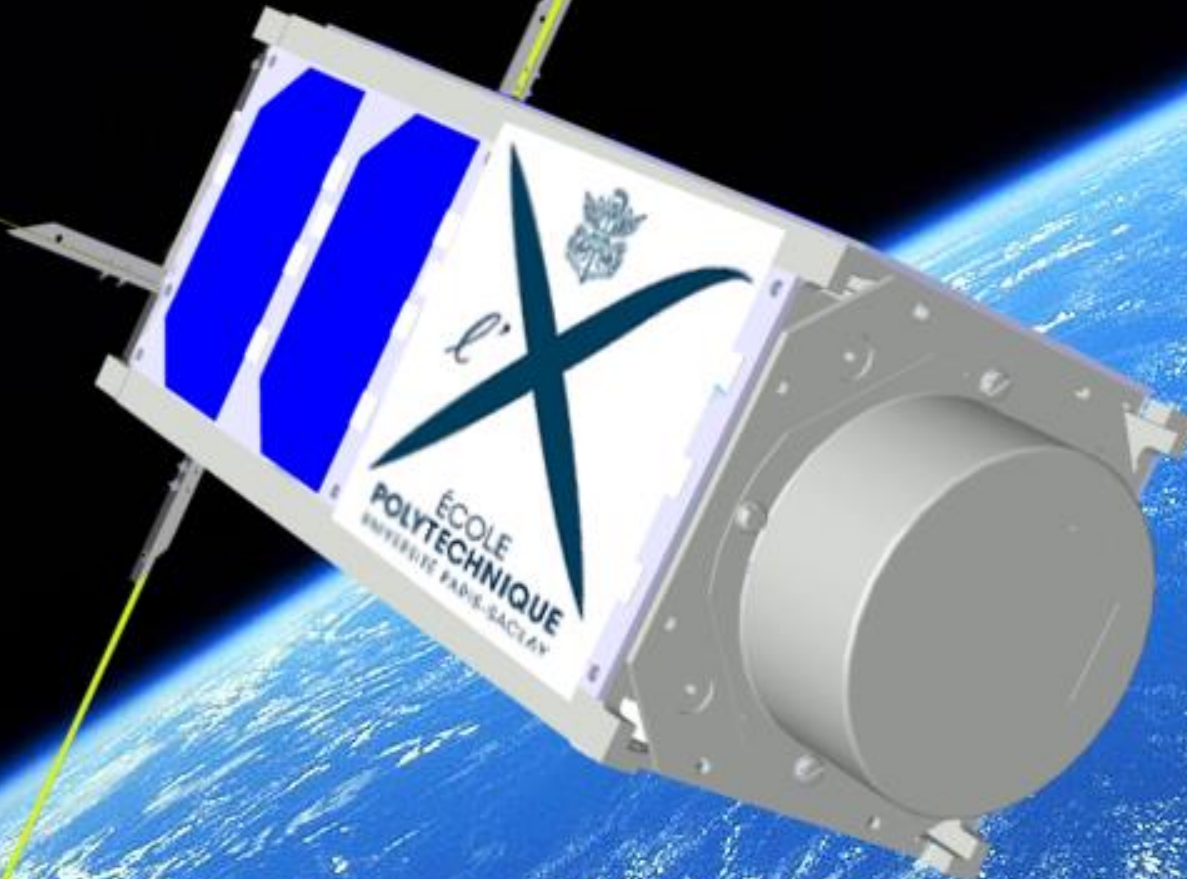


Centre Spatial Etudiant Ecole Polytechnique



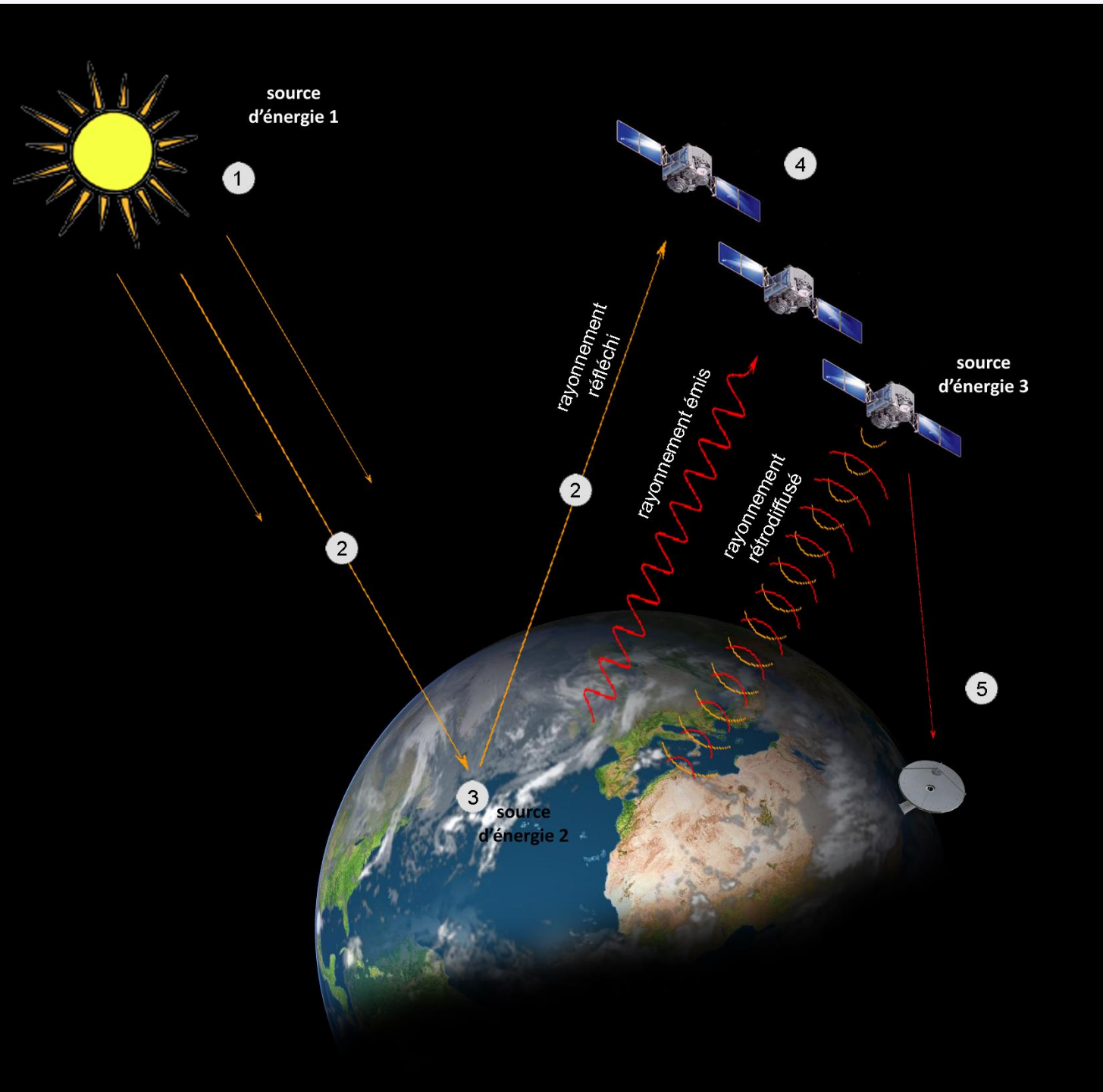
Bernard Pidoux
Mars 2018

Un satellite pour quoi faire ?

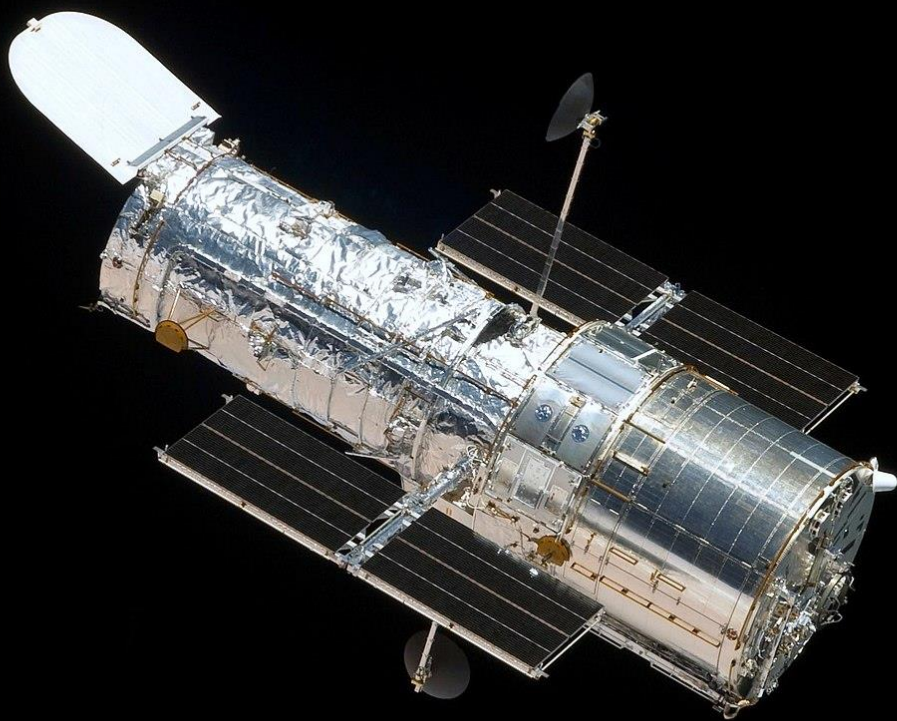
- Télédétection : météorologie, observations de la Terre (sols, cultures, volcans), océans, ozone, tremblements de Terre...
- Télécommunications : téléphonie, télévision, données, Internet
- missions logistiques ou scientifiques spatiales : GPS, astronomie (télescope Hubble), mesures physiques, astrophysique...
- Vols habités, Station Spatiale Internationale, (physique des matériaux et biologie en impesanteur)
- projets pédagogiques, technologiques et scientifiques : nano et picosats universitaires...

Téledétection

Télécommunications







Ultra Deep Field
HUBBLE's Most
Important
Image Ever





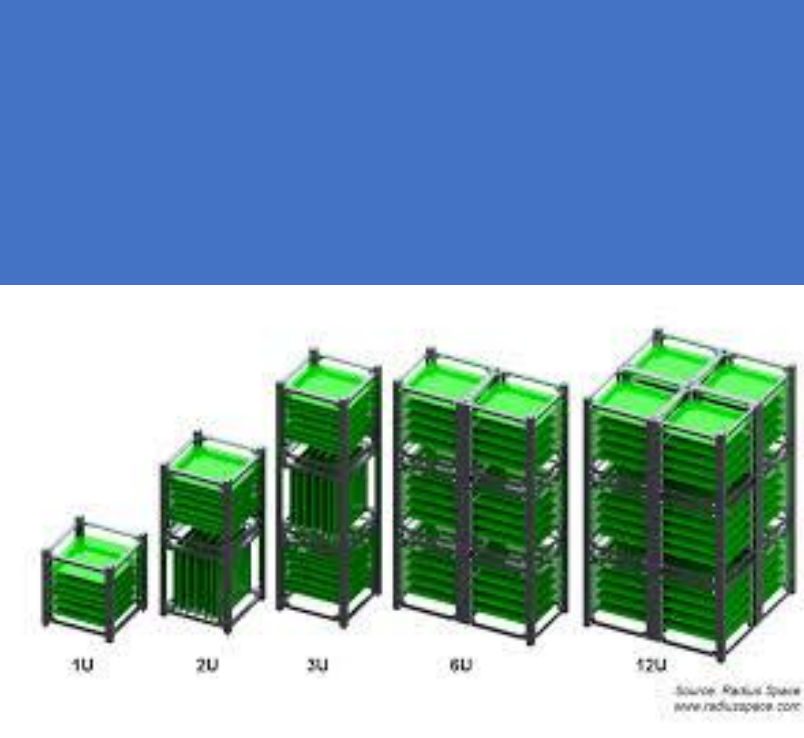
QB50

X-Cubesat

X-Cubesat fait partie du projet international QB50, mené par le laboratoire belge « Von Karman Institute for Fluid Dynamics »

Constellation de 50 nanosatellites à 400km d'altitude

Cubesats





Radioamateurisme, qu'est-ce que c'est ?

Entrez dans le monde fantastique des radioamateurs



L'émission d'amateur

Les radioamateurs ?

- L'émission d'amateur
- Quand la radio a-t-elle commencé ?
- Que peuvent faire les radioamateurs ?
- Comment se passe une liaison radio ?
- D'autres activités
- Le radioamateur, c'est aussi un sportif
- Le radioamateur au service des autres
- Combien ça coûte ?
- La radio : comment ça fonctionne ?
- À l'écoute de la radio
- Quelle langue utiliser ?
- Le radioamateurisme
- L'examen
- Quelques exemples de liaisons
- Mini lexique



L'émission d'amateur est une activité scientifique qui permet d'établir des liaisons hertziennes (radio) avec les radioamateurs du monde entier. Elle permet d'acquérir des connaissances techniques dans les domaines de la radio et de l'électronique et de développer des liens d'amitié entre amateurs de différents pays.

Mais qui est le radioamateur ?

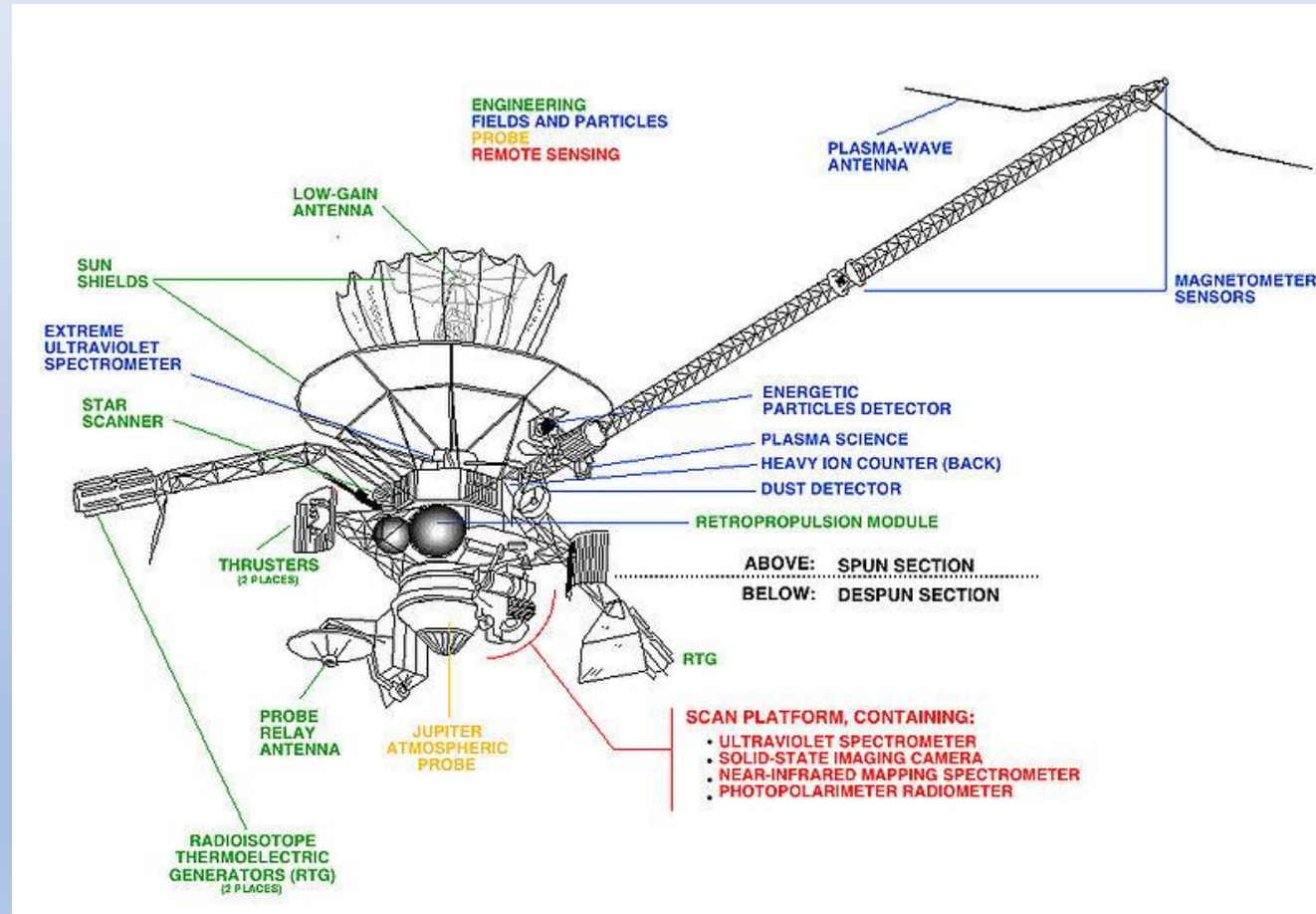
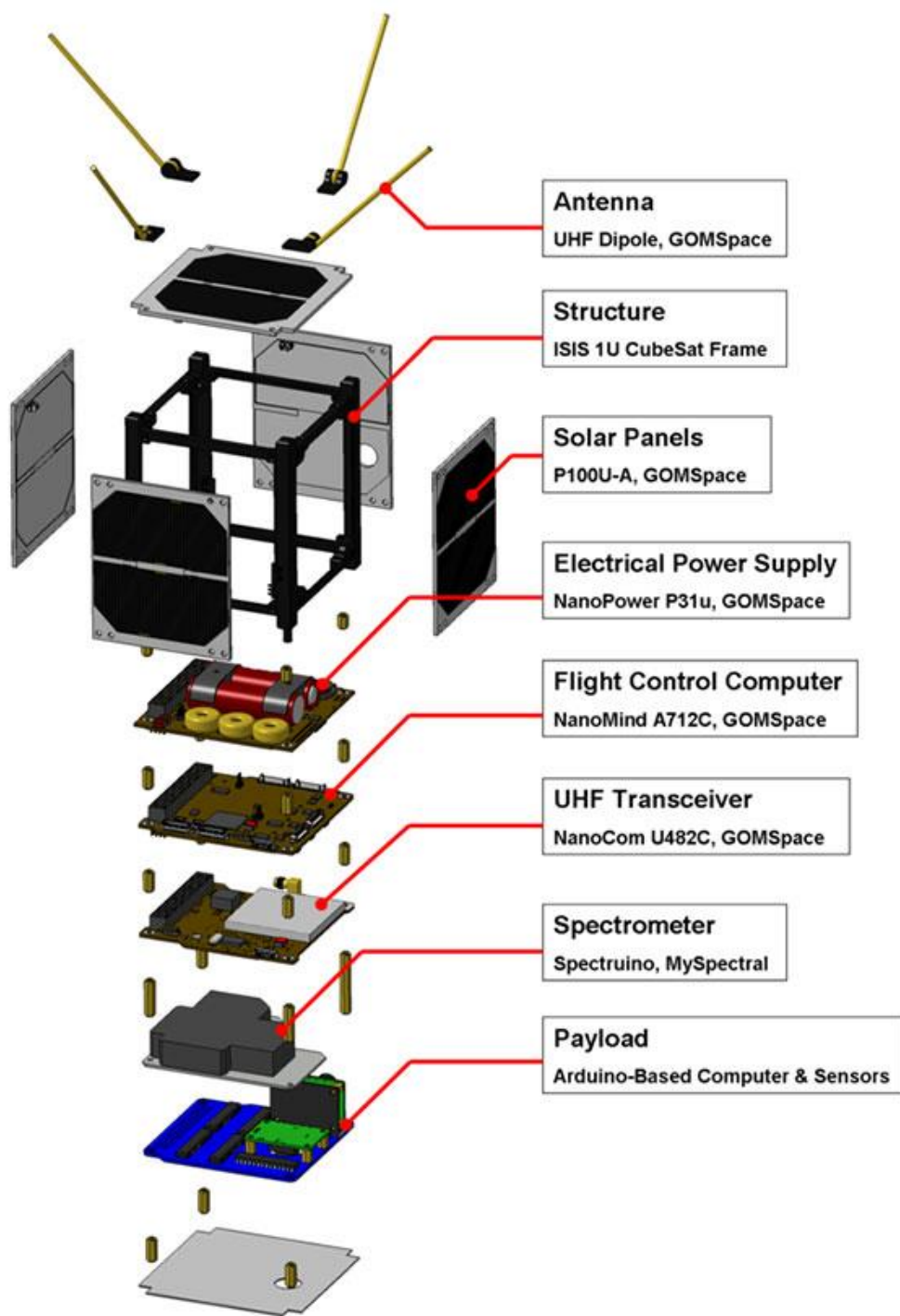
Le radioamateur est une personne qui a reçu l'autorisation officielle de communiquer par radio, avec d'autres personnes, elles aussi légalement autorisées. Ces communications se font sur les bandes de fréquences allouées par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) au service amateur et au service amateur par satellite. Le radioamateur pratique une activité à caractère technique ; ses compétences sont contrôlées et accessibles à toutes et à tous. L'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) lui délivre un certificat d'opérateur radioamateur et lui attribue un indicatif l'autorisant à exploiter les fréquences allouées par l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP).

Caractéristiques des satellites

Système autonome :

- charge utile : module technologique, scientifique
- sous-système énergie : panneaux solaires, batterie (éclipses)
- sous-système de navigation et stabilisation (capteurs, propulseurs, roues inertiels, solénoïdes...)
- Intelligence embarquée : ordinateur de bord (résistance aux rayonnements et particules)
- Moyens de communication : émetteurs, récepteurs, antennes

Caractéristiques des satellites



Différents orbites

Selon les missions :

- Orbites basse circulaires ; inclinaison sur l'équateur ; héliosynchrones
- Orbites elliptiques (Molnya)
- Orbites géostationnaire

modèles d'orbites et paramètres képlériens

NORAD;

base de donnée KELSO,

format 2 lignes NASA, format AMSAT

An example TLE for the [International Space Station](#):

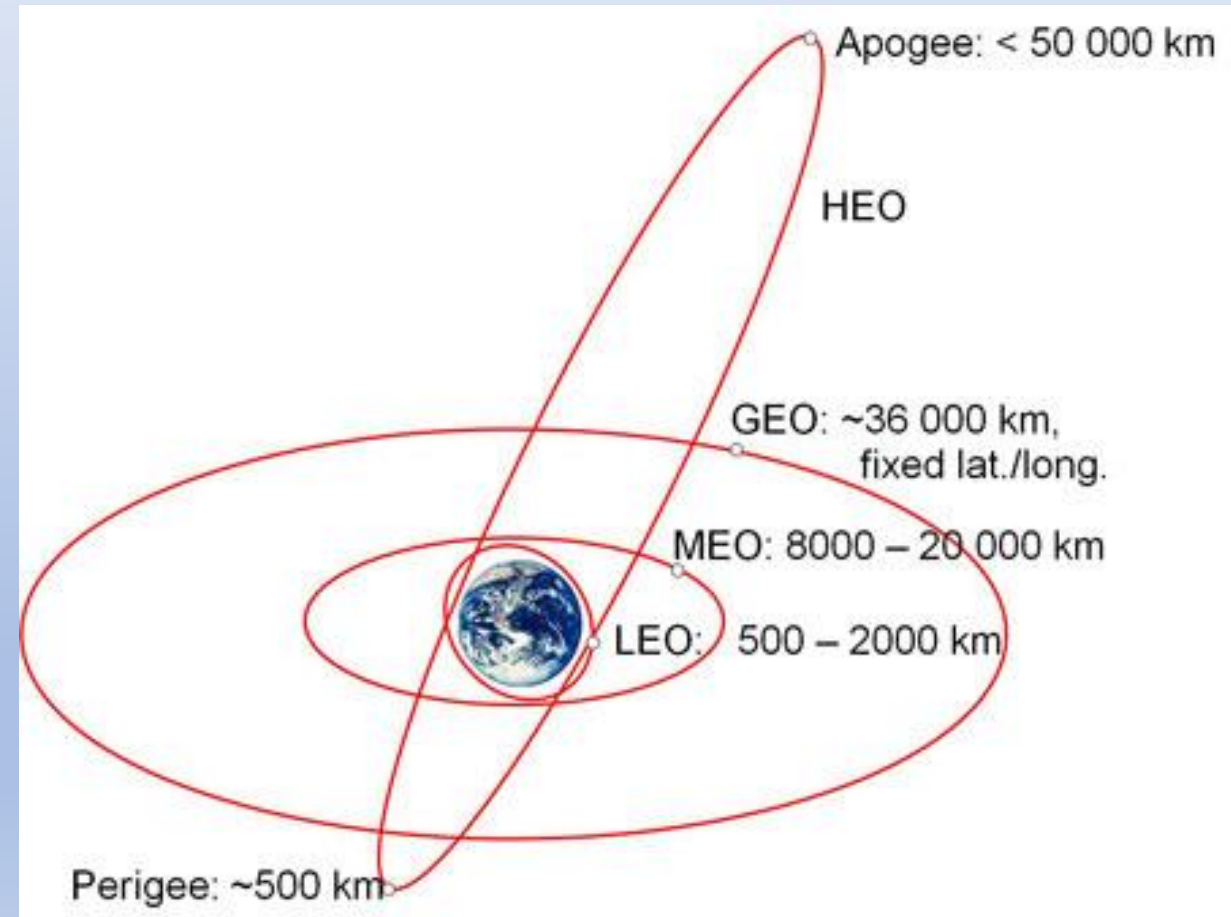
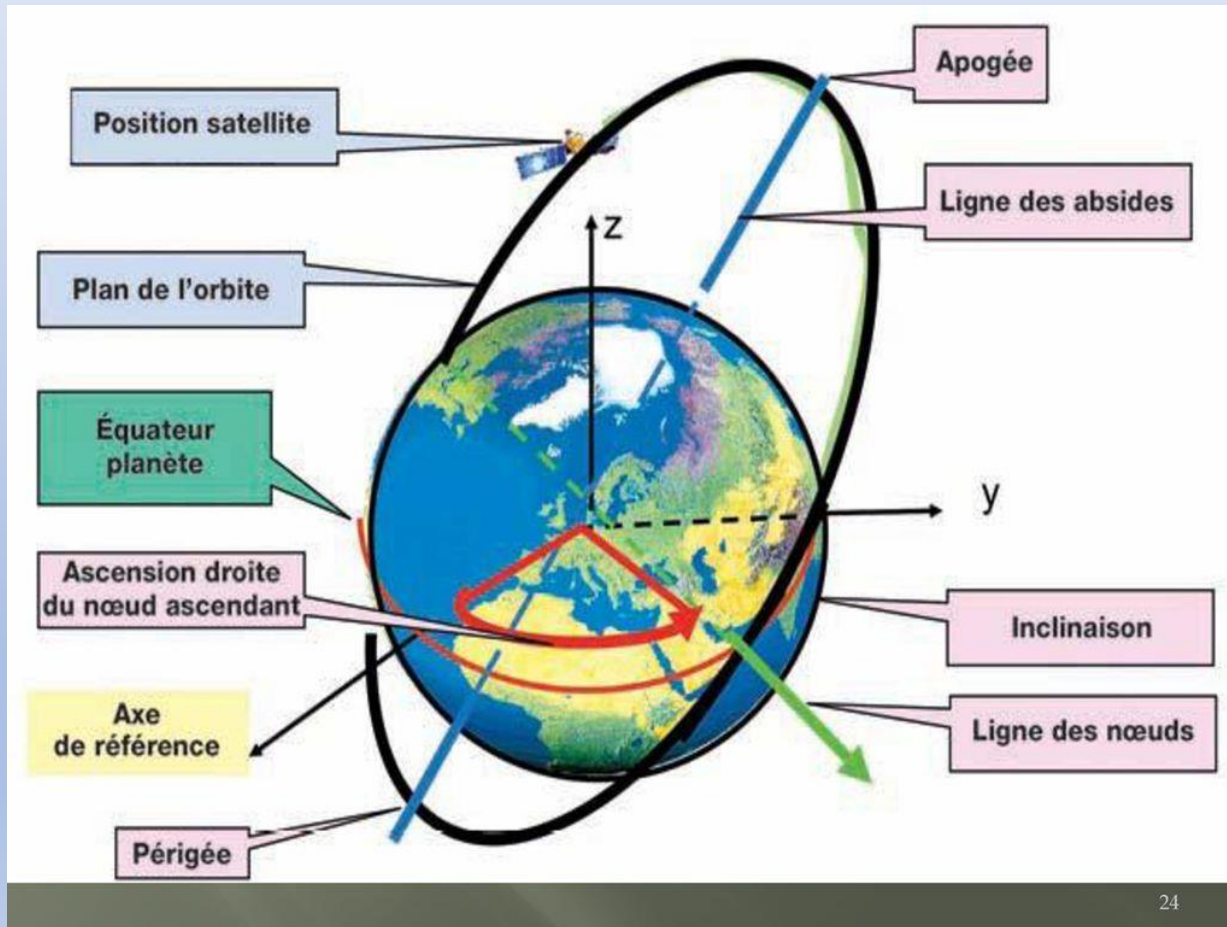
ISS (ZARYA)

```
1 25544U 98067A 08264.51782528 -.00002182 00000-0 -11606-4 0 2927
2 25544 51.6416 247.4627 0006703 130.5360 325.0288 15.72125391563537
```

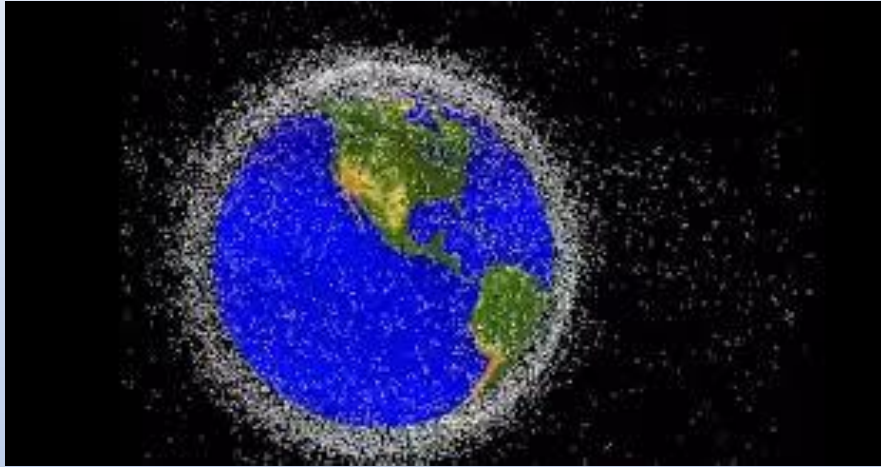
Field	Columns	Content	Example
1	01–01	Line number	2
2	03–07	Satellite number	25544
3	09–16	Inclination (degrees)	51.6416
4	18–25	Right ascension of the ascending node (degrees)	247.4627
5	27–33	Eccentricity (decimal point assumed)	0006703
6	35–42	Argument of perigee (degrees)	130.5360
7	44–51	Mean Anomaly (degrees)	325.0288
8	53–63	Mean Motion (revolutions per day)	15.72125391
9	64–68	Revolution number at epoch (revolutions)	56353
10	69–69	Checksum (modulo 10)	7



Différents orbites



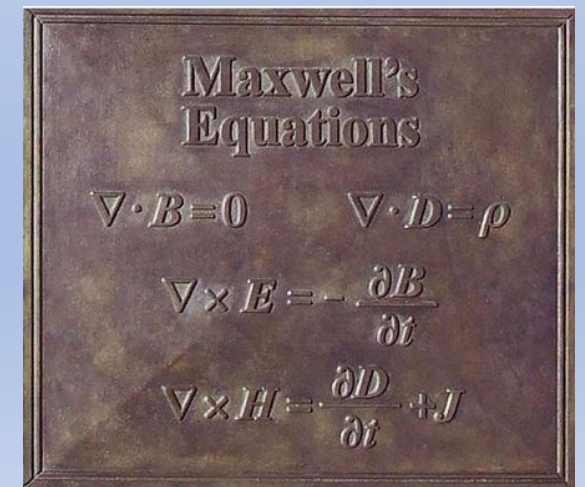
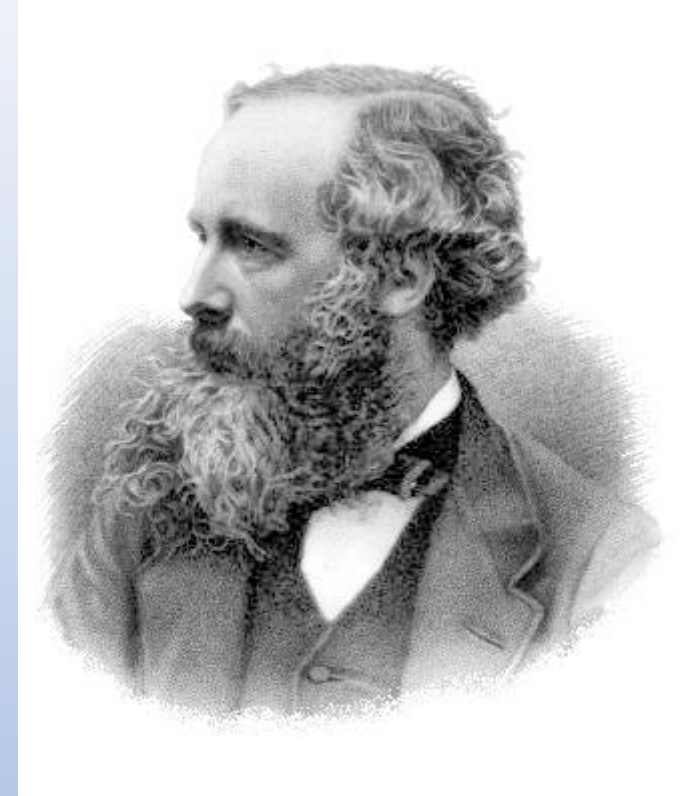
Différents orbites



Comment communiquer à distance ?

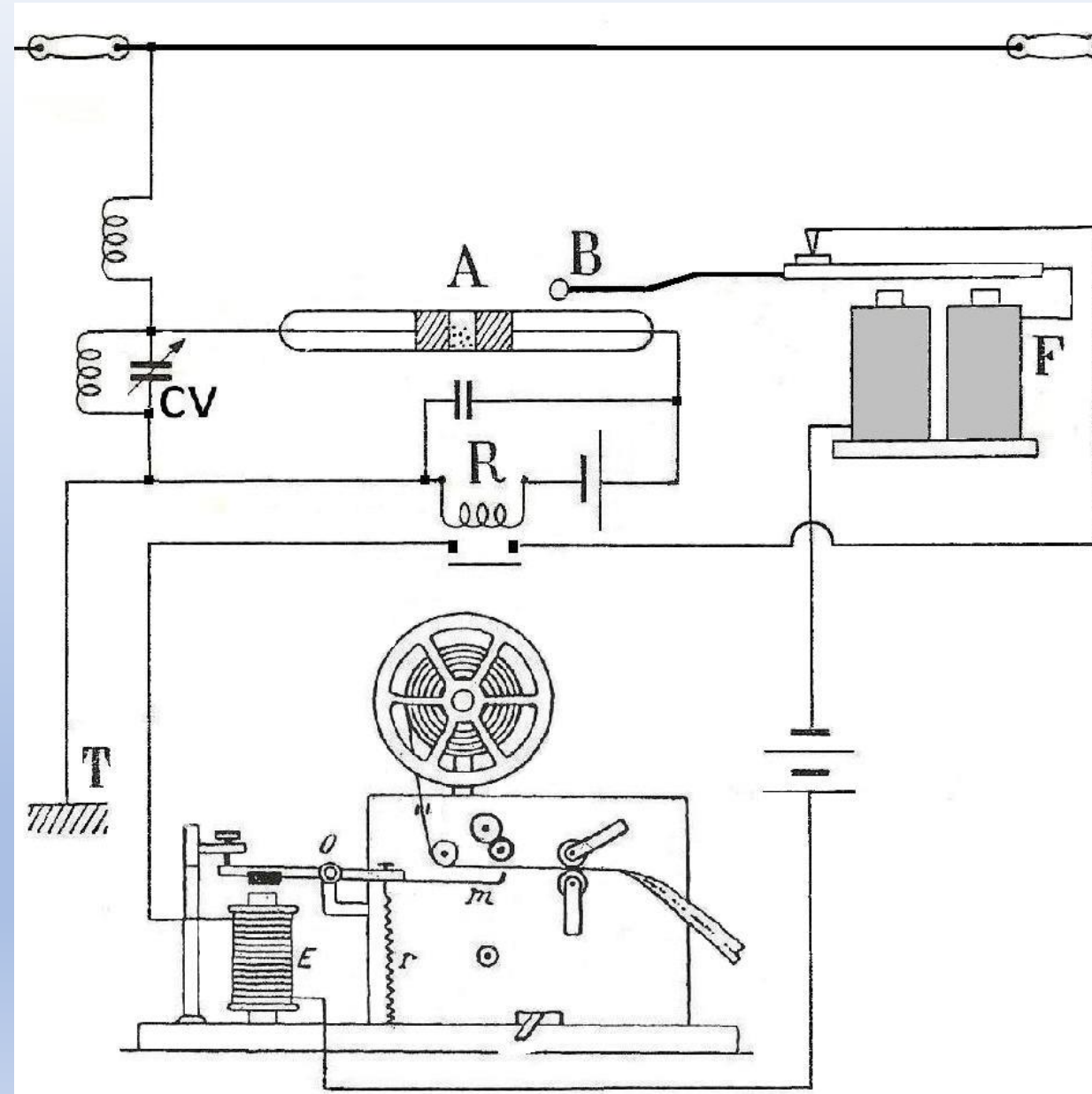
L'invention de la radio

- électromagnétisme (Maxwell) ;
- étincelles ;
- auto-induction (Helmoltz) ;
- cohéreur de Branly (limaille de fer) ;
- Hertz ;
- Marconi ;
- Tesla ;
- Popov





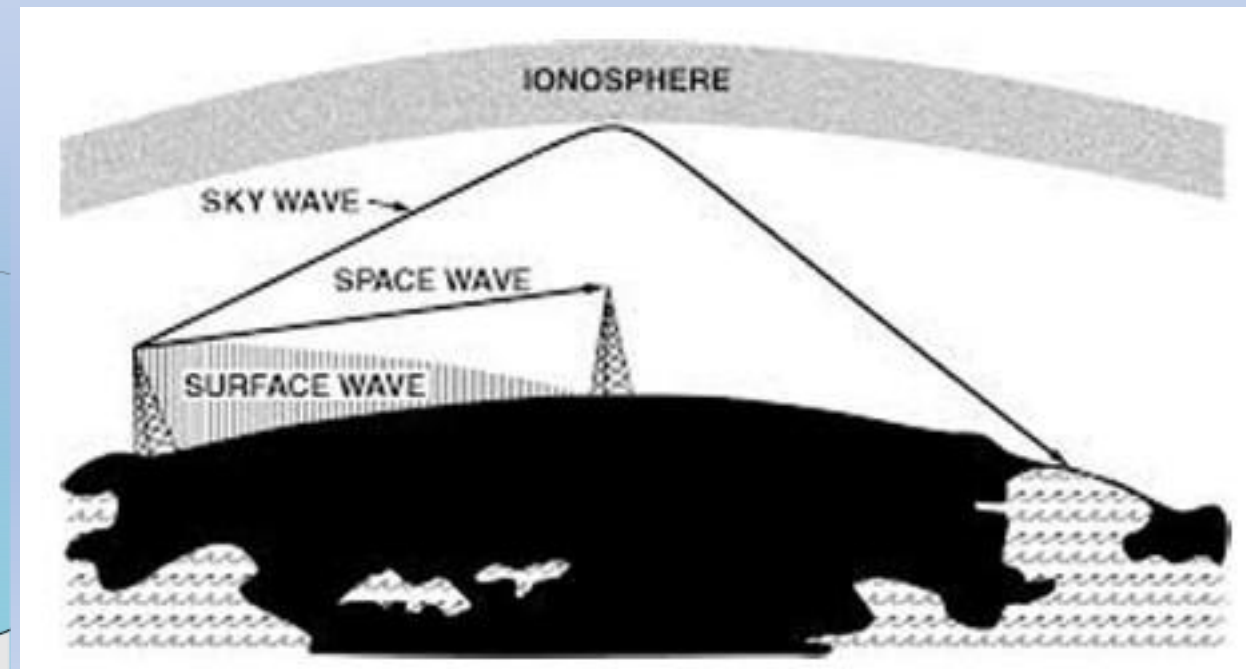
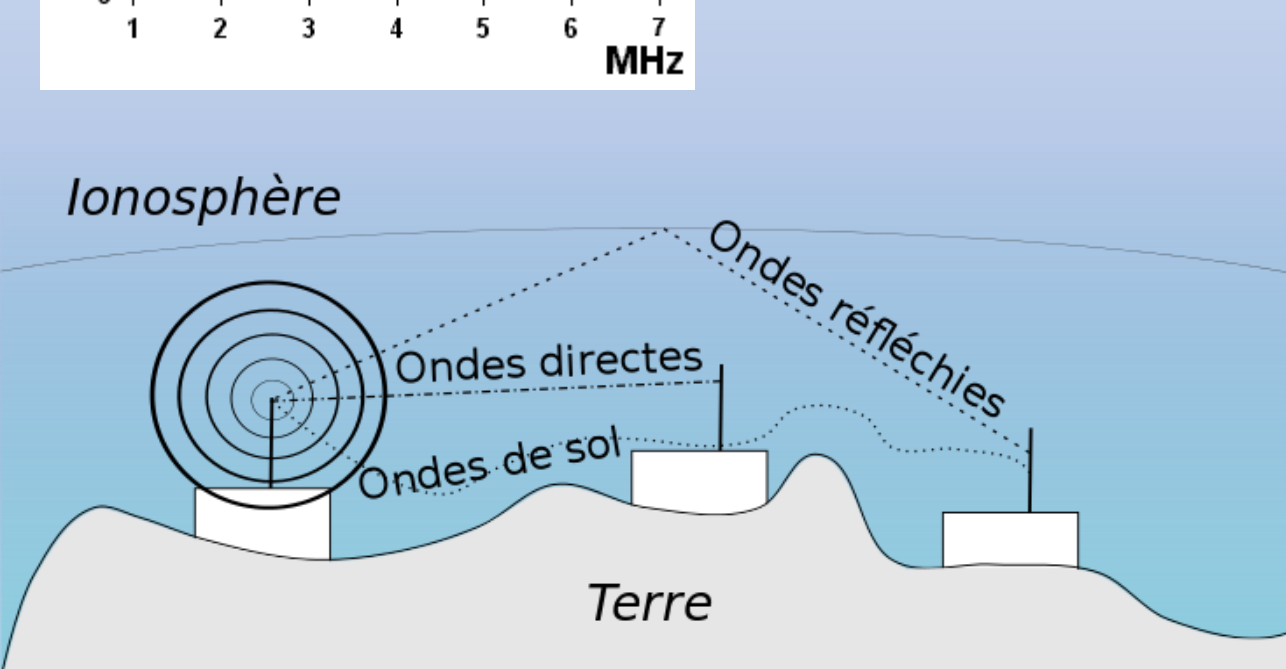
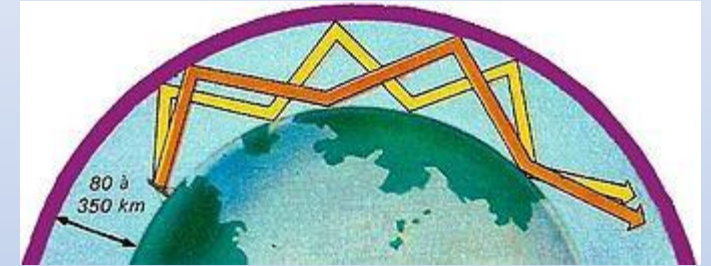
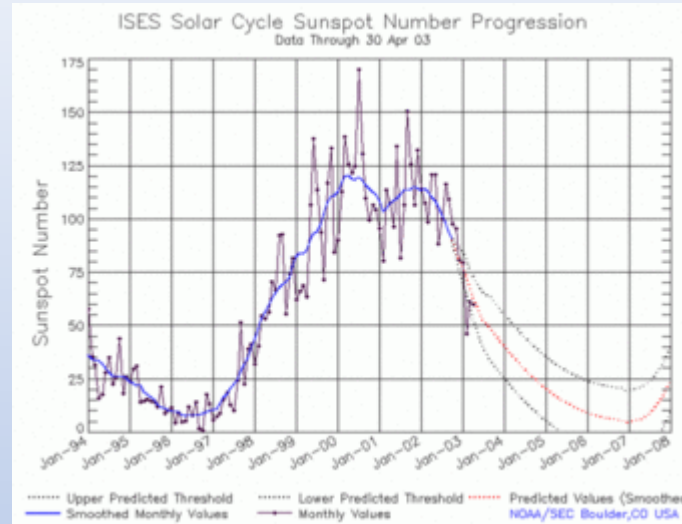
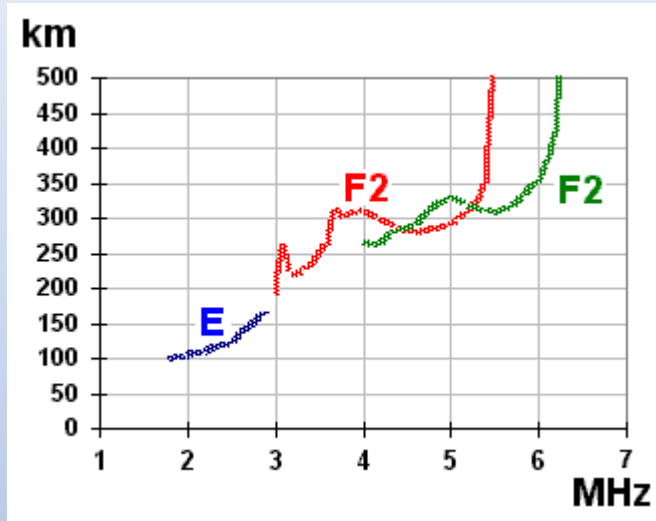
Emetteur à étincelle
Récepteur à limaille de fer



Les ondes électromagnétiques et leur propagation

- la propagation des ondes radio ; onde de sol ;
- la découverte des ondes courtes par les radiomateurs en novembre 1923,
- première liaison bilatérale transatlantique, sur 3 Mhz, réalisée entre deux amateurs, le français Léon Deloy (8AB) et l'américain Schnell (1MO).
- Découverte de la propagation par réflexion sur l'ionosphère.

Les ondes électromagnétiques et leur propagation



Bandes de fréquence allouées aux radioamateurs

en reconnaissance de leur contribution

- Première Conférence Internationale des Radiocommunications, la Sorbonne, Paris 1925;
- International Amateur Radio Union IARU - observateur
- Service radioamateur et radioamateur par satellite – définition (instruction individuelle sans but lucratif ...)
- Bandes de fréquences exclusives et partagées. 1,8 ; 3,5 ; 7 ; 14 ; 21 ; 28 ; 144 ; 435 ; 1200 MHz; 2,4 ; 5 ; 10 ... 256 GHz !
- Sous-bandes spatiales

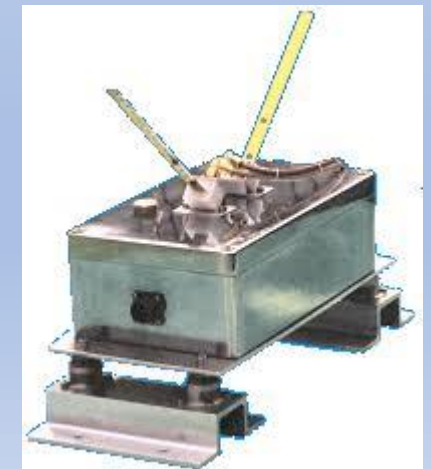
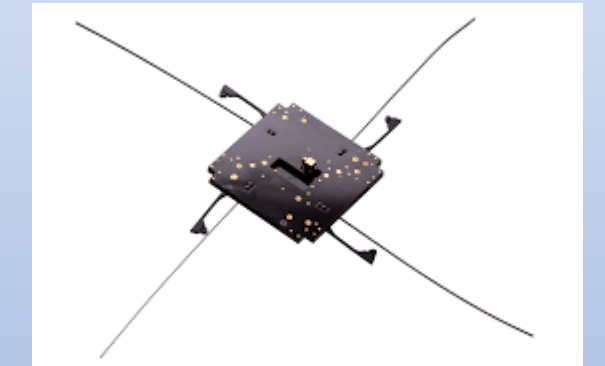
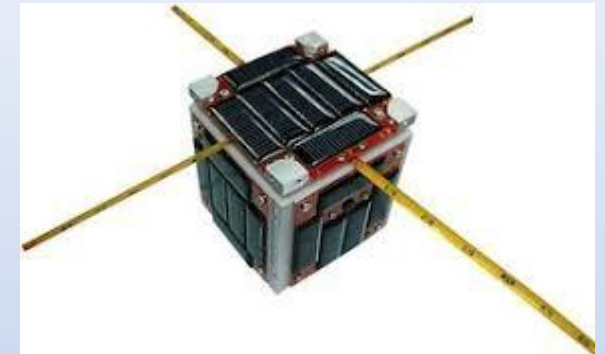
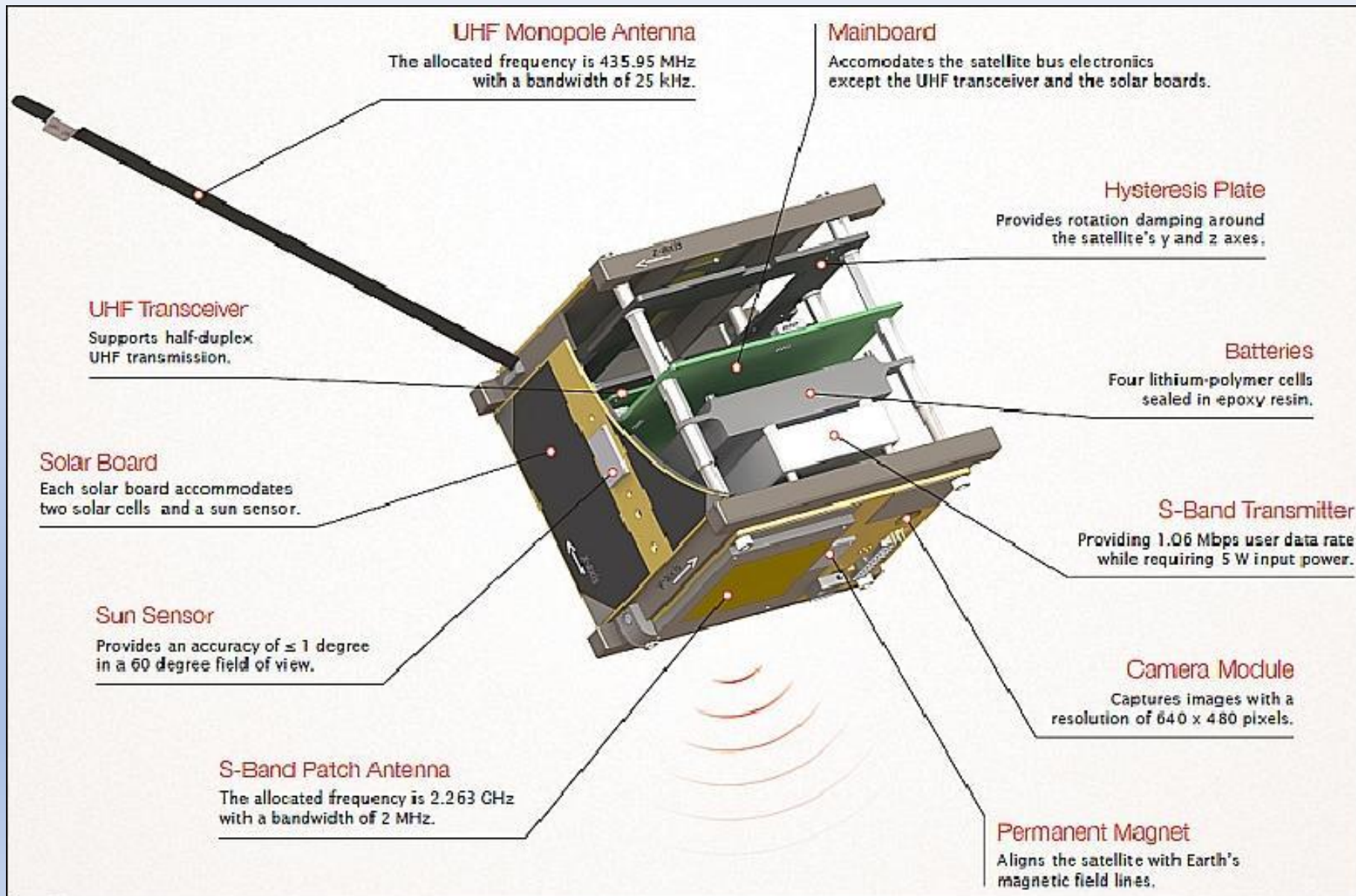
Antennes des satellite radioamateurs

- dimensions (limitée) , formes selon les fréquences ,
directivité ,polarisation souhaitée ;
- monopoles ou dipôles quarts d'ondes
- Patch ;
- Cornet ;
- hélices, paraboles ;

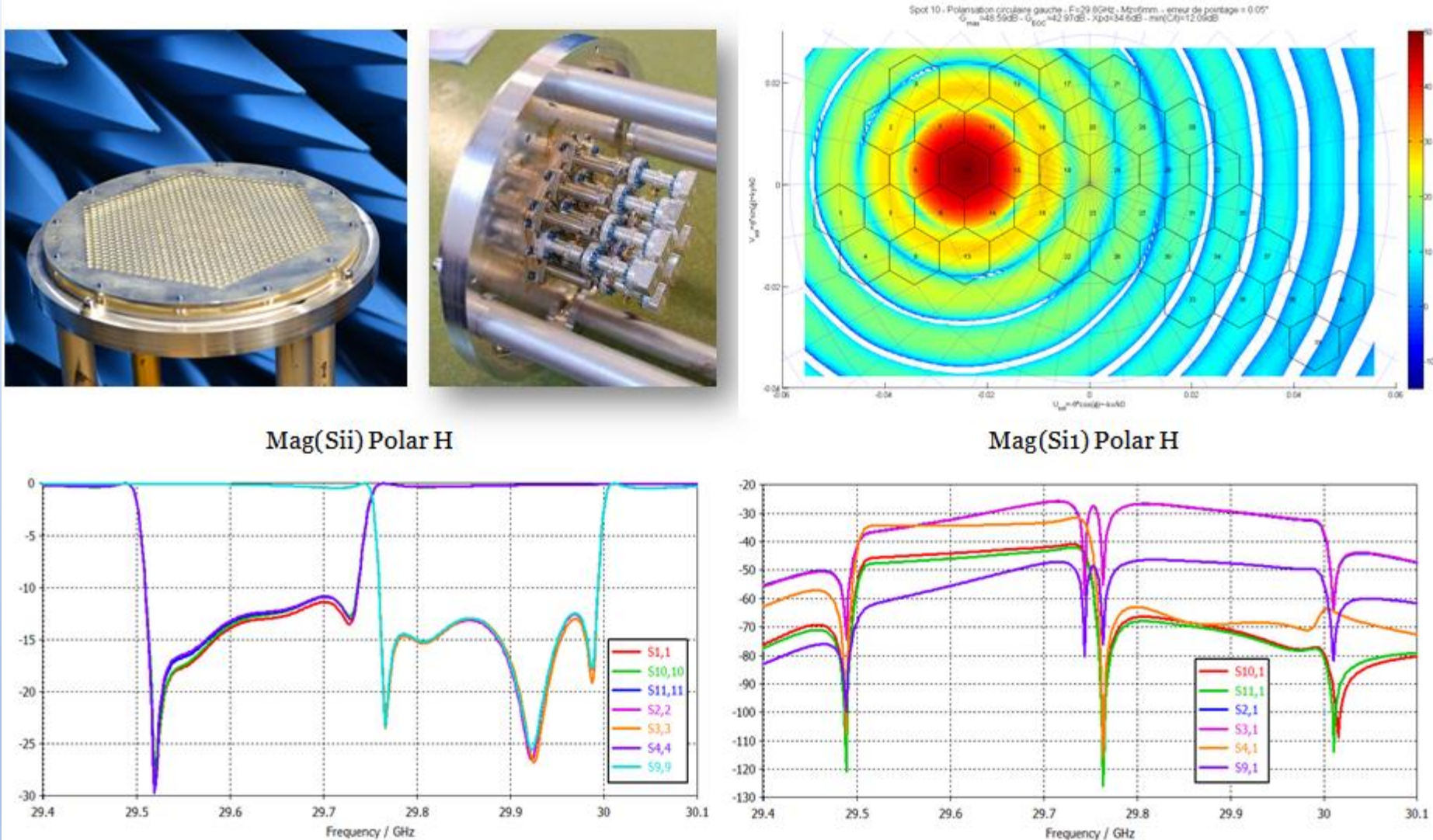
OSCAR 1 (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio) :
antenne mètre ruban de charpentier ;

OSCAR 0 : Lune (affaiblissement du signal -262 dB à 435 MHz)

Antennes des satellite radioamateurs



Antennes des nano et pico satellites



Antenne ultra-compacte bande X pour une application sur plate-forme Cubesat réalisant un rayonnement quasi-isoflux en polarisation circulaire

La station sol

UHF / VHF / Satellite

Meine Station besteht aus folgenden Komponenten:

2x12 Elemente X-Quad für 2m
2x18 Elemente X-Quad für 70 cm

2x10 Elemente WIMO Kreuzyagi WX220 2m
2x20 Elemente MASPRO Kreuzyagi 70cm

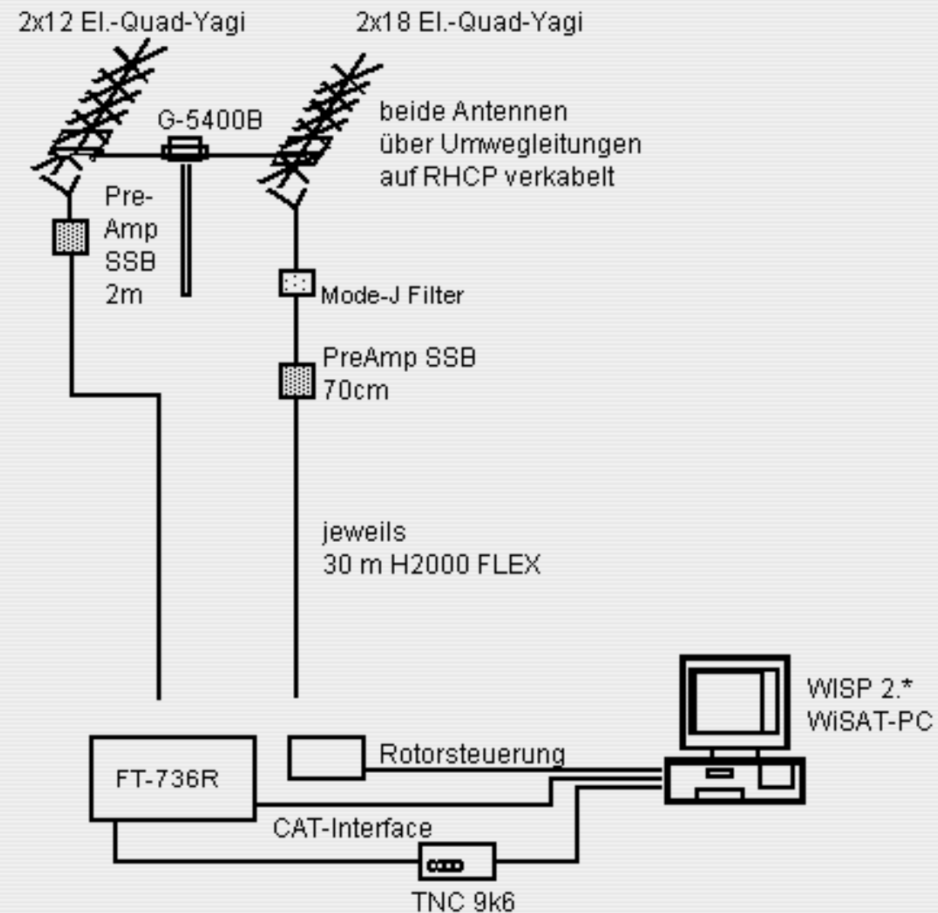
Vorverstärker SP-2000
(0,8dB NF, 20dB von SSB elektronik)
Vorverstärker SP-7000
(0,9 dB NF, 20 dB von SSB elektronik)

Mode-J-Filter (AMSAT-DL)

YAESU Rotor G-5500 mit FT-736R mit CAT-Interface
und ZF-Demodulator für 9k6
Rotorsteuerung über FoxDelta ST-1 Interface
Steuerung mit dem Program WISAT-PC V.12.8 von DK1TB

TNC-2C (1k2 und 9k6-G5RUH) von Landolt

SOFTWARE

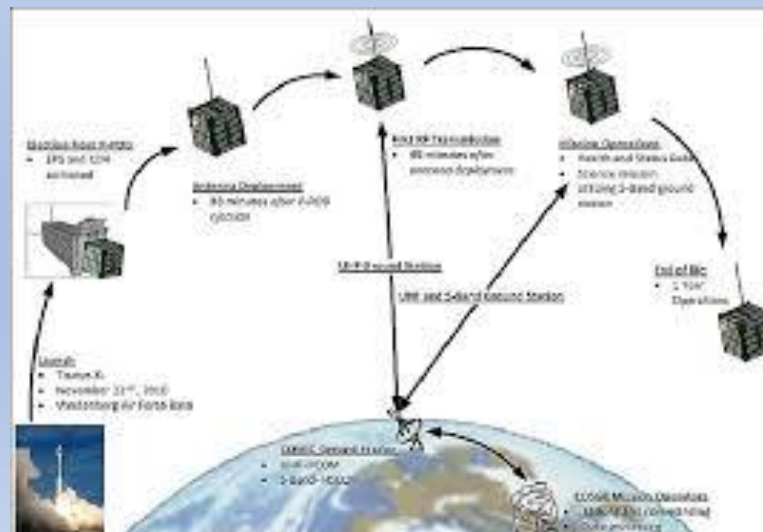
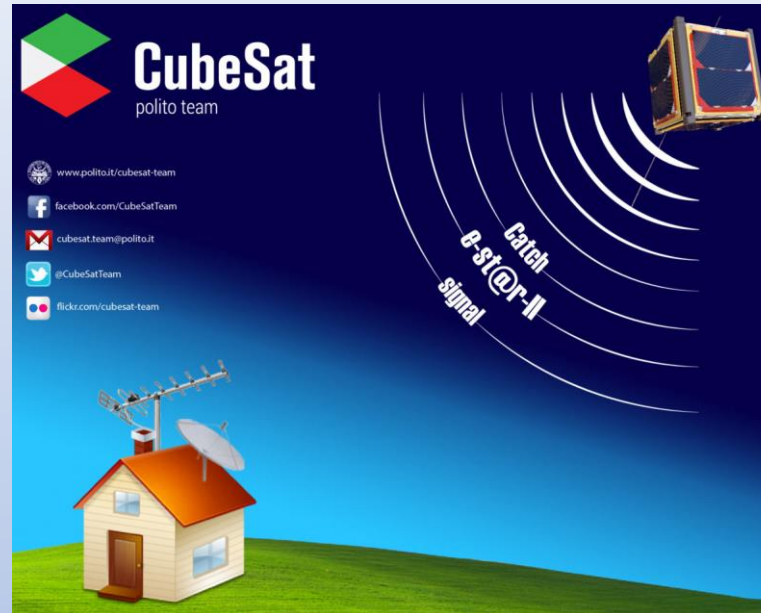


Antennes station sol

- pas de limite de dimension : gain, directivité ;
- antennes directionnelles ; yagi
- antennes hélices ;
- antennes paraboliques ;

Polarisation linéaire ou circulaire

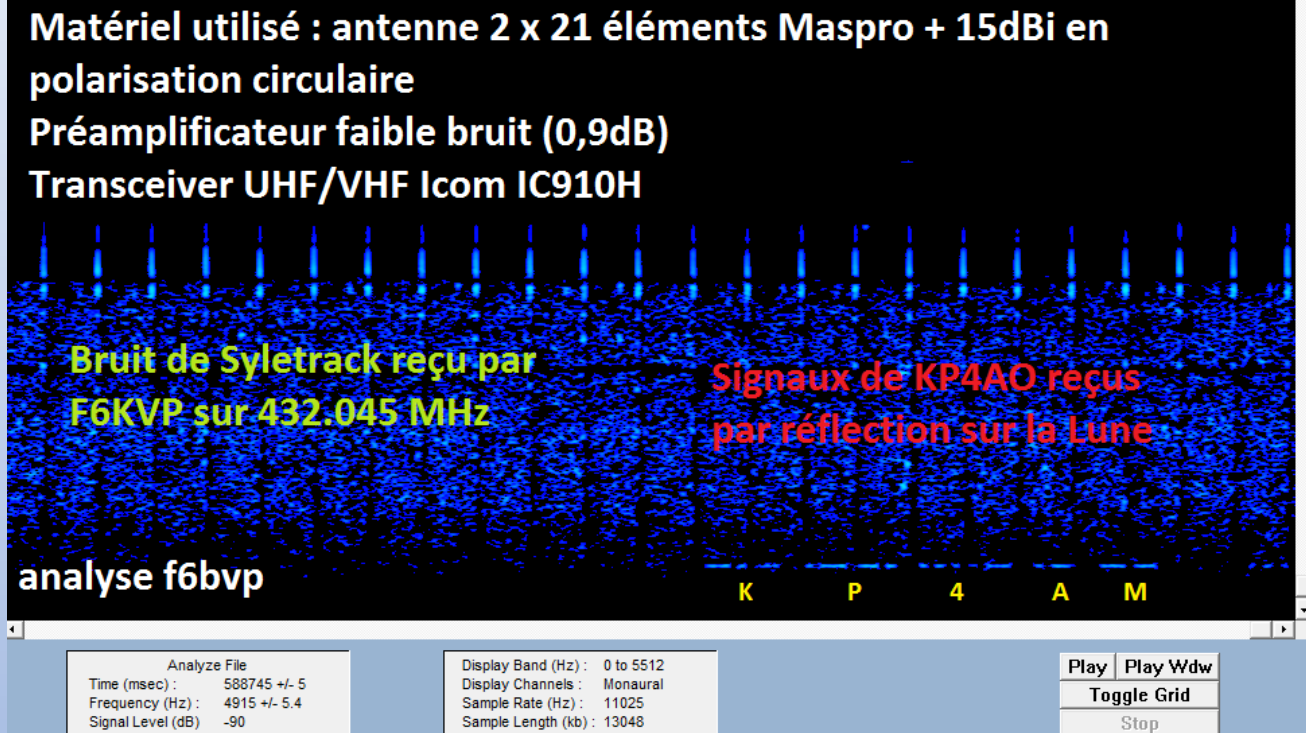
Antennes station sol





Earth Moon Earth

KP4AO – F6BVP via OSCAR 0



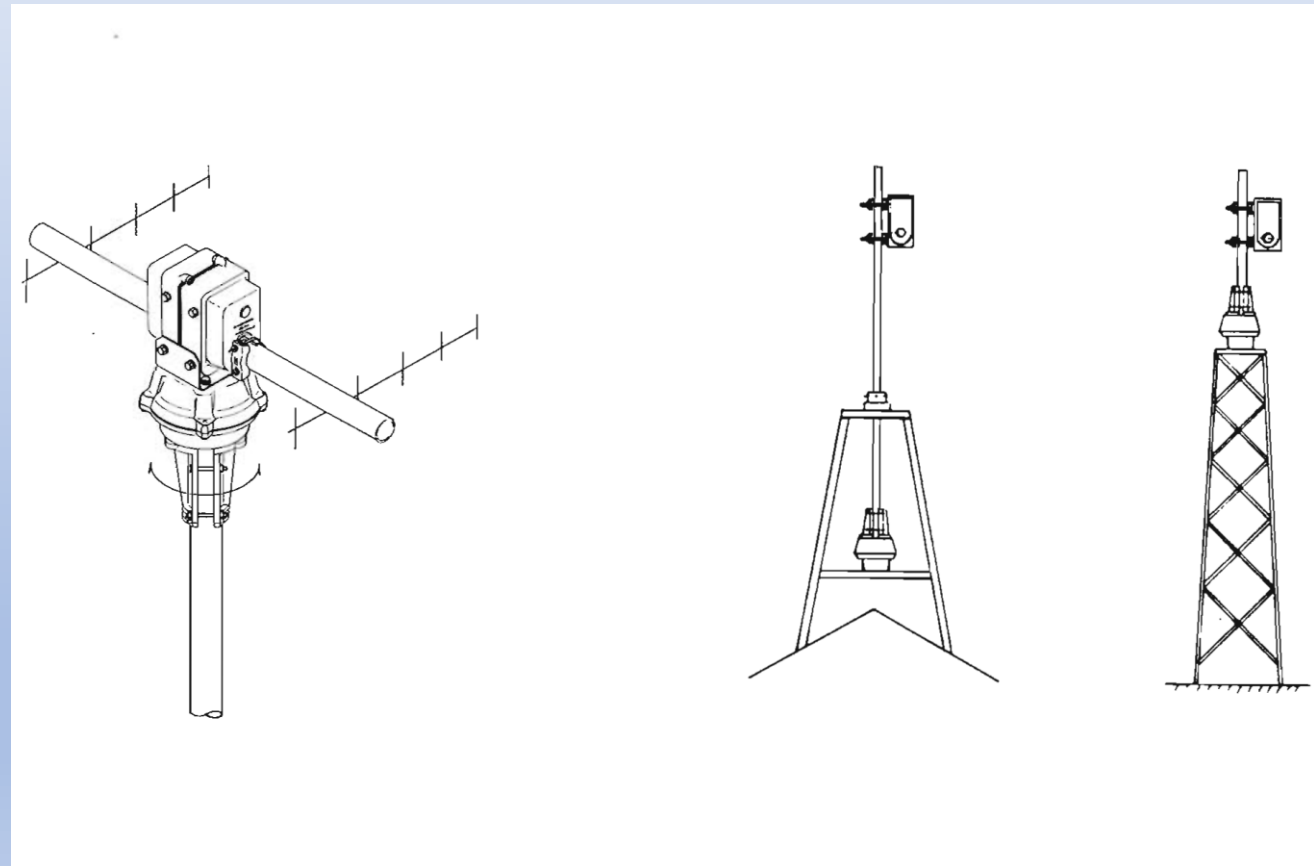
Radiotélescope Arecibo

KP4AO

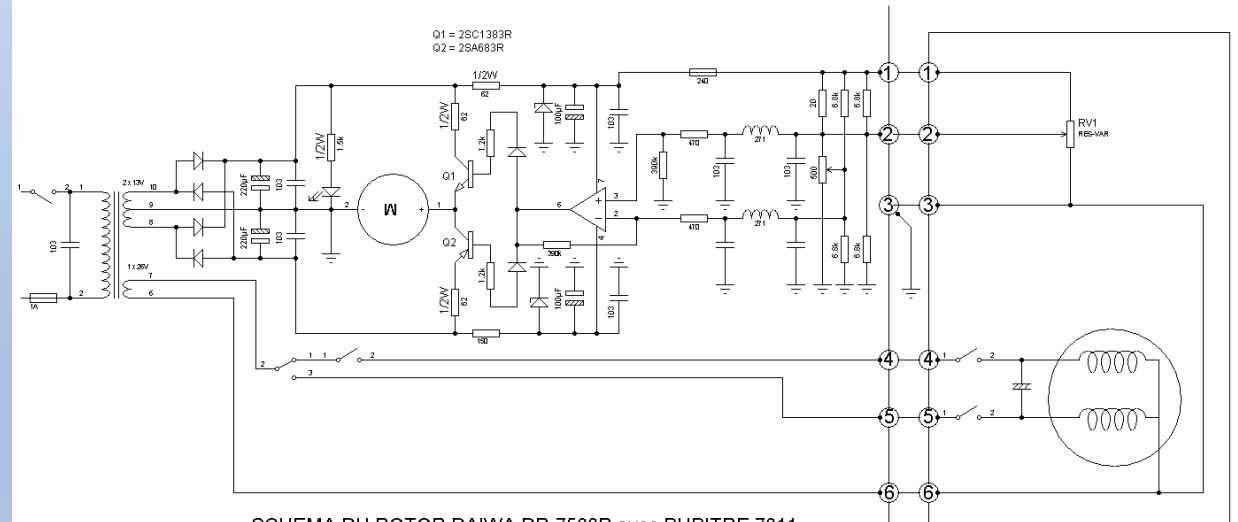
diamètre 300 m ; gain 60 dB sur 435 MHz

Poursuite des satellites – orientation des antennes

- Trajectoire apparente des satellites par rapport au sol
- Moteur de site et moteur d'azimut – asservissement – lecteur de position
- boîtier de commande

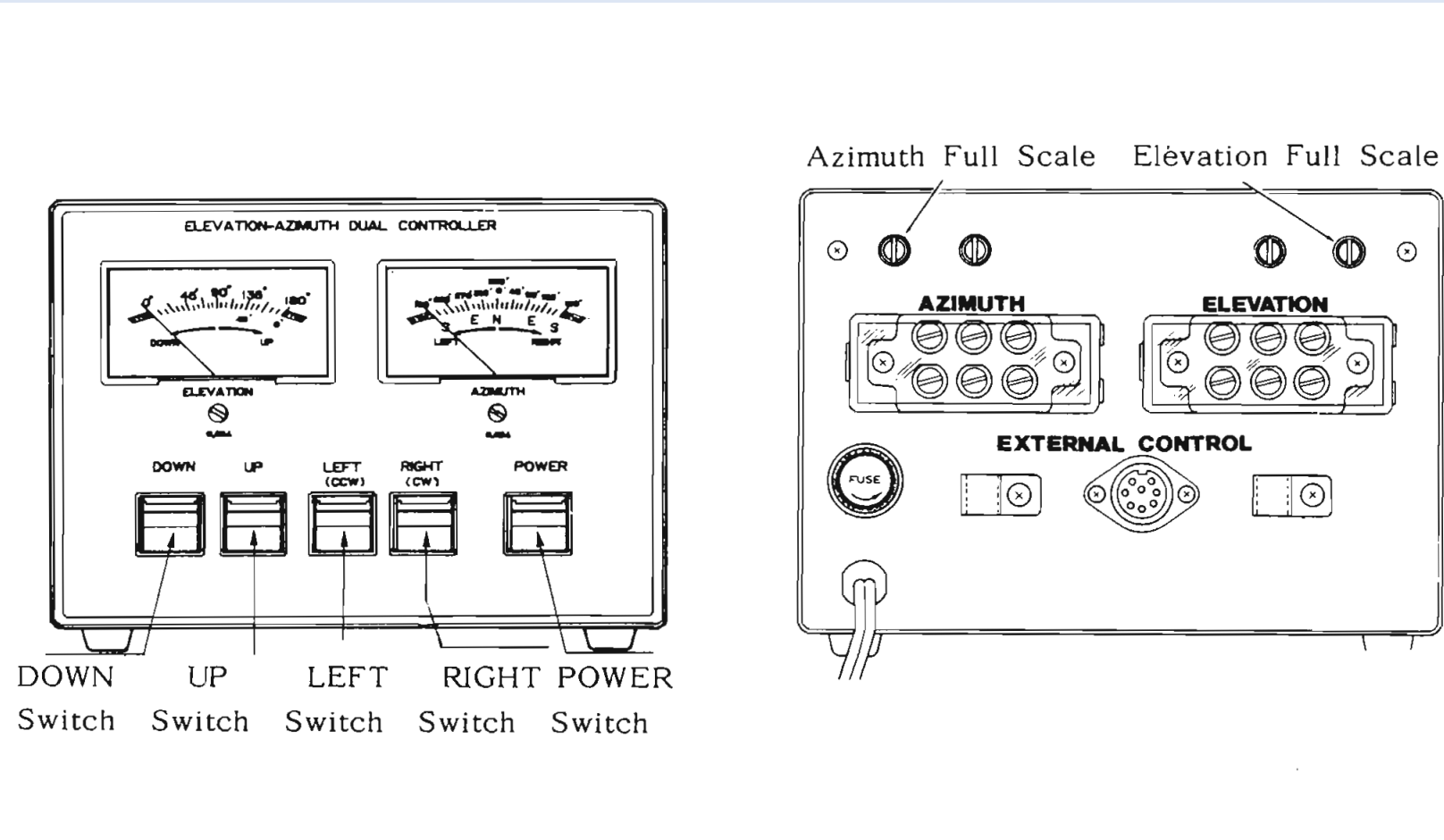


Asservissement moteurs de site et d'azimut



SCHEMA DU ROTOR DAIWA DR-7500R avec PUPITRE 7011

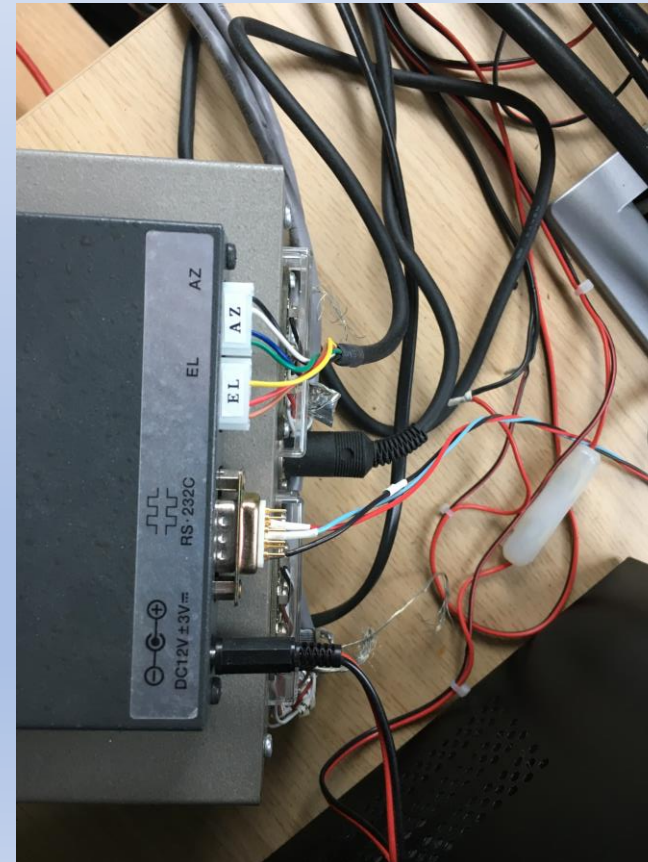
Boîtier de controle Az-El moteurs antennes



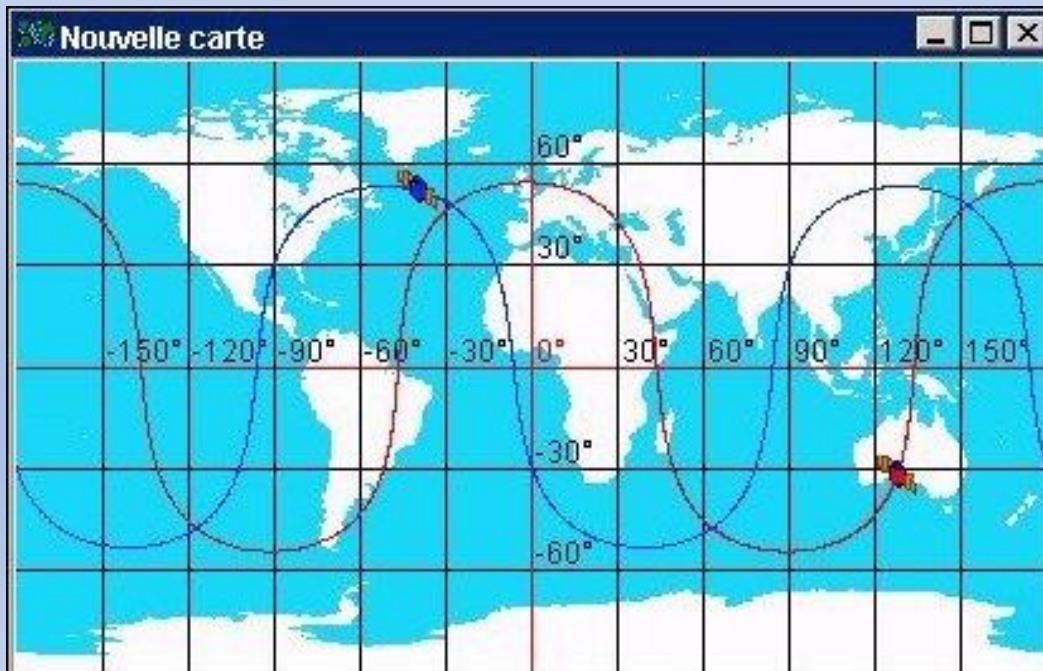
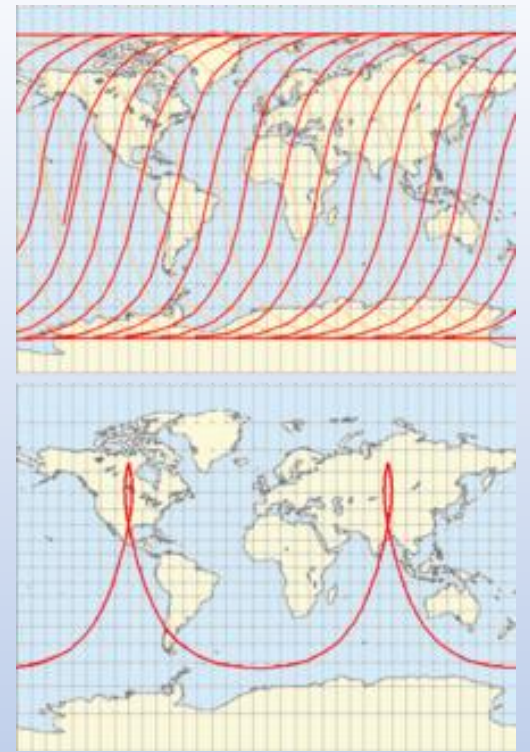
Boîtier de controle Az-El moteurs antennes



Boîtier interface de commande numérique Az-El



Empreinte orbites sous le satellite



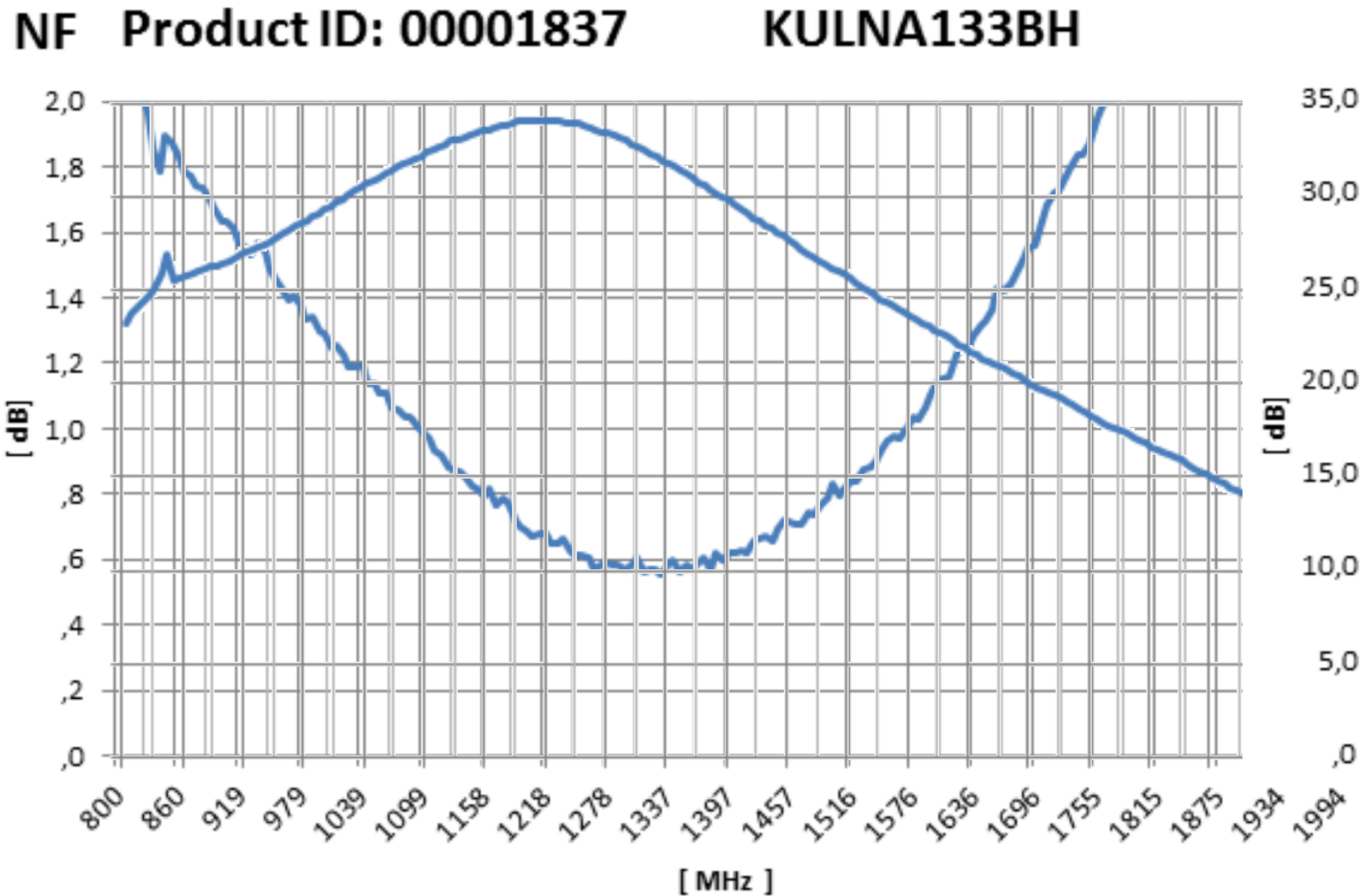
Nécessité d'un préamplificateur (Low Noise Amplifier, LNA)

- amplifier le signal recueilli par l'antenne (fraction de μV) avant de le transporter vers le récepteur (perte dans le cable coaxial);
- situé au plus près de l'antenne ;
- gain (dB) ;
- facteur de bruit intrinsèque (dB) ;
- relai de commutation pour passage en émission

Low Noise Amplifier, LNA



Low Noise Amplifier, LNA



Câbles coaxiaux

- impédance adaptée à celle de l'antenne (50 Ohms)
- atténuation en fonction de la fréquence ; diamètre du câble, nature du blindage ; longueur ;
- alimentation du préampli et du relai de passage en émission par injecteur tension continue dans câble d'antenne

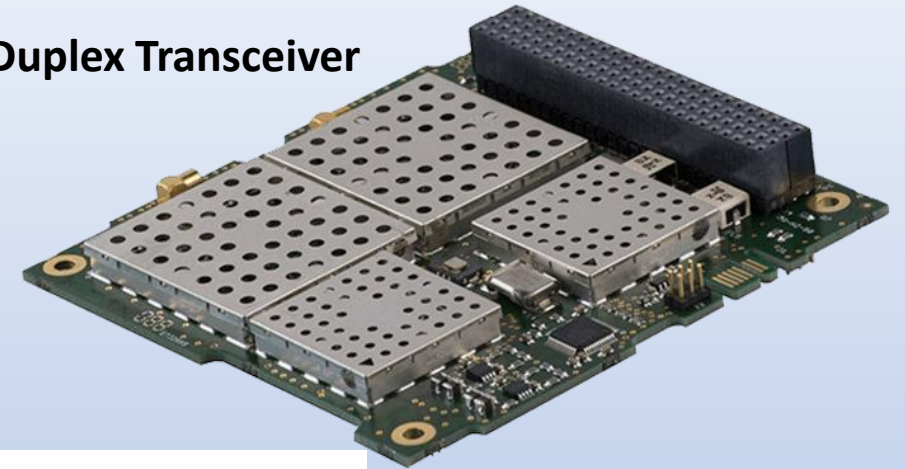
Emetteur – récepteur du satellite

- fréquences uniques fixes ou transpondeur linéaire à large bande ;
- Picosats comme X-Cubesat utilisent sous-bandes spatiales allouées aux amateurs sous conditions ;
- Avantages : gratuité fréquences ; aide des radioamateurs pour collecte des télémesures tout autour du globe ;
- Bandes les plus utilisées : VHF 145,800-146 MHz ; UHF 435 MHz ; SHF 2,4 GHz ; 10 GHz

Emetteur – récepteur du satellite



ISIS UHF uplink/VHF downlink Full Duplex Transceiver



ISIS High Data Rate S-Band Transmitter

Emetteur récepteur VHF - UHF – SHF radioamateurs

- les appareils radioamateur sont mixtes : émetteurs et récepteurs (TRANSmitter – reCEIVER= TRANSCEIVER); TX ; RX ; TRX ;
- couvrent les bandes VHF ou UHF ou les deux simultanément.
Mode satellite (couplage inverse fréquences) ;
- Coûts très largement inférieurs aux appareils professionnels ;
- utilisation de convertisseurs ou transverters pour les bandes supérieures (changeurs de bandes) : ex. : 2,4 GHz – 144 MHz
- possibilité utilisation et modification de matériels commerciaux (LNA, récepteurs de TV satellites, antennes paraboliques satellites) ;

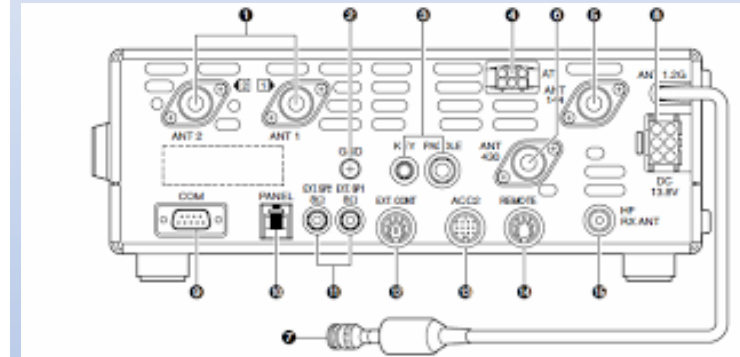
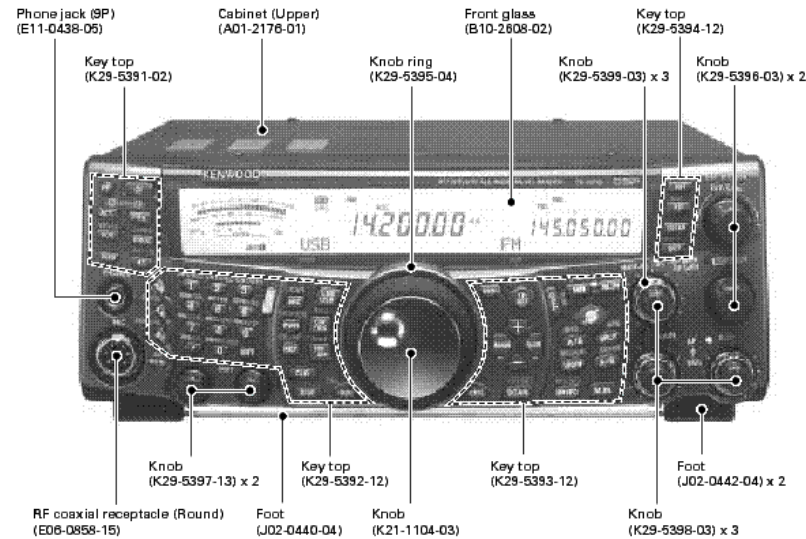
Emetteur récepteur VHF - UHF – SHF radioamateur



ALL MODE MULTI-BAND TRANSCEIVER TS-2000/X SERVICE MANUAL

KENWOOD

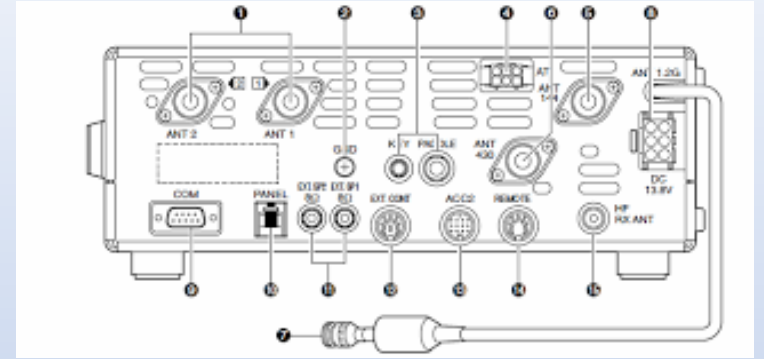
© 2000-12 PRINTED IN JAPAN
B51-8558-00 (N) 889



CONTENTS

CIRCUIT DESCRIPTION	2	DISPLAY UNIT (X54-3320-00)	151
DESCRIPTION OF COMPONENTS	24	CONTROL UNIT (X53-391X-XX)	155
SEMICONDUCTOR DATA	34	TX-RX 1 UNIT (X57-605X-XX)	169
PARTS LIST	51	TX-RX 2 UNIT (X57-606X-XX)	186
EXPLODED VIEW	93	TX-RX 3 UNIT (X57-6070-00)	209
PACKING	97	BLOCK DIAGRAM	223
ADJUSTMENT	98	LEVEL DIAGRAM	229
TERMINAL FUNCTION	124	MC-52DM	233
WIRING	133	UT-20	235
PC BOARD VIEWS / CIRCUIT DIAGRAMS		RC-2000	235
FILTER UNIT (X51-315X-XX)	135	ARCP-2000	235
FINAL UNIT (X45-360X-XX)	137	SPECIFICATIONS	236

Emetteur récepteur VHF - UHF – SHF radioamateur



Emetteur récepteur VHF - UHF – SHF radioamateur



Effet Doppler

- glissement de la fréquence apparente sur fréquence montée vers satellite VHF et en descente UHF
- dépend de la vitesse du satellite par rapport à la station sol et de la fréquence ; +/- 3KHz en UHF orbite basse ;
- nécessité de corriger les glissements de fréquence à la station sol pour rester centré sur les fréquences du satellite ;
- Effet Doppler calculable en fonction de l'orbite de chaque satellite par le logiciel de poursuite ; pilote TRX en fréquence

Logiciels de poursuite

- ordinateur de la station sol (Windows, Linux) ;
- logiciels de poursuite commerciaux ou libres le plus souvent (Predict; Gpredict);
- paramètres d'entrée : éléments képlériens 2 lignes NASA avec mise à jour récente;
- horloge station sol synchronisée par Internet ou GPS ;
- calcul temps réel ou dans tables de la direction du satellite en Site et Azimut ;
- pilotage en fréquence du TRANCEIVER = fréquences +/- Doppler ;

Modèle SGP4

moyen mouvement et excentricité

le moyen mouvement, exprimé en révolutions par jour (paramètre 2.8) et l'excentricité (paramètre 2.5) fixent la taille et la forme de l'ellipse,

noeud ascendant, inclinaison et position du périgee

le noeud ascendant (paramètre 2.4), l'inclinaison (paramètre 2.3) et la position du périgee (paramètre 2.6) positionnent l'ellipse dans l'espace,

anomalie moyenne

l'anomalie moyenne positionne l'objet sur l'orbite.

l'instant de la mesure

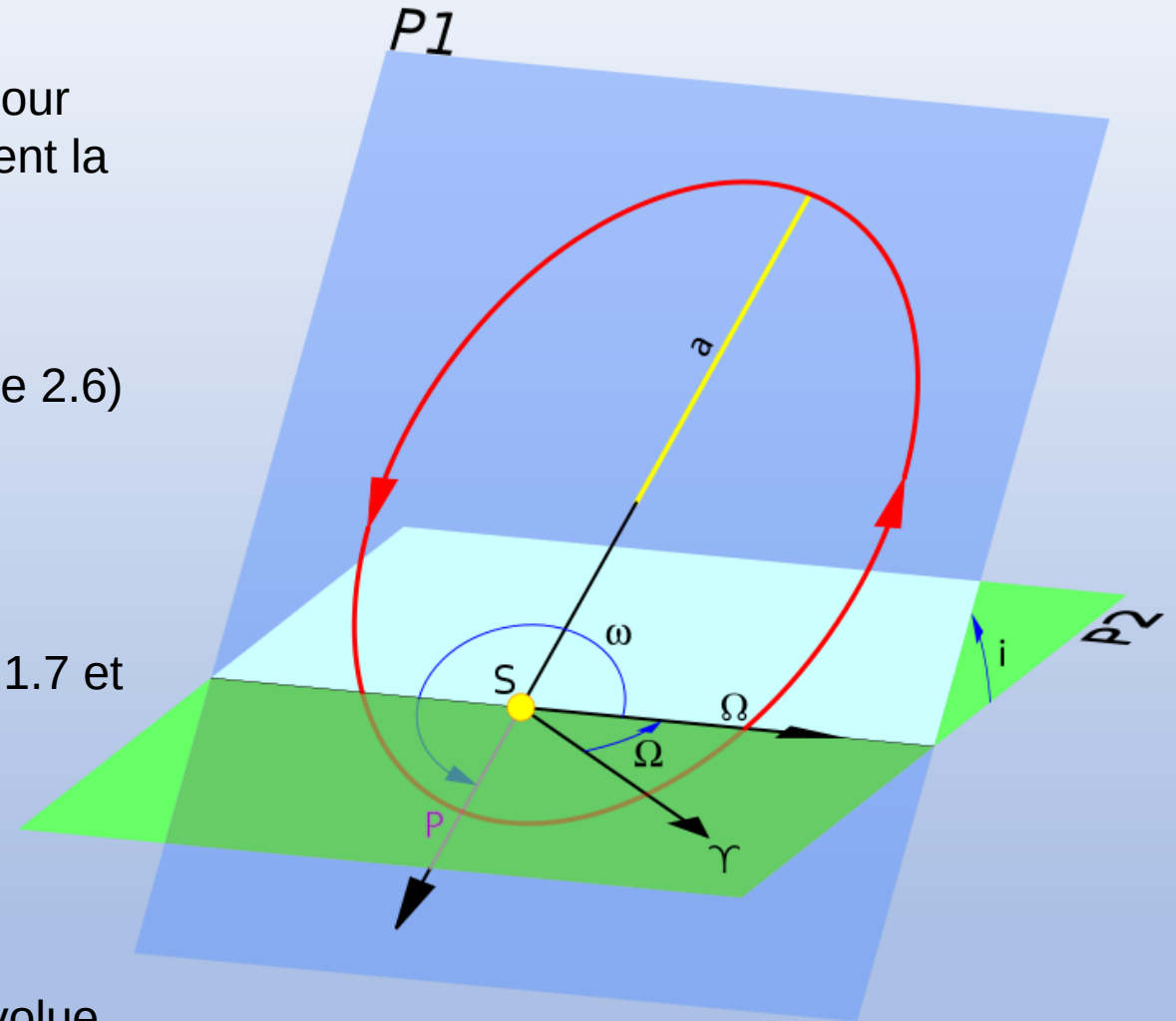
année, jour et partie décimale du jour (paramètres 1.7 et 1.8)

D'autres paramètres affinent le modèle

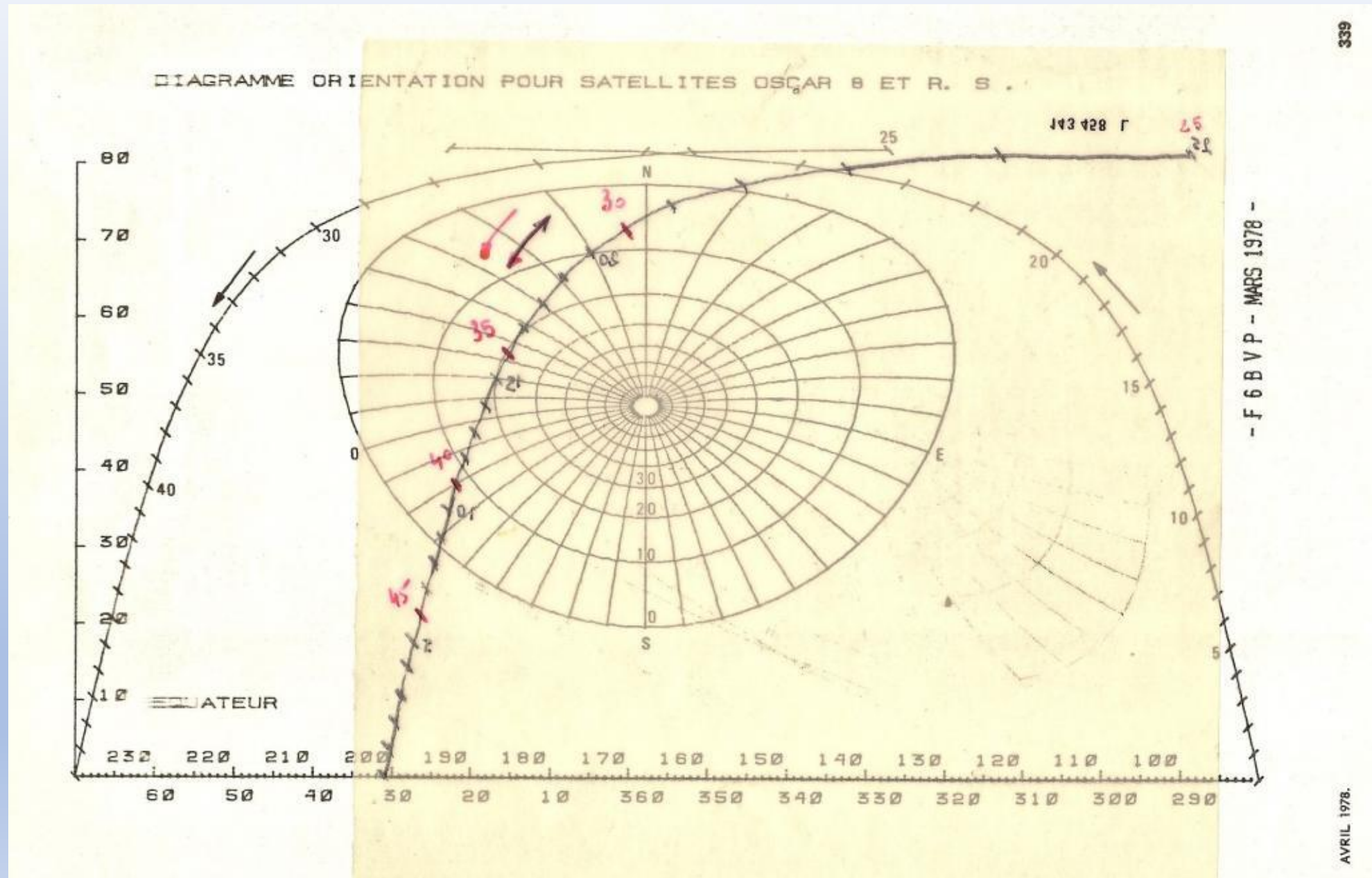
coefficient de traînée
(paramètre 1.11)

les dérivées première et seconde de la vitesse

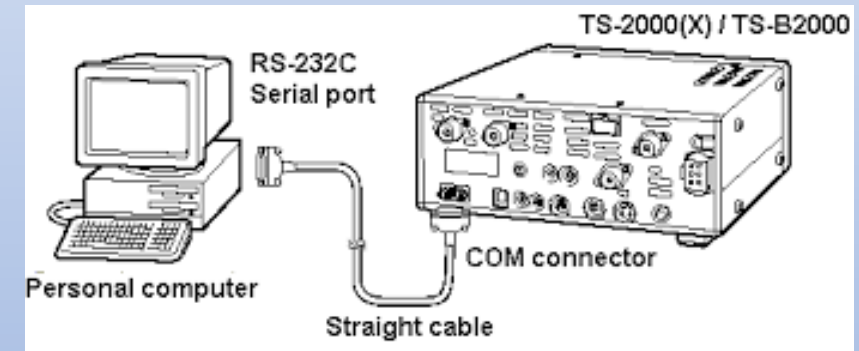
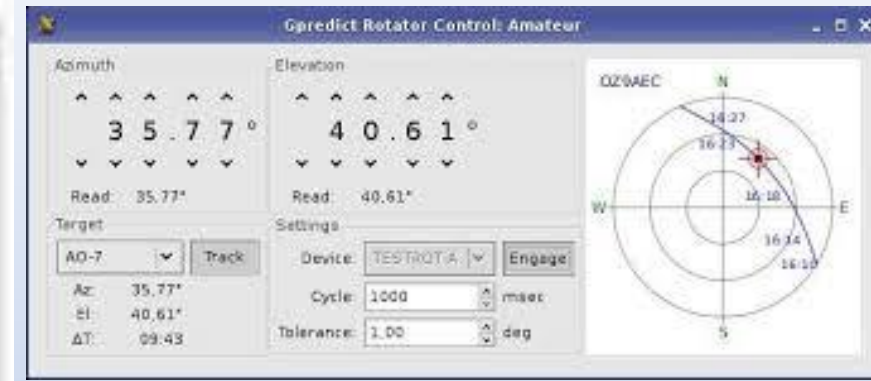
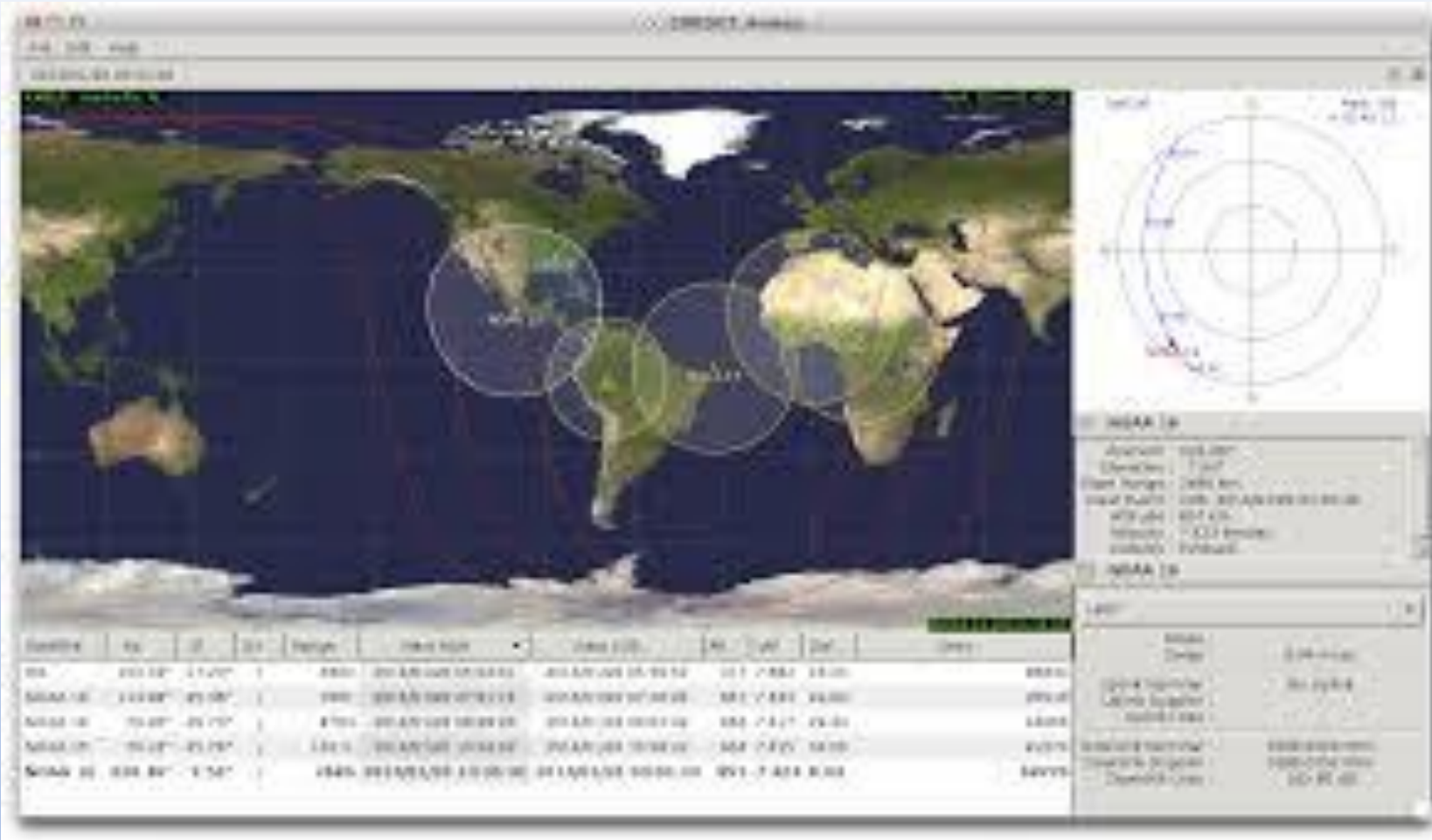
elles donnent une indication sur la manière dont évolue l'orbite à la suite du freinage atmosphérique (paramètres 1.9 et 1.10). NB : la première est divisée par 2 et la seconde par 6



Nomogramme : méthode manuelle (1978)



Predict - Gpredict

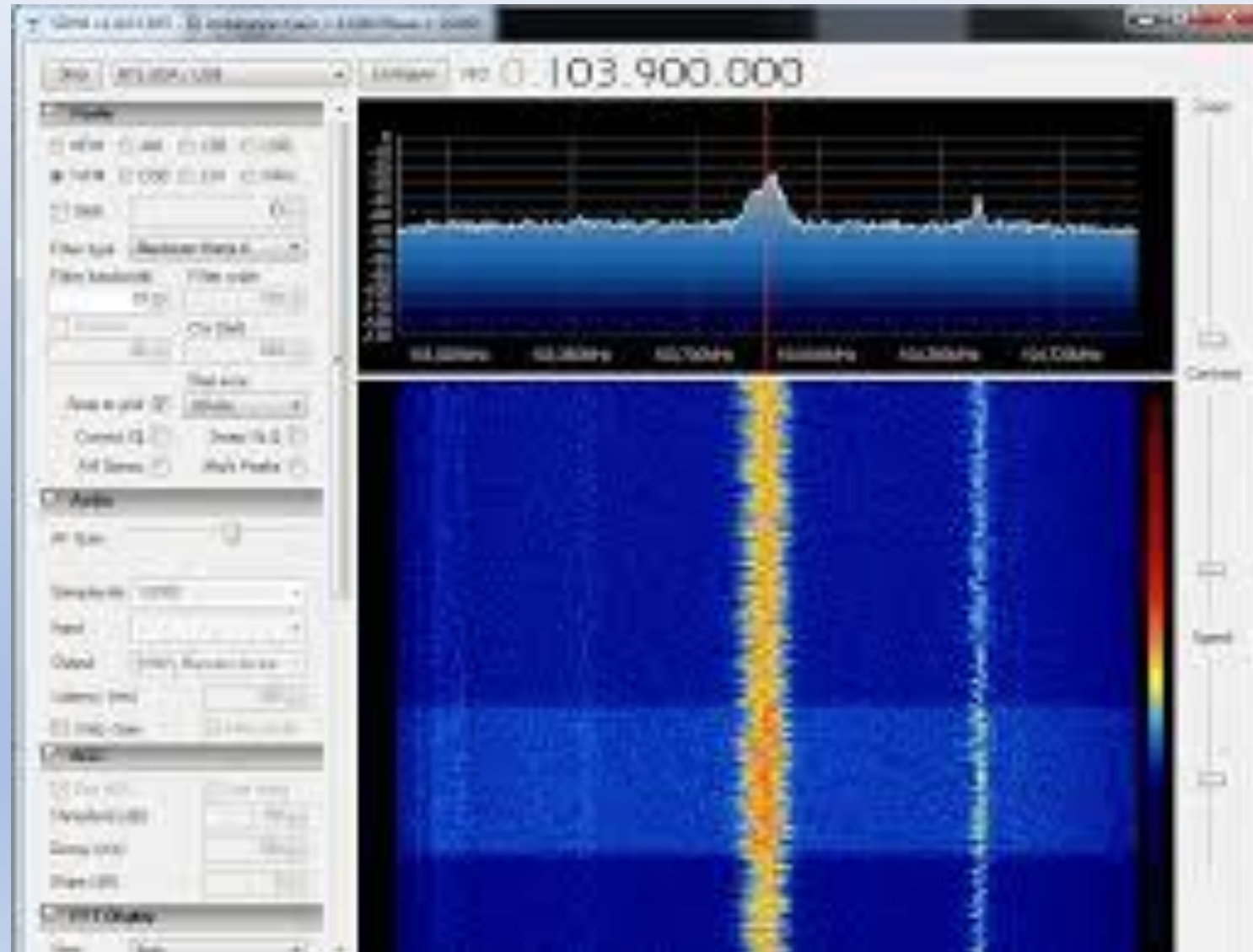


Logiciels de décodage

- ordinateur de la station sol : PC (Windows);
- micro-ordinateur RaspBerry Pi (Linux);
- logiciel de capture et décodage des télémesures temps réel
- ou stockage et transmission vers serveur de collecte des données par Internet



THE PICSAT PROJECT IS SUPPORTED BY



Présentation du Projet PicSat et du logiciel PicTalk

GPREDICT: PICSAT

Fichier Edition Aide

Amateur PICSAT

PicSat using : RTL820T

File

4 3 5 . 5 1 2 0 0 MHz

START

STOP

20 30 10 40 0 RF Gain

a0 92 86 a6 82 a8 e0 a0 92 86 a6 82 a8 65 03 f0 08 00 f8 c2 00 06 44 b2 02 23 06 2a
>Checked Data from b'PICSATpPICSAT2' -> cat 30
Frame: {
a0 92 86 a6 82 a8 e0 a0 92 86 a6 82 a8 65 03 f0 08 7e c0 04 00 0c 44 b2 02 22 88 72
00 c8 00 36 00 00
}
Frame accepted by PicSat server
Frame accepted by PicSat server
Frame accepted by PicSat server
>Checked Data from b'PICSATpPICSAT2' -> cat 29
Frame: {
a0 92 86 a6 82 a8 e0 a0 92 86 a6 82 a8 65 03 f0 08 7d c0 05 00 11 44 b2 02 22 88 88
00 c8 00 36 50 50 42 76 37 37 31
}
>Checked Data from b'PICSATpPICSAT2' -> cat 31
Frame: {
a0 92 86 a6 82 a8 e0 a0 92 86 a6 82 a8 65 03 f0 08 7f c0 06 00 0c 44 b2 02 22 88 a4
00 c8 00 36 00 00
}
Frame accepted by PicSat server
Frame accepted by PicSat server
>Checked Data from b'PICSATpPICSAT2' -> cat 0
Frame: {
a0 92 86 a6 82 a8 e0 a0 92 86 a6 82 a8 65 03 f0 08 00 f8 c7 00 06 44 b2 02 23 45 9a
}
Frame accepted by PicSat server

Waterfall Decoder

09:51:28

4 6 2 8 10 FFT Rate

40 60 20 80 100 Threshold

Detector state:
☒ sSearchFrame

Uploaded frames:
LJLJ

Bourget, France

PICSAT ELECTROLAB

Prochain: PICSAT dans 01:30:13

PICSAT

Corr. Level

60
50
40
30
20
10

Ab N

Prochain: PICSAT dans 01:30:13

PICSAT

Azimuth : 13,68°
Élévation : 33,97°
Slant Range : 833 km
Range Rate : -5,927 km/sec
Prochain événement : LOS: 2018/02/24 10:04:39
SSP Loc. : JO24JN
Empreinte terrestre : 4894 km
Altitude : 500 km
Vélocité : 7,624 km/sec
Doppler@100M : 1977 Hz
Sig. Loss : 130,81 dB
Sig. Delay : 2,78 msec
Mean Anom. : 253,99°
Phase Orbita : 357,18°

Transmission de signaux, de la voix et de données

- télégraphie : code Morse (CW) ;
- code Morse : code ternaire : point, trait, espace (silence) ;
- modulations d'une onde porteuse par la voix : phonie MA (AM), BLU (SSB), MF (FM) ;
- modes numériques ;

Transmission de signaux, de la voix et de données

Code morse international

1. Un tiret est égal à trois points.
2. L'espacement entre deux éléments d'une même lettre est égal à un point.
3. L'espacement entre deux lettres est égal à trois points.
4. L'espacement entre deux mots est égal à sept points.

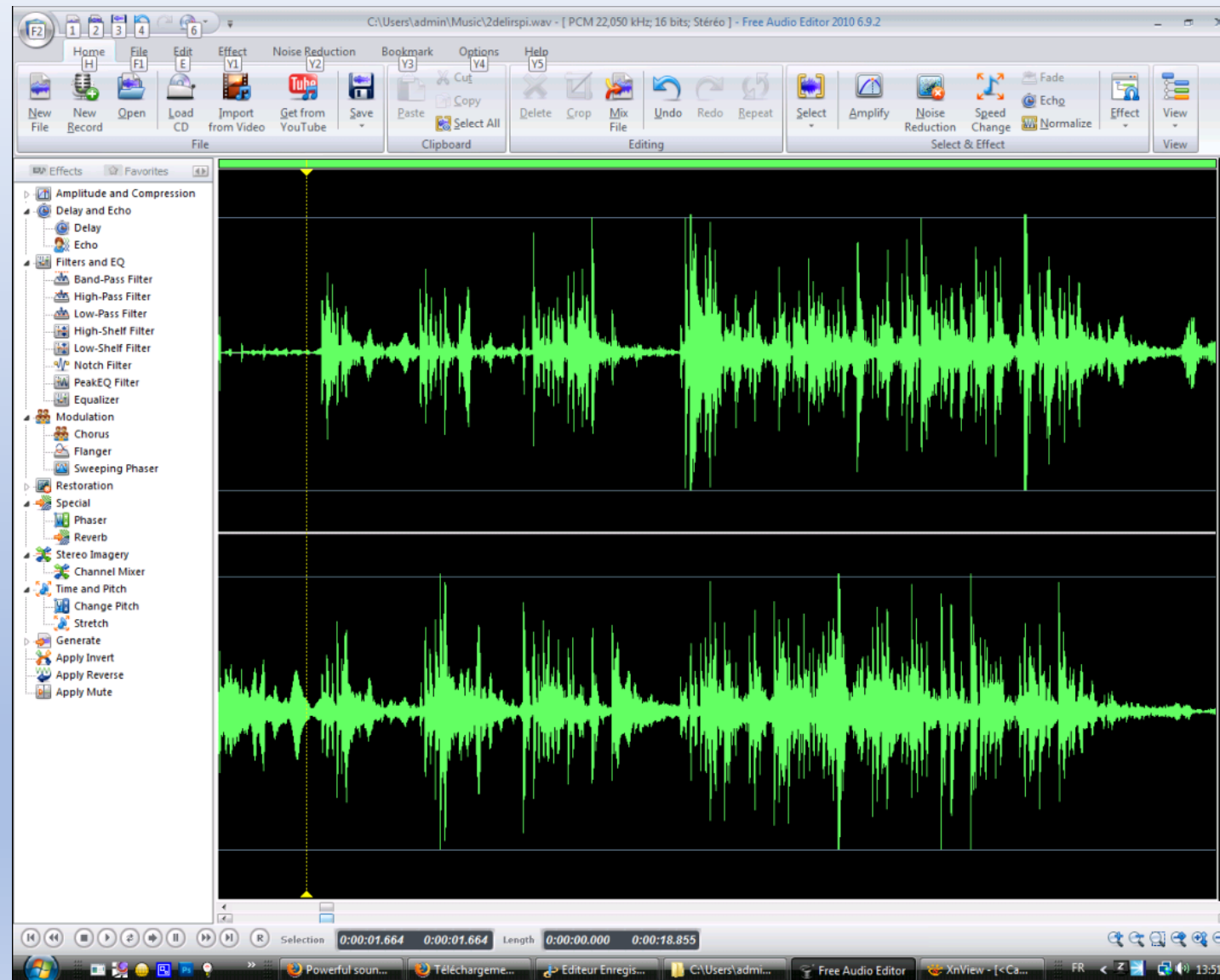
A ● ■■
B ■■ ● ● ●
C ■■ ● ■■ ●
D ■■ ● ●
E ●
F ● ● ■■ ●
G ■■ ■■ ●
H ● ● ● ●
I ● ●
J ● ■■ ■■ ■■
K ■■ ● ■■
L ● ■■ ● ●
M ■■ ■■
N ■■ ●
O ■■ ■■ ■■
P ● ■■ ■■ ●
Q ■■ ■■ ● ■■
R ● ■■ ●
S ● ● ●
T ■■

U ● ● ■■
V ● ● ● ■■
W ● ■■ ■■
X ■■ ● ● ■■
Y ■■ ● ■■ ■■
Z ■■ ■■ ● ●

1 ● ■■ ■■ ■■ ■■
2 ● ● ■■ ■■ ■■
3 ● ● ● ■■ ■■
4 ● ● ● ● ■■
5 ● ● ● ● ●
6 ■■ ● ● ● ●
7 ■■ ■■ ● ● ●
8 ■■ ■■ ■■ ● ●
9 ■■ ■■ ■■ ■■ ●
0 ■■ ■■ ■■ ■■ ■■

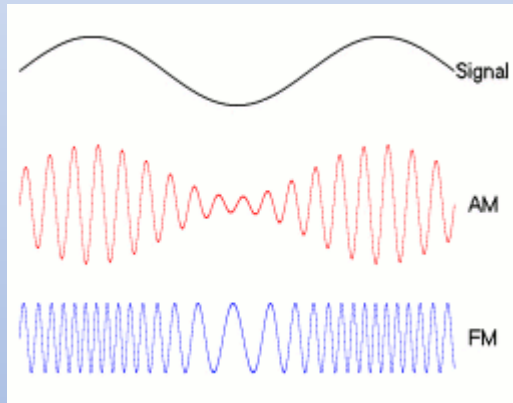


Transmission de la voix



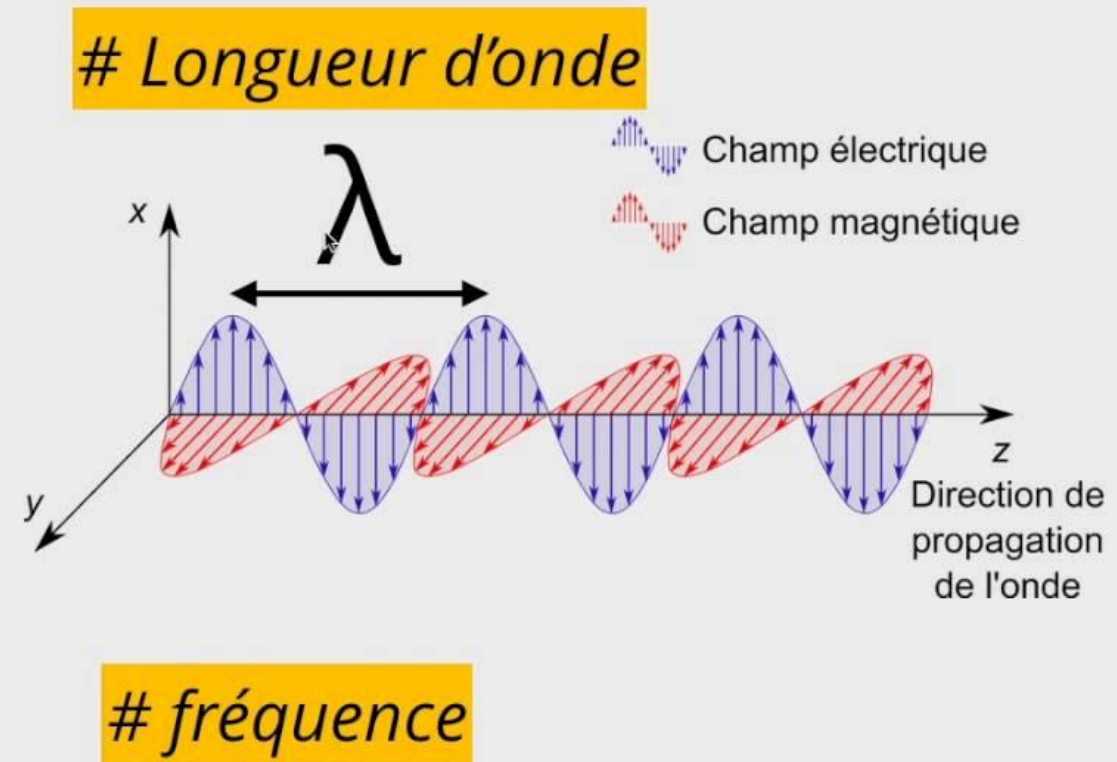
Onde porteuse sinusoïdale - fréquence $f = 1/\text{longueur d'onde}$

- Modulation d'amplitude par le signal à transmettre
- Modulation de fréquence par le signal à transmettre



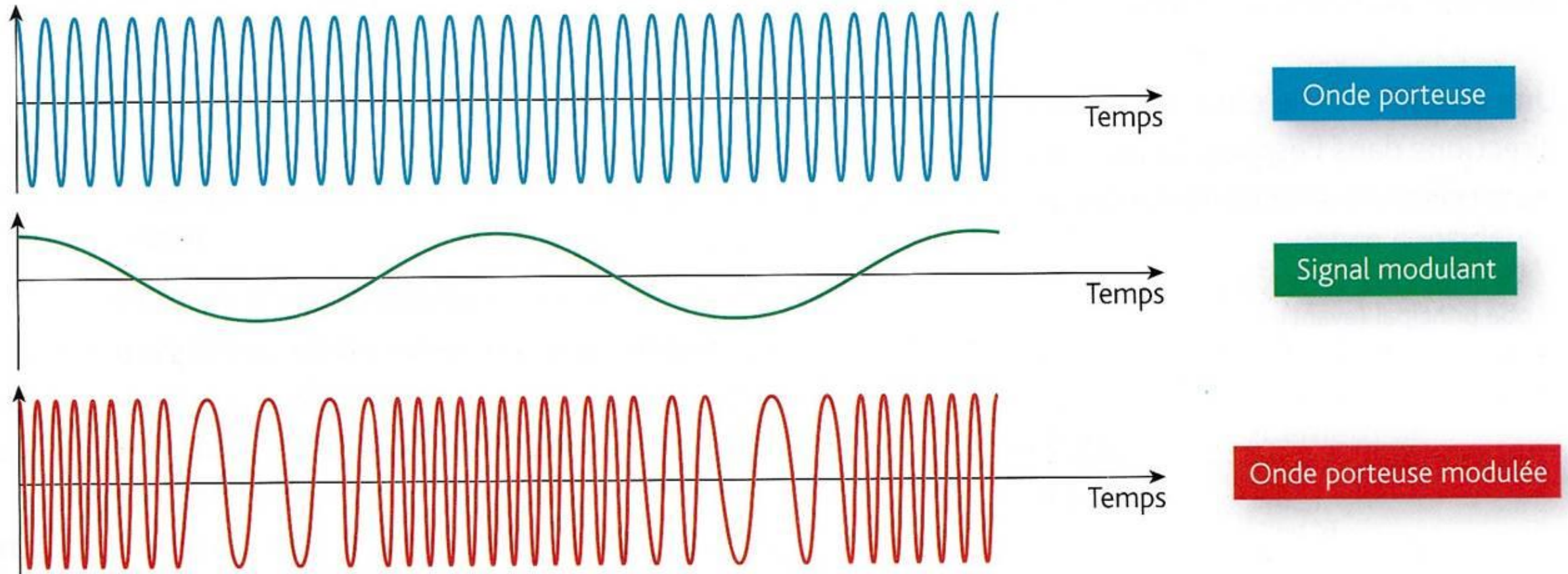
ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Onde progressive périodique composée d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui varient tous les deux au cours du temps.



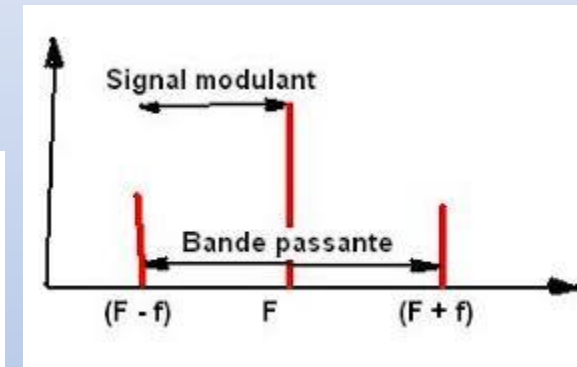
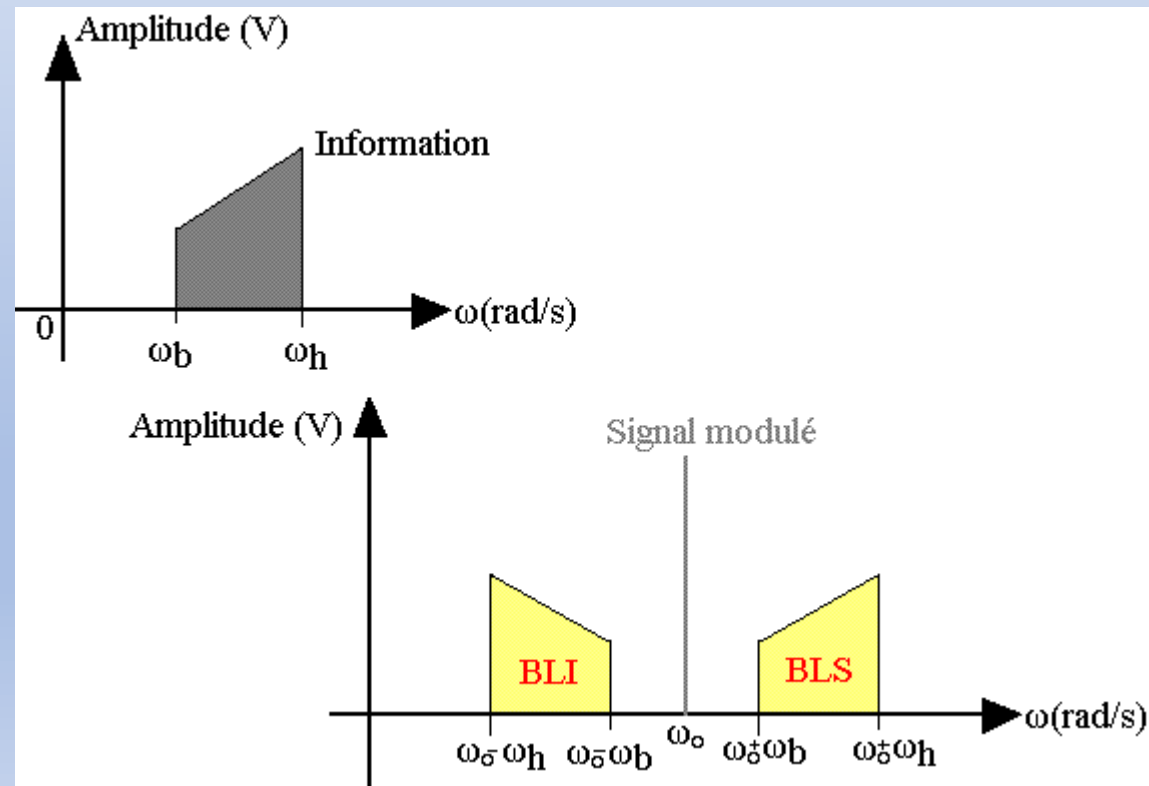
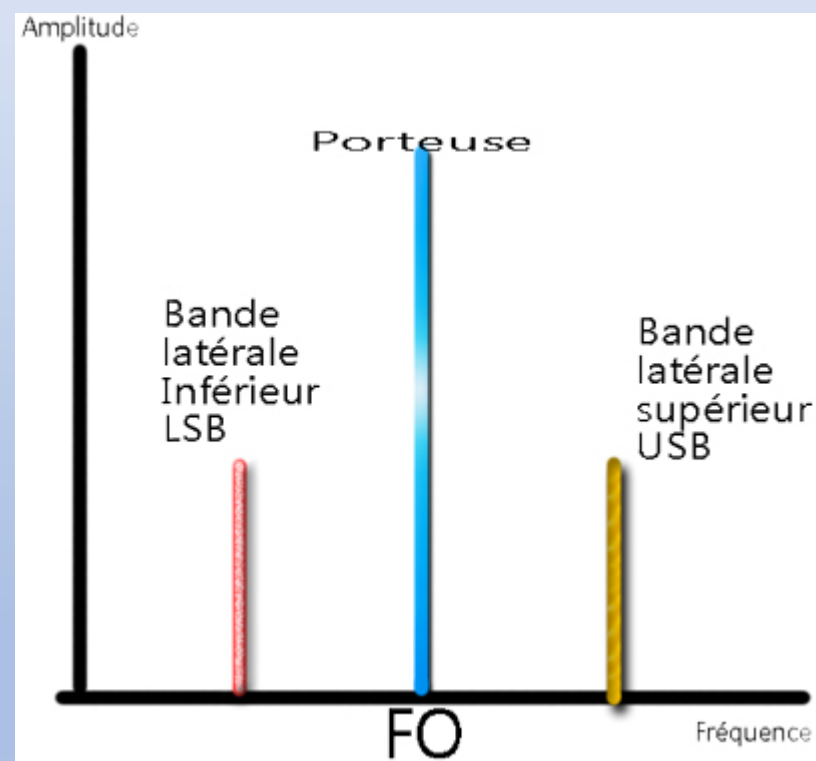
Transmission de signaux par modulation onde porteuse

- Modulation d'amplitude
- Modulation de fréquence, modulation de phase



Transmission de la voix

Bande passante – spectre – Bande Latérale Unique



Différents types de modulation utilisés par les radioamateurs pour la transmission de données numériques

- AFSK ;
- FSK ;
- PSK ; BPSK ; GMSK ;
- vitesses de modulation 1200-9600 bauds ;
- relation bande passante et vitesse de modulation ;

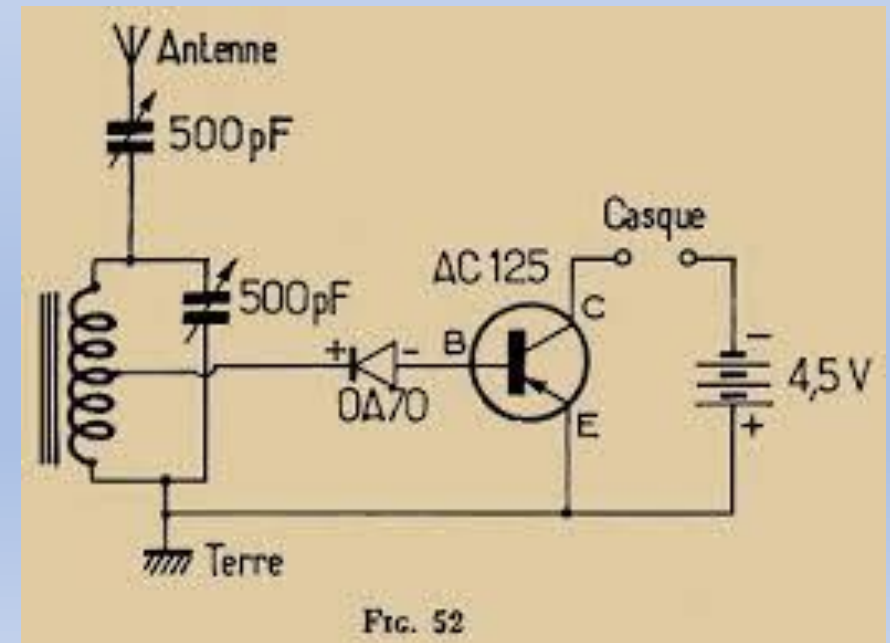
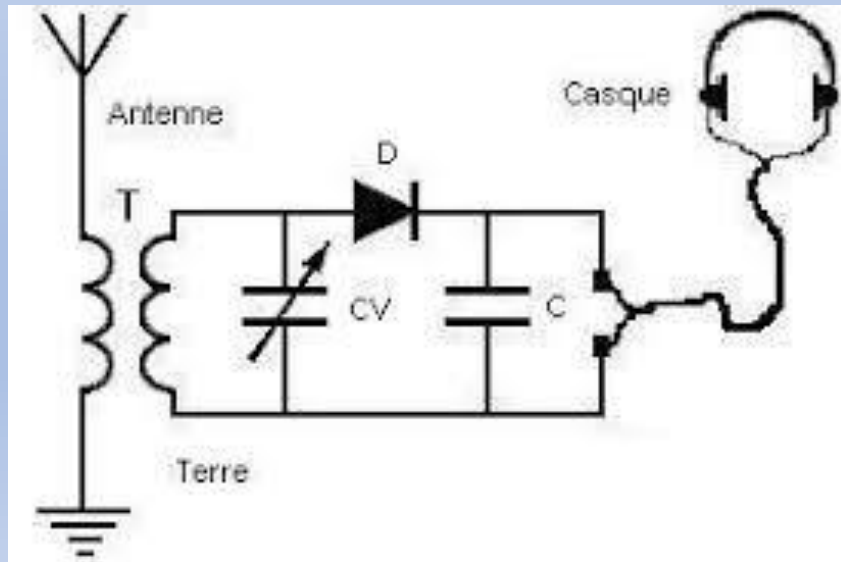
Spectre de fréquence - puissance - bande passante

Transmissions radioamateurs par satellite caractérisés par :

- faible puissance ;
- faible rapport signal sur bruit ;
- bande passante relativement limitée dépend du type de modulation

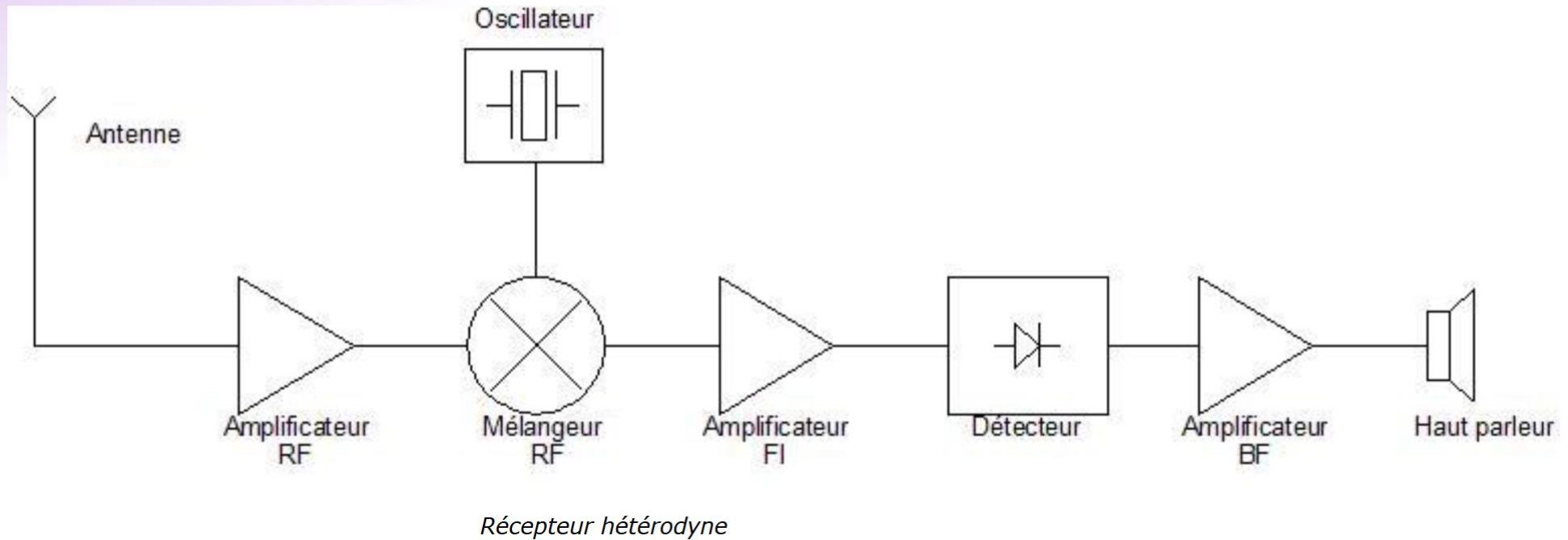
Schéma de principe d'un récepteur de radio

- réception HF – antenne – circuit accordé
- changement de fréquence – Fréquence Intermédiaire
- démodulation
- amplification audio (BF)



Récepteur hétérodyne

Un émetteur ou un récepteur hétérodyne, possède un changement de [fréquence](#). C'est à dire que la fréquence porteuse de l'information, c'est à dire modulée, n'est pas détectée directement, mais après un changement de fréquence, qu'on appelle aussi transposition.



Le signal issu de l'antenne est amplifié par un amplificateur RF. On transpose ensuite la fréquence à l'aide d'un mélangeur qui permet de diminuer la fréquence. Le signal issu du mélangeur peut être faible. Il faut donc l'amplifier avant un détecteur puis un amplificateur qui permet d'attaquer le haut parleur.

L'avantage de ce principe est que la fréquence aux bornes de l'amplificateur FI, comme fréquence intermédiaire, est fixe. **On peut donc envisager un filtrage sélectif à la fréquence FI.**

Numérations - représentation des caractères

- Binary digit, BIT, 0 - 1
- numération hexadécimale, 0,1,2...9,A,B,C,D,E,F
- octets, mots 8, 16, 32, 64 bits ;
- caractères ASCII (8 bits = 256 caractères) – pages

<i>Décimal</i>	<i>Binaire</i>				<i>Hexadécimal</i>
	8	4	2	1	
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	1	0	1	0	A
11	1	0	1	1	B
12	1	1	0	0	C
13	1	1	0	1	D
14	1	1	1	0	E
15	1	1	1	1	F

	000	001	002	003	004	005	006	007
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
1	STX	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	SOT	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	FF	FS	,	<	L	\	l	
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Transmission numériques

Flux de données analogiques – Convertisseur Analogique Numérique

Données numériques – Pulse Code Modulation : 1 = impulsion 0 = rien ;

Modulation passe bande : mélange PCM fréquence porteuse sinusoïdale (change fréquence, phase ou amplitude porteuse ou combinaison) ;

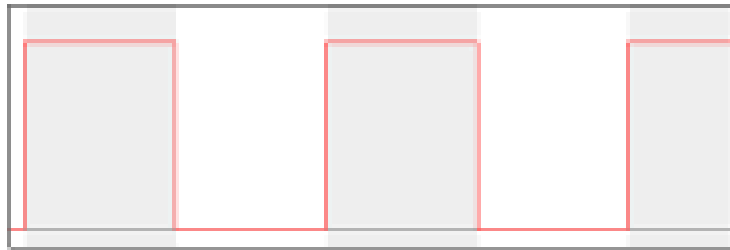
Canal : milieu propagation signal (espace) – atténuation distance

Autres signaux = bruit ;

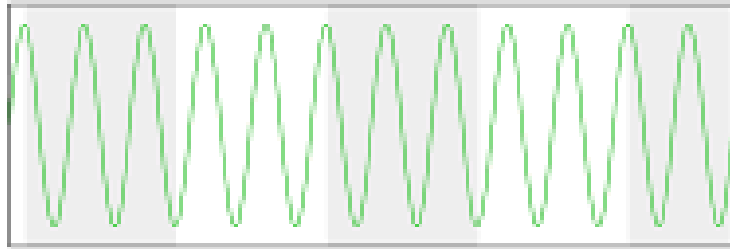
Relation information contenue dans signal / bruit : rapport S/B (SNR)

Probabilité survenue erreurs transmission si faible S/B

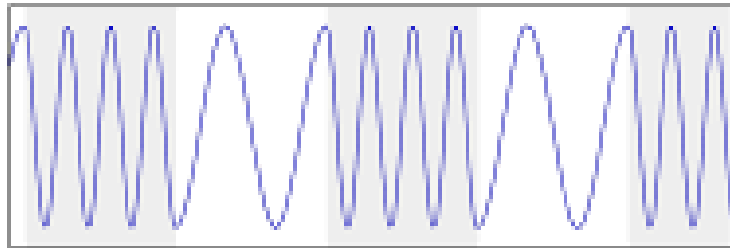
Types de modulation pour la transmission de données numériques



Signal binaire



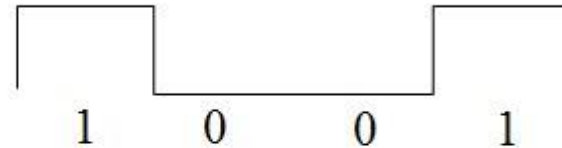
Onde porteuse



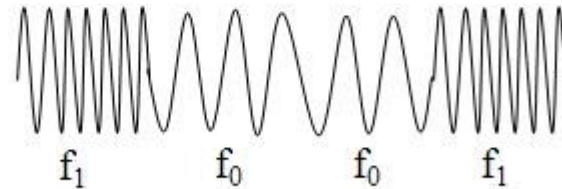
Signal modulé

Frequency Shift Keying (FSK)

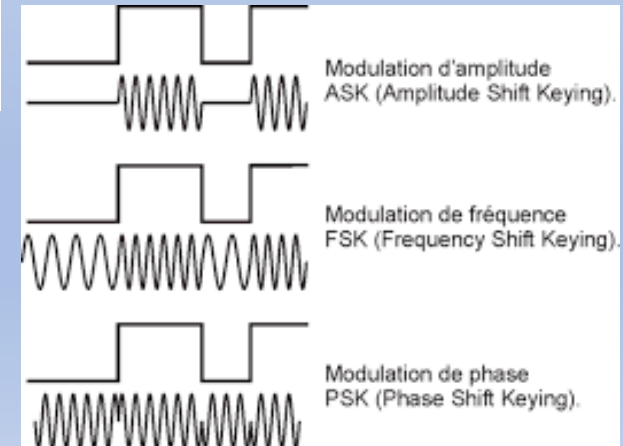
Baseband
Data



BFSK
modulated
signal



where $f_0 = A\cos(\omega_c - \Delta\omega)t$ and $f_1 = A\cos(\omega_c + \Delta\omega)t$



Capacité canal transmission

Théorème de Shannon – Hartley

C : capacité du canal en bits/sec

W : largeur de bande en Hertz

S : énergie du signal

B : énergie du bruit

$$C = W \log_2 (1 + S/B)$$

Limite de Shannon

$$C/N - E_b/N_o$$

E_b/N_o est la mesure du rapport signal/bruit pour un système de communication numérique

C : puissance du canal (mWatt)

N : puissance du bruit (mWatt)

$$\text{Rapport } C/N \text{ (dB)} = 10 * \text{Log} (C / N)$$

E_b : capacité du canal en bits/sec / Hertz

N_o : largeur de bande en Hertz

R : bit rate

B : channel bandwidth

$$C/N = E_b/N_o * (R/B)$$

Bit Error Rate BER vs E_b/N_o

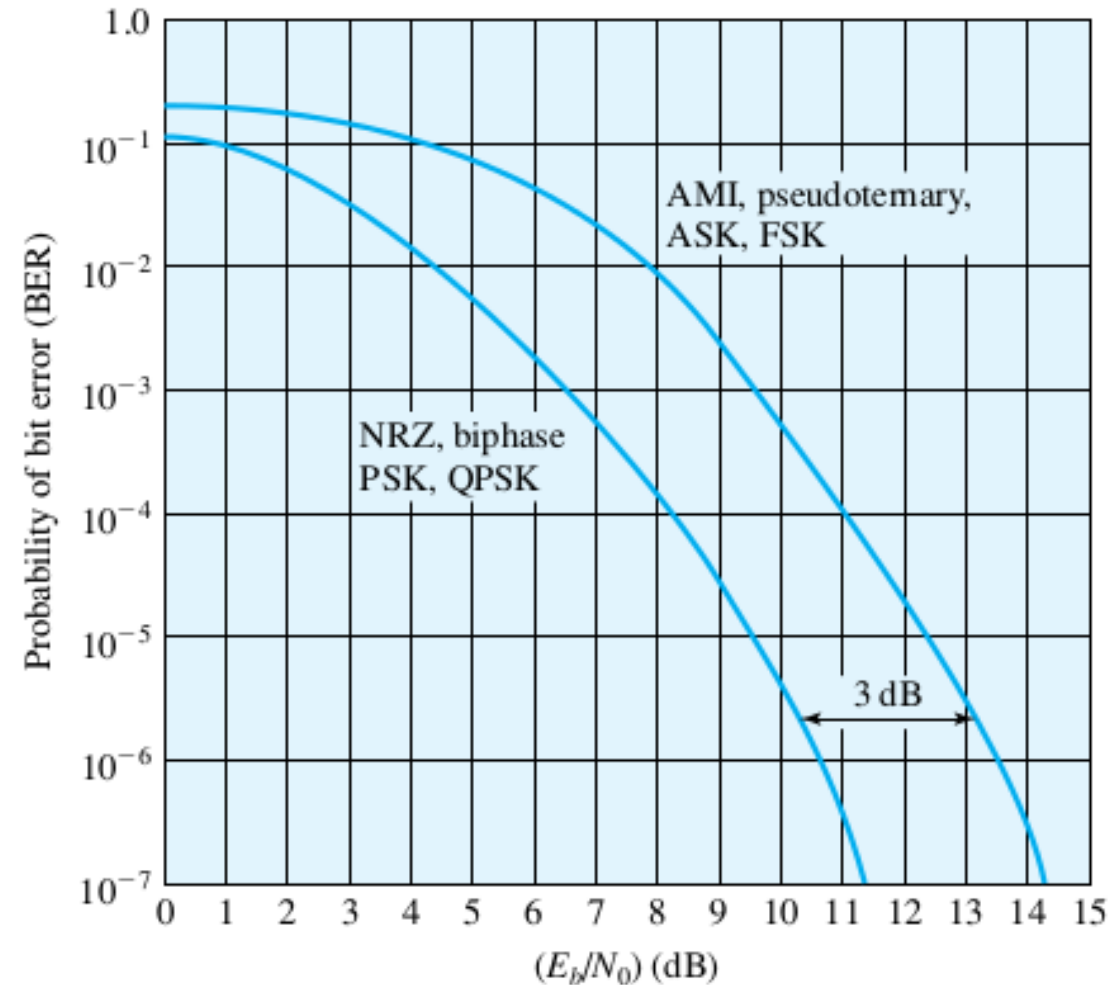


Figure 5.4 Theoretical Bit Error Rate for Various Encoding Schemes

Transmission numériques

Détection et correction des erreurs

Introduction redondance

7 bits + bit de parité – détection d'erreur (octet)

Cyclic Redondancy Checksum CRC – détection d'erreur dans un flux

Forward Error Correction FEC – localisation et correction d'erreur sans faire intervenir retour du récepteur ;

Certains codage très efficace - approche limite de Shannon

Protocole transmission par paquets

AX.25 Amateur Packet-Radio Link-Layer Protocol

Version 2.0, October 1984

In order to provide a mechanism for the reliable transport of data between two signaling stations, it is necessary to define a protocol that can accept and deliver data over a variety of types of communications links.

AX.25 protocol follows, in principle, the CCITT X.25 Recommendation, with the exception of an extended address field (for amateur radio station callsigns) and the addition of the Unnumbered Information (UI) frame.

Frames AX.25

Frame Structure

Fig. 1A -- U and S frame construction

First Bit Sent				
Flag	Address	Control	FCS	Flag
01111110	112/560 Bits	8 Bits	16 Bits	01111110

Fig. 1B -- Information frame construction

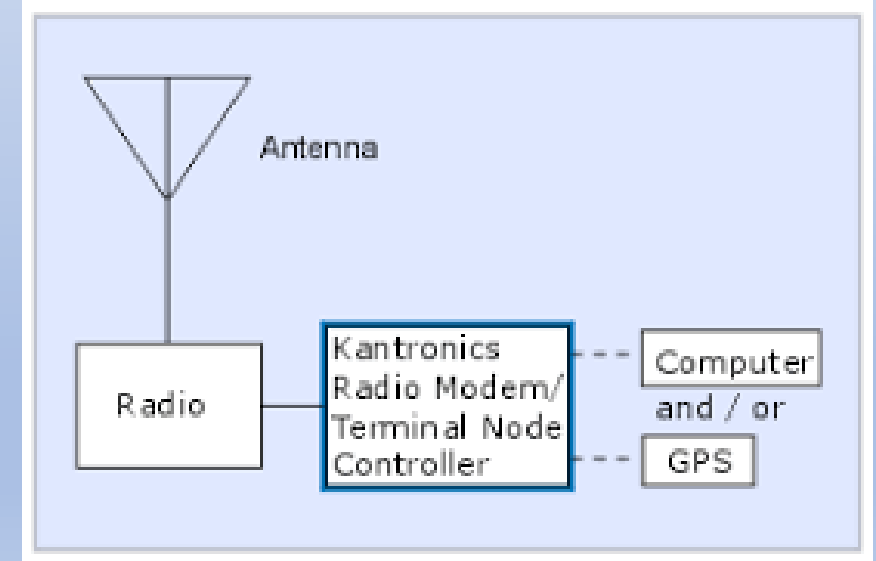
First Bit Sent						
Flag	Address	Control	PID	Info.	FCS	Flag
01111110	112/560 Bits	8 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110

Codage – décodage paquets AX.25

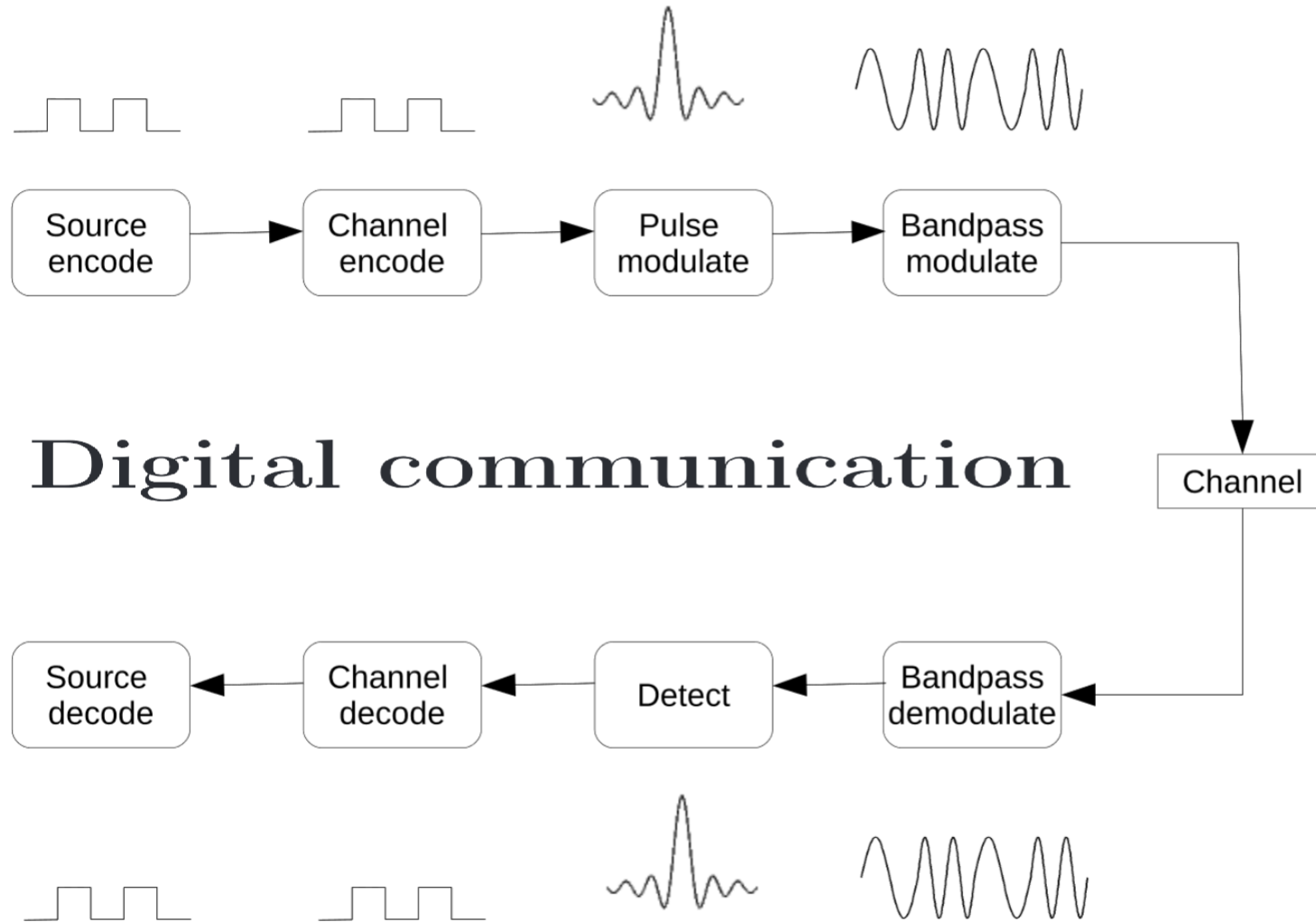
DSP « *Digital Signal Processor* », « processeur de signal numérique » ou « traitement numérique de signal ») est un microprocesseur optimisé pour exécuter des applications de traitement numérique du signal (filtrage, extraction de signaux, etc.) le plus rapidement possible.

Terminal Node Controller TNC :

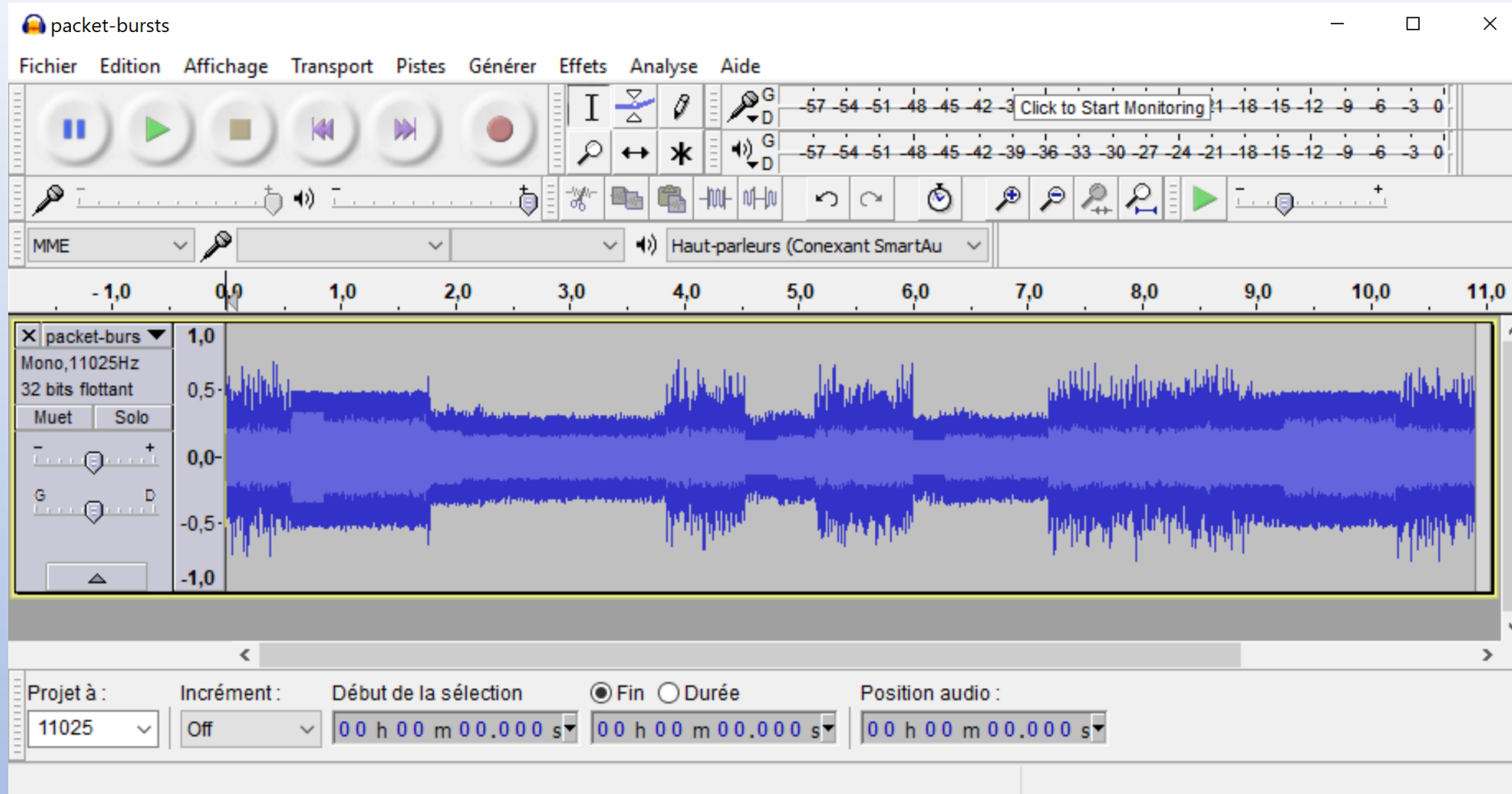
- modulateur-démodulateur FSK ;
- microprocesseur et logiciel décodage AX.25 ;
- carte son CODEC UDRC-II et logiciel Direwolf



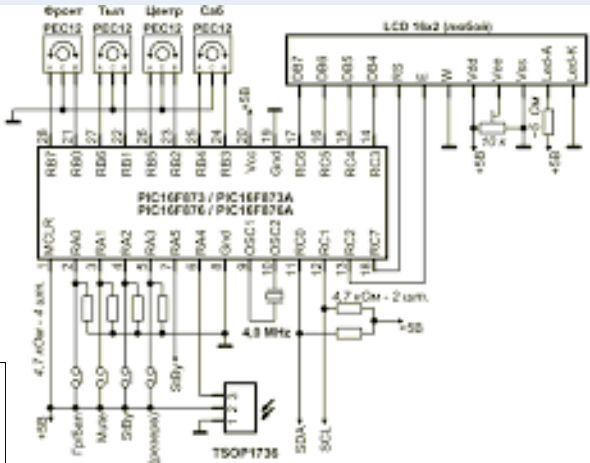
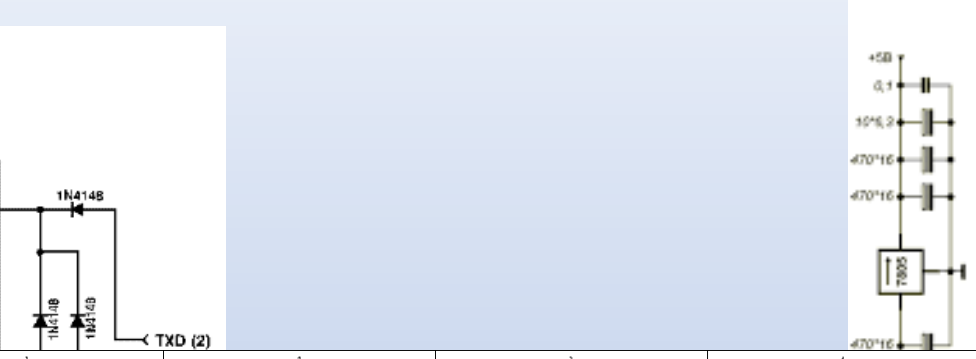
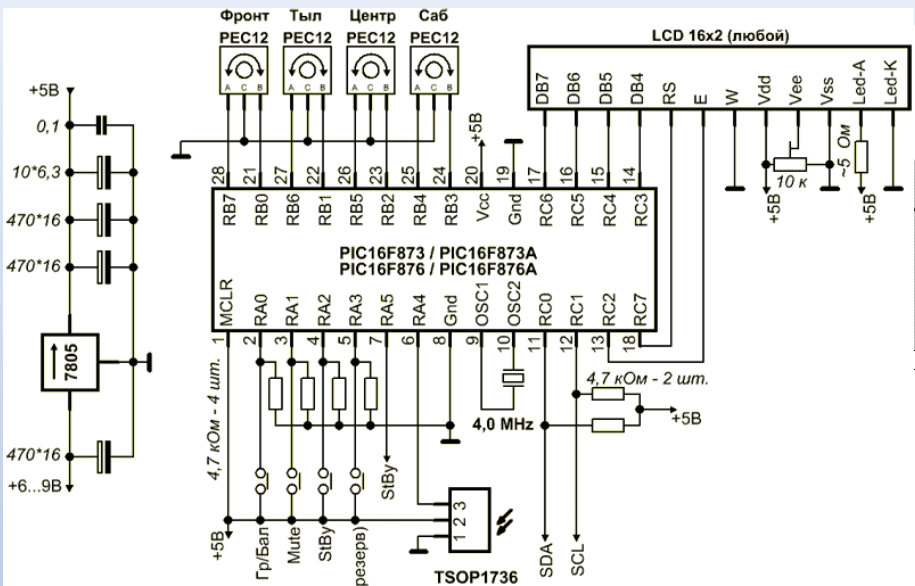
codage – décodage paquets AX.25



codage – décodage paquets AX.25



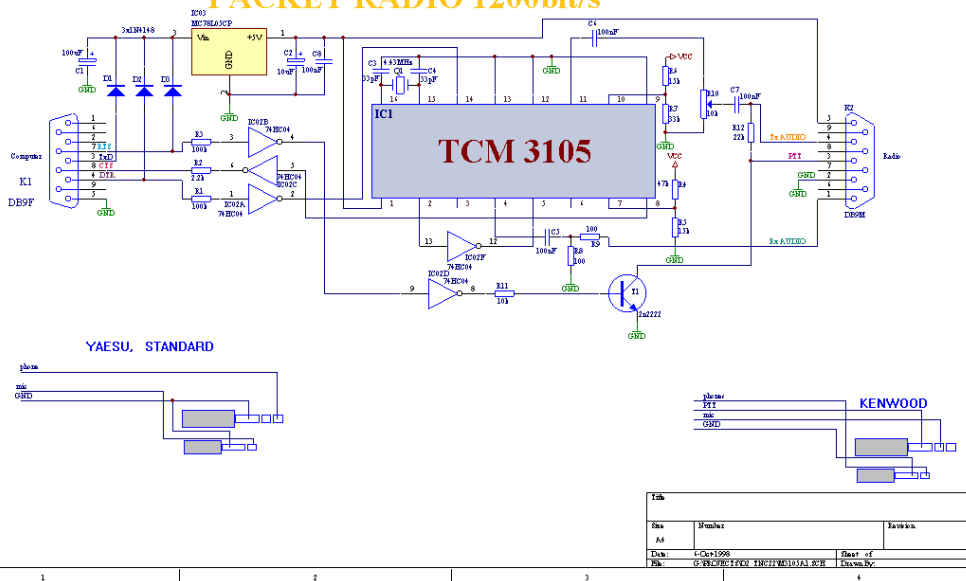
Du signal FSK aux bits



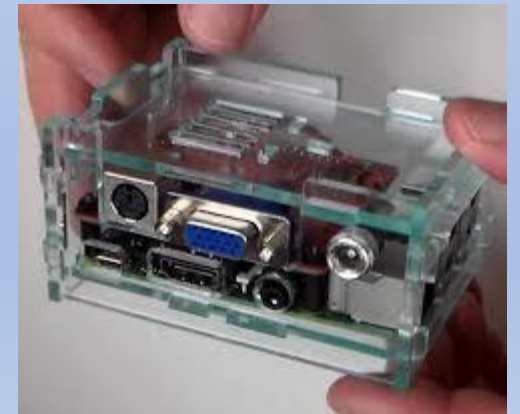
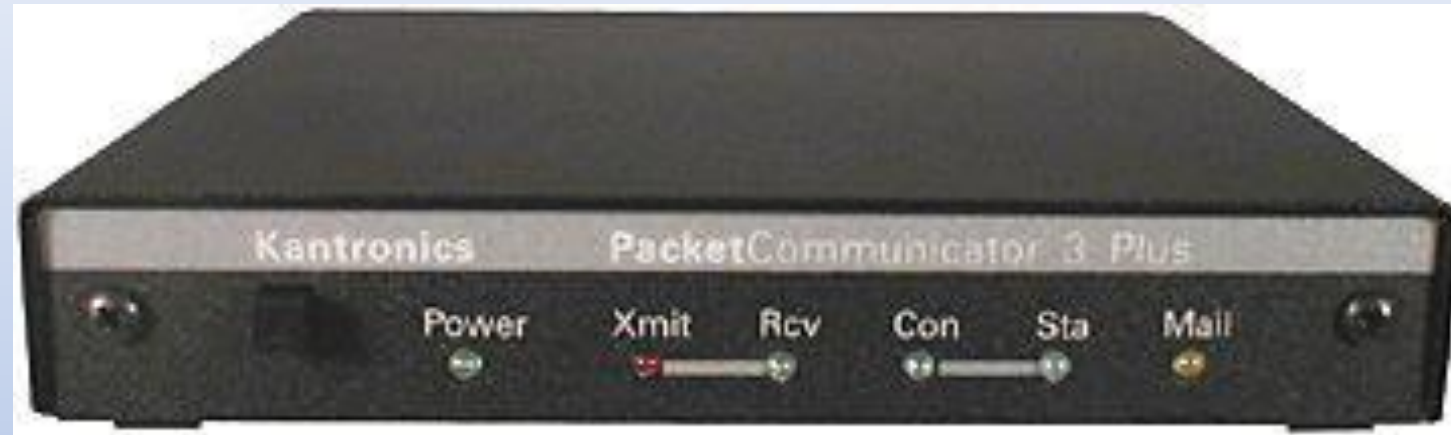
IC-FX614(CML) or MX614(MX-COM)

design

MICRO 3105 BaycomModem PACKET RADIO 1200bit/s



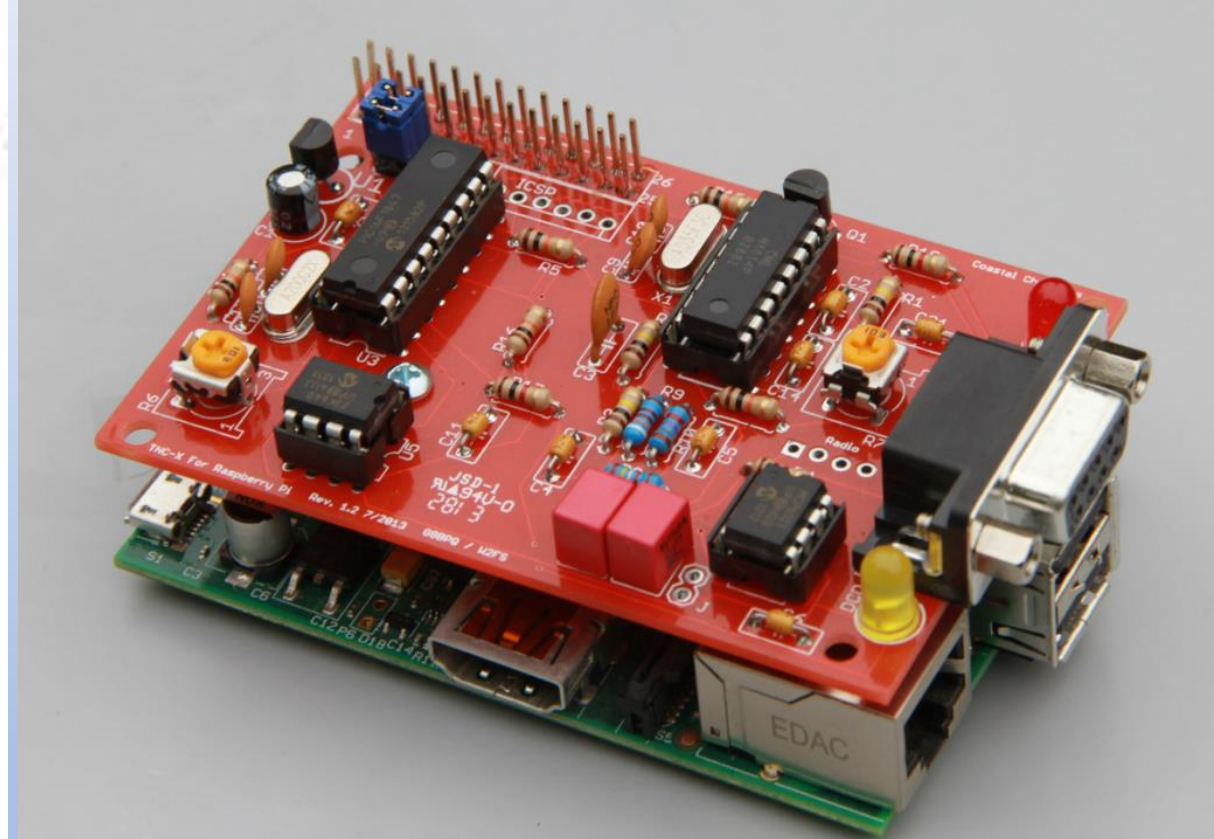
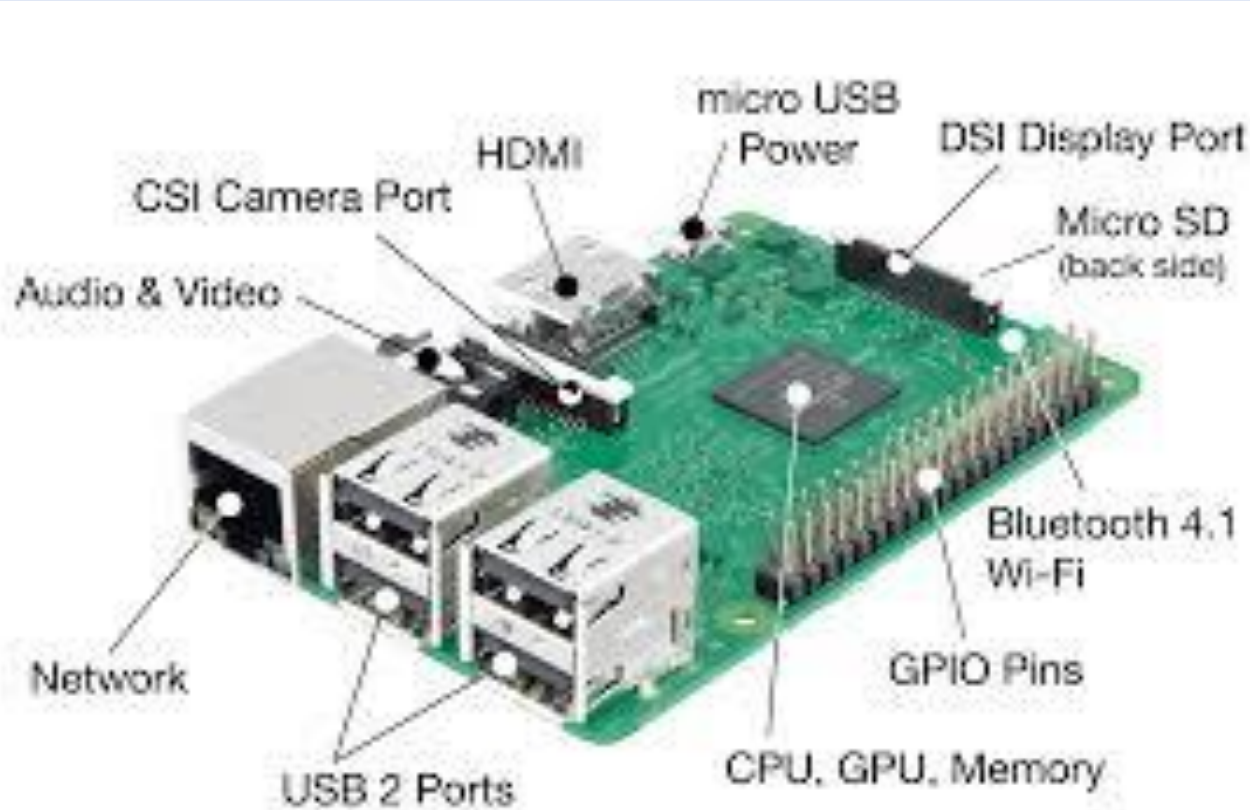
TERMINAL NODE CONTROLLER TNC



TERMINAL NODE CONTROLLER TNC



RaspBerry Pi + UDRC II + logiciel Direwolf

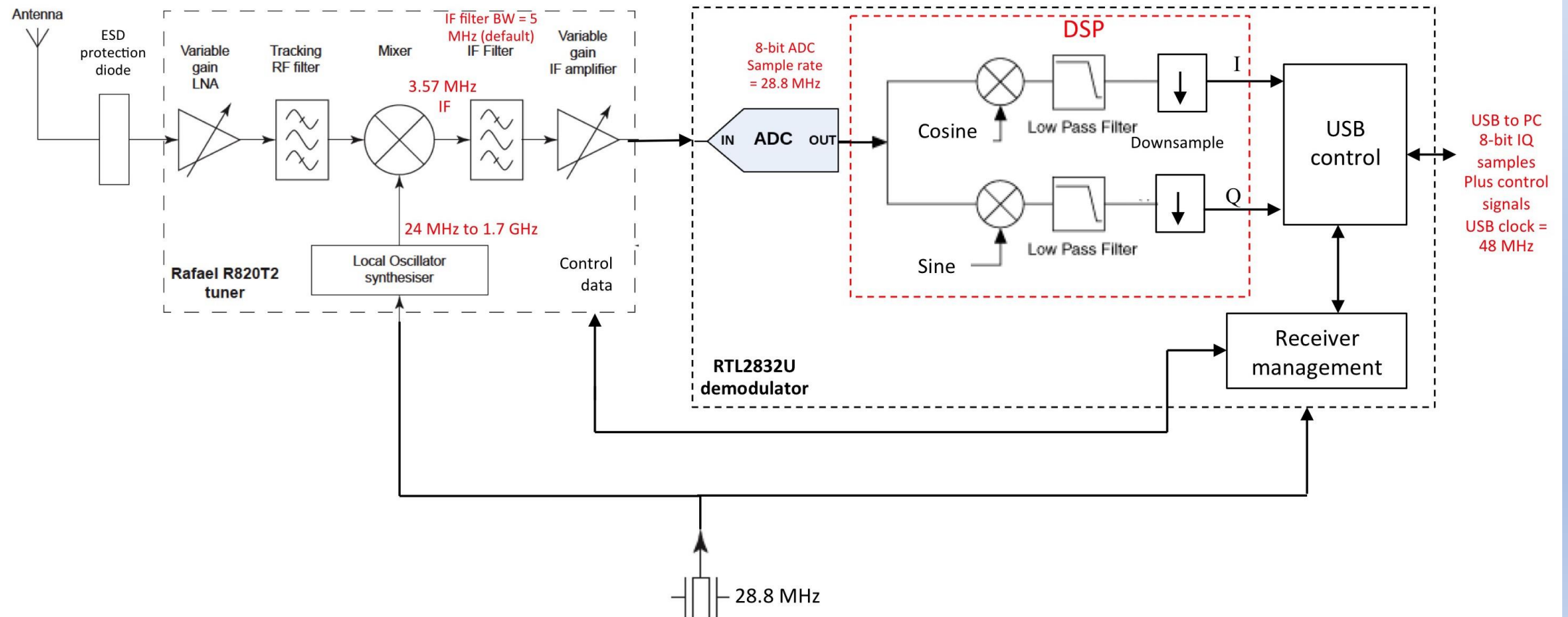


Récepteurs et logiciels Software Defined Radio

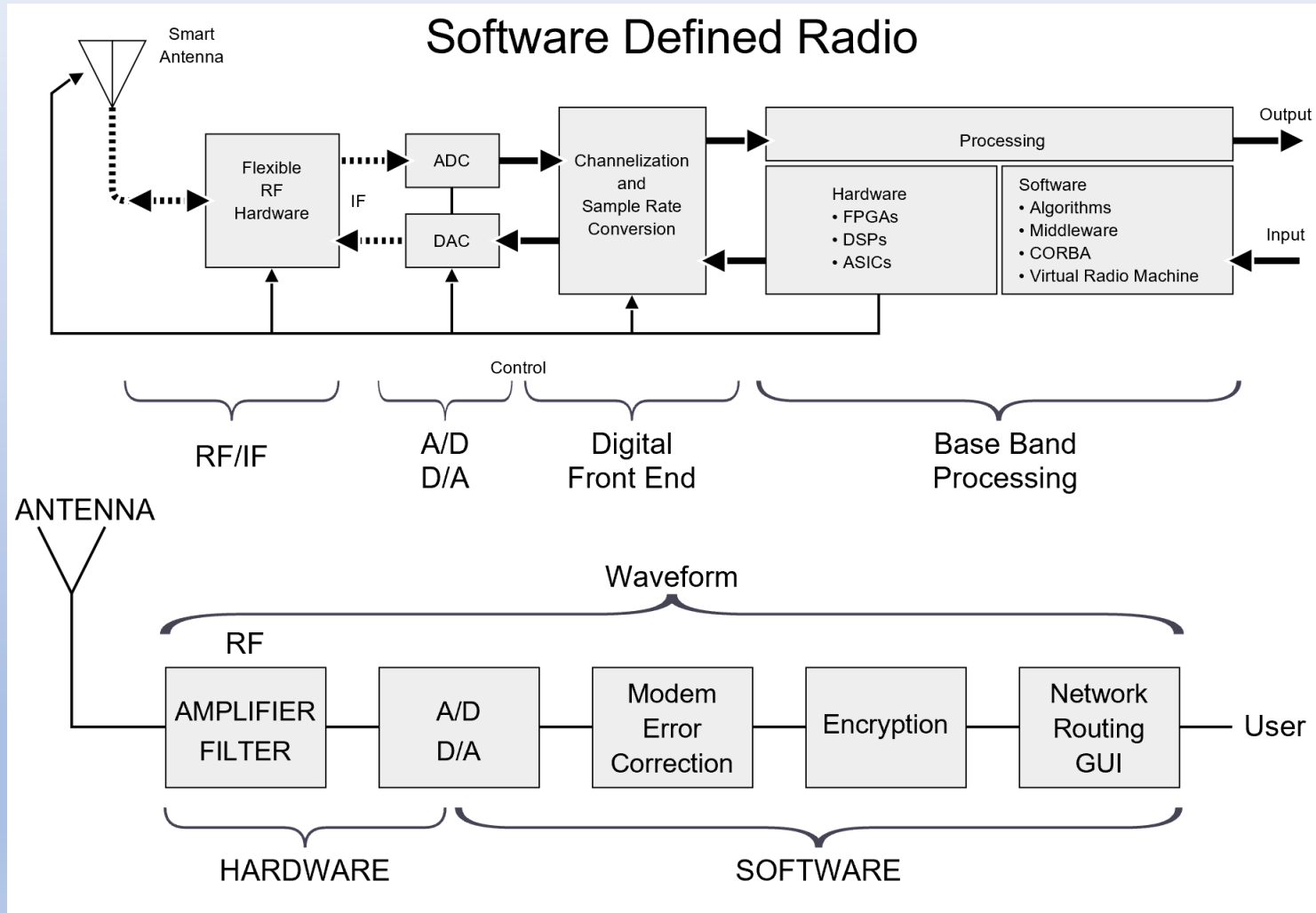
- La radio par logiciel (Software Defined Radio) ;
- Schéma de principe : I/Q
- Circuits dédiés : SDR Dongle Pro+ ; SDR -RTL ; DVB-T

Récepteurs et logiciels Software Defined Radio

Simplified Block Diagram of NooElec RTL-SDR

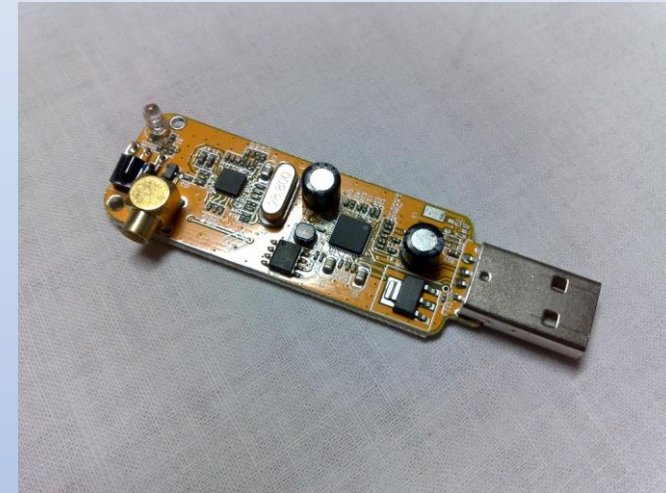


Software Defined Radio



Récepteurs et logiciels Software Defined Radio

Common low-cost [DVB-T](#) USB dongles with the Realtek RTL2832U controller and tuner can be used as a wide-band SDR receiver.



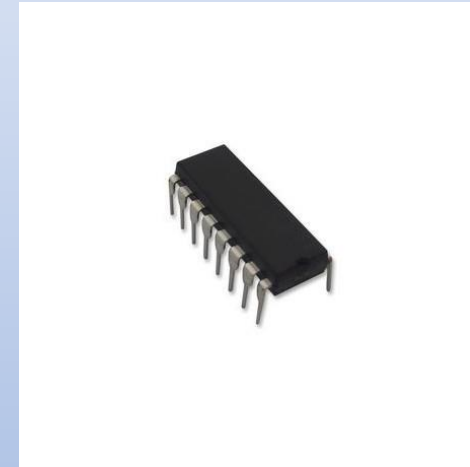
Digital Video Broadcasting — Terrestrial"; it is the [DVB](#) European-based consortium standard for the broadcast transmission of [digital terrestrial television](#) that was first published in 1997 and first broadcast in the [UK](#) in 1998 This system transmits [compressed digital audio](#), [digital video](#) and other data in an [MPEG transport stream](#), using coded [orthogonal frequency-division multiplexing](#) (COFDM or OFDM) modulation.

transmission série entre appareils

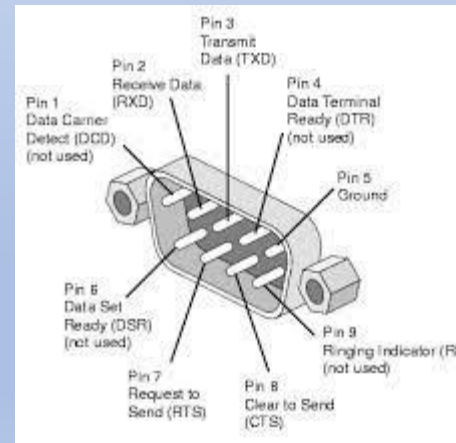
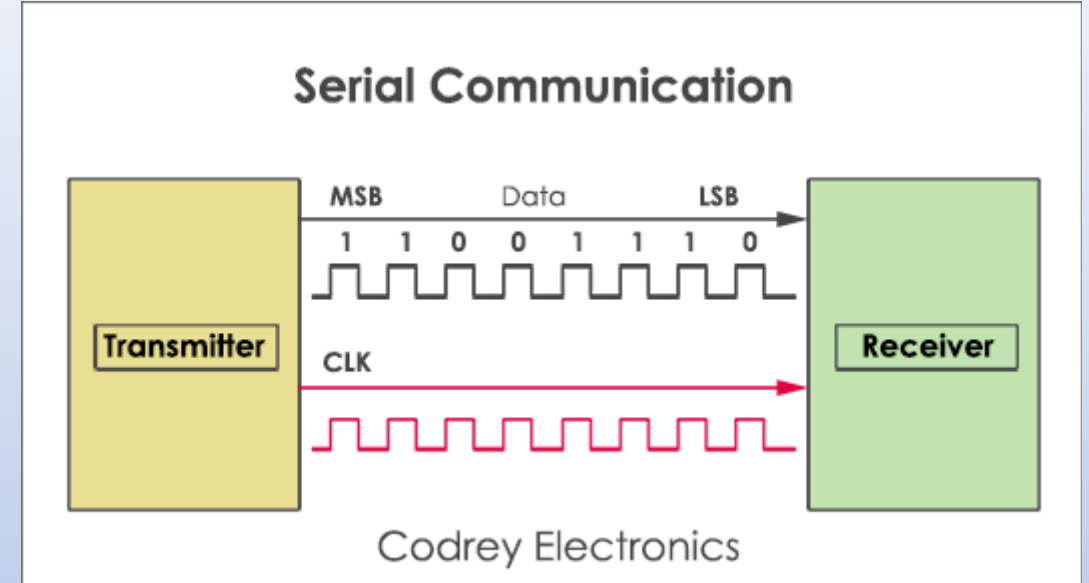
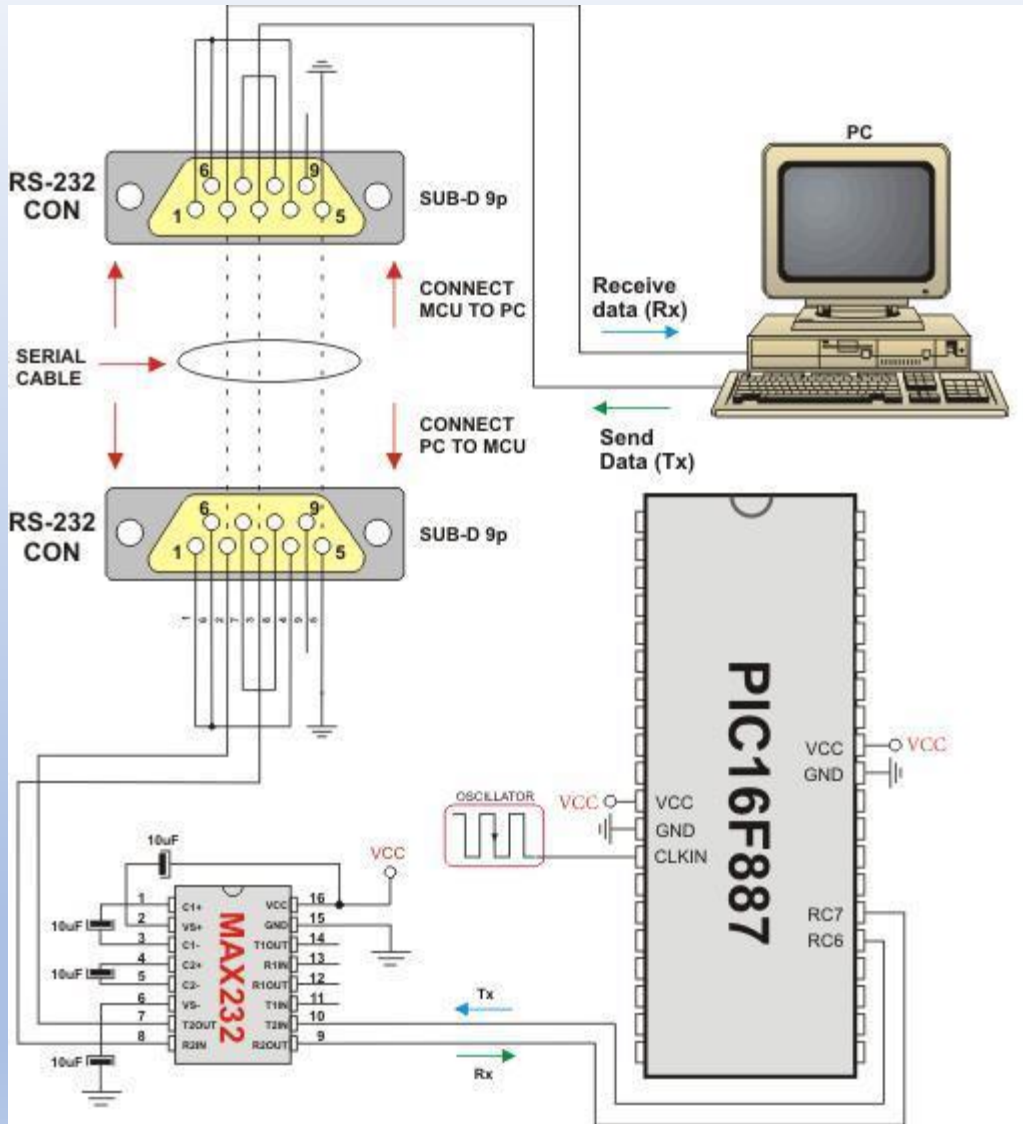
- norme RS232 – signal 0 / 1 : +12 V - 12V

Circuit intégré MAX232 0-5V → +/-12V

- câblage ; vitesse ; format N8-1 ;
- DTR-CTS... ;
- X-ON ; X-OFF ;
- bus USB



transmission série entre appareils



Décodage télémesures

- horodatage ;
- canal, valeur ;
- équation de conversion numérique - analogique ;
- affichage graphique;
- base de données ;

Décodage télémesures



ON01FR & ON05FR QB50 Decoder MMI rev 0.75

File Serial KISS TCP KISS

Load File name

AMSAT Francophone QB50

Data Voltage Current Temperature Decoded data

Callsign : ONXX Date : Date Value Mode : Value

☐ P1 ☐ P2 ☐ P3 ☐ P4

V_GS1(mV)	L_V_GS1	V_GS2(mV)	L_V_GS2	V_GS3(mV)	L_V_GS3
I_GS1(mA)	L_I_GS1	I_GS2(mA)	L_I_GS2	I_GS3(mA)	L_I_GS3
T_GS1(C)	L_T_GS1	T_GS2(C)	L_T_GS2	T_GS3(C)	L_T_GS3
V_GS4(mV)	L_V_GS4	V_Bat(mV)	L_V_Bat	I_ADCS(mA)	L_I_ADCS
I_GS4(mA)	L_I_GS4	T_Bat(C)	L_T_Bat	T_ODB(C)	L_T_ODB
T_GS4(C)	L_T_GS4	I_shunt(mA)	L_I_shunt	I_RX(mA)	L_I_RX
I_TX(mA)	L_I_TX	T_PA(C)	L_T_PA	V_3.3V_FIPEX(...)	L_V_3.3V_FIPEX
P_TX	L_P_TX	I_1200(mA)	L_I_1200	I_5V_FIPEX(mA)	L_I_5V_FIPEX
P_PA	L_P_PA	I_3.3V_FIPEX(mA)	L_I_3.3V_FIPEX	V_5V_FIPEX(mV)	L_V_5V_FIPEX
SU_TH_G0 (K)	L_SU_TH_G0				

La station sol du CSE

- antennes Yagi 144-435 MHz; gains ; directivité
- moteur de site et azimut ;
- préamplificateur LNA; câbles coaxiaux ;
- boîtier commande des moteurs (lecture position) ;
- boîtier interface PC boîtier commande moteurs ;
- Transceiver VHF-UHF TS 2000 – mode FM ;
- TNC externe ;
- PC logiciel poursuite site-azimut et fréquences RX-TX +/- Doppler ;
- RaspBerry Pi recueille et diffuse les télémesures ;
- Interface accès distant VPN Internet

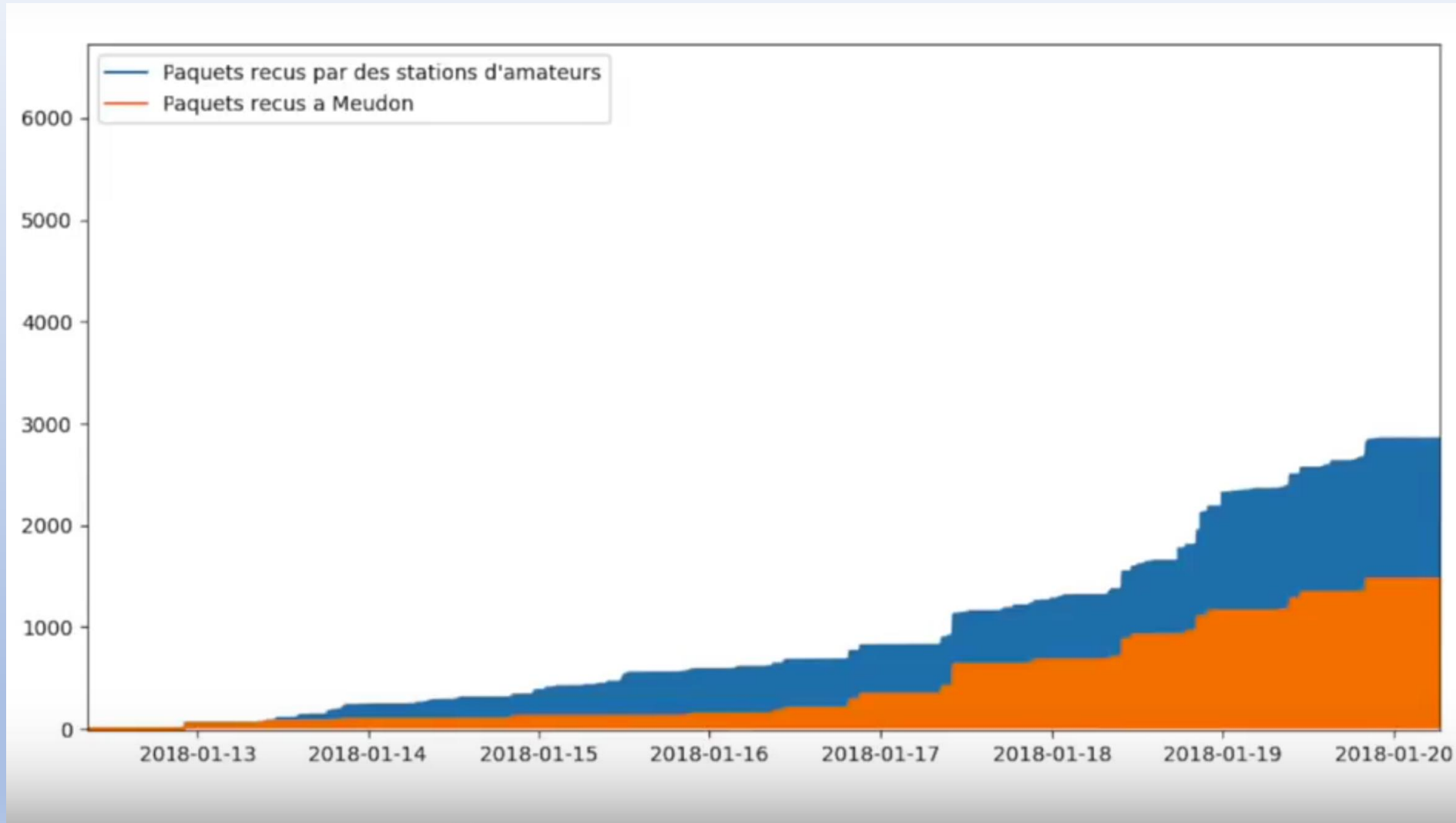
Collecte des données par stations sols

- collaboration entre scientifiques et radioamateurs
- l'opérateur de la station doit avoir une licence et posséder un indicatif radioamateur.

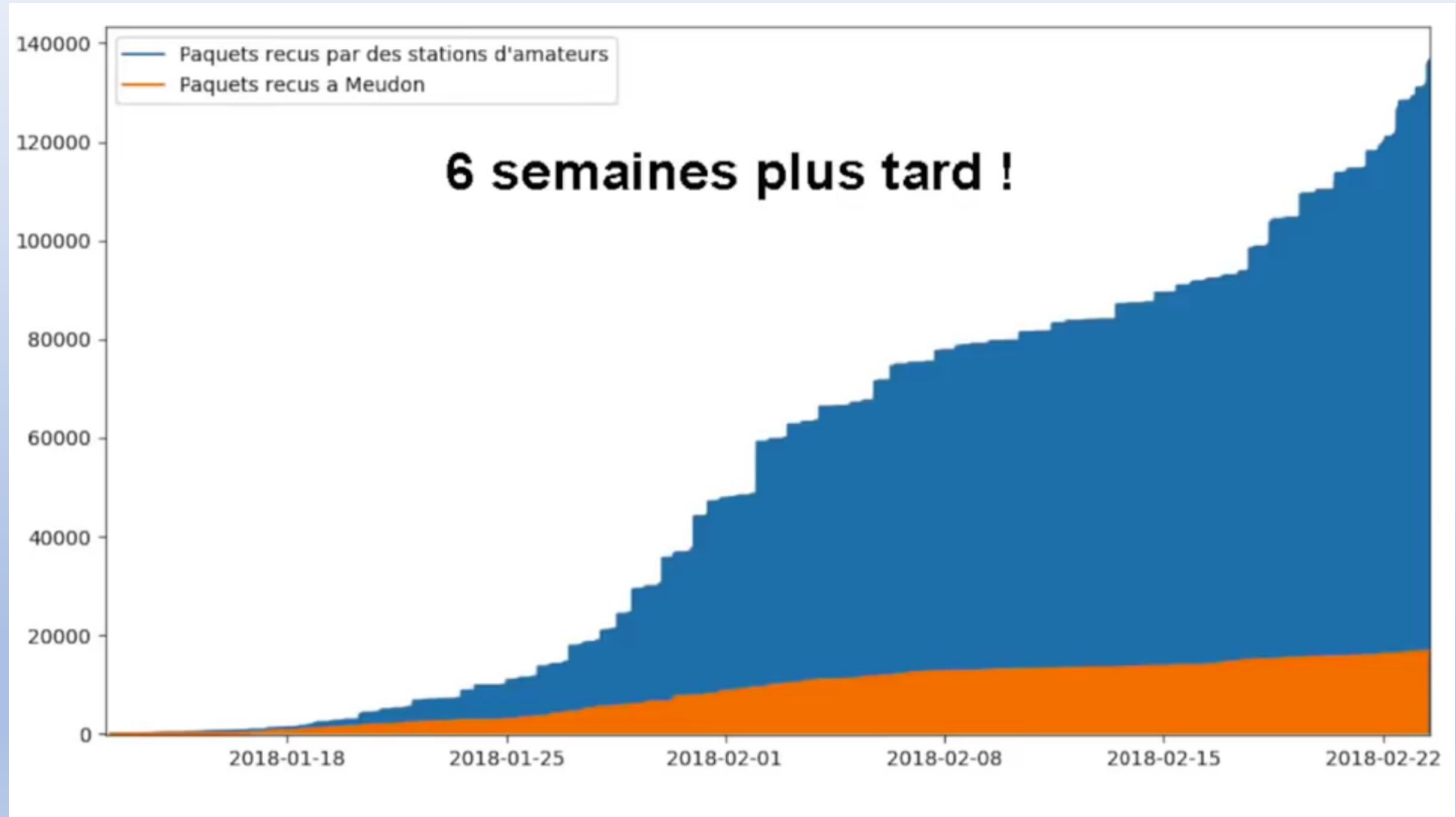
Technique de lancements multiples de picosatellites

- coût Kg en orbite reste élevé
- très nombreux projets universitaires et scientifiques
- forte croissance industrie spatiale fusées et satellites

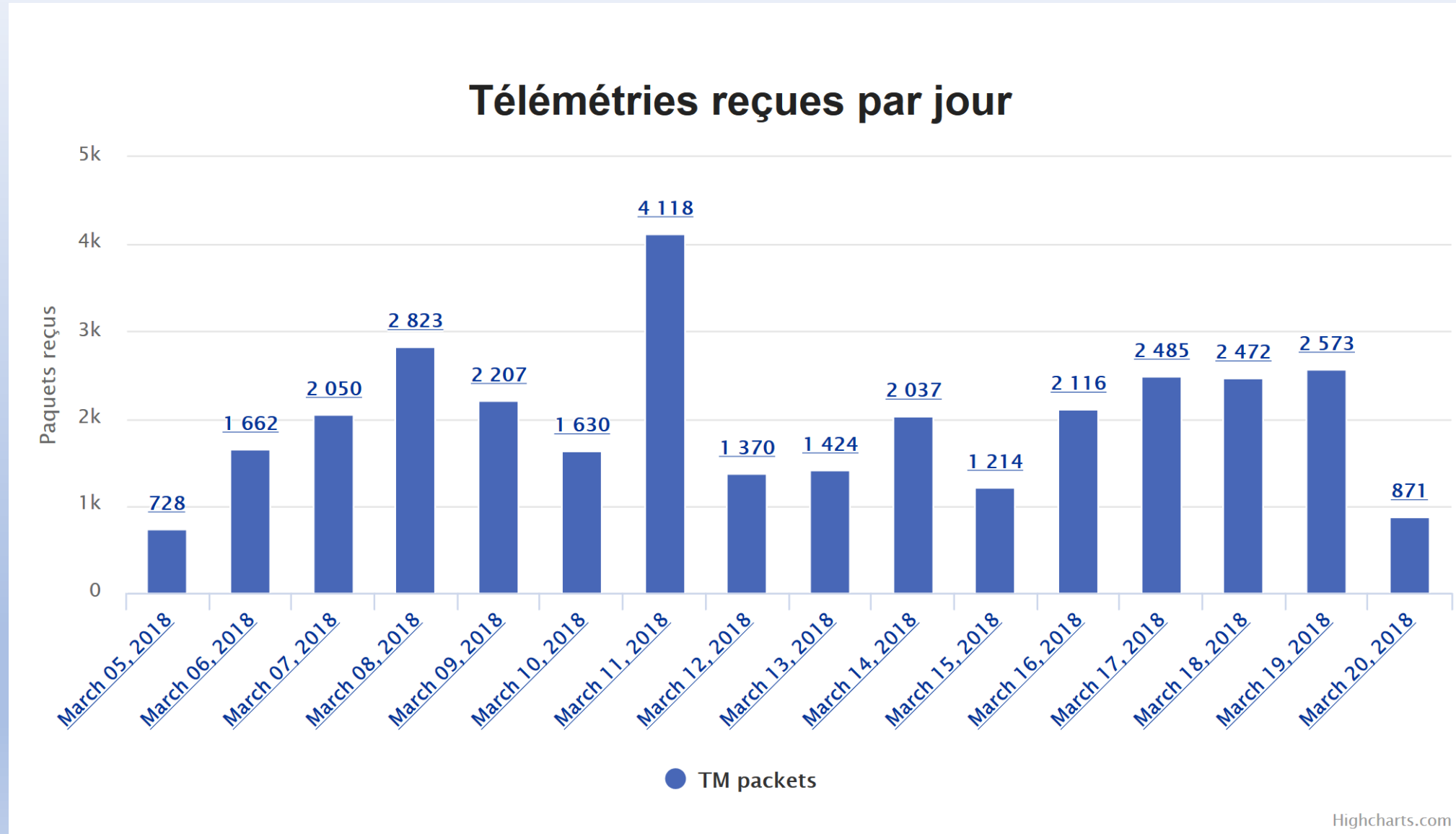
Collecte des données par station sol OBSPM



Collecte des données par stations radioamateurs / OBSPM



Collecte des données par stations sols

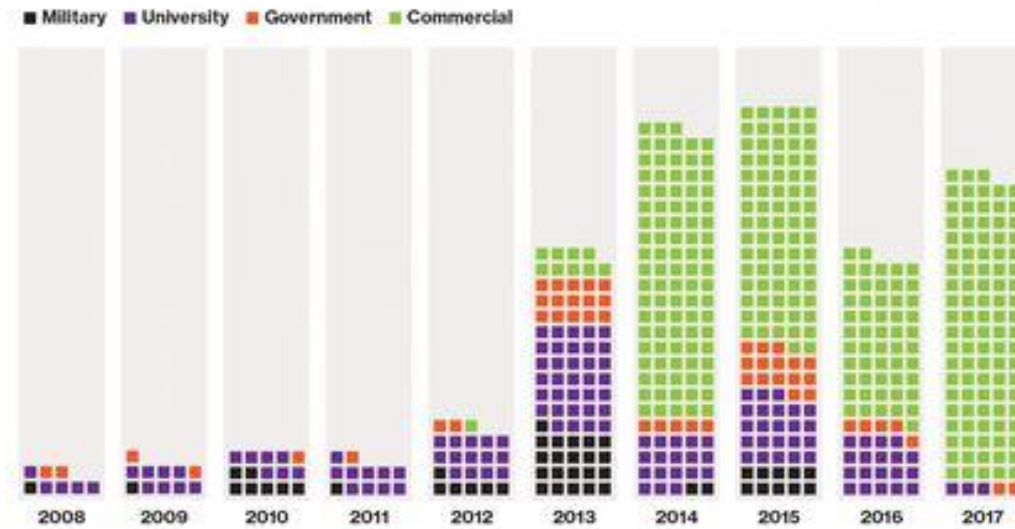


Status – DK3WN SatBlog										
file:///C:/Users/ASUS/Dropbox/RadioAmateur/Cubesats/Status – DK3WN SatBlog.html										
Rechercher										
								report		
NSIGHT-1	ACTIVE	42726			435.900	9k6 FSK	ON02AZ	latest report	details	
NJUST-1	ACTIVE	42722			436.570	1k2/9k6 BPSK	ON03CN	latest report	details	
Challenger	ACTIVE	42721			437.510	9k6 FSK	WI2XTN	latest report	details	
HAVELSAT	ACTIVE	42700			436.845	CW	ON02TR	latest report	details	
Columbia	ACTIVE	42702			437.055	9k6 FSK	KD8CJT	latest report	details	
PHOENIX	ACTIVE	42706			436.915	9k6 FSK	ON01TW	latest report	details	
X-CUBESAT	ACTIVE	42707			437.020	1k2 AFSK	ON01FR	latest report	details	
QBEE	INACTIVE	42708			435.800	9k6 FSK	ON01SE	latest report	details	
CSUNSat1	ACTIVE	42715			437.400	CW, FM	CSUNSAT	latest report	details	
UPSat	INACTIVE	42716			435.765	9k6 FSK	ON02GR	latest report	details	
SpaceCube	ACTIVE	42717			436.880	1k2 AFSK	ON05FR	latest report	details	
Hoopoe	ACTIVE	42718			437.740	9k6 BPSK, USB	ON01IL	latest report	details	
UNSW-ECO	ACTIVE	42723			436.525	4k8 GMSK	ON02AU	latest report	details	
INSPIRE-2	ACTIVE	42731			436.330	4k8 GMSK	ON03AU	latest report	details	
ZA-AEROSAT	ACTIVE	42713			437.200	9k6 FSK	ON01AZ	latest report	details	
EO-88 (Nayif-1)	ACTIVE	42017	435.045 – 435.015	145.960 – 145.990	145.940	LSB/USB 1k2 BPSK	.	latest report	details	
Tancredo-1	INACTIVE	41931			437.200	1k2 AFSK	PY0ETA	latest	details	.

Evolution du nombre de nanosatellites lancés

A Big Bet on Small Satellites

If all goes as planned, 2017 will set a new record for commercial launches of tiny spacecraft called CubeSats, each only a liter in volume and weighing less than two kilograms. The diminutive satellites have been used for over a decade in academic and government missions, but now investors and entrepreneurs are betting on new markets in imaging and telecommunications.

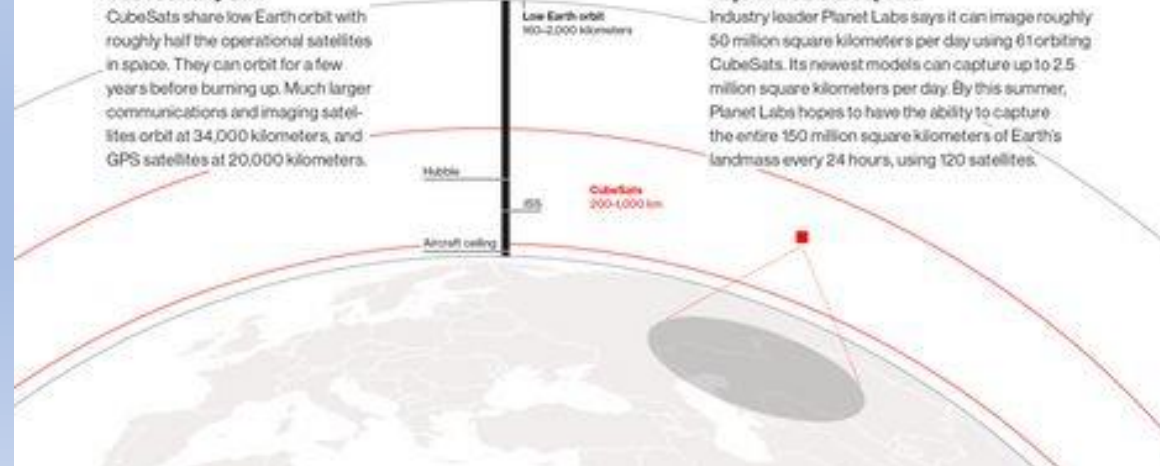


CubeSats Fly Low

CubeSats share low Earth orbit with roughly half the operational satellites in space. They can orbit for a few years before burning up. Much larger communications and imaging satellites orbit at 34,000 kilometers, and GPS satellites at 20,000 kilometers.

Rapid-Fire Data Capture

Industry leader Planet Labs says it can image roughly 50 million square kilometers per day using 61 orbiting CubeSats. Its newest models can capture up to 2.5 million square kilometers per day. By this summer, Planet Labs hopes to have the ability to capture the entire 150 million square kilometers of Earth's landmass every 24 hours, using 120 satellites.



Radioamateurisme, qu'est-ce que c'est ?

Entrez dans le monde fantastique des radioamateurs

L'émission d'amateur

Les radioamateurs ?

- L'émission d'amateur
- Quand la radio a-t-elle commencé ?
- Que peuvent faire les radioamateurs ?
- Comment se passe une liaison radio ?
- D'autres activités
- Le radioamateur, c'est aussi un sportif
- Le radioamateur au service des autres
- Combien ça coûte ?
- La radio : comment ça fonctionne ?
- À l'écoute de la radio
- Quelle langue utiliser ?
- Le radioamateurisme
- L'examen
- Quelques exemples de liaisons
- Mini lexique

L'émission d'amateur est une activité scientifique qui permet d'établir des liaisons hertziennes (radio) avec les radioamateurs du monde entier. Elle permet d'acquérir des connaissances techniques dans les domaines de la radio et de l'électronique et de développer des liens d'amitié entre amateurs de différents pays.

Mais qui est le radioamateur ?

Le radioamateur est une personne qui a reçu l'autorisation officielle de communiquer par radio, avec d'autres personnes, elles aussi légalement autorisées. Ces communications se font sur les bandes de fréquences allouées par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) au service amateur et au service amateur par satellite. Le radioamateur pratique une activité à caractère technique ; ses compétences sont contrôlées et accessibles à toutes et à tous. L'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) lui délivre un certificat d'opérateur radioamateur et lui attribue un indicatif l'autorisant à exploiter les fréquences allouées par l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP).

Vous avez dit : « radioamateurs » ?

En 1997 les radioamateurs Russes avaient demandé à l'AMSAT-France de construire une réplique modèle réduit du premier satellite spoutnik lancé quarante ans plus tôt.

Ce microsatellite, baptisé **Spoutnik 40** pour cette raison, a été largué par un cosmonaute lors d'une sortie extra véhiculaire depuis la stations spatiale soviétique MIR en octobre 1997.

Le microsatellite a été enregistré sous le nom de **RS-17**



Vous avez dit : « radioamateurs » ?



CONSEIL SUPERIEUR DE L'AUDIOVISUEL République Française	
LICENCE DE RADIOAMATEUR CEPT CEPT Radio amateur Licence CEPT amateurfunkgenehmigung N° 007847	
valable jusqu'à fin février 1990	
TITULAIRE DE LA LICENCE/Licensee/Inhaber : MONSIEUR PIDOUX BERNARD 6 SQUARE CLAUDE DEBUSSY 75017 PARIS	
INDICATIF D'APPEL Call sign/Rufzeichen : FE6BVP	
STATION Station/Funkstelle : FE6BVP	
SERVICE AYANT DELIVRE LA LICENCE : CSA - Centre de Gestion des Réseaux Privés NOISEAU - B.P. 75 - 94002 CRÉTIL CEDEX	
CLASSE CEPT/CEPT Category/CEPT-Klasse : 1	
Licence délivrée en application de la Recommandation T/R - 61 - 01 de la CEPT.	
- Ce document certifie que le porteur est titulaire d'une licence l'autorisant à posséder et utiliser une station d'amateur dans certains pays en se conformant à la réglementation en vigueur dans ces pays. (1)	
- This document serves as proof that the licensee has been granted permission to possess and use an amateur station in some countries subject to the regulations in force in those countries.	
- Der Inhaber der vorliegenden Genehmigung ist berechtigt in gewissen Ländern eine Amateurfunkstelle mit sich zu führen und nach dortigen Bestimmungen über der Amateurfunk zu betreiben.	
CLASSES DE LICENCE :	
● CLASSE 1 CEPT/GROUPES D et E FRANÇAIS :	
Cette classe permet l'utilisation de toutes les fréquences attribuées au service amateur qui sont autorisées dans le pays où la station doit être exploitée.	
● CLASSE 2 CEPT/GROUPES A, B et C FRANÇAIS :	
Cette classe limite l'utilisation des stations aux attributions de fréquences supérieures à 30 MHz qui sont autorisées pour le service amateur dans le pays où la station doit être installée.	

Comment affirmer sa position de femme dans un domaine historiquement masculin ?



Claudie Haigneré, scientifique, spationaute et femme politique française. Ambassadrice et conseillère auprès du directeur général de l'ESA.

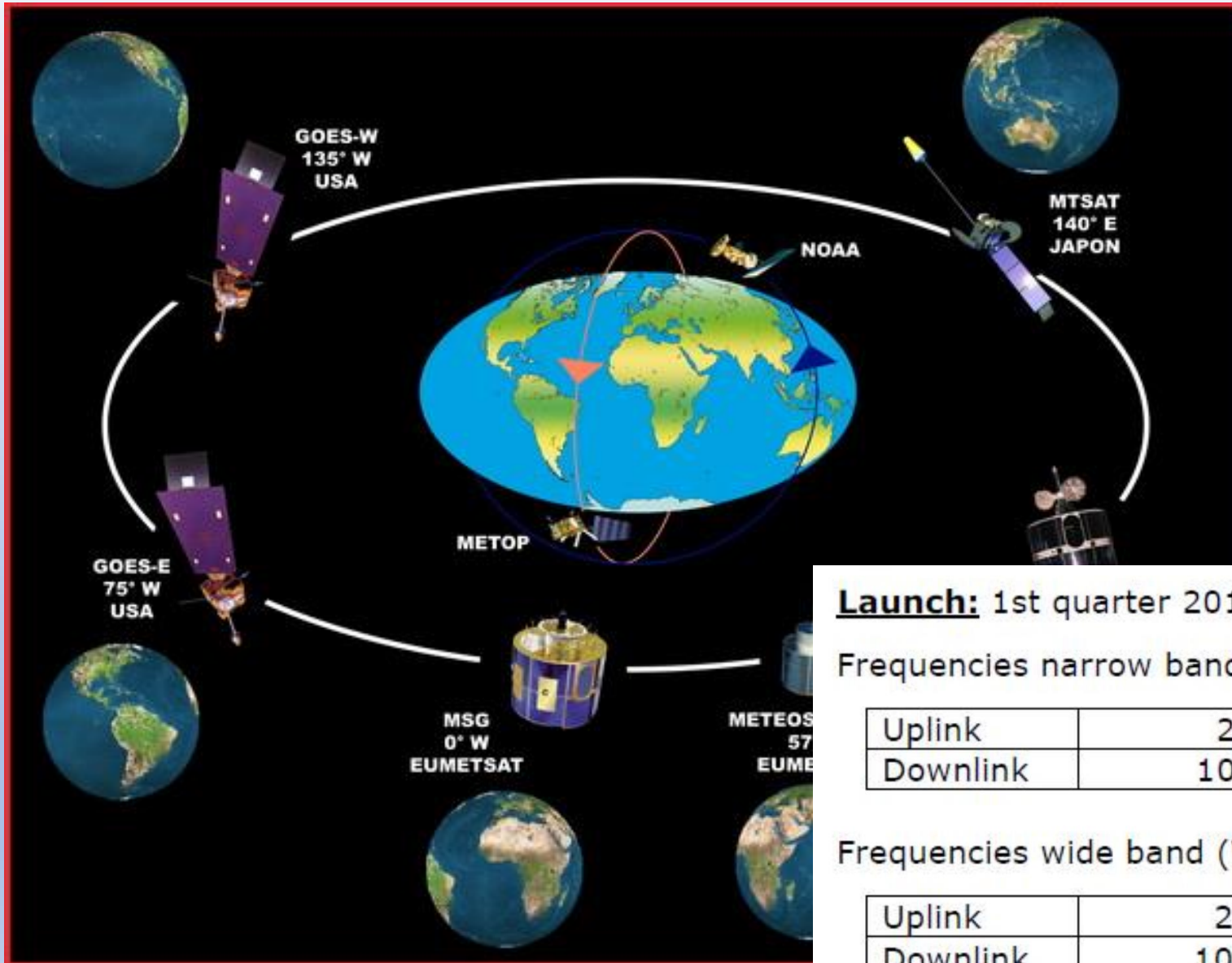
Mardi 30 Janvier, 18H30
Amphithéâtre Becquerel

TRIBUNES DE L'X

En partenariat avec,



Un satellite radioamateur géostationnaire ?



Launch: 1st quarter 2017 – **Position:** 26 deg East – **Lifetime:** 15+ years

Frequencies narrow band (**NB**) transponder (bandwidth 250 kHz):

Uplink	2400.050 MHz	2400.300 MHz	RHCP
Downlink	10489.550 MHz	10489.800 MHz	vertical

Frequencies wide band (**WB**) transponder (bandwidth 8 MHz):

Uplink	2401.500 MHz	2409.500 MHz	RHCP
Downlink	10491.000 MHz	10499.000 MHz	horizontal

Antennes station sol F6KVP



Radiotélescope La Villette ; diamètre 10 m ; gain 40 dB à 1296-1400 MHz

Présentation disponible au téléchargement

<http://f6bvp.org/CSE.pdf>