux en polarisation horizontale et verticale sont émis sur les mêmes bandes de fréquences mais sont isolés les uns des autres. En changeant la tension, le LNB "écoute" une orientation différente de l'onde.



## 5) Gammes de fréquences (Analogiques vs Numérique)



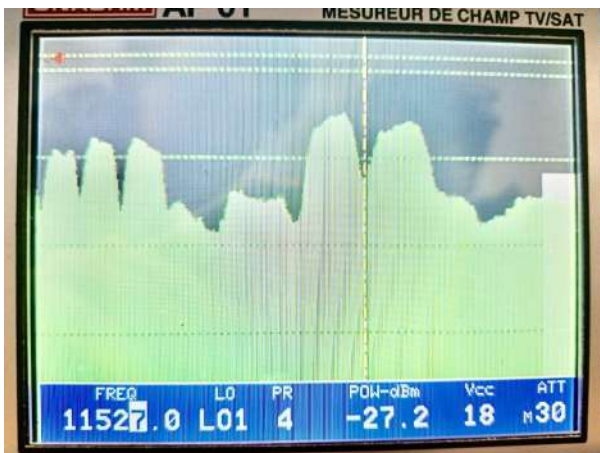
En observant le spectre :

- On constate que les chaînes analogiques occupent la bande de 10,7 à 11,7 GHz.
- Les bouquets numériques commencent à partir de 11,7 GHz.

**Déduction :** La bande basse du spectre satellite est historiquement allouée aux transmissions analogiques, tandis que la bande haute est réservée aux transmissions numériques.

## 6) Largeur de bande d'un bouquet numérique

On part d'un point de référence initial pour en déduire la fréquence de ce dernier et pouvoir soustraire de celui-ci la fréquence du point de référence final, ce qui nous permettra donc d'en déduire la largeur de la bande passante occupée par le bouquet numérique.



Point de référence initial : 11,527 GHz

Point de référence final : 11,556 GHz

**Largeur de la Bande occupé :**  $(11,556) - (11,527) = 29 \text{ MHz}$

### 1.3.4 Mesure de rapport signal à bruit

1) A quoi correspond le rapport (SNR) ?

Le rapport signal à bruit (SNR - Signal to Noise Ratio) correspond à la différence de puissance entre le signal utile (l'information que l'on veut recevoir) et le bruit de fond.

- C'est un indicateur fondamental de la qualité de la transmission.
- Plus ce rapport est élevé, plus le signal est "propre" et facile à décoder.

2) Quelle est donc la signification de C/N ?

C/N signifie Carrier to Noise Ratio (Rapport Porteuse sur Bruit).

- C'est l'équivalent du SNR, mais mesuré spécifiquement sur la fréquence porteuse (le signal modulé en haute fréquence) avant qu'il ne soit démodulé.
- Il s'exprime en décibels (dB).
- C'est la mesure physique brute de la qualité du lien radio entre le satellite et notre parabole.

3) Mesure pour 3 bouquets et déduction

**Mesure C/N du concernant le 1er bouquet :**

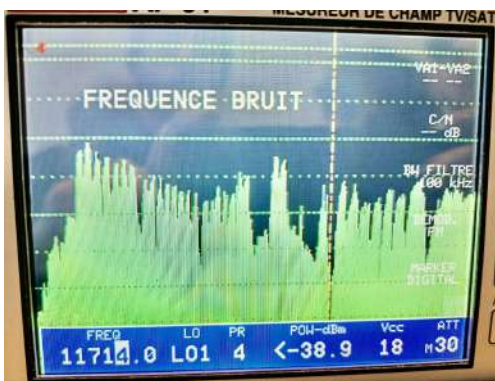
1. Mesure de la Porteuse (Signal) :

Nous avons d'abord placé le curseur sur le sommet du spectre correspondant au canal souhaité.

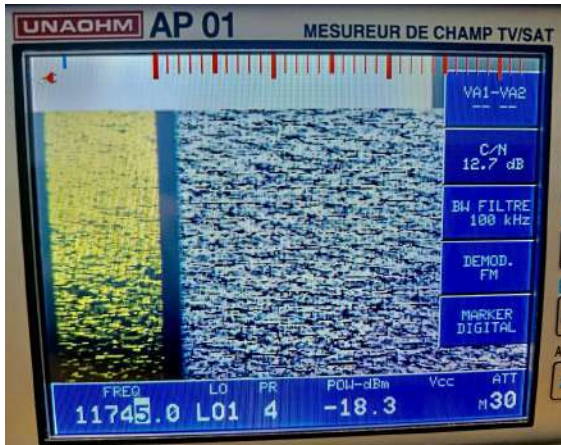
2. Ensuite nous avons validé la fréquence de la porteuse à **11705 MHz**.

3. Mesure du Bruit (Référence) :

L'appareil nous a ensuite demandé de définir le niveau de bruit ("FRÉQUENCE BRUIT") :



Nous avons donc décalé le curseur vers une zone vide du spectre (un creux entre deux signaux) à la fréquence de **11714 MHz**.



**Résultat :** L'appareil affiche un rapport C/N final de **12,7 dB**.

### Mesure C/N du concernant le 2ème bouquet :

#### 1. Mesure de la Porteuse (Signal) :

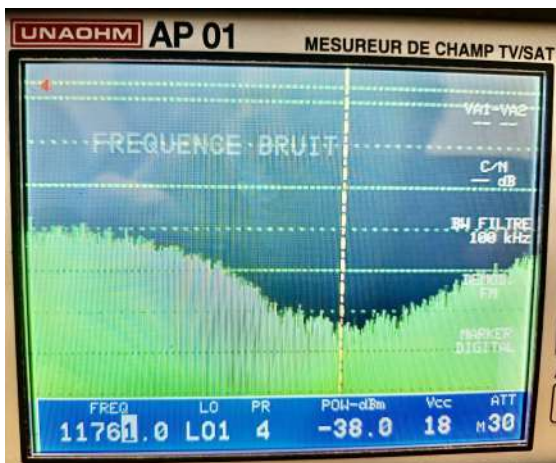
Nous avons d'abord placé le curseur sur le sommet du spectre correspondant au canal souhaité.

#### 2. Ensuite nous avons validé la fréquence de la porteuse à **11781 MHz**.



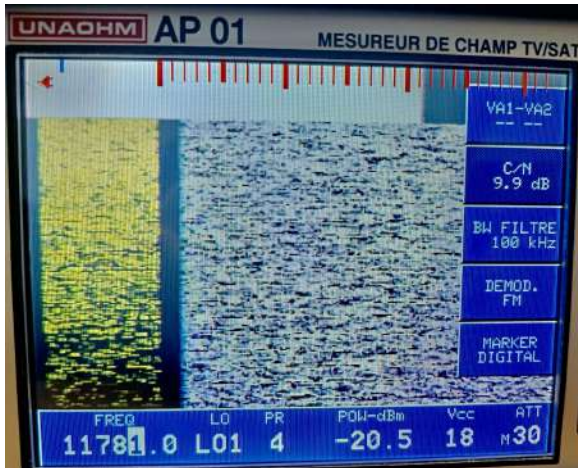
#### 3. Mesure du Bruit (Référence) :

L'appareil nous a ensuite demandé de définir le niveau de bruit ("FRÉQUENCE BRUIT") :



Nous avons donc décalé le curseur vers une zone vide du spectre (un creux entre deux signaux) à la fréquence de **11761 MHz**.





**Résultat :** L'appareil affiche un rapport C/N final de **9,9 dB**.

### Mesure C/N du concernant le 3ème bouquet :

#### 1. Mesure de la Porteuse (Signal) :

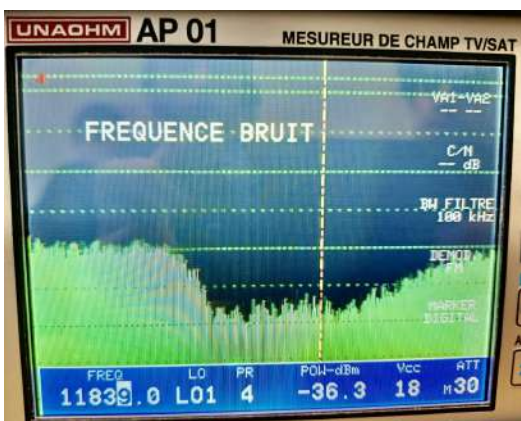
Nous avons d'abord placé le curseur sur le sommet du spectre correspondant au canal souhaité.

#### 2. Ensuite nous avons validé la fréquence de la porteuse à **11861 MHz**.



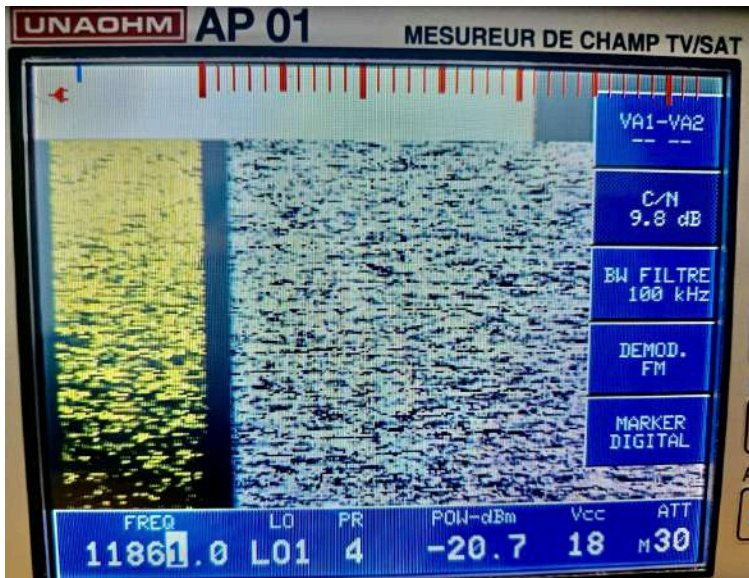
#### 3. Mesure du Bruit (Référence) :

L'appareil nous à ensuite demandé de définir le niveau de bruit ("FRÉQUENCE BRUIT") :



Nous avons donc décalé le curseur vers une zone vide du spectre (un cre

ux entre deux signaux) à la fréquence de **11839 MHz**.



**Résultat :** L'appareil affiche un rapport C/N final de **9,8 dB**.

**Conclusion :** Il existe un lien direct entre le C/N et la qualité de réception. Si le C/N est trop faible (signal noyé dans le bruit), le décodeur ne peut pas distinguer les 0 et les 1, ce qui entraîne des erreurs (BER élevé) et une perte d'image.

### 1.3.5 Mesure de puissance

#### 1) Mesure de la puissance des différents canaux

Pour la largeur de bande la marge de -3dB correspond à l'espace entre les fréquences MIN et MAX où le signal reste stable avant de chuter.

#### Mesure de la puissance concernant le 1er bouquet :

Pour commencer nous utilisons la touche SPECT pour visualiser le bouquet souhaité ensuite nous plaçons le curseur au centre du bouquet, on note une puissance de -23 dBm. Nous ajustons le curseur à gauche et à droite jusqu'à atteindre une perte de puissance de -3dB (-26 dBm).

Concernant le 1er Bouquet nous admettrons une fréquence porteuse de **11742 MHz**.

On observe les fréquence MIN et MAX comprises dans la largeur de bande (-3dB) :

La fréquence minimale est de **11730 MHz** et la fréquence maximale est de **11755 MHz**.

La largeur de bande à -3dB est de  $11755 - 11730 = 25 \text{ MHz}$ .

Puissance du canal **-26 dB**.





### Mesure de la puissance concernant le 2ème bouquet :

Pour commencer nous utilisons la touche SPECT pour visualiser le bouquet souhaité ensuite nous plaçons le curseur au centre du bouquet, on note une puissance de -26 dBm. Nous ajustons le curseur à gauche et à droite jusqu'à atteindre une perte de puissance de -3dB (-29 dBm).

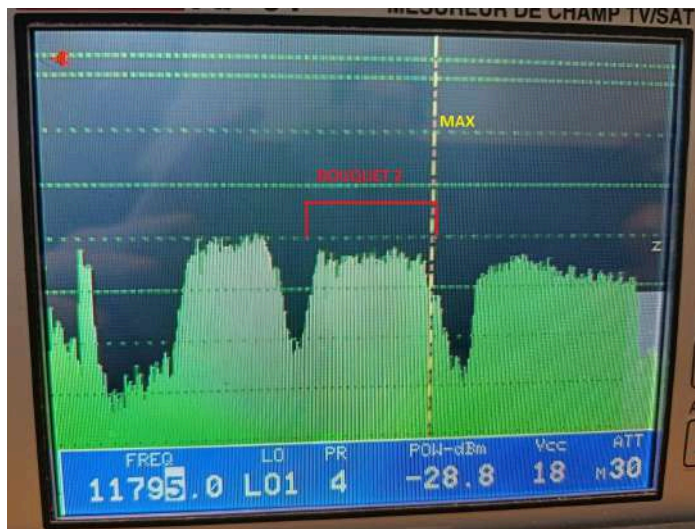
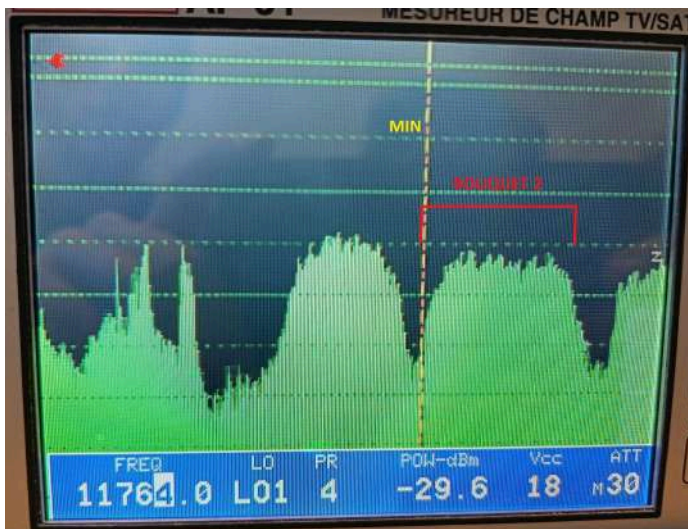
Concernant le 2ème Bouquet nous admettrons une fréquence porteuse de **11773 MHz**.

On observe les fréquence MIN et MAX comprises dans la largeur de bande (-3dB) :

La fréquence minimale est de **11764 MHz** et la fréquence maximale est de **11795 MHz**.

La largeur de bande à -3dB est de  $11795 - 11764 = 31 \text{ MHz}$ .

Puissance du canal **-29 dB**.



### Mesure de la puissance concernant le 3ème bouquet :

Pour commencer nous utilisons la touche SPECT pour visualiser le bouquet souhaité ensuite nous plaçons le curseur au centre du bouquet, on note une puissance de -25 dBm. Nous ajustons le curseur à gauche et à droite jusqu'à atteindre une perte de puissance de -3dB (-28 dBm).

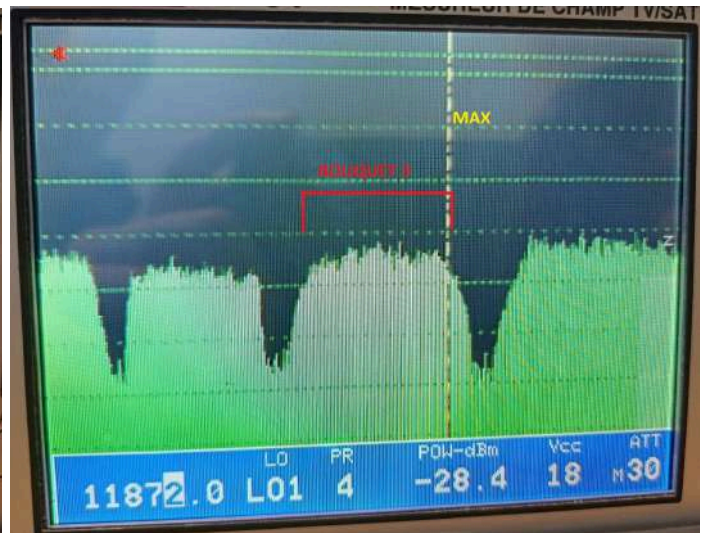
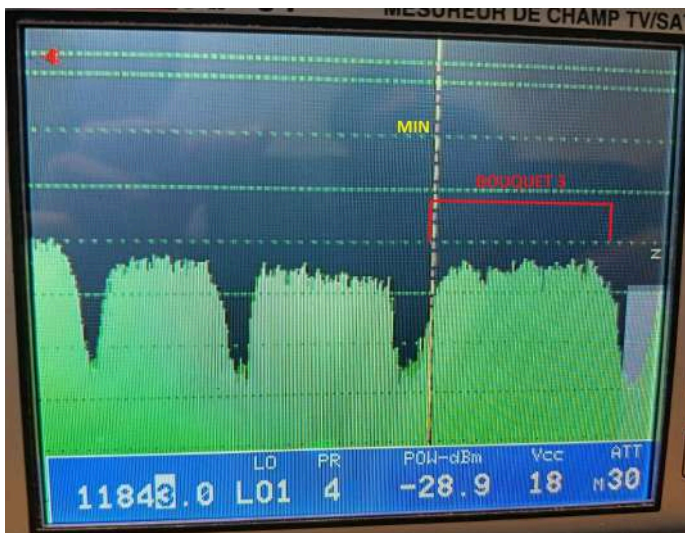
On observe les fréquences MIN et MAX comprises dans la largeur de bande (-3dB) :

Concernant le 1er Bouquet nous admettrons une fréquence porteuse de 11862 MHz.

La fréquence minimale est de 11843 MHz et la fréquence maximale est de 11872 MHz.

La largeur de bande à -3dB est de  $11872 - 11843 = 29$  MHz.

Puissance du canal -28 dB.



### 1.3.6 Mesure du taux d'erreur (BER)

Lors de la mesure, l'appareil a affiché le message "NO CAR" (No Carrier). Les champs concernant le taux d'erreur (Ch BER, PV BER) sont vides.



Lors de la mesure, l'appareil a affiché le message "NO CAR" (No Carrier). Les champs concernant le taux d'erreur (Ch BER, PV BER) sont vides. Le **rapport Signal/Bruit étant insuffisant à cause de la météo**, l'appareil n'a pas pu se verrouiller sur la fréquence. Le flux numérique n'a pas été décodé, rendant la mesure des erreurs impossible.

# TP n° 2 la télévision numérique terrestre (TNT)

## 2.2 Préparation du TP 2 - La télévision numérique terrestre

### 2.2.1 En déduire la durée d'un bit ? le débit en bits/s ?

Pour répondre à cette question, nous utilisons les données fournies dans l'introduction sur le standard DVB-T.

Données :

- Nombres de porteuses utiles : 6817
- Modulation : 64-QAM ( Chaque symbole transporte n bits car  $2^n = 64$ , soit 6 bits/symbole).
- Durée d'un symbole : 896 us

Calcul du Débit :

$T_s$  = durée d'un symbole

Nombre de bits total = ( Nombre de porteuses ) x ( Bits par porteuse )

$N(\text{bits}) = 6817 \times 6 = 40\,902 \text{ bits}$

$D_{\text{bit}} = N(\text{bits}) / 40\,902 / ( 896 \times 10^{-6} ) = 45,65 \text{ Mbits/s}$

Calcul de la durée d'un bit :

$T(b) = 1 / D_{\text{bit}} = 1 / 45\,650\,000 = 21,9 \text{ ns}$



## 2.2.2 Tracer le diagramme de constellation du 64-QAM

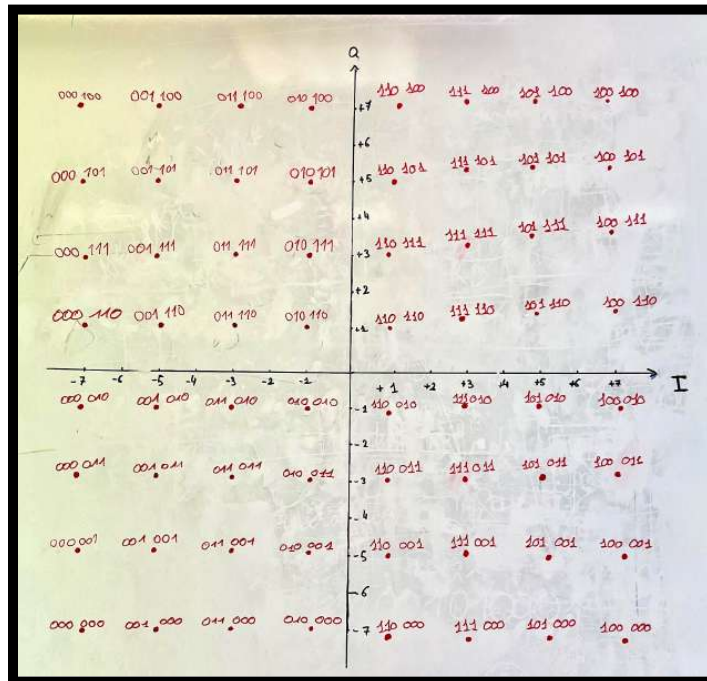


Diagramme de constellation du 64-QAM

Pourquoi le code de Gray ?

On ordonne les symboles selon un code de Gray pour minimiser le taux d'erreur binaire (BER). Avec ce codage, deux points voisins dans la constellation ne diffèrent que d'un seul bit.

## 2.2.3 Nombres de symboles transmis pendant une période de la porteuse

$f_0 = 666 \text{ MHz}$

On commencera tout d'abord par déterminer la période de la porteuse :

On sait que :

$$f = 1 / T$$

Soit :

$$T_{\text{porteuse}} = 1 / (666 \times 10^6)$$

$$T_{\text{porteuse}} = 1,50 \times 10^{-9} \text{ sec}$$

L'énoncé nous indique également que « Durée d'un symbole 896μs ».

Cette information est crucial, car elle va donc nous permettre de déterminer le nombres de symboles pour la porteuse concerner :

$$\text{Nombre de symboles} = T_{\text{porteuse}} / T_{\text{symbole}}$$

$N_{\text{symboles}} = (1,50 \times 10^{-9}) / (896 \times 10^{-6}) = 1,67 \times 10^{-6}$  symbole soit **0,00000167** symbole transmis pendant la période de la porteuse.

$N_{\text{symboles}} = (1,50 \times 10^{-9}) / (896 \times 10^{-6}) = 1,67 \times 10^{-6}$  symbole soit **0,00000167** symbole transmis pendant la période de la porteuse.

*Enfin, finalement pendant une seule période de la porteuse (1,5 ns), on ne transmet qu'une infime fraction d'un symbole.*

### 2.2.4 Analyse du symbole "011100"

Pour commencer on va chercher à déterminer les amplitudes, nous devons décomposer le mot binaire 011100 selon la norme DVB-T

Tout d'abord on va Séparer les bits :

- Bits de positions **paire**s =  $b(0)$ ,  $b(2)$ ,  $b(4)$  ses derniers définissent la voie **I**.
- Bits de positions **impair**es =  $b(1)$ ,  $b(3)$ ,  $b(5)$  ses derniers définissent la voie **Q**.

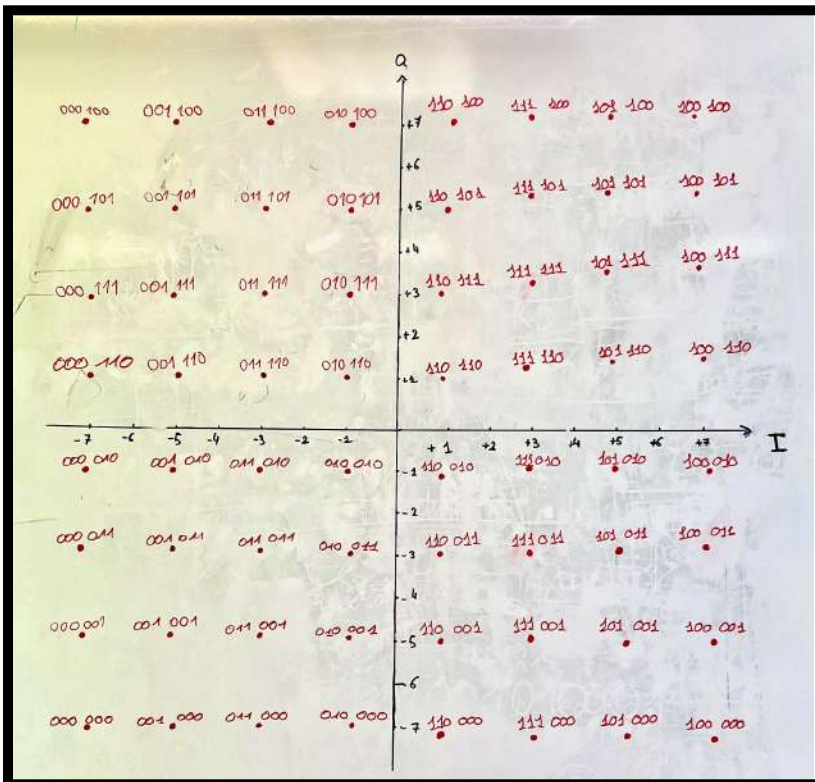
Mot : 011100

Bits l : 010

Bits Q : 110

On va ensuite déterminer les amplitudes :

On utiliseras dans ce cas la table de correspondance Gray que nous avons réalisé précédemment :



Nous cherchons le point noté : 011 100.

Lecture graphique :

En regardant le quart haut-gauche du tableau :

- Le motif binaire **011** correspond à la colonne I = **-3**.
- Le motif binaire **100** correspond à la ligne Q = **+7**.
- Le point **011 100** se trouve donc aux coordonnées **(-3 ; +7)**.

Résultats :

- Amplitude de la porteuse en phase (Voie I) : -3.
- Amplitude de la porteuse en quadrature (Voie Q) : +7.

Amplitude du signal transmis :

$$A = \sqrt{I^2 + Q^2} = \sqrt{((-3)^2 + 7^2)} = \sqrt{(9 + 49)} = \sqrt{(58)} = 7,6$$

Phase du signal transmis :

Le point est situé dans le 2ème quadrant (I négatif, Q positif).

$$\text{Phase} = 180^\circ - \text{atan}(7 \div 3) = 180^\circ - 66,8^\circ = 113,2^\circ$$





## 2.3 Manipulation

### Travail séances 1 et 2 encadrées - Temp : 6h

#### 2.3.1 Mise en service du mesureur

3) Nous avons configuré l'appareil pour une réception DVB-T qui repose sur un multiplexage de type OFDM Digital Video Broadcasting Terrestrial. Ce réglage nous à permis de recevoir la TNT par voie Terrestre.

#### 2.3.2 Étude de la bande UHF

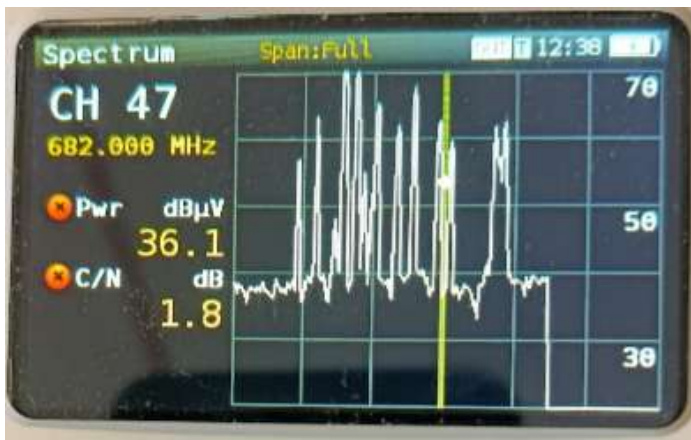
2) On règle la plage de fréquences de 470 à 694 MHz car la TNT utilise la sous bande de l'UHF (ultra haute fréquence) comprise entre 490 et 690 MHz.

3) Observation des différents multiplex TNT présents dans la bande :



*Les rectangles représentent des multiplex qui contiennent plusieurs chaînes, c'est ce qu'on appelle un bouquet de chaînes.*

4) Représentation de l'allure générale du spectre observé sur la totalité de la bande.



5) Identification d'un multiplex TNT en zoomant sur le spectre grâce au span.



On réglera ici notre Span sur une valeur de 20 MHz comme nous l'indique l'écran du Televes H30FLEX.

6)

A vue d'oeil, la représentation graphique du spectre ne nous a pas permis de déterminer une valeur précise de la largeur de la bande passante, mais nous avons tout de même pu en déduire que la valeur se rapprocher de 8 MHz (un peu inférieur), cependant nous savons que le déplacement du curseur ou le saut de canal en canal se fait par pas de 8 MHz. Nous en avons donc déduit que la bande passante était aux alentours de 8 MHz.

7)

Cette observation est conforme à la norme DVB-T énoncée dans l'introduction du TP qui spécifie une largeur de canal de 8 MHz. Nous pouvons donc en déduire que la largeur de la bande passante est d'environ 8 MHz par canal et les fréquences captées sont bien dans la bande passante UHF prévue à cet effet.

## 8) Représentation du Spectre du canal observé



On prendra ici comme exemple le spectre du Canal 45.

### 2.3.3 Paramètres d'un canal

1)

On choisit le multiplex TNT valide du canal 48 ci-dessous :



2)

Ici nous observons une fréquence centrale du canal d'une valeur de 690 MHz pour le canal 48.

3)

L'appareil nous indique un niveau de puissance de 53,6 DBuV.

4)

Le niveau de puissance mesuré est parfaitement compatible avec une bonne réception TNT. Il se situe idéalement au cœur de la plage de fonctionnement standard qui est généralement admise entre 45 et 70 dBμV.

En dessous de cette plage, le signal serait trop faible, risquant de provoquer des décrochages. Au-dessus, le signal serait trop puissant, ce qui entraînerait une saturation et dégraderait également la qualité de l'image.

### 2.3.4 Mesures de qualité numérique

1)



Pour le 1er Multiplex : C/N = 22,5 dB

Pour le 2ème Multiplex : C/N = 24,8 dB

2,3,4 )



Erreur de modulation (MER)

Pour le 1er Multiplex : MER = 28,8 dB

Pour le 2ème Multiplex : MER = 18,6 dB

Taux d'erreur binaire avant correction (BER = CBER)

Pour le 1er Multiplex : CBER =  $8 \times 10^{-5}$



Pour le 2ème Multiplex : CBER =  $1 \times 10^{-2}$

Taux d'erreur binaire après correction (RU = VBER)

Pour le 1er Multiplex : VBER =  $1 \times 10^{-8}$

Pour le 2ème Multiplex : VBER =  $1 \times 10^{-8}$

##### 5) Comparaisons des valeurs mesurées aux seuils de référence DVB-T :

Paramètre	Seuil de Référence	1er Multiplex (Mesure)	2ème Multiplex (Mesure)
MER (Qualité signal)	> 24 dB (Critique) > 26 dB (Recommandé)	28,8 dB	18,6 dB (ne respecte pas le seuil)
CBER (Avant correction)	$< 2.0 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-2}$ (ne respecte pas le seuil)
VBER (Après correction)	$< 2.0 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$

##### Analyse du 1er Multiplex :

Pour ce multiplex, toutes les valeurs sont conformes aux normes DVB-T. Le MER est excellent (28,8 dB > 26 dB), ce qui indique un signal très propre. En conséquence, le taux d'erreur avant correction (CBER) est très faible. Le correcteur n'a aucun mal à éliminer les dernières erreurs, donnant un VBER parfait. La réception est **conforme**.

##### Analyse du 2ème Multiplex :

Concernant en revanche ce Multiplex nous pouvons en déduire après l'observation de nos mesures que le MER chute à 18,6 dB, ce qui est très loin du seuil critique de 24 dB. Cela s'accompagne d'une explosion du nombre d'erreurs brutes (CBER à  $1 \times 10^{-2}$ , soit 1 erreur tous les 100 bits). Même si le VBER est correct, l'entrée est trop dégradée. La réception est donc **non conforme**.

##### 6) Lien entre MER, BER et qualité de réception :

Nos mesures mettent clairement en évidence le lien direct entre ces 3 paramètres :

1. **Le MER est la cause 1er** : C'est l'indicateur de la qualité physique du signal. Quand MER est élevé (Mux 1 : 28,8 dB), le signal est net. Quand il s'effondre (Mux 2 : 18,6 dB), le bruit domine.
2. **Le CBER est la conséquence immédiate** : Un mauvais MER entraîne directement une augmentation des erreurs de lecture.
3. **La Qualité finale dépend du correcteur** : Pour le Mux 2, le CBER est tellement élevé ( $1 \times 10^{-2}$ ) qu'il sature théoriquement les capacités du correcteur, finalement dès que la qualité du signal (MER) passe sous le seuil, le nombre d'erreurs explose et la réception devient impossible.

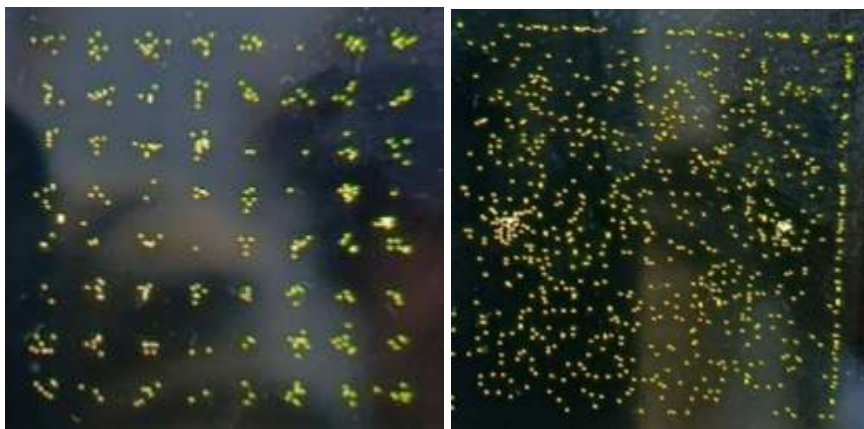
## 2.3.5 Diagramme de constellation

### 1) Diagramme de constellation 64-QAM

Sur les 2 Multiplex :



### 2,3 ) Observation de la dispersion des points sur les Multiplex



### 4) Influence du bruit sur la forme de la constellation

Le bruit s'ajoute au signal utile et déplace aléatoirement les points de leur position théorique idéale.

Sur la constellation de droite (Multiplex 2), le bruit est fort (faible rapport C/N et faible MER). Cela crée une forte dispersion des points autour de leur centre.

Conséquence : Quand la dispersion est trop grande (le "nuage" est trop gros), le point dépasse sa case et empiète sur la case voisine. Le démodulateur se trompe alors de symbole : c'est ce qui crée les erreurs binaires (CBER élevé) que nous avons mesurées.

## 2.3.6 Démodulation d'une chaîne TV

### 2) Sélection du chaîne du multiplex :



### 3) Chaînes TV démodulées du Canal 48 :



### 3) Observation de la qualité de l'image et du son :

Observation étonnante : La qualité de l'image et du son est fluide et correcte au moment de la visualisation TV.

Analyse : Cela semble contradictoire avec nos mesures précédentes sur ce multiplex (MER critique de 18,6 dB et CBER élevé de  $10^{-2}$ ) qui auraient certainement dû entraîner un écran noir.

Conclusion : La réception sur ce canal est instable. Il est probable que lors de la mesure numérique, l'appareil a capté un creux de signal (ou une désynchronisation), alors qu'au moment de l'observation visuelle, le signal est temporairement repassé au-dessus du seuil de réception.

## 2.3.7 Conclusion

Ce projet nous a permis de mettre en évidence les différences fondamentales entre la diffusion par satellite (DVB-S) et par voie terrestre (DVB-T).

D'un côté, le Satellite (TP1) utilise des fréquences très élevées et une modulation robuste (QPSK) pour couvrir de grandes distances. Cependant, nos mesures ont montré sa limite principale : une très forte sensibilité aux perturbations atmosphériques (pluie/nuages) qui peuvent suffire à interrompre le signal.

De l'autre, la TNT (TP2) s'appuie sur une technologie plus complexe (OFDM couplé au 64-QAM) pour résister aux échos et optimiser la bande passante limitée (canaux de 8 MHz). Cela demande un signal d'une grande propreté (MER élevé) pour fonctionner.

Finalement, ces deux standards illustrent parfaitement la rupture avec l'analogique : c'est le phénomène de "l'effet de falaise". Que ce soit à cause de la météo (TP1) ou d'un signal bruité (TP2), la réception numérique ne se dégrade pas progressivement : dès que la qualité passe **sous un seuil critique, l'image coupe totalement.**



### 3. Étude théorique et documentaire

**Caractéristiques (étude sur documents via internet, biblio- thèque) - (temps estimé : 3h)**

#### 3.1 Historique

**Replacer la télévision dans l'histoire, inventeur, première utilisation, analogique, numérique, etc**

Le 30 octobre 1925, l'inventeur écossais John Logie Baird réalise la première expérience de retransmission d'images animées. Il présente l'image télévisée noir et blanc d'une silhouette mobile, lors d'une démonstration au magasin Selfridge's à Londres.

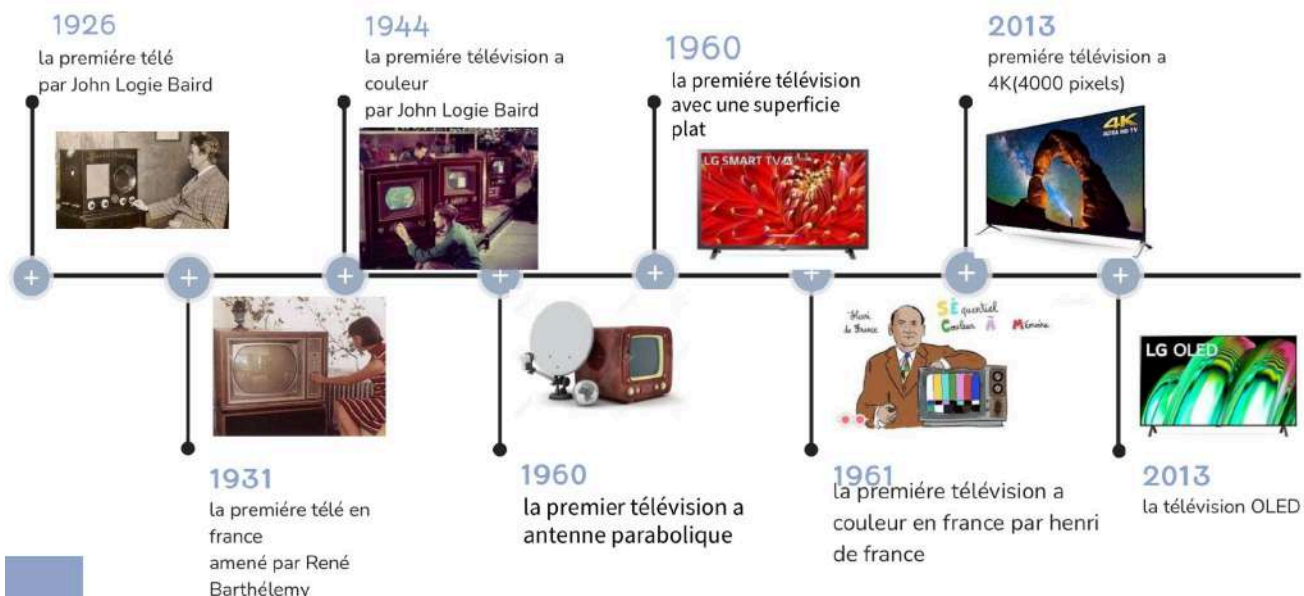
Cependant, cette technologie primitive laisse rapidement place à l'ère de l'électronique analogique, dominée durant la majeure partie du XXe siècle par le tube cathodique et marquée par l'arrivée progressive de la couleur, standardisée en France en 1967.

Le paysage audiovisuel connaît ensuite une rupture technologique majeure au tournant des années 2000 avec le passage au tout numérique, remplaçant les ondes hertziennes fluctuantes par un codage binaire qui permet une qualité d'image parfaite et l'essor des écrans plats haute définition.

Aujourd'hui, le téléviseur est devenu un écran intelligent relié directement à Internet, faisant basculer les usages d'une consommation linéaire traditionnelle vers un modèle dématérialisé et à la demande via les plateformes de streaming.

Source <https://fr.wikipedia.org/wiki/Télévision>

#### Frise chronologique de la Télévision



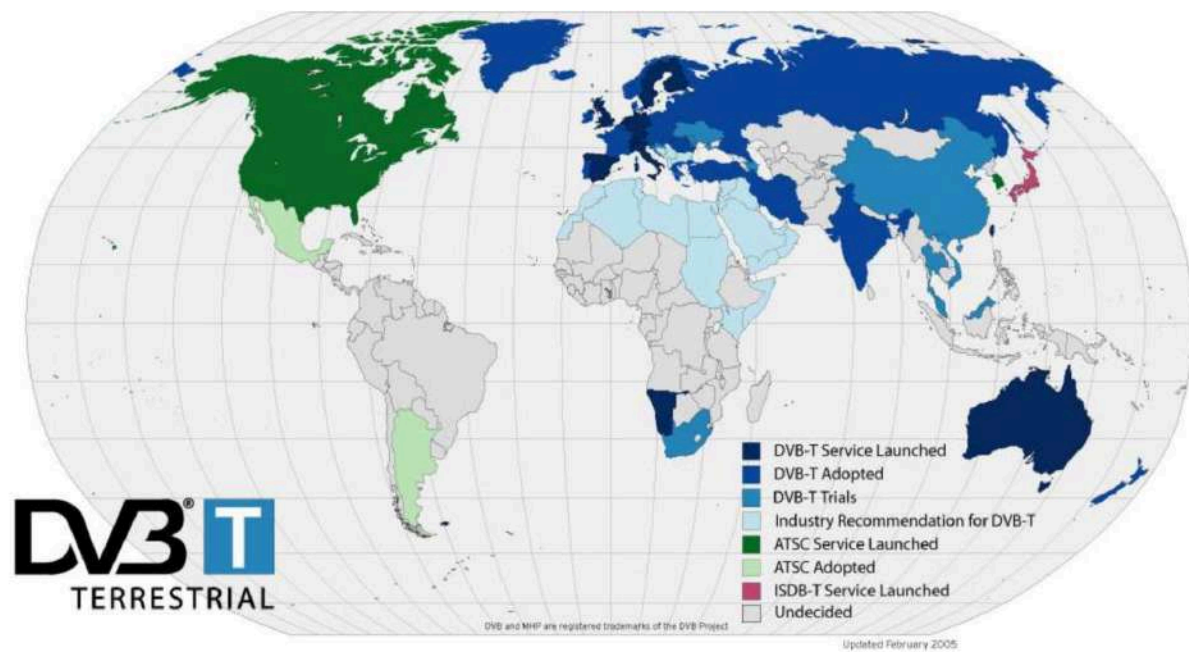
Source <https://view.genially.com/654e337bb28f2e0011f4f1d2/interactive-content-frise-cronologique-de-la-televvisions>

## Comparaison technologique entre Télévision Analogique et Numérique (TNT)

Critère	Télévision Analogique (L'ancien monde)	Télévision Numérique TNT (Le monde actuel)
Nature du Signal	Signal continu (onde qui varie en amplitude ou fréquence).	Flux de données binaires (suite de 0 et de 1) après compression.
Occupation du Spectre	<b>1 Canal = 1 Chaîne TV.</b>  Gaspillage de fréquences : il faut des bandes de garde importantes pour éviter les interférences.	<b>1 Canal = 1 Multiplex (Plusieurs chaînes).</b>  Utilisation de l'OFDM pour répartir l'info sur des milliers de sous-porteuses.
Transmission	Modulation simple (AM pour l'image, FM pour le son).	Modulation complexe (QPSK ou QAM) + Compression (MPEG-2 ou MPEG-4).
Réaction au Bruit	Dégradation progressive : Apparition de "neige" ou de grésillements si le signal faiblit.	Effet de Falaise ("Tout ou rien") : L'image reste parfaite tant que les correcteurs d'erreurs (Viterbi/Reed-Solomon) fonctionnent, puis coupe brutalement.
Qualité Image	Définition Standard (SD), couleurs parfois instables.	Haute Définition (HD), voire 4K. Image stable grâce au codage de canal.
Robustesse	Sensible aux échos et parasites (images fantômes).	Très robuste face aux échos et trajets multiples grâce à l'intervalle de garde de l'OFDM.

*Le passage au numérique a permis de diffuser beaucoup plus de chaînes sur les mêmes bandes de fréquences (grâce au multiplexage) et de garantir une qualité d'image parfaite grâce aux codes correcteurs d'erreurs, chose impossible en analogique.*

## Les technologies de diffusion de la TNT dans le monde



Source <https://culture.gouv.fr>

Répartition des normes de télévision numérique dans le monde, la norme DVB-T que nous étudions lors des TP est bien représentée sur la carte sous le nom de DVB-T Adopted pour la France, et en général pour l'Europe on observe que la norme DVB-T est la technologie de diffusion privilégiée.

## 3.2 Télévision analogique

Schéma, principe physique, première diffusion, standard, type de modulation, etc ...

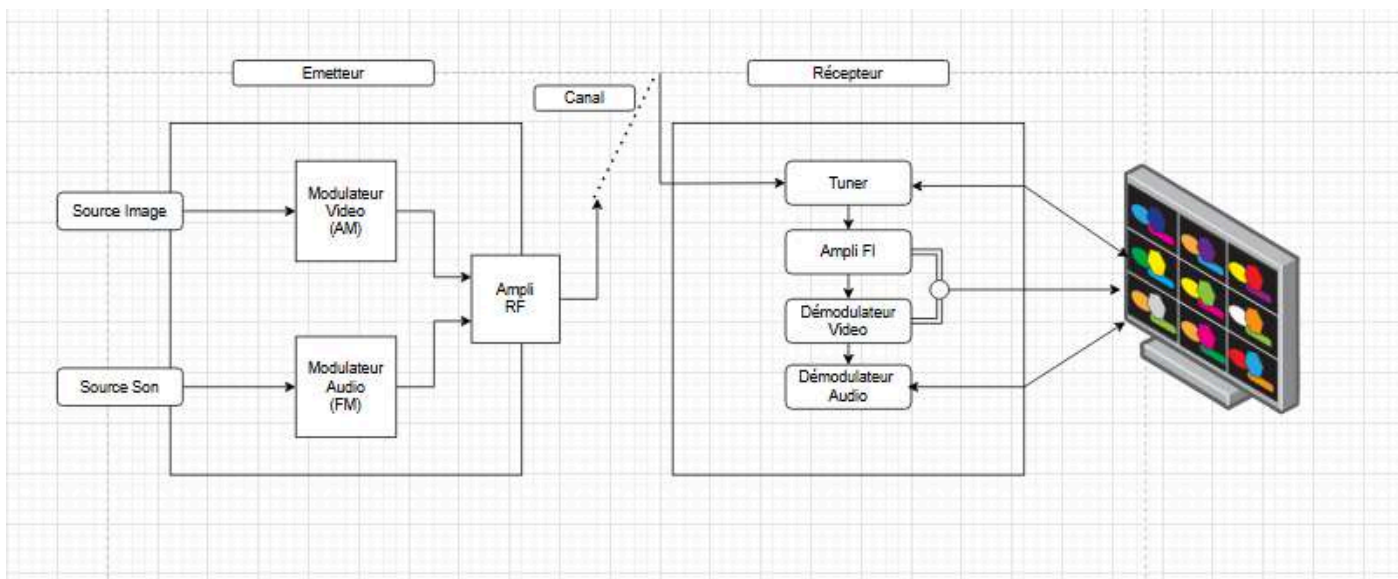
La télévision analogique désigne le système de transmission historique où l'information vidéo est transportée sous la forme d'un signal électrique continu, variant proportionnellement à la luminosité de la scène filmée. L'histoire de cette technologie débute véritablement le 26 janvier 1926, lorsque l'inventeur écossais John Logie Baird réalise la première démonstration publique d'un système de télévision mécanique à Londres. Cette invention évolue rapidement vers l'électronique pure, dominant le paysage audiovisuel mondial pendant près de 80 ans avant d'être progressivement remplacée par le numérique dans les années 2000.

Le principe physique fondamental de la télévision analogique repose sur le balayage de l'image. À la source, l'image est découpée et analysée ligne par ligne de gauche à droite et de haut en bas. À la réception, le téléviseur équipé d'un tube cathodique effectue l'opération inverse, un canon à électrons projette un faisceau sur une surface phosphorescente en suivant le même tracé de lignes. La vitesse de ce balayage est suffisamment élevée pour que la persistance rétinienne de l'œil humain fusionne ces lignes en une image animée stable.

D'un point de vue technique, la diffusion s'opérait via les ondes hertziennes sur les bandes de fréquences VHF et UHF. Comme noté lors de la comparaison avec le satellite, la télévision analogique terrestre se distinguait par son choix de modulation : le signal vidéo était modulé en amplitude, ce qui le rendait sensible aux parasites, tandis que le son était transmis sur une porteuse séparée, généralement modulée en fréquence ou en amplitude selon les pays .

Enfin, l'arrivée de la couleur a nécessité la création de standards de codage spécifiques pour rester compatible avec les téléviseurs noir et blanc existants. Trois grandes normes mondiales se sont imposées, le NTSC (1953) principalement aux États-Unis et au Japon, le PAL (1967) dans la majeure partie de l'Europe, et le SECAM (1967), standard développé en France. Ces normes définissaient la méthode mathématique pour insérer les informations de couleur au sein du signal de luminosité.

Source [https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision\\_analogique\\_terrestre](https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision_analogique_terrestre)



## 3.3 Télévision numérique

Schéma, principe physique, première diffusion, standard, type de modulation, différences avec l'analogique etc ...

La télévision numérique terrestre représente la rupture technologique majeure qui a succédé à l'ère analogique au tournant des années 2000. Contrairement à l'ancien système qui transmettait l'image sous forme de signal électrique continu, la télévision numérique repose sur la transmission de données binaires issues de la compression des flux audio et vidéo, utilisant les normes de la famille MPEG . Bien qu'elle exploite les mêmes bandes de fréquences UHF que la télévision analogique, cette méthode permet une qualité d'image parfaite et une utilisation beaucoup plus efficace du spectre radioélectrique .

D'un point de vue physique et technique, la norme utilisée en Europe est le DVB-T. Ce standard s'appuie sur une technique de multiplexage complexe nommée OFDM. Le principe consiste à répartir l'information numérique non pas sur une seule onde porteuse, mais sur un très grand nombre de sous-porteuses adjacentes. Chacune de ces milliers de sous-porteuses est modulée individuellement en amplitude et en phase selon un schéma de modulation 64-QAM, permettant de transporter des symboles complexes composés de plusieurs bits .

La grande force de cette technologie réside dans sa robustesse et sa fiabilité. Avant d'être modulées, les données sont protégées par des codes correcteurs d'erreurs qui ajoutent de la redondance pour permettre au récepteur de corriger les altérations survenues durant le transport. De plus, l'architecture OFDM rend le signal insensible aux échos et aux trajets multiples, un défaut qui crée des images fantômes en analogique . Enfin, cette efficacité numérique permet de diffuser plusieurs chaînes de télévision simultanément dans un unique canal de fréquence de 8 MHz, c'est ce que l'on nomme un multiplex .

Source [https://fr.wikipedia.org/wiki/Télévision numérique](https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision_num%C3%A9rique)

