



# Deux Cubesats Toulousains : ENTRYSAT et NIMPH

## CSU Toulouse

Nicolas NOLHIER (F5MDY)  
Matthieu COMPIN

**Seconde rencontre spatiale radioamateur  
9 & 10 mars 2019  
Nanterre**





# Groupe d'Intérêt Scientifique



Etablissements universitaires

Laboratoires de recherche

CSUT

Partenaires industriels

**cnnes** Soutien

Membre associé

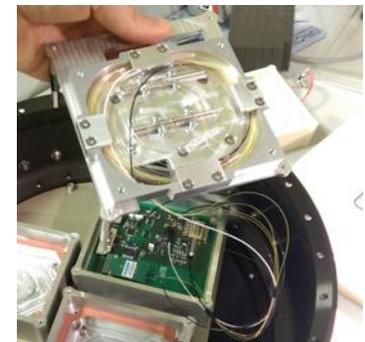
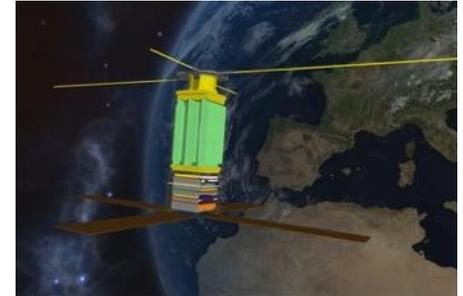
- STEEL Electronique
- NEXEYA
- U-Space
- COMAT
- TRAD
- MACANO I&D
- ALTEN
- CS
- .....



# Les projets collaboratifs développés dans le cadre du CSUT

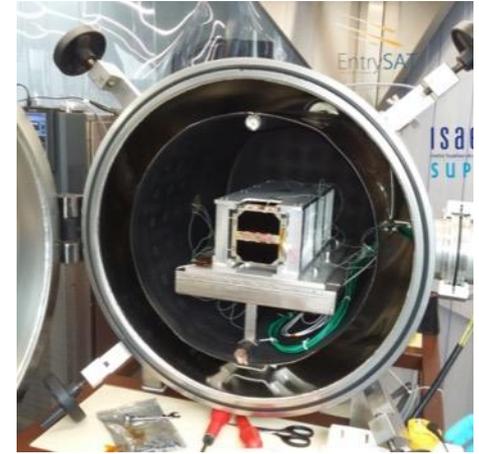
Projets “transverses” pour les nano systèmes spatiaux :

- Plates-formes nano-satellites / bancs
- Segment Sol: centre de contrôle, centre de mission
- Ballons stratosphériques
- Lanceurs/fusées expérimentales (PERSEUS)
- Vols paraboliques ("Fly your thesis", REXUS, PLD Space)
- Expérience ISS
- **Intégrer des équipes d'étudiants interdisciplinaires pour concevoir et réaliser ces projets**



## Principaux moyens mutualisés :

- Méthodes de conception :
  - Etude système (phases 0 et A)
- Moyens de fabrication et tests "satellites":
  - Cuves vide thermique
  - Pots vibrants
  - Moyens d'impression 3D
  - Moyens de fabrication mécanique et électronique
  - Salles blanches
  - Chambres anéchoïques
- Moyens sol :
  - Stations sol : **F6KTA** et **F4KLD**
  - Antennes de réception (UHF/VHF, S, X)
  - Centre d'orbitographie
- Moyens validation systèmes embarqués
  - Outils d'ingénierie concourante
  - Plateforme de simulation



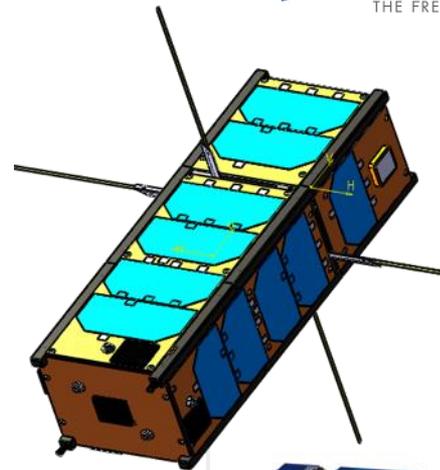
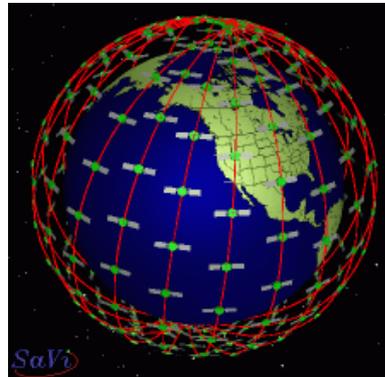


# Projet EntrySat



## ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB



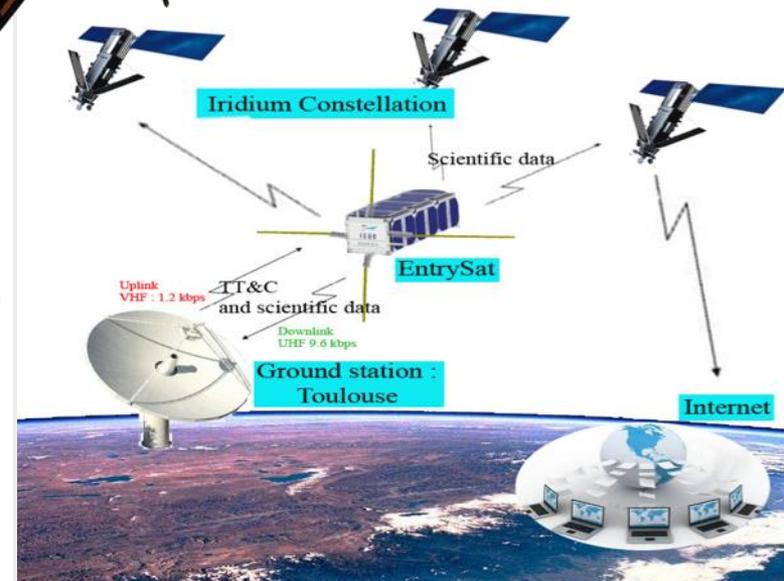
1ere étude en 2012

Support CNES JANUS et QB-50

Satellite prêt au lancement / Intégration Nanoracks

Lancement ISS le 17 avril 2019 (Antares/Sygnus)

CSUT : Opérations et traitement, transfert des données



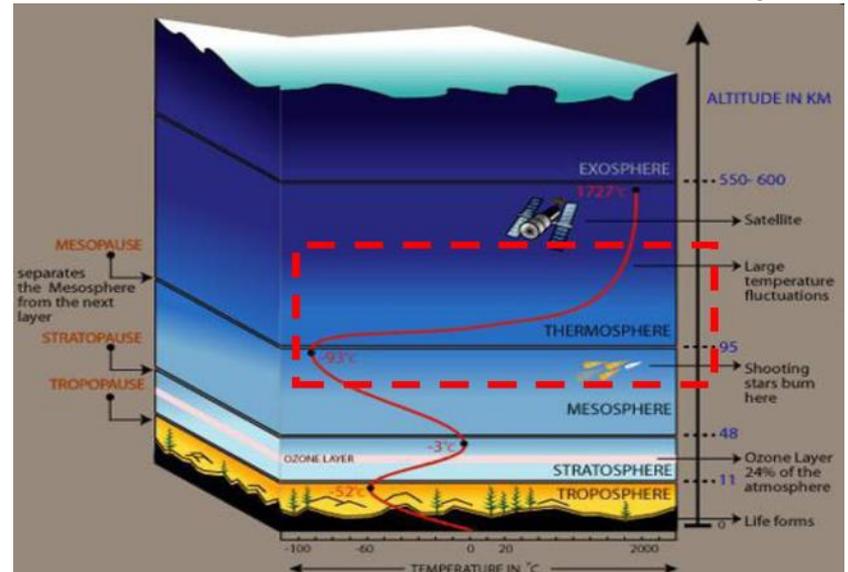
# Mission scientifique

- Dynamique des débris spatiaux durant la rentrée dans l'atmosphère
- Variations de pression aérodynamique
- Intégrité du satellite
- Communications avec la constellation IRIDIUM

## Débris Spatiaux

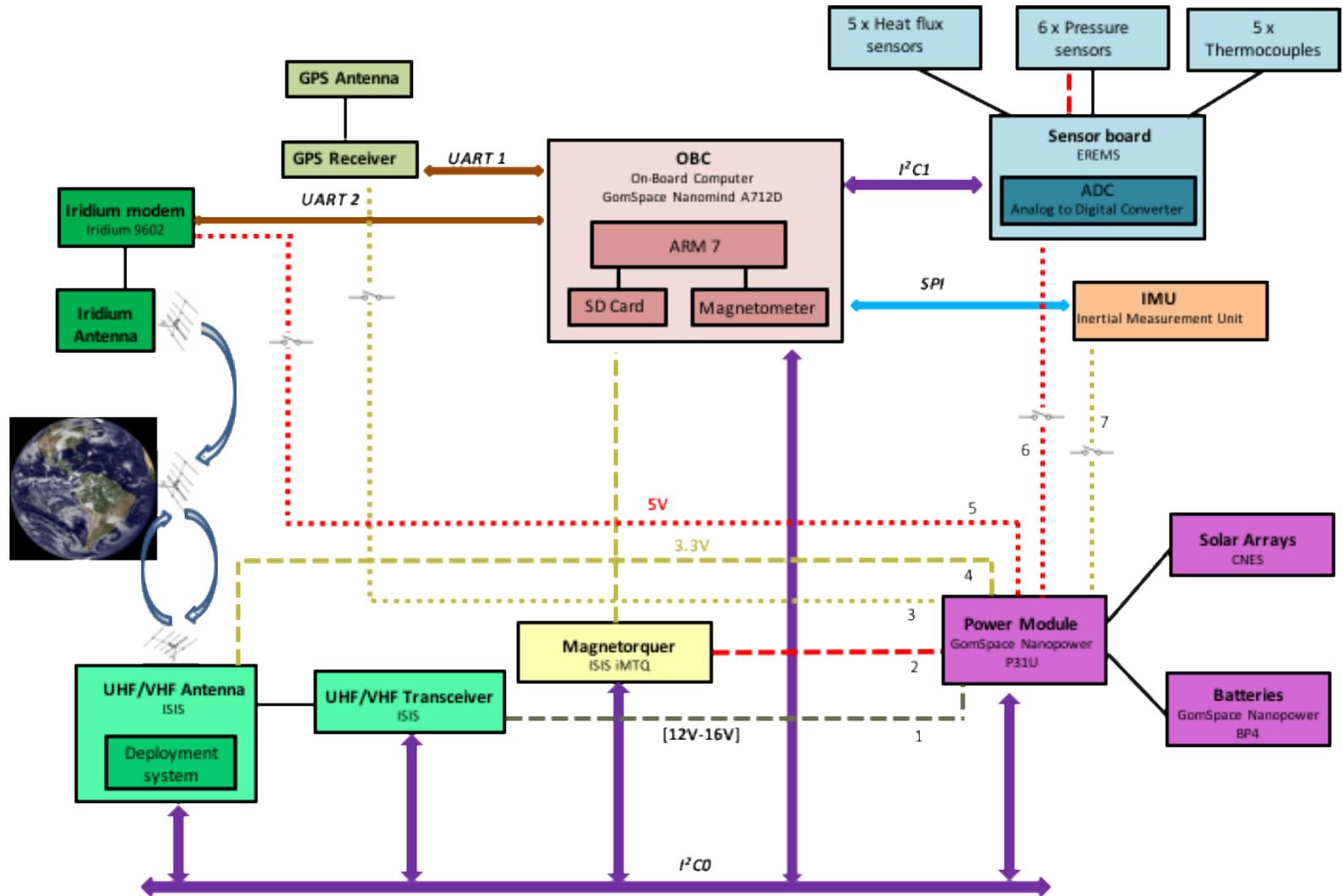


## Structure de la Thermosphère



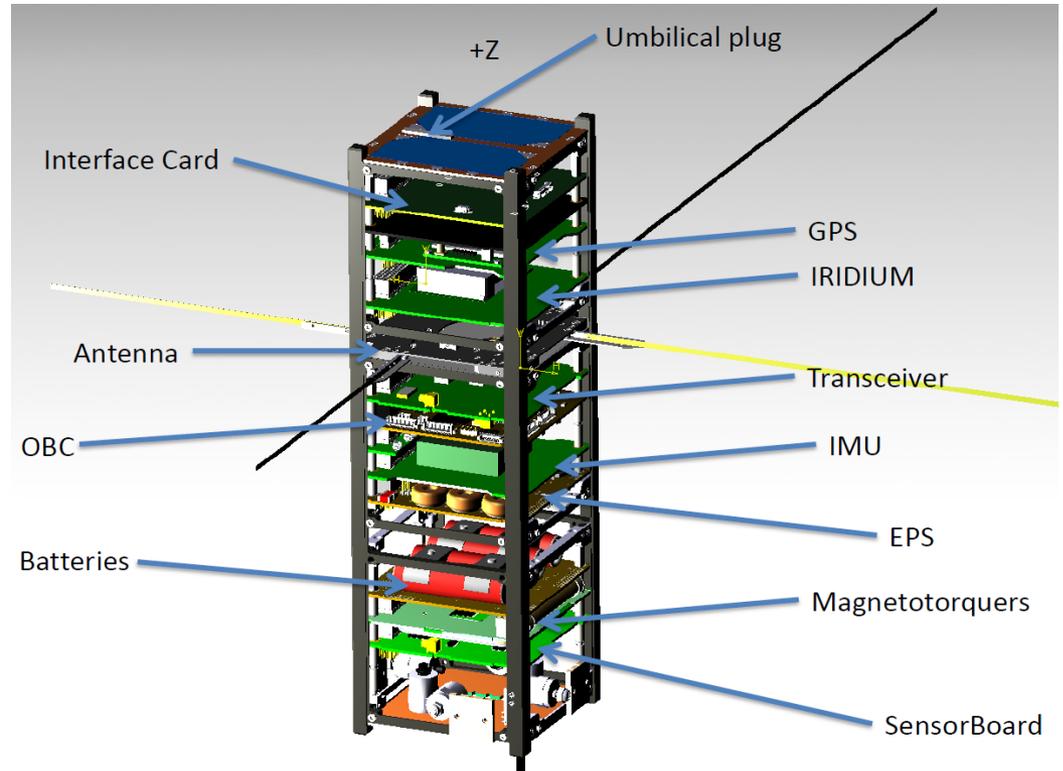
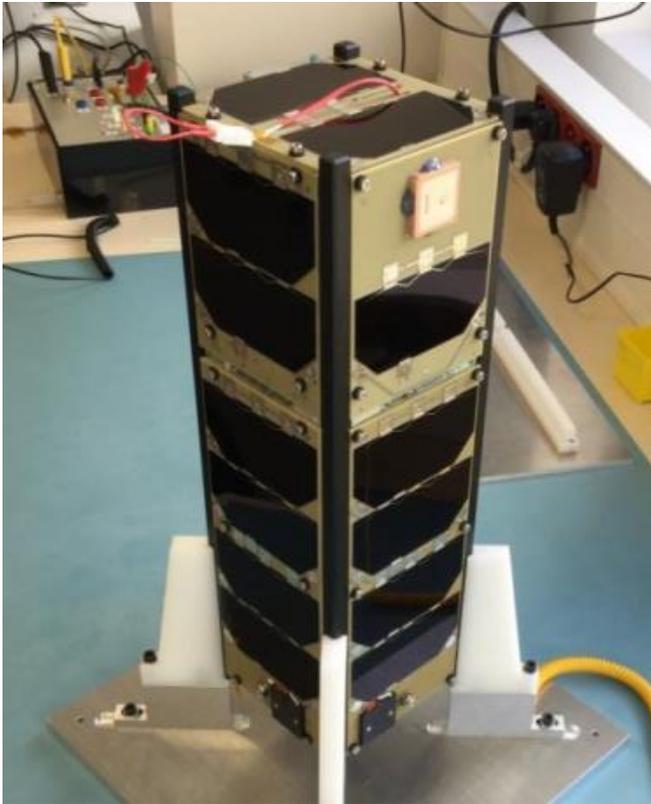


# Architecture électrique



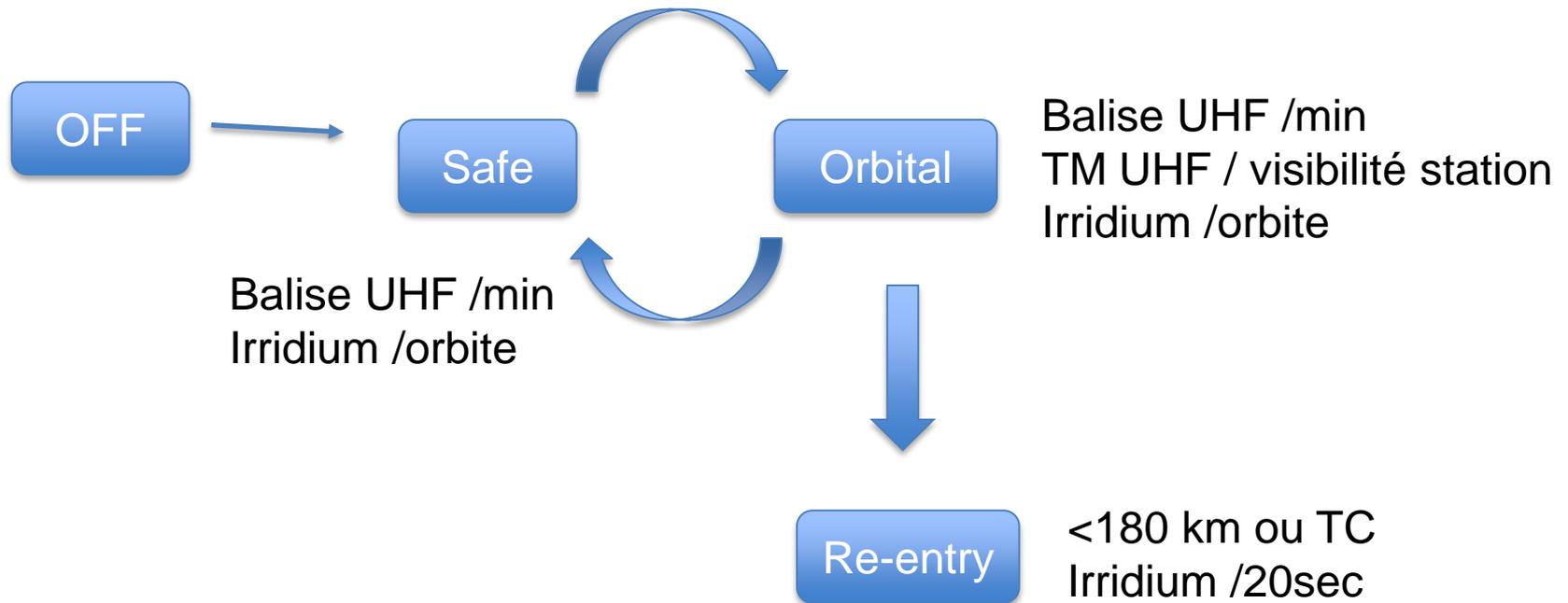
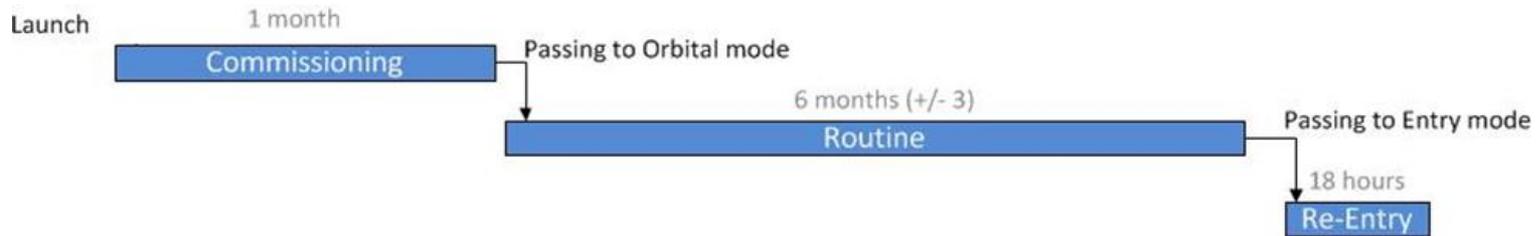


# Architecture mécanique





# Modes de fonctionnement / COMM





# COMM VHF/UHF

Paquet

Norme ECSS : PUS

Trame

Trame AX.25

Physique

## TC

Fréquence: 145.96 MHz  
Modulation: AFSK - FM  
Polarisation: Circulaire  
Débit: 1200 bps

## TM / Balise

Fréquence: 436.95 MHz  
Modulation: BPSK  
Polarisation: Circulaire  
Débit: 9600 (1200) bps



# Format des trames

| AX.25 transfer frame header (128 bits) |                     |                |              |                     |                   |                        |      |
|--|---------------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|------------------------|------|
| Flag                                   | Destination Address | Source Address | Control bits | Protocol Identifier | Information field | Frame - Check Sequence | Flag |
| 8                                      | 56                  | 56             | 8            | 8                   | 0-2048            | 16                     | 8    |

| Field  | Value    |
|--|----------|
| Flag   | 0X7E     |
| Destination callsign (for the Destination Address) | ON02FR-0 |
| Source callsign (for the Source Address)           | F6KTA -0 |
| Control bits                                       | 0x03     |
| Protocol Identifier                                | 0xF0     |

| Packet header (48 bits) |      |                        |      |                         |                |               | Packet data field (variable) |             |                      |
|-------------------------|------|------------------------|------|-------------------------|----------------|---------------|------------------------------|-------------|----------------------|
| Packet ID               |      |                        |      | Packet sequence control |                | Packet length | Telemetry data field header  | Source data | Packet error control |
| Version number          | Type | Data field header flag | APID | Sequence flags          | Sequence count |               |                              |             |                      |
| 3                       | 1    | 1                      | 11   | 2                       | 14             | 16            | 64                           | Variable    | 6                    |
| 16                      |      |                        |      | 16                      |                | 16            | 64                           | Variable    | 6                    |

| Field                | Value      |
|----------------------|------------|
| Version number       | 00         |
| Virtual channel ID   | 000 or 001 |
| Spare (header)       | 000        |
| First header pointer | 0x00       |
| Time flag            | 1011       |
| Spare (trailer)      | 00         |

| Telemetry data field header |                         |             |       |              |                 |      |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|-------|--------------|-----------------|------|
| Spare                       | TM source packet number | PUS version | Spare | Service type | Service subtype | Time |
| 1                           | 3                       | 4           | 4     | 8            | 8               | 40   |

| Field                               | Value |
|-------------------------------------|-------|
| Version number                      | 000   |
| Type                                | 0     |
| Data field header flag              | 1     |
| Sequence flags                      | 11    |
| Spare                               | 0     |
| TM source packet PUS version number | 001   |
| Spare                               | 0000  |

Beacon : PUS service = 3  
sub\_type = 25



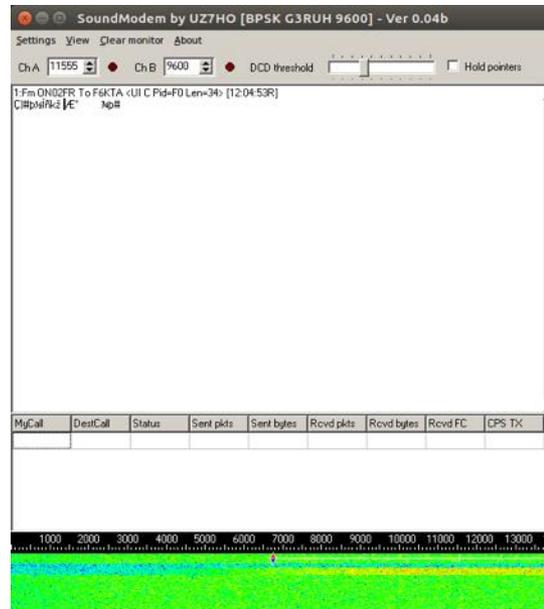
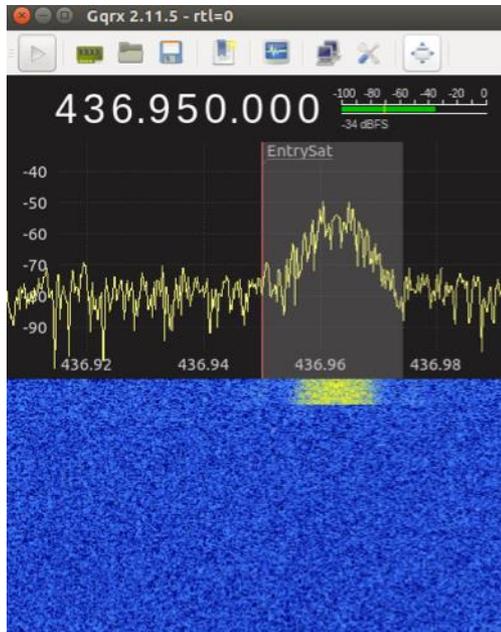
# Données de la balise

| Parameter   | SID  | OBSW SPARE7BITS                 | OBSW WODSTATUS                                 |
|-------------|--|---------------------------------|--|
| Type        | Enumerated 1 byte  | Unsigned integer 7 bits         | Enumerated 1 bit                               |
| Description | Housekeeping structure identification.<br>For the beacon, SID=6. | Spare bits                      | Operational status.<br>0 = Safe<br>1 = Orbital |
| ...         |  |                                 |  |
| Parameter   | EPS_VBATT_PROC   | EPS_BATTBUSCURREN_PROC          | EPS_3V3BUSCURREN_PROC                          |
| Type        | Unsigned integer 8 bits  | Unsigned integer 8 bits         | Unsigned integer 8 bits                        |
| Description | Battery voltage in V   | Battery bus current in A        | 3.3V bus current in A                          |
| ...         |  |                                 |  |
| Parameter   | EPS_5VBUSCURREN_PROC   | TRX_WODTEMP_PROC                | EPS_AVRTEMP_PROC                               |
| Type        | Unsigned integer 8 bits  | Unsigned integer 8 bits         | Unsigned integer 8 bits                        |
| Description | 5V bus current in A  | Transceiver's temperature in °C | Power system's temperature in °C               |
| ...         |  |                                 |  |
| Parameter   | EPS_BATT_TEMP_PROC   |                                 |  |
| Type        | Unsigned integer 8 bits  |                                 |  |
| Description | Batteries' temperature in °C                                     |                                 |  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| $y = 3 + 0.05 \times x$       | EPS_VBATT_PROC  |
| $y = -1 + 0.0078740 \times x$ | EPS_BATTBUSCURREN_PROC  |
| $y = 0.025 \times x$          | EPS_3V3BUSCURREN_PROC &<br>EPS_5VBUSCURREN_PROC               |
| $y = -15 + 0.25 \times x$     | TRX_WODTEMP_PROC,<br>EPS_AVRTEMP_PROC &<br>EPS_BATT_TEMP_PROC |



# Recevoir EntrySat



écoute du port :

```
nc localhost 8100 | hd -v
```

ou logiciel :

```
agw_online_kiss
```

```
// Raw data (KISS encapsulated)
```

```
00000000 c0 00 8c 6c 96 a8 82 40
00000008 e0 9e 9c 60 64 8c a4 61
00000010 03 f0 00 00 00 00 08 01
00000018 c7 29 00 12 10 03 19 23
00000020 fe bd cd 17 06 00 f1 6b
00000028 00 00 9e a0 98 1f c6 b0
00000030 09 be fe 23 c0
```

SDR : exemple Gqrx  
Mode USB / Bande passante  
24kHz  
Décalage -12kHz

Pas possible avec un transceiver  
amateur

SoundModem UZ7HO  
version G3RUH-BPSK-9K6  
Activer le serveur KISS  
(Fonctionne sous Wine !!)



# Décodage de la balise

// Raw data (KISS encapsulated)

```
00000000 c0 00 8c 6c 96 a8 82 40 e0 9e 9c 60 64 8c a4 61 |...!...@...`d..a|
00000010 03 f0 00 00 00 00 08 01 c7 29 00 12 10 03 19 23 |.....).....#|
00000020 fe bd cd 17 06 00 f1 6b 00 00 9e a0 98 1f c6 b0 |.....k.....|
00000030 09 be fe 23 c0
```

// FlatSat decoded 19/02/2019 F5MDY

c0 00 : KISS begin

8c 6c 96 a8 82 40 e0 : FF6KTA-0 (ASCII<<1)

9e 9c 60 64 8c a4 61: ON02FR-0 (ASCII<<1)

03 f0 : Control Bit / Protocol Identifier (fixed)

-----Information Field -----

00 00 00 00 : Time not used

----- TM PACKET-----

08 01 : packet ID

c7 29 : packet sequence control

00 12 : packet length

10 : Spare/TM source packet number/ Space (fixed)

03 19 : service / service sub\_type (3,25)

23 fe bd cd 17 : time (0x23\*256^3 + 0xfe\*256^2 + 0xbd\*256 + 0xcd + 0x17\*256^1) = 2019/02/19 @ 13:14:53  
time since 2000/1/1 @ 00:00:00

-----SOURCE DATA-----

06 : SID (6)

00 : Mode Safe

f1 : EPS\_VBATT ( 3+0.05x241 = 15.05V )

6b : EPS\_BATT\_VCURRENT ( -1+0.0078740x107 = -157.48mA )

00 : EPS\_3.3V Current (0.025x0 = 0A)

00 : EPS\_5V Current (0.025x0 = 0A)

9e : TRX\_TEMP (-15+0.25x158 = 24.5°C)

a0 : EPS\_TEMP ( 25 °C)

98 : BATT\_TEMP ( 23°C )

-----  
1f c6 : Packet CRC

b0 : champ "Frame status" de "AX.25 transfer frame information field" (fixed)

09 be fe 23 : "Time" de "AX.25 transfer frame information field" Coded in Little Endian (last packet sent)

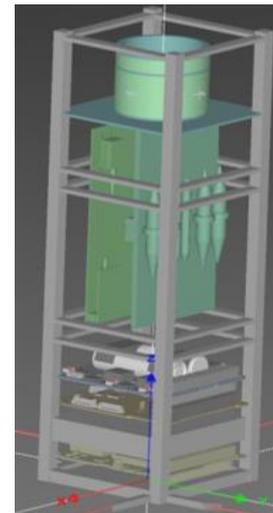
c0 : KISS End

Contact avec DK3WN pour logiciel de décodage  
Réception des TM ... ???



# Projet NIMPH

LAAS  
CNRS



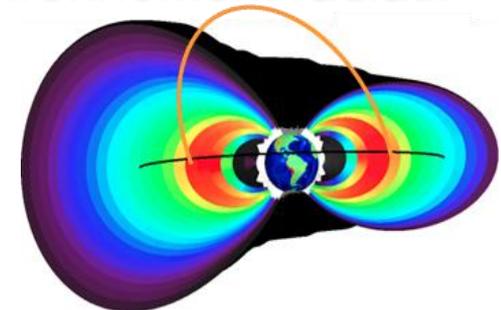
ThalesAlenia  
Space



Plateforme 3U avec deux charges utiles :

*EdMon*: test de composants opto-électronique en environnement radiatif

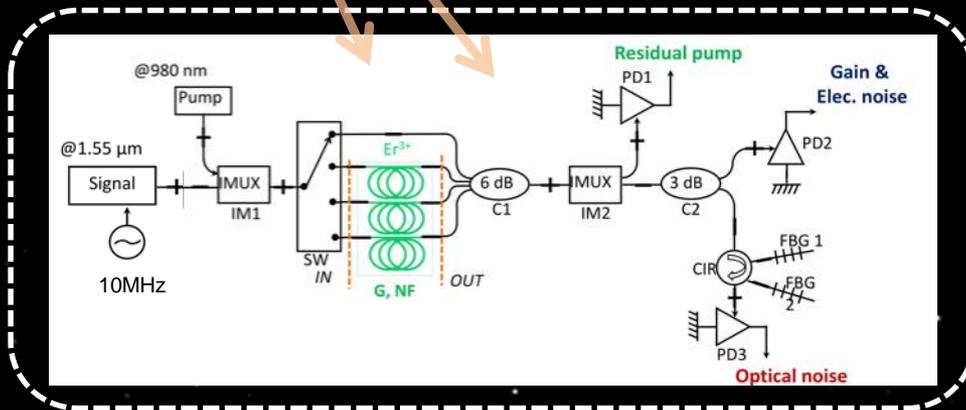
*RadMon*: moniteur de radiations du CERN



# Nanosatellite to Investigate Microwave Photonics (NIMPH)

Dose d'irradiation visée: 20 krad

EdMON



## Caractéristiques physiques :

- Masse: 1.9 kg
- Consommation : 7W
- Volume : 300 cm<sup>3</sup>

## Difficultés

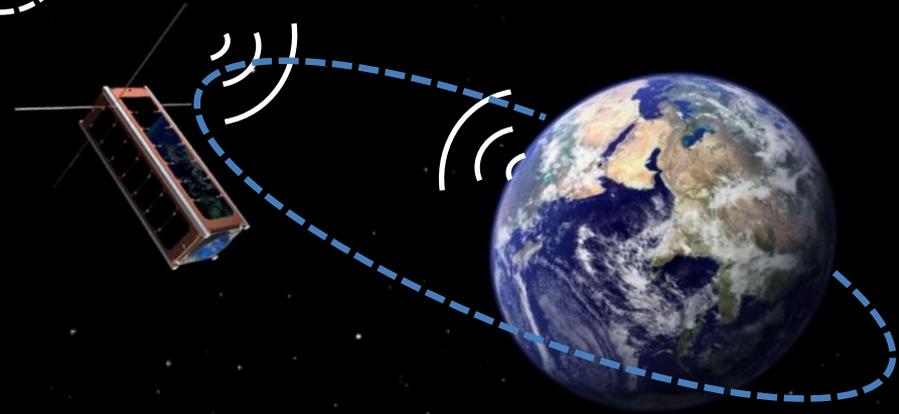
- Fiabilité
- Métrologie
- COTS

Limiter la complexité pour diminuer les risques de pannes!!

Durée de la mission : 2 ans

Opportunité scientifique :

Fiabilité d'un lien opto-microonde dans l'espace





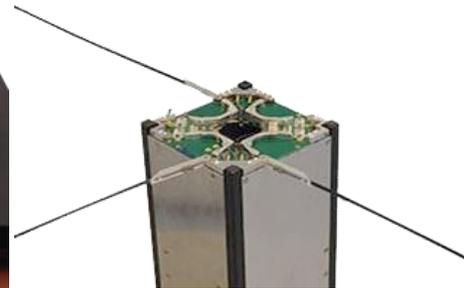
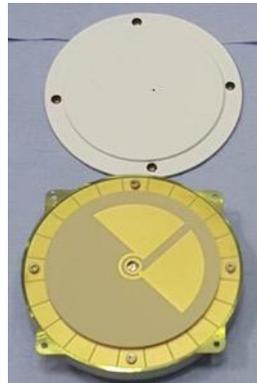
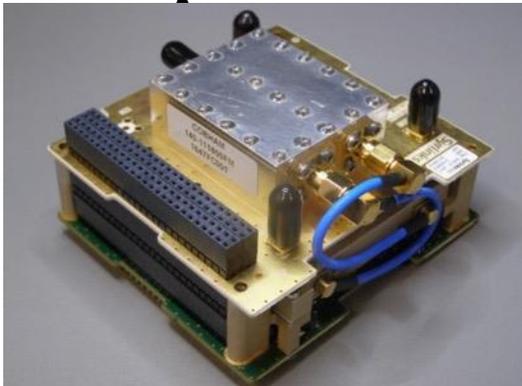
# Source de projets pour les étudiants



Mesures sur le banc de test de NIMPH (LAAS-CNRS)



# COMM : 2 options



## Full duplex en bande S (~2GHz)

Carte COM EWC31 (Syrlinks) :

- Héritage Eye-Sat (Testée fin 2019)
- Développée CNES R&T
- Coût : 17 k€ (EM) / 22 k€ (FM)

Antennes Patch bande S (Anywaves) :

- Héritage Eye-Sat (Testée fin 2019)
- Développée CNES R&T
- Coût : 8 k€

Bande non amateur

## Half-duplex en UHF (~430Mhz)

Carte COM Nanocom AX100 (Gomspace) :

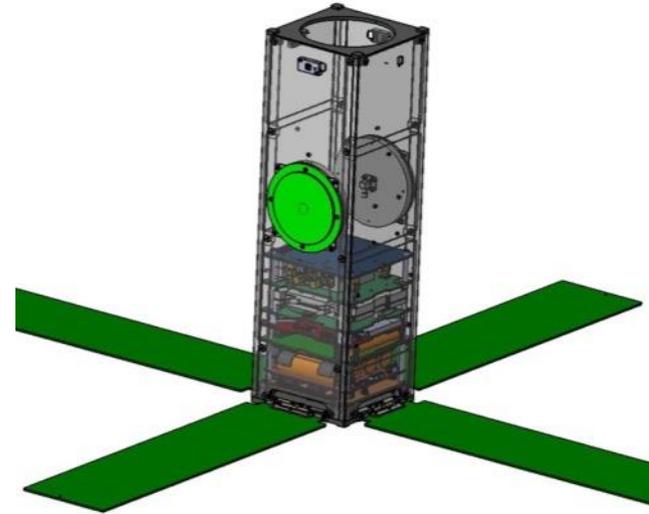
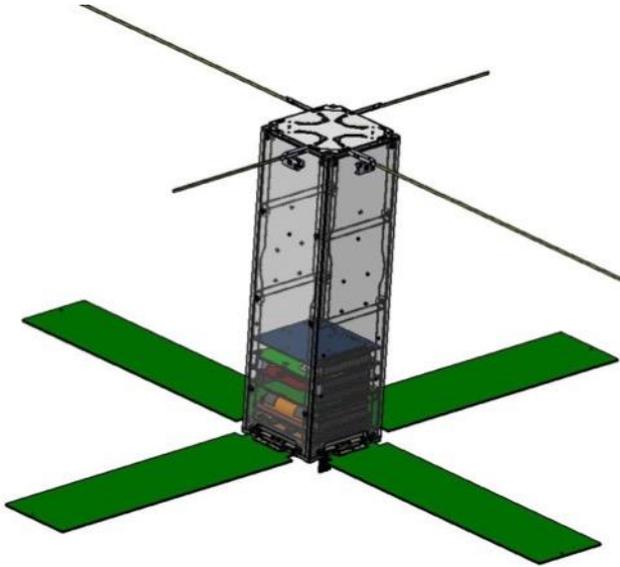
- Testée en vol (GOMX-3, .....)
- Pas d'expérience du CSUT
- Coût : 8,5 k€

Antenne déployable UHF (ISIS) :

- Testée en vol
- Expérience d'EntrySat
- Coût : 5 k€

Bande 70cm amateur

# Analyse de compromis



|                         | Transceiver UHF | Transceiver bande S |
|-------------------------|-----------------|---------------------|
| Consommation(Rx)        | 0,396 W         | 1,5 W               |
| Consommation(Rx+Tx)     | 3,2 W           | 13,5 W              |
| Dimensions              | 93 x 45 x 15 mm | 93 x 90 x 50 mm     |
| Masse                   | 75,5 g          | 425 g               |
| Volume journalier de TM | 11,5 Mb         | 102 Mb              |



# Choix COM NIMPH

- Choix pour une fréquence amateur 70 cm
  - peu de données à descendre (mission)
  - plus de place pour les charges utiles
  - intérêt pédagogique évident (radio-amateurisme, SATNOGS..)
  - .... mais attention au déploiement des antennes ...
- Service à rendre à la communauté amateur ?
  - Peu de choix sur le marché cubesat pour la carte radio
  - La carte AX100 est peu flexible :
    - modulation figée : gestion automatique des paquets
    - pas d'entrée FI, I/Q.....
    - mode "porteuse" ON/OFF
    - changement de la puissance d'émission (4 niveaux)
  - Retour du sondage AMSAT-FR
  - Vers une carte radio cubesat plus ouverte ?



[www.csut.eu](http://www.csut.eu)



@CSUT\_officiel



@EntrySat

73, QSL ?