

OUF TI - 1

Un lien entre les étudiants et
les radioamateurs



Nicolas Crosset – ON4NCR
Amandine Denis – ON4EYA
Nicolas Marchal – ON4NMA

Jonathan Pisane – ON7JPD
Loïc Questiaux – ***
Laurent Rainaut – ***



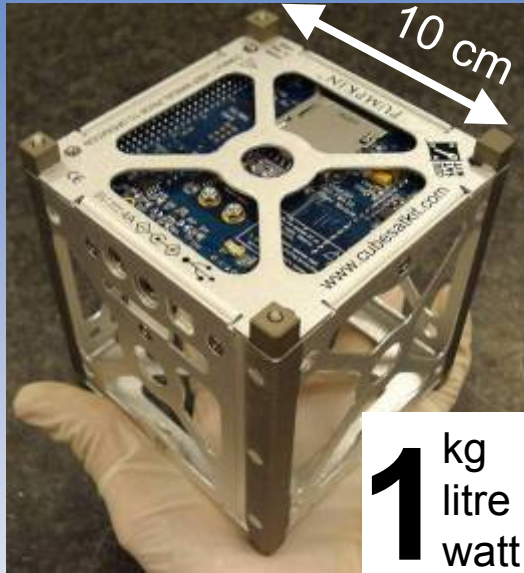
26 février 2010
Section UBA de Gembloux



1. Aperçu du projet
2. Histoire de la COM
3. Le sous-système COM
4. La partie RF
5. Au sol !
6. Conclusions

1. OUFTI-1 en quelques mots
2. Objectifs
3. Objectif éducatif
 - Comment ?
 - Résultats
4. Évolution de l'équipe
5. OUFTI, on en parle !
6. Aperçu technique
7. Quelques réalisations

OUFTI-1 en quelques mots



Standard CubeSat



3 charges utiles



VEGA : 2010-2011



Deux Universités et deux Hautes Écoles

Éducation et fun

Conception du système OUFTI-1

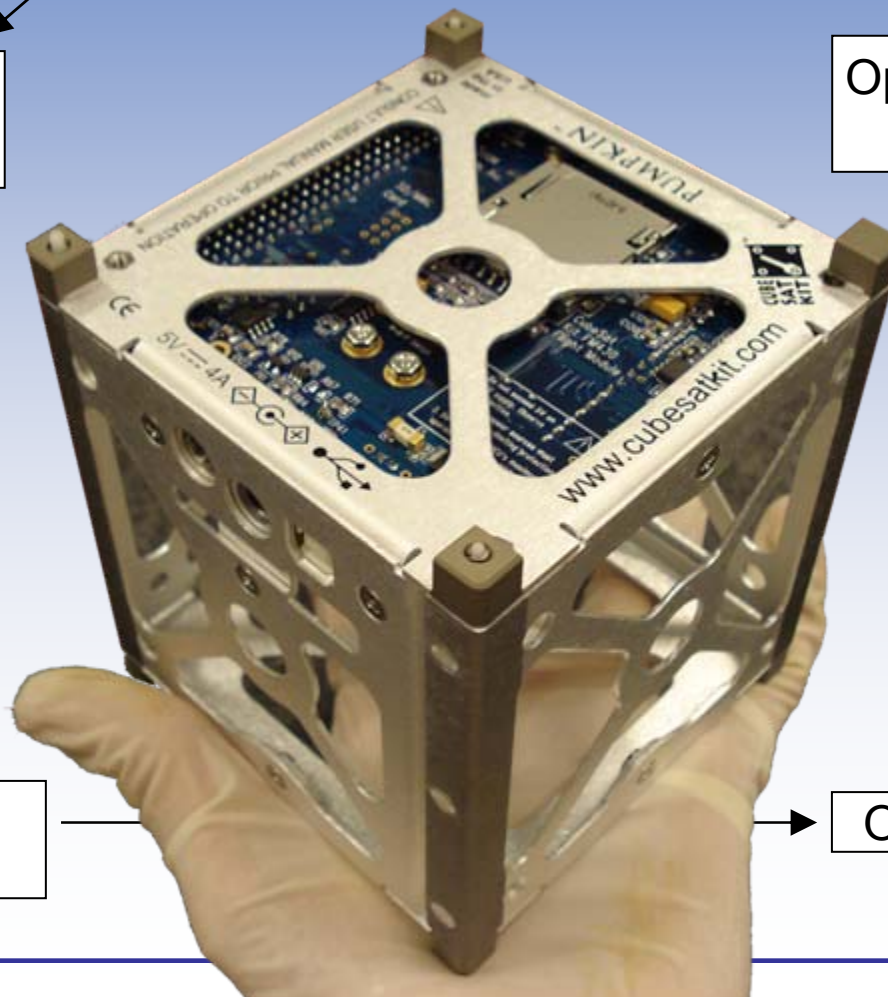
Lancement d'OUFTI-1

Satellite en vie dans l'Espace

Opérer les charges utiles secondaires

D-STAR fonctionnel

Opérer le satellite



Objectif éducatif – comment ?



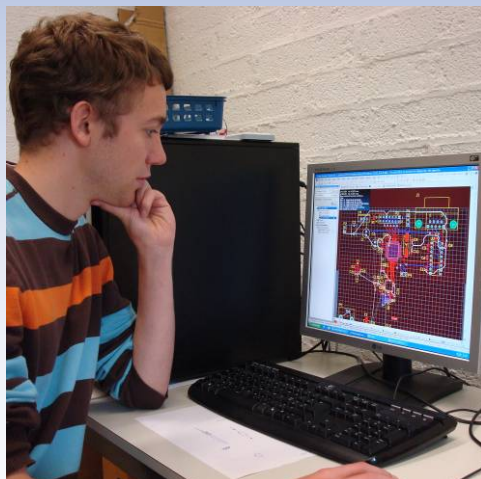
TFEs inhabituels :



Travail d'équipe



Communication



Approche industrielle



Discussions & décisions

→ Étudiants impliqués dans tous les aspects du projet

Objectif éducatif - résultats

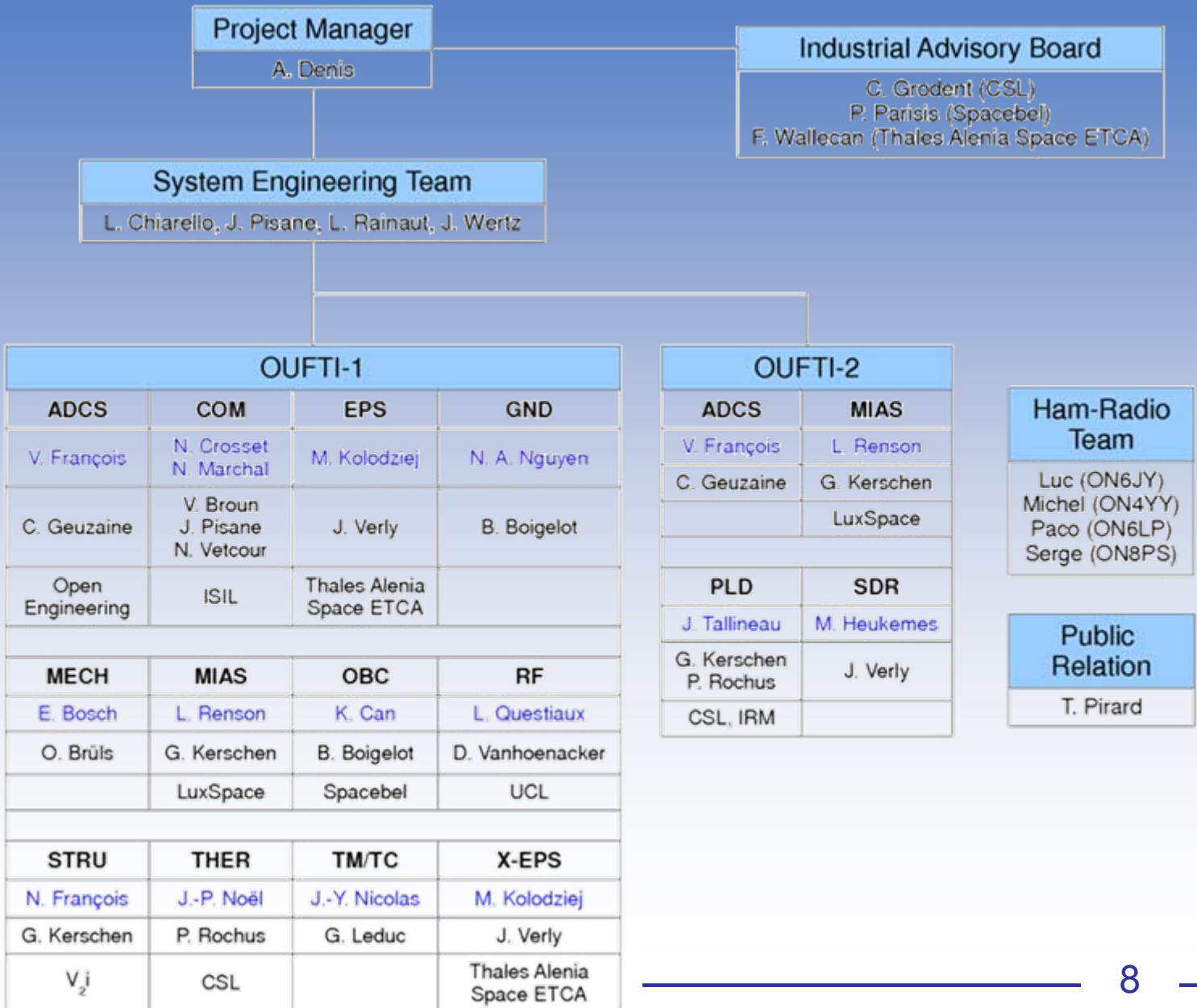


Trois générations d'étudiants :

- 15 diplômés
- 9 prix (meilleurs TFEs, Odissea, Baudouin Elleboudt, Wallonie Espace)
- 14 TFEs en cours



Évolution de l'équipe





OUFTI, on en parle !

- au grand public
- aux (futurs) étudiants
- dans la presse
- lors de conférences
- aux OM's !

Bientôt un satellite "Oufti" dans l'espace
 Il a été conçu par de jeunes ingénieurs de l'Université de Liège.

Le projet de satellite «Oufti» (Orbital Utility For Telecommunication Innovation) est en cours de réalisation. Ce nano-satellite de 1 kg, conçu par des étudiants de l'Université de Liège, sera lancé en orbite à la fin de l'année 2010. Le projet est financé par la Région wallonne et l'Université de Liège.

Le satellite «Oufti» sera lancé à bord du lanceur Vega de l'Agence spatiale européenne (ESA) à la fin de l'année 2010. Le projet est financé par la Région wallonne et l'Université de Liège.

GRACE À OUFTI, TOUS LES RADIOAMATEURS SONT RELIÉS



ECLECTIC TECHNOLOGY

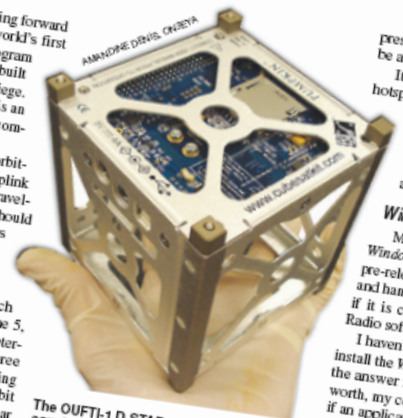
A D-STAR Repeater in Space

Things are percolating these days in the amateur satellite community. Amateurs in Belgium are looking forward to the launch of OUFTI-1, the world's first D-STAR satellite. The tiny 1-kilogram CubeSat is being designed and built by students at the University of Liege. In case you're wondering, OUFTI is an acronym for Orbital Utility For Telecommunication Innovation.

The satellite will function as an orbiting D-STAR repeater with a UHF uplink in a relatively low orbit, but it should give hams about 10 minutes of access time during each overhead pass.

OUFTI is presently scheduled to ride aboard the maiden flight of the Vega launch vehicle from Kourou, French Guiana next spring. Compared to Ariane 5, the Vega is a small launcher. The 30-meter-tall rocket has four propulsion stages (three solid and one liquid). They're anticipating that Vega will deploy OUFTI in an orbit lifespan before reentering the atmosphere.

D-STAR activity has been growing in the US and overseas, so there are plenty of hams already equipped to try OUFTI. That doesn't mean that you'll be able to communicate with the satellite using a handheld D-STAR radio and a "rubber duck" antenna. Chances are you'll need a dual-band Yagi antenna, such as the popular Arrow II portable beam (www.arrowwantennas.com), to enjoy consistent success. For the latest OUFTI updates, check their Web site at www.ledium.ulg.ac.be/



The OUFTI-1 D-STAR satellite under construction. It is presently scheduled for launch in 2010.

The launch was originally scheduled for May, and then bumped to July. Shifting launch schedules are common, so don't be surprised if the flight is delayed yet again. You'll find more information online at www.amsatsa.org.za/SZASAT.htm.

XW-1 Status

Speaking of delays, you may recall my column earlier this year where I discussed the Chinese XW-1 Amateur Radio satellite, transponder, FM repeater and digital store-and-forward system.

According to Project Manager Alan Kung, BAIDU, the launch has been postponed to December. This is a potentially exciting satellite, so keep your eyes peeled for updates.

D-STAR Hotspot Update

In my July column I described a D-STAR hotspot designed around a GMSK mode adapter created by Satoshi Yasuda, 7M3TJZ. Not long after the issue went to press, Satoshi's boards sold out, but they will be available again soon.

It's important to point out that these hotspots are not D-STAR systems per se. D-STAR compliant might be a more accurate description. The Hot Spot does not provide call sign routing or slash routing, and the traffic does not appear on dstarusers.org.

Microsoft says it will release its new Windows 7 operating system this fall. The pre-release reviews have been very positive and hams are already contacting me to ask if it is compatible with current Amateur Radio software.

I haven't had the nerve to download and install the Windows 7 "release candidate," so the answer is "I don't know." For what it is worth, my contacts at Microsoft tell me that if an application will run under Vista, it will run under Windows 7.

For Windows XP users, Microsoft is presently testing something called XPM. When it is ready, XPM will be offered as Windows 7 add-on to provide complete XP compatibility. This is not to say that your current XP applications won't run under Windows 7, but apparently XPM is designed to provide as close to a 100% guarantee as tag for XPM, if any.

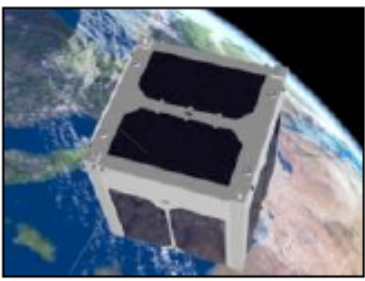
Get Your News in Morse Code!

Chris Kantarjev, K6DBG, has done a very cool thing for Morse aficionados. He took the CNN "breaking news" feed that they supply to Twitter and used a custom application to convert it to Morse code at various speeds. You can listen to the Morse news feeds by pointing your Web browser to <http://www.dimebank.com:8080>.

The audio is streamed in a WinAmp "playlist file" format. It tried to get it to work with Windows Media Player without success, although others have managed to do so. The solution for me was to download and install the free WinAmp media player www.winamp.com. When you install WinAmp, say "yes" when it asks if you want to associate it with all media files. With WinAmp installed, Chris's Morse news feed worked like a champ.

Steve Ford, WB8IMY ♦ QST Editor ♦ sford@arrl.org

Conférence à Gembloux : le projet OUFTI



realisation par des étudiants en Master de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège d'après une idée proposée par Luc Halbach ON6JY radio-amateur et ingénieur.

OUFTI-1 devrait être le premier satellite réellement belge, certes à taille très modeste. En effet, si PROBA-1 de 94 kg, qui est en orbite 500 km depuis octobre 2001, est satellite «made in Belgium», il a conçu dans le cadre d'un programme technologique de l'ESA (Agence spatiale Européenne).

Sous l'impulsion des professeurs Gaetan Kerschen du LTAS/3SL (Structures and Systems Laboratory) de Jacques Verly de l'IR Montefiore/EECS (Ele Engineering and Computer Science) l'Université de Liège s'est lancée dans la réalisation d'un «Cubesat» de l'armature standardisée, qui peut dans une main.

Le vendredi 26 février 2010, à 20 heures, à la section de Gembloux - ON6GX, aura lieu une présentation du Nano-satellite Belge pour radioamateurs OUFTI-1 à l'attention toute spéciale des radioamateurs de la province de Namur et du Brabant wallon.

Ce sont des membres de l'équipe de l'Université de Liège qui a conçu le satellite qui parlera de ce projet.

Oufti-1 est un nano-satellite, de type «Cubesat». Le projet est en cours de

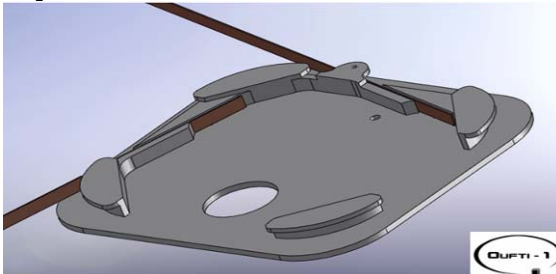
Dans l'espace, entre 350 et 1200 km d'altitude, ce cube de 10 cm de côté,

ON6GB - Pierre AUBRY

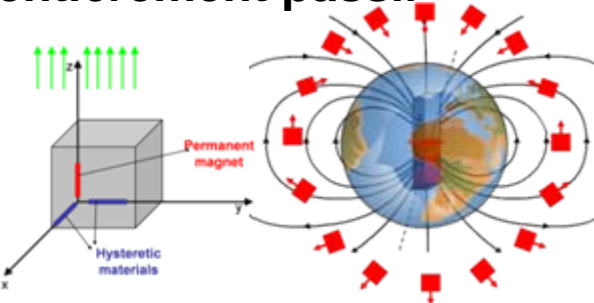


Aperçu technique

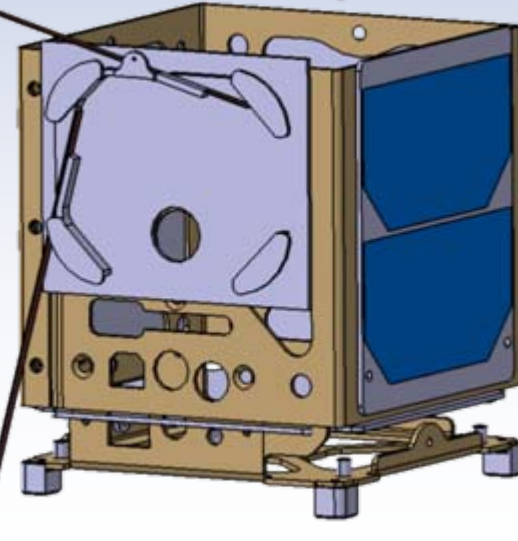
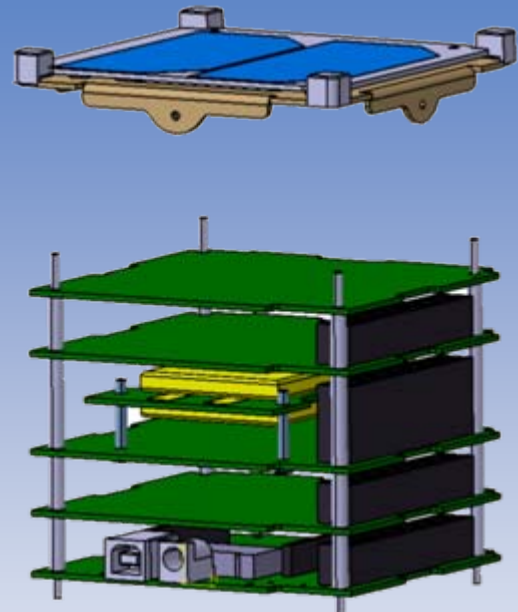
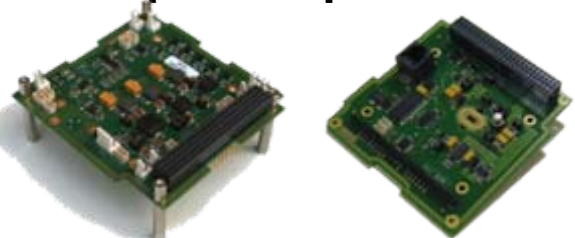
MECH : maintien & déploiement des antennes



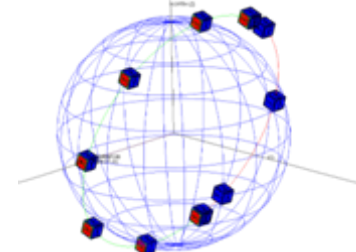
ADCS : entièrement passif



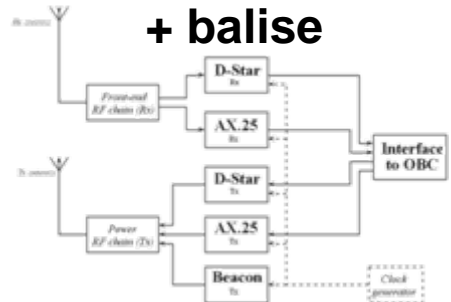
EPS : classique + expérimental



THER : passif



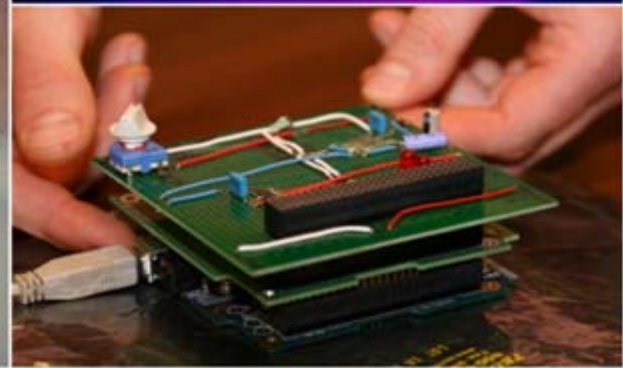
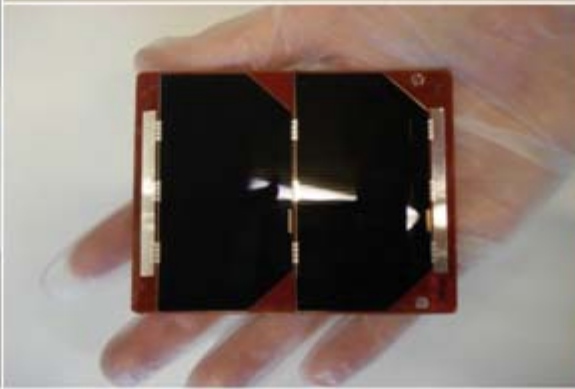
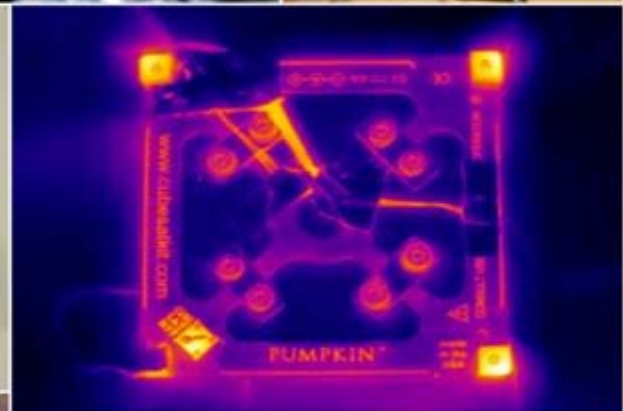
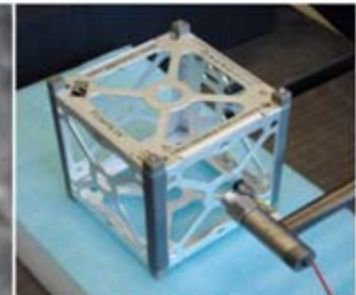
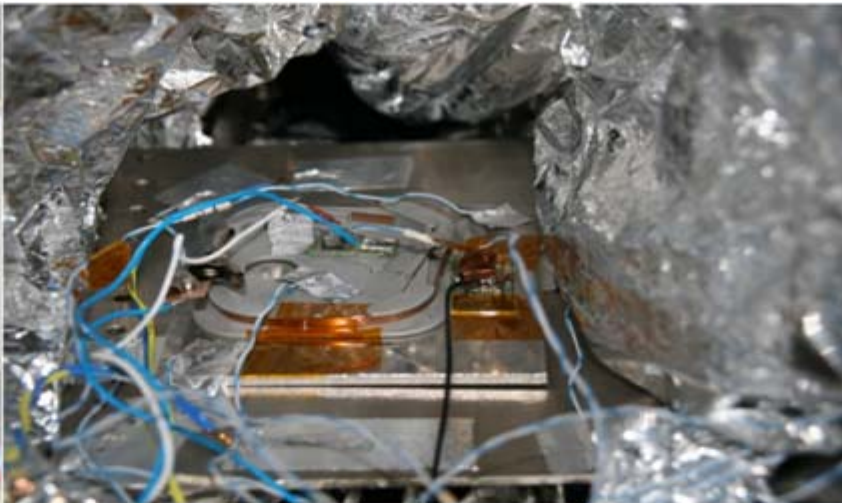
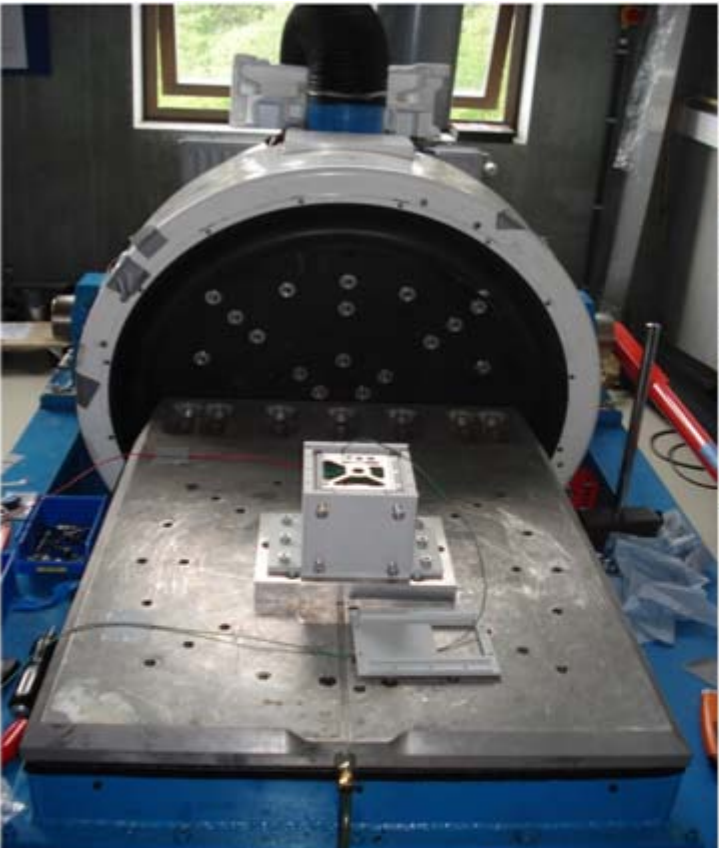
COM : D-STAR + AX.25 + balise



OBC : kit + « fait-maison »



Quelques réalisations



1. Historique
2. D-STAR
3. TC/TM
4. Schéma de la COM

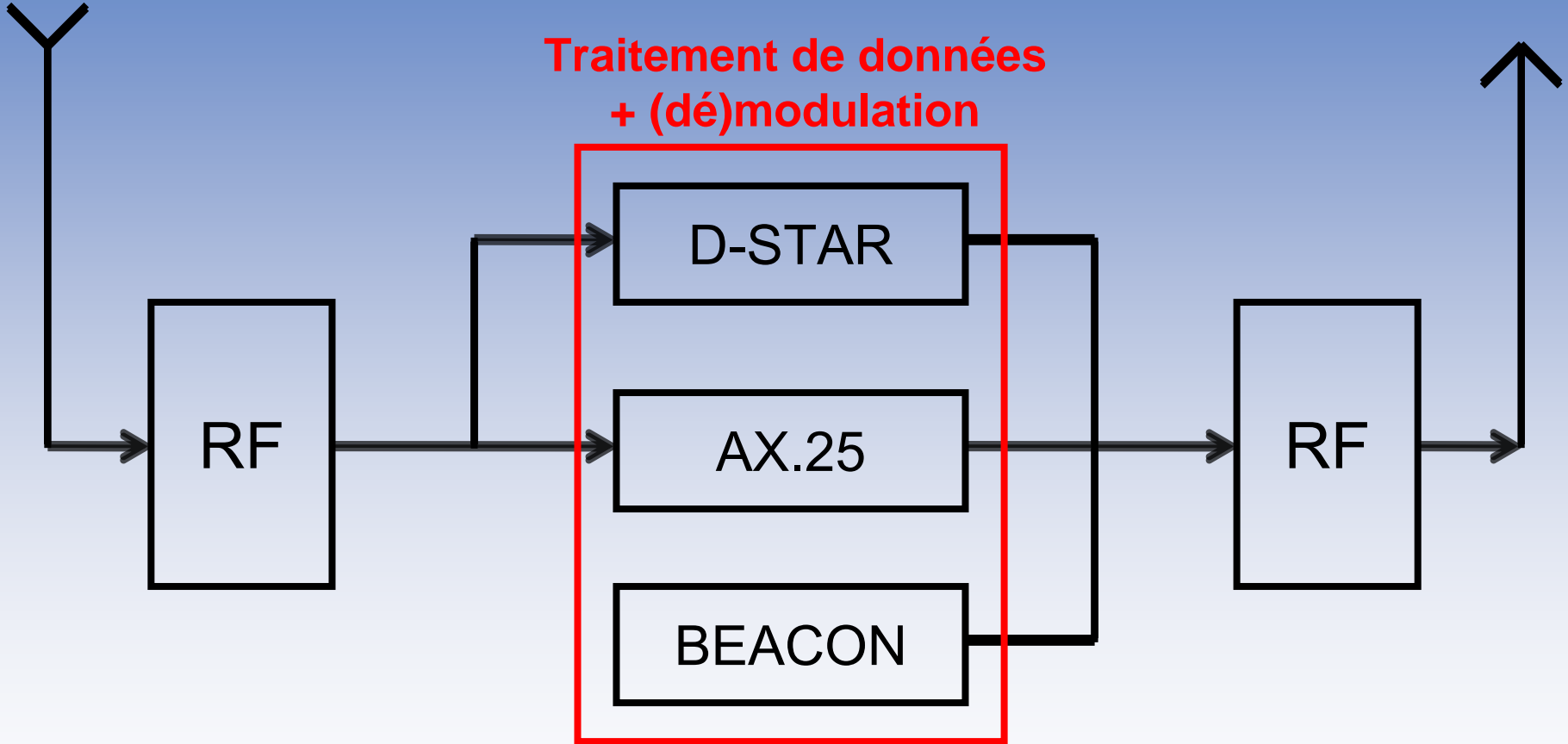
- Idée de base: le D-STAR
- Point de départ: grande motivation
- Découverte de la COM “spatiale” et du D-STAR
- Choix des TM/TC
- Problèmes pratiques (Doppler, link budget, encombrement, alimentation...)
- Solution définitive?

- Payload principale d'OUFTI-1
- 1^{er} relais belge à l'ULg
- 1^{er} relais dédié D-STAR dans l'espace = OUFTI-1
- Historique du travail:
 1. Découverte du protocole et étude de faisabilité pour le spatial (1)
 2. Premières implémentations (2)
 3. Implémentation finale, space-compliant (2)

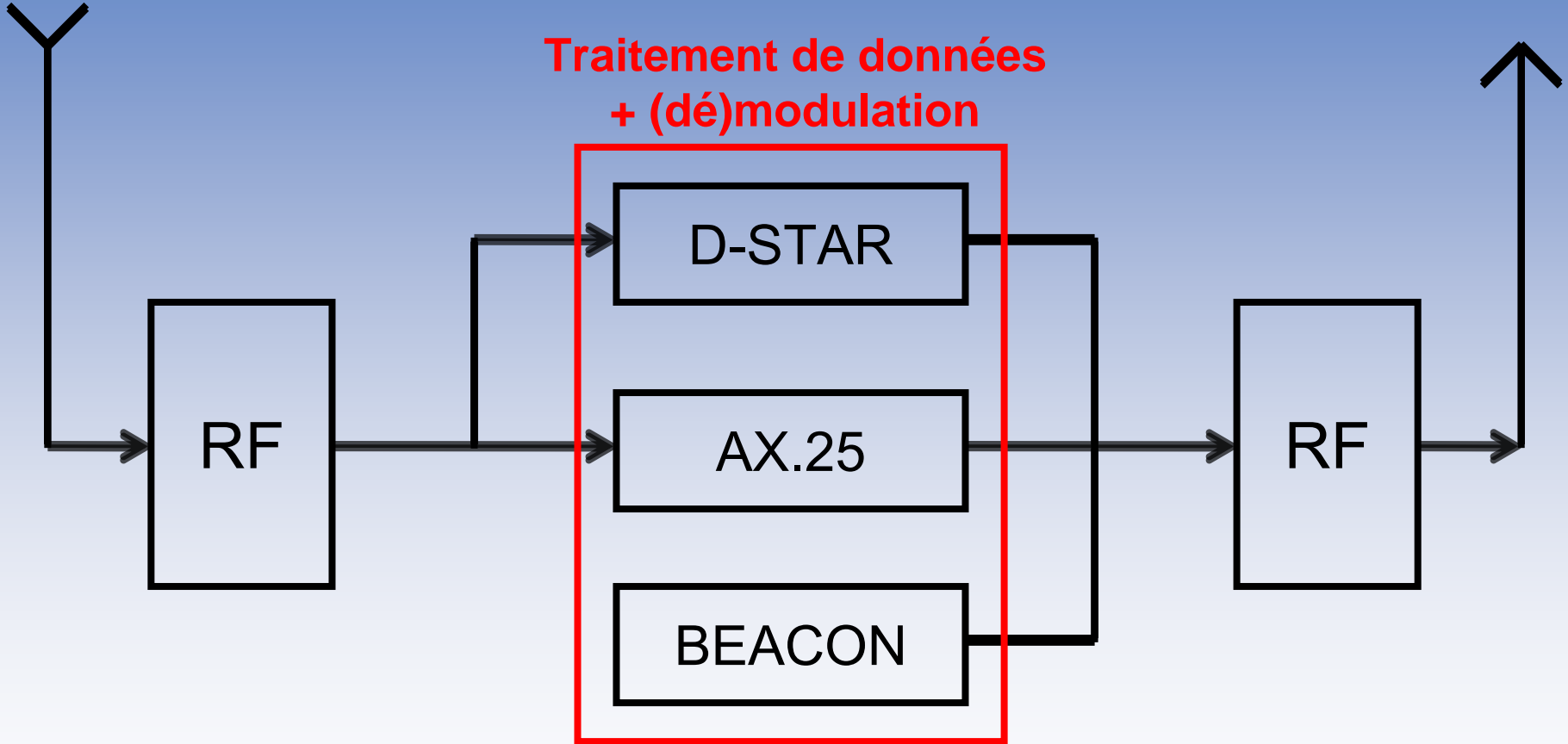
- Pas possible en D-STAR
- Gestion des TC/TM
 - ⇒ 12 paramètres vitaux: BCN (Tx)
 - ⇒ Mesures “complètes”: AX.25 (Tx-Rx)
- Bien connus des radio-amateurs
 - ⇒ Facilement décodable
- Utilisation du PUS/CCSDS
- Compatible GENSO



Challenge d'OUFTI-1: 3 systèmes de COM



1. Généralités
2. D-STAR
3. Fonctionnalités D-STAR de OUFTI-1
4. Compensation Doppler
5. Architecture du système COM

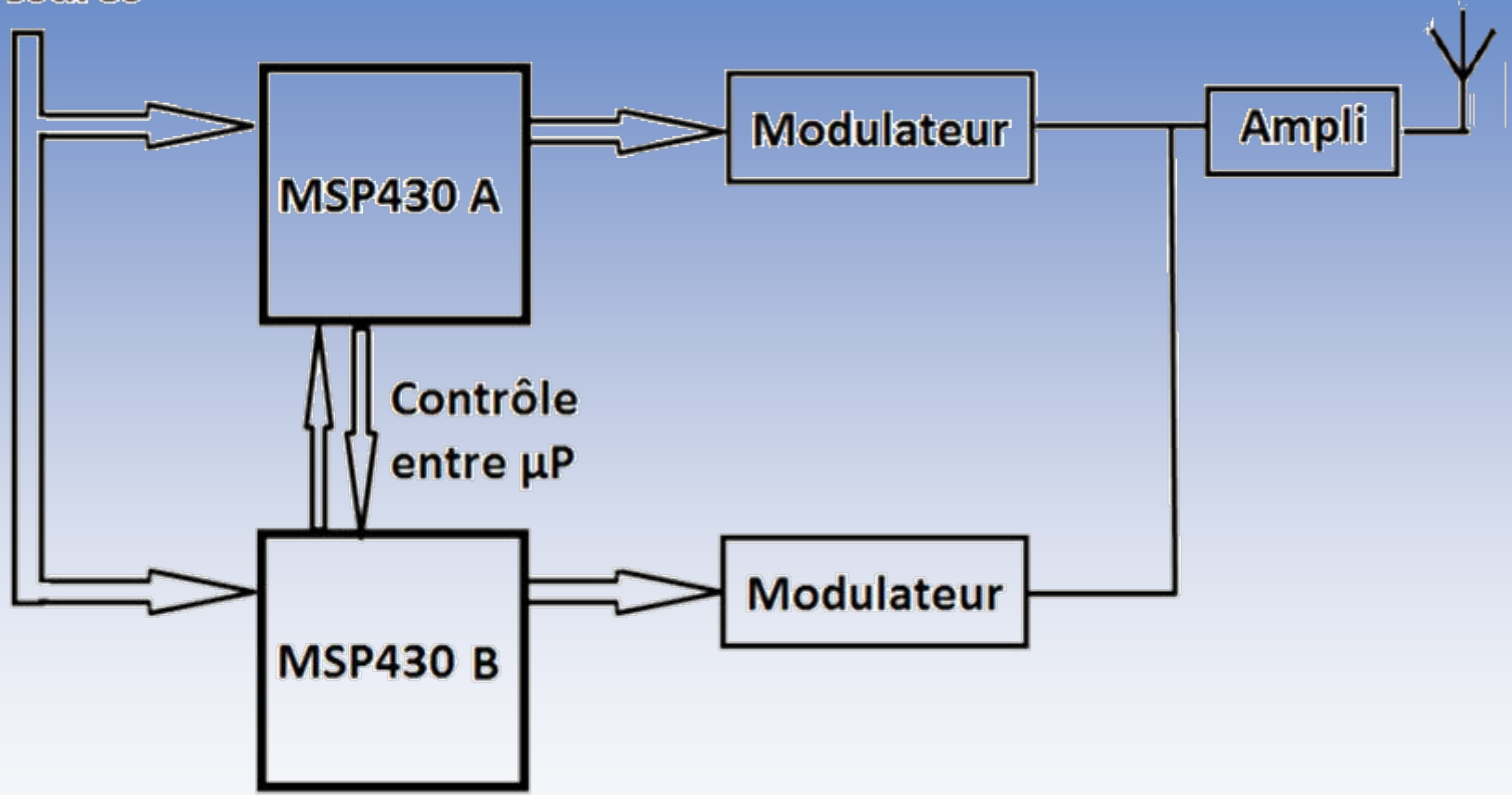


- Emet de manière continue
- Message =
 - partie fixe
 - 12 mesures critiques (T, I, V,...)
- 12 mots / minute
- Modulation 2FSK

«HI HI DE OUFTI1 SW AA BB ...PP YY ZZ»

- HI HI DE : synchro
- OUFTI1 : identification
- Status Word (SW) : 8 bits de status
- AA BB ... PP : 16 valeurs 8 bits codées en hexa
- YY : checksum
- ZZ : fin de trame

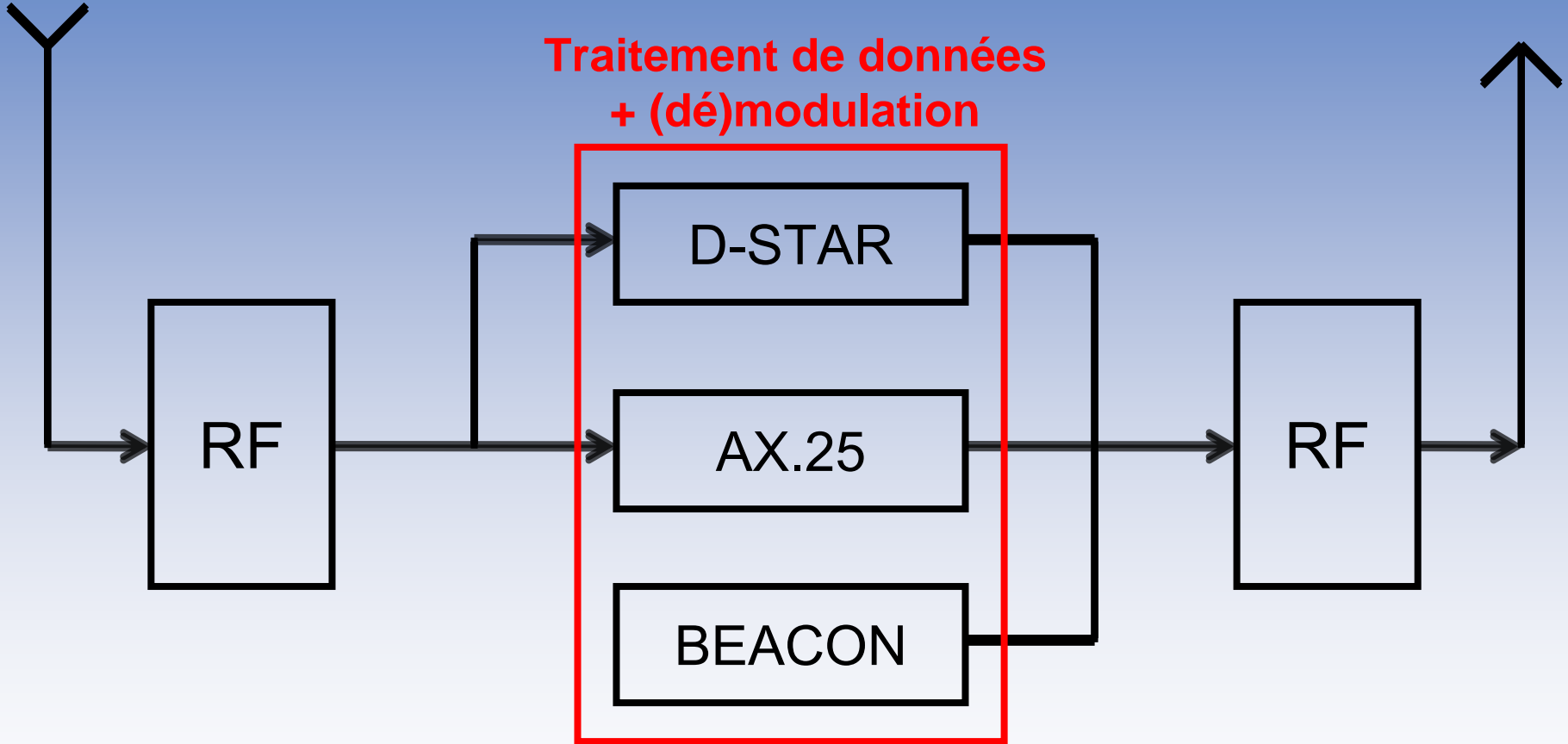
mesures



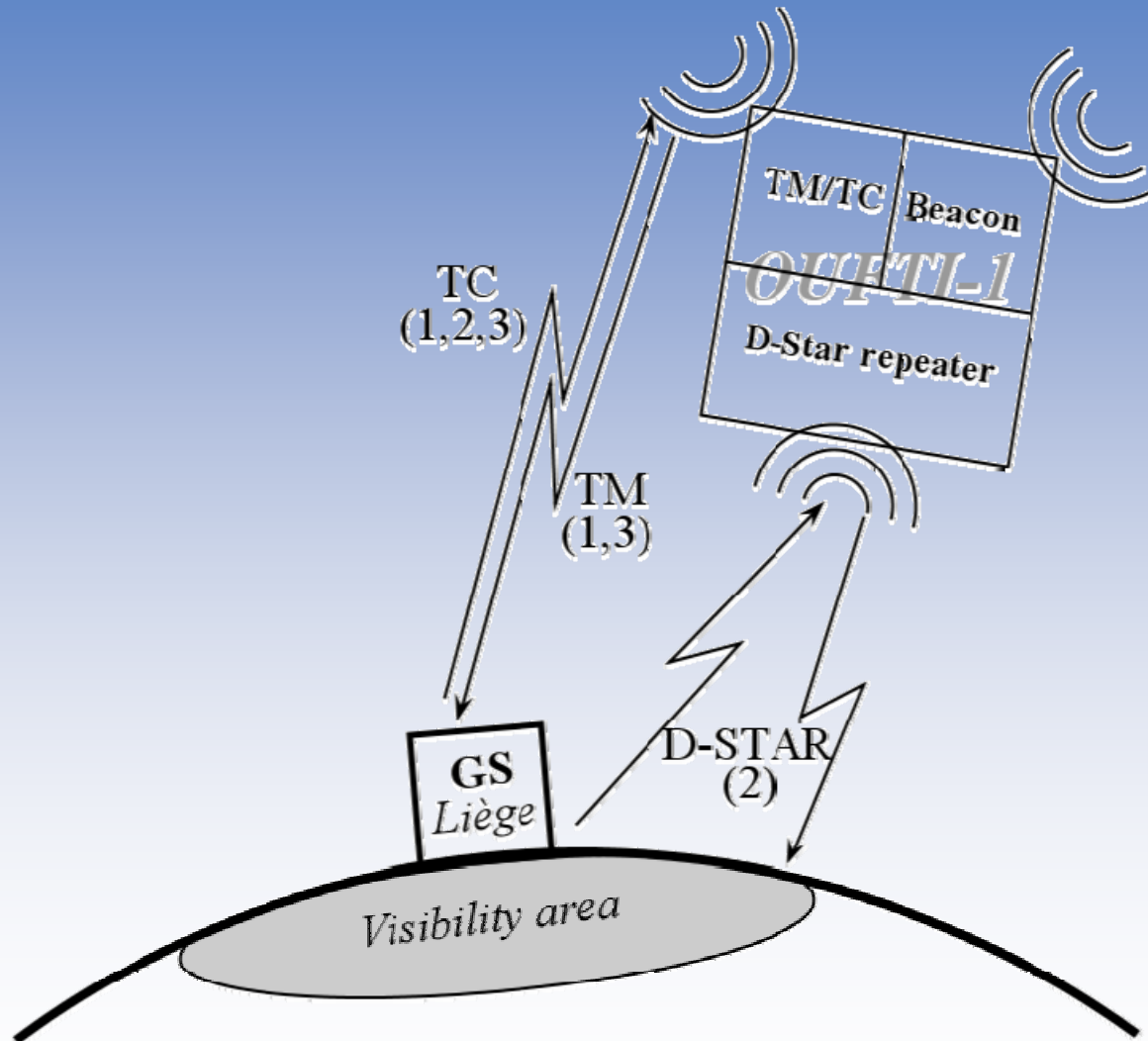
- De la plus haute importance !
 - Redondante
 - Indépendante
- Captée et relayée par les radio amateurs de par le monde

- On compte sur vous !



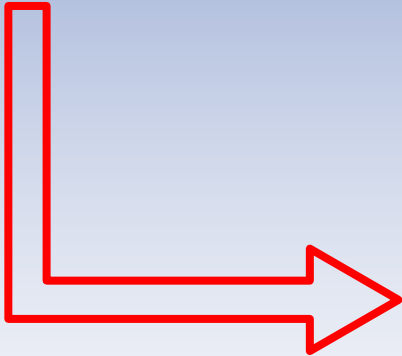


- Très utilisé par les radioamateurs qui font du trafic satellite
- Télécommandes et télémétries
- Fiable et éprouvé dans l'espace
- Détection d'erreurs
- Modulation 2FSK, 9600 bauds

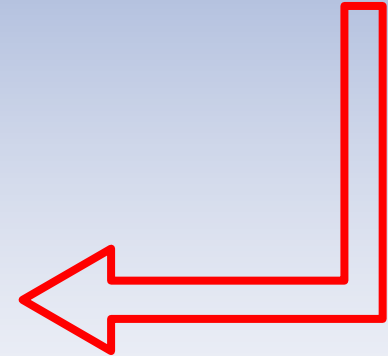


- Très important !
 - Commander le satellite
 - Stopper la transmission en cas d'urgence
 - Toujours à l'écoute, prioritaire

Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110



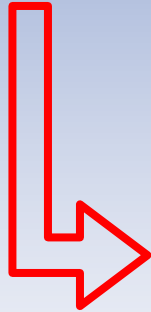
- 01111110
- Délimiter les trames



Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110

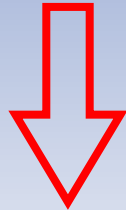
- Bit Stuffing :
 - Intercale un « 0 » après chaque suite de 5 « 1 » consécutifs

Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110



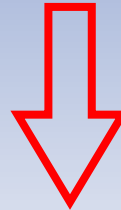
- Source et destination

Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110



- Type de trame
- Intégrité de la liaison

Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110



- Protocol IDentification
- Pour OUFTI-1 : 11110000

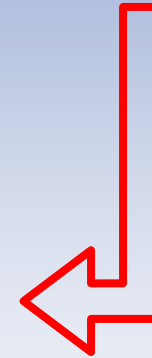
Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110



- Information utile

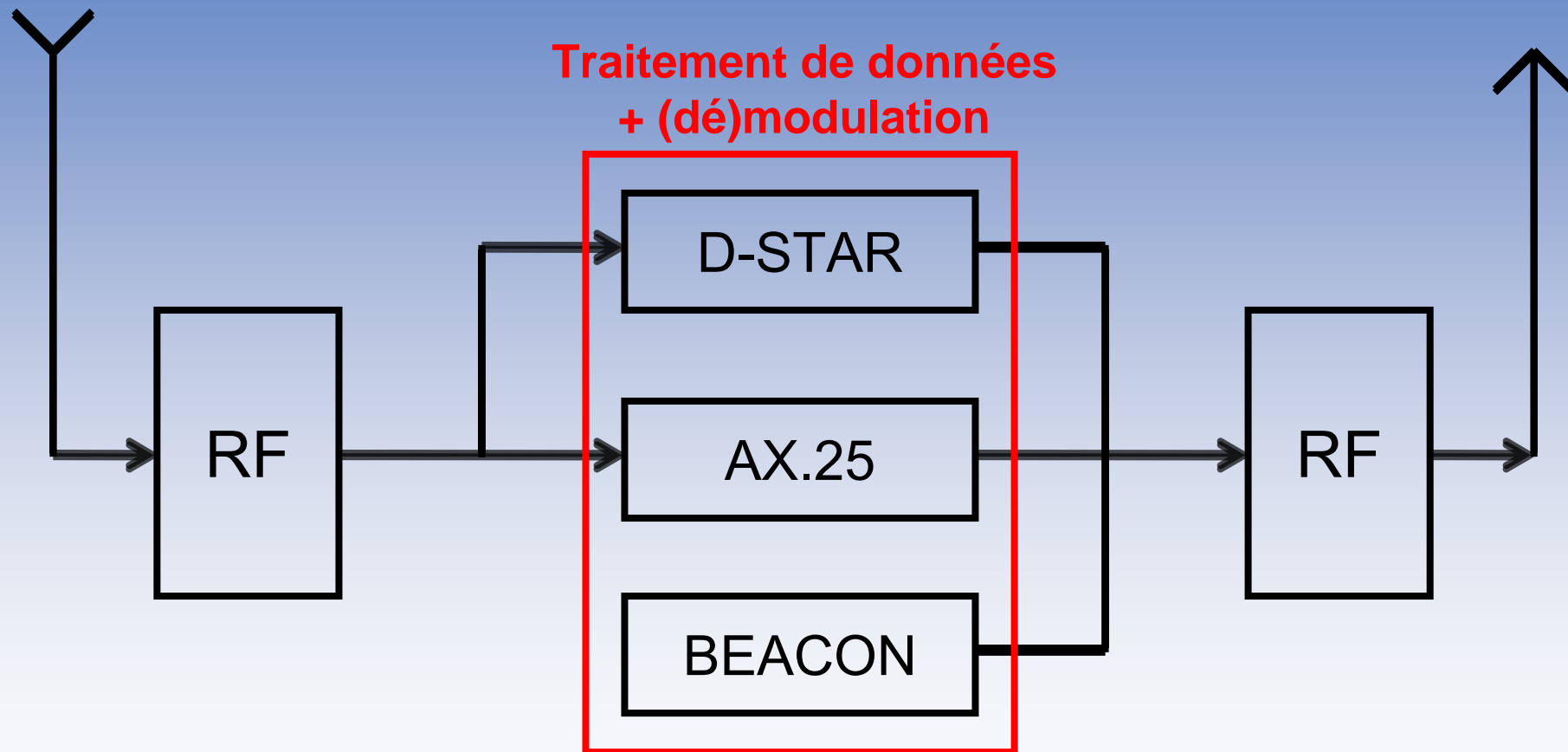
Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110

- Checksum
- Détection d'erreurs



- Télécommandes / téléométries :
 - Encore à l'étude :
 - Utilisation du PUS/CCSDS
 - Signature des télécommandes
 - ...







- Digital Smart Technologies for Amateur Radio
- Payload principale de OUFTI-1
- Jamais utilisé dans un satellite relais dédié

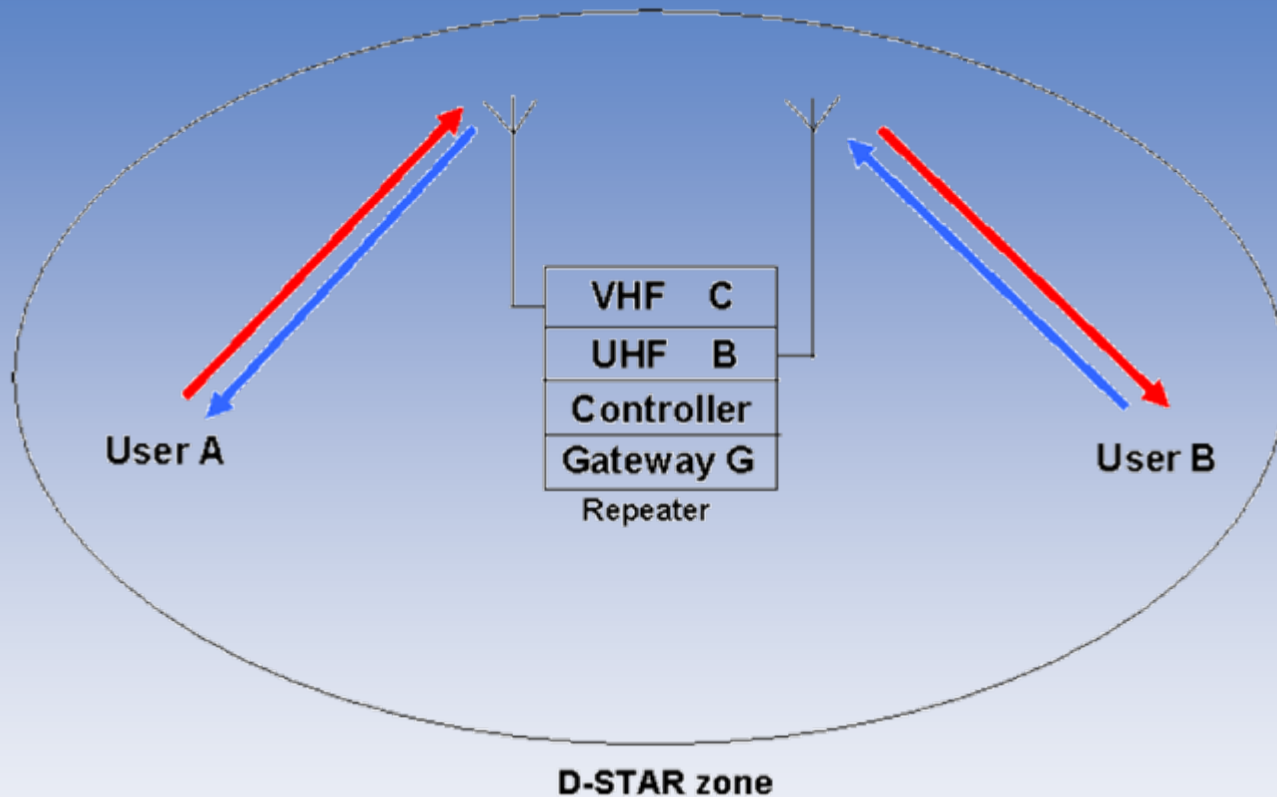
- Qu'est-ce que le D-STAR ?
 - Protocole de transmission numérique
 - 2 modes :
 - DV (Digital Voice) : Voix + données (145MHz, 435MHz et 1.2GHz)
 - DD (Digital Data) : Données uniquement (seulement en 1.2GHz)

- Quels sont les avantages du D-STAR ?
 - Numérique
 - Grande portée
 - Voix et données simultanément
 - Faible largeur de bande
 - Indicatif en toutes lettres sur le récepteur
 - Passerelle Internet
 - ...

- 3 types de communications classiques au sol :
 - Directe
 - Via un relais
 - Via Internet

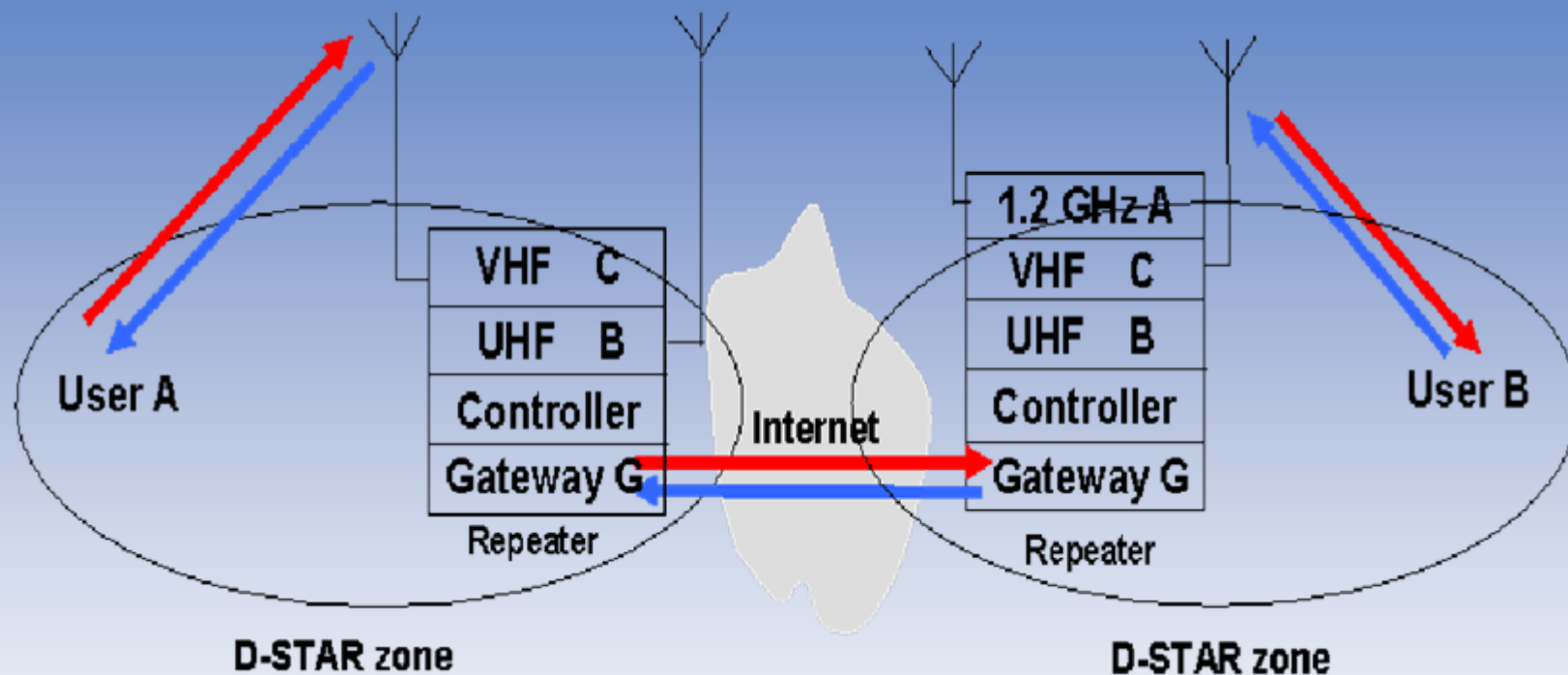


- Callsigns :
 - MY = ON4NMA (source)
 - YOUR = ON4NCR (destination) ou CQCQCQ
 - RPT1 = DIRECT
 - RPT2 = DIRECT



- Callsigns :

- MY = ON4NMA (source)
- YOUR = ON4NCR (destination) ou CQCQCQ
- RPT1 = ON0ULG /C (entrée dans le relais en VHF)
- RPT2 = ON0ULG /B (sortie du relais en UHF) ou vide



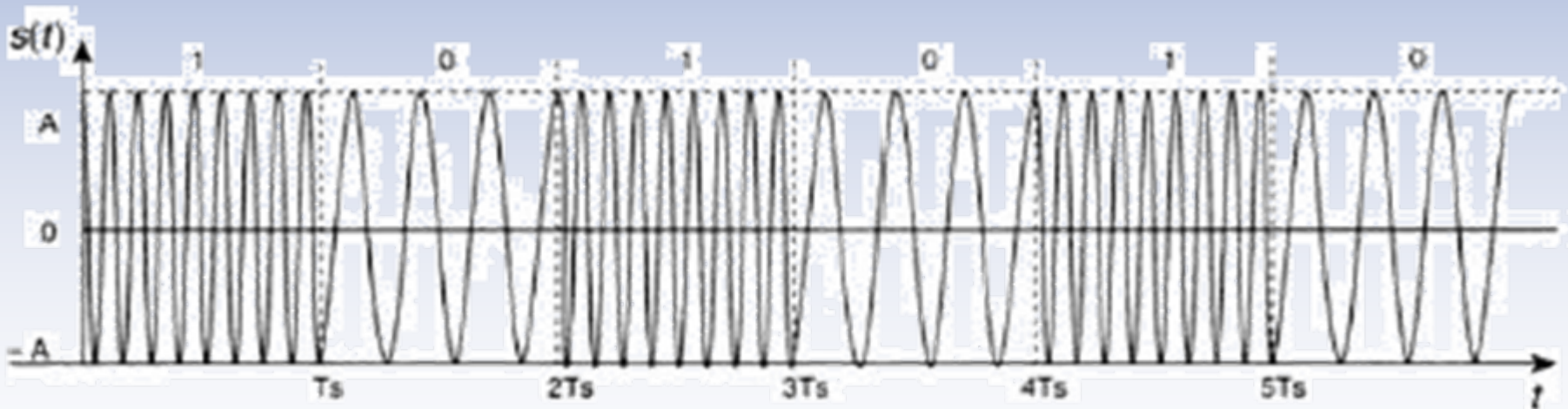
- Callsigns :
 - MY = ON4NMA (source)
 - YOUR = /JP1YEM (relais au Japon)
 - RPT1 = ON0ULG C (entrée dans le relais en VHF)
 - RPT2 = ON0ULG G (vers le gateway)

- 2 possibilités :
 - (QPSK = Quadrature Phase Shift Keying)
 - GMSK = Gaussian Minimum Shift Keying
- Baud rate = 4800 bauds



- Gaussian Minimum Shift Keying
 - (Frequency) Shift Keying
 - Minimum
 - Gaussian

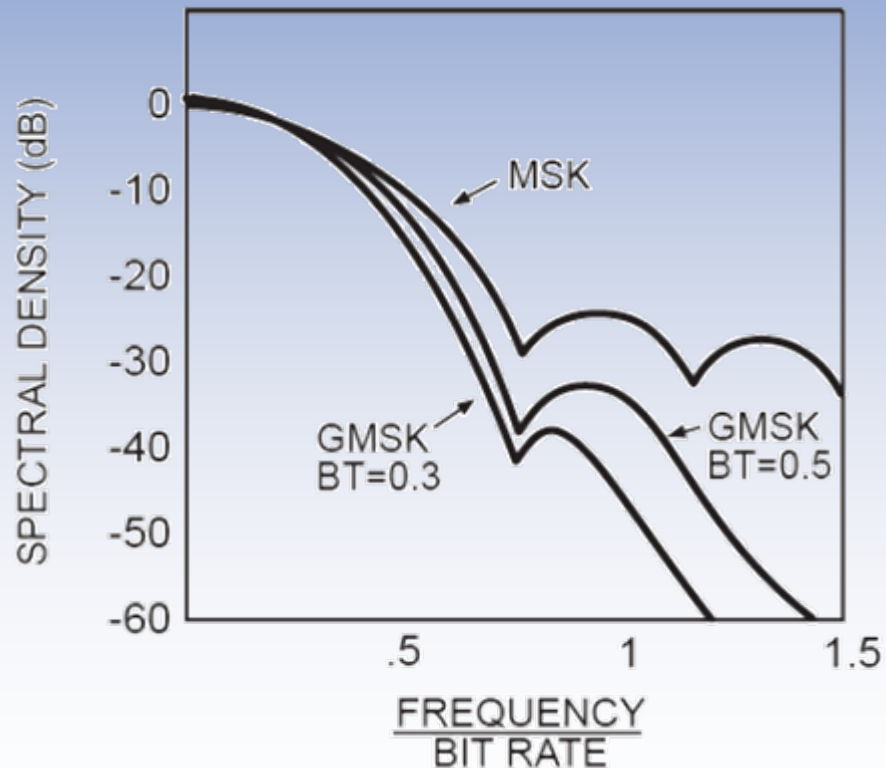
- Gaussian Minimum Shift Keying
 - **(Frequency) Shift Keying**
 - Minimum
 - Gaussian



- Gaussian Minimum Shift Keying
 - (Frequency) Shift Keying
 - **Minimum**
 - Gaussian

→ Bande passante
minimale pour $m=0.5$

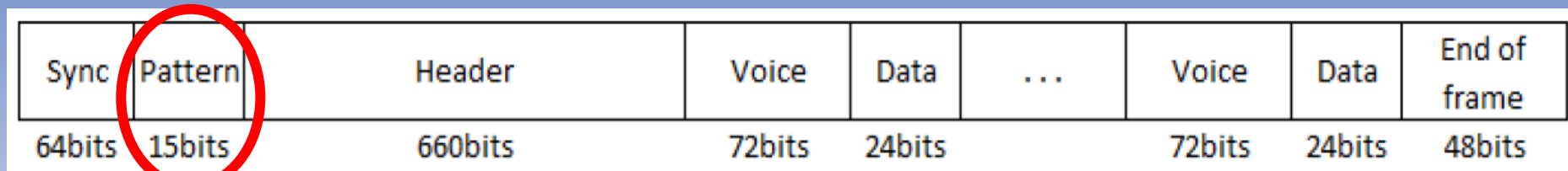
- Gaussian Minimum Shift Keying
 - (Frequency) Shift Keying
 - Minimum
 - **Gaussian**



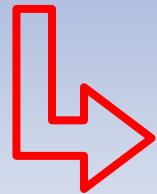
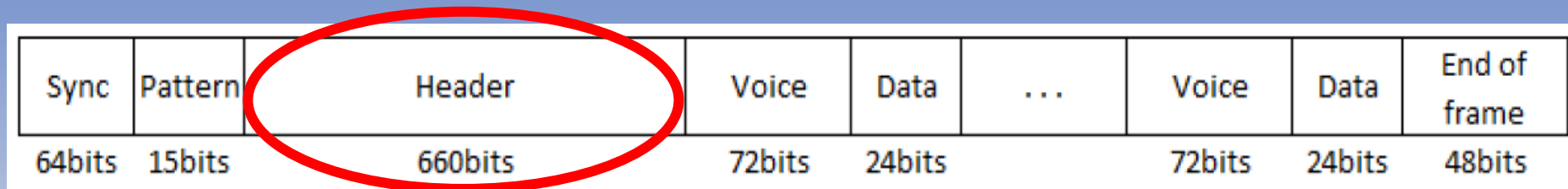
Sync	Pattern	Header	Voice	Data	...	Voice	Data	End of frame
64bits	15bits	660bits	72bits	24bits		72bits	24bits	48bits



- 10101010101...0101010
- Synchronisation de l'horloge

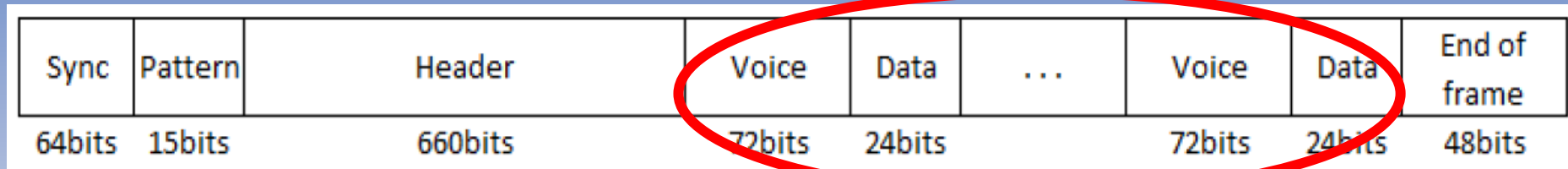


- Start Of Frame
- 111011001010000
- Détection du début de trame



Flags			ID					CRC
1	2	3	RPT1	RPT1	YOUR	MY	MY2	Check sum
1octet	1octet	1octet	8octets	8octets	8octets	8octets	4octets	2octets

- RPT1 et RPT2 : identifiants des éventuels relais
- YOUR : identifiant appelé
- MY : identifiant appelant
- MY2 : éventuel commentaire



- Paquets
- Voix et données entremêlées

Sync	Pattern	Header	Voice	Data	...	Voice	Data	End of frame
64bits	15bits	660bits	72bits	24bits		72bits	24bits	48bits



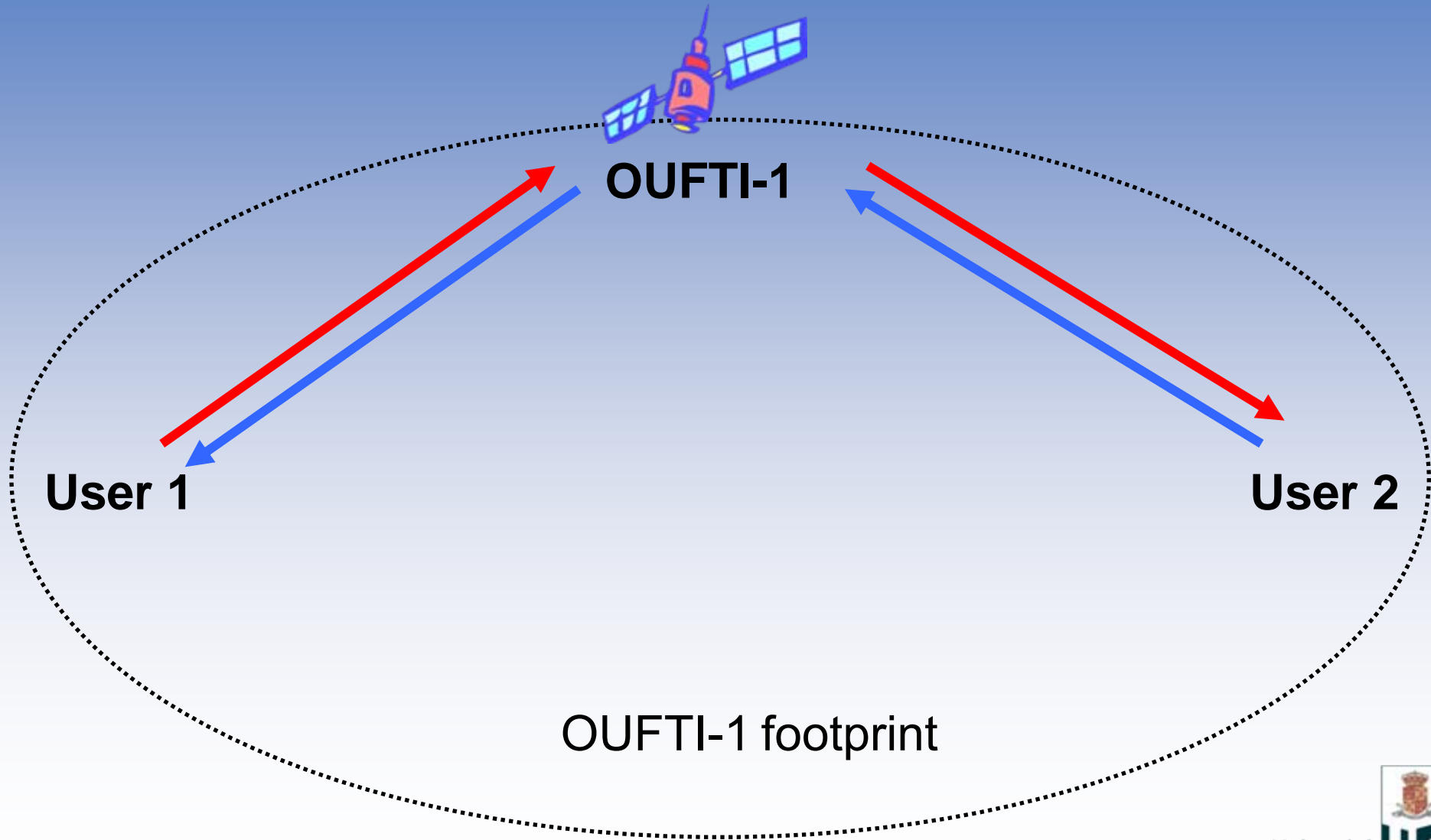
- $16 * \square 10 \square + \square 0001001101011110 \square$
- Marque la fin de la trame

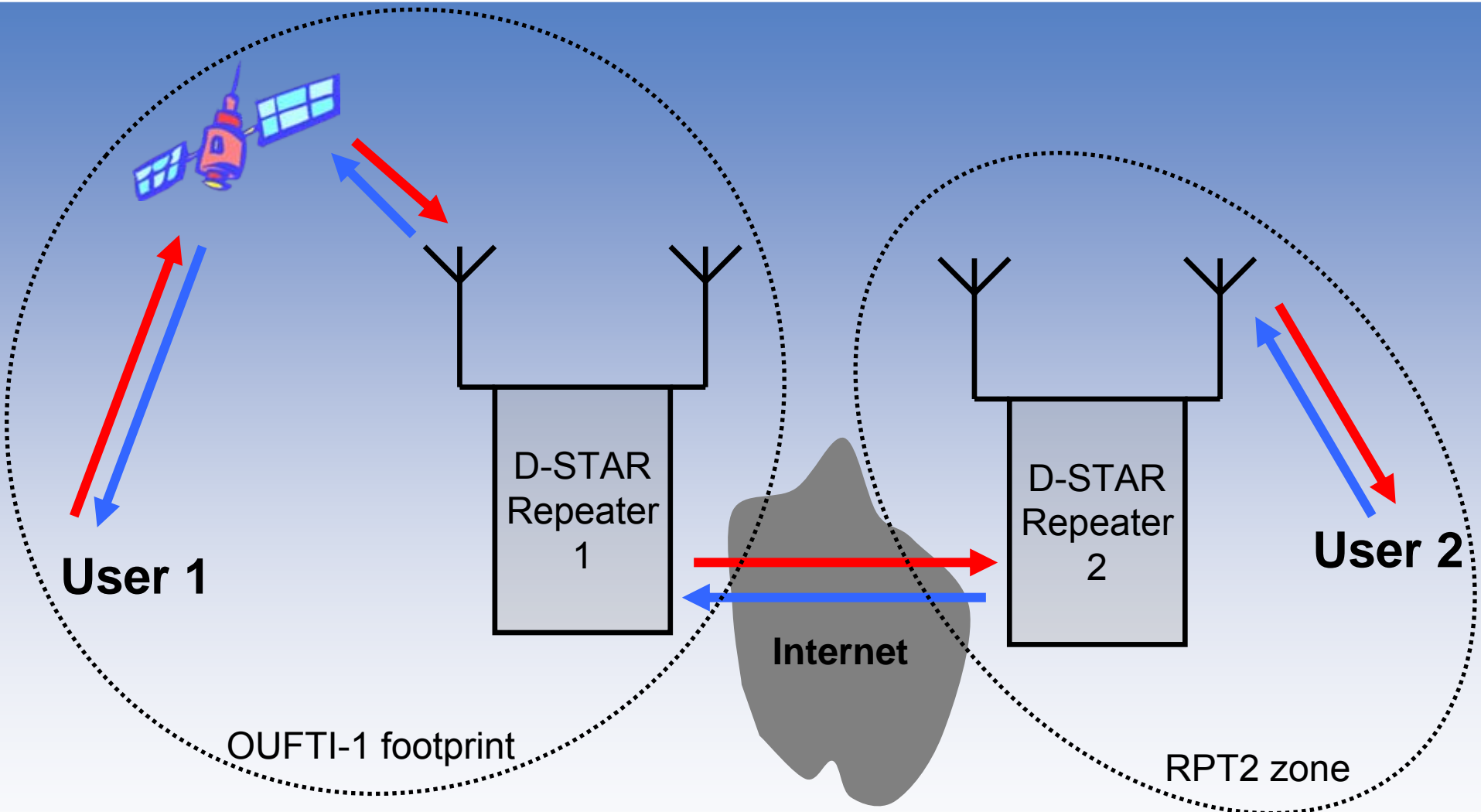
- Trois étapes de codage des headers
 - Convolution : correction des erreurs
 - Interleaving : mélange des bits
 - Scrambling : évite les longues suites de bits identiques

- Notre équipement D-STAR : ICOM IC-e2820
 - Dual Band (VHF et UHF)
 - Analogique et numérique



www.rigpix.com







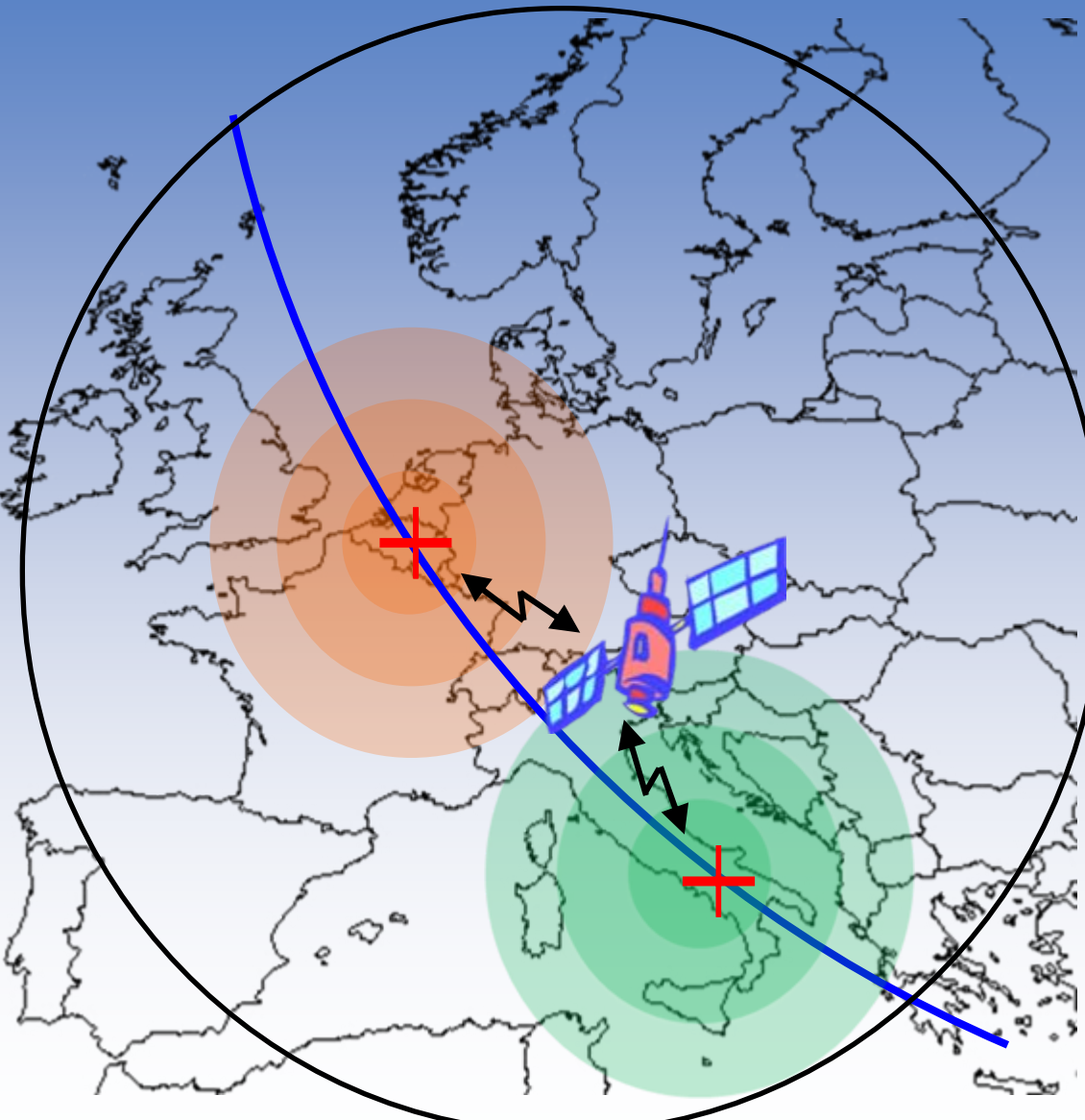
- AX25 : Doppler compensé au sol
- D-STAR :
→ Besoin d'ajuster la fréquence du IC-e2820 par sauts $< 1\text{kHz}$

Or saut de fréquence min. du IC-e2820 = 5kHz

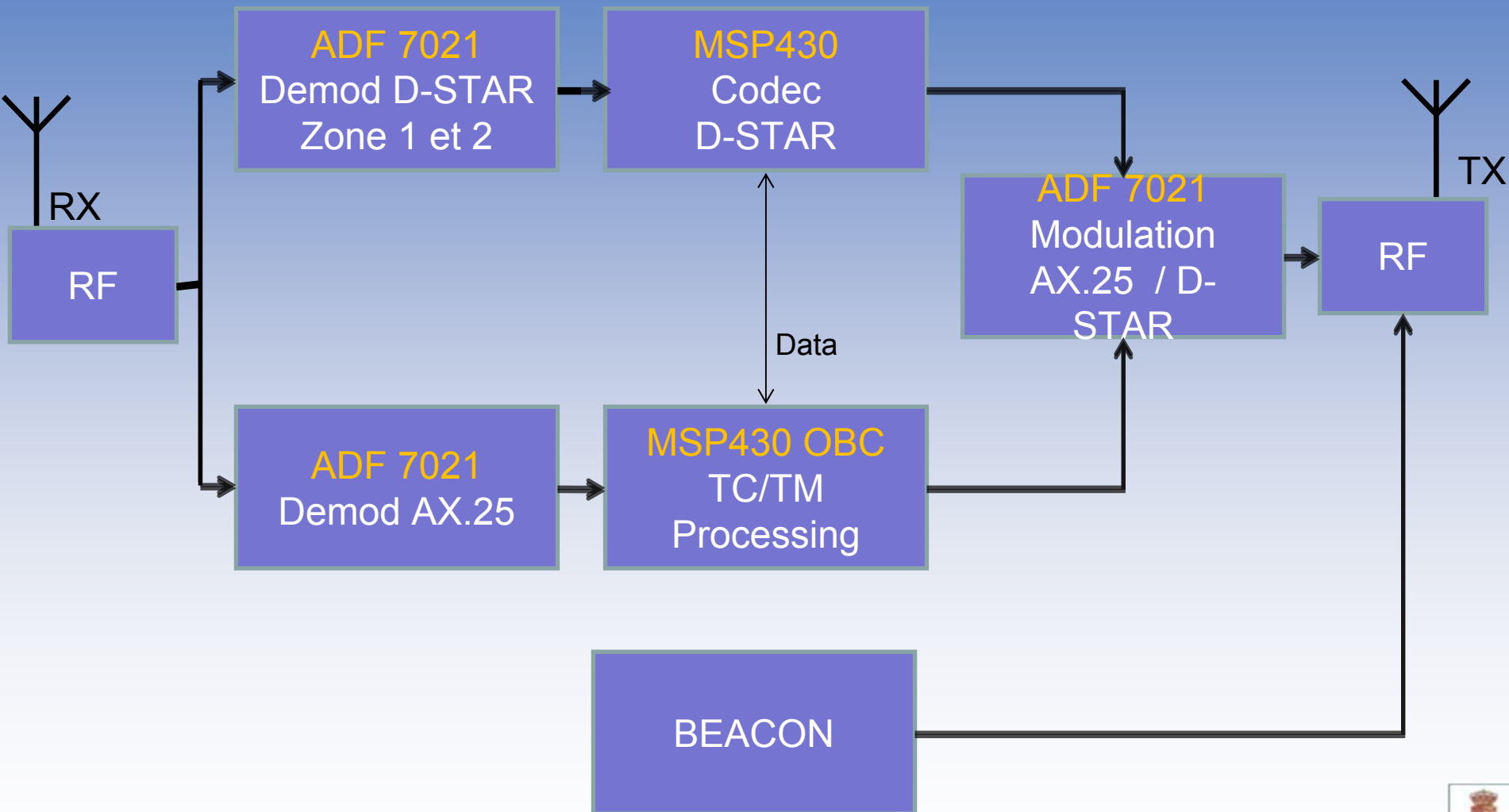


- 2 solutions:
 - Modifier IC-2820
 - Corriger Doppler à bord
- La 2^{ème} solution : accessibilité pour les radioamateurs

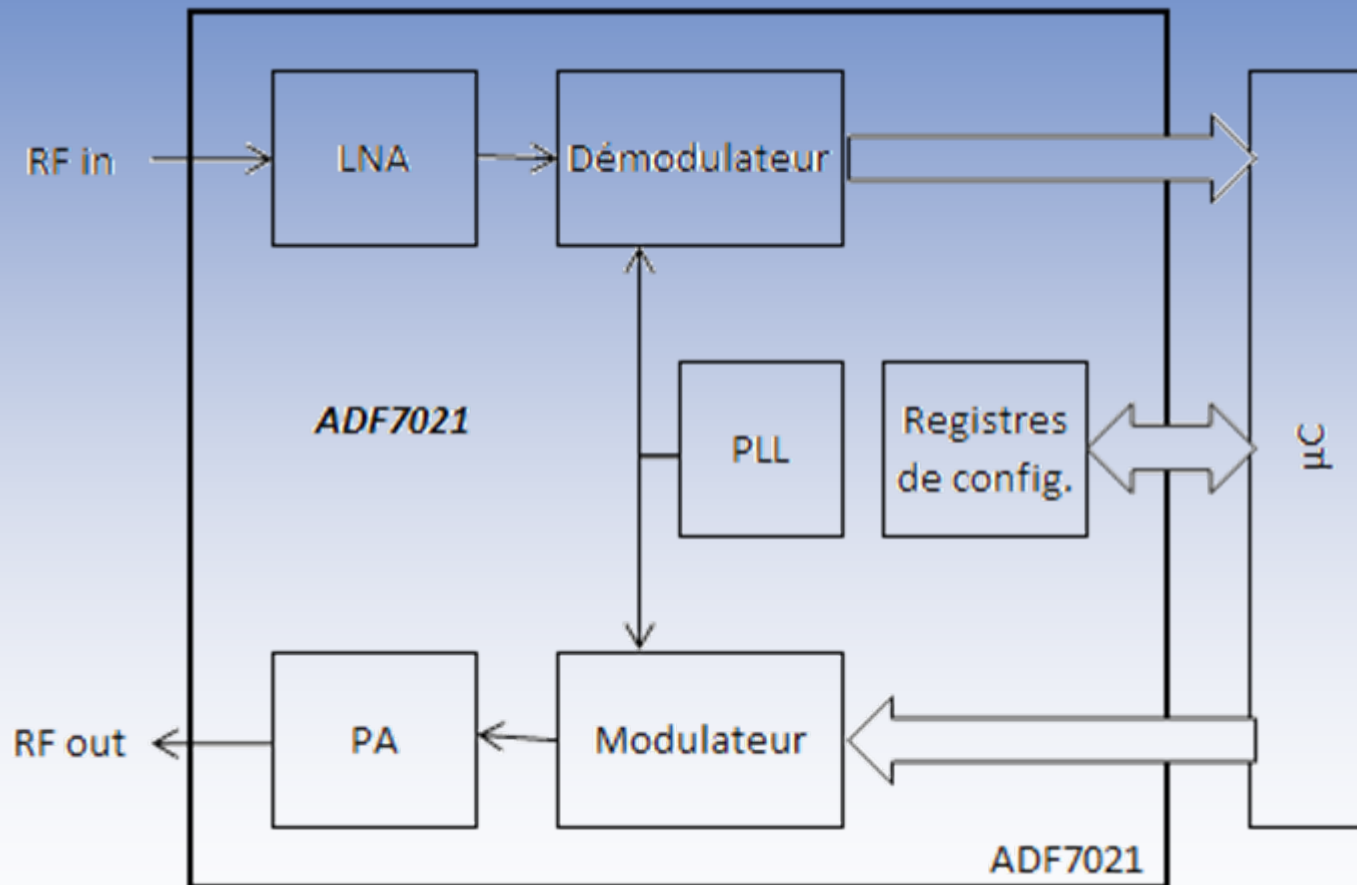
D-STAR dans l'espace: Doppler



- Réservation du satellite (via site web)
- ↓
- Calcul de la compensation Doppler
- ↓
- Transmission des tables de compensation pour les 2 zones
- ↓
- Activation du D-Star
- ↓
- Communication entre les 2 zones
- ↓
- Désactivation du D-Star



Tranceiver (Analog Devices)



- Interface de commande digitale:
 - Configuration de l'ADF7021
 - Récupération de variables et de mesures
 - Intensité du signal reçu (RSSI)
 - Température
 - ...

(Dé)Modulateur – ADF7021

REGISTER 2—TRANSMIT MODULATION REGISTER

R-COSINE_ ALPHA	TxDATA_ INVERT		Tx_FREQUENCY_DEVIATION					POWER_ AMPLIFIER				PA_BIAS		PA_RAMP			PA_ ENABLE	MODULATION_ SCHEME			ADDRESS BITS									
DB30	DB29	DB28	DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
NRC1	DI2	DI1	TFD9	TFD8	TFD7	TFD6	TFD5	TFD4	TFD3	TFD2	TFD1	P6	P5	P4	P3	P2	P1	PA2	PA1	PR3	PR2	PR1	PE1	S3	S2	S1	C4 (0)	C3 (0)	C2 (1)	C1 (0)

DI2	DI1	TxDATA INVERT
0	0	NORMAL
0	1	INVERT CLK
1	0	INVERT DATA
1	1	INV CLK AND DATA

TFD9 ...	TFD3	TFD2	TFD1	f_{DEV}
0 ...	0	0	0	0
0 ...	0	0	1	1
0 ...	0	1	0	2
0 ...	0	1	1	3
- ...	-	-	-	-
1 ...	1	1	1	511

PA2	PA1	PA BIAS
0	0	5 μ A
0	1	7 μ A
1	0	9 μ A
1	1	11 μ A

PE1	POWER AMPLIFIER
0	OFF
1	ON

PR3	PR2	PR1	PA RAMP RATE
0	0	0	NO RAMP
0	0	1	256 CODES/BIT
0	1	0	128 CODES/BIT
0	1	1	64 CODES/BIT
1	0	0	32 CODES/BIT
1	0	1	16 CODES/BIT
1	1	0	8 CODES/BIT
1	1	1	4 CODES/BIT

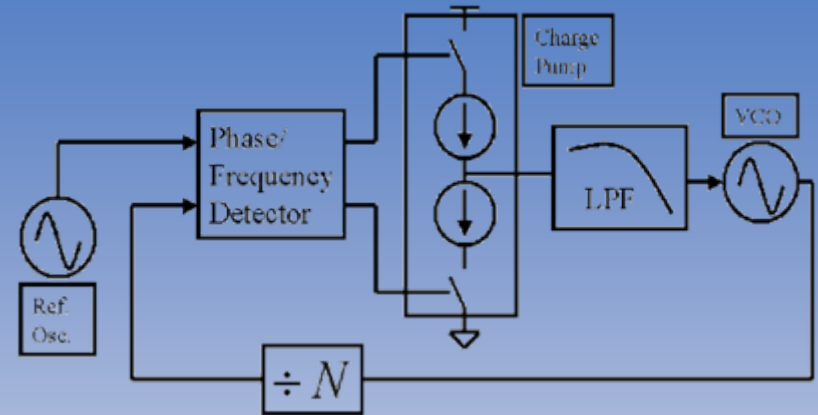
S3	S2	S1	MODULATION SCHEME
0	0	0	2FSK
0	0	1	GAUSSIAN 2FSK
0	1	0	3FSK
0	1	1	4FSK
1	0	0	OVERSAMPLED 2FSK
1	0	1	RAISED COSINE 2FSK
1	1	0	RAISED COSINE 3FSK
1	1	1	RAISED COSINE 4FSK

NRC1	RAISED COSINE ALPHA
0	0.5 (Default)
1	0.7

P6	P5	P4	P3	P2	P1	PA LEVEL
0	-	-	-	0	0	0 (PA OFF)
0	-	-	-	0	1	1 (-16.0 dBm)
0	-	-	-	1	0	2
0	-	-	-	1	1	3
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
1	1	-	1	1	1	63 (13 dBm)

- PLL fractionnaire :

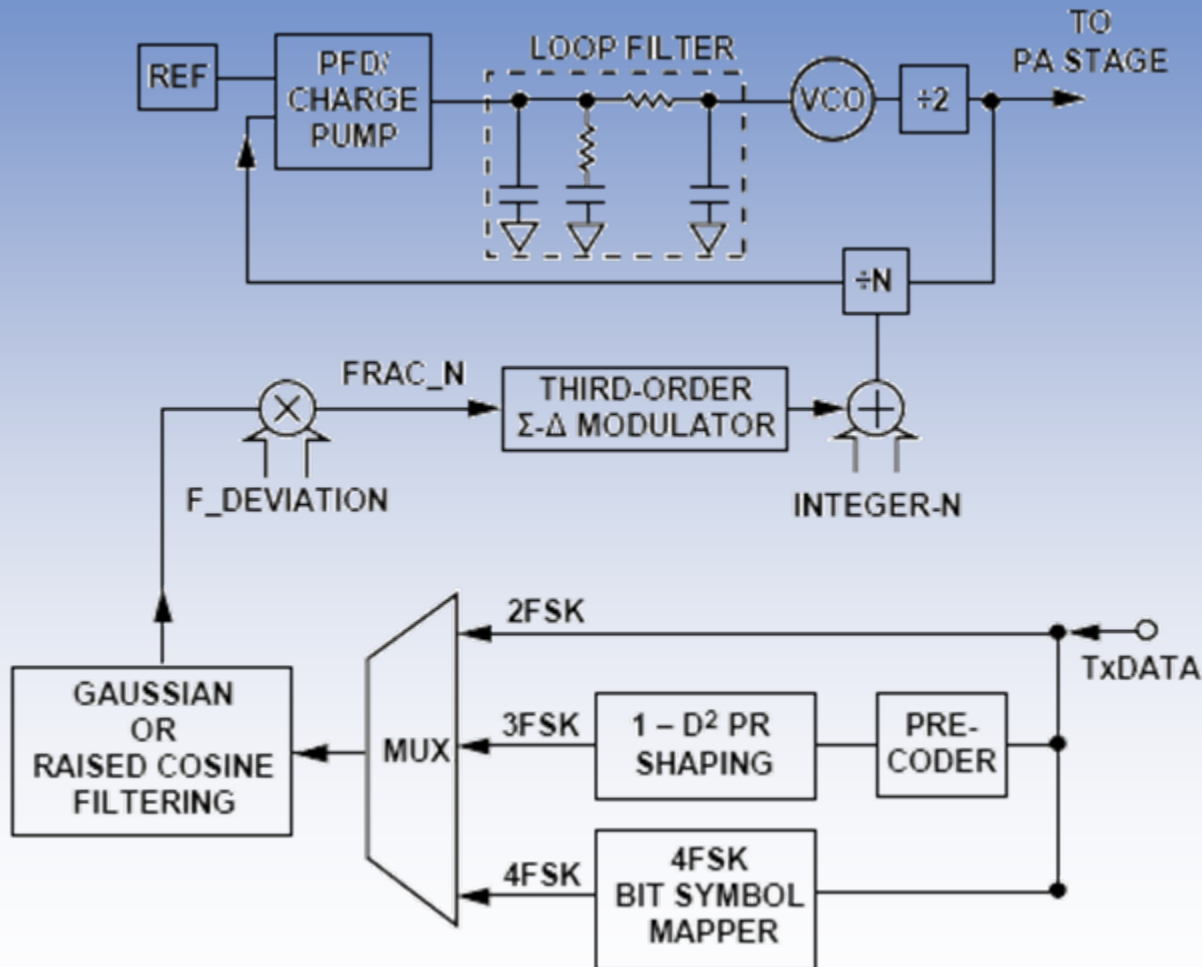
- PLL : *Phase-Locked Loop*
- Génère une fréquence multiple de la fréquence de référence
- Fréquence pour la (dé)modulation
- Fractionnaire: N pas un entier



- ADF7021 – Tx
 - Modulateur :
 - 2FSK, 3FSK, 4FSK et GMSK
 - Paramètres: déviation de fréquence et baud rate
 - Amplificateur HF :
 - Amplificateur MOSFET
 - Délivre de -16dBm à +13dBm (63 niveaux)

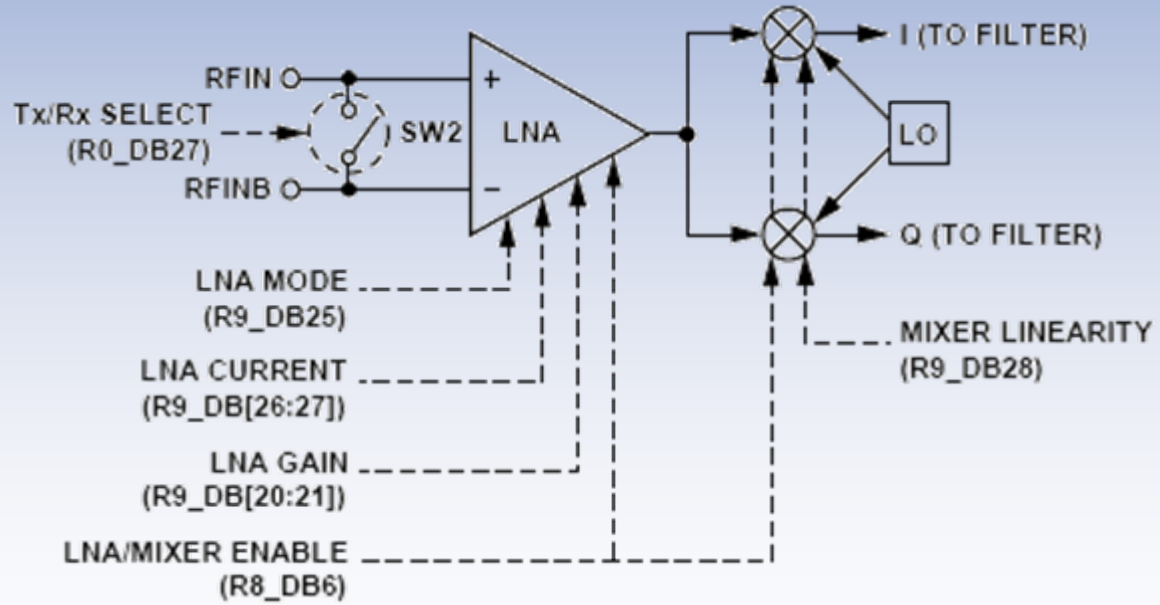
(Dé)Modulateur – ADF7021

- ADF7021 - TX

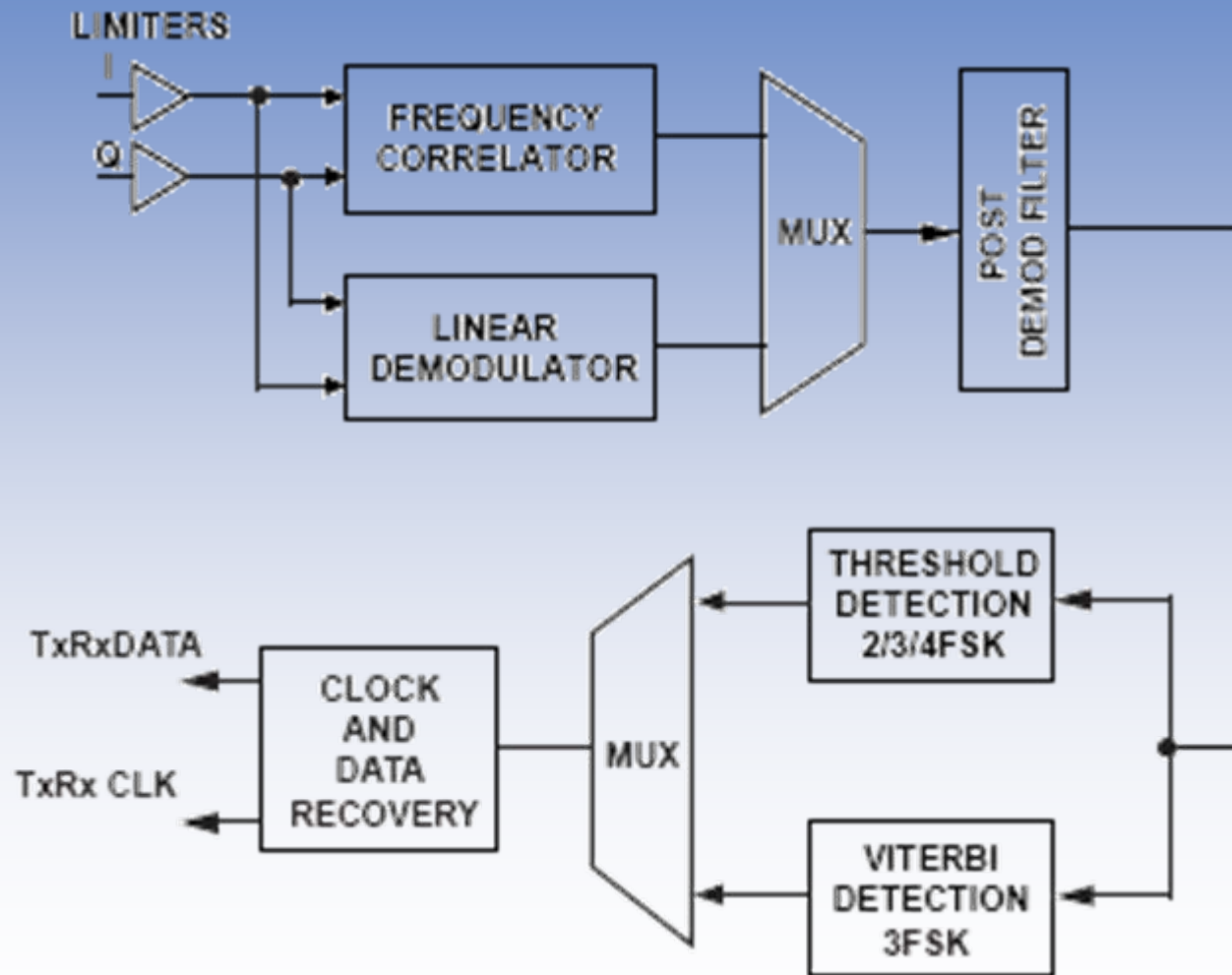


(Dé)Modulateur – ADF7021

- ADF7021 - Rx
 - LNA
 - Démodulateur IQ



- ADF7021 – Rx





- ADF7021 – Rx

- Dispositif Sync Word Detect (SWD)

- Détection des patterns de 12, 16, 20 ou 24 bits
- Tolérances de 0 à 3 erreurs
- Pattern détecté -> SWD = 1

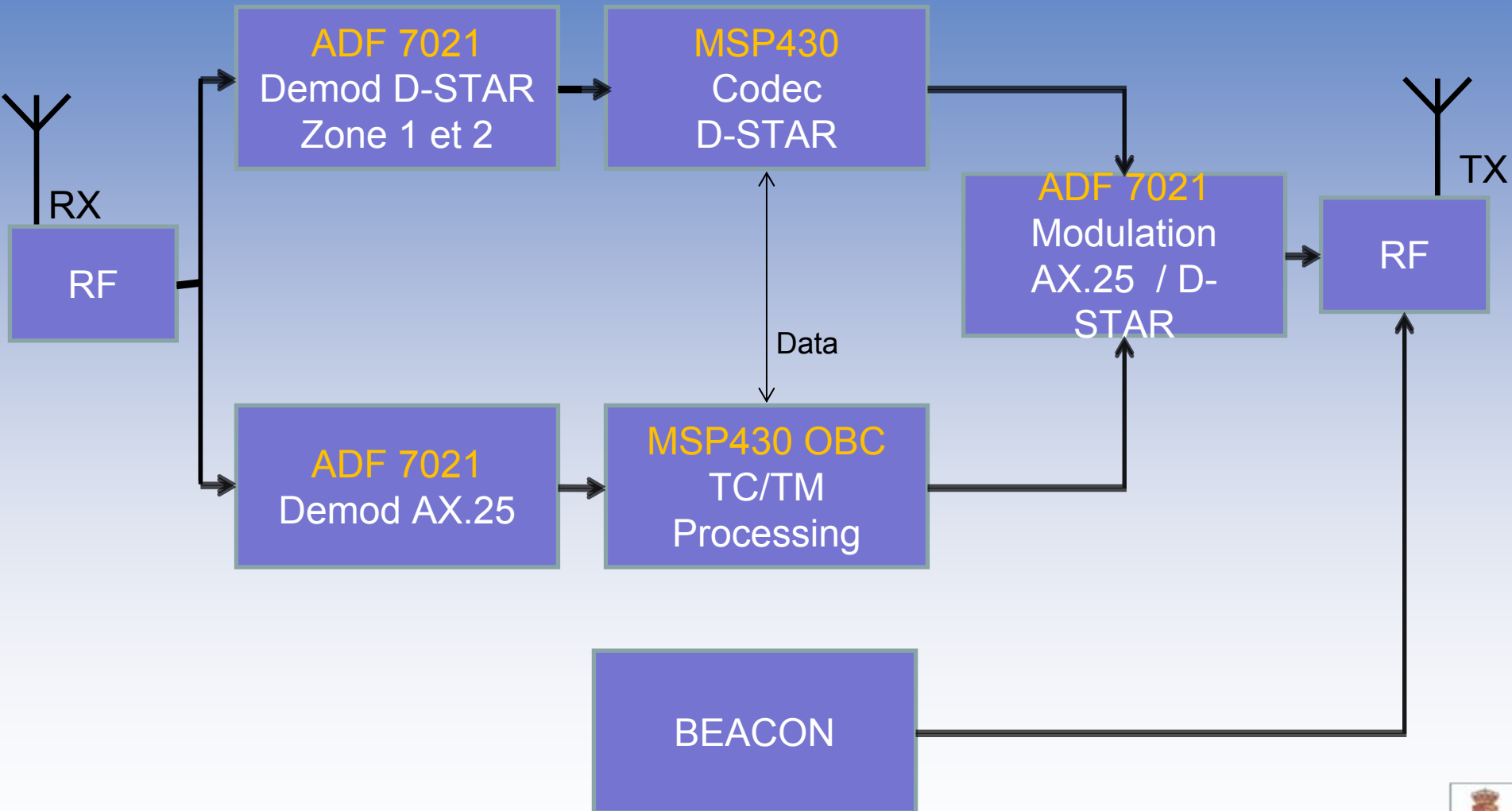
REGISTER 11—SYNC WORD DETECT REGISTER

SYNC_BYTE_SEQUENCE																MATCHING_TOLERANCE		SYNC_BYTE_LENGTH		CONTROL BITS																																											
SB24	DB31	SB23	DB30	SB22	DB29	SB21	DB28	SB20	DB27	SB19	DB26	SB18	DB25	SB17	DB24	SB16	DB23	SB15	DB22	SB14	DB21	SB13	DB20	SB12	DB19	SB11	DB18	SB10	DB17	SB9	DB16	SB8	DB15	SB7	DB14	SB6	DB13	SB5	DB12	SB4	DB11	SB3	DB10	SB2	DB9	SB1	DB8	MT2	DB7	MT1	DB6	PL2	DB5	PL1	DB4	C4 (1)	DB3	C3 (0)	DB2	C2 (1)	DB1	C1 (1)	DB0



Microcontrôleur de l'ordinateur de bord (OBC) et du système COM

- Ultra Low Power
- Utilisé dans d'autres satellites



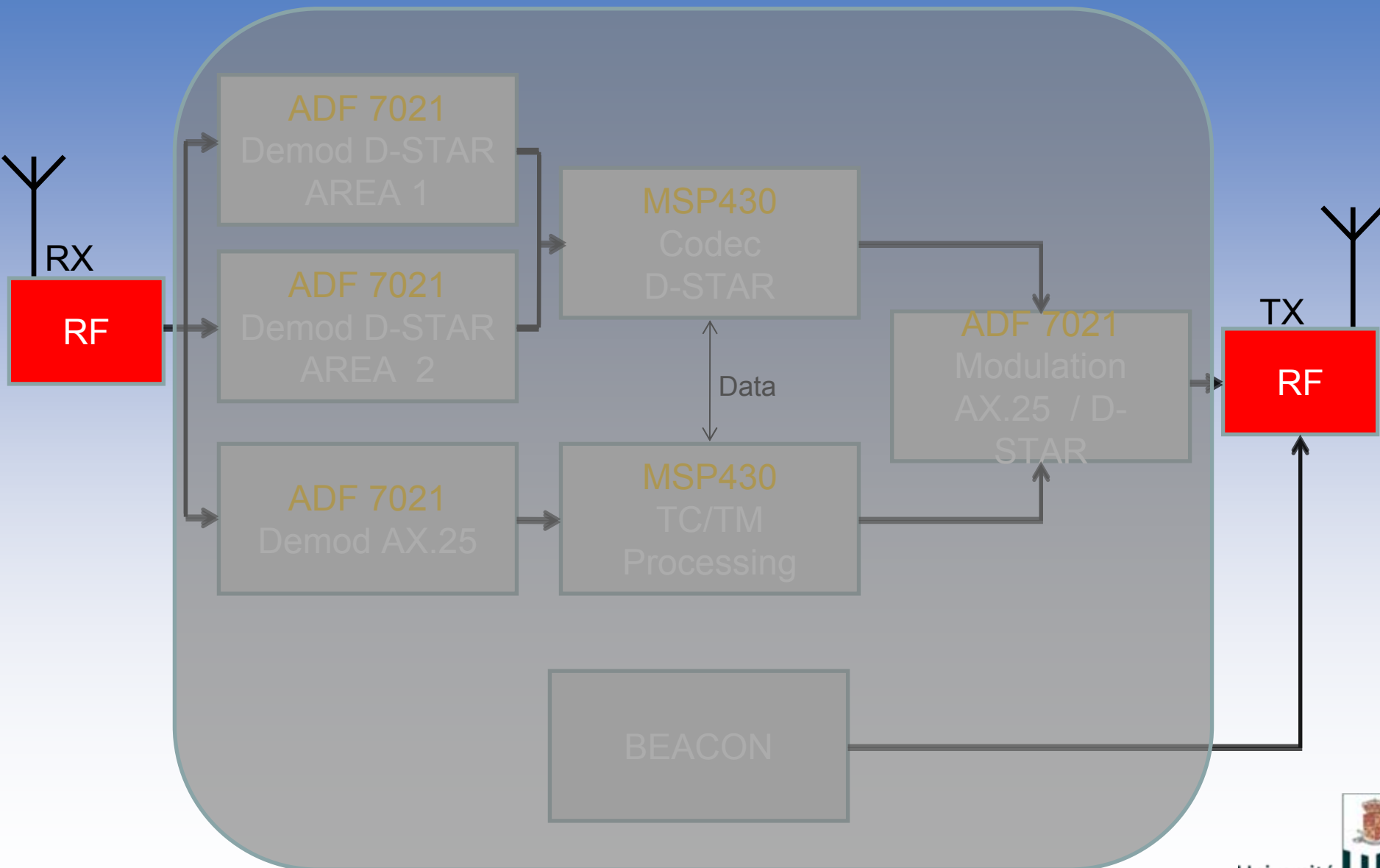


- Contraintes sur l'électronique
 - Chocs et aux vibrations (surtout pour le décollage)
 - Grande plage de températures (-20°C à 40°C)
- Contraintes des CubeSats:
 - Poids (<1kg)
 - Volume (<1l)
 - Puissance (1W)
 - ...



1. De quoi parle-t-on?
2. Particularités de la RF de OUFTI-1
3. Structure de réception
4. Structure d'émission
5. Radiation patterns théoriques

De quoi parle-t-on ?



Particularités

- 2 signaux en réception
 - AX.25 (TC/TM)
 - D-STAR

- 3 signaux à l'émission
 - AX.25
 - D-STAR
 - Beacon

} A la même fréquence

- Bus 7.2V

Fréquence utilisée

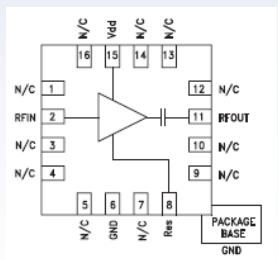
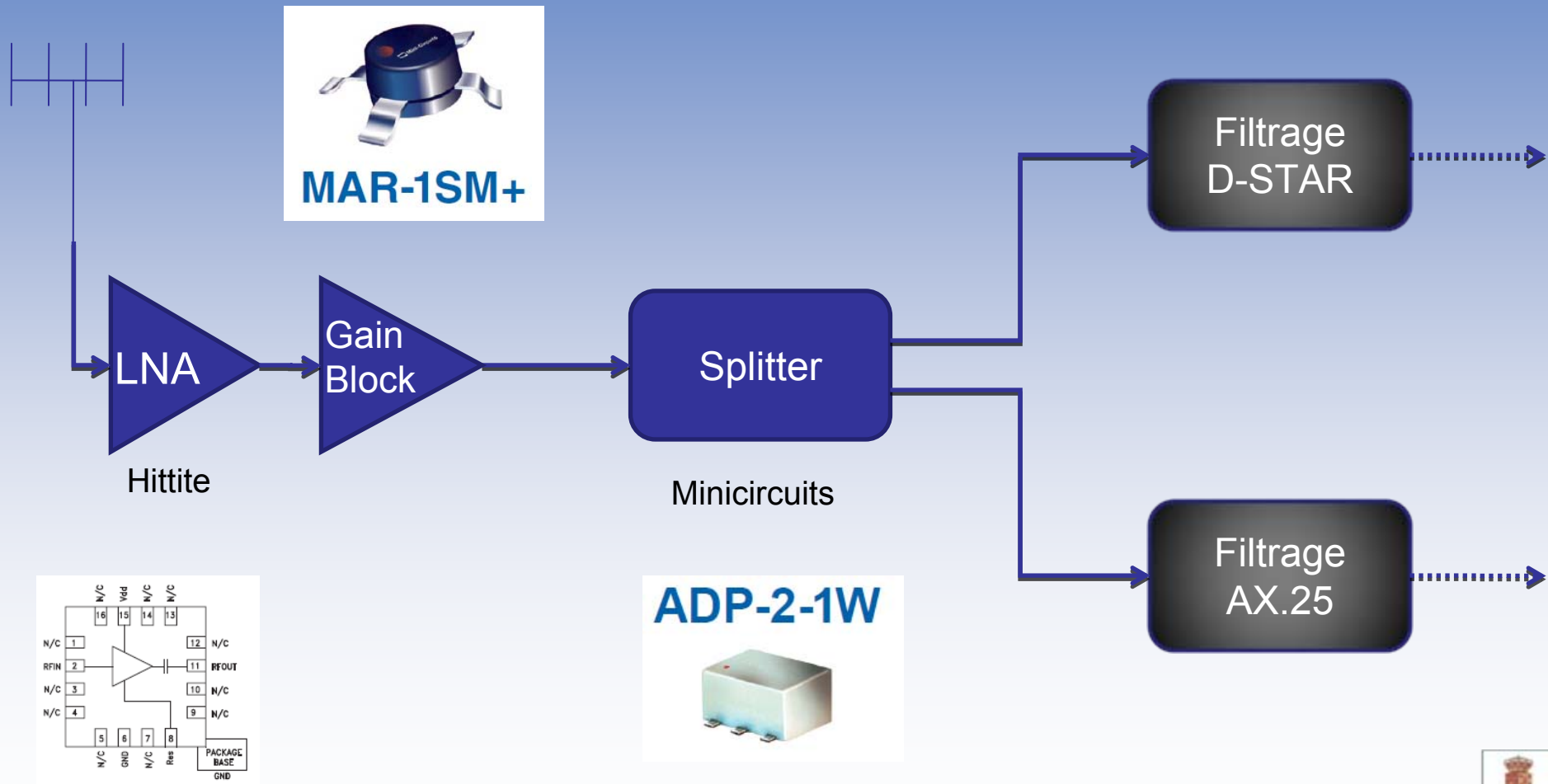
UHF 1

UHF 2

VHF 1

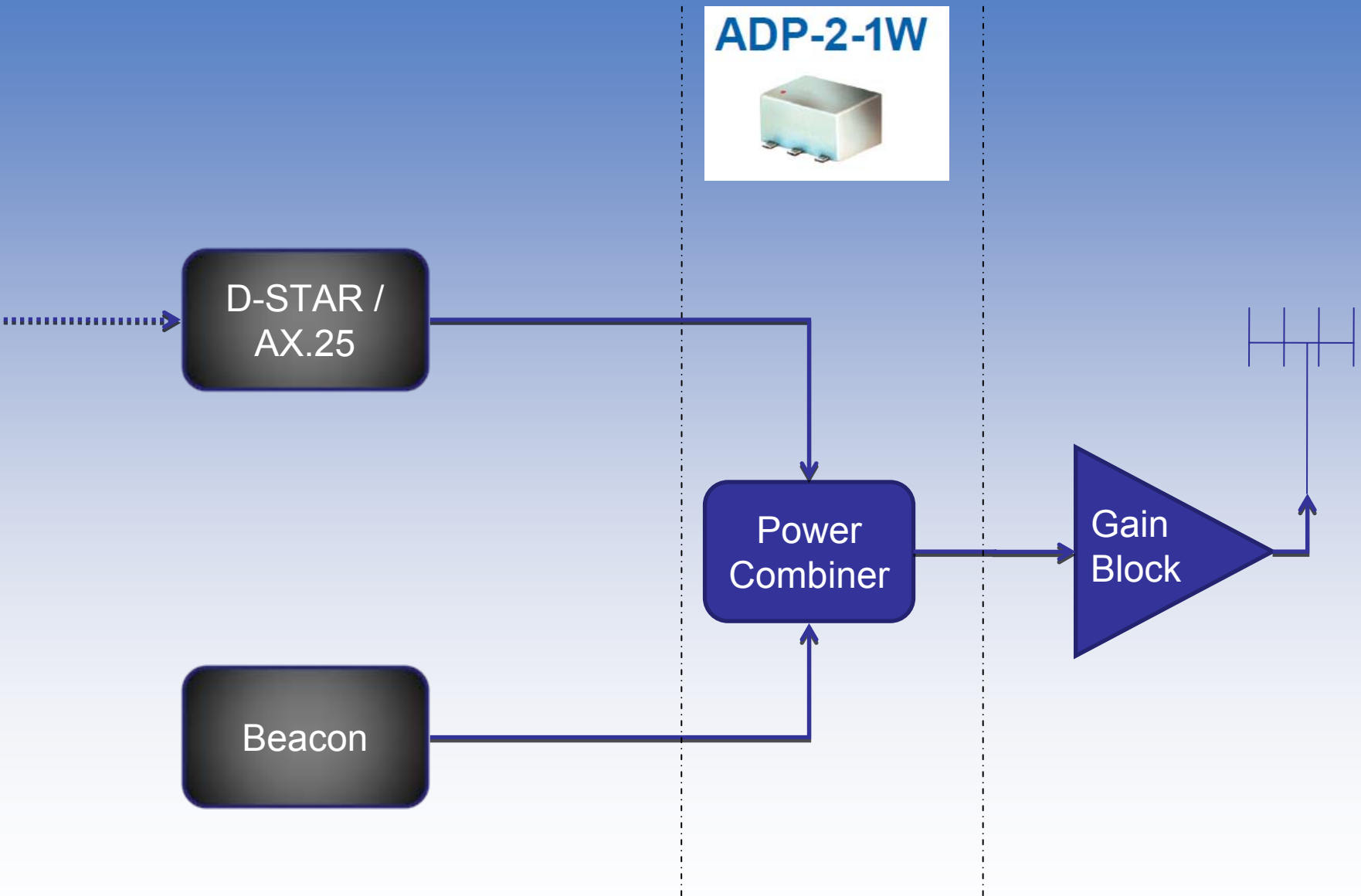
VHF 2

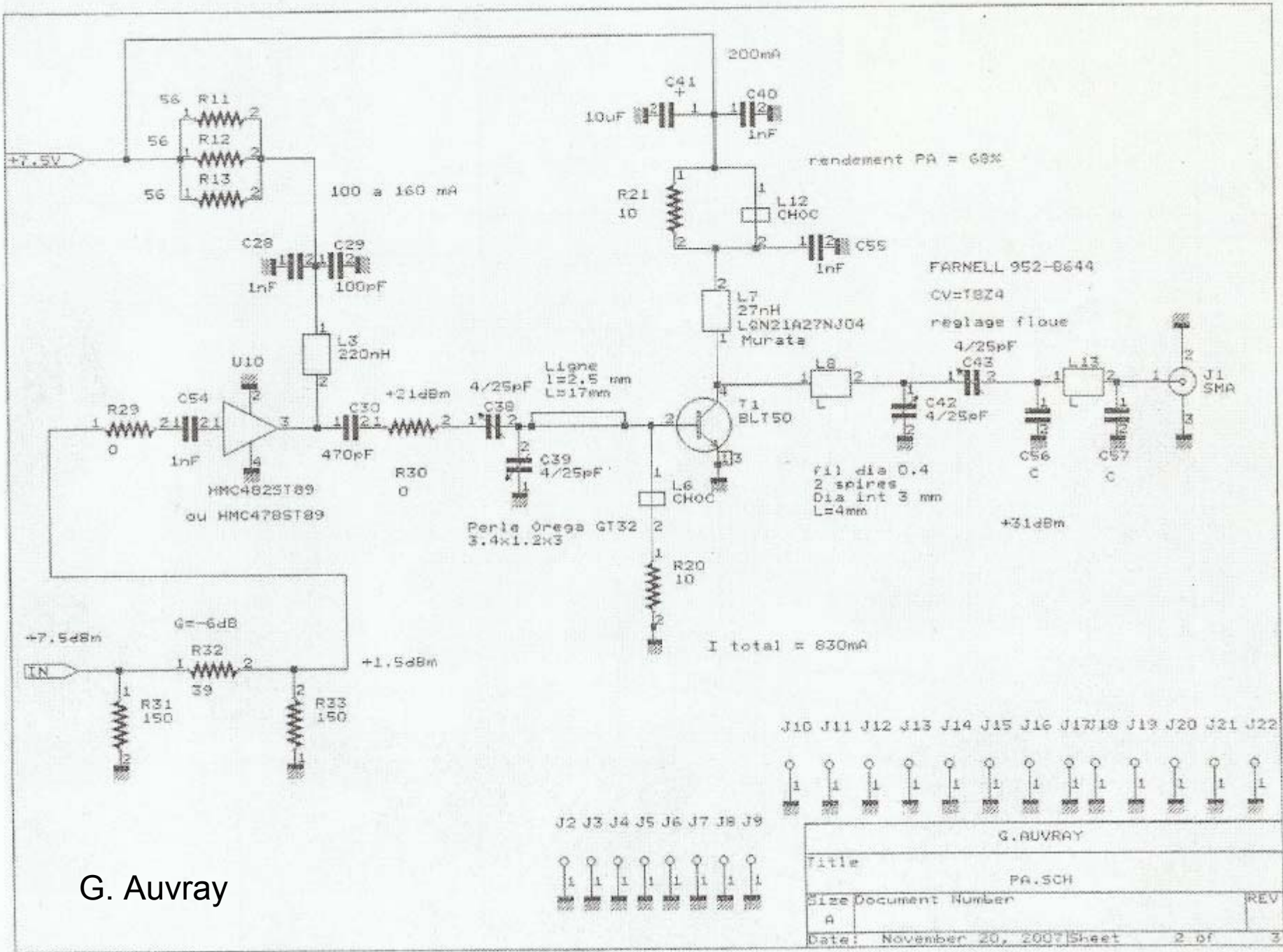
Structure de réception



Signal Power at Spacecraft LNA Input:	-135,5	dBW
Spacecraft Receiver Bandwidth:	6.000	Hz
Spacecraft Receiver Noise Power ($P_n = kTB$):	-167,0	dBW
Signal-to-Noise Power Ratio at G.S. Rcvr:	31,5	dB
Analog or Digital System Required S/N:	14,4	dB
System Link Margin	17,1	dB

- Basé sur un tableur Excel « freeware »
- Marges prévues car pertes supplémentaires
- Compromis sécurité >< batteries





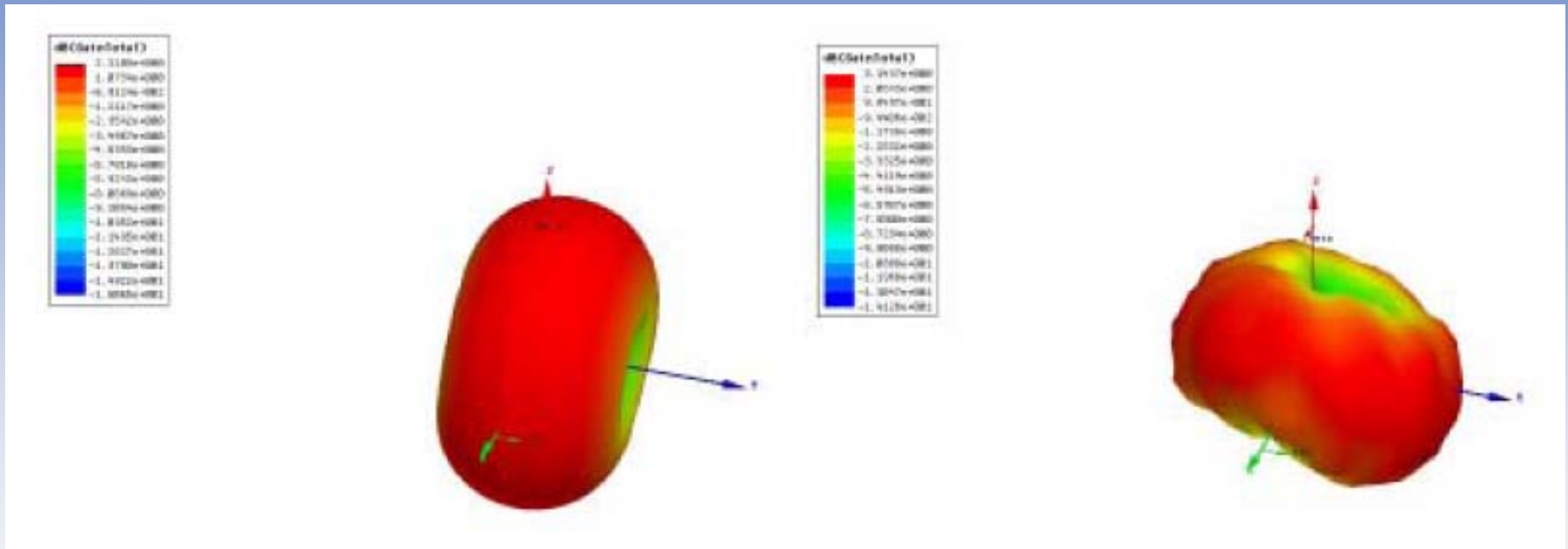
G. Auvray

G. AUVRAY	
Title	
PA.SCH	
Size Document Number	REV
A	
Date: November 20, 2007	Sheet 2 of 3

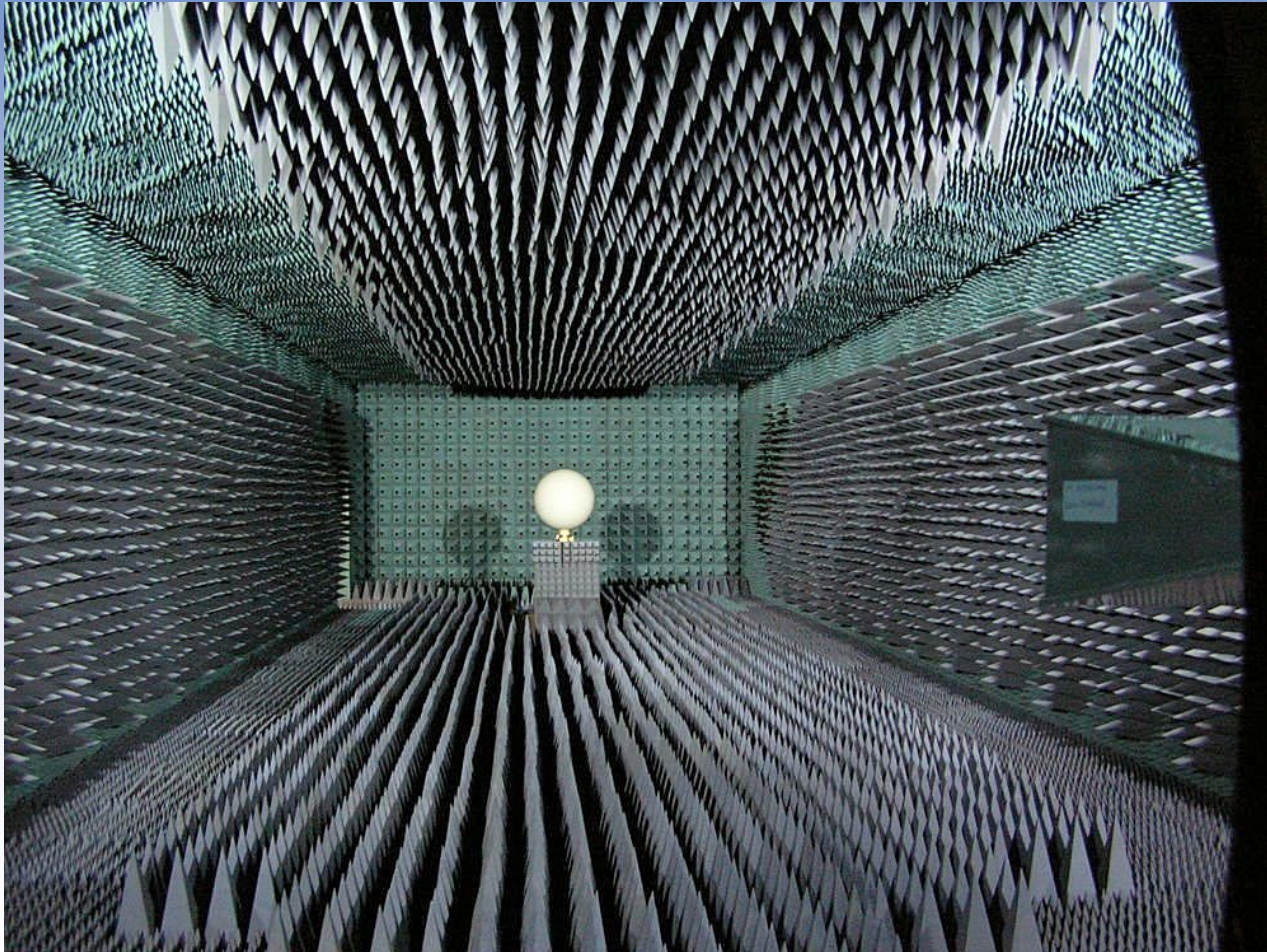


VHF – 140 MHz

UHF – 440 MHz



Validation des résultats théoriques



1. Au sol !
2. Architecture de la station sol
3. D-STAR Segment

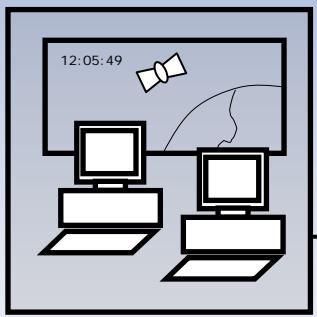
OUFTI-1

TM / TC channel
(AX.25)

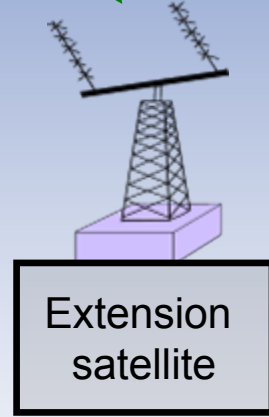
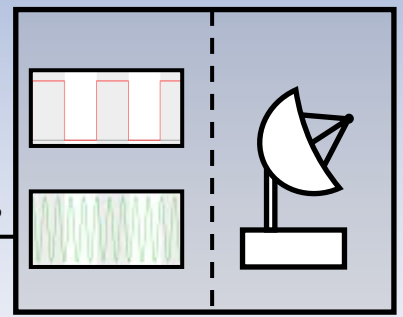
User channel
(D-STAR)

Centre de contrôle de mission

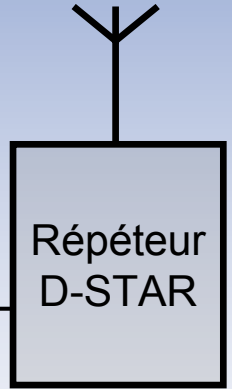
Station sol



TCP/IP



Extension satellite

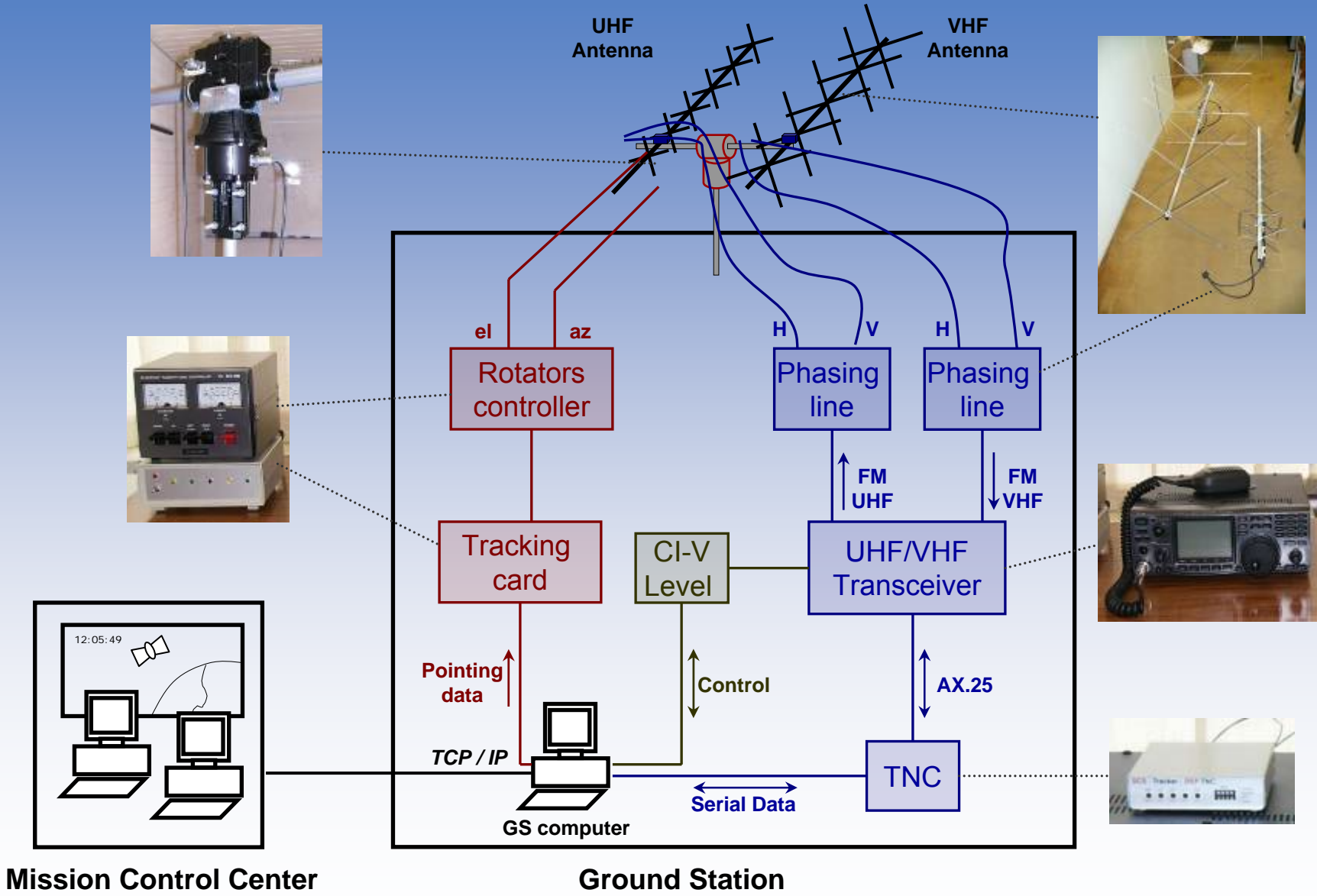


Répéteur D-STAR

Segment de contrôle

Segment D-STAR

Architecture de la station sol

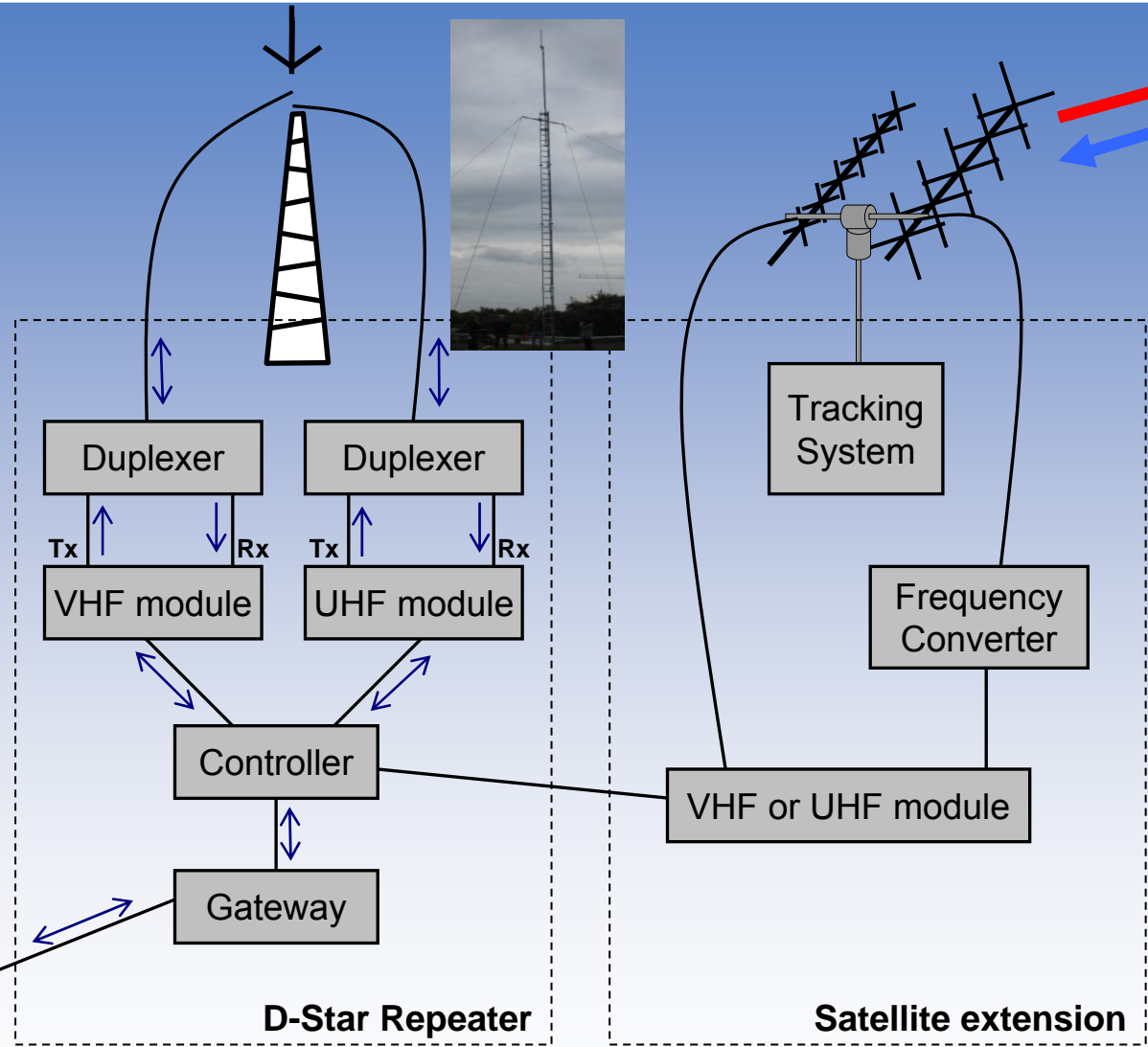
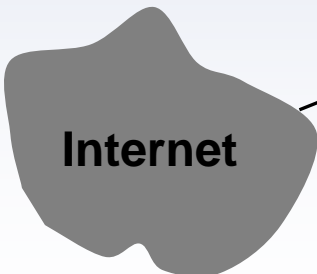


Mission Control Center

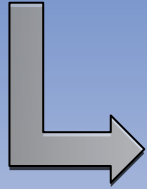
Ground Station



Segment D-STAR

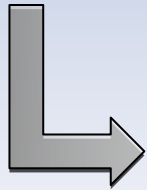


- Projet d'étudiants



Mise en avant du côté éducatif et
du FUN !

- Complexité du système de COM



3 systèmes différents qui cohabitent dans
un cube de 10 cm !!!



Merci pour votre attention !

