



Centre Spatial Universitaire de Toulouse
Space innovation, together



RETEX EntrySat

Nicolas NOLHIER, F5MDY

3^{eme} Rencontre Spatial Radioamateur

Equipe Entrysat ISAE-SUPAERO

D. Mimoun, R. Garcia, A. Sournac, A. Cadu



16/03/2020

La mission EntrySat



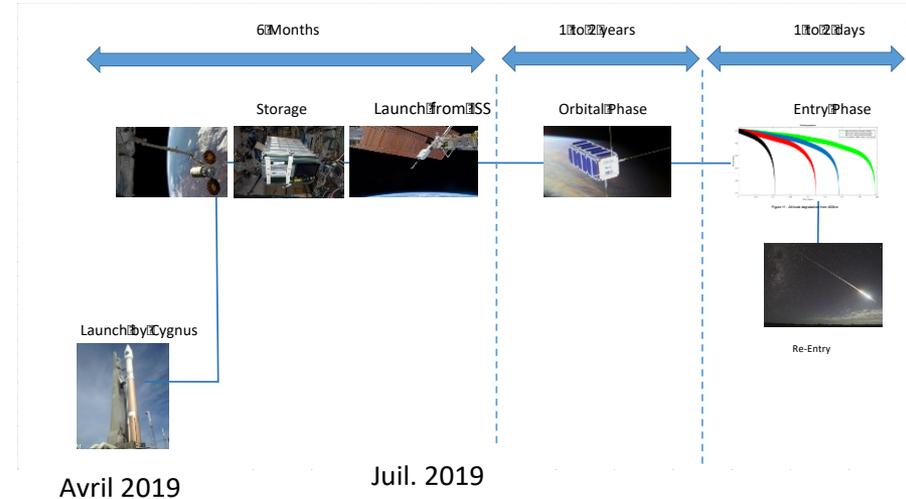
OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Premier satellite 3U étudiant (SUPAERO)
Etude de la rentrée atmosphérique
1-2 ans de durée de vie prévue

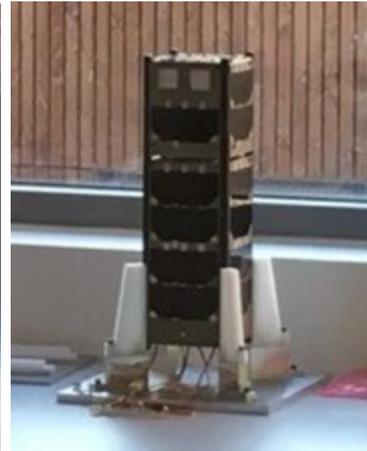
CHARGE UTILE

Capteurs de pression, thermocouples,
capteurs de flux thermique, IMU and GPS
Environ 100 Etudiants impliqués

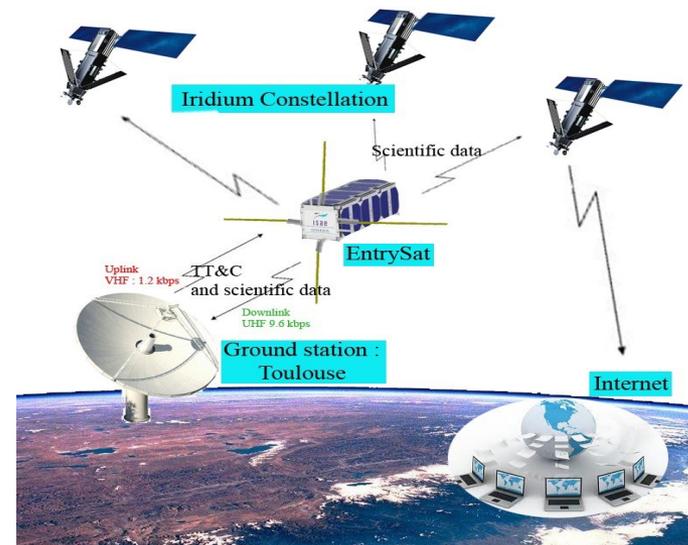
CONOPS



SATELLITE



SYSTEME



Objectifs de la mission EntrySat



Quelle est la cinématique des débris durant la rentrée ?

GPS, Gyroscopes, Accéléromètres, Magnétomètres

Comme varie la pression aérodynamique durant la rentrée ?

Capteurs de pressions

Quelle est l'évolution de l'intégrité du satellite durant la rentrée ?

Thermocouples, Capteurs de flux thermique

Température externe : $-200^{\circ}\text{C} < T < 500^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

Température interne : $-50^{\circ}\text{C} < T < 80^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

Flux de flux thermique : $0 < H < 300\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10\%$

Pression : $5\text{Pa} < P < 10^6\text{Pa} \pm 5\%$

Attitude : $\pm 5^{\circ}$ à taux de rotation $450^{\circ}/\text{s}$

Position : $\pm 1\text{ km}$

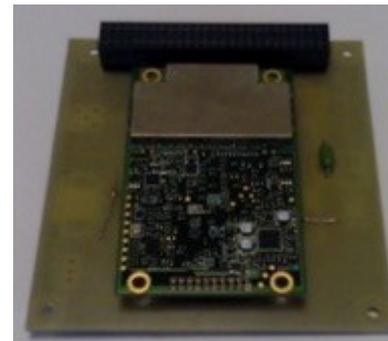
Vitesse : $\pm 200\text{ m/s}$



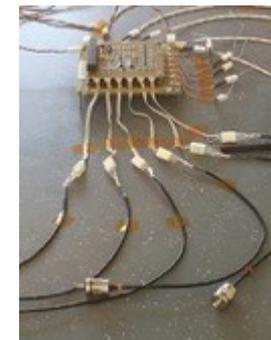
Capteur flux



Capteur pression



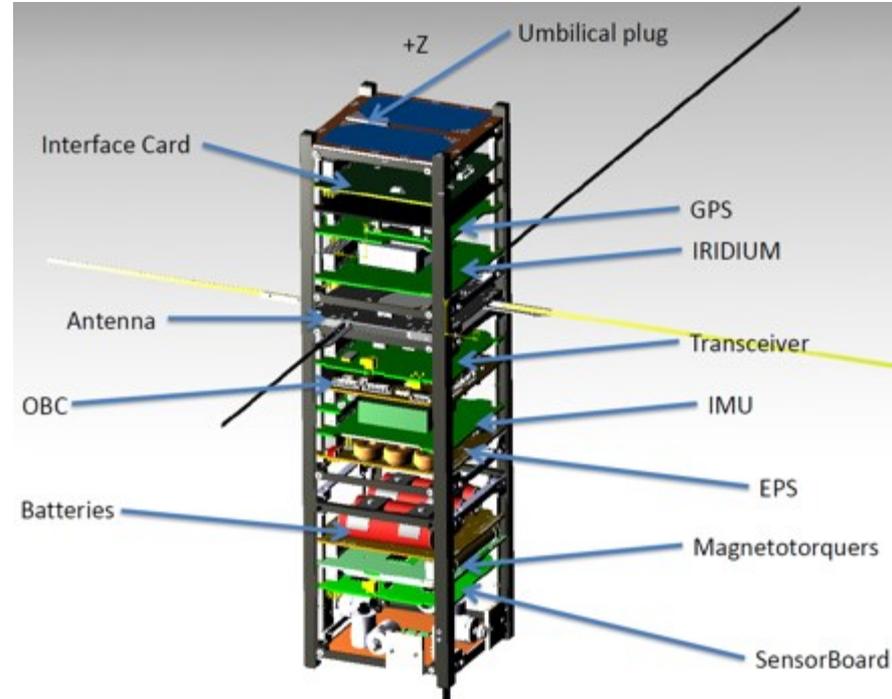
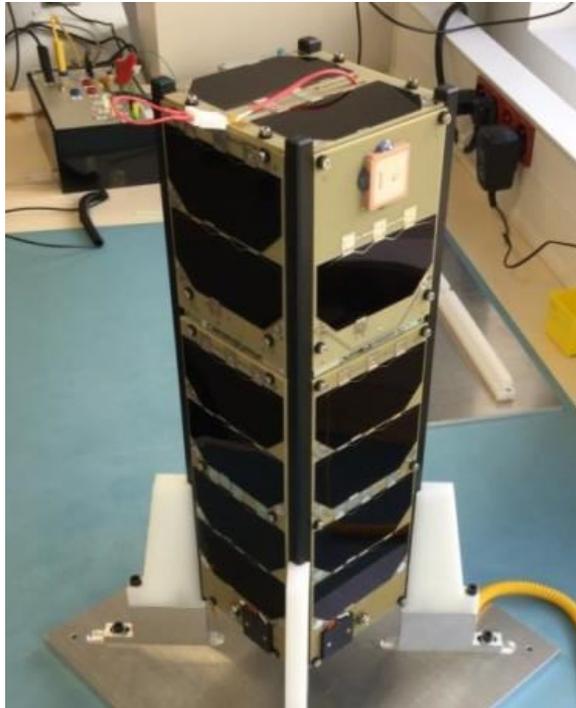
GPS



Carte Charge Utile³

Modèle de vol EntrySat

Masse 2.3 kg



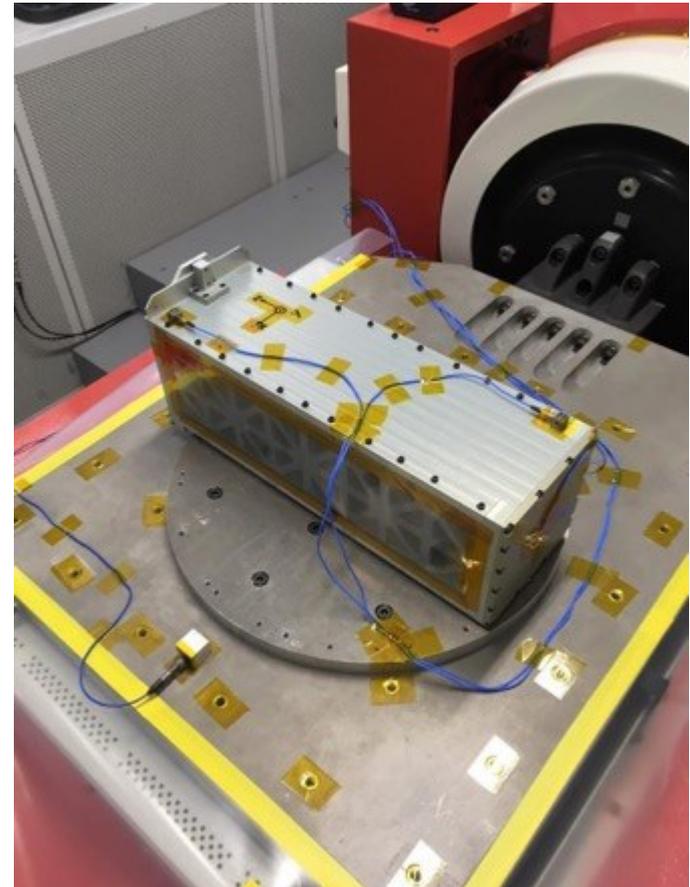
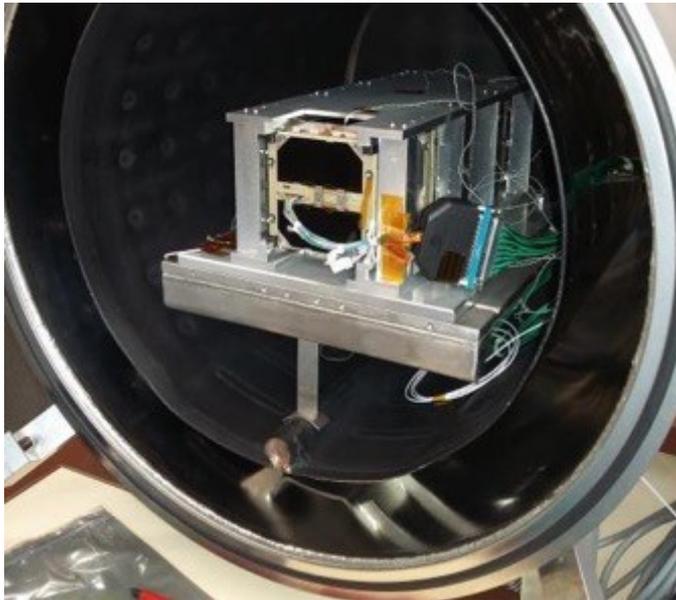
Satellite Mode	Total Power [W]
SAFE	1.91
ORBITAL	2.16
ENTRY	4.65

Puissance moyenne PV : 2.5 W
18h max en mode ENTRY

- UHF/VHF tests avec le segment sol : (**end-to-end test**)
 - Mise en place d'atténuateurs ...
- Communications avec la constellation Iridium (extérieur)
- Acquisition du signal GPS signal (extérieur + simulation interne)
- Caractérisation magnétique (CNES)

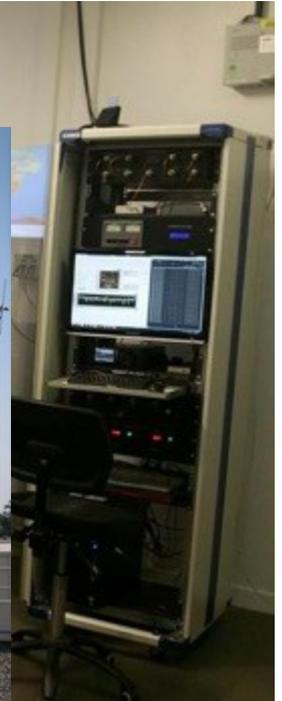


- Tests en vibration (ICA : Espace Clément Ader)
-



- Tests thermiques sous-vide TVAC (ISAE)

- Centre de contrôle à ISAE-SUPAERO / CSUT
- Stations VHF/UHF
F6KTA : ISAE-SUPAERO
F4KLD : Université Paul Sabatier
Gestion automatique de la polarisation
- Logiciel de démodulation maison (USRP / Labview)
- Le segment sol est utilisé pendant les phases d'intégration et tests du cubesat



NG-11 : Fusée Antares/ Module Sygnus

CAM 12

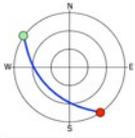


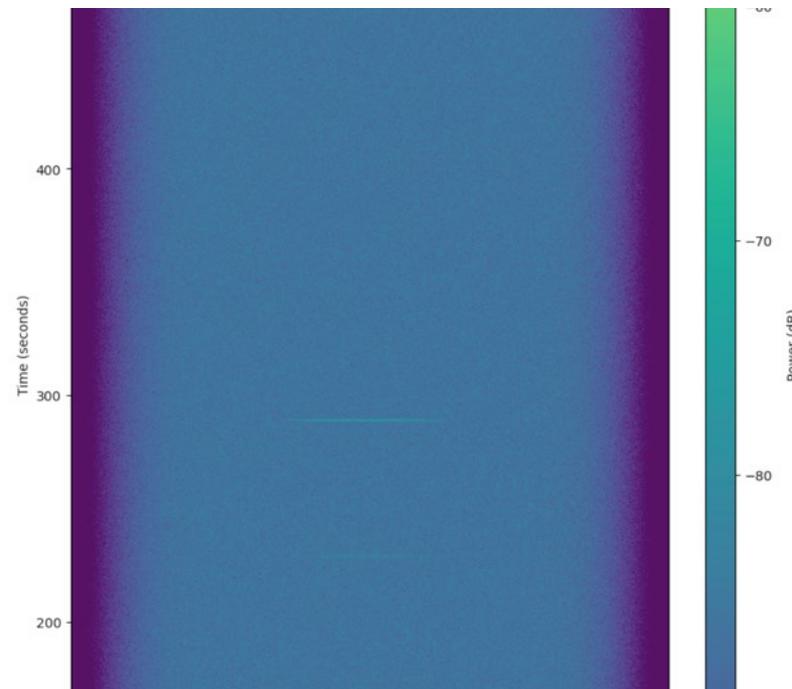
107 20:46:01.892



**Déploiement d'EntrySat
depuis la Station Spatiale
Internationale le 3 Juillet 2019
à 18h25 (16h25 GMT)**

1^{ère} trace sur le réseau SATNOGS (KF6ZEO, San José CA) 90 minutes après le déploiement !!

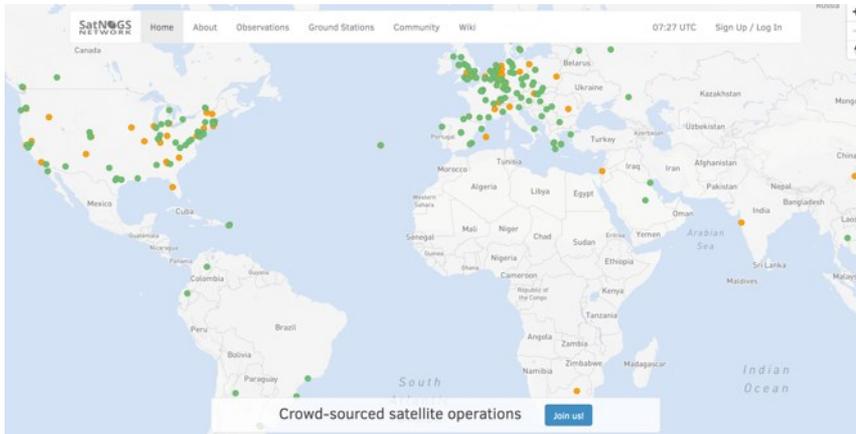
Satellite: 44429 - EntrySat
Station: 237 - KF6ZEO-1
Observer: Fredy Damkalis
Status: Good ⓘ ⚙️ ✖️ ⚠️
Transmitter: UHF Beacon and Telemetry
Frequency: 436.950 MHz
Encoding: BPSK 9600
Timeframe: 2019-07-03 17:53:51
2019-07-03 18:04:41
Rise: ● 304.0°
Max: 43.0°
Set: ● 146.0°
Client Version: 0.9
Metadata: ▶ { 5 items }
Polar Plot: 
Downloads: 🔊 Audio 🌊 Waterfall



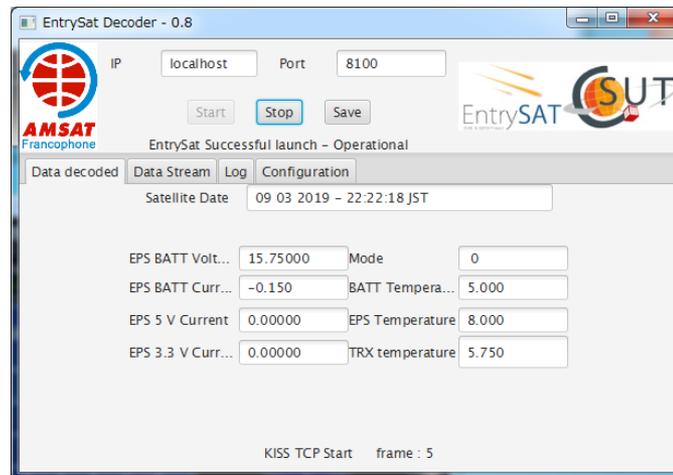
Premiers paquets décodés



Centre Spatial Universitaire de Toulouse
Space innovation, together



Pas de décodeurs sur SATNOGS



Merci Christophe !

Les 4 premières TM reçues sur le serveur AMSAT-FR : JA0CAW, SV3CIX, EU1XX et K4KDR



Thank to
JA0CAW
One of the first OM
to receive ou beacon

ON2FR



Date	GMT	QRG	Mode
7/3/2019	21h30	436.950	BPSK9k6

CSUT_officiel a retweeté

JA0CAW @JA0CAW · 23 déc. 2019
En réponse à @Matthieu_Compin @EntrySat et 5 autres
Dear EntrySat Team
Thank you for the great Christmas gift. @EntrySat @Matthieu_Compin Tetsu(JA0CAW)



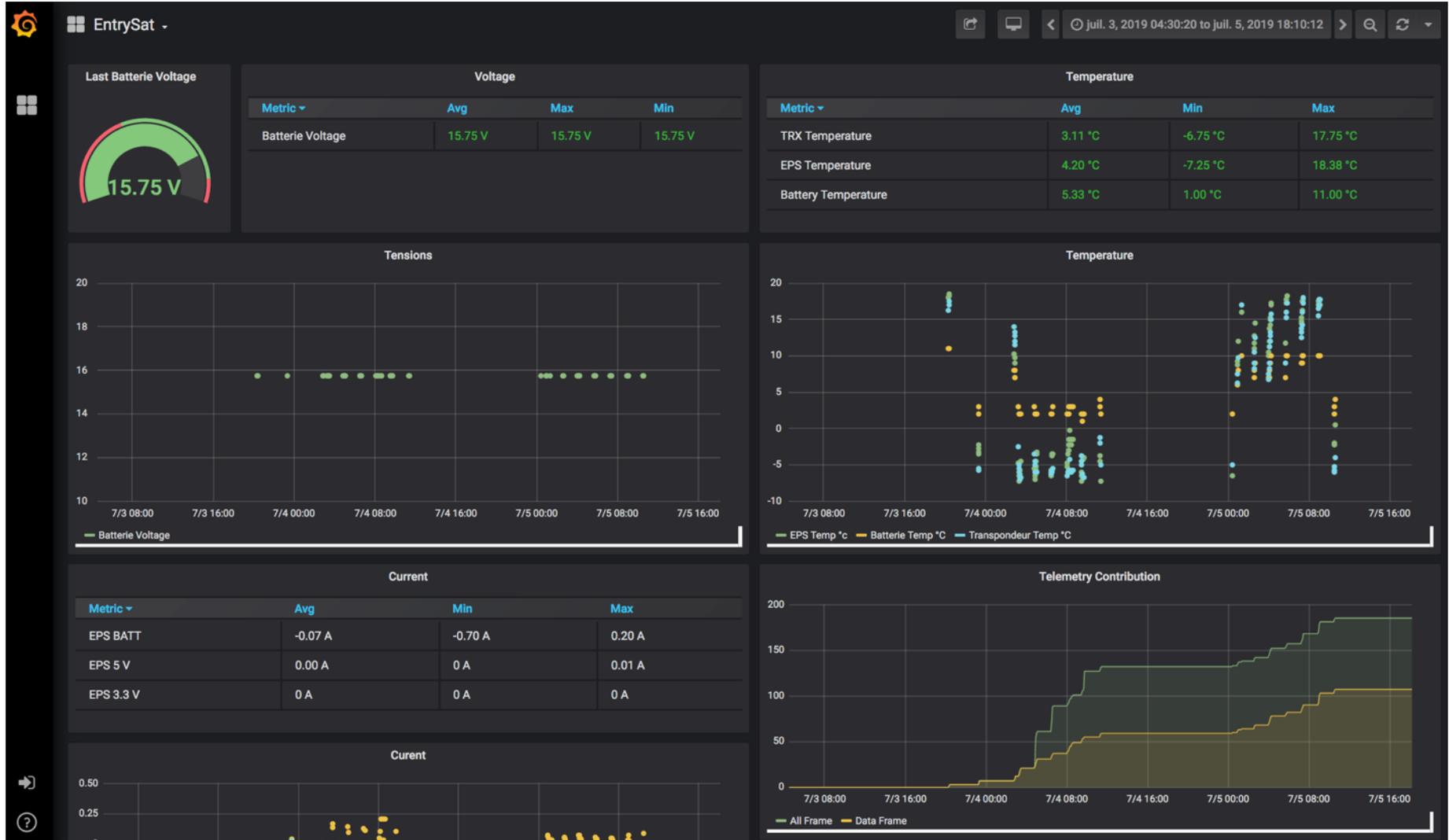
2 11

Exploitation des résultats



Centre Spatial Universitaire de Toulouse
Space innovation, together

Mise en place d'une interface graphique : Grafana

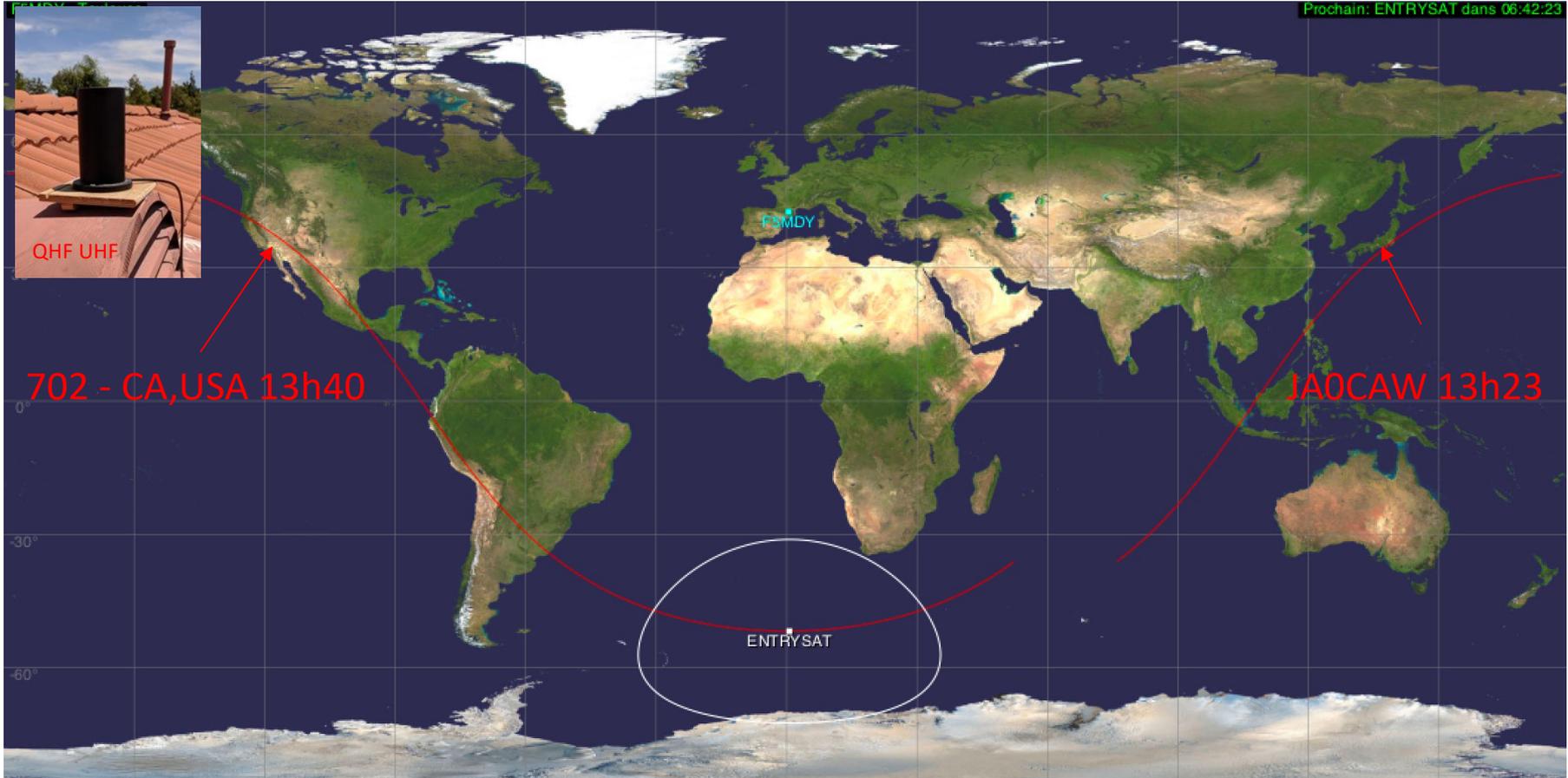


Et Le silence !!!



Dernier signal reçu le 14/7 à 13h40 depuis Temecula, CA

Centre Spatial Universitaire de Toulouse
Space innovation, together



Tout ok sur le trame de JA0CAW

Signal non décodable pour 702 : SatNOGS Echantillons : Bande passante audio 8kHz !!!

- Retour d'expérience en cours par l'équipe EntrySat
- Actions :
 - Tests de TC, TM depuis F4KLD
 - Ecoute avec gros moyen : Radiotelescope de Dwingeloo (NL) (Merci à Paul PE1NUT)
 - Attente de RESET (Timeout) après 11 jours
 - Tests en cours sur le Flat-Sat
- Pas de messages Iridium ???



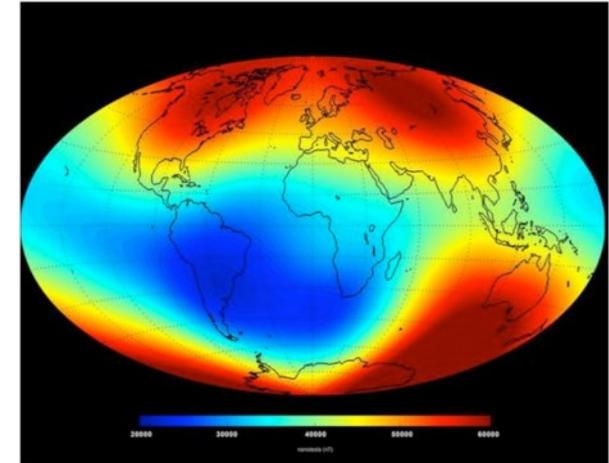
- Iridium est conçu pour un modem situé près de la surface de la terre avec une vitesse "modérée"
- La constellation Iridium est à 800 km d'altitude
- EntrySat : Altitude 400km, Vitesse : 7,6km/s
- Vitesse différentielle très grande (@1.6GHz) : doppler > 60kHz selon les orbites (hors specifications)
- Désynchronisation temporelle (distance de 400km)
 - Mais des Cubesats utilisent Iridium ! NASA AMES : TechEdSat
 - Problème d'antenne ? Rupture du câble coaxial ?

Le satellite passait au dessus de l'atlantique sud
AMAS : Anomalie Magnétique de l'Atlantique Sud

Evenement singulier ? Single Event Upset ?

Destruction d'un composant par une particule chargée

- Carte RF HS ??
- Contrôleur I2C défectueux



Une grande frustration mais :

Le satellite a été nominal pendant 12 jours (Balise, TM, TC

Un succès pour un projet étudiant !!

Retours positifs sur l'expérience amateur : plus de 5300 trames sur AMASAT-FR

Un dernier espoir l'année prochaine en cours de rentrée

Année	Nom	Type	Etablissement	Durée de fonctionnement (j)	Fonctionnement	Type de panne	Carte Radio	Bande (U/D)	Modulation (U/D)
2012	Robusta-1A	1U	CSUM	2		Batterie	Maison	VHF/UHF	AFSK /AFSK
2017	Robusta-1B	1U	CSUM	En cours **		Radio	Maison	VHF/UHF	AFSK /AFSK
2017	SpaceCube	2U	Mines-ParisTech	656 **		Radio	Maison Radiometrix	VHF/UHF	AFSK /AFSK
2017	XCubeSat	2U	Polytechnique	0		Radio	Maison Radiometrix	VHF/UHF	AFSK /AFSK
2018	PicSat	3U	LESIA	69		SEU / Radio	ISIS-TRXVU	VHF/UHF	AFSK /BPSK
2019	Robusta-1C	1U	CSUM	0		Non connu	Maison	VHF/UHF	AFSK /AFSK
2019	EntrySat	3U	CSUT	11		SEU / I2C / Radio	ISIS-TRXVU	VHF/UHF	AFSK /BFSK
2019	EyeSat	3U	CNES	En cours			Syrlinks EWC31-S	Bande S	PCM/QPSK

Le lien radio est un acteur principal dans la fiabilité

GomSpace AX100 : en cours d'évaluation au CSUT

- 3 partitions de configuration
 - Corruption / WatchDog
- Balise automatique
- Reconfiguration en vol
- Codage Red Salomon
- UART/I2C/CAN
- Possibilité de redondance (-3dB)

- Protocole fermé
- Pas de fonction transpondeur

Héritage : Reçus depuis F4KLD Delphini (AUSAT 1), Suomi 100, FacSat-1, OPS-SAT



- **Analogue vs μ P / FPGA / SDR**

 - Sensibilité de la partie numérique

 - Autonomie de la carte (Codage Trame, CRC, Balise ..)

- **Half / Full Duplex**

 - Bi ou monobande : Antenne, Diplexer,

- **Fréquence**

 - Bande passante, Complexité, Accessibilité, SatNogs

- **Fonctionnalités**

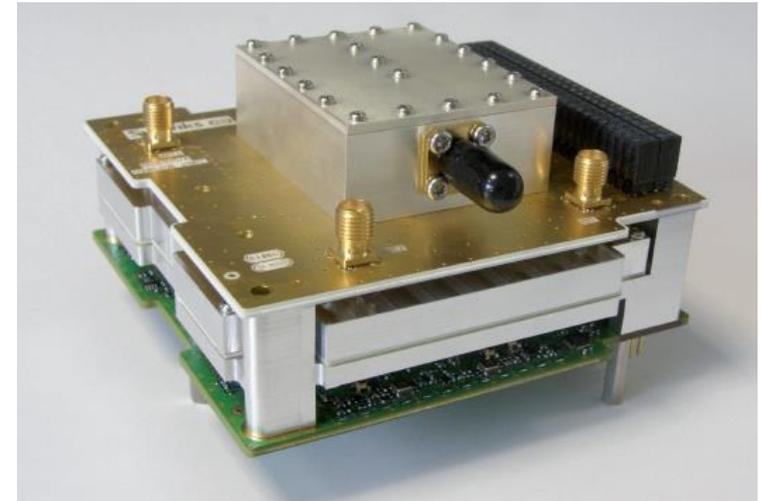
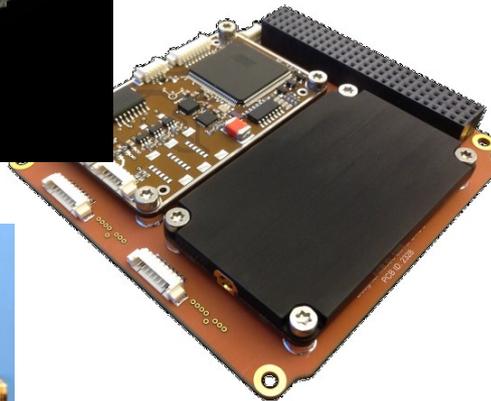
- **Protocoles**

- **Interfaces**

Quelle carte radio ??



Centre Spatial Universitaire de Toulouse
Space innovation, together



-> Des idées : Participez ce jour à notre groupe de travail