

La mission Uvsq-Sat Plus de deux ans en orbite

Deux ans dédiés à de l'observation de la Terre



13 mai 2023



Dr. Mustapha MEFTAH [F4IXO]





Follow us on Twitter: [@uvsqsat](https://twitter.com/uvsqsat)



UVSQ-SAT est un nano-satellite scientifique et radioamateur.

UVSQ-SAT est **démonstrateur technologique**.

UVSQ-SAT implique des chercheurs, des ingénieurs & techniciens, des étudiants, des radioamateurs, des partenaires industriels et institutionnels, ...



UVSQ-SAT est le premier élément d'une constellation de CubeSats dédiée à l'observation de la Terre et à l'étude du climat.

1 – Dates clés et objectifs

□ Dates clés



Uvsq-Sat

Uvsq-Sat

LATMOS



Etudes + Réalisations

Exploitation

Fin de vie

Utilisation des données

1

Tests

2

Recette

3

Routine

4

24/11/2017

24/01/2021

13/03/2021

24/01/2025

□ Objectifs

- 1. Objectifs pédagogiques
- 2. Objectifs technologiques
- 3. Objectifs scientifiques

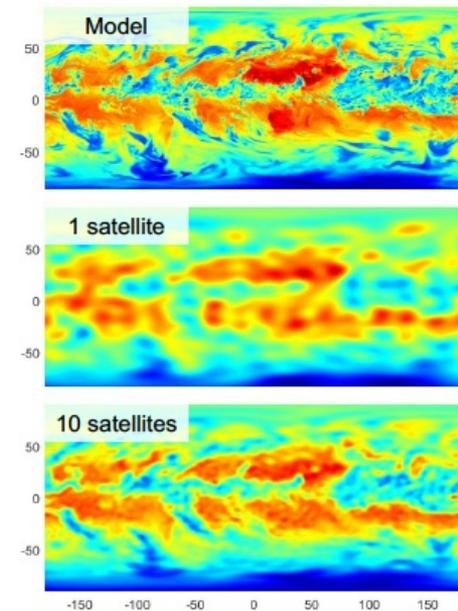
Mesure du bilan radiatif de la Terre.



2.



3.



1 – Dates clés et objectifs

❑ Objectifs pédagogiques

- Formations (master, licence, ...)
- Développement de satellites, de charges utiles scientifiques, et de logiciels
- Plus de 60 étudiants impliqués dans ce programme



2023



2022



2021

1 – Dates clés et objectifs

❑ Objectifs technologiques

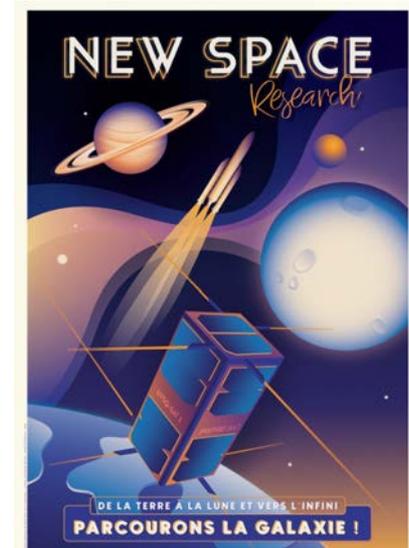
- **Maintenir un savoir-faire technologique**
- **Consolider nos capacités de réalisation d'instruments scientifiques**
- **Identifier de nouveaux verrous technologiques (montée en TRL), ...**
- **Disposer d'installations de laboratoires de haut niveau pour le développement d'instruments spatiaux innovants**
- **Disposer d'installations pour construire et tester des CubeSat et des instruments miniaturisés**
- **Disposer de stations au sol pour les opérations « satellites »**
- **Mettre en œuvre un programme spatial de A à Z, en toute autonomie**



1 – Dates clés et objectifs

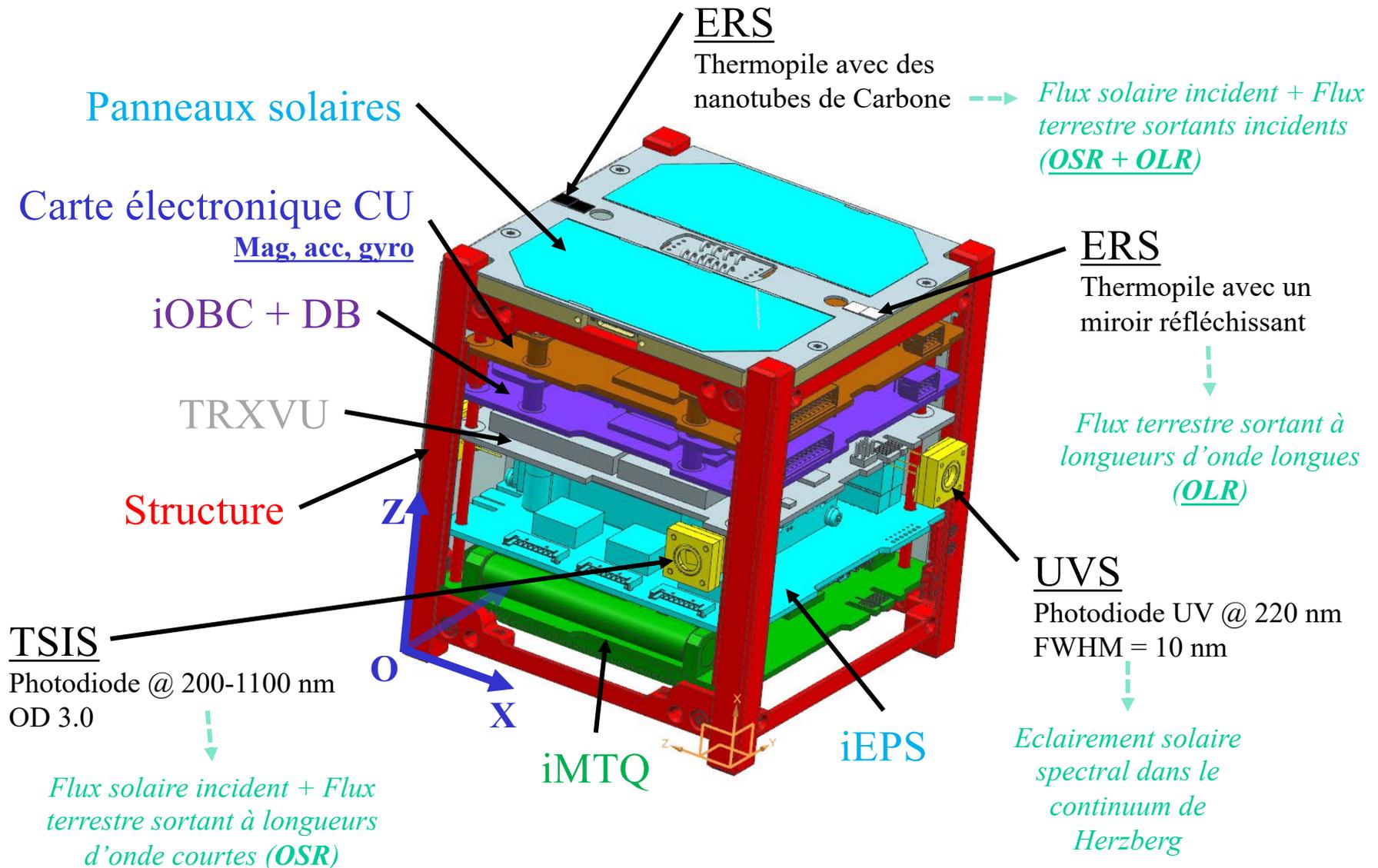
❑ Objectifs scientifiques

- Bilan radiatif, physique solaire, ...
- Préparation de futures missions d'observation de la Terre (CO₂, CH₄, profil vertical de température, ionosphère, ...), de physique solaire (« Space Weather »), ...
- Lien avec les observations (CERES, HIRS, GERB, ...), les modèles (CMIP6, code Muram, Atlas-MPS, ...), les ré-analyses (ERA 5), ...



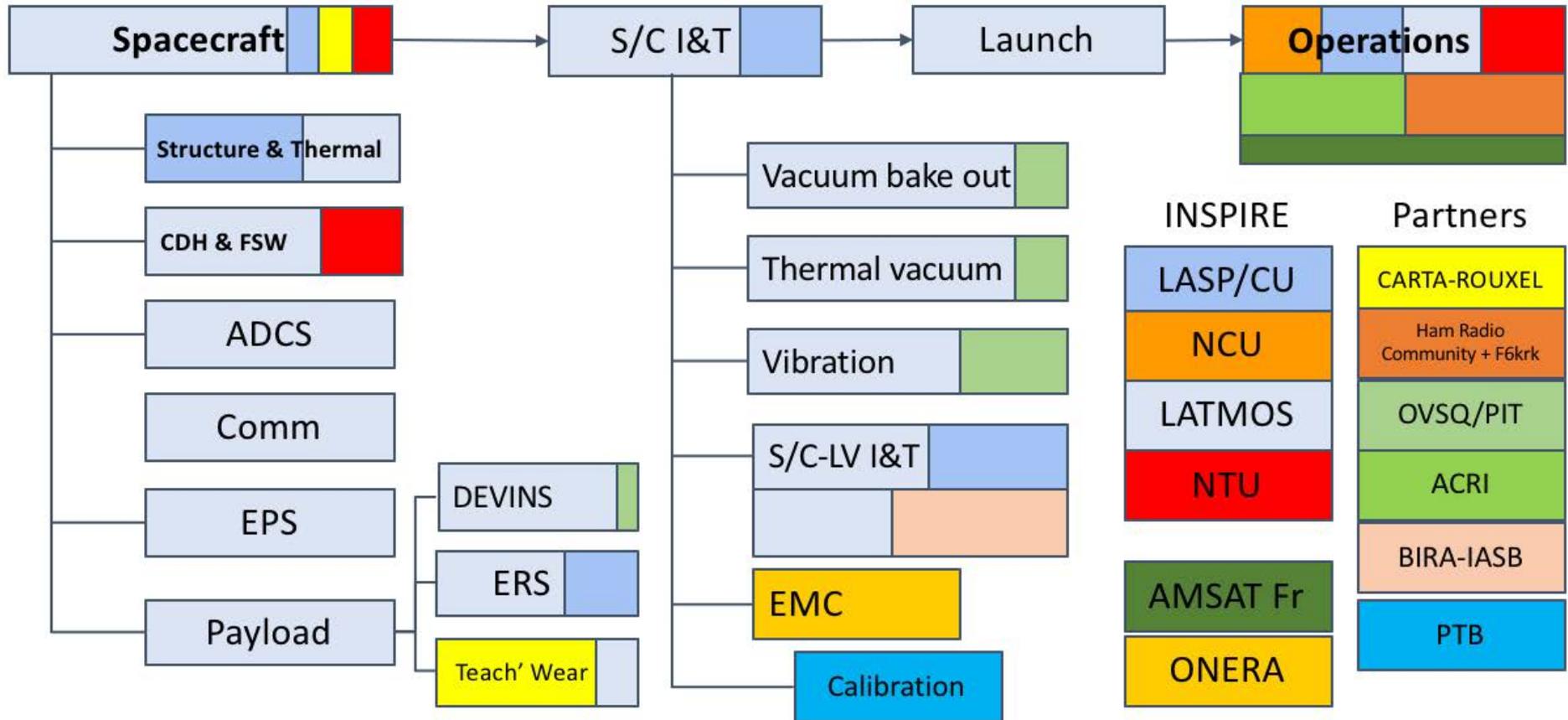
Le NewSpace doit être au service de l'humanité pour répondre aux enjeux sociétaux et environnementaux actuels.

2 – Mission Uvsq-Sat



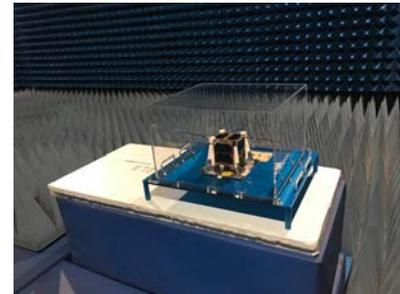
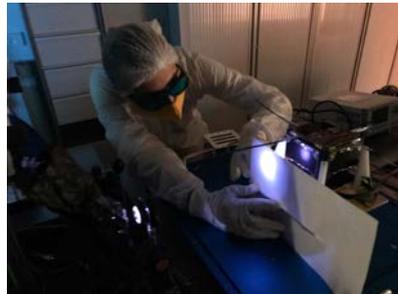
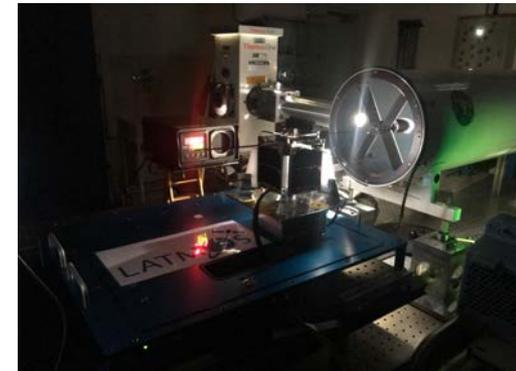
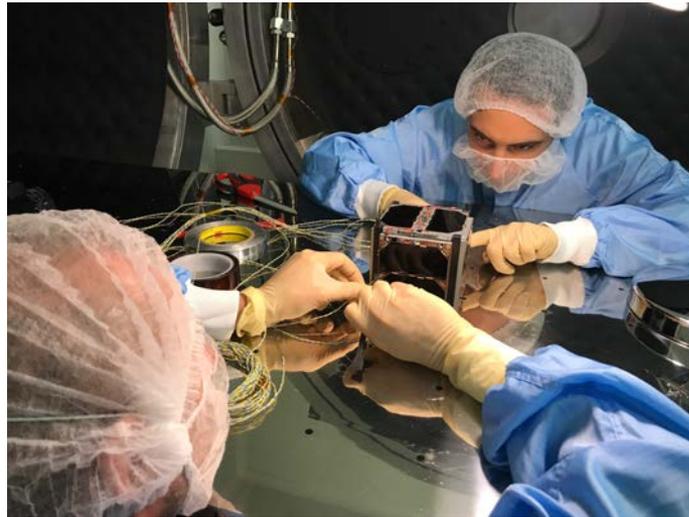
2 – Mission Uvsq-Sat

□ Mise en place d'une stratégie de coopération



2 – Mission Uvsq-Sat

□ Tests (LATMOS/OVSQ)



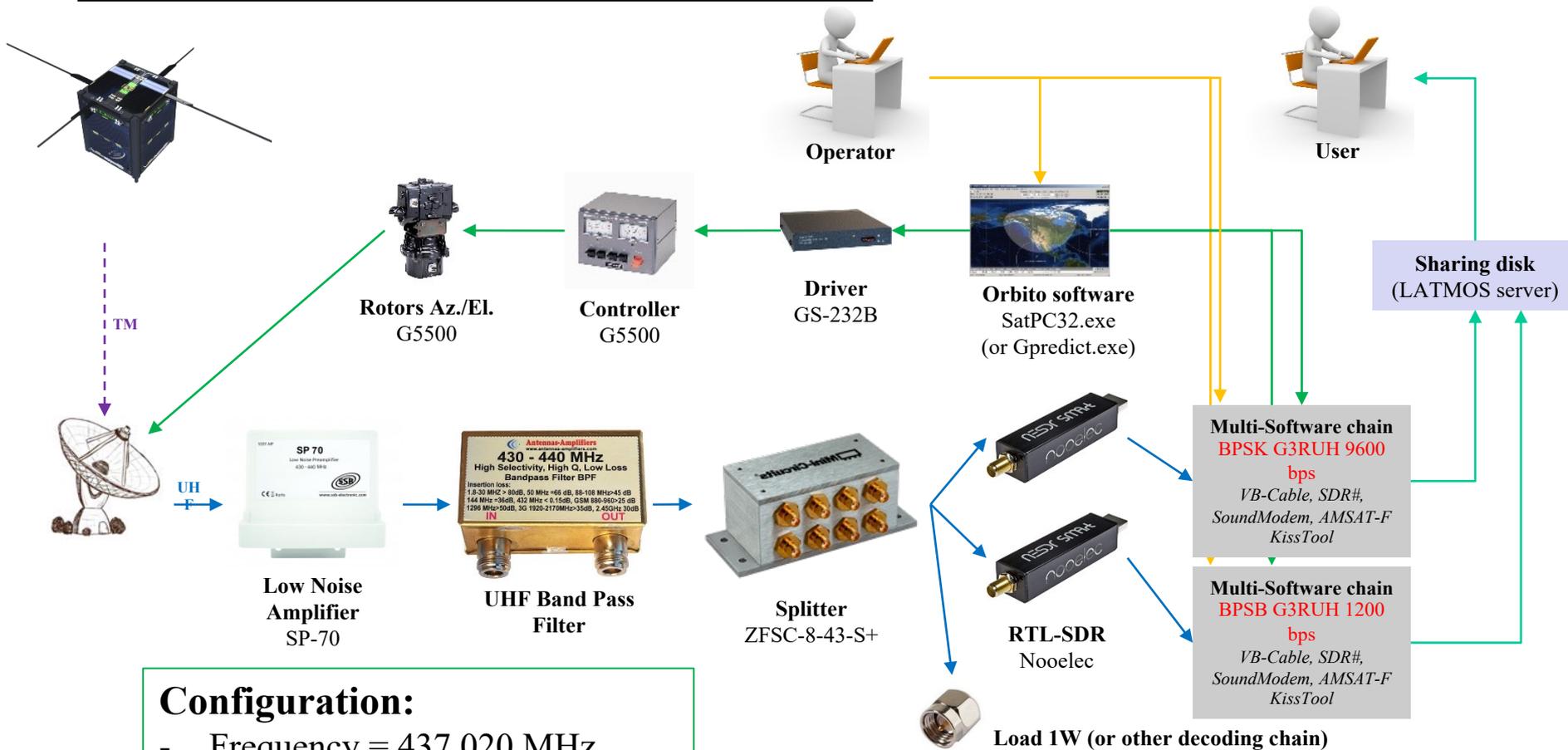
2 – Mission Uvsq-Sat

☐ Centre de contrôle/commande (MOC)



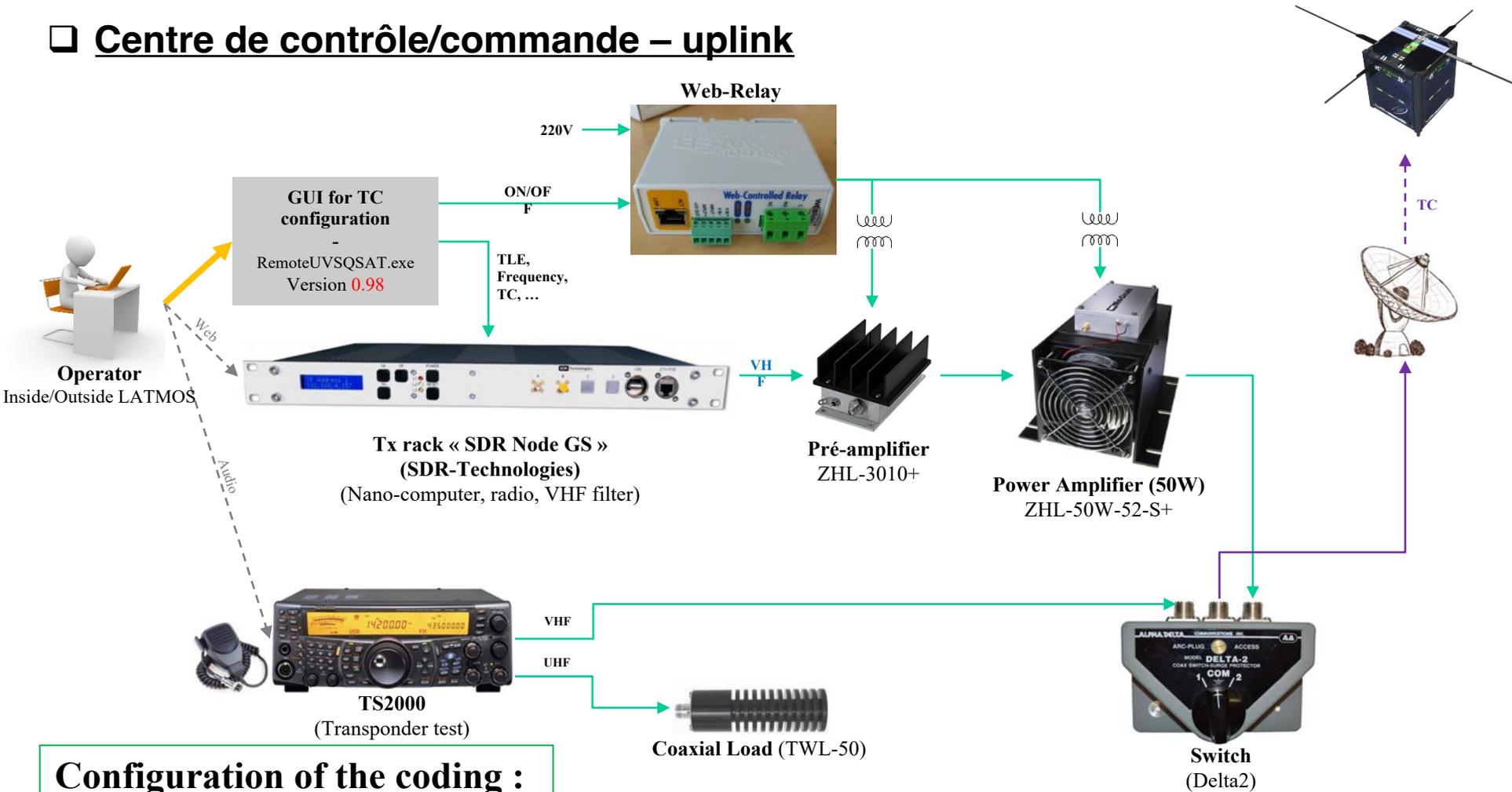
2 – Mission Uvsq-Sat

□ Centre de contrôle/commande – downlink



2 – Mission Uvsq-Sat

□ Centre de contrôle/commande – uplink



Configuration of the coding :

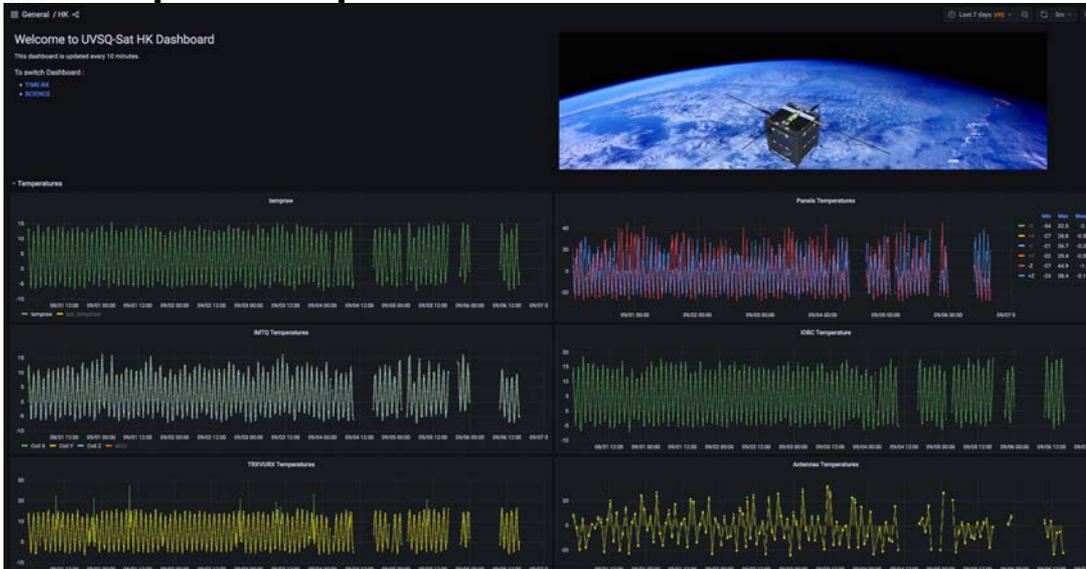
- Frequency = 145.905 MHz
- Modulation = FSK
- Scrambling = G3RUH
- Baud rate = 9600

2 – Mission Uvsq-Sat

☐ Centre de mission (SOC)

Mise en place de plusieurs serveurs

Visualisation avec Grafana



<http://uvsq-sat.projet.latmos.ipsl.fr>

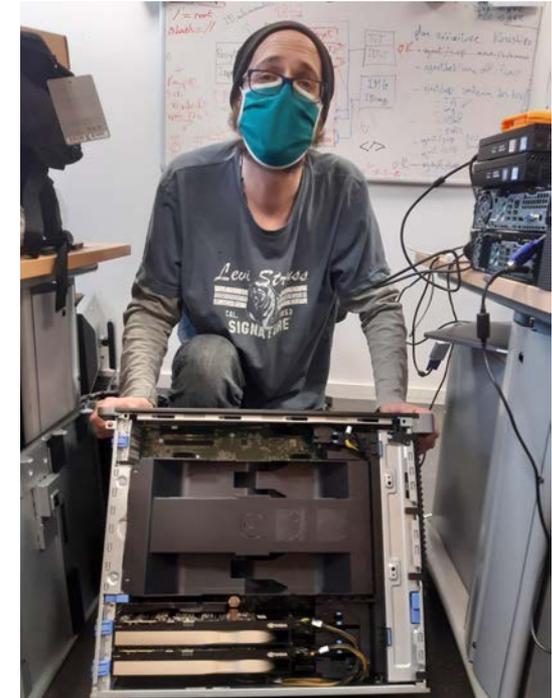
<https://twitter.com/uvqsat>

<https://amsat.electrolab.fr/>

<https://network.satnogs.org/observations/?norad=99749&observer=&station=&start=&end=&rated=rwu>

[https://www.space-track.org/auth/login ...](https://www.space-track.org/auth/login...) (Mustapha.Meftah@latmos.ipsl.fr)

→ Base de données : <http://uvqsat-data.latmos.ipsl.fr:3000/d/IAV3xeR7k/science>



- **Achat et mise en place d'une nouvelle machine (Hadrien). Un cluster GPU qui a pour objectif de permettre le traitement de données à partir de méthode de « Machine Learning » et de « Deep learning ».**

2 – Mission Uvsq-Sat

❑ Exploitation scientifique et diffusion des produits

Mise en place d'un site web pour distribuer les données à la communauté scientifique

The screenshot displays the UVSQ-SAT website interface. At the top, the browser address bar shows the URL `uvsq-sat.projet.latmos.ipsl.fr/index.php?ong=Data`. The website header includes the LATMOS logo and navigation links: Home, Science, Technology, Ham-Radio, Operation, Data, Outreach, Credits.

The main content area features the title "UVSQ-SAT" and the subtitle "A Pathfinder CubeSat Mission for Observing Essential Climate Variables". Below this, there is a search bar with three dropdown menus: "Palaiseau-SIRTA", "merged_modes", and "2020", followed by a "Submit" button.

Three data visualization plots are displayed:

- UVSQ-SAT - Magnetic field - 2021-10-12:** A global map showing magnetic field intensity in μT , with a color scale from 20 to 50.
- UVSQ-SAT - OSR - 2022-01-18:** A global map showing OSR (Ozone Scattering Ratio) in cm^{-1} , with a color scale from 0 to 350.
- battery voltage:** A time-series plot showing battery voltage in Volts (V) over time, with a color scale from 7800 to 8000 V.

The footer of the website includes logos for CNRS, Sorbonne Université, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, IPSL, and CNES, along with the copyright notice "© LATMOS 2020" and social media icons for Facebook, LinkedIn, and Twitter.

3 – Mise en orbite – Uvsq-Sat



3 – Mise en orbite – Uvsq-Sat

□ Lancement et première réception

**Confirmation of satellite
release from PodSat**

(UVSQ-SAT is ON)

Ejection réussie le 24/01/2021



**Launch onboard
SpaceX Falcon9**
(UVSQ-SAT is OFF)

Lancement
réussi le
24/01/2021



Flight operations
(Science, Technology,
HamRadio)

13/03/2021



**Antennas deployment
& detumbling phase**
(UVSQ-SAT beacon sent every
30s)

Déploiement réussi le 24/01/2021

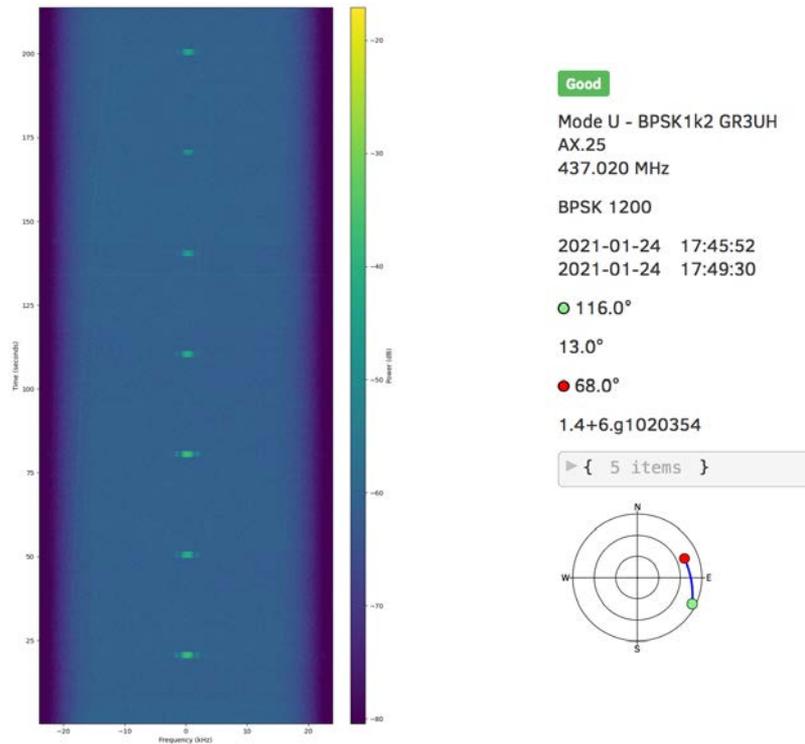
Satellite commissioning
(First UVSQ-SAT beacon received
on ground)

Réception réussie le 24/01/2021

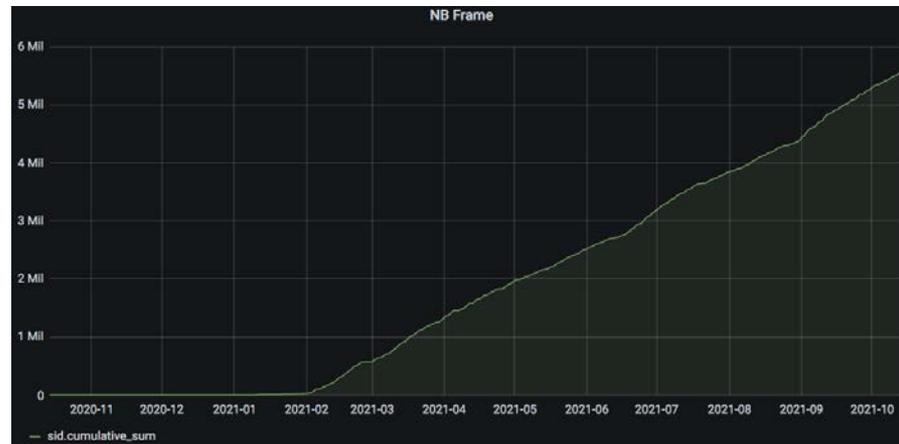


3 – Mise en orbite – Uvsq-Sat

UVSQ-SAT
Première balise
 (« beacon »)
 reçue le **24**
janvier 2021 à
17H45 (UTC)

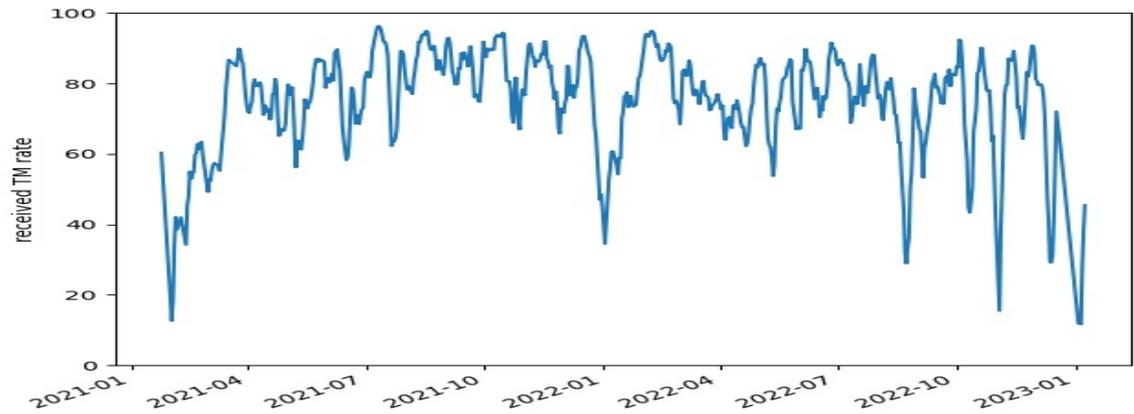
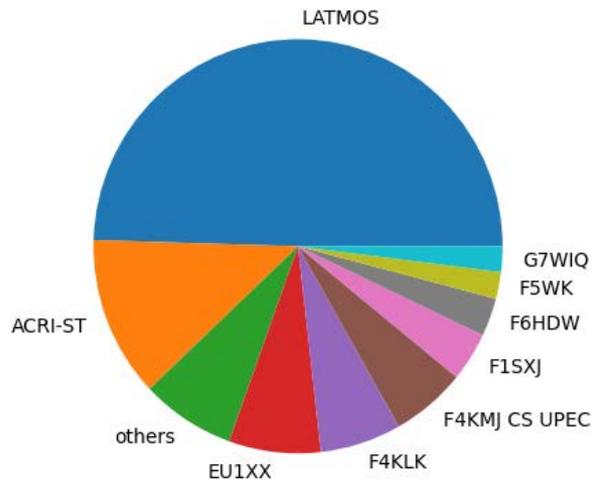
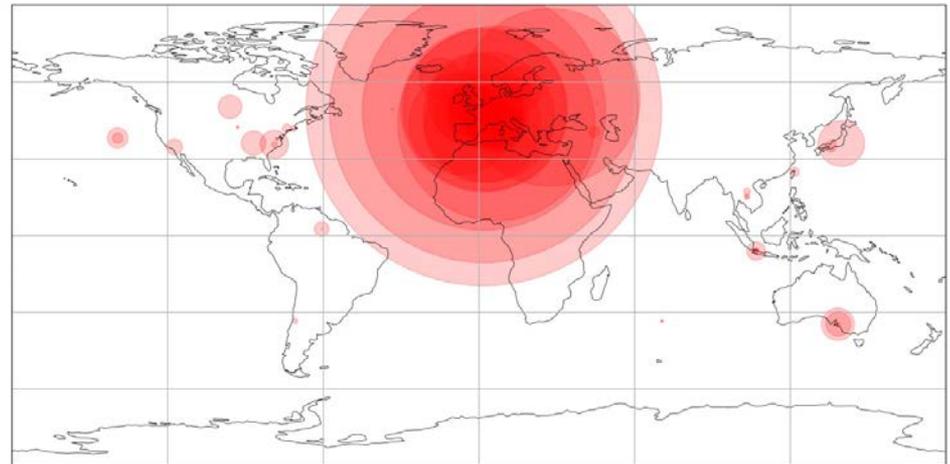


Depuis janvier
2021, plus de 10
millions de trames
téléchargées



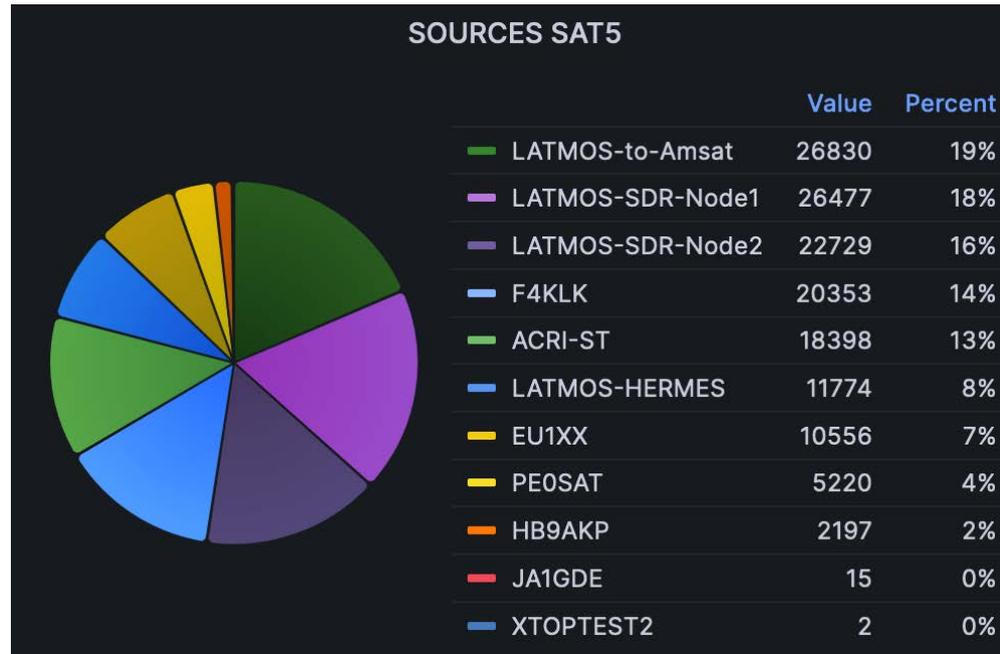
4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

- Plus de 11000 tours autour de la Terre
- Près de 3600 passages au-dessus du laboratoire soit 5 passages/jour
- Plus de 70 radioamateurs, CSU ou entreprises qui écoutent régulièrement partout dans le monde
- 12 millions de télémétries reçues
- 1.4 millions de données scientifiques



4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

5 au 12 mai 2023 – Uvsq-Sat



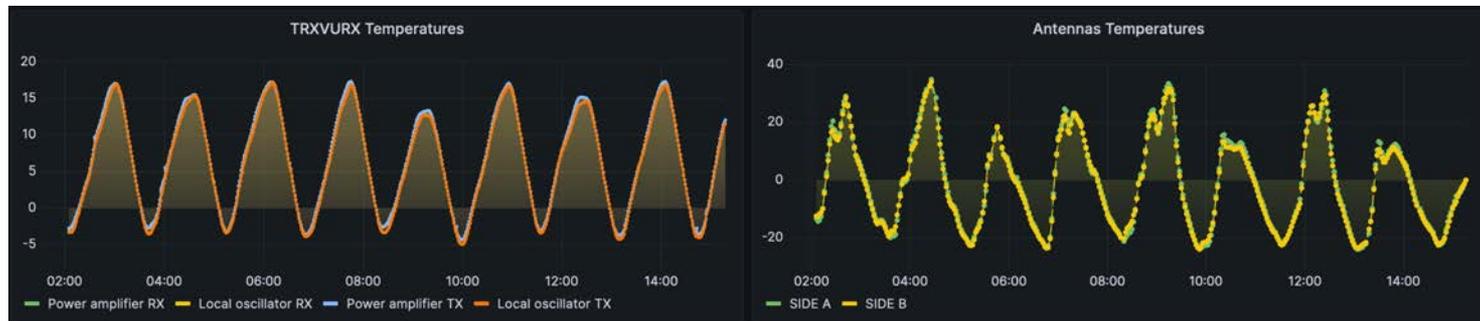
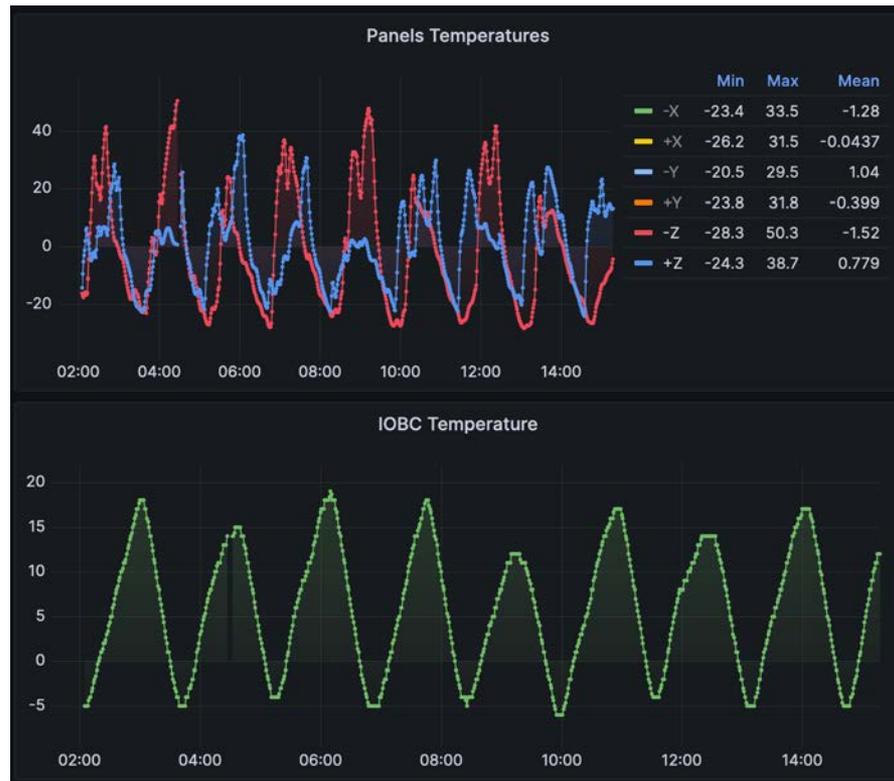
4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

| NEXT PASSES OVER LATMOS | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|--------|---|---------------------|---------------------|----------------------------|--|
| # Reset | Max elevation [°] | # Pass | Duration [s] | AOS Date ↑ | LOS Date | AOS Date in Satellite Time | |
| 296 | 28.91 | 16 |  506 | 2023-05-13 19:50:45 | 2023-05-13 19:59:11 | 2000-01-04 19:40:56 | |
| 296 | 23.97 | 17 |  494 | 2023-05-13 21:24:32 | 2023-05-13 21:32:46 | 2000-01-04 21:14:43 | |
| 296 | 21.85 | 18 |  478 | 2023-05-14 08:48:50 | 2023-05-14 08:56:48 | 2000-01-05 08:39:01 | |
| 296 | 30.67 | 19 |  505 | 2023-05-14 10:22:19 | 2023-05-14 10:30:44 | 2000-01-05 10:12:30 | |
| 296 | 18.34 | 20 |  452 | 2023-05-14 19:30:20 | 2023-05-14 19:37:52 | 2000-01-05 19:20:31 | |
| 296 | 40.43 | 21 |  535 | 2023-05-14 21:03:03 | 2023-05-14 21:11:58 | 2000-01-05 20:53:14 | |
| 296 | 13.21 | 22 |  395 | 2023-05-15 08:28:17 | 2023-05-15 08:34:52 | 2000-01-06 08:18:28 | |
| 296 | 52.56 | 23 |  536 | 2023-05-15 10:01:06 | 2023-05-15 10:10:02 | 2000-01-06 09:51:17 | |
| 296 | 11.69 | 24 |  365 | 2023-05-15 19:10:13 | 2023-05-15 19:16:18 | 2000-01-06 19:00:24 | |
| 296 | 73.04 | 25 |  551 | 2023-05-15 20:41:48 | 2023-05-15 20:50:59 | 2000-01-06 20:31:59 | |



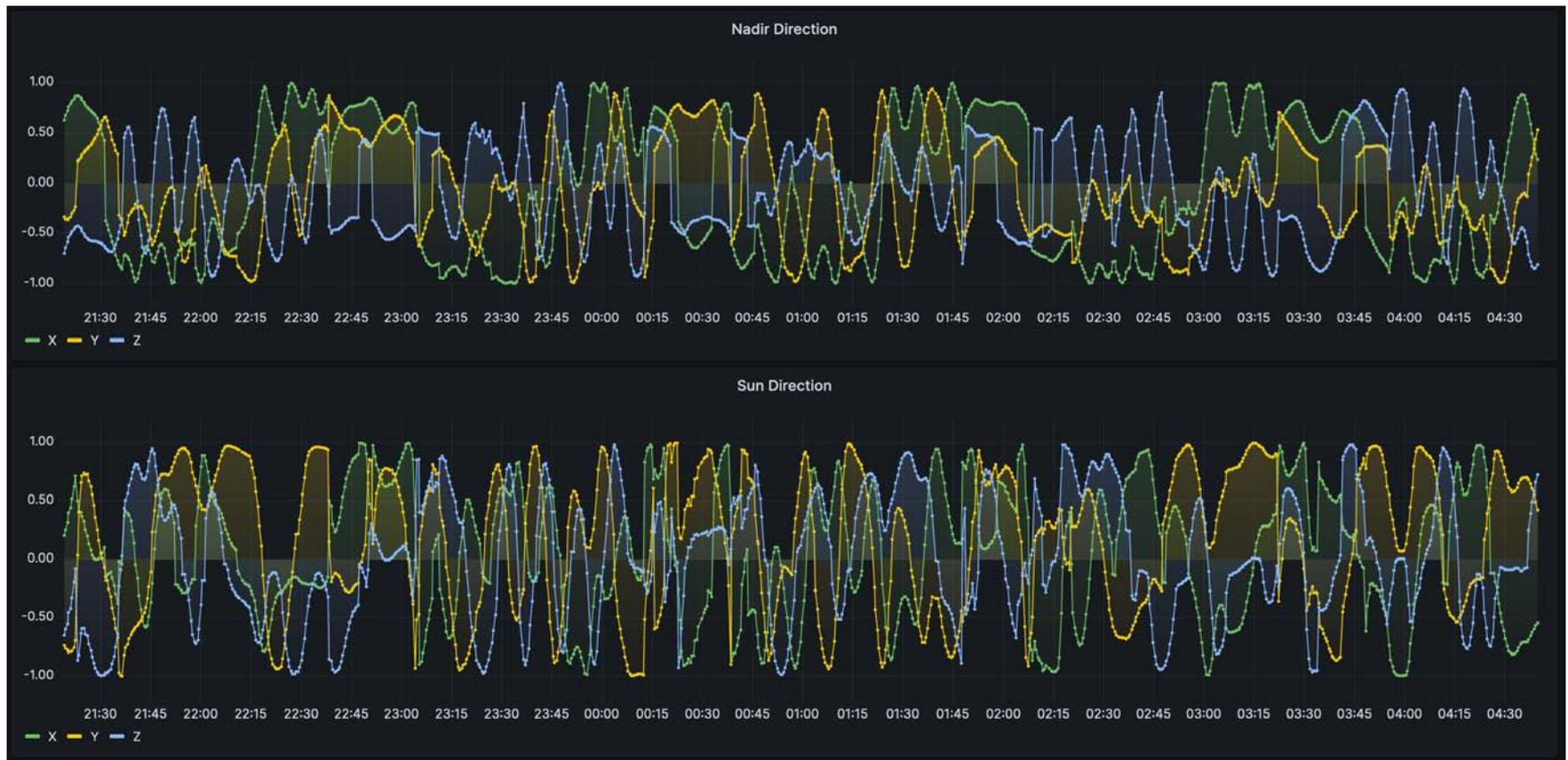
4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

5 au 12 mai 2023 – Températures



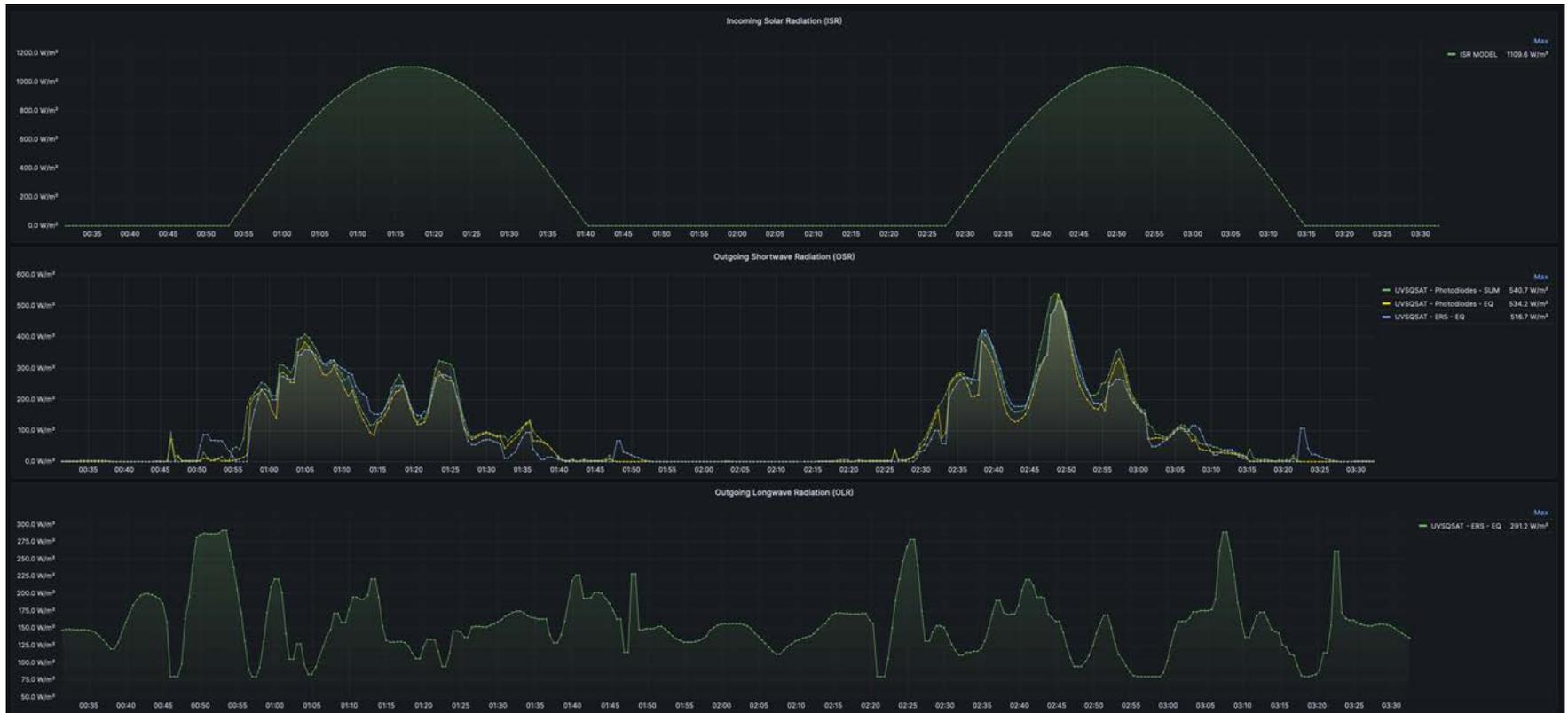
4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

5 au 12 mai 2023 – Attitude du satellite

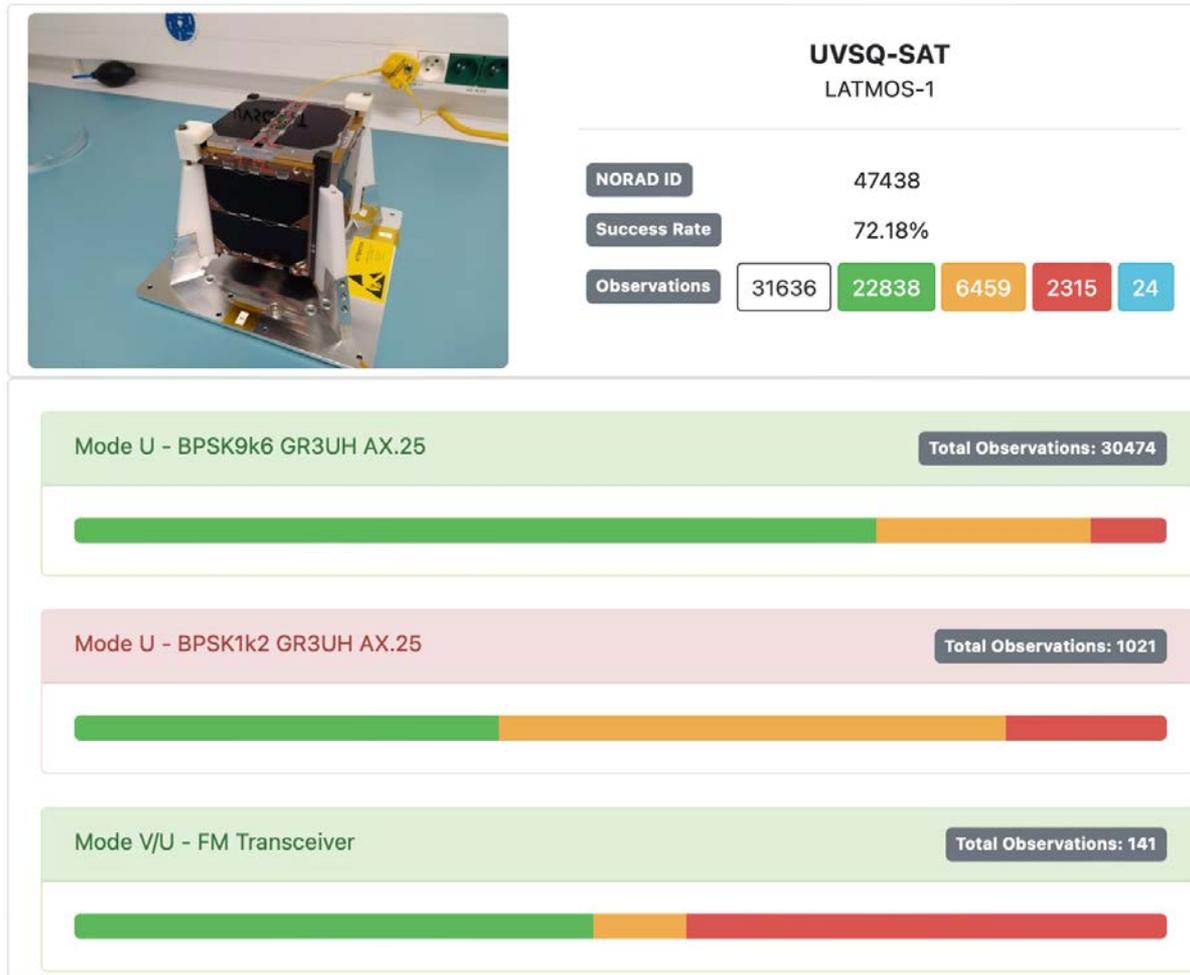


4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

5 au 12 mai 2023 – Flux



4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat



4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

□ Transpondeur audio

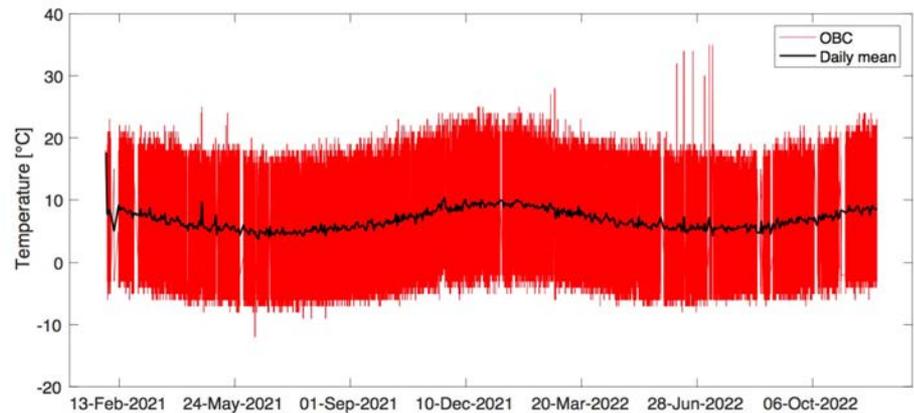
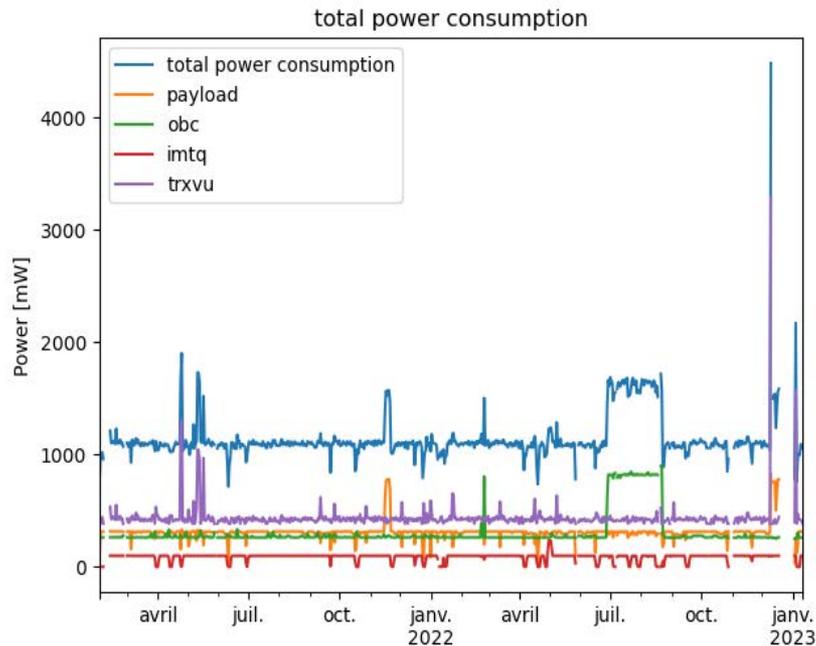
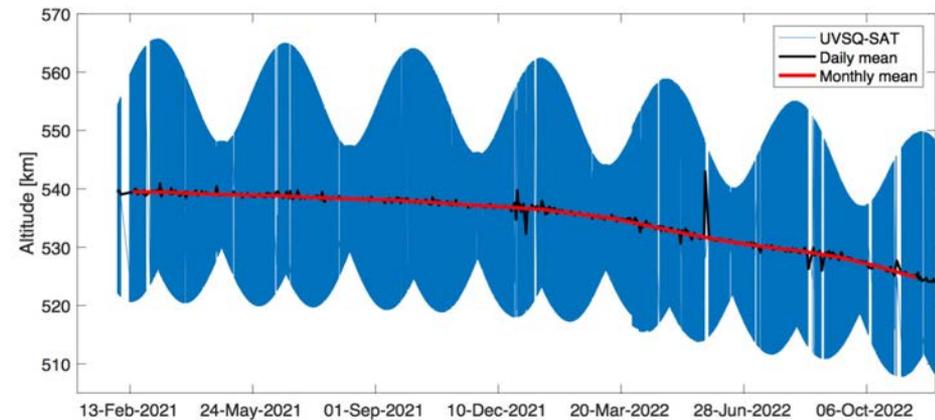
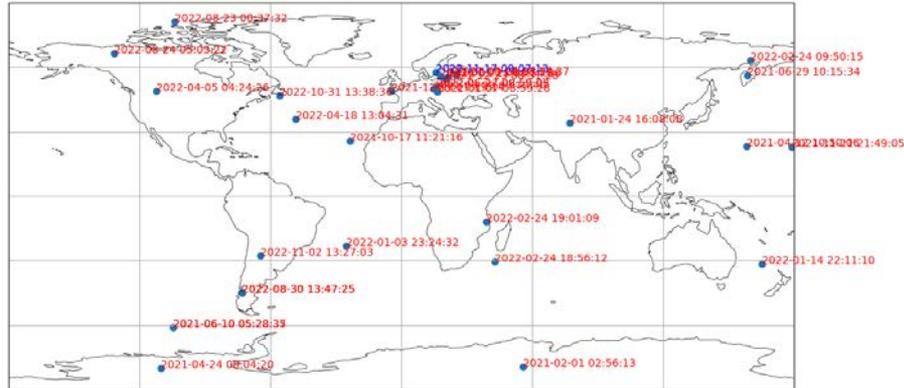
The screenshot displays a desktop environment with several windows related to satellite operations:

- Gpredict: Amateur**: Shows a satellite tracking map and a table of satellites. The **UVSQ-SAT** entry is highlighted in blue.
- SDR# v1.0.0.1732 - AIRSPY**: Displays a spectrum plot with a peak at 437.025 MHz. The interface includes controls for Threshold, Decay, Slope, and various display options.
- Gpredict Radio Control Amateur**: Shows radio control parameters for Downlink and Uplink, including frequency (437.025.793 Hz), Doppler (5753 Hz), and Mode (U - BPSK9k6 GR3UH AX.25).
- VLC media player**: Shows a video feed of a person operating the equipment.
- Realtime Tracking**: A window showing a target lock on UVSQ-SAT with parameters: Az: 120.38°, El: 34.88°, ΔT: 06:51.

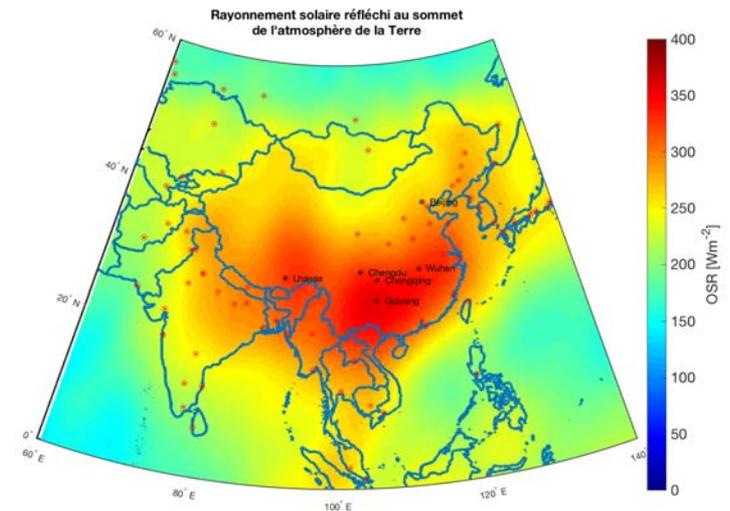
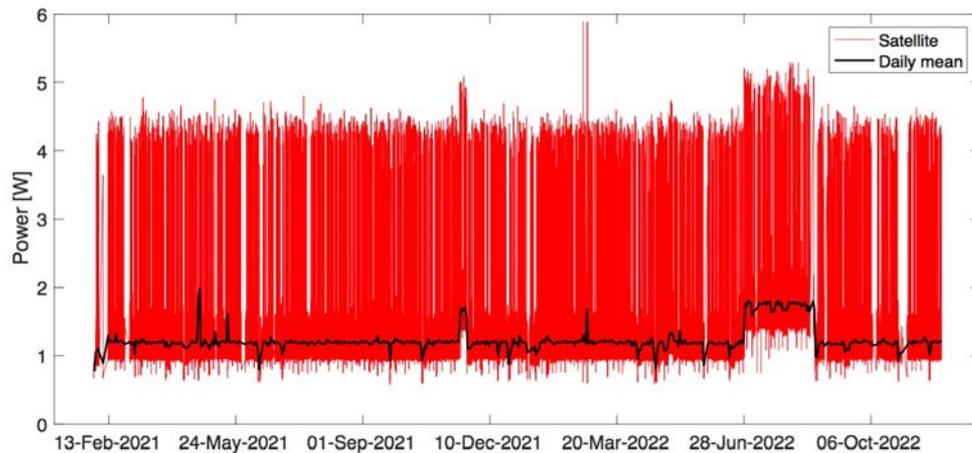
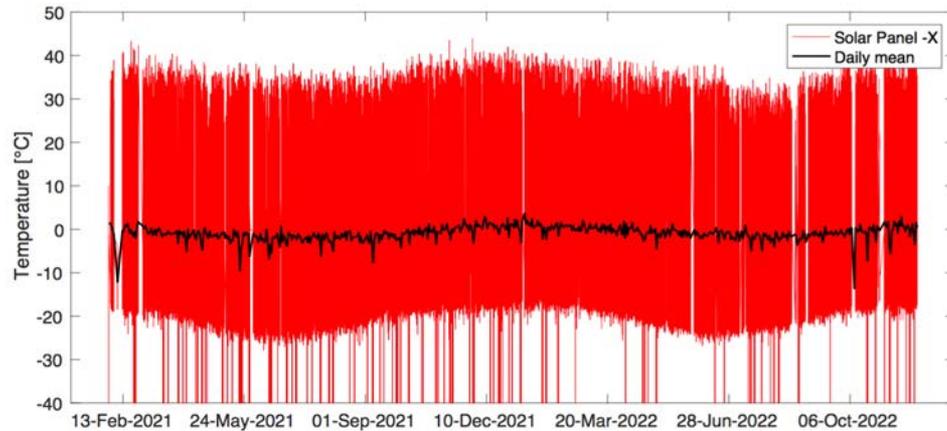
UVSQ-SAT Transpondeur

| Satellite | Az | El | Dir | Range | Next AOS | Alt | Status |
|------------------|----------------|---------------|-----|------------|----------------------------|------------|----------------|
| FO-29 | 172.48° | -70.48° | ↑ | 12971 | 2021/09/12 21:59:46 | 919 | Unknown |
| Falconsat-3 | 230.96° | -69.13° | ↑ | 12386 | 2021/09/12 22:03:36 | 450 | Unknown |
| LAPAN-A2 (IO-86) | 103.03° | -16.80° | ↓ | 5314 | 2021/09/12 22:54:17 | 646 | Unknown |
| PSAT2 (NO-104) | 55.54° | -3.67° | ↓ | 2874 | 2021/09/12 22:57:12 | 449 | Unknown |
| UVSQ-SAT | 120.38° | 34.88° | ↓ | 871 | 2021/09/12 22:59:43 | 535 | Unknown |
| ISS | | | | 8449 | 2021/09/13 02:14:32 | 1318 | Unknown |

4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

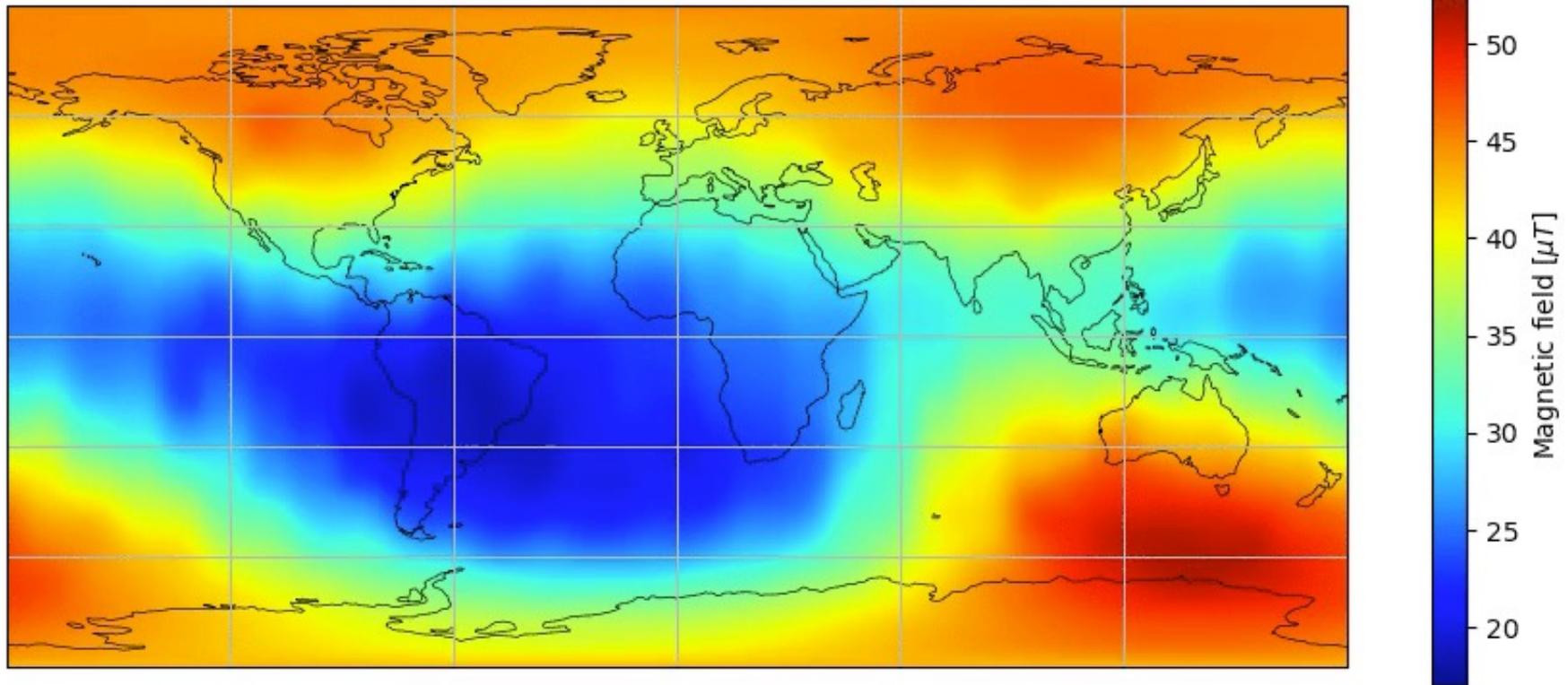


4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat



4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

UVSQ-SAT - Magnetic field - 2021-02-03



4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

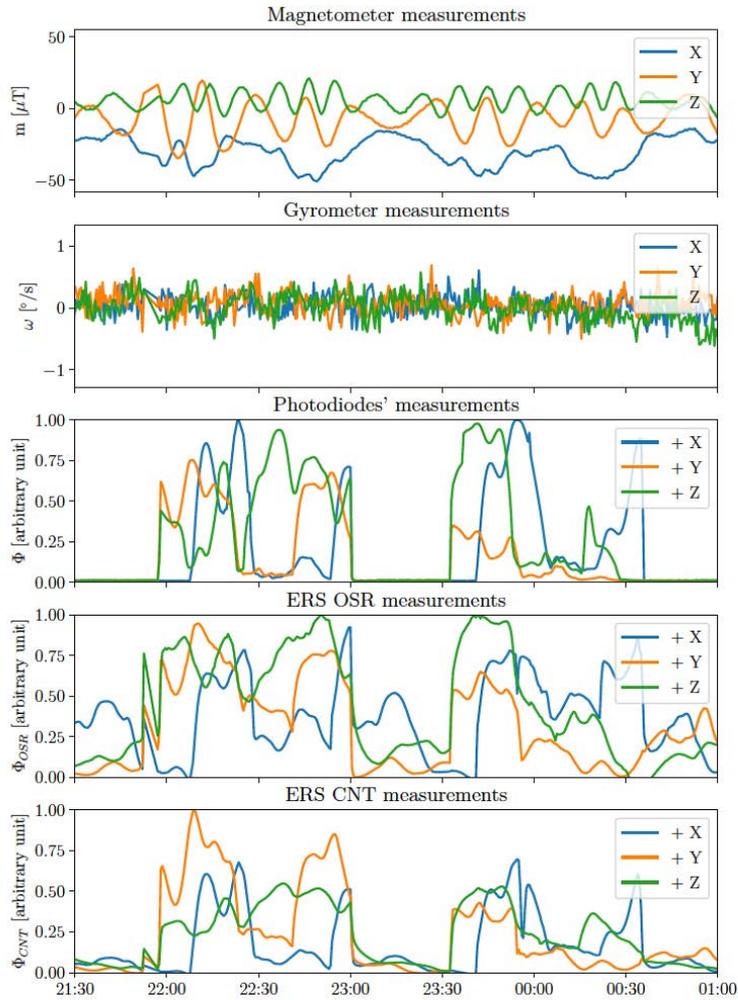
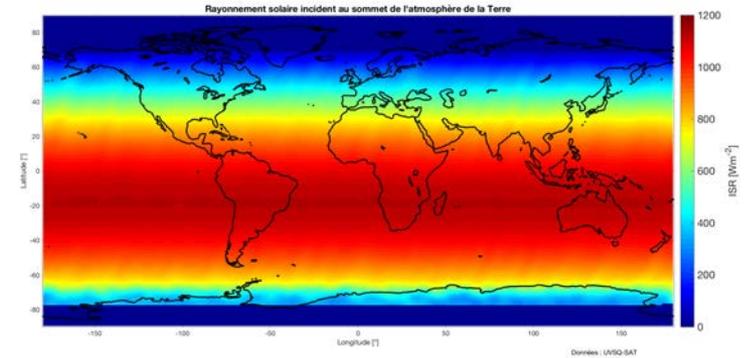
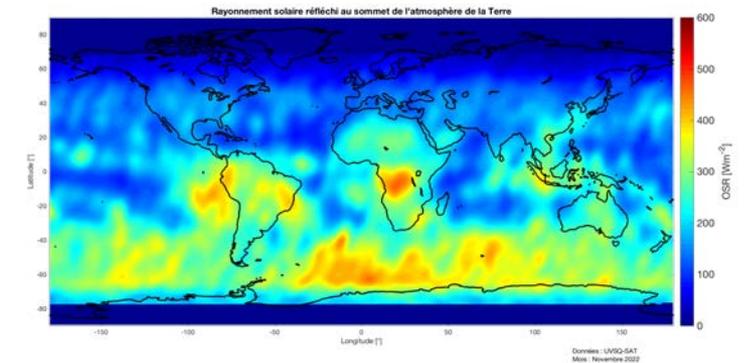


Figure 2. Time series of the measurements for two orbits on 26 March 2021 from the three-axis magnetometer, the three-axis gyrometer, the photodiodes, and the ERS sensors.

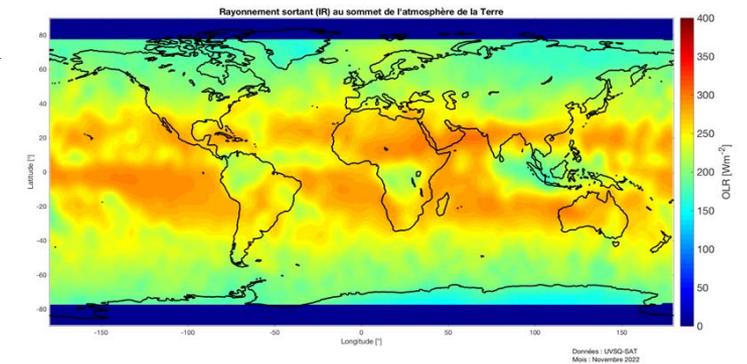
ISR



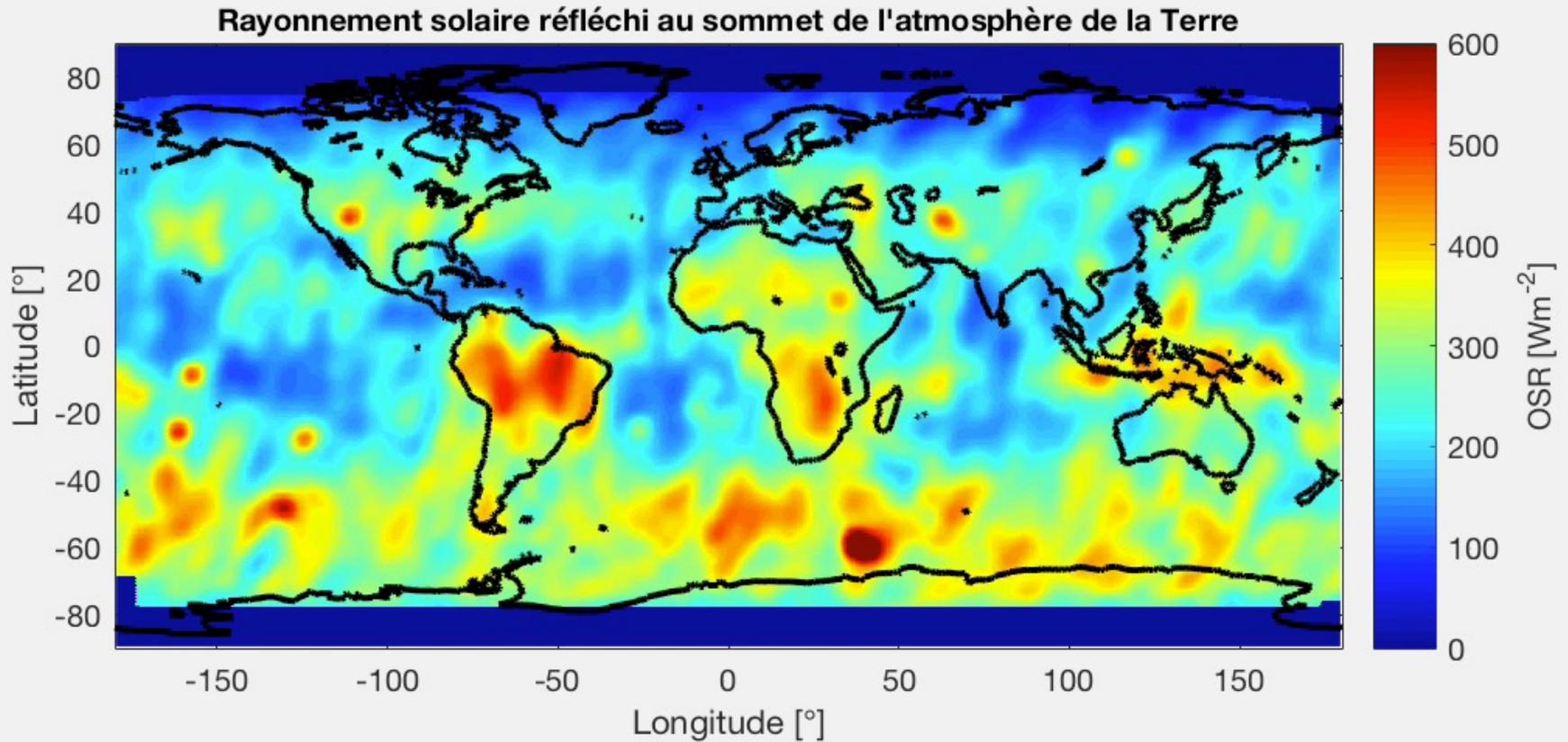
OSR



OLR

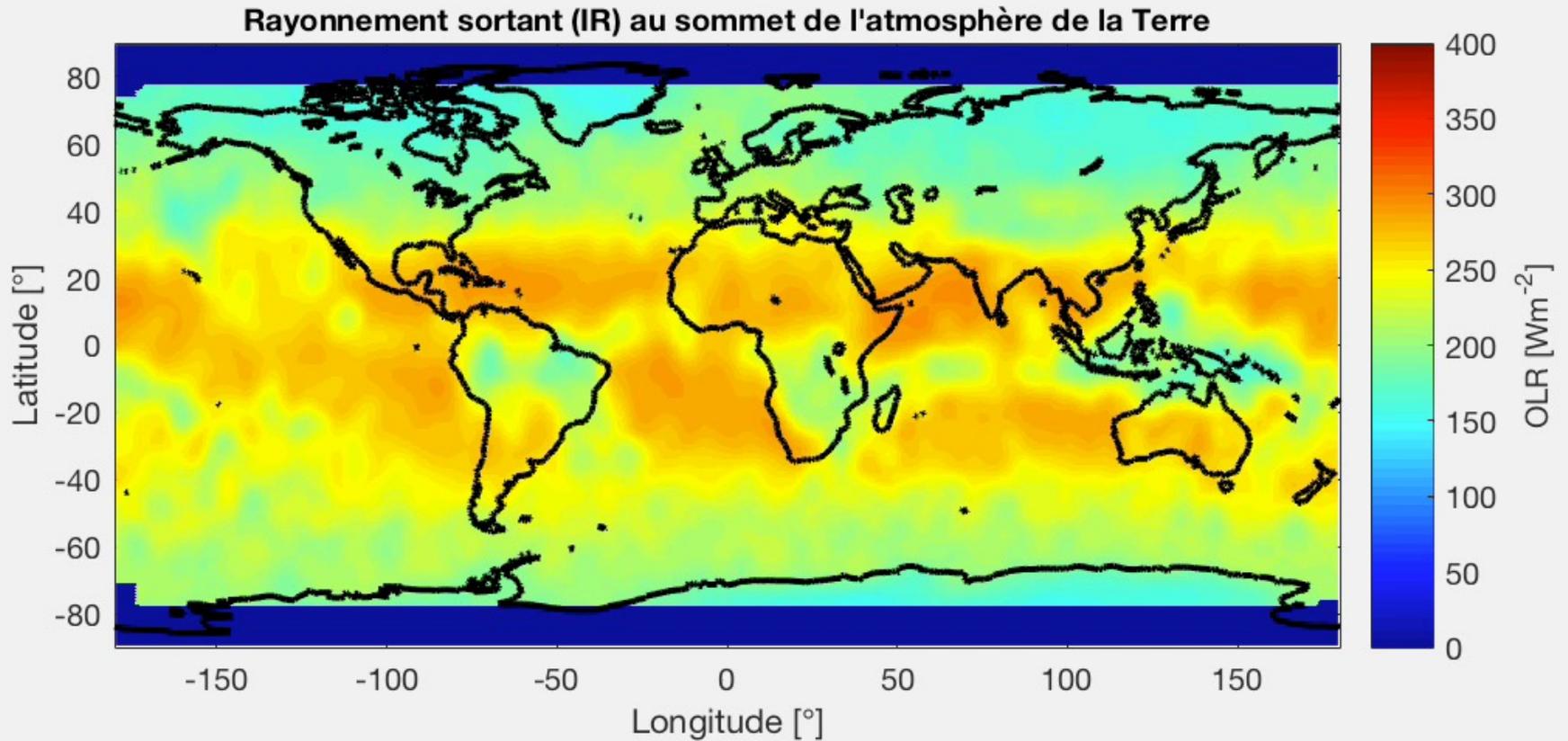


4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat



16-Feb-2021
Uvsq-Sat

4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat



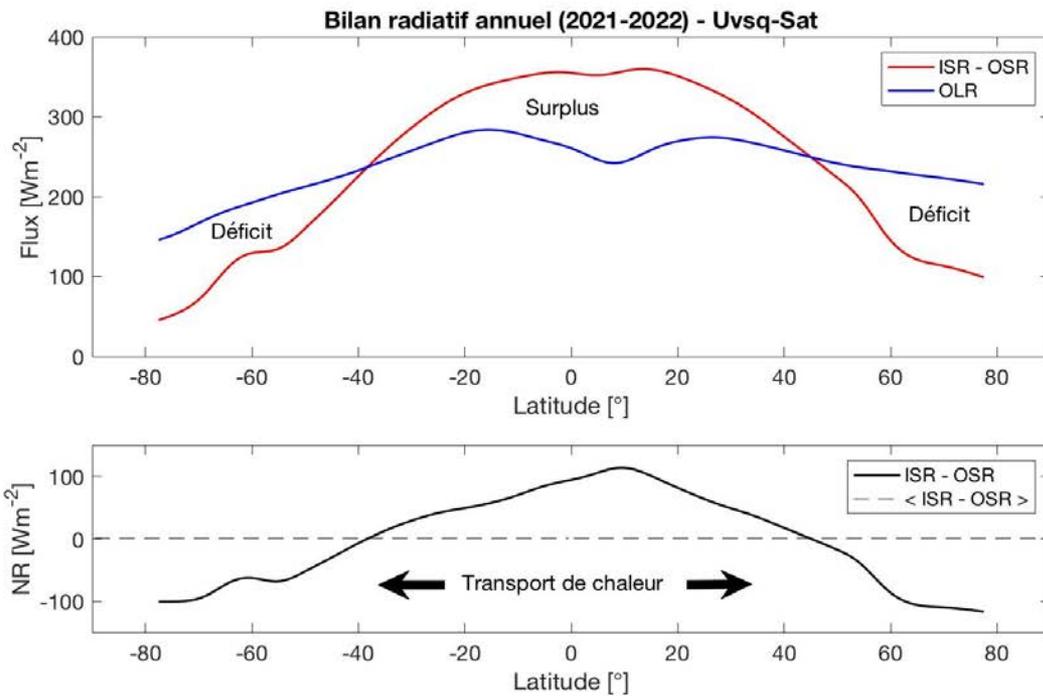
16-Feb-2021
Uvsq-Sat

4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

La distribution régionale à travers le globe de la différence entre l'énergie rayonnante entrante et sortante détermine les circulations atmosphérique et océanique.

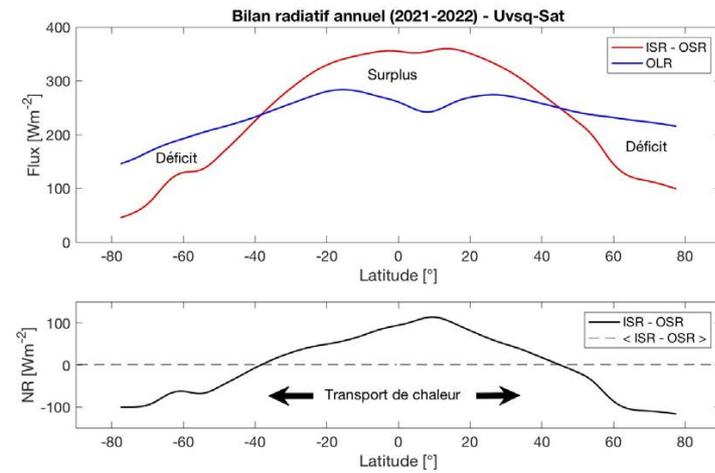
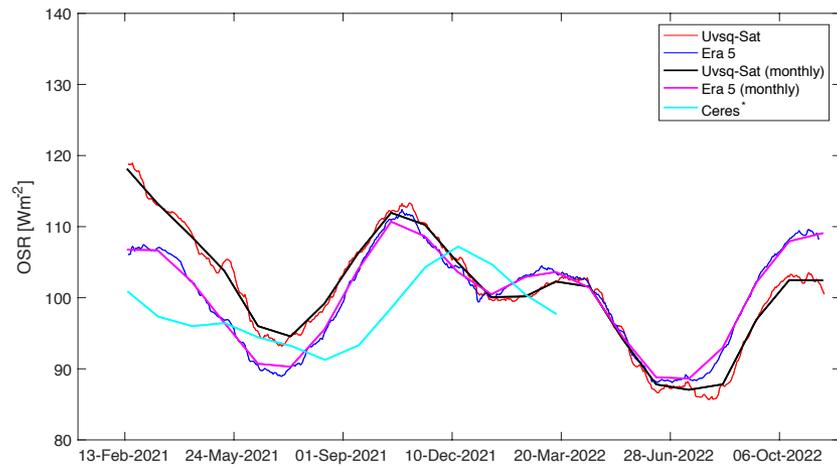
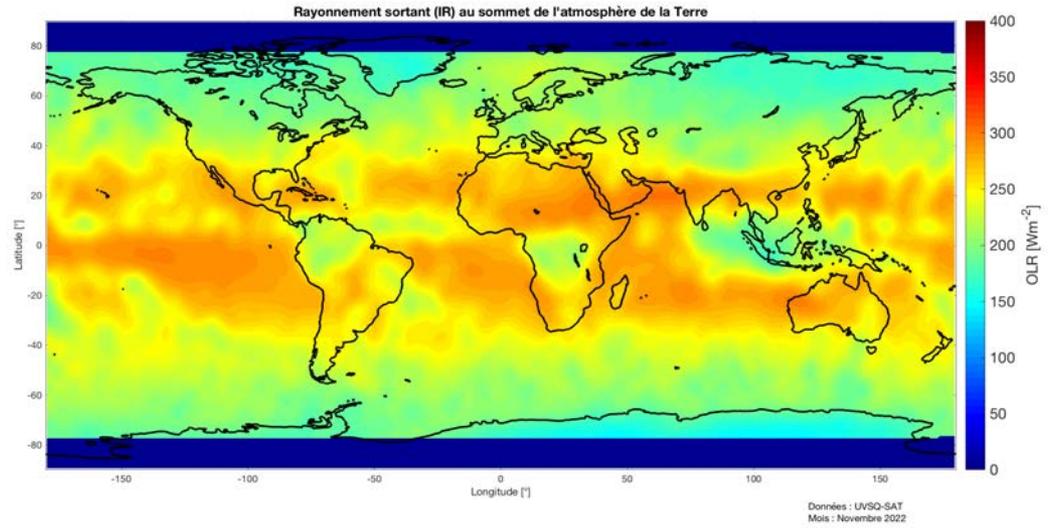
Sous les tropiques, il y a plus d'énergie absorbée qu'émise, ce qui entraîne un surplus d'énergie rayonnante. Aux hautes latitudes, c'est l'inverse qui est vrai. Afin de rétablir ce déséquilibre latitudinal de l'énergie rayonnante, la circulation générale de l'atmosphère et des océans transporte la chaleur des tropiques vers les pôles.

Un changement dans la répartition régionale de l'énergie rayonnante aurait donc un impact direct sur les conditions météorologiques et la circulation océanique. Le bilan radiatif à la surface de la Terre est également d'une importance cruciale car il fournit l'énergie nécessaire pour évaporer l'eau à la surface, ce qui détermine à son tour la quantité de précipitations pouvant tomber sur le globe.

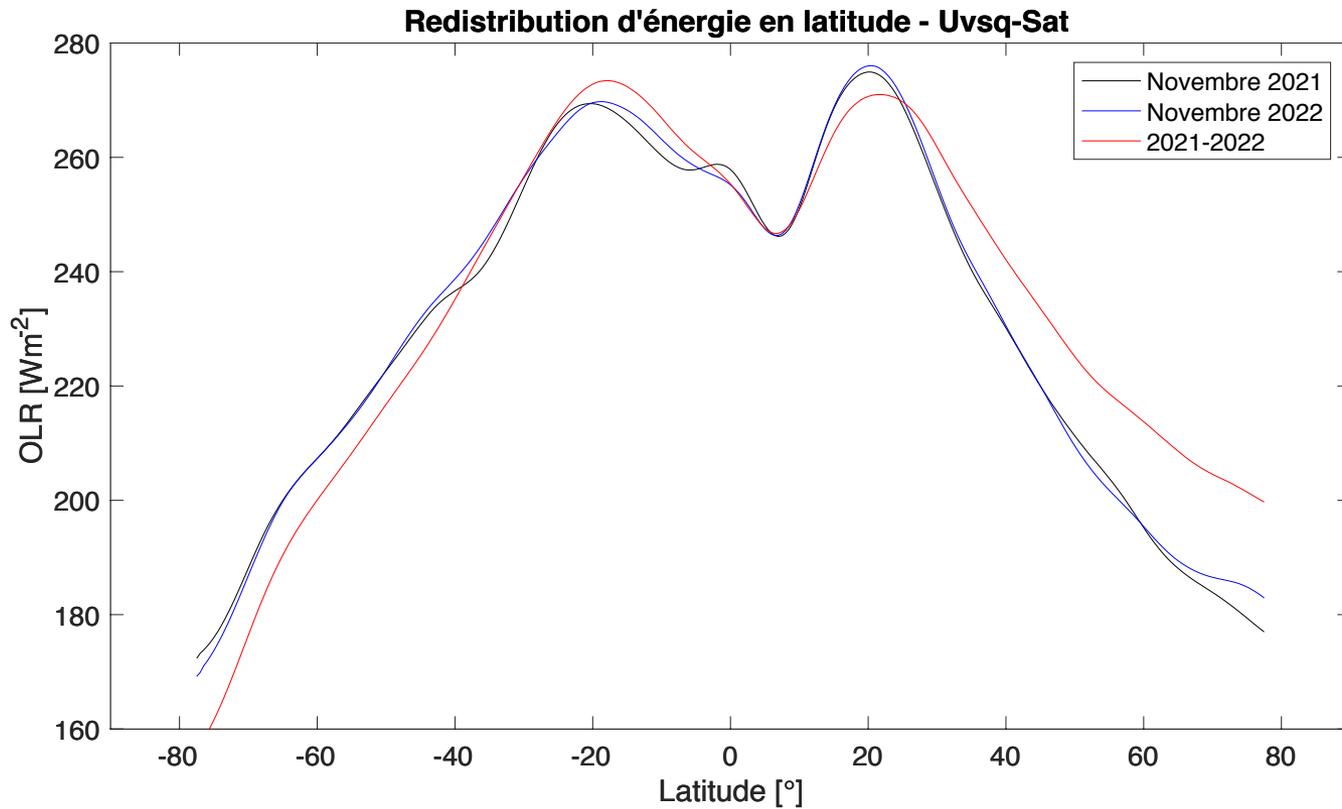




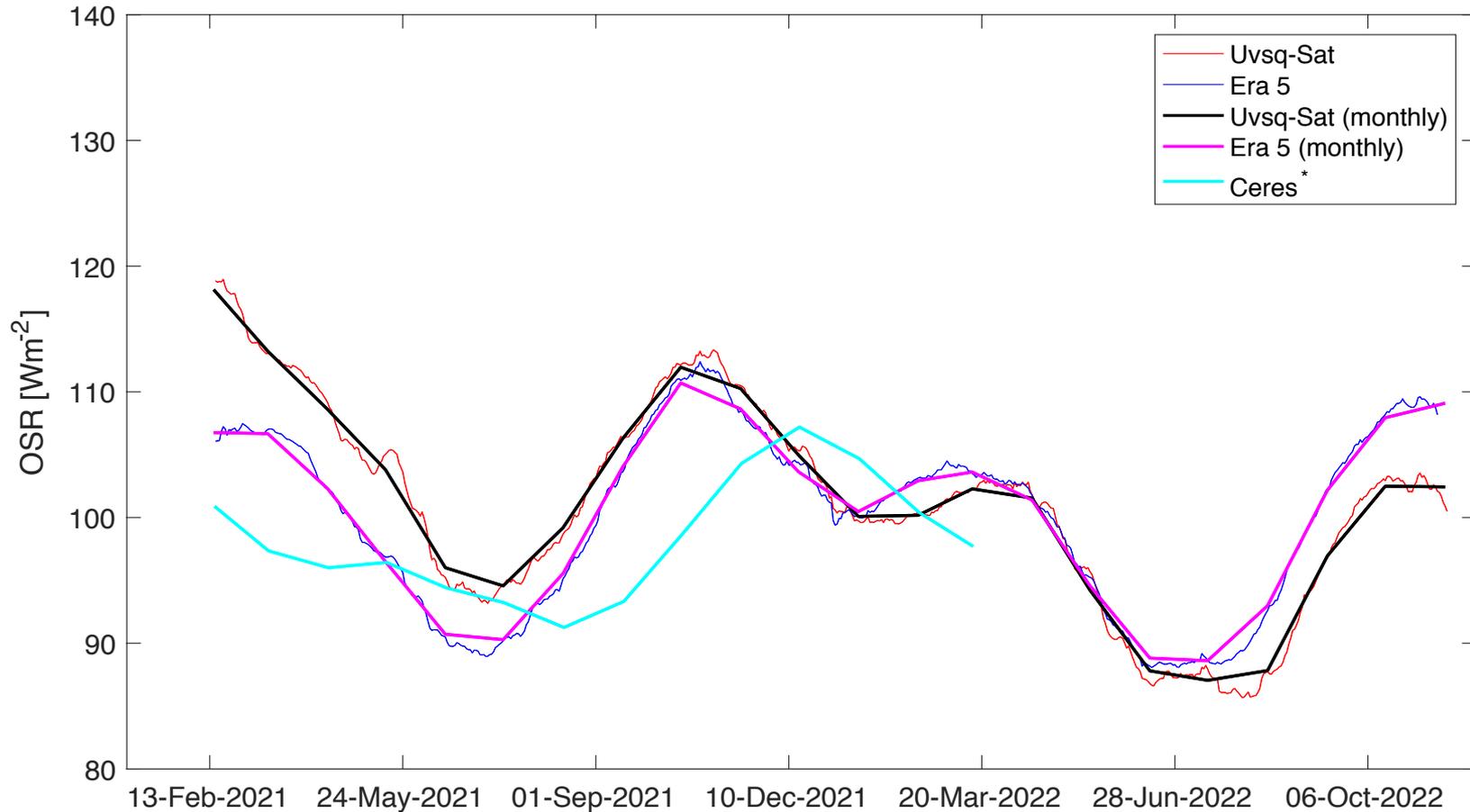
Uvsq-Sat



4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat

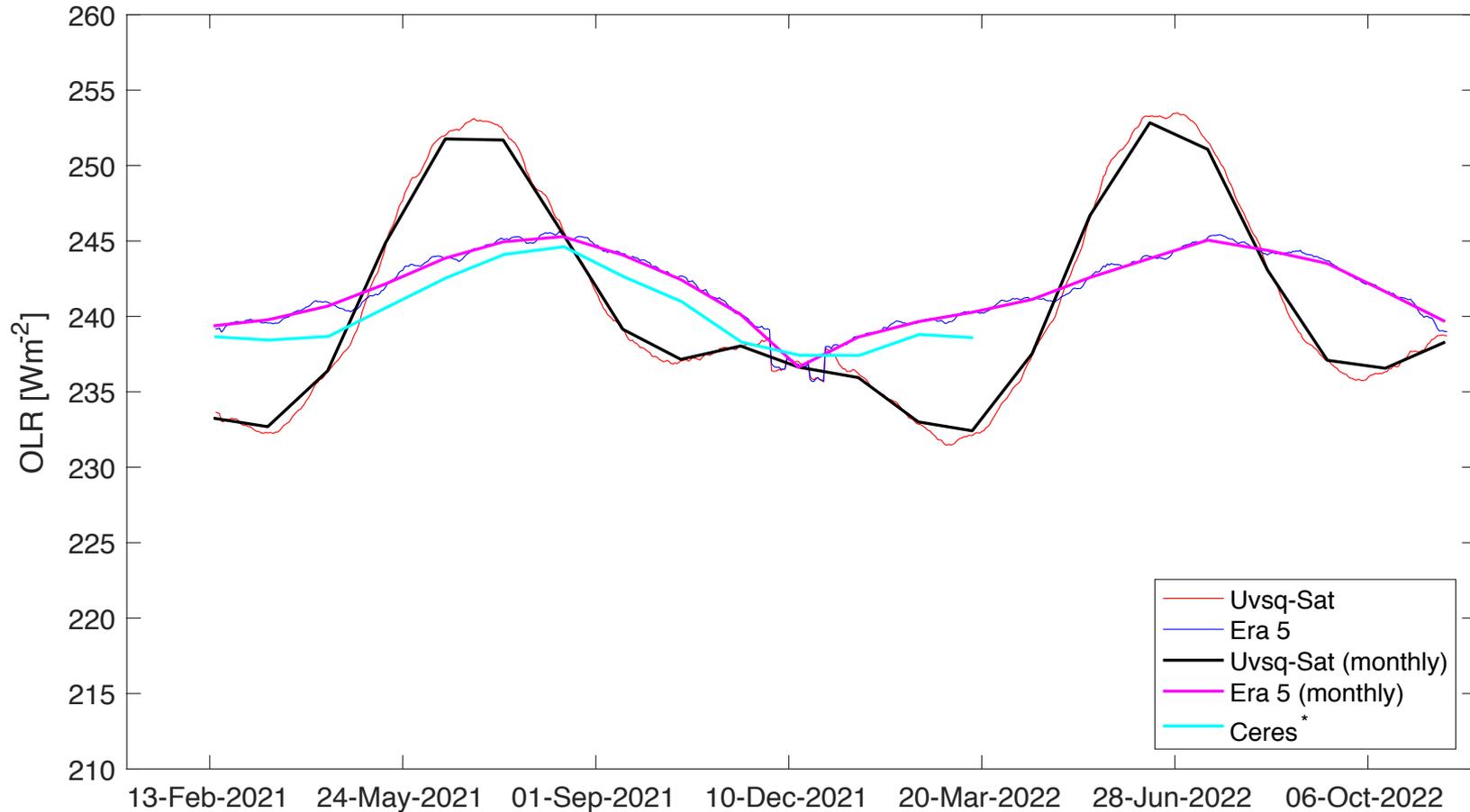


4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat



Ceres * : heure locale différente.

4 – Résultats – Mission Uvsq-Sat



Conclusions

- Mission opérationnelle depuis 24 mois.
- Plus de 10 millions de trames téléchargées.
- Organisation simple, flexible et capable de réagir vite dans un domaine qui évolue vite ...
- Réappropriation, approche locale, circuits courts et prise de risques maximum.
- **On tente, on teste, et on corrige ... On accepte partiellement l'échec pour mieux rebondir. Il faut aussi de la chance.**
- De nombreux étudiants nous ont aidé et ont permis la réussite de ce programme. Tout comme nos amis radioamateurs (F6KRK, AMSAT-F).

Conclusions

- Mesures du bilan radiatif et du déséquilibre énergétique de la Terre complexes
- Limitations d'Uvsvq-Sat :
 - Résolution spatiale (~ 1500 km)
 - Résolution temporelle (~ 15 jours pour avoir une carte de flux)
 - Étalonnages absolus, étalonnages en orbite
 - Dérive en orbite des étalonnages
 - Erreurs interannuelles dominées par la stabilité des instruments
 - Stabilité et performances des électroniques
 - Ressources humaines, moyens financiers, ...
- Perspectives :
 - Mesurer les variables climatiques essentielles du bilan radiatif de la Terre avec d'excellentes performances. Mesures d'autres paramètres (CO_2 , CH_4).
 - L'étalonnage/la stabilité et la résolution sont la priorité absolue. Mais pas de garantie a priori de succès.