

## MODULATION EN QUADRATURE

### 1. La MODULATION en QUADRATURE - Introduction

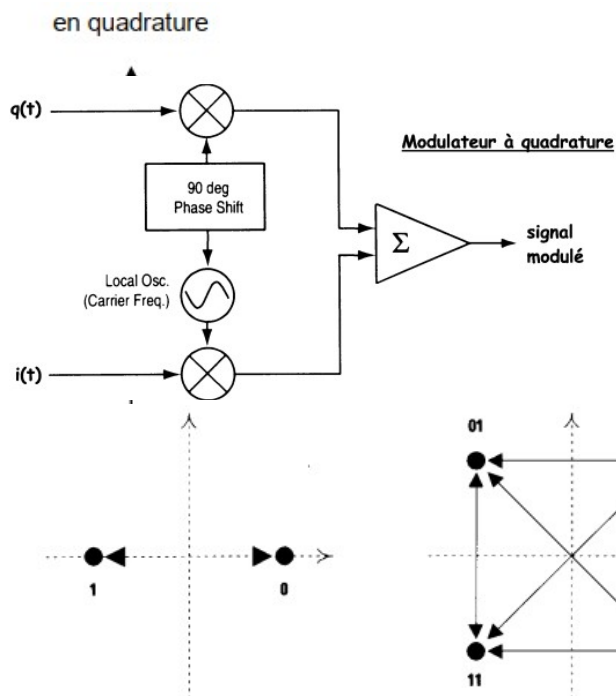
De façon générale, un signal modulé peut être noté sous la forme d'une modification de l'amplitude et/ou de la phase d'une porteuse :

$$S(t) = E(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \phi(t))$$

Le signal modulé peut également s'écrire sous la forme

$$S(t) = E(t) \cdot \cos(\phi(t)) \cdot \cos(\omega_0 t) - E(t) \cdot \sin(\phi(t)) \cdot \sin(\omega_0 t) = I(t) \cdot \cos(\omega_0 t) - Q(t) \cdot \sin(\omega_0 t)$$

L'amplitude et la phase de  $S(t)$  dépendent de  $I(t)$  (In phase) et  $Q(t)$  (Quadrature).



Sur ce principe, de nombreuses modulations peuvent être définies, elles sont représentées par leur constellation, chaque point correspondant à un symbole.

*Bi-phase shift keying (BPSK)*  
1 bits/symbole  
débit symbolique = débit binaire

*Quadrature phase shift keying (QPSK)*  
2 bits/symbole  
débit symbolique =  $1/2$  débit binaire

*8-phase shift keying*  
3 bits/symbole  
débit symbolique =  $1/3$  débit binaire

Les modulations en quadrature permettent de transmettre plusieurs bits par symbole. La rapidité de modulation  $B$  s'exprime en bauds ou symbole/s.

En binaire, 1 bit est transmis par symbole soit un débit binaire en bits/s :  $D = \frac{1}{T_b} = B$  avec  $T_b$  la durée d'un bit =  $T_s$  la durée d'un symbole.

Dans le cas de la QPSK, 2 bits sont transmis par symbole, soit un débit  $D = 2B$ .

Cas général : dans le cas d'une modulation à  $2^N$  symboles,  $N$  bits sont transmis par symbole soit le débit  $D = N \cdot \frac{1}{T_s} = N \cdot B$

## 2. TRANSMISSION FM - TV TNT




### 2.1. Emission FM et TV par ondes radio

Consulter le site du CSA ([csa.fr](http://csa.fr)) afin de trouver les canaux et les fréquences d'émissions utilisées pour la bande FM et la Télévision Numérique Terrestre pour une réception à l'IUT en tenant compte de l'orientation de l'antenne.

Relier l'entrée de l'analyseur de spectre à l'antenne 'Yagi' et observer le spectre obtenu pour l'ensemble de la plage de fonctionnement de l'analyseur de spectre. Localiser :

- La bande FM et modifier le SPAN pour repérer les fréquences de réception (CENTER 100 MHz – SPAN 10 MHz). Observer un canal, comment évolue le signal dans le temps, quelle est la bande passante par canal ?
- La nouvelle radio numérique terrestre DAB + : 223.936MHz
- Les canaux de téléphonie mobile LTE 4G : 780-820, 920-960



Technologie	4G	4G	2G et 3G	2G et 4G	3G	4G	TOTAL
Fréquences	700 MHz	800 MHz	900 MHz	1 800 MHz	2 100 MHz	2 600 MHz	
 Bouygues	5	10	10	20	15	15	75
 Free	10	0	5	15	5	20	55
 Orange	10	10	10	20	20	20	90
 SFR	5	10	10	20	20	15	80
Largeur de fréquence disponible	30	30	35	75	60	70	300



 DegroupNews

Tableau des fréquences et largeurs de bande en MHz pour la téléphonie

- Les canaux TNT (CENTER 600MHz – SPAN 250 MHz).

Canal UHF	Fréquence	Canal UHF	Fréquence	Canal UHF	Fréquence	Canal UHF	Fréquence
21	474 MHz	32	562 MHz	43	650 MHz	54	738 MHz
22	482 MHz	33	570 MHz	44	658 MHz	55	746 MHz
23	490 MHz	34	578 MHz	45	666 MHz	56	754 MHz
24	498 MHz	35	586 MHz	46	674 MHz	57	762 MHz
25	506 MHz	36	594 MHz	47	682 MHz	58	770 MHz
26	514 MHz	37	602 MHz	48	690 MHz	59	778 MHz
27	522 MHz	38	610 MHz	49	698 MHz	60	786 MHz
28	530 MHz	39	618 MHz	50	706 MHz		
29	538 MHz	40	626 MHz	51	714 MHz		
30	546 MHz	41	634 MHz	52	722 MHz		
31	554 MHz	42	642 MHz	53	730 MHz		


Les niveaux reçus en TNT sont faibles et dépendent de l'orientation de l'antenne. Pour une lecture de faibles niveaux, régler le menu Amplitude AMPT de l'analyseur de spectre RIGOL de la façon suivante :

- Ref Level -30 dBm (niveau de référence en haut de l'écran)
- Input Att mode manuel à 0 dB (pas d'atténuateur en entrée de l'analyseur)
- RF preamp ON (avec un pré-amplificateur en entrée)

Retrouver les canaux utilisés pour l'émetteur pointé par l'antenne. Quelle est la bande passante de chaque canal ?

## 2.2. Etude de la modulation TV-TNT

### 2.2.1. Réception TNT

- Relier l'antenne au récepteur MEGASAT (RF IN)
- A partir de MENU choisir le mode DVB-T/T2 puis Measure
- Faire défiler les différents canaux (flèche vers la droite) et vérifier la correspondance avec les canaux relevés à l'analyseur de spectre. (EXIT pour sortir de ce mode)
- Visualiser maintenant les constellations :  en choisissant Analyser par le programme. Quels types de modulation sont utilisées ?
- Que signifient les termes BER et C/N ?



DVB-T/T2



## 2.2.2. Modulation/démodulation TNT / DVB-T

On utilise une source vidéo (lecteur enregistreur DVD) relié en HDMI au modulateur numérique PROMAX EN-206. Il s'agit d'un seul boîtier qui regroupe un encodeur MPEG4 AVC/H.264 et un modulateur DVB-T, capable de convertir le signal d'entrée en un canal TNT (RF) dans la plage de fréquences de 30 à 960 MHz.

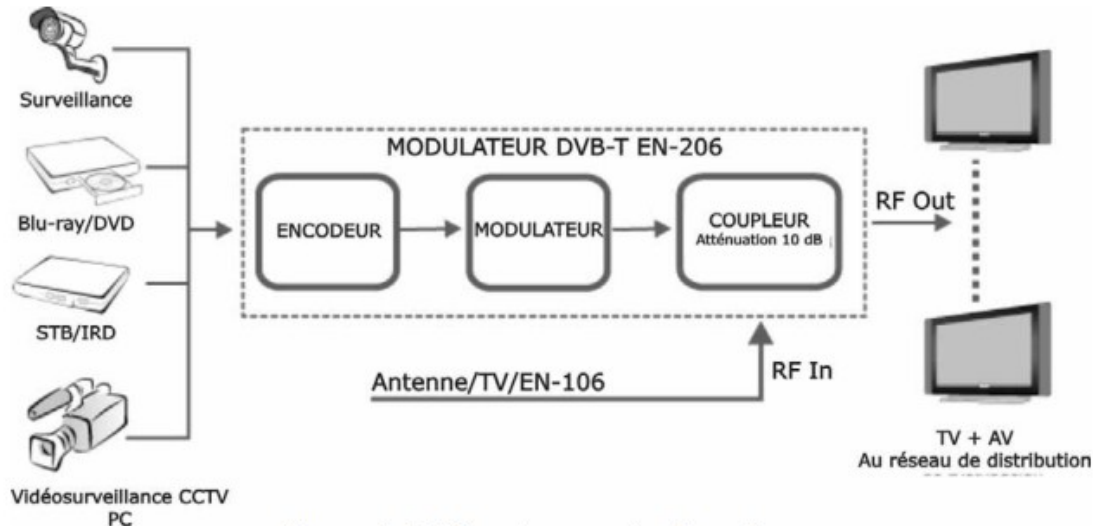
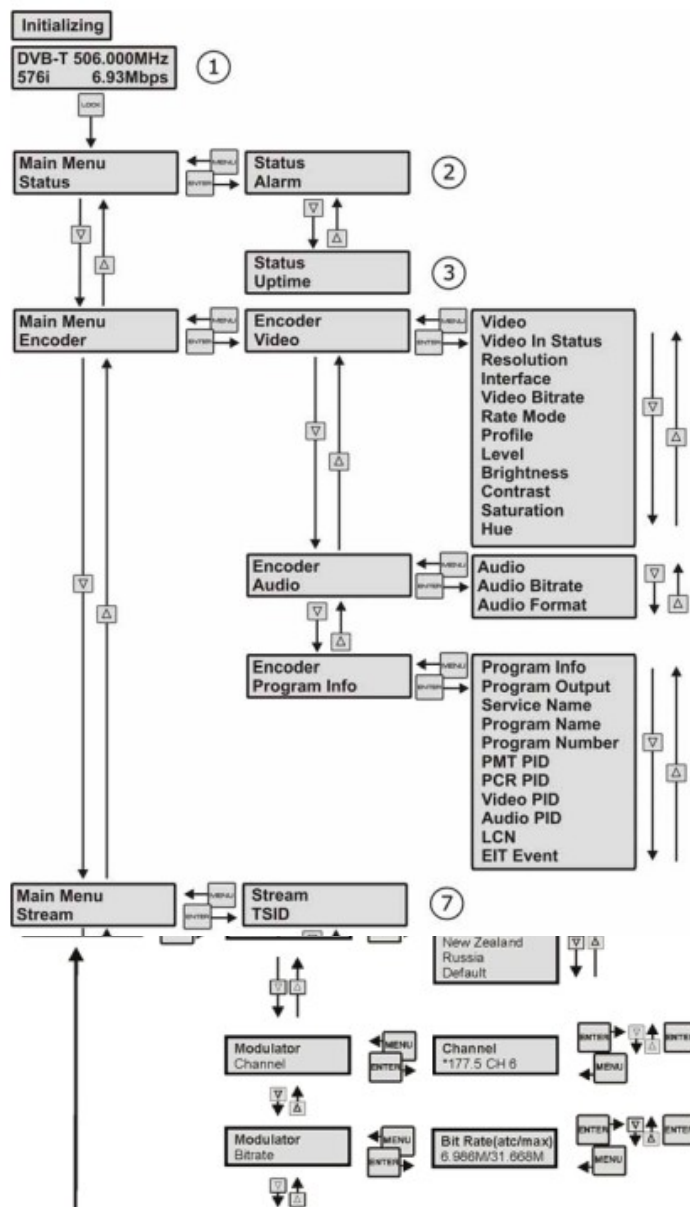
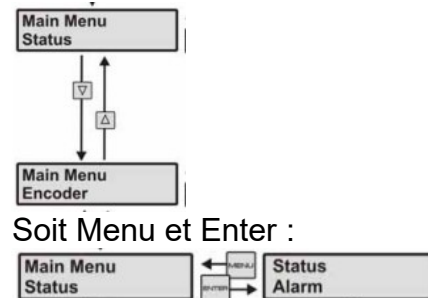


Figure 1. Schéma de connexion du système.



Pour le réglage des paramètres, commencer par un appui sur LOCK, puis il faut se déplacer dans le menu en utilisant :

Soit les flèches



Soit Menu et Enter :

Se déplacer dans Encoder>Interface et choisir HDMI

- Country : Europe
- Channel : au choix mais supérieur à 177.5 MHz

Relever le débit binaire correspondant indiqué sur le modulateur.

- Relier le modulateur au récepteur MEGASAT (RF IN),



- A partir de MENU choisir le mode DVB-T/T2 puis Measure le configurer pour recevoir le canal d'émission et visualiser la constellation du signal :



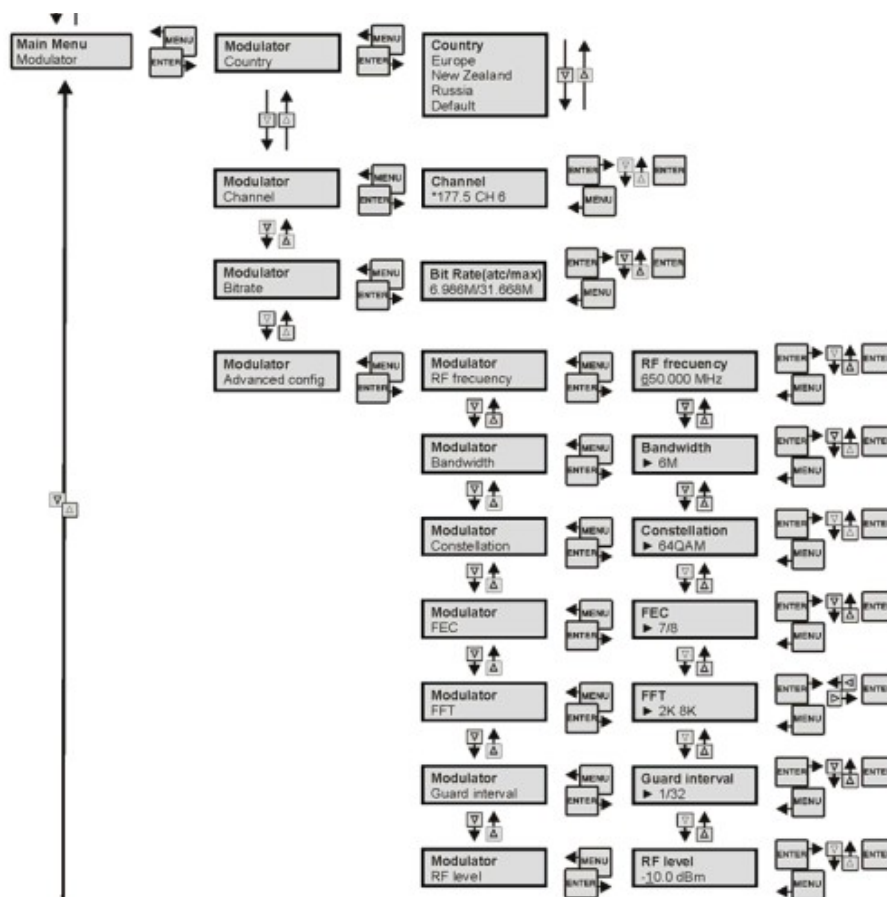
Konstellation

Quel type de modulation est utilisé ? donner le BER et le C/N

- Visualiser le signal vidéo

### 2.2.1. Comparaison QPSK / 16 & 64 QAM

On va chercher à évaluer 3 types de modulation 64 QAM ou 16 QAM ou QPSK pour la transmission vidéo en présence de bruit.



Se déplacer dans Modulator puis choisir :

Country : Default

Ensuite aller dans Advanced config pour choisir :

RF frequency : 650 MHz par exemple

Constellation : 64 QAM ou 16 QAM ou QPSK

RF Level : -14 dBm (minimum)

Relier la sortie RF OUT à l'entrée (RF IN) du récepteur MEGASAT

- A partir de MENU choisir le mode DVB-T/T2, visualiser maintenant les



constellations : Konstellation en choisissant Analyser par le numéro de canal (faire défiler avec les flèches) puis valider la recherche.

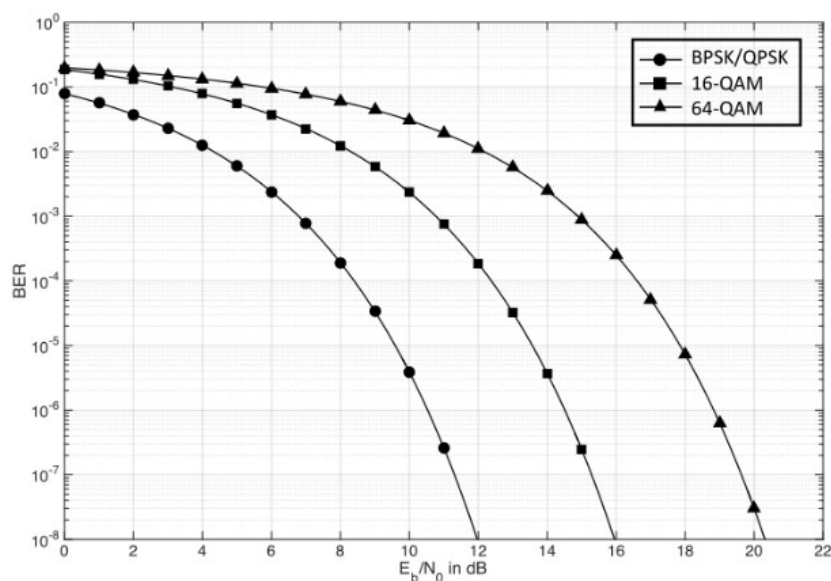
- La touche F1 vous donne accès à des informations supplémentaires :
  - PWR : niveau reçu
  - C/N rapport signal à bruit
  - CBER : taux d'erreur binaire

Mesurez ces 3 grandeurs avec chacune des modulations proposées (colonne 1 du tableau).

On va tester les 3 modulations mais maintenant en présence d'un canal bruité en utilisant 2 antennes (émission et réception). En modifiant les conditions de transmission (éloignement des antennes – désalignement), cherchez à obtenir 3 cas afin de compléter le tableau suivant :

	Liaison coax.	Liaison antennes à proximité	Liaison antennes distantes	Liaison antennes distantes et désalignées – Pire Cas
PWR				
C/N				
CBER QPSK				
CBER 16-QAM				
CBER 64-QAM				

Commentez vos résultats en utilisant vos relevés et la courbe théorique suivante.



### 3. Transmission numérique TV par satellite

Le satellite joue le rôle d'un relais entre la station d'émission et l'antenne de réception. Sa position sur l'orbite géostationnaire à 36000 Km au-dessus de l'équateur lui permet de paraître immobile depuis un repère terrestre. Les fréquences d'émission dites montantes de la station terrestre vers le satellite sont situées dans la bande 17,3 à 18,1GHz, les fréquences d'émission vers la terre pour des applications de télévision sont comprises entre 10,9GHz et 12,8GHz.

Sur l'antenne parabolique, la tête de réception dite LNB (Low Noise Block-converter) est constituée d'un guide d'onde, qui véhicule l'onde vers le détecteur, d'un mélangeur de fréquence et d'un préamplificateur (gain env. 50dB).

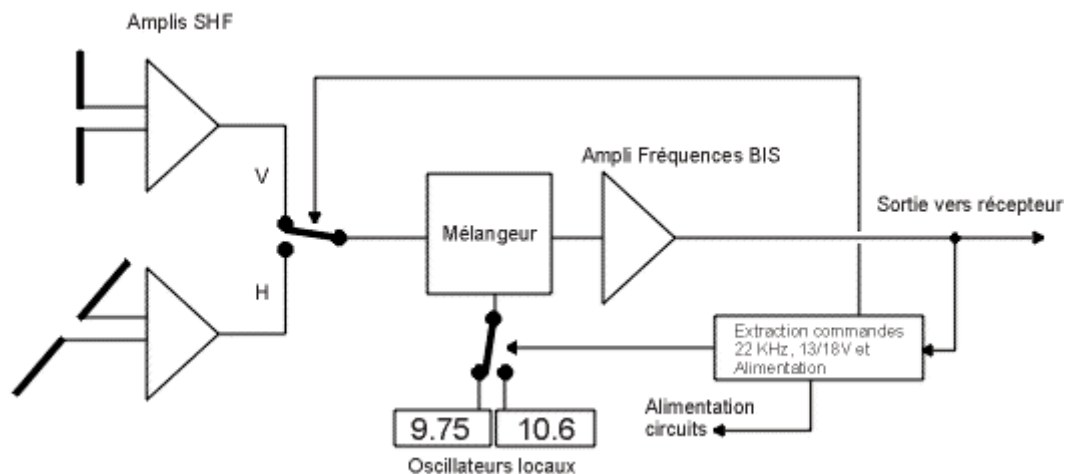


Figure : Schéma LNB

Le rôle principal du LNB est de transposer le spectre du signal de la bande Ku 10,7-12,75 GHz vers la bande 950-2150 MHz. Cette transposition est réalisée par un mélangeur avec une fréquence d'Oscillateur Local de 9.75 GHz ou 10.6 GHz.

- Compléter le tableau en donnant les fréquences en sortie du récepteur LNB

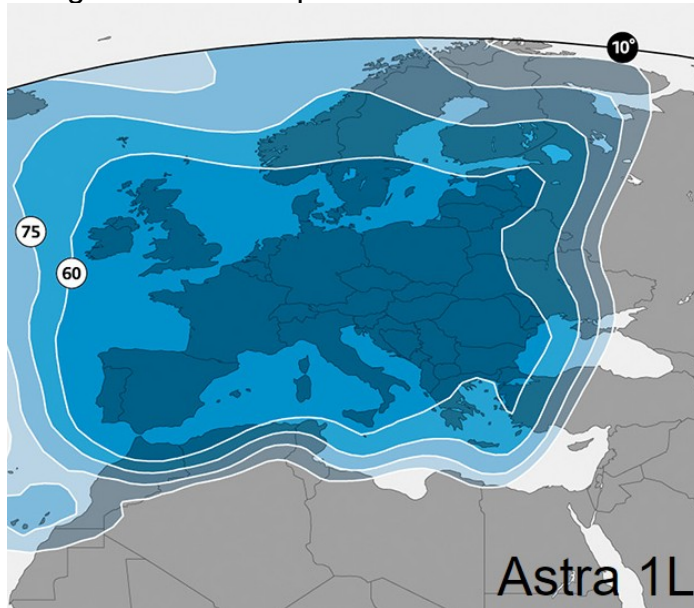
	Bandes de Fréquences reçues	Oscillateur Local	Bandes de fréquences en sortie
Low Band	10.7-11.7 GHz	9.75 GHz	
High Band	11.7-12.75 GHz	10.6 GHz	

De plus, le convertisseur permet la sélection d'un type de polarisation Horizontal ou Vertical. Pour l'utilisateur la sélection du type de polarisation est obtenue par l'application d'une tension de commutation de 13 V ou 18 V.

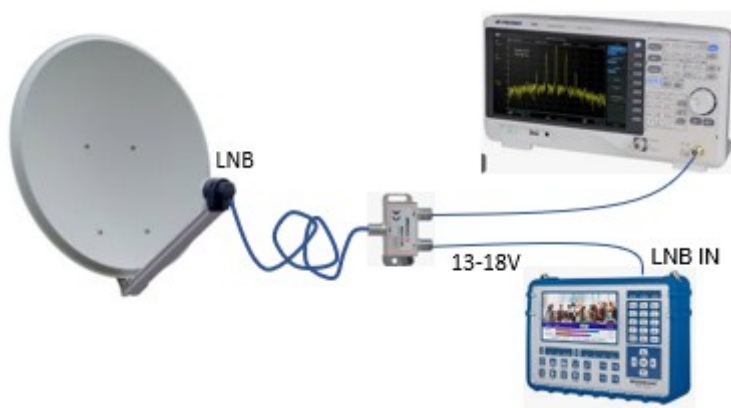
L'antenne parabolique est orientée vers les satellites ASTRA1 orientés à 19.2° Est.

Satellite	Chaînes TV	Chaînes TV en clair	Longitude	Max declination (latitude)
Astra 1KR	153	57	19.27°E	0.01°
Astra 1N	388	227	19.27°E	0.08°
Astra 1L	270	179	19.26°E	0.05°
Astra 1M	301	136	19.26°E	0.06°
Astra 1KR	153	57	19.27°E	0.01°

La figure suivante représente la couverture du satellite ASTRA 1L



Relier le câble d'antenne satellite à l'analyseur de spectre et au récepteur MEGASAT (LNB IN). Ce dernier permet de démoduler et connaître des chaînes numériques en clair utilisant la norme DVB-S (Digital Video Broadcasting – Satellite) ou DVB-S2 pour la HD. Il permet également de fournir au LNB des signaux afin de choisir la polarisation (13 ou 18 V) et la fréquence de l'OL.



- A partir de MENU choisir le mode DVB-S/S2
- Se rendre dans le menu LNB Dish Set-up Satellite et vérifier que le satellite sélectionné est ASTRA 1, 19.2° Est. Vérifier également le Type LNB Universel, Alim LNB Automatique.



- Vérifier le fonctionnement et utiliser le mode Constellation pour visualiser des constellations de type QPSK ou 8-PSK. Dans ce mode, 2 options sont possibles :
  - Analyse by program : constellation pour la chaine visualisée
  - Analyse by transponder : constellation avec choix du canal.
- Visualiser le spectre à l'analyseur de spectre (entre 950 MHz et 1500 MHz, réglage amplitude AMPT idem TNT). Visualiser les différents canaux utilisés. Vérifier notamment que 4 répartitions différentes des canaux peuvent être obtenues.
- Utiliser la tableau EXCEL joint pour identifier un canal à partir de fréquences relevées.