

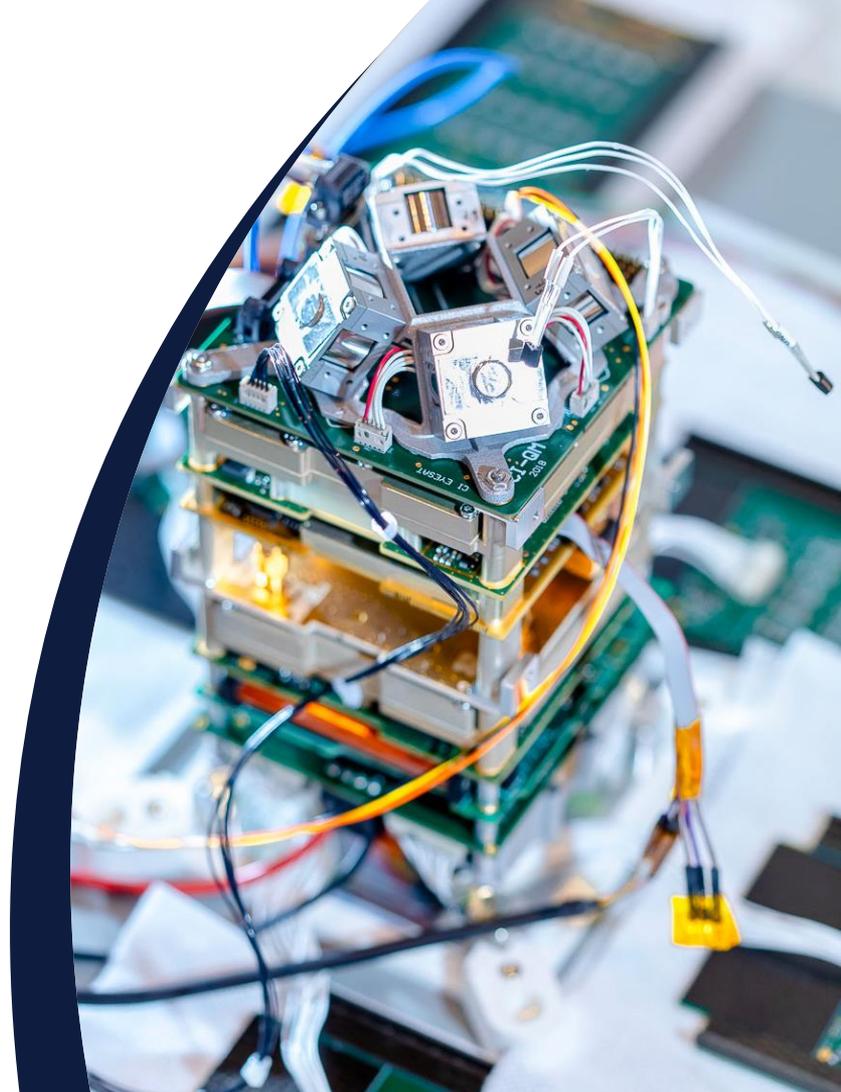


Rencontre spatial radioamateur

Conception d'une station sol UHF / VHF

ALEXANDRE DUPÉ F4LGT

16-03-2024



- **Contexte du projet**
- **Caractéristiques des satellites ciblés**
- **Cahier des charges**
- **Gains Rx et puissances d'émission**
- **Conception et test du front end RF**
- **Amplificateurs et régulation thermique**

- **Contexte du projet**
- Caractéristiques des satellites ciblés
- Cahier des charges
- Gains Rx et puissances d'émission
- Conception et test du front end RF
- Amplificateurs et régulation thermique

Le programme Nanolab Academy :

- Créée en 2012
- Composée de stagiaires et alternants
- Conçoit des nanosatellites étudiants
- Encadre des **C**entres **S**patiaux **U**niversitaires (CSU)



eyesat
interplanetary dust and galaxy

EYESAT
2020



AEROSAT
2025 ?

- Contexte du projet
- **Caractéristiques des satellites ciblés**
- Cahier des charges
- Gains Rx et puissances d'émission
- Conception et test du front end RF
- Amplificateurs et régulation thermique

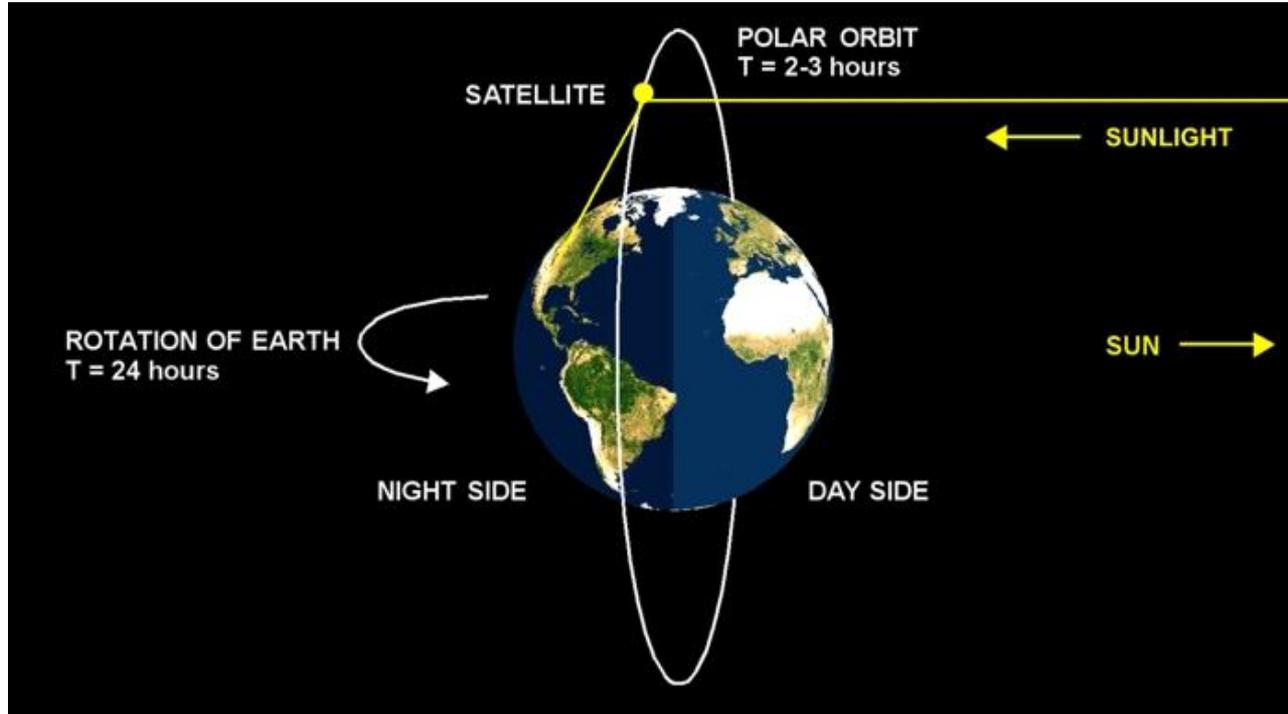
Transceiver satellite :

- 1 modèle principal (Module ISIS)
- Fréquence d'émission (TM) : [400;450MHz]
- Fréquence de réception (TC) : [130;170MHz]
- Puissance d'émission : 27 dBm
- Sensibilité récepteur : -104 dBm

Ecole / CSU	Satellite	Statut	Transceiver
CSU Paris Diderot	IGOSat	non lancé	Module ISIS
UPMC	CurieSat	non lancé	Module ISIS
UPEC	OGMS-SA	non lancé	Module CMC
Aix-Marseille Université	CASAA-SAT	non lancé	Module ISIS
CSU Toulouse	EntrySat	lancé	Module ISIS

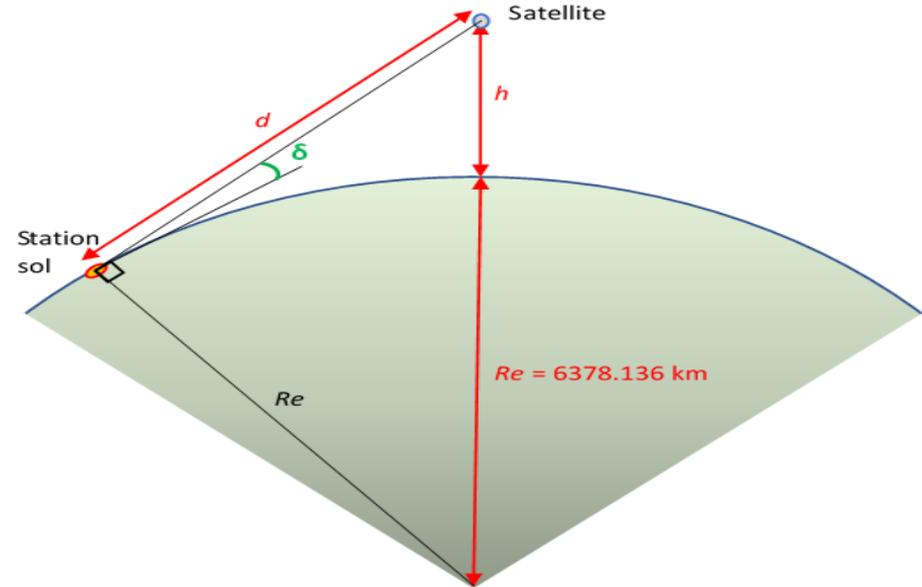


Orbitographie :



Orbitographie :

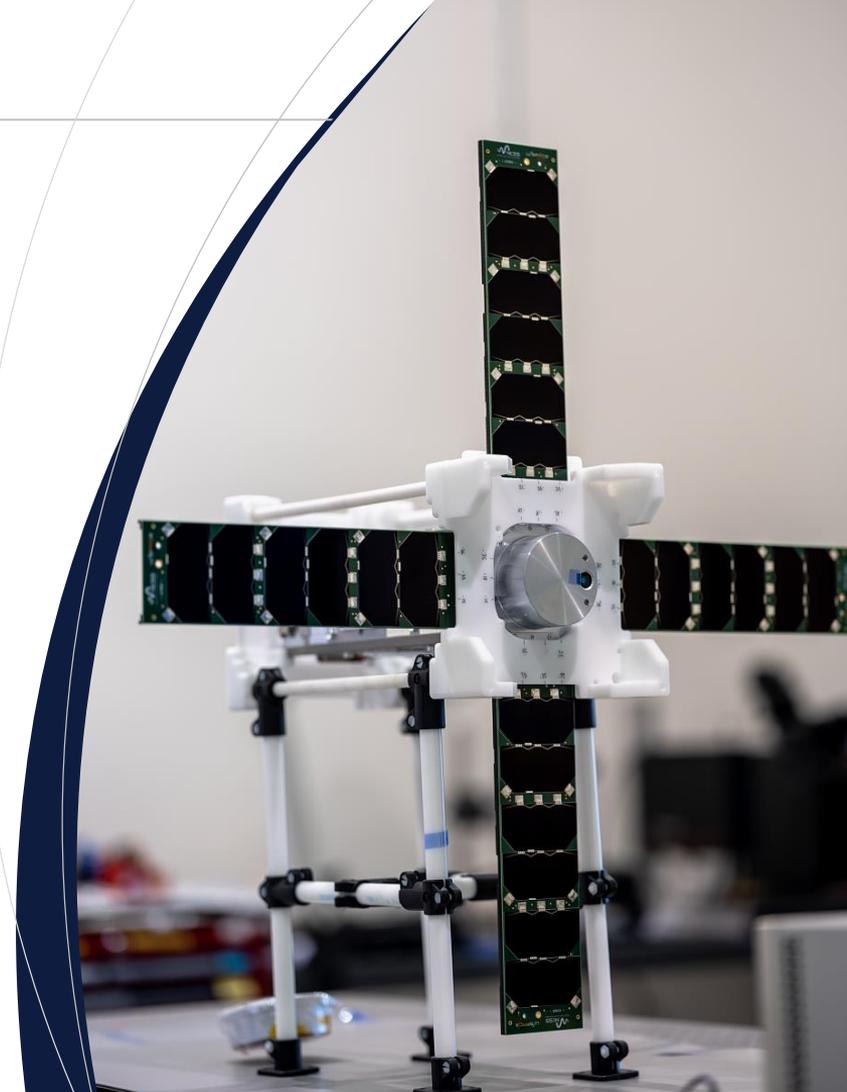
- Altitude (h) = 600 km
- Elevation min (δ) = 5°
- Distance max (d) = 2790 km



- Contexte du projet
- Caractéristiques des satellites ciblés
- **Cahier des charges**
- Gains Rx et puissances d'émission
- Conception et test du front end RF
- Amplificateurs et régulation thermique

■ Fréquences :

- Puissance d'émission $\leq 120\text{W}$
- Fréquences de réception : [435 ; 438MHz]
- Fréquences de d'émission : [144 ; 146MHz]
- Modulation : FSK
- Démodulation : GMSK / BPSK



- Contexte du projet
- Caractéristiques des satellites ciblés
- Cahier des charges
- **Gains Rx et puissances d'émission**
- Conception et test du front end RF
- Amplificateurs et régulation thermique

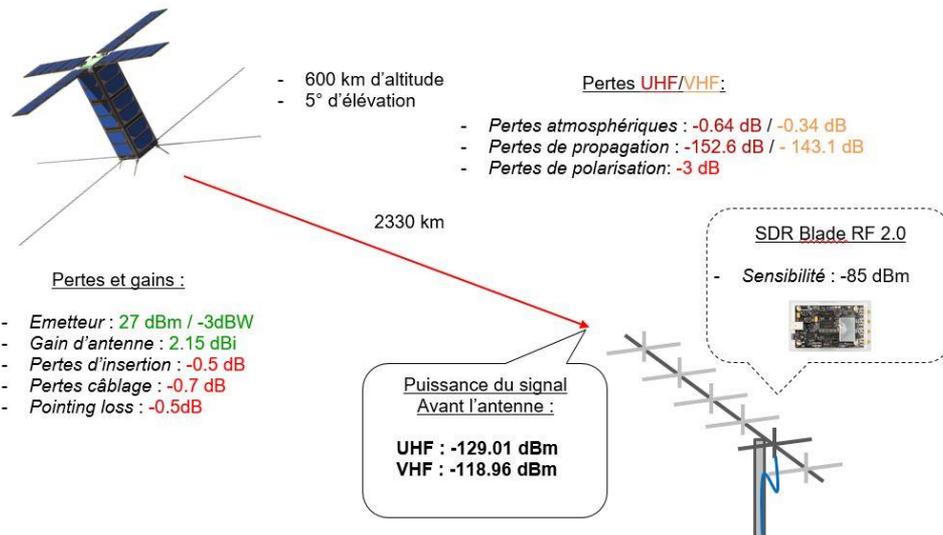
Calcul des gains nécessaires en réception :



Marge de 10 dB au dessus de la sensibilité récepteur

$$\begin{aligned} - G \text{ UHF} &= 129 \text{ dBm} - 75 \text{ dBm} \\ &= 54 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - G \text{ VHF} &= 119 \text{ dBm} - 75 \text{ dBm} \\ &= 44 \text{ dB} \end{aligned}$$



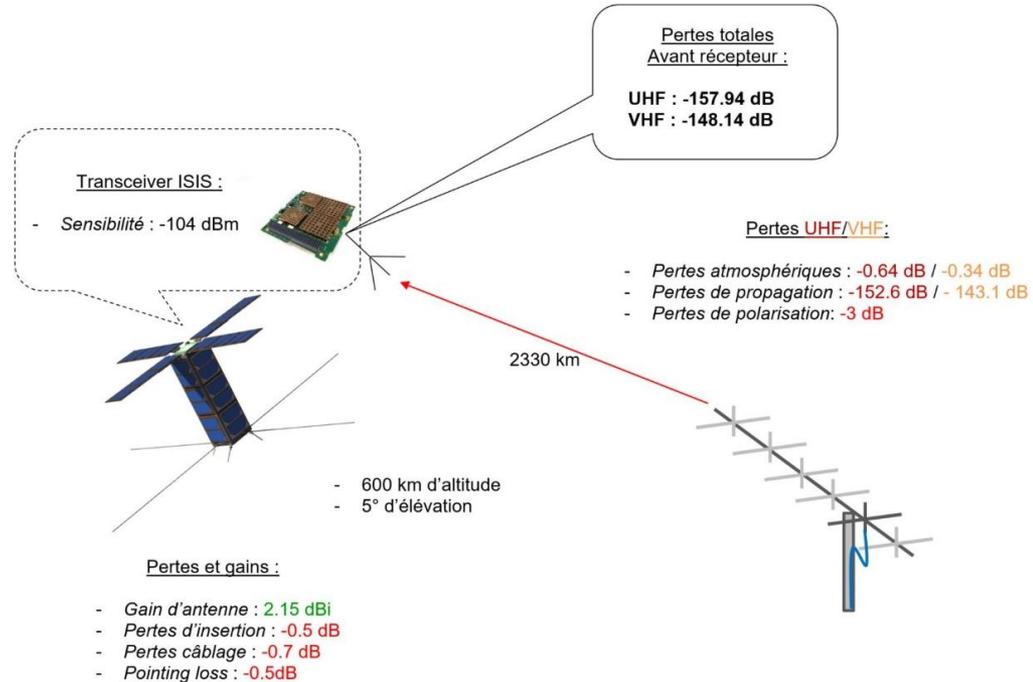
Calcul des puissances d'émission :



Marge de 10 dB au dessus de la sensibilité récepteur

$$\begin{aligned} - P \text{ UHF} &= 158 \text{ dB} - 94 \text{ dBm} \\ &= 64 \text{ dBm} \end{aligned}$$

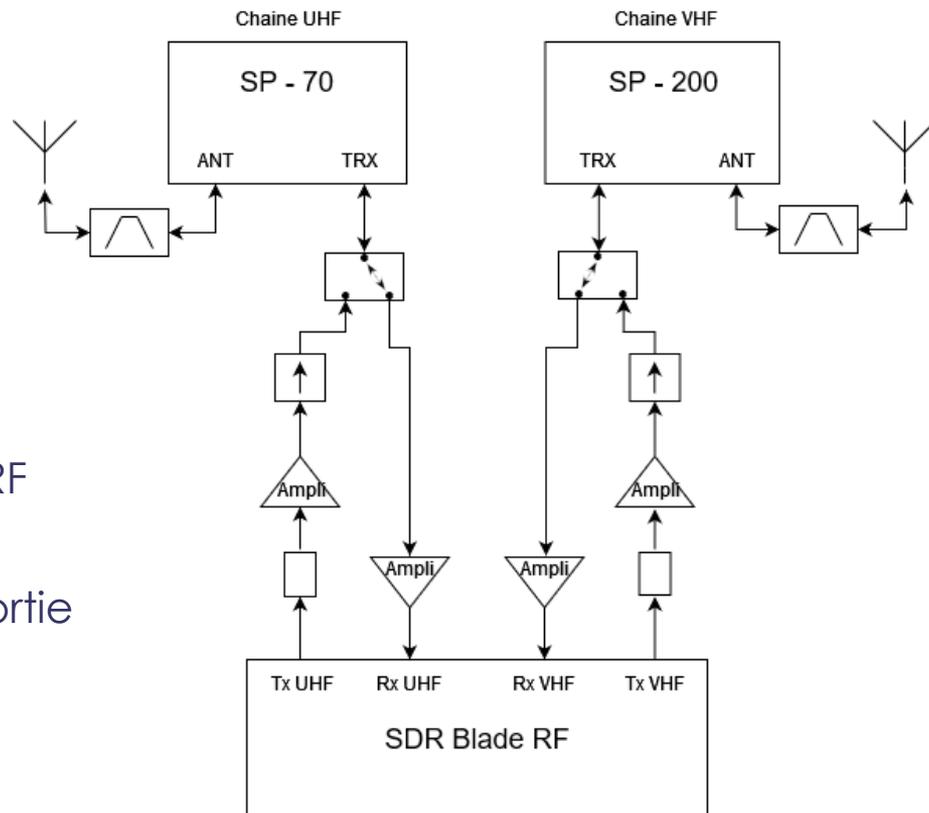
$$\begin{aligned} - P \text{ VHF} &= 149 \text{ dB} - 94 \text{ dBm} \\ &= 55 \text{ dBm} \end{aligned}$$



- Contexte du projet
- Caractéristiques des satellites ciblés
- Cahier des charges
- Gains Rx et puissances d'émission
- **Conception et test du front end RF**
- Amplificateurs et régulation thermique

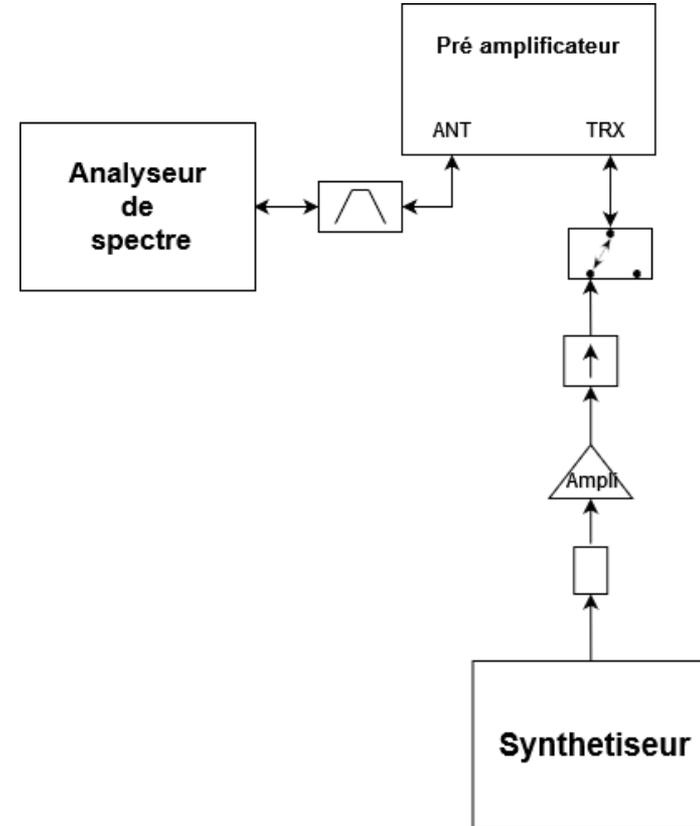
Synoptique :

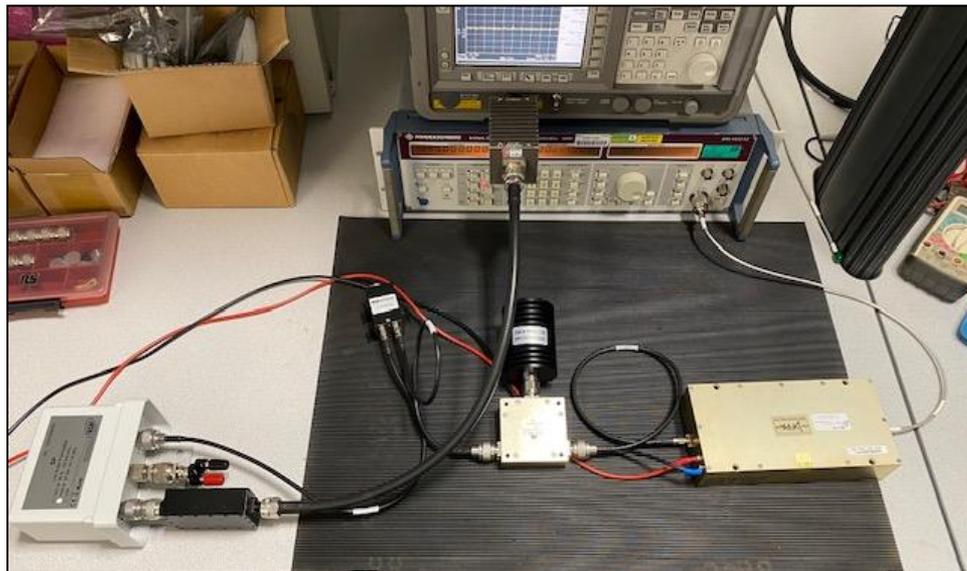
- Fonctionnement full duplex
- Amplificateurs HPA 25 W
- Multiplexage des voies par relais RF
- Circulateurs + charges 100W en sortie des amplificateurs



■ Définition des attentes :

- VHF : Gain antenne = 12,3 dBi
P VHF souhaitée = 55 dBm
Spec sortie filtre = 42,6 dBm
- UHF : Gain antenne = 15,5 dBi
P UHF souhaitée = 64 dBm
Spec sortie filtre = 48,5 dBm





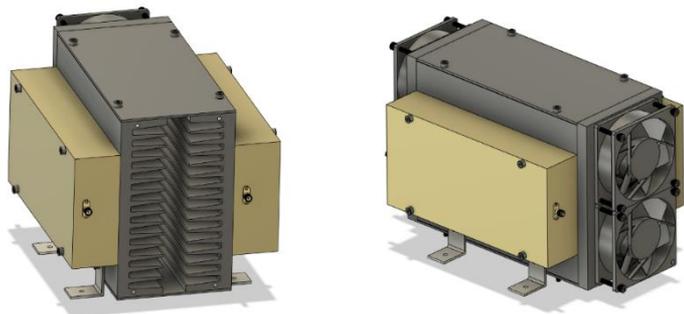
Test des chaînes d'émission :

- VHF : Spec = 42,6 dBm
Mesure = 43,85 dBm 
- UHF : Spec = 48,5 dBm
Mesure = 43,8 dBm 

Angle d'élévation minimal en bande UHF :

Distance sat (km)	Pertes propag (dB)	Angle d'élévation sat (°)	P récepteur (dBm)
2329,031384	-152,61	5	-100,36
1932,256517	-150,99	10	-98,74
1626,235079	-149,49	15	-97,24
1392,411294	-148,14	20	-95,89
1213,392785	-146,95	25	-94,70
1075,192535	-145,90	30	-93,65
967,3705699	-144,98	35	-92,73
882,3829097	-144,18	40	-91,93
814,8310174	-143,49	45	-91,24
760,8448833	-142,90	50	-90,65
717,6317132	-142,39	55	-90,14
683,1610047	-141,96	60	-89,71
634,9101815	-141,32	70	-89,07
608,4437254	-140,95	80	-88,70
600	-140,83	90	-88,58

- Contexte du projet
- Caractéristiques des satellites ciblés
- Cahier des charges
- Gains Rx et puissances d'émission
- Conception et test du front end RF
- **Refroidissement des amplificateurs**

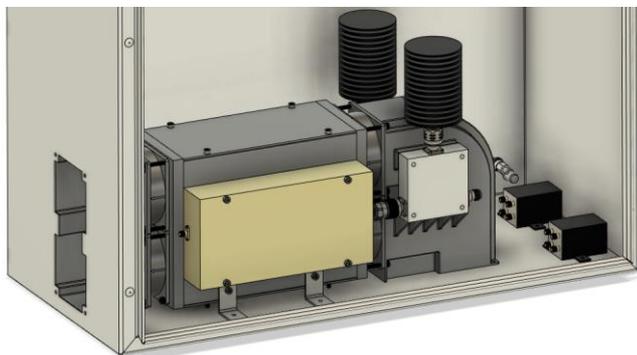


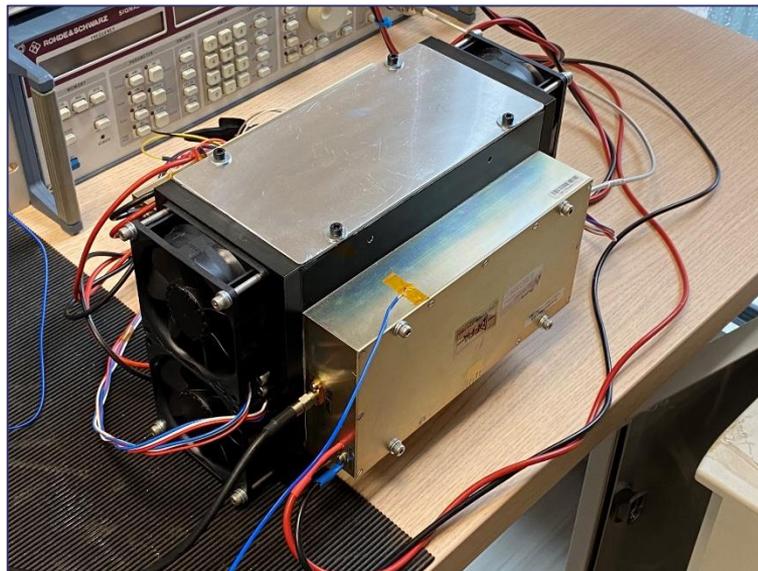
Objectif: Maintenir la température des amplis en dessous de 60°C avec un air extérieur de 45°C

$$R_{th \text{ système}} = \frac{(T_{bmax} - T_a)}{P} - R_{th_{jc}}$$

$$R_{th \text{ système}} \leq \frac{(60 - 45)}{75} - 0.1$$

$$R_{th \text{ système}} \leq 0.1^{\circ}\text{C/W}$$





h = Coefficient de convection thermique
 v = Vitesse du flux d'air extérieur = 5.12 m/s

$$h = 10.45 - v + 10\sqrt{v}$$

$$h = 27.96$$

$$R_{th \text{ convection}} = \frac{1}{hS}$$

$$R_{th \text{ convection}} = \frac{1}{27.96 * 0.39}$$

$$R_{th \text{ convection}} = 0.09 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$



$$R_{th} \text{ système} = R_{th} \text{ convection} + R_{th} \text{ dissipateurs}$$

$$R_{th} \text{ système} = 0,09 + 0,55$$

$$R_{th} \text{ système} = 0,64 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

En test, nous relevons un échauffement de 7 °C après 10min de fonctionnement



L'ESPACE
EN TÊTE
THE SPIRIT
OF SPACE

Alexandre DUPE
alexandre.dupe@cnes.fr