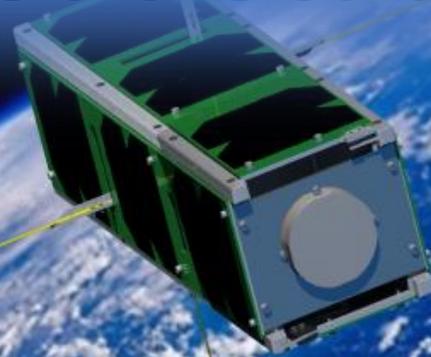


Le CubeSat étudiant IGOsat



Le projet IGOSat

- Un projet **étudiant** → + de 90 stages et + de 450 étudiants impliqués
- 6 à 8 stages proposés chaque année
- 3 chercheurs :
 - **Hubert Halloin** : Chercheur à l'APC, PI du projet
 - **Pierdavide Coisson** : Chercheur à l'IPGP, PI de l'instrument GPS
 - **Philippe Laurent** : Chercheur à l'APC et au CEA, PI de l'instrument Scintillateur
- 1 salariés (2,5 en 2024):
 - **Sébastien Durand** : Ingénieur système et chef de projet
- Un Cubesat 3U à développer et construire ainsi qu'on budget total d'1M500k euros.
- 3 structures impliquées sur le projet : l'APC, l'IPGP et le CNES
- 2 charges utiles scientifiques à bord pour étudier la Terre.
- Les acteurs principaux : Labex UnivEarthS+, CNES, laboratoire APC, Institut IPGP.
- Des partenaires : AMSAT-F, ONERA, UVSQ-SAT, Omega Micro,...
- Des Radioamateurs qui nous aident beaucoup !! **Patrick Dupré, Bernard Pidoux, Christophe Mercier, Sylvain Azarian**

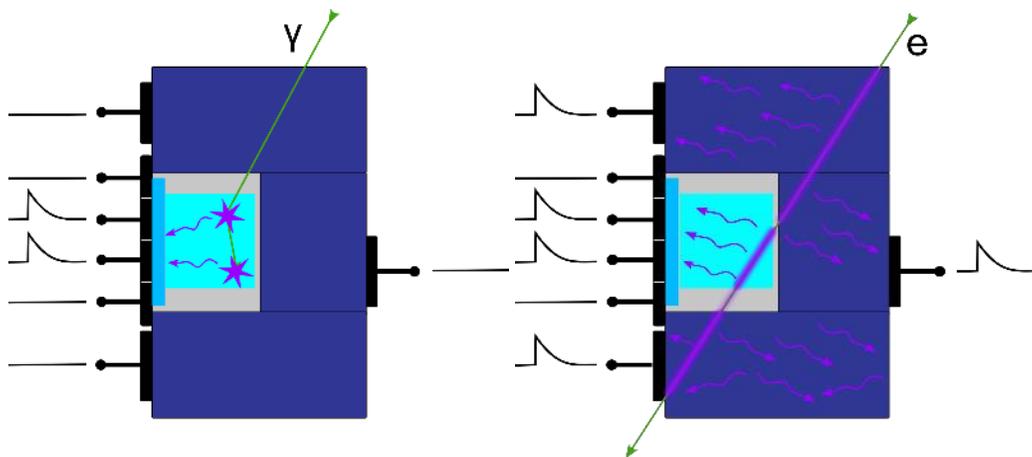


Les charges utiles scientifique

Le Scintillateur :

Référent : **Philippe Laurent**

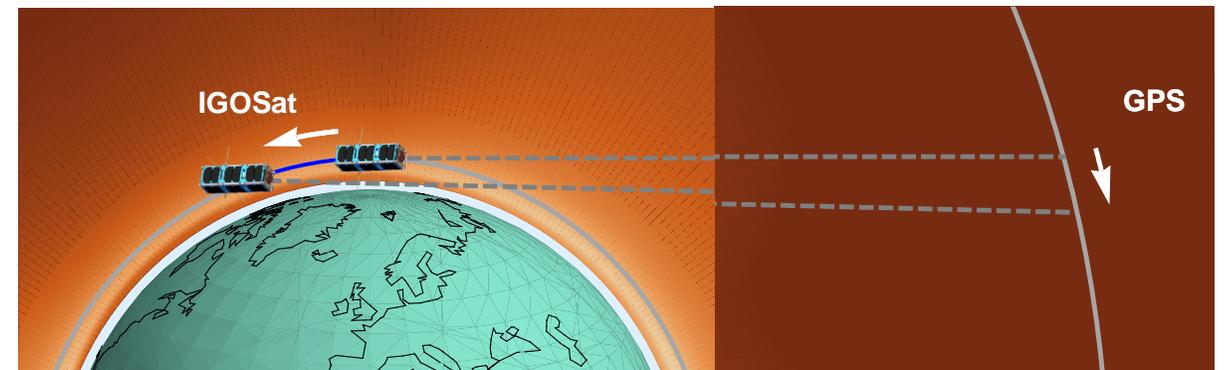
- Tester un scintillateur à base de SiPM et cristal CeBr3 dans l'espace.
- Mesurer le spectre et cartographier les électrons des ceintures entre 1 et 20 MeV
- Mesurer le flux et le spectre des photons gamma en orbite basse plus particulièrement dans les zones aurorales et dans l'AMAS.



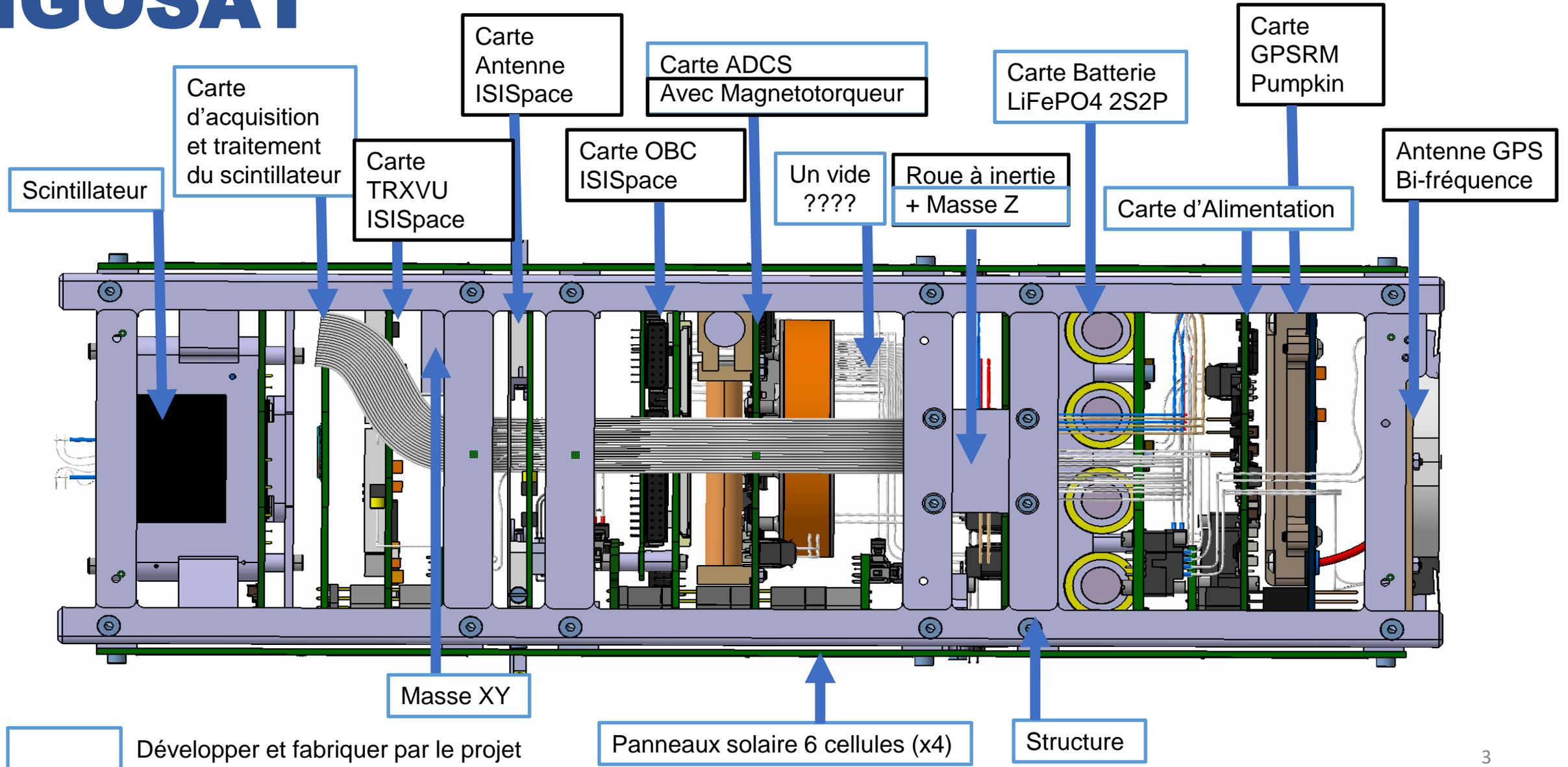
Le GPS Bi-bandes :

Référent : **Pierdavide Coisson**

- Étudier la corrélation entre nos données et l'activité solaire
- Remonter au profil de densité électronique vertical de l'ionosphère
- Étudier la corrélation des données obtenues via les 2 charges utiles d'IGOSAT



IGOSAT

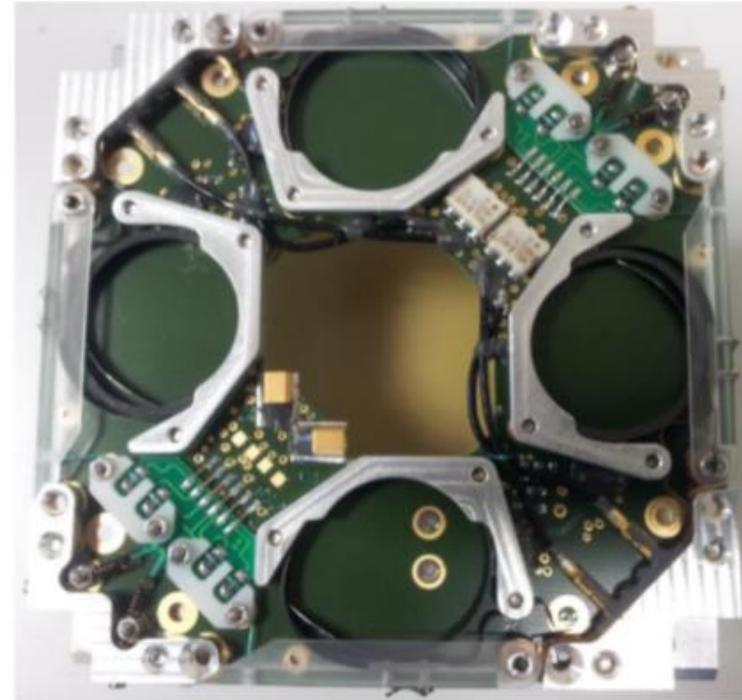


La télécommunication d'IGOSAT



Carte TRXVU D'ISISpace:

- Uplink VHF, G3RUH, FSK 9600bauds
- Downlink UHF, G3RUH, BPSK ou GMSK 9600bauds max
- Puissance d'émission ~2W
- Communication I2C à bord
- Transpondeur



Carte Antenne bipolaire D'ISISpace:

- Plusieurs configuration possible (UHF, VHF croisé pour IGOSAT)
- Système pyrotechnique de déploiement (résistance +fil)
- Communication I2C à bord

La station Sol



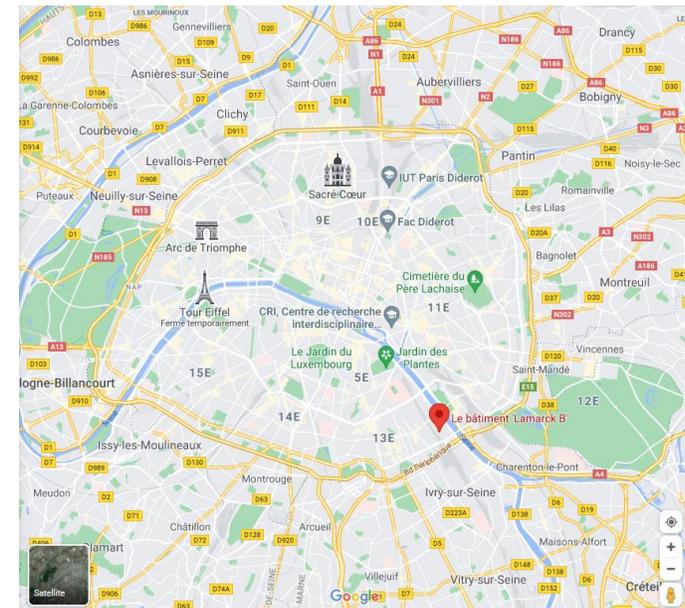
Antenne :

- UHF Yagi Croisé 19 élément couplé
- VHF Yagi Croisé 7 élément couplé

Rotor :

- Yaesu G5500 double axe Altitude-Azimuth (problème de fiabilité)
- Mat en acier et mat transversale en fibre de verre

Situé en Haut du bâtiment Lamarck B de L'Université de Paris Cité, site de Paris Diderot à Paris 13ème, France.



La station Sol

JG Hitechnology
Préampli UHF 420-450Mhz
Gain 24dB



TM

Lien UHF



JG Hitechnology
Bias-T

Alim 13v

Lien VHF



TC

JG Hitechnology
Filtre à cavités -60dB, 144Mhz

JG Hitechnology
Filtre à cavités -60dB, 430Mhz

La station Sol



Réception :

- Bias-T JG Hitechnology
- SDR AirSpy R2



Emission :

- BladeRF 2.0 Micro xA4
- Amplificateur de puissance 2W puis VHF 50W



Gnuradio

Avantages:

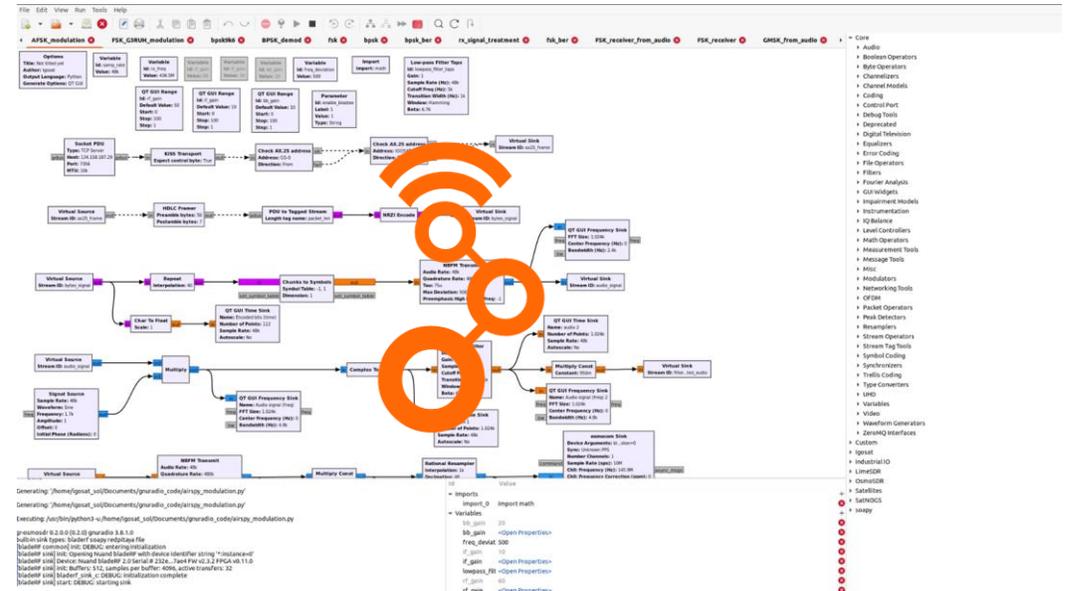
- un outil déjà utilisé pour la réception et le décodage de signaux satellites (GQRX, Satnogs)
- interface graphique intuitive
- peu de code
- interfaçable avec la plupart des SDRs

Désavantages:

- peu de documentation
- certains blocks buggés

Configuration actuelle:

- gr-Osmocom et gr-Soapy
- gr-satellite
- gr-Satnogs
- drivers Airspy et BladeRF

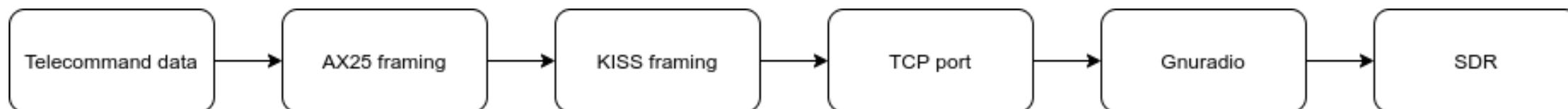
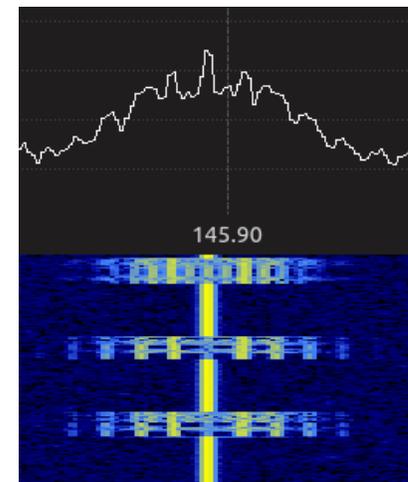


Uplink

Paramètres TRXVU:

- **FSK 9600 baud/s**
- VHF (**149.925 MHz**)
- Destination: **FX1ZBT**

*Ping command
(AFSK)*



AX.25: protocole de communication radio

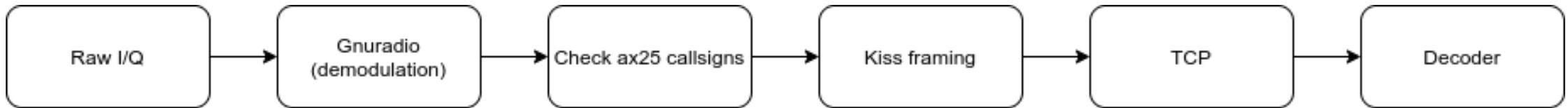
KISS: transmission de packet AX.25 vers un TNC

Flag	AX.25 Transfer Frame Header (128 bits)				Information Field	Frame-Check Sequence	Flag
	Destination Address	Source Address	Control Bits	Protocol Identifier			
8	56	56	8	8	0-2048	16	8

Downlink

Paramètres TRXVU:

- **GMSK 9600 baud/s**
- **UHF (435.525 MHz)**



Packet CCSDS et standard PUS:

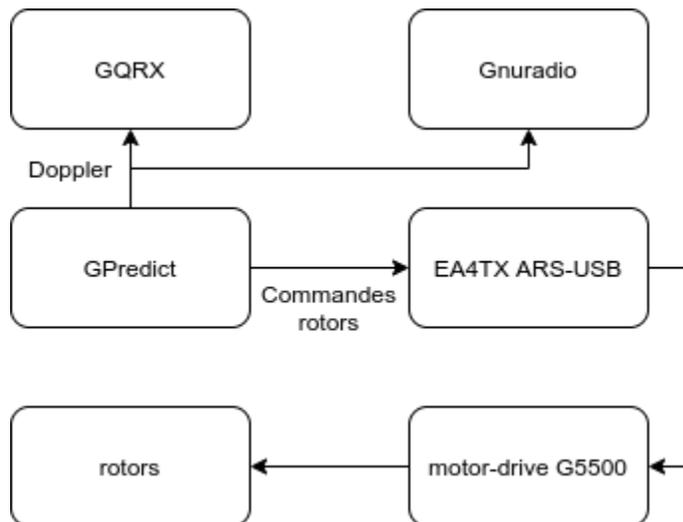
- standardise la structure des packets
- header: 6 octets
- data: 65536 octets
- crc: 2 octets
- découpage en plusieurs frames AX.25 si grande TM

packet primary header							packet data field	
packet version number	packet ID			packet sequence control		packet data length	packet secondary header	user data field
	packet type	secondary header flag	application process ID	sequence flags	packet sequence count or packet name			
3 bits	1 bit	1 bit	11 bits	2 bits	14 bits	16 bits	variable	variable
2 octets				2 octets		2 octets	1 to 65536 octets	

Satellite tracking

Gpredict:

- prédiction de passage à partir des TLE
- contrôle des rotors
- calcul du doppler et commande radio via TCP



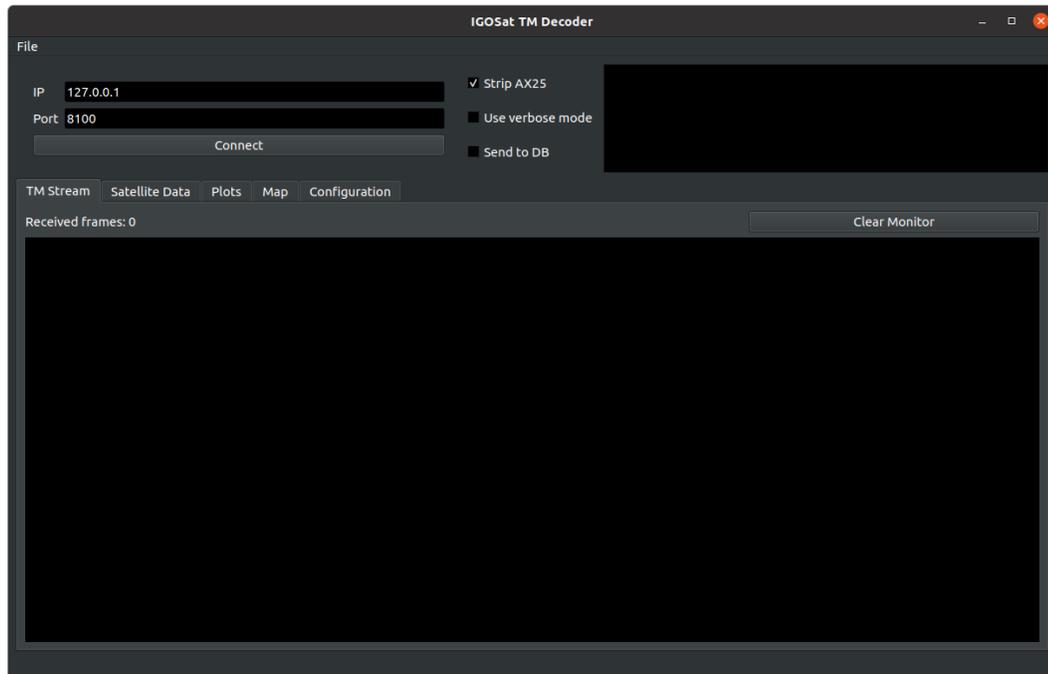
The image displays three screenshots of the Gpredict software interface:

- Top Left:** "Gpredict Radio Control: Cubesats" window. It shows frequency controls for "Lien descendant" and "Lien ascendant", both set to 145.890.000 Hz. It also displays Doppler (-1694 Hz) and LO (0 MHz) settings. The "Cible" is set to "AmicalSat" with a range of 11260 km and a speed of 3,481 km/s. The "AOS" (Antenna On Station) time is 05:32:09.
- Top Right:** "Gpredict: Cubesats" window. It shows a world map with satellite tracks and visibility circles for "IGOSat", "AmicalSat", and "ROBUSTA-1B". A detailed data panel for "AmicalSat" is visible, including Azimut (216,99°), Élévation (-56,56°), Slant Range (11260 km), Range Rate (3,481 km/sec), and other orbital parameters.
- Bottom:** "Gpredict Rotor Control: Cubesats" window. It shows azimuth and elevation controls for "IGOSat". The azimuth is set to 180.000° and elevation to 45.000°. It also includes a "Cible" section for "AmicalSat" and a "Réglages" section for "IGOSat" with a cycle of 1000 msec and a tolerance of 5,00 deg.

At the bottom of the screenshots, a terminal window shows the execution of the "rotctrl" program, displaying various status messages and the backend version (0.1, Status: Beta).

Logiciel TC/TM

Logiciel développé par IGOSAT



Télémetries:

- Réception de trame KISS
- Décodage trame AX.25
- Envoyer la trame vers Mongoddb
- Décodage trame PUS
- Check CRC
- Décodage TM
- Envoyer les données décodées vers Mongoddb et Influxdb
- Visualisation des données

Télécommandes:

- Création de la TC avec les données utilisateur
- Codage AX.25
- Codage KISS
- Envoi vers GNuradio
- Envoi vers Mongoddb
- Visualisation des précédentes TC envoyées

Logiciel TC/TM

Simple Control Center (CNES)



Logiciel développé par Christophe Mercier (JOSAT)

Contribution RadioAmateur

Transpondeur :

Activation régulière en fonction de l'état de la batterie via la carte TRXVU d'ISISPACE

Amélioration de la contribution :

- Réflexion sur l'intégration de la charge utile SPINO
- Intégration du boîte mail en vol (stimulation de l'expérimentation numérique en radio)
- Partage des différents modulateurs/démodulateurs GnuRadio à la communauté.

Carte SPINO :

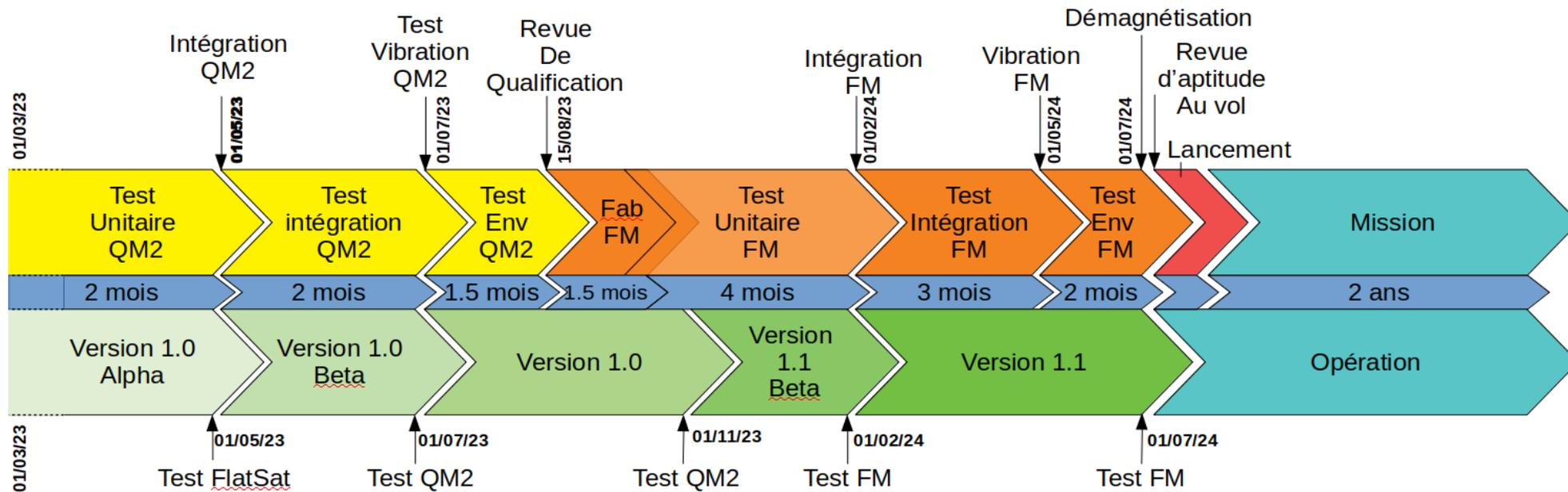
- Intégration mécanique : **OK**
- Intégration électronique : **presque OK** (manque régulateur DC/DC)
- Intégration radio : **OK**
- Financement : **en cours**

Diffusion open source du projet (sauf TC, bibliothèque ISISPACE et PUS):

En cours de réflexion ...

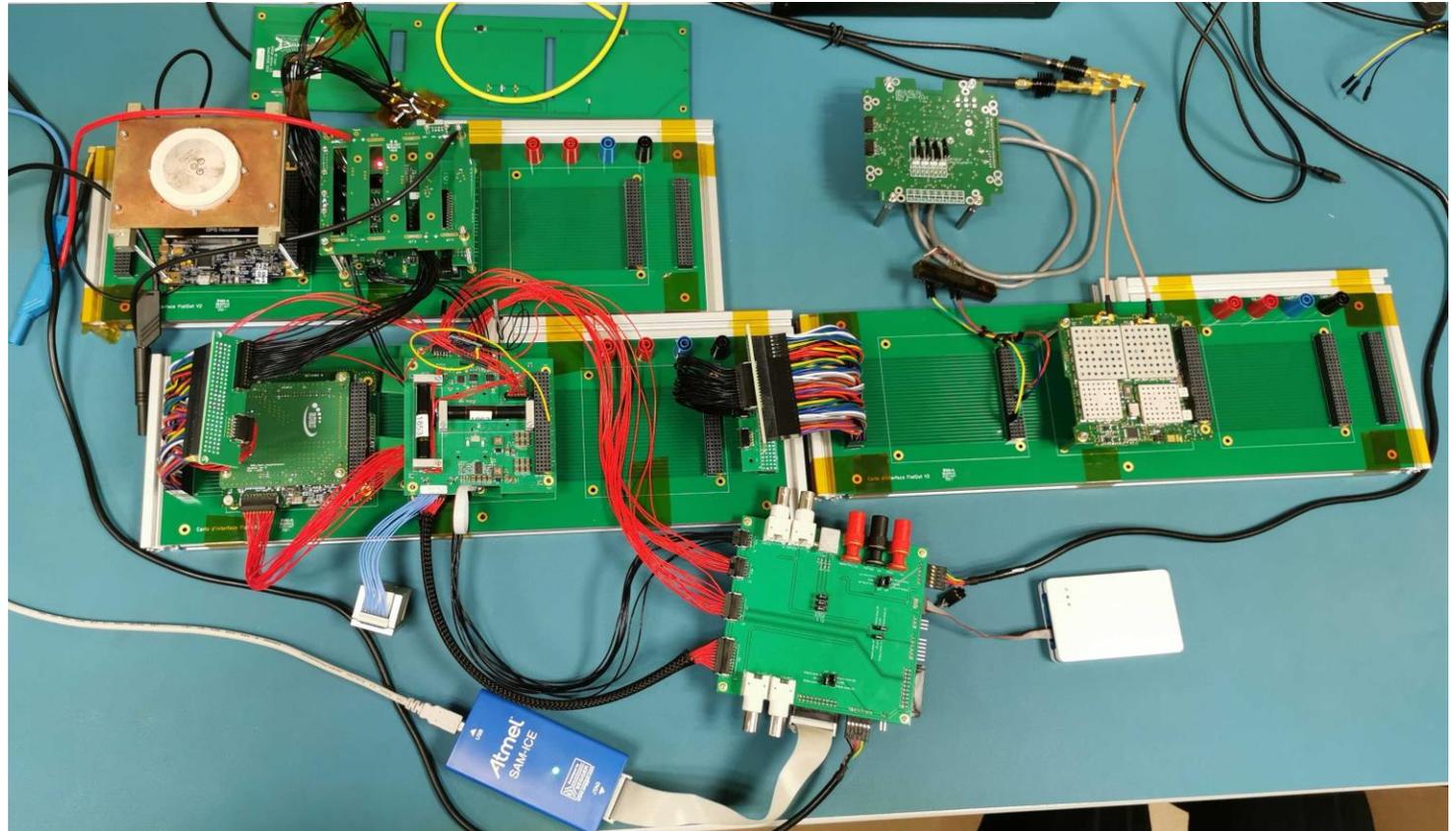
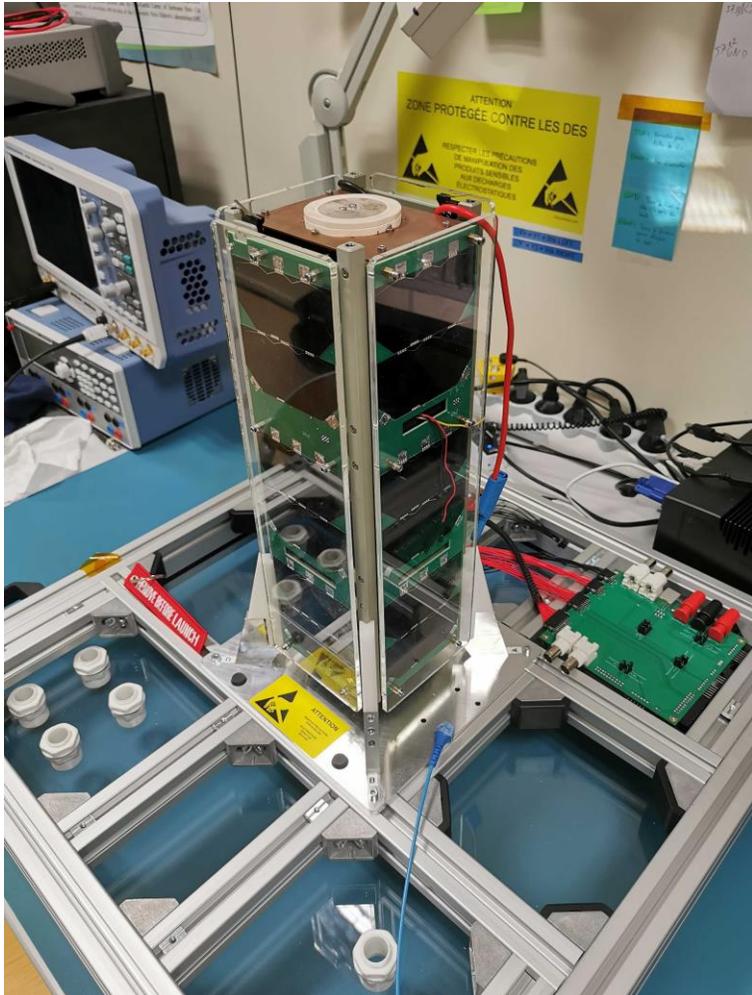
Conclusion

- Prochaine étape : Fin du modèle de qualification et test environnementaux d'ici septembre 2023.
- On rentre actuellement dans la phase de test intensif du modèle EQM2 d'IGOSAT
- Encore un peu de travail sur le soft sol et vol jusqu'au lancement en 2024
- Fabrication du modèle de vol en 2023/2024
- Lancement fin 2024
- Mise a poste et mission en 2025/2026



Suivez nous sur Twitter : @IGOSAT_Diderot
https://twitter.com/IGOSAT_Diderot

Conclusion



Suivez nous sur Twitter : @IGOSAT_Diderot
https://twitter.com/IGOSAT_Diderot