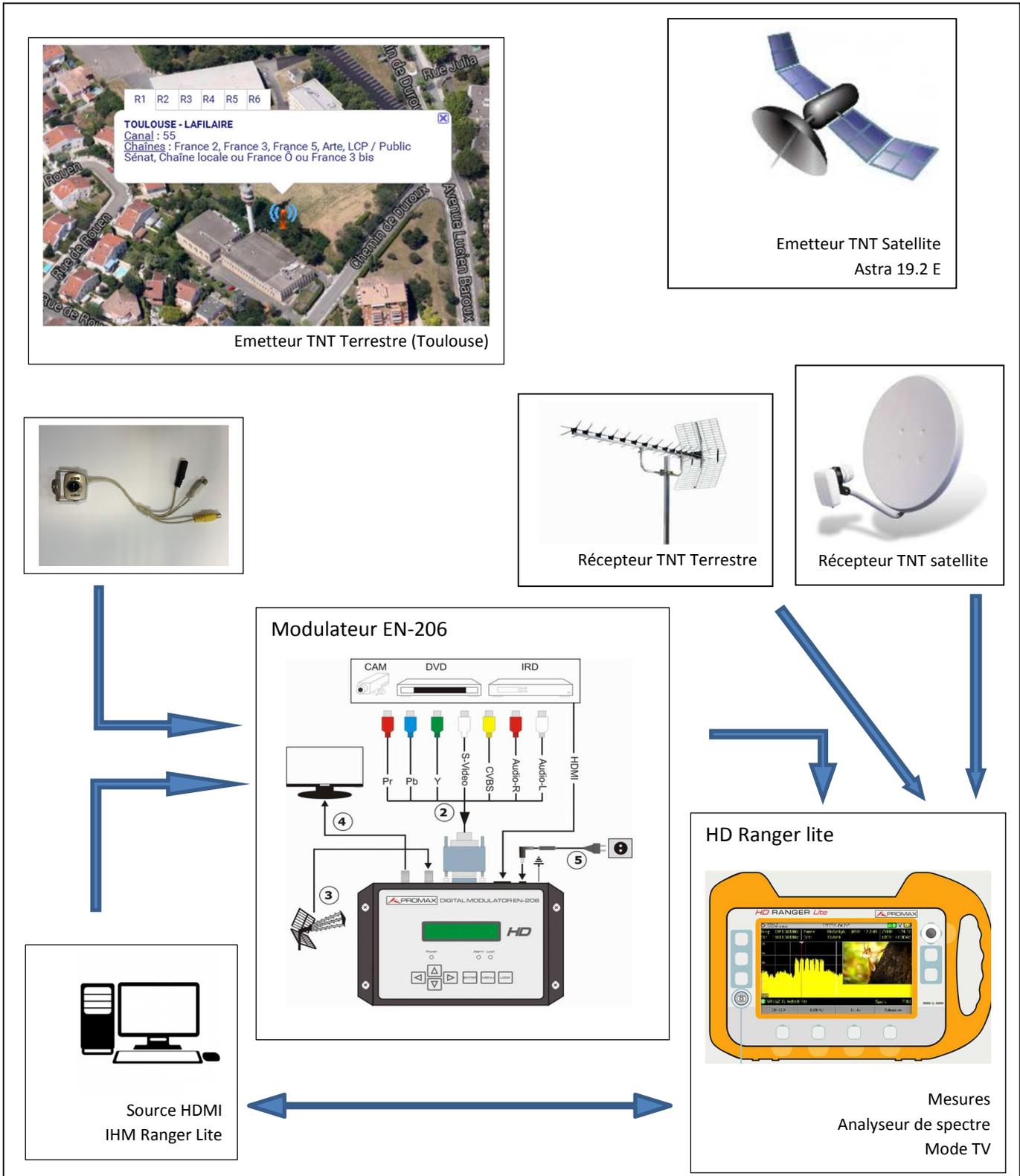


TP TNT (Terrestre et Satellite)

TP TELEVISION NUMERIQUE TERRESTRE (satellite)



Sommaire

1 Objectifs du TP TNT Terrestre et Satellite

2. Principe de la TNT

- 2.1 Norme de transmission
- 2.2 Rappel des codages
 - 2.2.1 QPSK et QAM
 - 2.2.2 OFDM et COFDM
- 2.3 Schématisation de la COFDM pour le DVB-T
 - 2.3.1 Principe
 - 2.3.2 Signal utile et échos :
 - 2.3.3 Signal
 - 2.3.4 Normalisation

3 Architecture matérielle

- 3.1 Matériels utilisés
- 3.2 Questions

4 Manipulations // Mesures

4.1 Etude du signal vidéo composite issu de la caméra

4.2 Caméra PAL // Modulation QPSK

4.3 PC (sortie HDMI) // Modulation QPSK et QAM

- 4.3.1 Influence du canal de propagation // modulation QPSK.
- 4.3.2 Etude des modulations QPSK // QAM16 // QAM64.
- 4.3.3 Robustesse des modulations aux trajets multiples // QAM64 (Echo)

4.4 Signaux réels TNT (Terrestre et Satellite)

- 4.4.1 Signaux TNT Terrestre Toulouse
- 4.4.2 Signaux TNT Satellite (ASTRA 19.2 E)

Annexe 1 : Caméra Pal et Signal vidéo composite.

Annexe 2 : TNT TERRESTRE TOULOUSE

Annexe 3 : TNT SATELLITE TOULOUSE et Orientation Parabole

Annexe 4 : Logiciel NetUpdate4 (récupère les infos du HD Ranger Lite)

Annexe 5 : Manuel utilisation Modulateur EN-206

Annexe 6 : Manuel utilisation HD Ranger lite

1. OBJECTIFS du TP TNT :

- Se familiariser avec les différents paramètres permettant de caractériser la qualité de la réception d'un signal numérique.
- Utiliser un mesureur de champ (HD Ranger de *Promax*) associé à un encodeur / modulateur (*Promax* EN-206).
Ce modulateur permet de coder un signal vidéo au format MPEG et de générer le signal modulé dans la bande UHF.
- Etudier les différences entre plusieurs types de modulations numériques.

2. PRINCIPE de la TNT :

Depuis Novembre 2009, la France métropolitaine a commencé à diffuser les signaux de télévision à l'aide de modulations dites numériques. La télévision analogique, quant à elle, a cessé d'émettre sur l'ensemble du territoire le 29 novembre 2011. Le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) a attribué la gamme de fréquences allant de 470 à 860 MHz (canal 21 à 69) pour la diffusion de la **TNT (T**élévision **N**umérique **T**errestre). Le CSA a repris les mêmes fréquences que celles utilisées par la télévision analogique dans la bande UHF pour diffuser les émissions de la TNT, utilisant la norme **DVB-T (D**igital **V**idéo **B**roadcasting-**T**errestrial).

A l'origine, cette bande a été divisée en canaux de largeur ~8 MHz pour la TV analogique. Là où une seule chaîne analogique était transmise dans ce canal de 8 MHz, on peut aujourd'hui en diffuser 6 grâce à la numérisation des signaux.

Les signaux vidéo et audio des différentes chaînes sont numérisés, codés et organisés en un flux unique de données : on parle alors de multiplexage (ou multiplex).

Un multiplex contient :

- ❖ 6 chaînes en définition standard (**SD** : 720×576 lignes ou 544×576 lignes)
- ❖ 3 chaînes en haute définition (**HD** : 1920×1080 lignes, 1440×1080 lignes ou 1280×720 lignes).

Un multiplex est caractérisé par un numéro de canal numéroté de 21 à 69.

La relation qui permet de relier le numéro du canal à la fréquence centrale de la bande est :

$$F \text{ [MHz]} = 306 \text{ MHz} + (8 \times \text{numéro du canal}) \text{ (1)}$$

Il convient d'ajouter parfois un décalage de +166 kHz destiné à éviter les perturbations dans le canal voisin analogique. Par exemple, la fréquence du canal 23 est de 490,166 MHz.

Le codage du signal vidéo au format **MPEG (M**oving **P**ictures **E**xperts **G**roup) permet d'avoir pour une chaîne un débit utile de l'ordre de 4 Mbits/s. Un flux multiplex en résolution standard nécessite donc un débit de 6×4 Mbits/s = 24 Mbits/s.

Afin de diminuer la sensibilité au bruit, il est nécessaire d'introduire dans la trame numérique des codages supplémentaires (codages de Viterbi, Reed-Solomon ...) correspondant à une redondance de données. Ces codages permettent de corriger jusqu'à un certain point, les erreurs introduites par le canal de transmission. Sans entrer dans le détail de ces codes correcteurs d'erreur, cela revient à rajouter 16 octets à une trame de 188 octets d'information utile et à rajouter 1 bit pour 2 bits d'information utile. On définit ainsi un taux de 2/3 (code rate) qui correspond donc à 2 bits de données pour 3 bits transmis. Le débit passe alors de 24 Mbits/s d'information utile à 39 Mbits/s pour un multiplex.

Cette trame numérique est transmise grâce à une modulation multi porteuse **OFDM (O**rtogonal **F**requency-**D**ivision **M**ultiplexing). Le nombre de sous-porteuses utilisées dans le canal de 8 MHz est de 6817 porteuses utiles (mode 8k) ou de 1705 porteuses utiles (mode 2k).

Pour chaque porteuse, on utilise une modulation de phase et/ou d'amplitude (QPSK, QAM16 ou QAM64, c'est-à-dire 2 à 6 bits par symbole).

Un intervalle de garde, c'est-à-dire une durée pendant laquelle aucun signal n'est transmis, est également rajouté. Son rôle a pour but de réduire la sensibilité du système de réception aux échos ou aux trajets multiples. L'intervalle de garde est donc la période de silence introduite avant le début de chaque symbole. Dans la norme DVB-T, celui-ci peut être égal à $T_u/32$, $T_u/16$, $T_u/8$ ou $T_u/4$, où T_u représente la durée d'un symbole. Il est alors noté $1/32$, $1/16$, $1/8$ ou $1/4$.

2.1 Norme de transmission

Le COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) est le mode de transmission retenu pour la norme européenne DVB-T :

- Une transmission multi-porteuses (8k, 6817 porteuses orthogonales).
- Chaque porteuse est modulée en QPSK (2 bits), 16QAM (4bits) ou 64QAM (6bits).
- La résistance aux échos grâce à l'intervalle de garde.

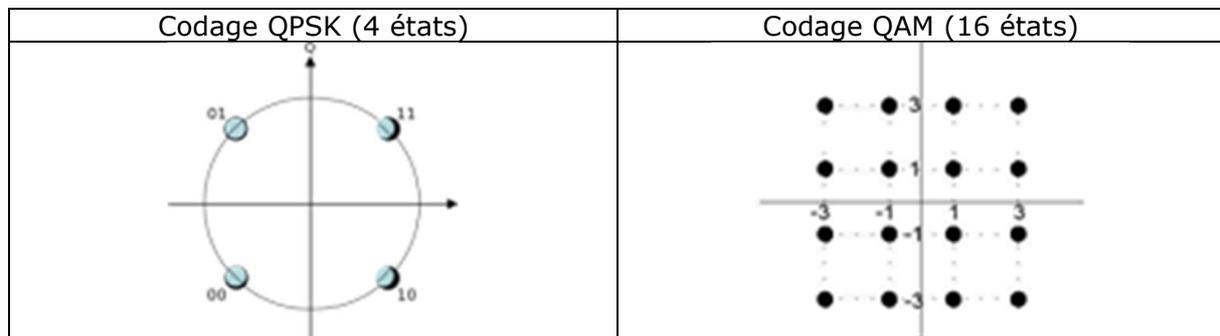
Le COFDM a été adopté par DAB, WiMax temps.

2.2 Rappel des codages

2.2.1 QPSK et QAM

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

La modulation d'amplitude en quadrature (en anglais, Quadrature Amplitude Modulation : QAM) est une forme de modulation d'une porteuse par modification de l'amplitude de la porteuse elle-même et d'une onde en quadrature (une onde déphasée de 90° avec la porteuse) selon l'information transportée par deux signaux d'entrée.



2.2.2 OFDM et COFDM.

Le principe de l'OFDM consiste à répartir sur un grand nombre de sous-porteuses le signal numérique que l'on veut transmettre. Comme si l'on combinait le signal à transmettre sur un grand nombre de systèmes de transmission (des émetteurs, par exemple) indépendants et à des fréquences différentes.

Pour que les fréquences des sous-porteuses soient les plus proches possibles et ainsi transmettre le maximum d'information sur une portion de fréquences donnée, l'OFDM utilise des sous-porteuses orthogonales entre elles. Les signaux des différentes sous-porteuses se chevauchent mais, grâce à l'orthogonalité, n'interfèrent pas entre eux.

En codage orthogonal, l'espacement entre chaque sous-porteuse doit être égal à $\Delta f = k / (T_u)$ hertz, où T_u (en secondes) est la durée utile d'un symbole (c.a.d la taille de la fenêtre de capture du récepteur), et k est un entier positif, généralement égal à 1. Par conséquent, avec N sous-porteuses, la largeur totale de la bande passante sera de $B \approx N \cdot \Delta f$ (Hz).

L'orthogonalité permet également une haute efficacité spectrale, le débit total s'approchant du débit de Nyquist, la bande passante étant quasiment utilisée dans son intégralité. Le multiplexage orthogonal produit un spectre de fréquence presque plat (typique du bruit blanc), ce qui entraîne un minimum d'interférences avec les canaux adjacents. Un filtrage séparé de chaque sous-porteuse n'est pas nécessaire pour le décodage, une Transformée de Fourier FFT étant suffisante pour séparer les porteuses entre elles.

Le signal à transmettre est généralement répété sur différentes sous-porteuses. Ainsi dans un canal de transmission avec des chemins multiples où certaines fréquences seront détruites à cause de la combinaison destructive de chemins, le système sera tout de même capable de récupérer l'information perdue sur d'autres fréquences porteuses qui n'auront pas été détruites. Chaque sous-porteuse est modulée indépendamment en utilisant des modulations numériques : BPSK, QPSK, QAM-16, QAM-64, ...

Ce principe permet de limiter l'interférence entre symboles. Pour l'éliminer, on peut ajouter un intervalle de garde (c'est-à-dire une période pendant laquelle il n'y a aucune transmission) après chaque symbole émis.

Le décodage OFDM nécessite une synchronisation très précise de la fréquence du récepteur avec celle de l'émetteur. Toute déviation en fréquence entraînera la perte de l'orthogonalité des sous-porteuses et créera par conséquent des interférences entre celles-ci. Cette synchronisation devient difficile à réaliser dès lors que le récepteur est en mouvement, en particulier en cas de variation de vitesse, de direction ou si de nombreux échos parasites sont présents.

Le principe du COFDM est un procédé qui associe un codage de canal OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) et une modulation numérique des signaux individualisés (sous-porteuses multiples).

2.3 Schématisation de la COFDM pour le DVB-T

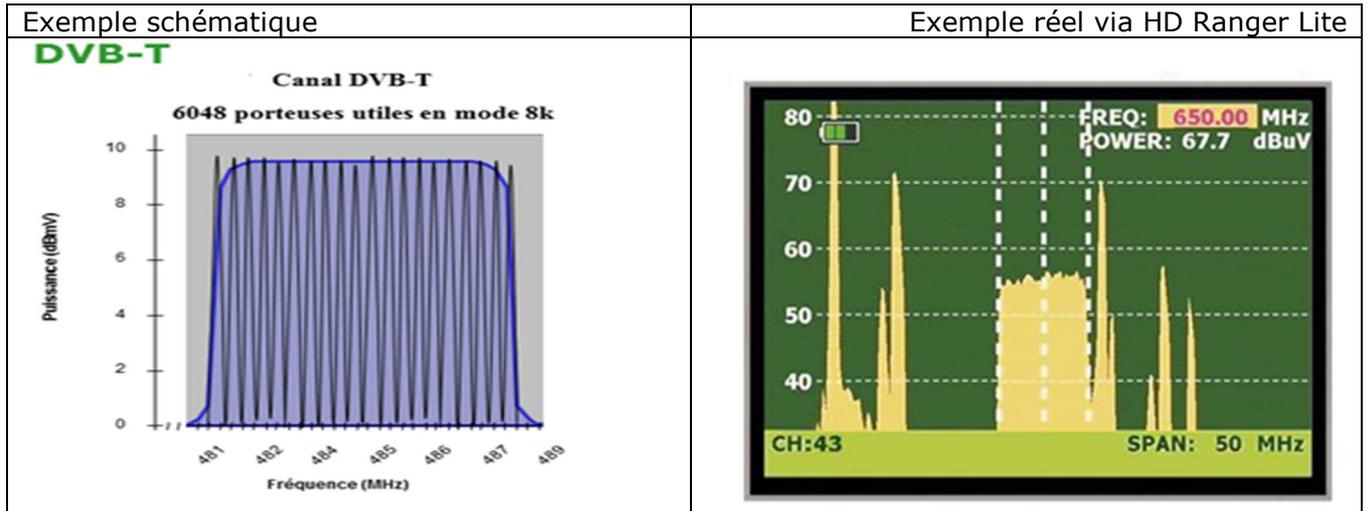
La modulation COFDM pour la transmission terrestre est la diffusion de chaînes de télévision et de radio en mode numérique.

Un canal numérique de 8MHz (nommé multiplex) transmet non pas une seule chaîne mais 5 à 10 selon la qualité requise.

2.3.1 Principe

Ce concept est possible grâce à plusieurs méthodes utilisées ;

- Modulation de fréquence,
- Compression du signal,
- Multiplexage et décodage.



2.3.2 Signal utile et échos :

Lors des transmissions aériennes, il faut prendre en compte que lors de la réception d'un signal, celui-ci peut être le signal direct, ou un écho (réflexion via une façade, effet doppler, réception de deux émetteurs différents, ...)

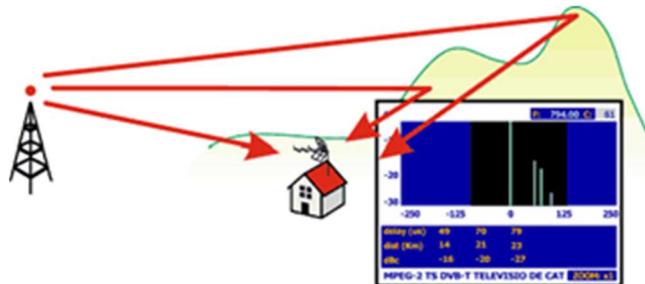


Figure1 : Trajet multiple dans un canal radio

Comme le passage du signal à sa destination (au récepteur) prend plusieurs trajets avec un délai entre chaque, on aura le symbole affecté par d'autres symboles en retard. Supposons maintenant que le signal reçu arrive de deux trajets différents, avec un retard relatif entre eux. Si on prend le symbole transmis n comme exemple, le récepteur s'efforcera de démoduler les données contenues dans ce symbole en examinant toutes les informations reçues (directement ou avec un retard) par rapport à ce symbole n .

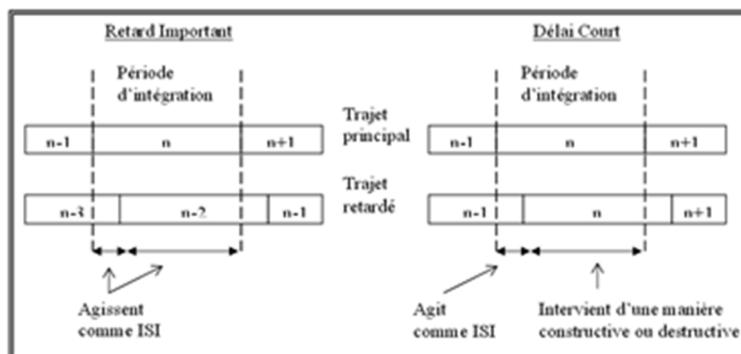


Figure-2 : Inter Symbole Interférence (ISI), causé par le délai du trajet [3]

Lorsque le retard relatif est supérieur à une période de symbole (Figure-2 à gauche), le signal provenant du second trajet agit uniquement comme un brouillage, puisqu'il n'achemine que des informations appartenant à un ou plusieurs symbole(s) précédent(s).

Un tel brouillage inter symbole (ISI) implique que le signal retardé ne peut avoir qu'un niveau très faible car ce dernier a subi trop d'atténuation (le niveau exact dépendant de la constellation utilisée et de la perte de marge de bruit acceptable).

Lorsque le retard relatif est inférieur à une période de symbole (Figure-2 à droite), seule une partie du signal transmis sur ce trajet agit comme un brouillage, puisqu'elle n'achemine que des informations appartenant au symbole précédent. Le reste achemine des informations du symbole utile, mais peut s'ajouter de manière constructive ou destructive aux informations du trajet principal.

2.3.3 Signal

Le signal à transmettre est généralement répété sur différentes fréquences porteuses. Ainsi dans un canal de transmission avec des chemins multiples et où certaines fréquences seront détruites, le système sera tout de même capable de récupérer l'information.

Deux choix existent :

- Le mode dit 8K : 6817 porteuses dans le canal dont 6048 porteront des données utiles.
- Le mode dit 2K : 1705 porteuses dans le canal dont 1512 pour les données utiles.

L'amplitude spectrale du signal sera de 8MHz. On aura des intervalles pour chaque fréquence de porteuse (F_k) qui dépendent du mode utilisé : $8K \Rightarrow 8MHz/6817 = 1.117KHz$ ou $2K \Rightarrow 8MHz/1705 = 4.69kHz$.

Entre chaque symbole transmis, on insère une zone « morte » appelée intervalle de garde. De plus, la durée utile d'un symbole sera choisie suffisamment grande par rapport à l'étalement des échos.

Le signal transmis est organisé en trames. Chaque trame a une durée égale à T_F , et elle est constituée de 68 symboles. Quatre trames constituent une super-trame.

Chaque symbole est constitué d'un ensemble de K porteuses (6817 ou 1705 suivant le mode utilisé).

Ces symboles sont divisés en 2 : une partie utile de durée T_u et un intervalle de garde qui dure Δ .

On obtient alors un temps par trame qui dépend de l'intervalle de garde (Guard Interval) :

Porteuses	Mode de transmission							
	Mode 2k (1705 porteuses)				Mode 8k (6817 porteuses)			
Porteuse pour véhiculer le signal								
Intervalle de Garde	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Durée symbole utile (T_u)	224 μs				896 μs			
Durée de l'intervalle de Garde (Δ)	56 μs	28 μs	14 μs	7 μs	224 μs	112 μs	56 μs	28 μs
Durée totale d'un symbole	280 μs	252 μs	238 μs	231 μs	1120 μs	1008 μs	952 μs	924 μs
Distance max entre 2 émetteurs	17 km	9 km	4 km	2 km	67 km	34 km	17 km	9 km

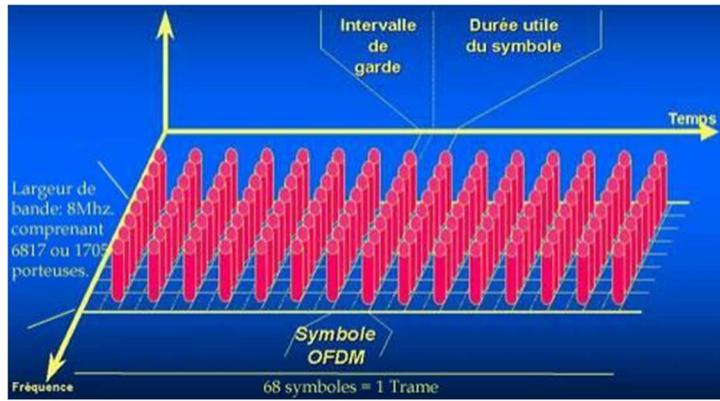
Tableau 2



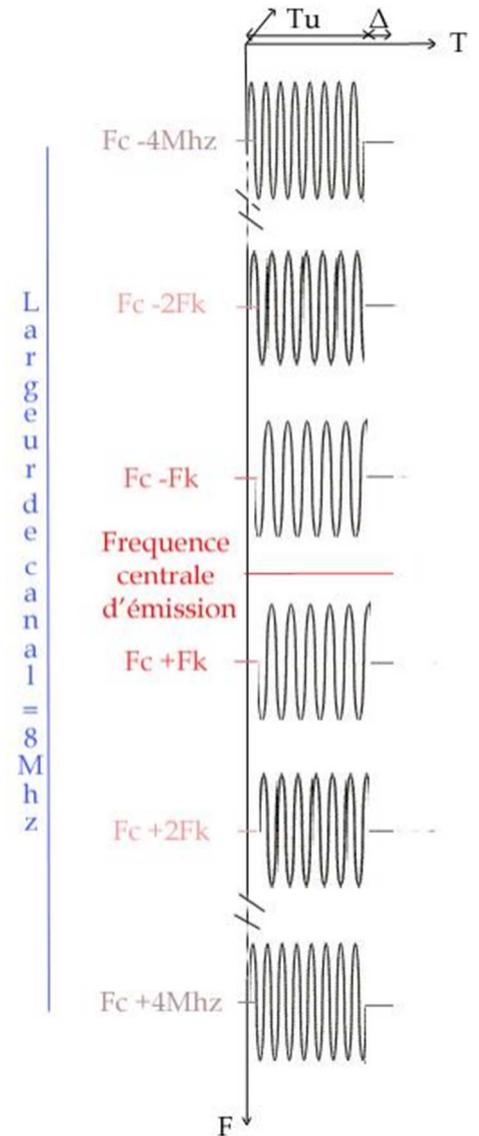
TP TNT (Terrestre et Satellite)

Représentation de l'émission

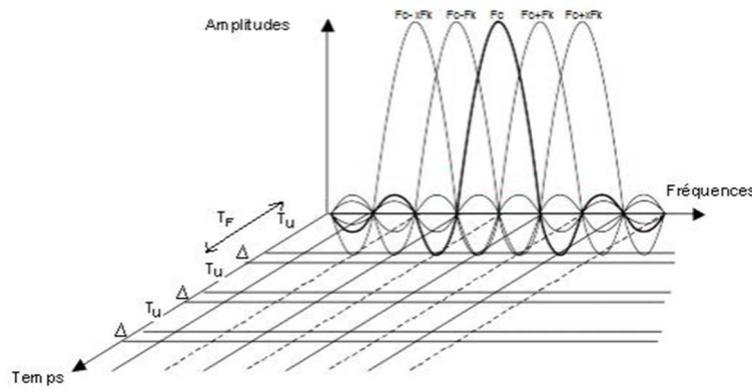
Domaine Temporel



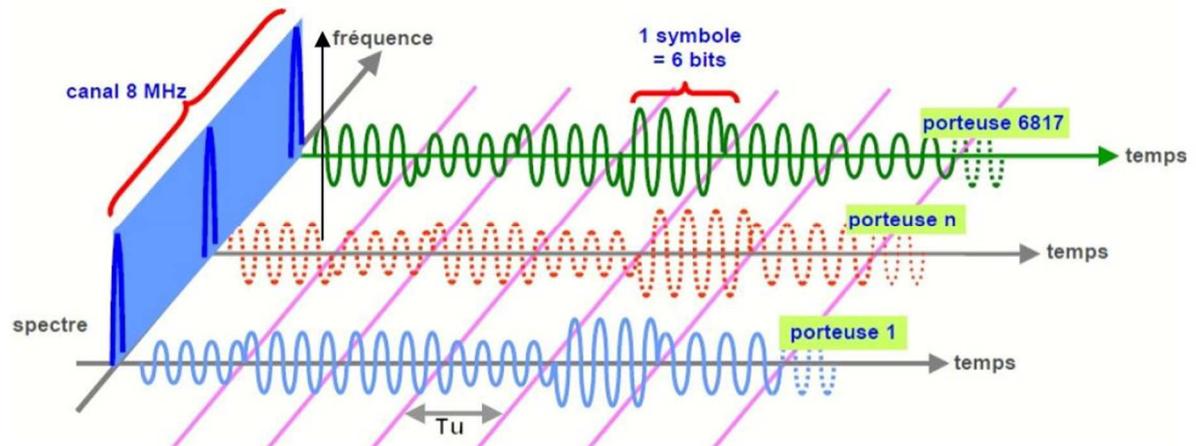
Représentation d'un symbole OFDM



Domaine Fréquentiel



Exemple :



Une notion supplémentaire s'ajoute ; la robustesse du signal nommé Code Rate.

Pour un ou plusieurs bits émis, un bit supplémentaire sera dédié pour vérification (principe d'un CRC).

L'ajout de ce bit, couplé à l'intervalle de garde, influe directement sur le débit de transmission.

Le tableau suivant montre le débit d'émission maximal (en Mbps) en fonction du type de modulation, du Code Rate et du Guard Interval.

Modulation	Code rate	Guard interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

Tableau 3 : Débit (en Mbps) pour la DVB-T (bande de 8MHz)

2.3.4 Normalisation

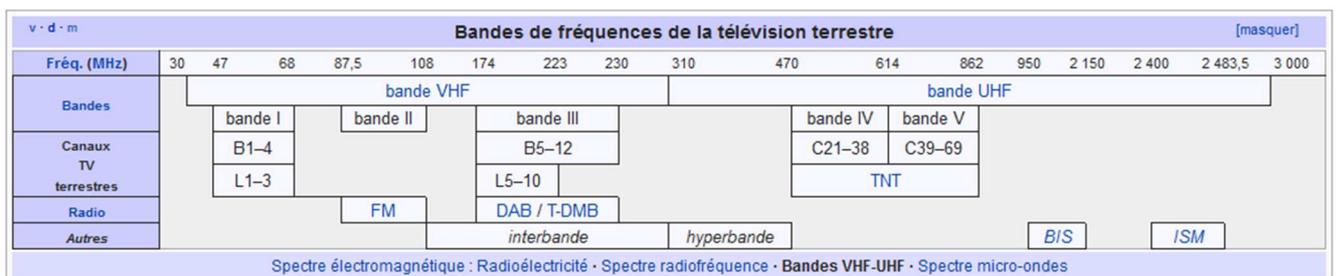
En France, le **CSA** a effectué la planification des fréquences (choix des canaux à l'émission TNT) en prenant comme hypothèse l'utilisation des paramètres suivants :

- **Modulation** = 64 QAM, (6 bits / symbole)
- **Rendement de code** = 3/4,
- **Mode de réception** = fixe,
- **Mode** = 8k (6817 porteuses utiles),
- **Intervalle de garde** 1/8 (=112µs) ($T_u/8$).

Partant des données fournies par le CSA il est possible de calculer :

- la durée d'un symbole OFDM (T_u): $28 \times 32 = 896 \mu s$
- de vérifier que l'intervalle entre les sous-porteuses $f_k = 1,116 \text{ kHz}$ est compatible avec une largeur de canal de 8MHz.

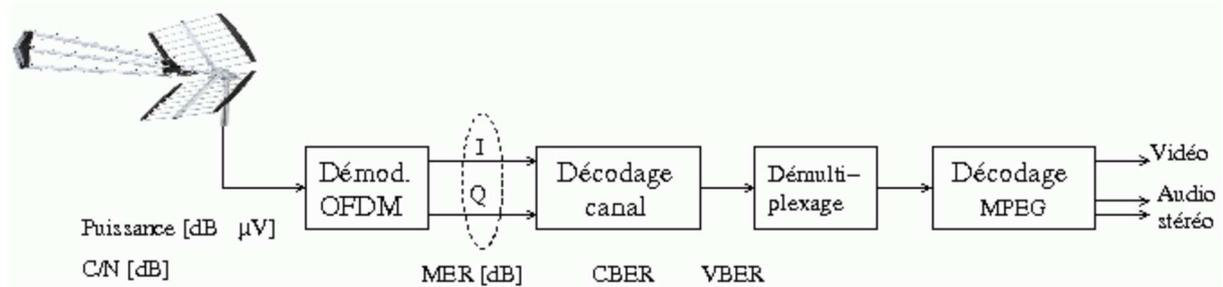
A la modulation 64QAM correspondent des symboles binaires de 6 bits (2 exposant 6=64). Le débit binaire est de l'ordre de $6817 \times 6 = 40902$ bits en $896 \mu s$ soit environ 45 Mbps ce qui permet de constituer un multiplex de 6 à 8 chaînes de qualité SD (soit 5,6 à 7,5Mbps par chaînes).





TP TNT (Terrestre et Satellite)

La figure ci-dessous décrit de façon très simplifiée la chaîne de démodulation. L'objectif est de permettre de localiser dans cette chaîne de réception, les points où sont mesurés les grandeurs permettant de caractériser la qualité du signal, à savoir : la puissance du signal reçu, le rapport porteuse sur bruit (C/N), le taux d'erreur de modulation (MER), le taux d'erreur avant correction (CBER) et le taux d'erreur après correction (VBER).



On considère qu'un signal de bonne qualité peut être obtenu avec les paramètres suivants :

- Puissance du signal reçu > 50 dBμV,
- MER > 25 dB, CBER = 10^{-3} ,
- VBER < 10^{-4} à 10^{-8}

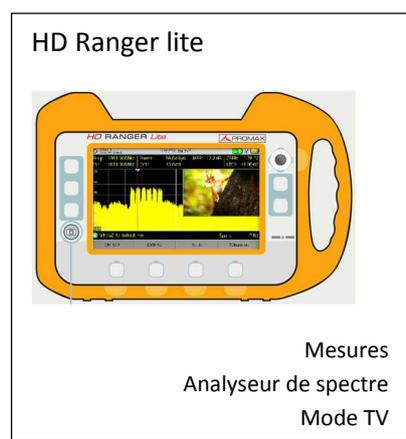
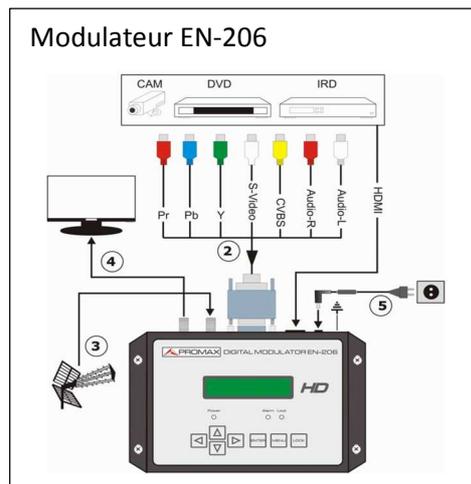
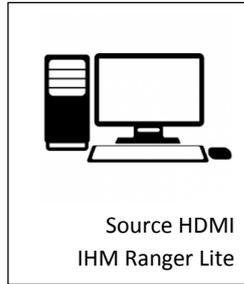
Ici, la puissance du signal est mesurée en dBμV, c'est à dire exprimée en dB en prenant comme référence un signal dont la valeur efficace est de 1μV.

$$X \text{ [dB}\mu\text{V]} = 20 \log (x/10^{-6}) = 10 \log (Px/10^{-12}) \quad (2)$$

La tension x exprimée en volt est une tension efficace.

Remarque : sur une impédance caractéristique de 50 Ω, 0 dBm = 107 dBμV.

3. Architecture matérielle :



3.1 Matériels utilisés :

- a- Une caméra PAL (alimentée en 12v) qui servira de source vidéo.

- b- Un ordinateur qui servira :
 - o de source HDMI vers le modulateur EN-206,
 - o d'IHM avec le Ranger Lite via USB pour la récupération d'information.
- c- Un modulateur EN-206 qui permettra d'effectuer la mise en forme du signal et l'émission DVB-T.
- d- Un mesureur de champ
Le mesureur de champ utilisé est le HD Ranger de *Promax*. Il permet de traiter les signaux de différentes bandes de fréquences couvrant la TNT et la télévision par satellite. Il peut fonctionner en mode analyseur de spectre ou en mode TV, effectuer des mesures en numérique (puissance du canal, C/N, MER, CBER, VBER), observer les constellations des modulations utilisées ...

Pour allumer/éteindre l'appareil suivre la procédure ci-contre.



- e- Un canal de propagation
Le canal de propagation entre le modulateur et le mesureur de champ est réalisé à partir d'atténuateurs fixes et variables et de câbles coaxiaux. La liaison entre émetteur et récepteur pourra être faite en aérien (antenne) ou en filaire (câble blindé BNC).

Le Ranger Lite pouvant démoduler des signaux DVB-T, DVB-S, DVB-CS ; suivant la partie du TP il sera connecté au modulateur EN-206, à une antenne râteau ou à une parabole. Les connections seront réalisés avec Coax10m, atténuateur fixe 10db, atténuateur variable 20db, Coax100m, Té, et de différents adaptateurs.

3.2 Questions :

A partir du Tableau 2 (page 7) et du Tableau 3 (page 9), pour un mode 2K ($T_u=224\mu s$), une modulation 64QAM, un débit de 22,39Mb et un code rate de $\frac{3}{4}$;

- Retrouver l'intervalle de garde et la durée de maximale des échos tolérés.
- Retrouver la distance entre deux émetteurs. Calculez cette distance.
- Que se passe-t-il si les 2 émetteurs sont distants de moins de 17 km ? De plus de 17km ?

A partir du Tableau 3 (page 9), en mode 8k, avec une modulation 64-QAM, un code rate $\frac{3}{4}$ et un guard-interval de $\frac{1}{8}$, le débit annoncé est de 24.88Mbps.

- Effectuez le calcul pour retrouver ce résultat (considérez que la valeur 27MHz est aussi bonne).

4. Manipulations // Mesures :

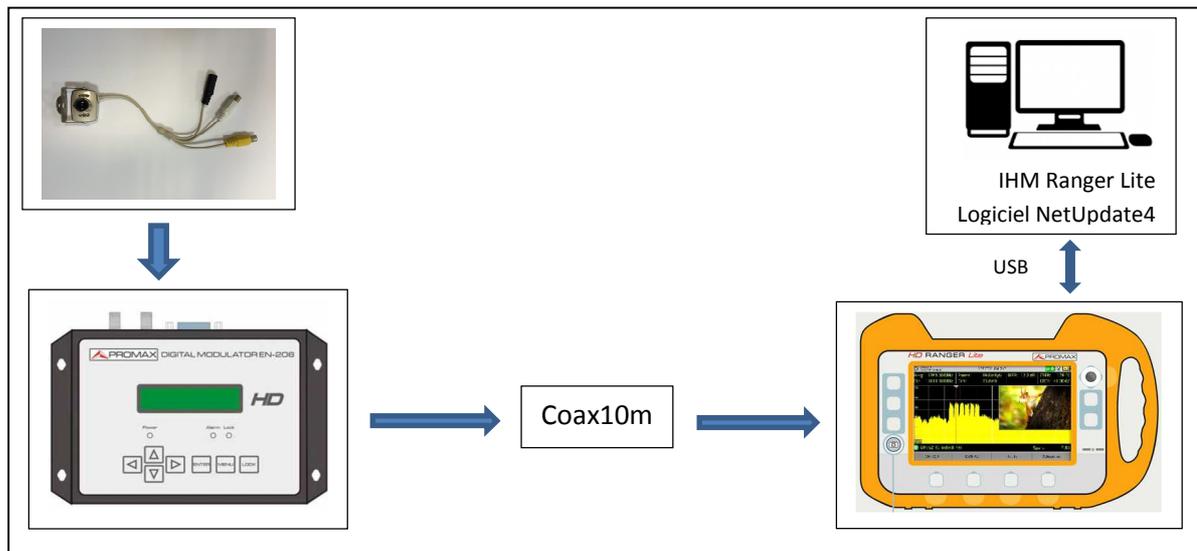
4.1 Etude du signal vidéo composite issu de la caméra :

Alimenter la caméra sous 12V

1. Visualiser à l'oscilloscope, le signal vidéo composite.
2. Relever les amplitudes et durées caractéristiques.
3. Mesurer le spectre du signal vidéo composite et évaluer sa bande passante.

4.2 Caméra PAL // Modulation QPSK

Relier la caméra au modulateur à l'aide du câble vidéo (jaune). Connecter le modulateur au mesureur de champ avec le montage suivant.



Depuis l'émetteur EN-206, vérifiez les points suivants dans les différents menus :

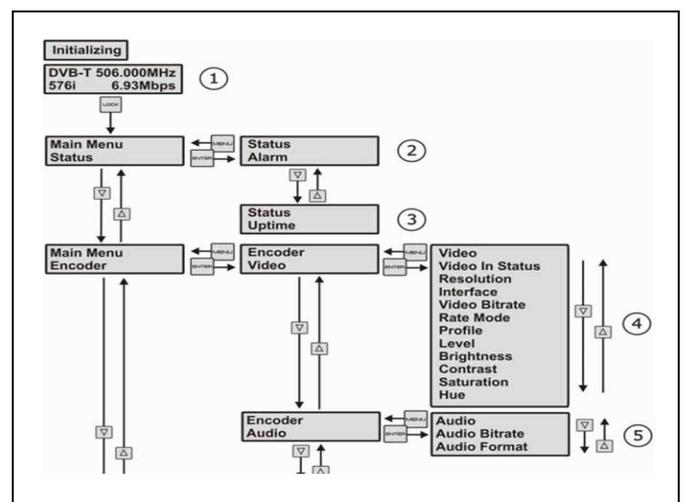
➤ Encodeur

• Vidéo

- Interface : *CVBS
- Vidéo in status : Locked
- Resolution : 720x576x50i (PAL)
- Vidéo bitrate : 7Mbps
- Rate mode : *CBR
- H.264 Profiles : *Main profile
- H.264 level : *Level 4
- Brightness - Contrast - Saturation : 128
- Hue : 127

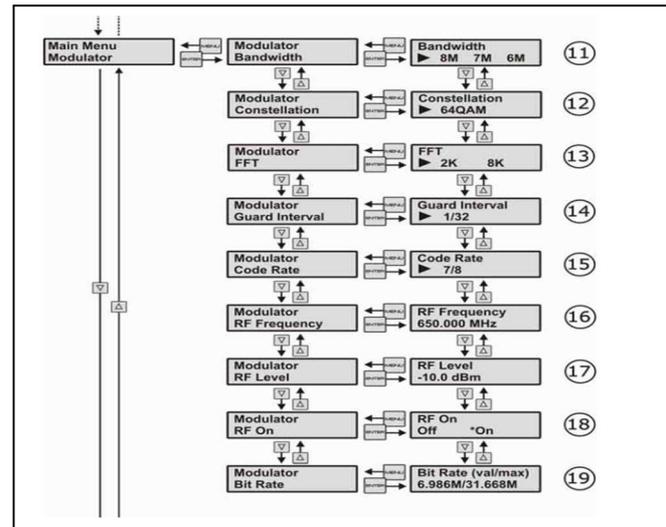
• Audio

- Audio bitrate : *64kbps
- Audio format : MPEG-2



➤ Modulator

- Bandwidth : *8M
- Constellation : *QPSK
- FFT : *2K
- Guard Interval : *1/32
- Code Rate : *7/8
- RF Frequency : *650.00MHz
- RF Level : *-36.0dBm
- RF on : *ON
- Bit rate : (ACT/max) ~7.42M/31.668M



• Canal de propagation 1 : Coax 10m.

Dans le menu "Analyseur de spectre" du mesureur de champ, appuyer sur le menu "Outils" (F3) et activer à l'aide du joystick : "Explorer le plan de fréquence". Une fois le processus terminé appuyer sur OK (F1).

Identifier le numéro du canal et la fréquence.
Vérifier la valeur de celle-ci à l'aide de la relation (1).

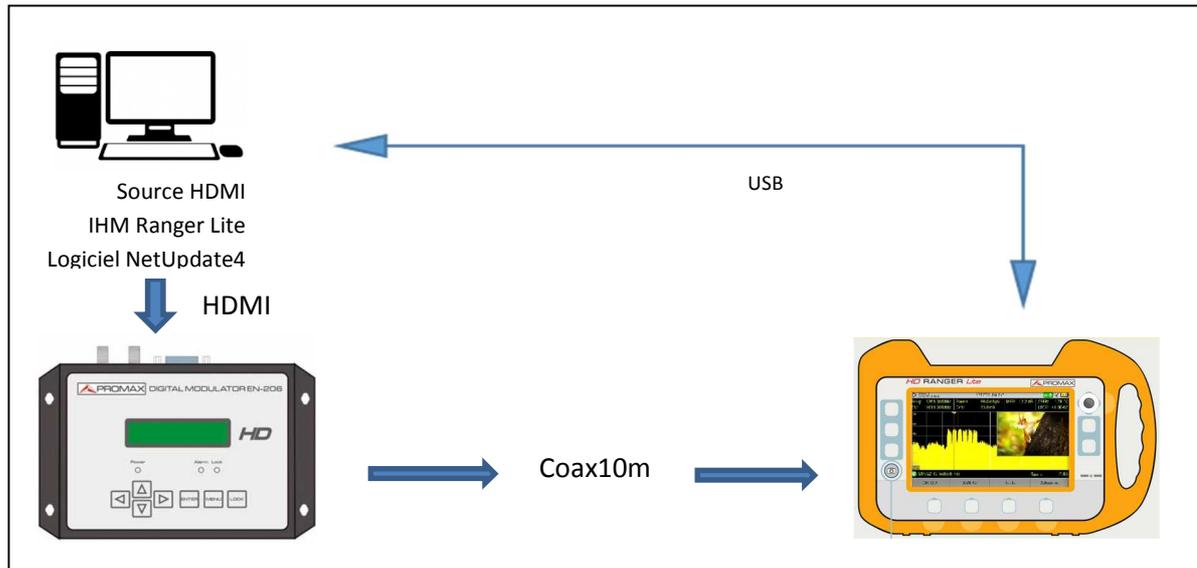
Dans le menu "Analyseur de spectre", appuyer plusieurs fois consécutivement de manière à obtenir simultanément à l'écran le spectre et l'image.
Relever les caractéristiques du signal (numéro de canal, modulation, code rate ...) dans le menu "DVB-T" (F2).
Mesurer les différents paramètres du signal reçu (puissance, C/N, MER, CBER et VBER).
Observer la constellation en activant "Constellation" dans le Menu "Outils" (F3).
Relever également le débit dans le menu "Analyseur de spectre".

!! Attendre quelques instants que les mesures se stabilisent avant de relever les valeurs des différents paramètres (notamment les taux d'erreur de bit).

• Canal de propagation 2 : Coax 10m.+ att20db fixe +att20db var au max + Coax 10m.

Refaire les mêmes mesures

4.3 PC (sortie HDMI) // Modulation QPSK et QAM



Depuis l'émetteur EN-206, vérifiez les points suivants dans les différents menus :

➤ Encodeur

• Vidéo

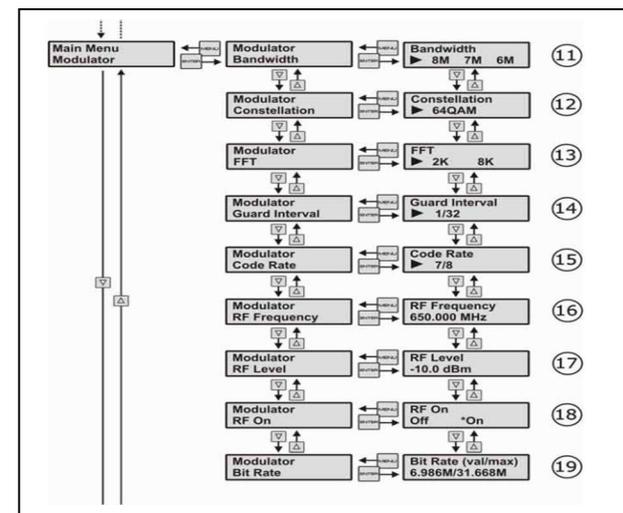
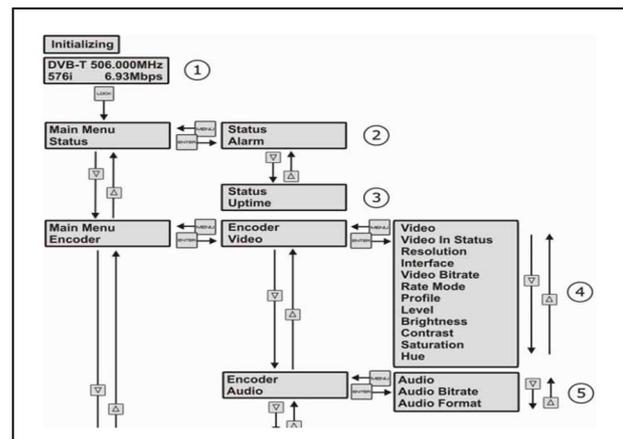
- Interface : *HDMI
- Vidéo in status : Locked
- Resolution : 1280x720 60p
- Vidéo bitrate : 7Mbps
- Rate mode : *CBR
- H.264 Profiles : *Main profile
- H.264 level : *Level 4
- Brightness – Contrast – Saturation : 128
- Hue : 127
- Video Norm Auto

• Audio

- Audio bitrate : *64kbps
- Audio format : MPEG-2

➤ Modulator

- Bandwidth : *8M
- Constellation : *QPSK
- FFT : *2K
- Guard Interval : *1/32
- Code Rate : *7/8
- RF Frequency : *650.00MHz
- RF Level : *-36.0dBm
- RF on : *ON
- Bit rate : (ACT/max) ~7.45MHz/10.557MHz



4.3.1 Influence du canal de propagation // modulation QPSK.

- **Canal de propagation 1 : Coax 10m**
Mesures des différents paramètres du signal, constellation.
- **Canal de propagation 2 : Coax 10m + 2 atténuateurs fixes 10db + atténuateur variable 20db + Coax 10m**
Mesures des différents paramètres du signal avec l'atténuateur variable au min, constellation.
Mesures des différents paramètres du signal avec l'atténuateur variable au max, constellation. Quelles sont les différences observées par rapport au cas précédent ?

Reporter dans un tableau les résultats de mesures pour les différentes valeurs d'atténuation (0, 20 et 40 dB). Tracer les courbes et interpréter les résultats obtenus.

Pour les valeurs de VBER obtenues pour A=0 dB et A= 40 dB, déterminer le temps pour qu'une erreur sur 1 bit apparaisse, sachant que le débit utile est de 4 Mbits/s.

4.3.2 Etude des modulations QPSK // QAM16 // QAM64.

4.3.3

Canal de Propagation : (Coax 10m + att20dbfixe + att20dbvar + Coax 10m (ou Coax 100m si besoin))

Différentes techniques de modulations sont étudiées dans cette partie. Pour cela, on se placera à la limite de qualité du signal vidéo. Celle-ci est définie quand on observe une perte de pixels (apparition de pavés fixes) sur l'image décrivant une scène mobile.

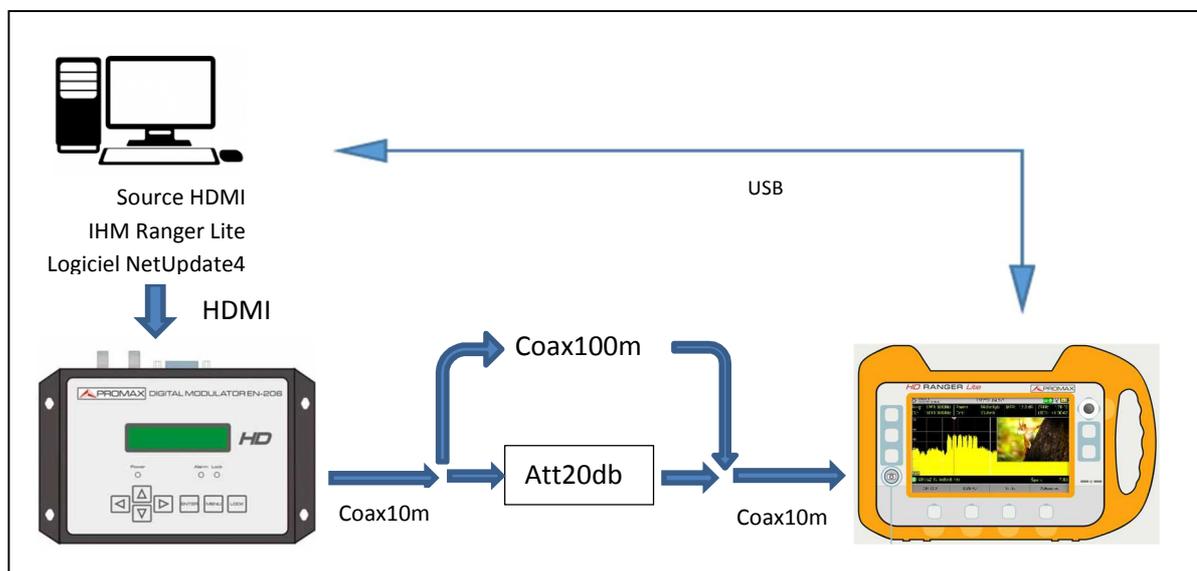
- **a/ QAM64**
Pour l'atténuateur fixe de 20 dB, ajuster l'atténuateur variable de manière à se placer à la limite de la qualité du signal vidéo. Relever alors la valeur de l'atténuateur et des différents paramètres du signal. Déterminer ensuite la valeur de l'atténuateur pour laquelle il n'y a plus d'image en laissant le temps au démodulateur de décoder le signal.
- **b/ QAM16**
Relever les caractéristiques du signal (numéro de canal, modulation, code rate ...) dans le menu "DVB-T" (F2) ainsi que la constellation (menu "Outils" (F3)). Relever les différents paramètres du signal.
Ajuster l'atténuateur variable de manière à se placer à la limite de la qualité du signal vidéo.
Relever alors la valeur de l'atténuateur et des différents paramètres du signal. Déterminer ensuite la valeur de l'atténuateur pour laquelle il n'y a plus d'image en laissant le temps au démodulateur de décoder le signal.
- **c/ QPSK**
Relever les caractéristiques du signal (numéro de canal, modulation, code rate ...) dans le menu "DVB-T" (F2) ainsi que la constellation (menu "Outils" (F3)). Relever les différents paramètres du signal.
Remplacer l'atténuateur fixe de 20 dB par un atténuateur de 40 dB. Observer la constellation et la comparer à la précédente. Ajuster l'atténuateur variable de manière à se placer à la limite de la qualité du signal vidéo. Relever alors la valeur de l'atténuateur et des différents paramètres du signal. Déterminer ensuite la valeur de l'atténuateur pour laquelle il n'y a plus d'image en laissant le temps au démodulateur de décoder le signal.
- **d/ Résultats**

Pour synthétiser les résultats, mettre les résultats obtenus dans 2 tableaux. Le premier permettra de comparer les différents paramètres du signal pour les 3 modulations étudiées (atténuateur fixe de 20 dB et atténuateur variable à 0 dB). Le second permettra de comparer les résultats quand on est à la limite de qualité du signal (préciser alors la valeur de l'atténuation obtenue). Interpréter les différents résultats obtenus.

4.3.4 Robustesse des modulations aux trajets multiples // QAM64 (Echo)

Le câblage doit permettre de simuler 2 trajets différents pour le signal émis par le modulateur. Cette expérience permet de simuler la présence de trajets multiples ou d'échos au cours de la propagation qui viennent se combiner à la réception.

Le trajet direct (qui passe par l'atténuateur 20db au max) et un autre trajet (qui passe par la ligne coaxiale de 100 m de long) où le signal est retardé.



- **a/ Mesure du trajet direct (le + rapide)**
Déconnecter le coax de 100m.
Mesurer les paramètres du signal (puissance et C/N).
Relever le spectre obtenu.
- **b/ Mesure du signal retardé (de plusieurs μ s)**
Déconnecter le trajet direct et connecter le coax de 100m.
Mesurer les paramètres du signal (puissance et C/N).
Vérifier que ceux-ci sont du même ordre de grandeur que précédemment.
- **c/ Mesure de l'ensemble**
Connecter les 2 trajets et relever le spectre obtenu.
Mesurer les paramètres du signal (puissance et C/N).
Appuyez sur F3 et sélectionnez analyse des échos.
De cette visualisation, concluez.

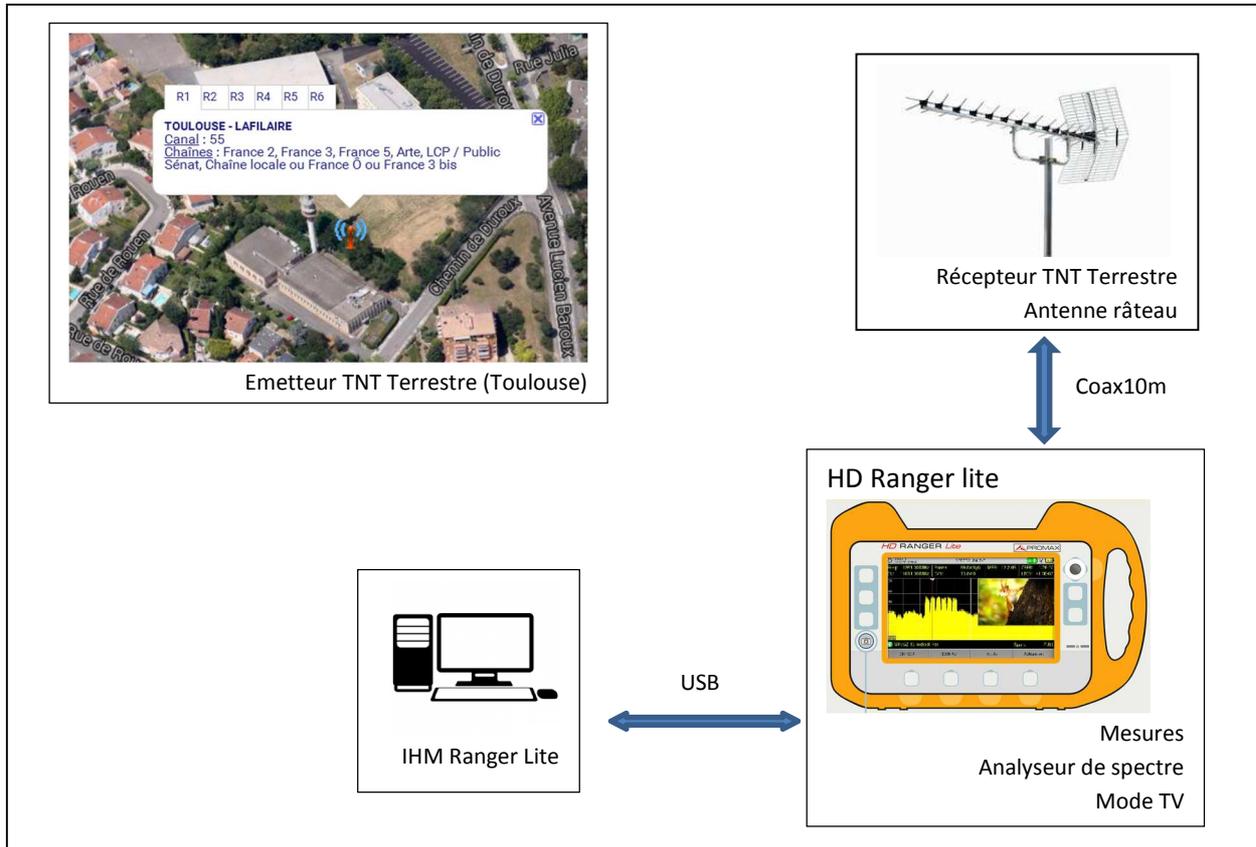
Déterminer l'écart de fréquence Δf entre deux minimums et en déduire le retard introduit par le câble coaxial de 100 m.
Sachant que le câble coaxial utilisé a une permittivité relative ϵ_r de 2.25, calculer la vitesse de propagation et en déduire le retard.
Comparer avec le résultat obtenu à l'analyseur de spectre.

4.4 Signaux réels TNT (Terrestre et Satellite)

4.4.1 Signaux TNT Terrestre

A l'aide de l'annexe TNT TERRESTRE TOULOUSE et du lien ci-dessous recherché à partir de la position de la salle de TP (bât3A) la direction de l'antenne râteau pour une réception optimale.

http://www.csa.fr/csatvnumerique/television_couverture



Relier l'antenne râteau au mesureur de champ

Explorer le plan de fréquence.

Relever les canaux trouvés.

Sélectionner un multiplex dans le menu F1.

Dans le menu F3, visualiser et sélectionner les différentes chaînes TV.

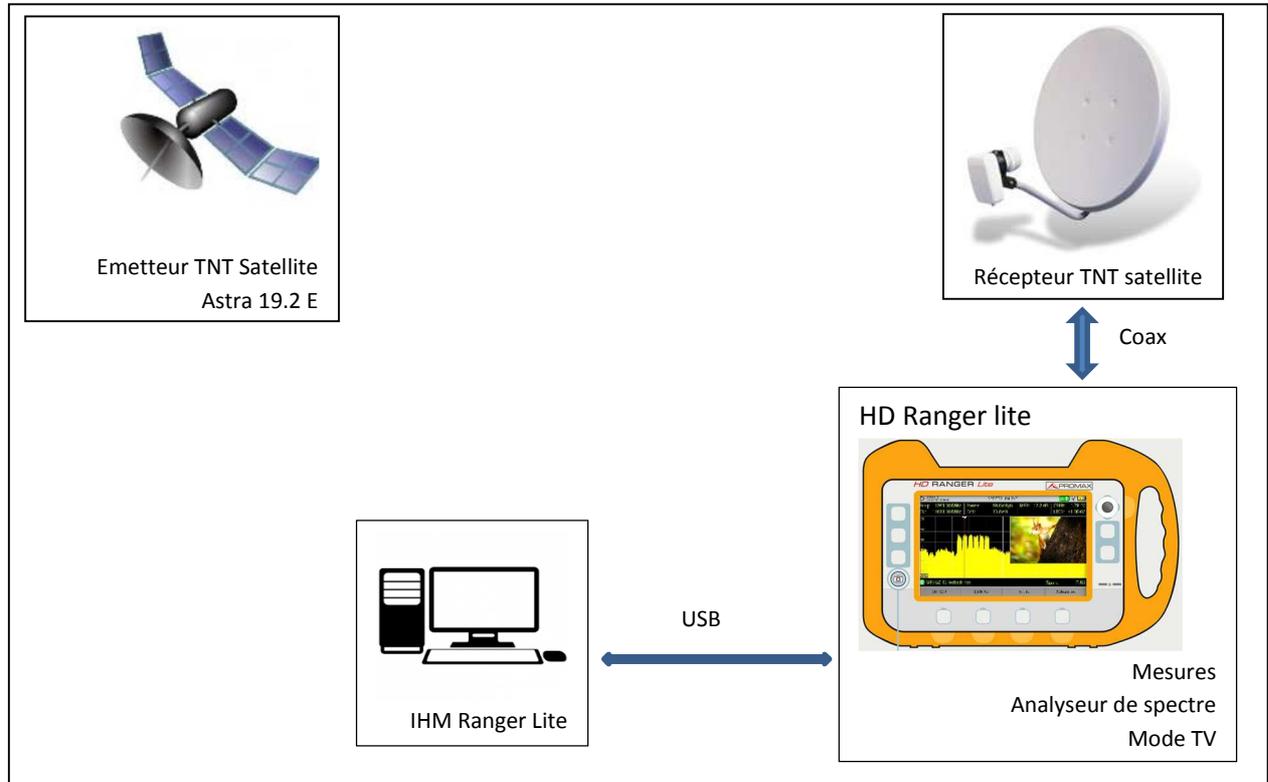
A partir des données en annexe, vérifier si les signaux captés proviennent de l'émetteur de Toulouse Lafilaire.

Mesurer le débit de quelques chaînes.

4.4.2 Signaux TNT Satellite (ASTRA 19.2 E)

A l'aide de l'annexe et du lien ci-dessous, rechercher les paramètres (élévation, azimut et polarisation) permettant de pointer au mieux le satellite « Astra 19.2»

<http://www.satsig.net/maps/pointage-plat-television-satellites-france.htm>



A l'aide de la boussole, orientez la parabole en azimut vers le satellite « Astra 19.2». Orientez précisément la parabole en élévation.

Avec un câble de 2 mètre de long connectez la tête LNB de la parabole au mesureur Ranger Lite.

Configurez le mesureur de champ dans la plage de fréquence satellite, en appuyant sur la touche et en choisissant Bande : Satellite.

Sélectionner un span complet et un gain de -50dbm centré à 1500Mhz

Il est nécessaire d'alimenter la tête LNB. Appuyez à nouveau sur, sélectionnez « Sortie alimentation » et validez « On », puis dans le menu « Tension d'alimentation », choisissez « 13V ».

Les plans de fréquences pour plusieurs satellites sont préenregistrés. Pour qu'ils soient actifs, éditez votre chantier de travail à l'aide de la touche, puis ajoutez le plan 19.2_AST via l'onglet Chantier/ Ajouter plan SAT.

Validez la réception d'au moins un bouquet. Vérifiez les caractéristiques du signal reçu (puissance, C/N, MER et constellation)

⇒ Critère de qualité, la réception est bonne lorsque :

Le CBER (taux d'erreur avant la correction de Viterbi) est inférieur à $1.0E-4$

Le VBER ou LBER (taux d'erreur après la correction de Viterbi) est inférieur à $1E-8$

Le MER (taux d'erreur de modulation) est supérieur à 8dB

Utilisez le mesureur de champ pour faire le pointage fin de la parabole puis la polarisation du LNB.

Choisir un bouquet TV et relevez ses caractéristiques. Comparez les Critère de qualité (puissance, C/N, MER, constellation) au fur et à mesure de vos réglages. Expliquer ce que chaque paramètre (azimut, l'élévation et polarisation) influe sur la réception.

Annexe 1 : Caméra Pal et Signal vidéo composite.

CAMERA COULEUR CMOS + 6 LEDS IR + AUDIO + Caractéristiques du produit

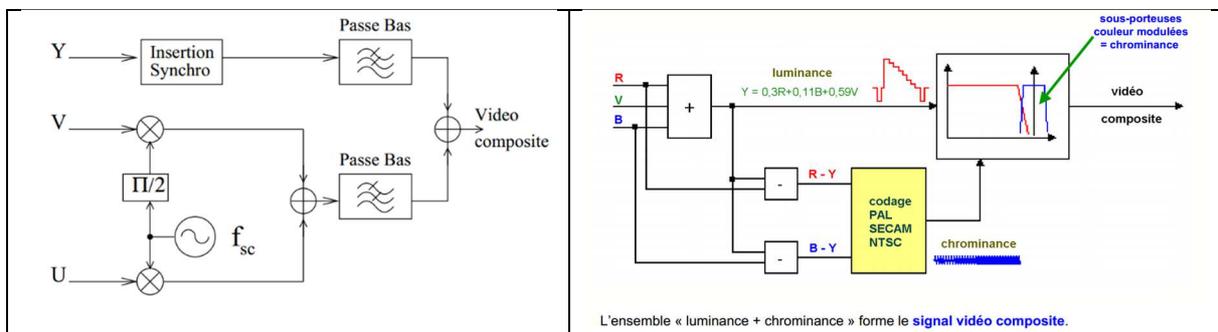
	<ul style="list-style-type: none"> - Caméra couleur CMOS avec 6 leds infrarouges + audio. - Capteur CMOS Couleur 1/3" - 500 (H) x 492 (V) CCIR - Résolution 380 lignes TV - Eclairage minimum : 3 Lux / F 1.2 - Obturateur électronique 1/50 à 1/2000sec - Sortie vidéo : 1Vpp (75 Ohms) - Rapport signal / bruit > 40 dB - Objectif : f3.6 mm / F2.0 - Microphone haute sensibilité - Alimentation : 8 à 12Vdc - Consommation : 120mA - Dimensions : 27 x 35 x 30 mm - Poids 49g. - Fréquence V : 50Hz, H : 15,625KHz.
---	--

Etude du signal vidéo composite issu de la caméra (standard PAL) :

Le signal délivré par la caméra utilisée ici, est un signal PAL (Phase Alternate Line) qui est un standard européen adopté depuis 1962. Dans ce standard, trois signaux permettent de générer le signal modulé :

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ➤ Le signal de luminance | $Y = 0,299 R + 0,587 V + 0,114 B$ |
| ➤ Le signal de chrominance rouge | $V = 0,877 (R - Y)$ |
| ➤ Le signal de chrominance bleu | $U = 0,493 (B - Y)$ |

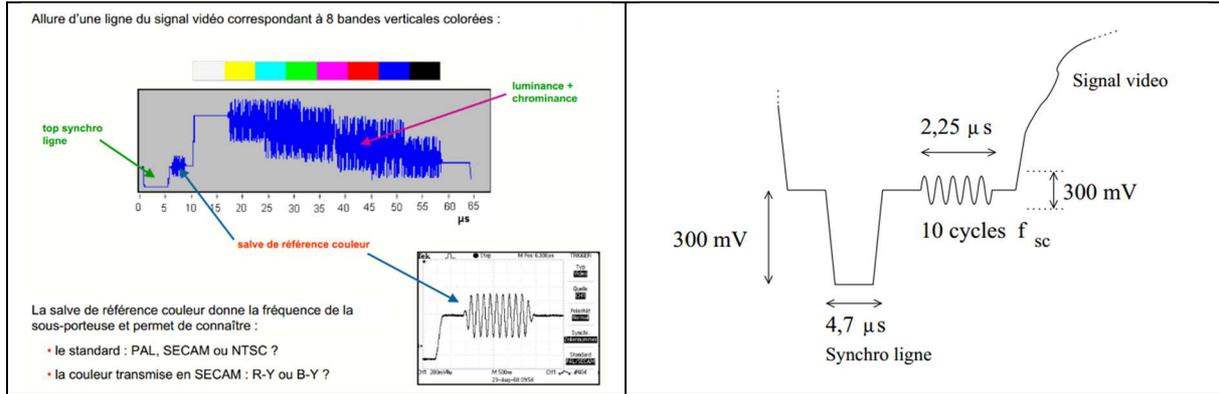
Le signal de luminance fournit une information sur la luminosité de l'image, et les signaux de chrominance permettent de reconstituer les trois composantes Rouge, Vert et Bleu. Le signal vidéo transmis sera un signal composite, c'est-à-dire réalisé à partir des trois signaux précédents, en y insérant des tops de synchronisation. Ces signaux de synchronisation, permettent de réaliser le balayage des lignes sur le moniteur de télévision. Les figures ci-dessous représentent le schéma bloc très simplifié du système de génération du signal vidéo composite. Les composantes chromatiques U et V, sont modulées en quadrature par une modulation de produit (ou modulation d'amplitude porteuse supprimée) avec une sous-porteuse image $f_{sc}=4.43$ MHz.



Les figures ci-dessous représentent le début du signal vidéo à partir d'un top de synchronisation ligne.

Une salve (ou burst) est insérée à chaque ligne, permettant à la réception de régénérer la sous-porteuse.

Cette salve est composée de 10 périodes de sinusoïde à la fréquence image.



Le standard PAL est caractérisé par les fréquences suivantes :

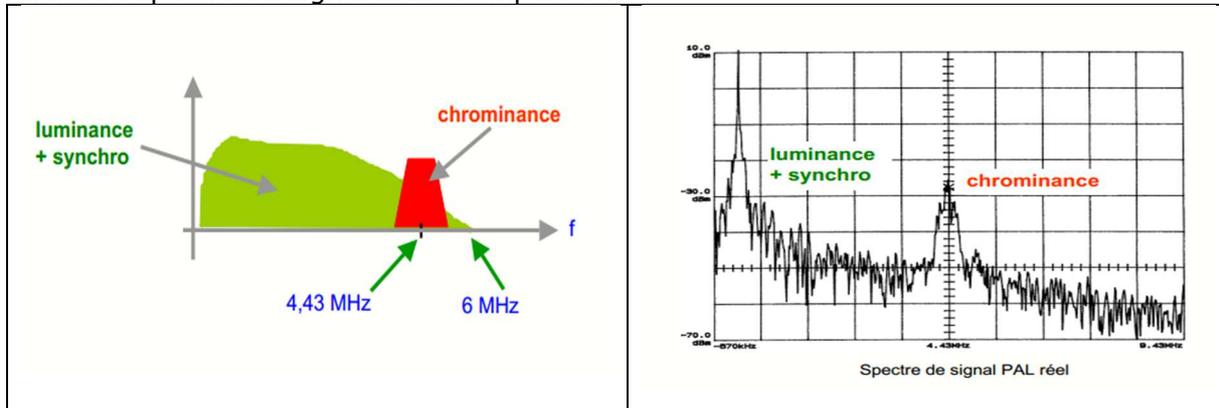
Fréquence image (ou trame) 50 Hz

Fréquence ligne 15625 Hz

Sous-porteuse image 4 433 618,75 Hz \pm 5 Hz

Sous-porteuse son 5.5 MHz

Allure du spectre du signal vidéo composite :



Annexe 2 : TNT TERRESTRE TOULOUSE

Recherche sur le WEB

<http://www.csa.fr/>

Onglet « Ma couverture TNT » :

http://www.csa.fr/csatsvnumerique/television_couverture

Saisir l'adresse de l'UPS :

Ajuster l'endroit de réception sur la carte :



Localiser le (ou les) émetteur(s) :

VOTRE COUVERTURE NUMÉRIQUE ACTUELLE

Vous pouvez recevoir la télévision numérique depuis les émetteurs suivants :

> L'émetteur de **TOULOUSE - LAFILAIRE** :

- > Le multiplex **R1** sur le [canal 55](#)
- > Le multiplex **R2** sur le [canal 38](#)
- > Le multiplex **R3** sur le [canal 24](#)
- > Le multiplex **R4** sur le [canal 27](#)
- > Le multiplex **R5** sur le [canal 25](#)
- > Le multiplex **R6** sur le [canal 36](#)


Localiser cet émetteur sur la carte

> L'émetteur de **TOULOUSE - PECH DAVID** :

- > Le multiplex **R7** sur le [canal 34](#)
- > Le multiplex **R8** sur le [canal 32](#)


Localiser cet émetteur sur la carte

Pour chaque multiplex de la TNT, l'émetteur susceptible de permettre la meilleure réception est indiqué. Néanmoins, afin d'éviter des travaux d'installation inutiles, n'hésitez pas à vous renseigner auprès d'un professionnel agréé.



TOULOUSE - LAFILAIRE
Canal : 55
Chaînes : France 2, France 3, France 5, Arte, LCP / Public Sénat, Chaîne locale ou France 0 ou France 3 bis

LISTE DES CHÂNES PAR MULTIPLEX

R1 :	2	3	5	LCP / PUBLIC SÉNAT	0
R2 :	BFM TV	8	Gulli	17	4
R3 :	CANAL+ HD	CANAL+ CINEMA	CANAL+ SPORT	PLANÈTE 5	
R4 :	6	W9	NT1	PARIS PREMIER	arte HD
R5 :	TF1 HD	2	M6		
R6 :	arte	TF1	LCI	21	ttmc
R7 :	HDI	Chérie 25	L'ÉQUIPE 21		
R8 :	6ter	RMC COUVERTURE HD	23		

TP TNT (Terrestre et Satellite)



Correspondance canaux/fréquences (MHz) utilisés en France

Canal	Fréquence centrale du canal de TNT (MHz)	Bande utilisée
21	474	Bande IV
22	482	Bande IV
23	490	Bande IV
24	498	Bande IV
25	506	Bande IV
26	514	Bande IV
27	522	Bande IV
28	530	Bande IV
29	538	Bande IV
30	546	Bande IV
31	554	Bande IV
32	562	Bande IV
33	570	Bande IV
34	578	Bande IV
35	586	Bande IV
36	594	Bande IV
37	602	Bande IV
38	610	Bande V
39	618	Bande V
40	626	Bande V
41	634	Bande V
42	642	Bande V
43	650	Bande V
44	658	Bande V
45	666	Bande V
46	674	Bande V
47	682	Bande V
48	690	Bande V
49	698	Bande V
50	706	Bande V
51	714	Bande V
52	722	Bande V
53	730	Bande V
54	738	Bande V
55	746	Bande V
56	754	Bande V
57	762	Bande V
58	770	Bande V
59	778	Bande V
60	786	Bande V
61	794	Bande V
62	802	Bande V
63	810	Bande V
64	818	Bande V
65	826	Bande V
66	834	Bande V
67	842	Bande V
68	850	Bande V
69	858	Bande V

Les canaux 61 à 69 ne sont plus utilisés en France pour la télévision depuis le 1er décembre 2011, cette bande de fréquence étant désormais affectée à des services de radiocommunications mobiles à très haut débit.

De façon générale, la fréquence centrale (en MHz) du canal n est définie par la formule : **fréquence centrale = 306 + 8 n + 0.166 d**.
n est compris entre 21 et 60
d peut prendre les valeurs -1, 0, 1, 2 ou 3

www.recevoirlatnt.fr

Pour plus d'information, appelez le : 0 970 818 818
du lundi au vendredi de 8h à 19h (Prix d'un appel local)

Annexe 3 : TNT SATELLITE TOULOUSE et Orientation Parabole

Pour recevoir un signal émis d'un satellite, il est nécessaire d'orienter une parabole.

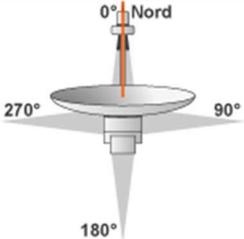
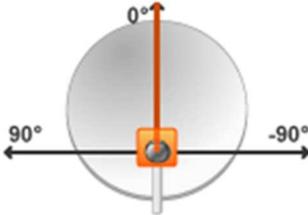
Pour capter un signal, trois paramètres sont à prendre en compte : l'azimut, l'élévation et la polarisation de la tête LNB, et doivent être réglés successivement

Suivant l'endroit où on se trouve, les trois paramètres seront différents pour un même satellite.

Le site suivant vous permet de les connaître en fonction de votre localisation :

<http://www.satsig.net/maps/pointage-plat-television-satellites-france.htm>

Ordre de Réglages :

 Azimut	
<p>L'angle d'azimut donne l'orientation de votre antenne vers le satellite. Cette valeur est calculée pour être utilisée directement sur votre boussole (la déclinaison magnétique est déjà intégrée) Le réglage de l'azimut peut ensuite être affiné, en fonction de la qualité de réception du signal.</p>	
 Elevation	
<p>Le degré d'élévation est l'inclinaison que doit avoir votre antenne pour être dirigée vers le satellite. Le réglage de l'élévation est primordial. Il doit respecter (à 0,5° près) la valeur fournie.</p>	
 Polarisation	
<p>L'angle de polarisation est l'angle à donner à la tête de réception (ou LNB). Le réglage de la polarisation peut s'affiner à la main.</p>	

Annexe 4 : Logiciel NetUpdate4 (récupère les infos du HD Ranger Lite)

Copies d'écran du mesureur Promax

Démarrer le logiciel Promax NetUpdate4 et relier le mesureur au PC par un cordon USB :

- cliquer sur **Détecter** pour établir la liaison entre le PC et le mesureur
- cliquer sur **Mise à jour des ressources / Mesureur / Printscreen**
- sélectionner les images **screenxxx.bmp** à rapatrier
- cliquer sur **Du mesureur au PC** pour rapatrier les images



NetUpdate-4 // Control Software for PROMAX equipment

Annexe 5 : Manuel utilisation Modulateur EN-206

Document en ligne sur le lien suivant :

http://thierryperisse.free.fr/documents/TPs-Telecoms-AM-FM-TNT/TP-mod-demod-Num-TNT/Modulateur_DVB-T_HD-EN-206.pdf

Annexe 6 : Manuel utilisation HD Ranger lite

Document en ligne sur le lien suivant :

<http://thierryperisse.free.fr/documents/TPs-Telecoms-AM-FM-TNT/TP-mod-demod-Num-TNT/Analyseur-HDRANGERlite-QuickRef.pdf>