



Quelques exemples de charges utiles « cryo » spatial

22/09/2020

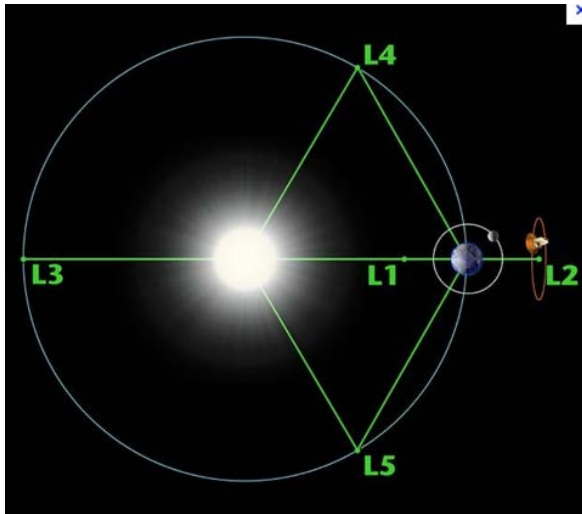
Thierry Maciaszek

- La majorité des charges utiles travaillent proche de la température ambiante
 - o Telecom, observation de la terre visible, radar
 - o Nécessité de refroidir les détecteurs à $T < 90\text{K}$ pour l'observation de la terre IR ou astronomie proche IR
 - o Nécessité de refroidir les détecteurs à $T < 1\text{K}$ voir 100mK pour instrument scientifiques CMB, X, IR lointain
 - o Nécessité de refroidir les télescopes à $T < 40\text{K}$ voir 5K pour instrument scientifiques CMB, IR lointain

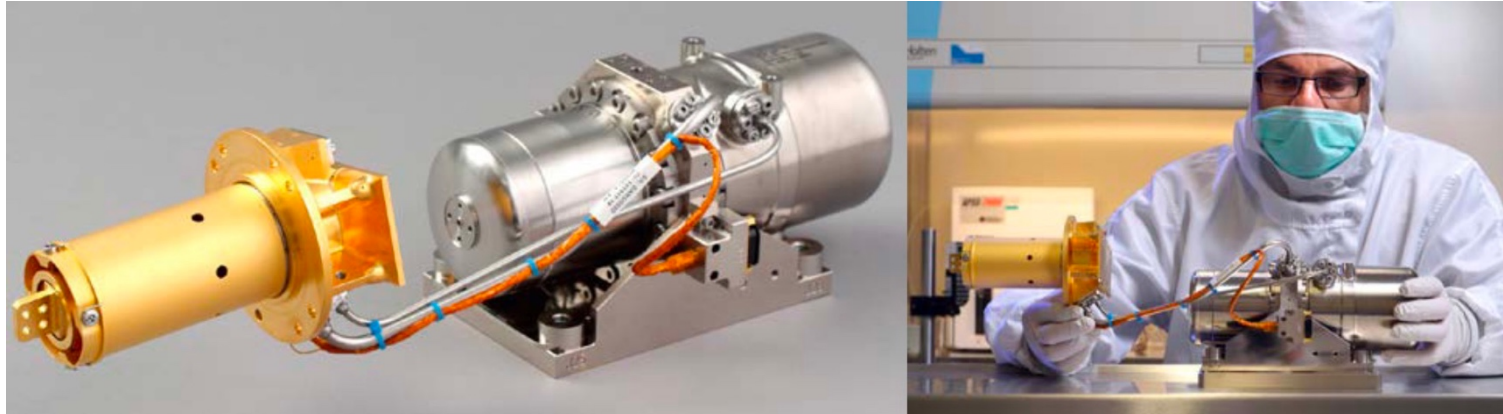
- Le type de refroidissement dépend de la température et stabilité souhaitée, du type d'orbite :
 - Refroidissement passif
 - ✓ Tout se « termine » par un radiateur qui rayonne vers l'espace (3K) la somme des flux thermiques reçus:
 - Flux rayonné : $\sigma \times \text{surface} \times \text{émissivité} \times T^4$
 - Emissivité : Peinture blanche ou noire 0.85; surface métallique < 0.1
 - Puissance dissipée (electroniques)
 - Flux solaire (1450W/m², absorptivité solaire x surface , orientation)
 - Abs solaire : Peinture blanche 0.15; peinture noire 0.9

- Flux IR planète
 - Orbite basse terrestre (300W/m^2 , émissivité x surface , orientation)
- Flux Albédo solaire
 - Orbite basse terrestre (300W/m^2 , émissivité x surface , orientation)
- o Temperature minimum atteignable en refroidissement passif :
 - 85K en orbite basse terrestre
 - 70K en orbite géostationnaire
 - 45K L2 (point de Lagrange N°2)

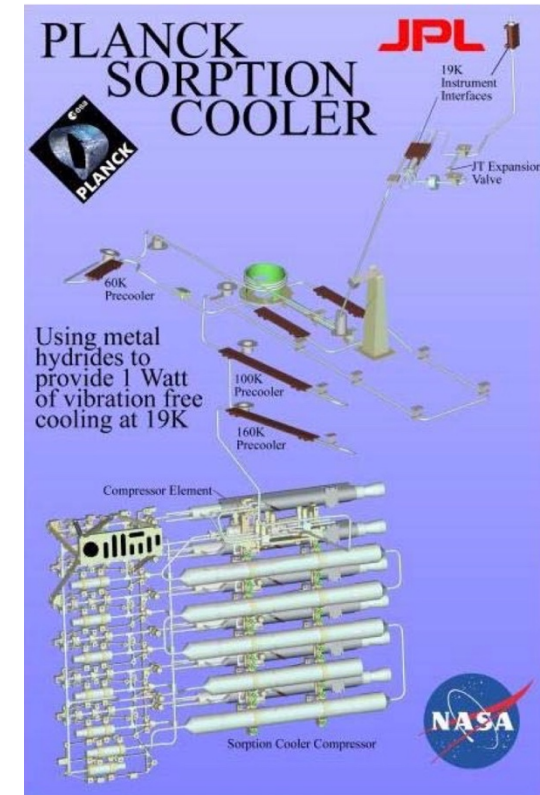
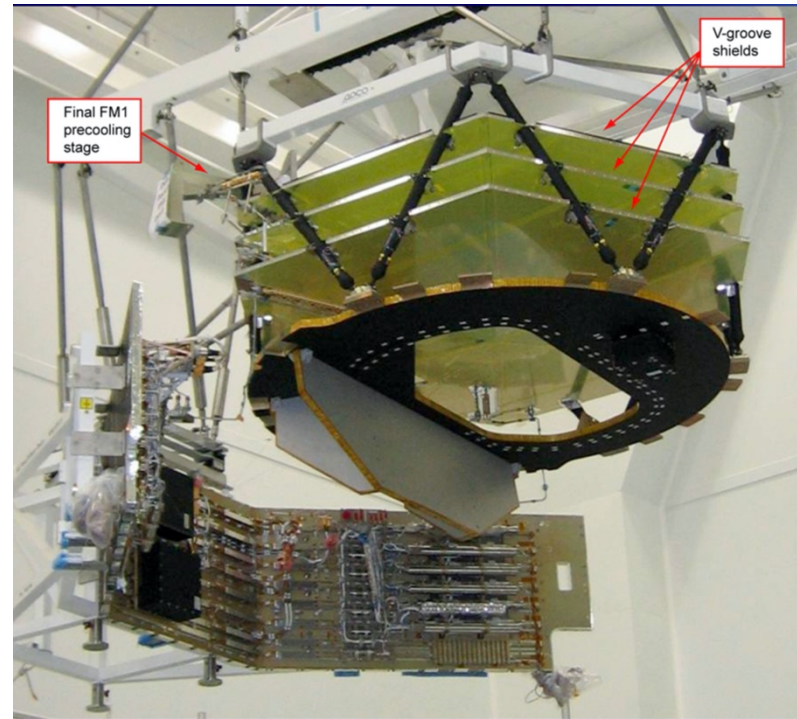
- Orbites les plus courantes:
 - o Observation de la terre : 800km; Heliosynchrone
 - o Géostationnaire : 36000km (télécom et Meteosat)
 - o L2 (science) : 1.5 Million Km



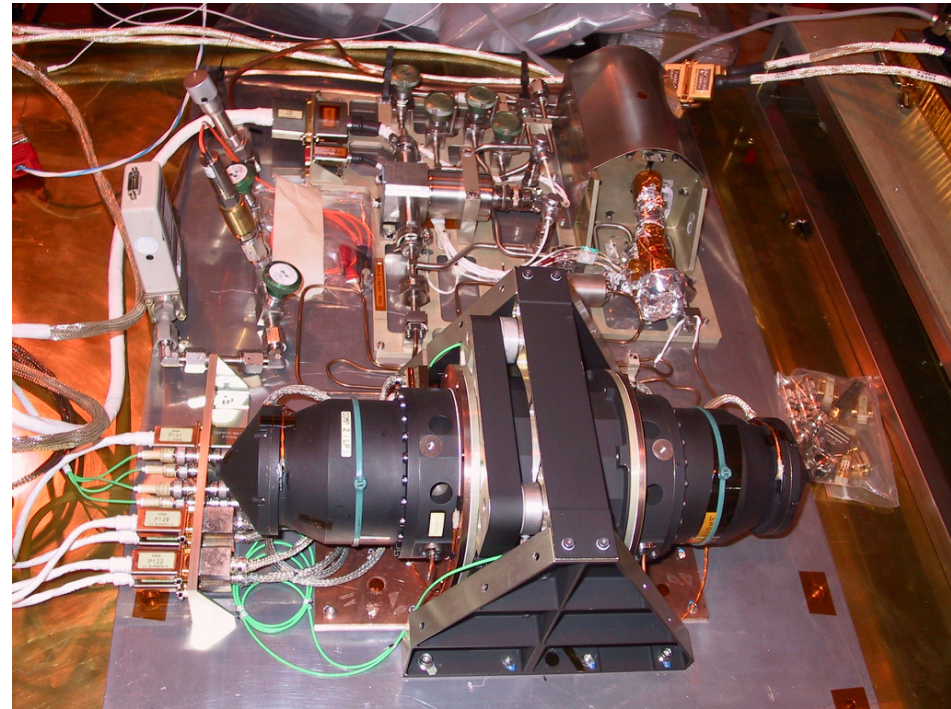
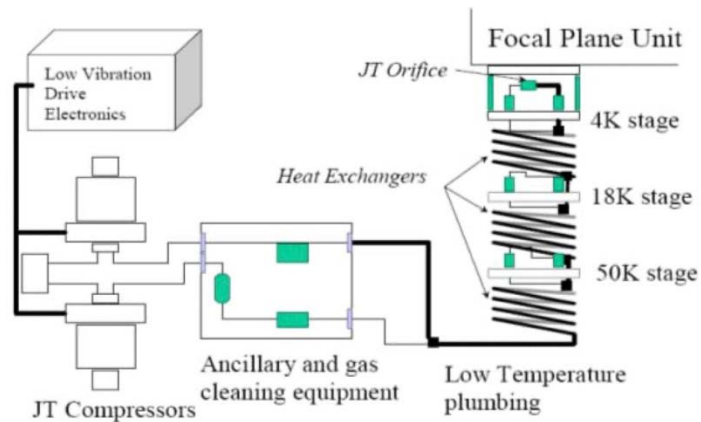
- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - Machine Stirling / Tube Pulsé ; 4K / 100K ; 4He; 2W@70K
 - CEA SBT, Air liquide, Thales, RAL, Japon, ...
 - Meteosat; observation IR terrestre, ...



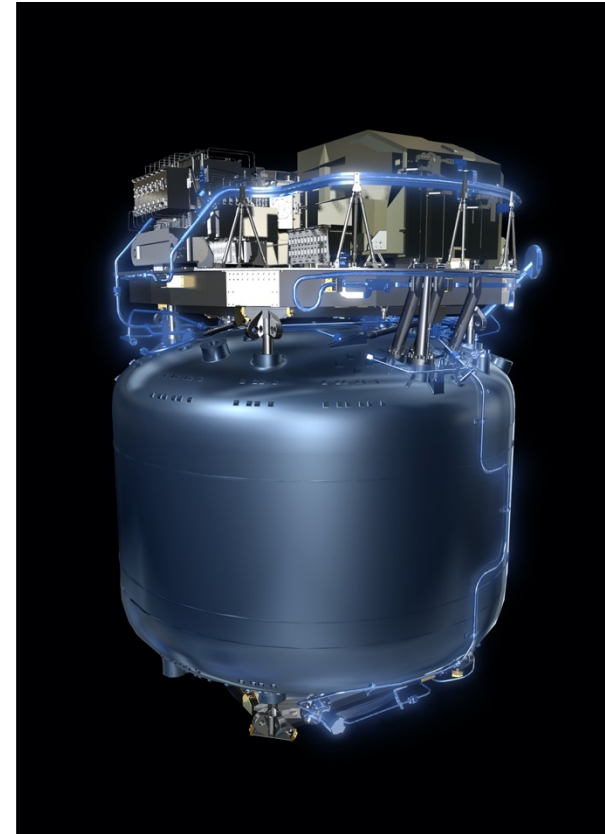
- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - Sorption pump + JT H₂; 1W@20K
 - US
 - Planck



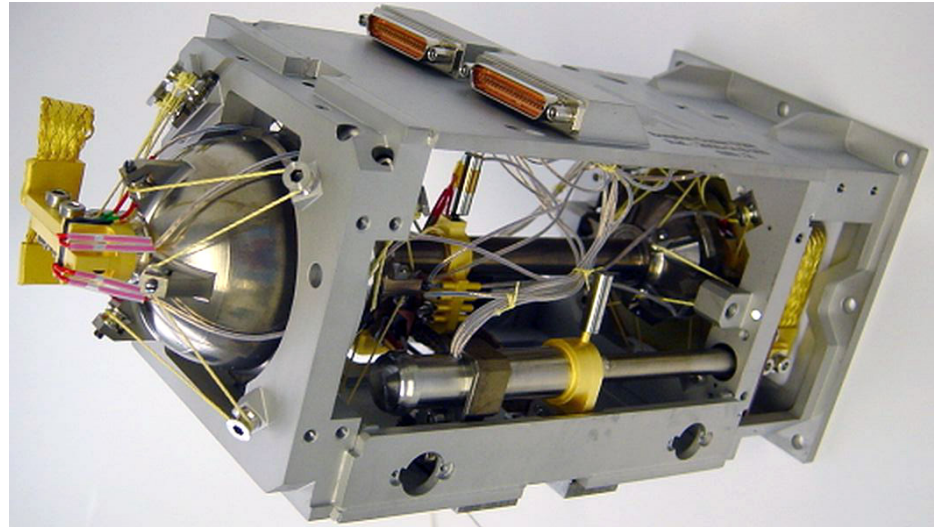
- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - Joule Thomson; 4K / 2K ; 4He ou 3He; 15mW@4K
 - RAL, Japon, ...
 - Planck, AstroH, ..



- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - Cryostat LHe; 5K/1.6K
 - Air liquide, US, Japon, ...
 - ISO, Herschel, ..



- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - Sorption cooler 4He ou 3He (10 μ W @ 300mK)
 - CEA SBT
 - Herschel SPIRE & PACS



- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - 4He/3He dilution cooler (gaz perdu); 500nW @100mK
 - CRTBT (Néel), Air Liquide, ..

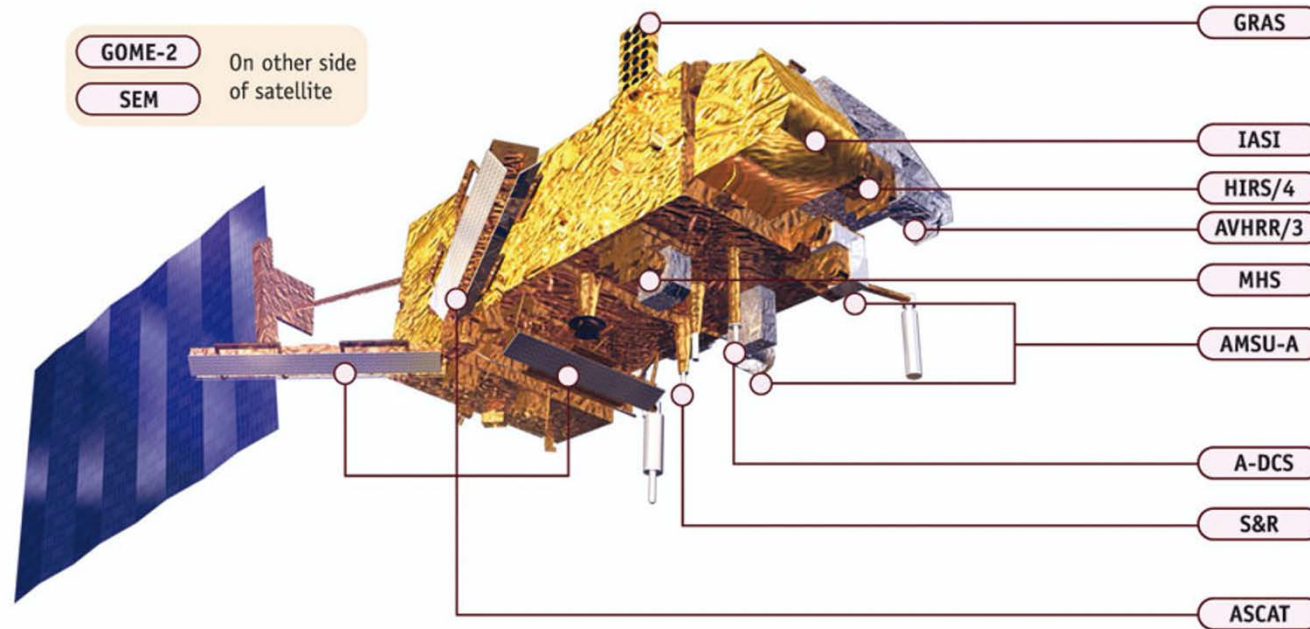


- o Refroidissement « actif » ; de 100K à 50mK :
 - ADR (Désaimantation adiabatique); 2K à 20mK; 10 μ W @ 100mK
 - SBT, US, Japon, ...
 - Astro-H, LiteBIRD, Athena, ...

- Contraintes de l'environnement spatial :
 - o Vibration lancement
 - Sinus pour $f < 100\text{Hz}$
 - 10g à 40g
 - Dimensionnant pour structure primaire
 - Random / acoustique jusqu'à 2000Hz
 - Jusqu'à 200g (peak)
 - Dimensionnant pour structure secondaire, équipements
 - Chocs
 - Généralement non dimensionnant pour un instrument car loin des sources de choc

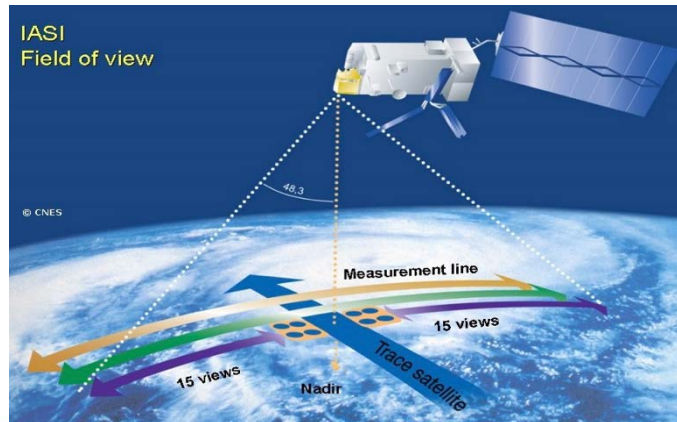
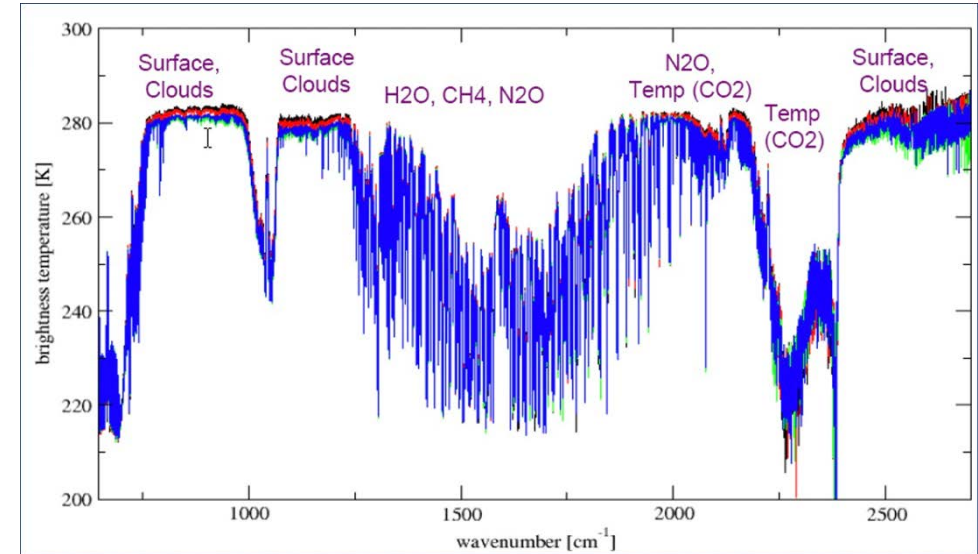
- Contraintes de l'environnement spatial :
 - o microgravité
 - Important pour fluides (cryostat, dilution)
 - o Radiation (ions lourd, e-)
 - glitch's perturbateurs sur détecteurs
 - Single Event sur électroniques
 - o Pas réparable en vol ➔ règles qualité sévères

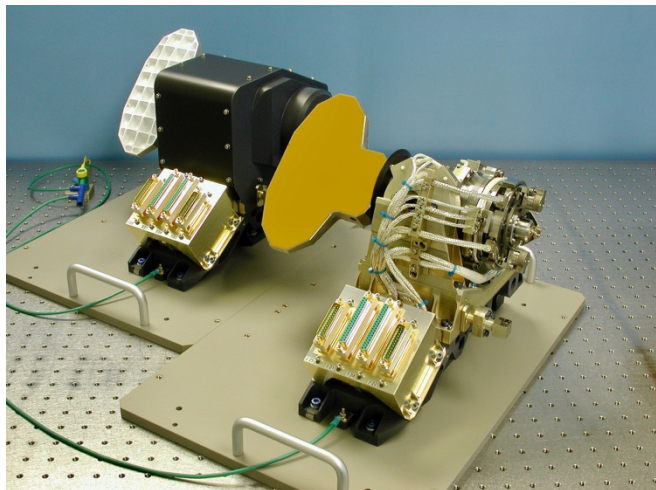
- METOP (Satellite météo opérationnel EUMETSAT/ESA) pour mesure atmosphérique. 3 METOP en vol. Orbite héliosynchrone 11h
- Lancement Metop 1 Octobre 2006



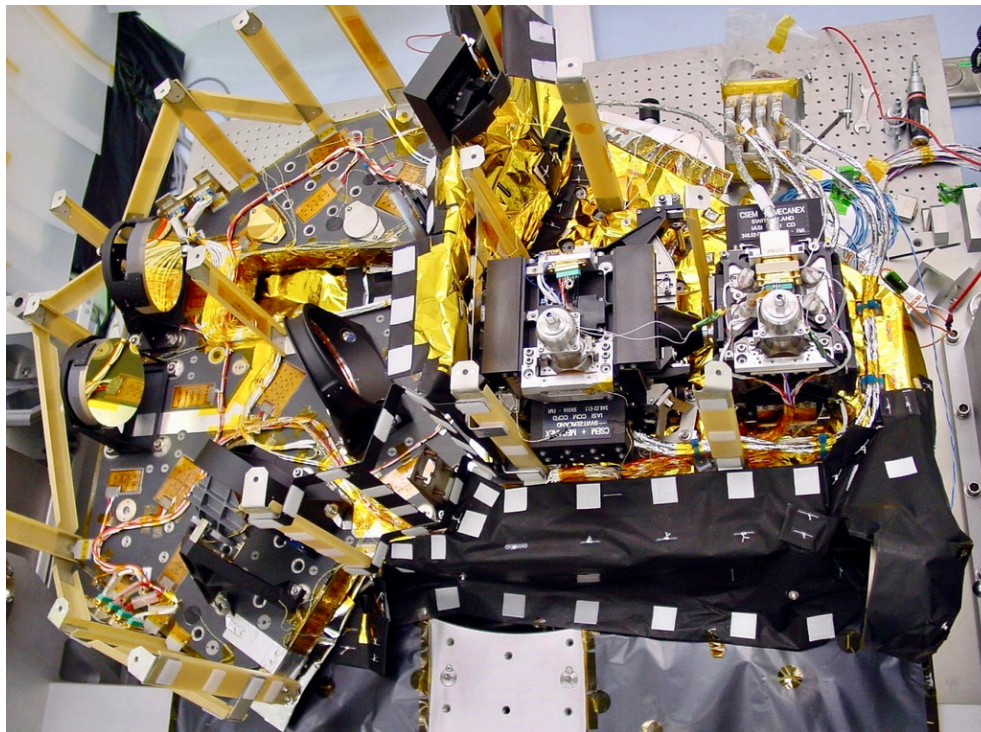
- IASI : An Infra Red FTS (Fourier Transform Spectro) for atmospheric profile measurement of temperature, pressure, humidity and chemistry. CNES/THALES-Ca

Field of View	± 50 degrees
Spectral Range	15.5 μ m to 3.6 μ m
Détecteurs	4 pixels HgCdTe
Durée acquisition 1 interfero	150ms
Power	245 W
Volume	1.5m ³
Mass	230 Kg
Bit rate (24h/24)	1.5 Mbps

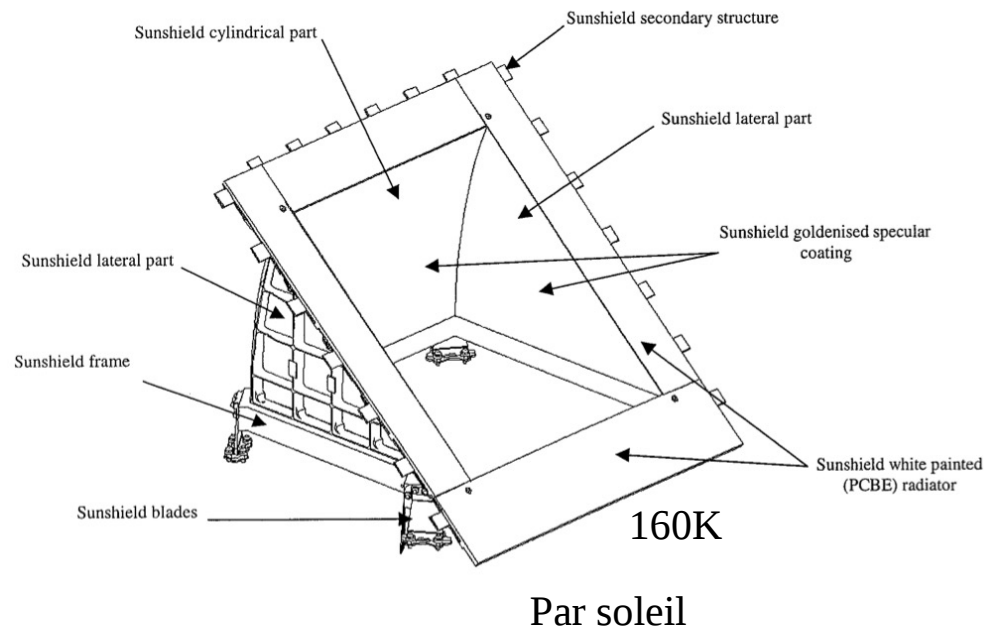
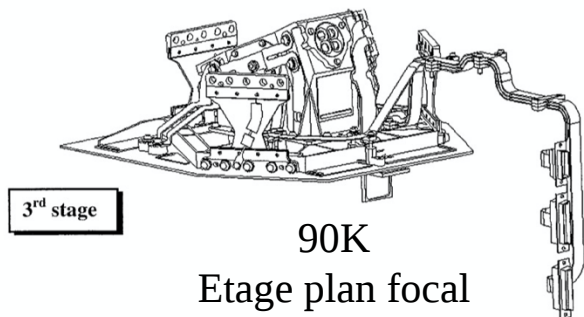
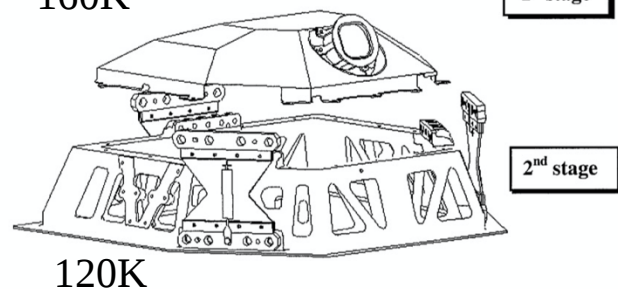
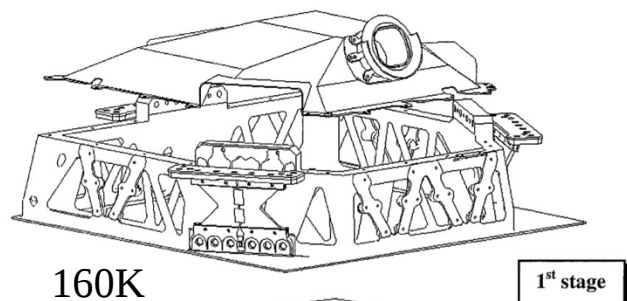


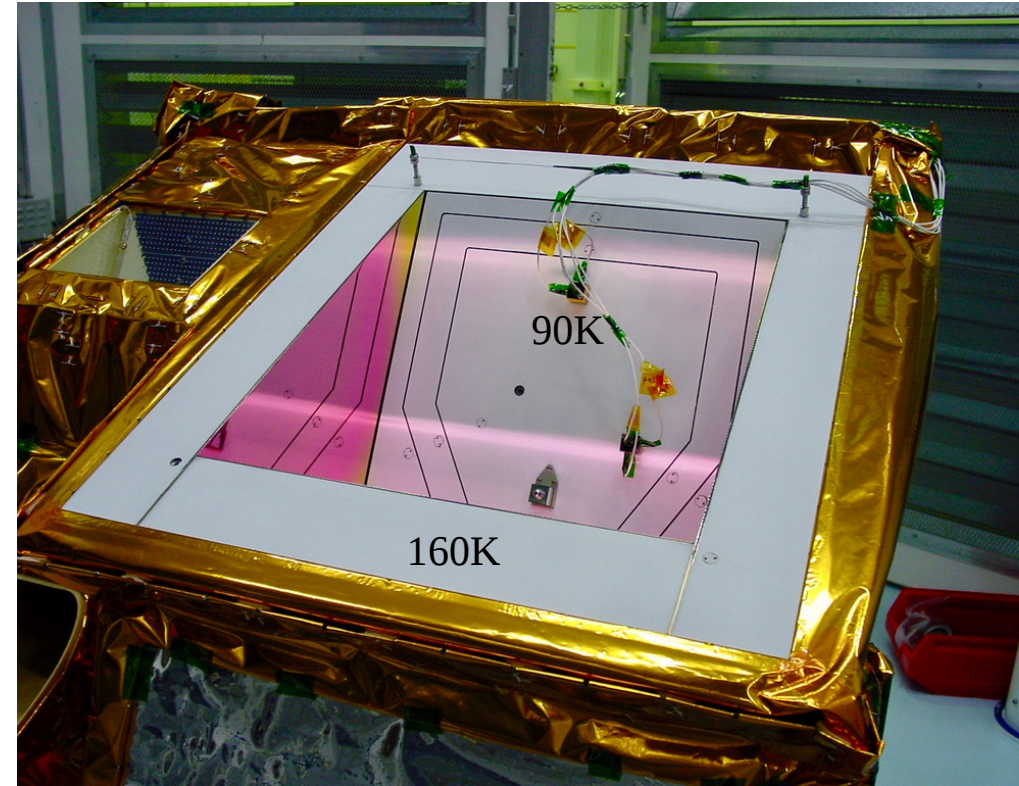


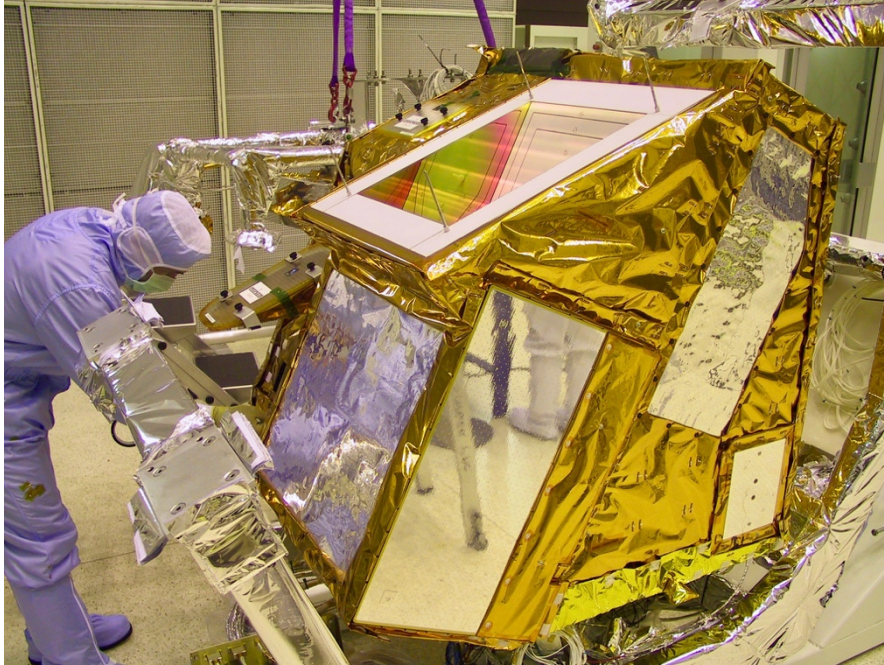
SCAN (2 axes avec compensation de filé satellite)

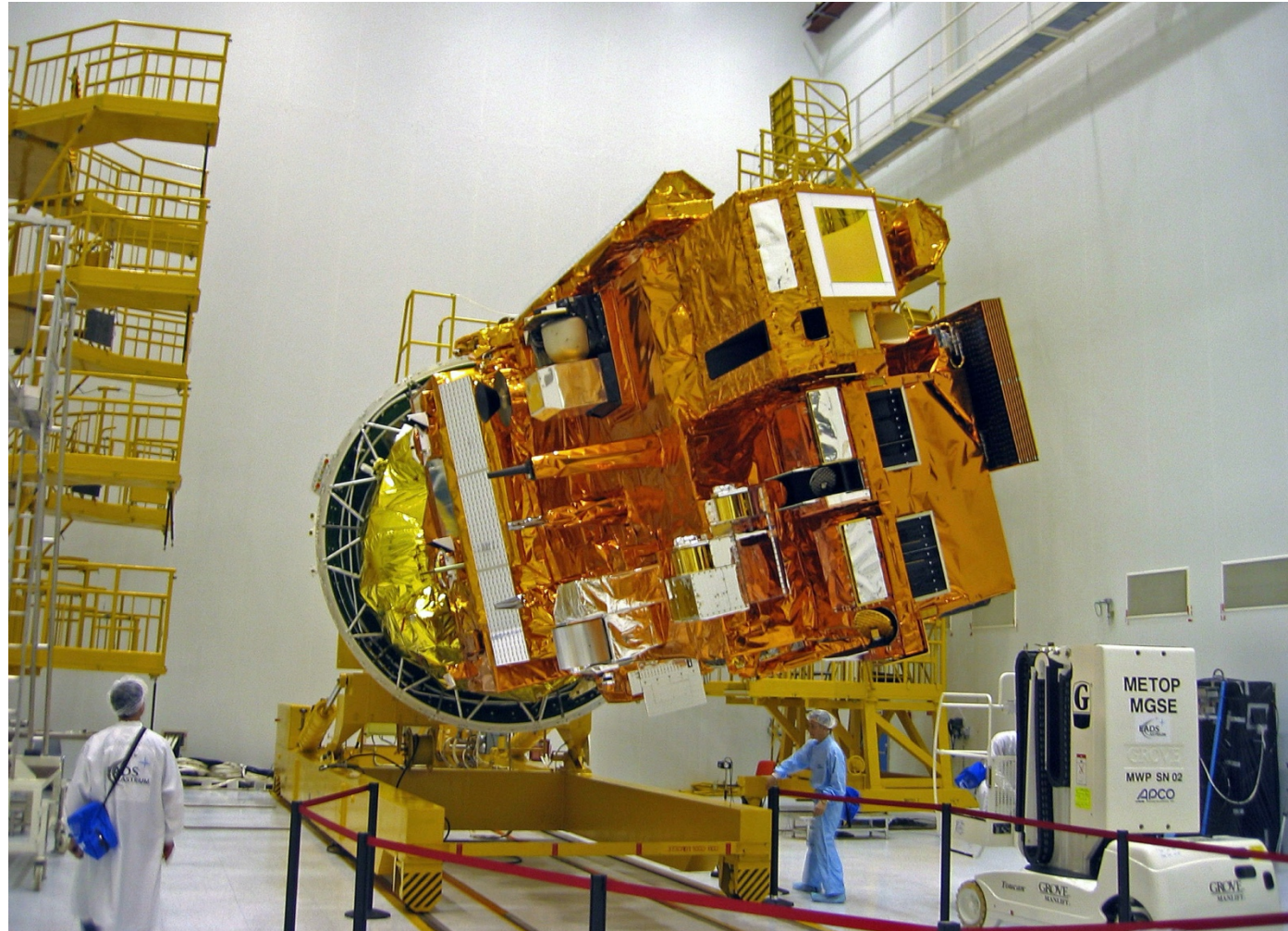


Interferometre (Michelson)

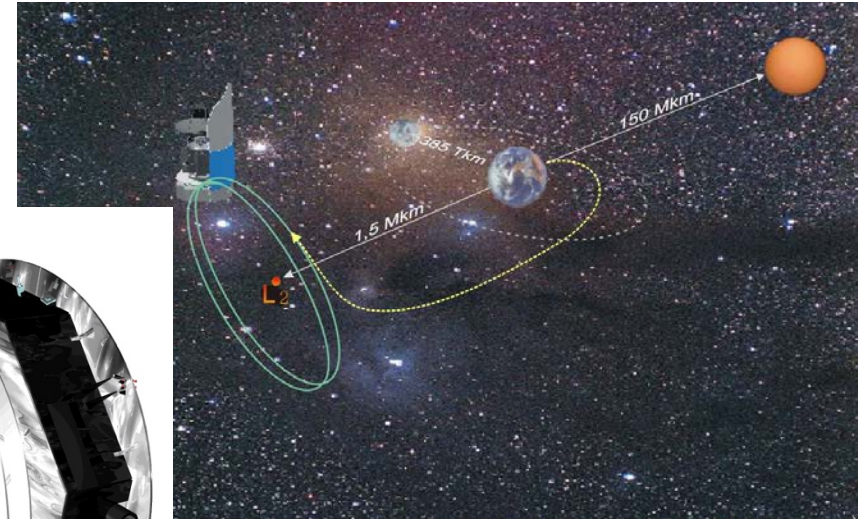
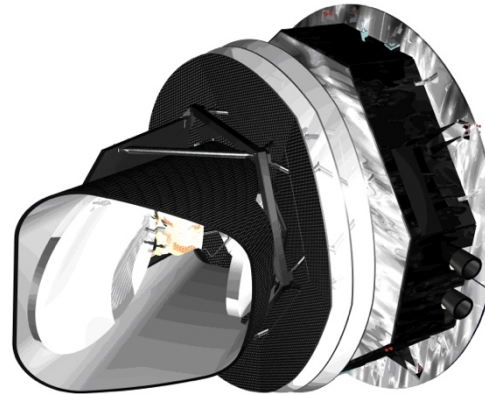








- ❖ Mission CMB (Cosmic Microwave Background); survey global du ciel
- ❖ ESA mission M
- ❖ Charge Utile
 - Télescope (1.5m)
 - 2 instruments LFI et HFI
- ❖ Satellite
 - 2000kg, 1600W, 4.2mx 4.2m
 - Durée de vie > 2 ans
 - Satellite spiné à 1 t/mn sur son axe principal
- ❖ Lancement mai 2009

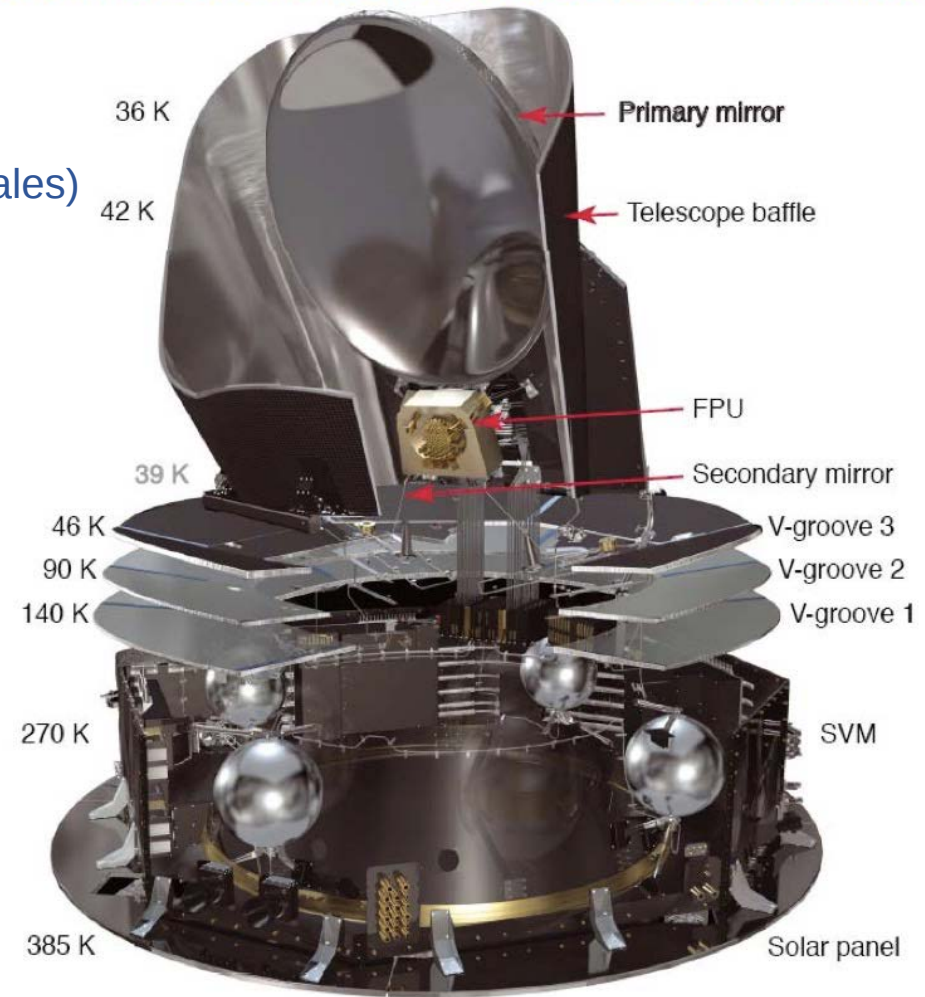


- ❖ HFI : High Frequency Instrument
 - 100GHz à 900GHz
 - 52 bolometres (JPL) refroidis at $T < 100\text{mK}$
 - IAS Maitre d'œuvre PI, CESR (IRAP), CRTBT (Néel), Air Liquide, LAL, LPSC, RAL (UK) Italie, JPL
 - 230kg, 270W, 75kb/s (24/24)

- ❖ LFI : Low Frequency Instrument
 - Radiometre 11 canaux 30Ghz à 70GHZ
 - Instrument principalement Italien

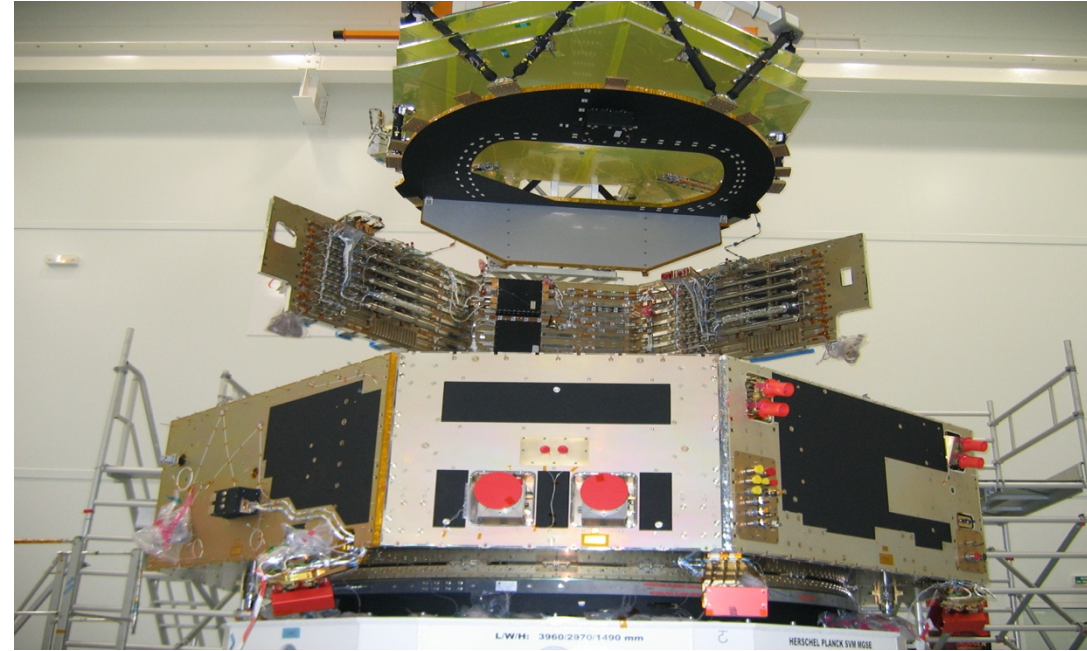
CU cryo spatial : PLANCK

- 300K → 45 K : Passif V grooves et telescope (Thales)
- 45K → 20K : Sorption H2 (NASA JPL)
- 20K → 4K : JT 4K (HFI; RAL)
- 4K → 100 mK : Dilution 3He/4He

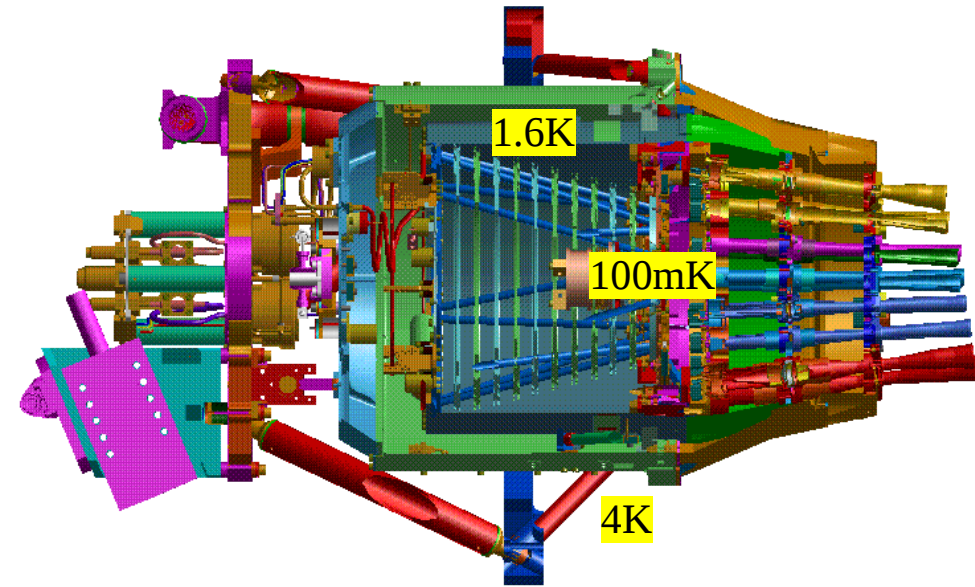




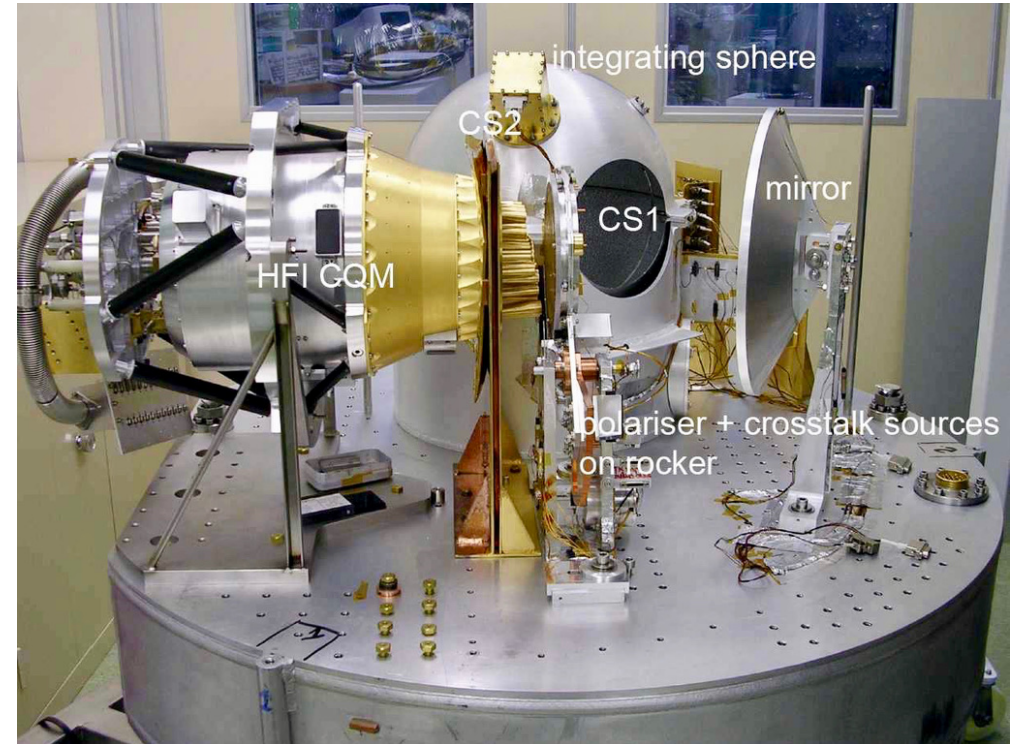
Telescope



Sorption cooler



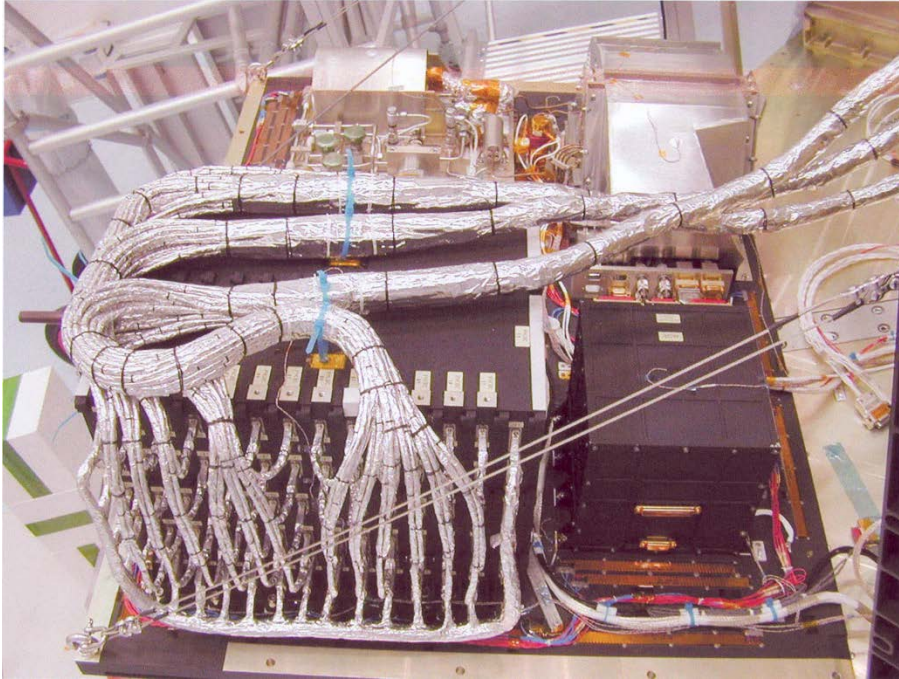
HFI



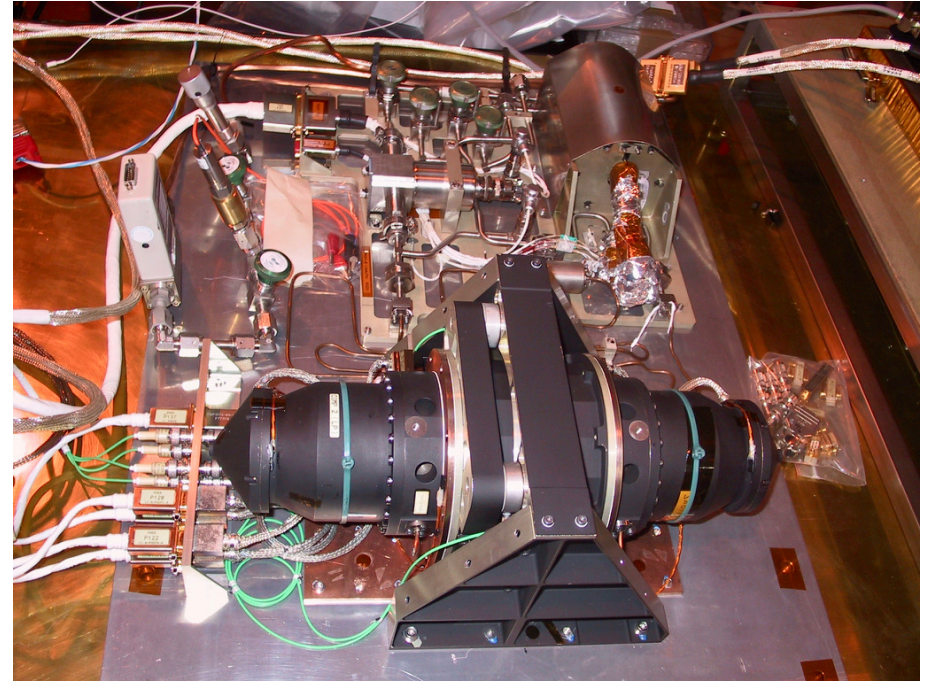
Test HFI



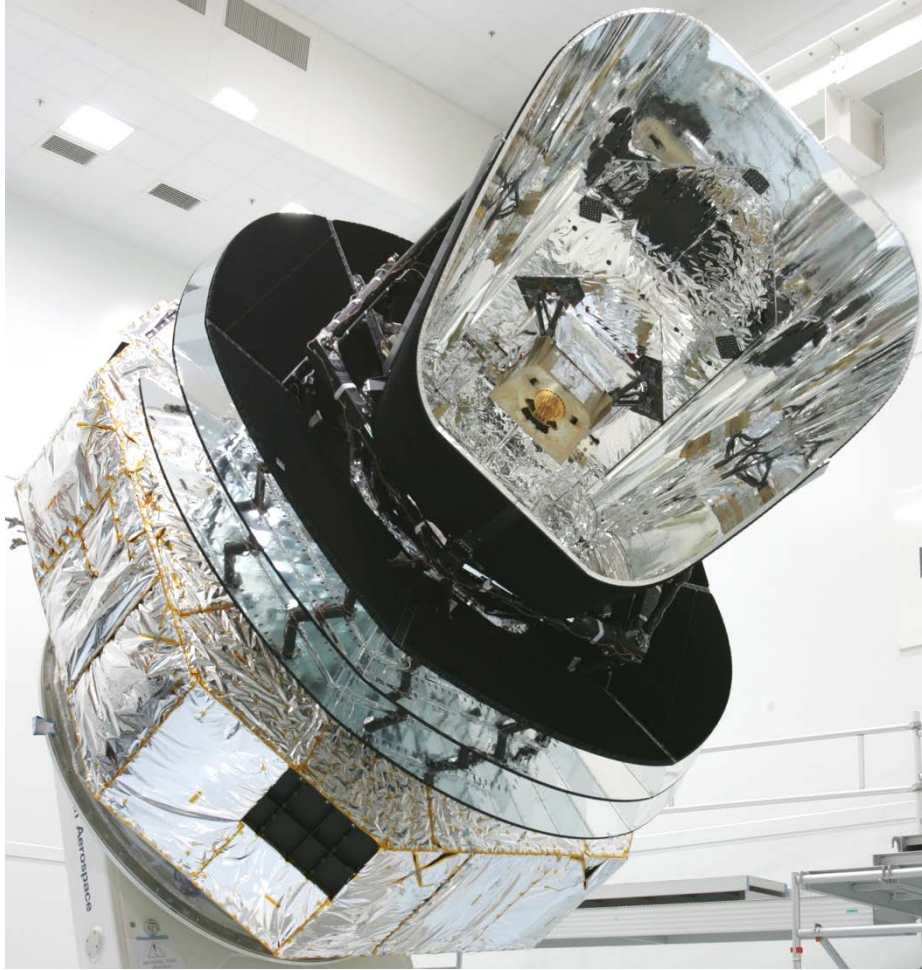
DILUTION



ELECTRONIQUE HFI



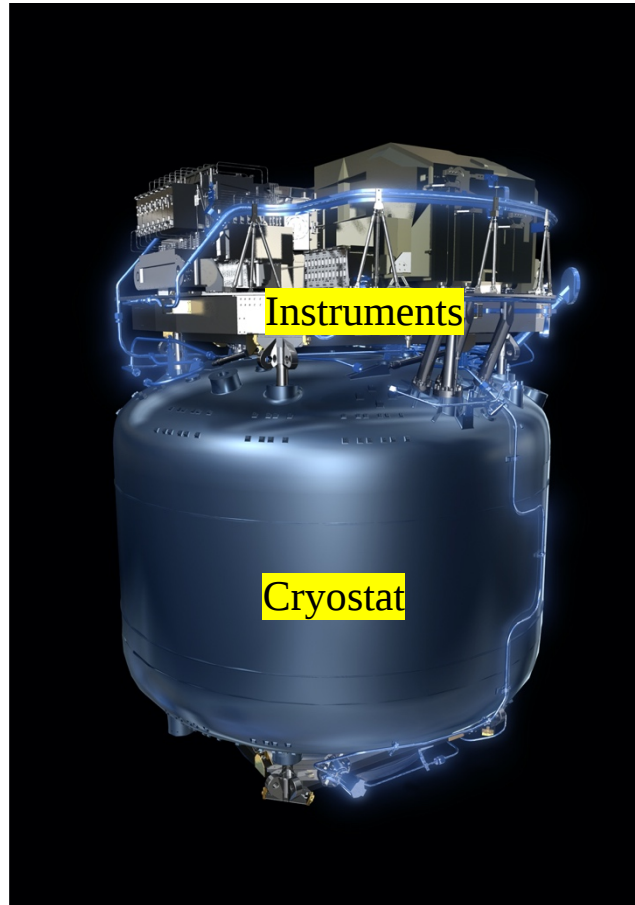
COMPRESSEURS JT 4K



- ✓ ESA Large mission
- ✓ Imagerie infrarouge to sub-millimetre (from 55 to 672 μm)
 - Study the formation of galaxies in the early Universe and their subsequent evolution
 - Investigate the creation of stars and their interaction with the interstellar medium
 - Observe the chemical composition of the atmospheres and surfaces of comets, planets and satellites
 - Examine the molecular chemistry of the Universe
- ✓ 7,5m de long; 3,5m de diamètre
- ✓ 3,3 tonnes
- ✓ 2022 to L2

- ✓ 3 instruments:
 - ✓ HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared), a very high resolution heterodyne spectrometer
 - ✓ PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer) - an imaging photometer and medium resolution grating spectrometer
 - ✓ SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver) - an imaging photometer and an imaging Fourier transform spectrometer
- ✓ cryostat 2000 litres LHe 1.6K
- ✓ Refroidissement détecteur PACS et SPIRE (CEA) à 300mK par sorption cooler ^3He CEA SBT
- ✓ Lancement AR5 Kourou avec Planck mai 2009

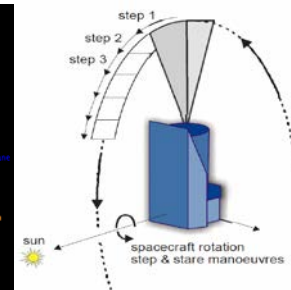
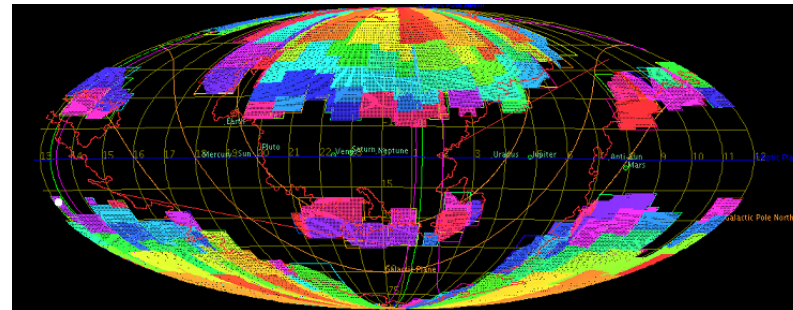
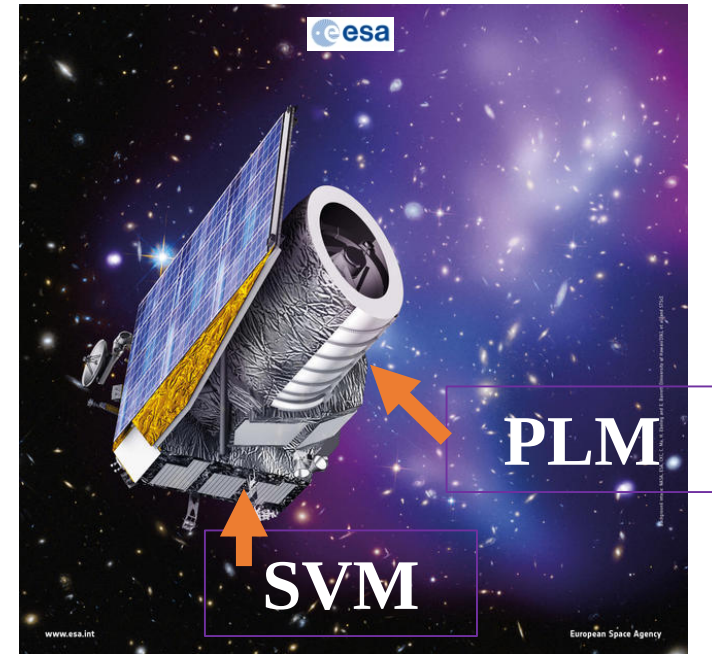
CU crvo spatial : Herschel





CU cryo spatial : Euclid

- ✓ ESA Medium mission (Total cost about : 1G€)
- ✓ Soyuz launch from Kourou in 2022 to L2
- ✓ To better understand dark matter and dark energy + MANY others scientific domains
- ✓ Measuring shapes and redshifts of about 1 billion of galaxies out to redshifts ~ 2 (10 billion of years in the past)
- ✓ Wavelength : $0.3\mu\text{m}$ to $2\mu\text{m}$
- ✓ 0.5° field of view. Step-and-stare scanning of the sky. 15000Deg^2 wide field; 40Deg^2 deep field



- ✓ Mission duration : 6 years
- ✓ 2000kg, 5mx3mx3m, 2000W, 850Gb / day
- ✓ Absolute pointing 2.5arcsec; stability 60mas
- ✓ Satellite prime is Thales Italy; also responsible of the SVM (Service module)
 - Electrical, Data Management, Telemetry & commanding, Attitude & Orbit Control System
- ✓ AIRBUS Toulouse is responsible of the Payload Module (PLM); telescope of 1.2m cooled at 120K (SiC)
- ✓ Euclid Consortium is responsible to deliver to ESA 2 instruments:
VISible instrument and NISP instrument

CU cryo spatial :

✓

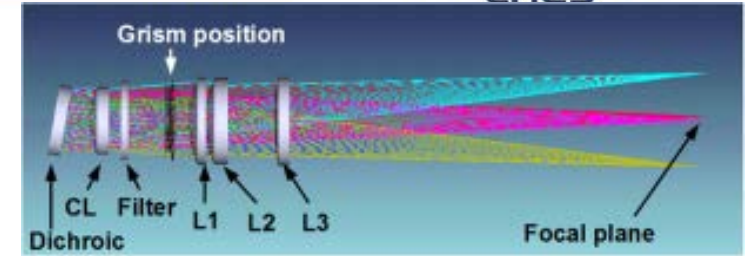
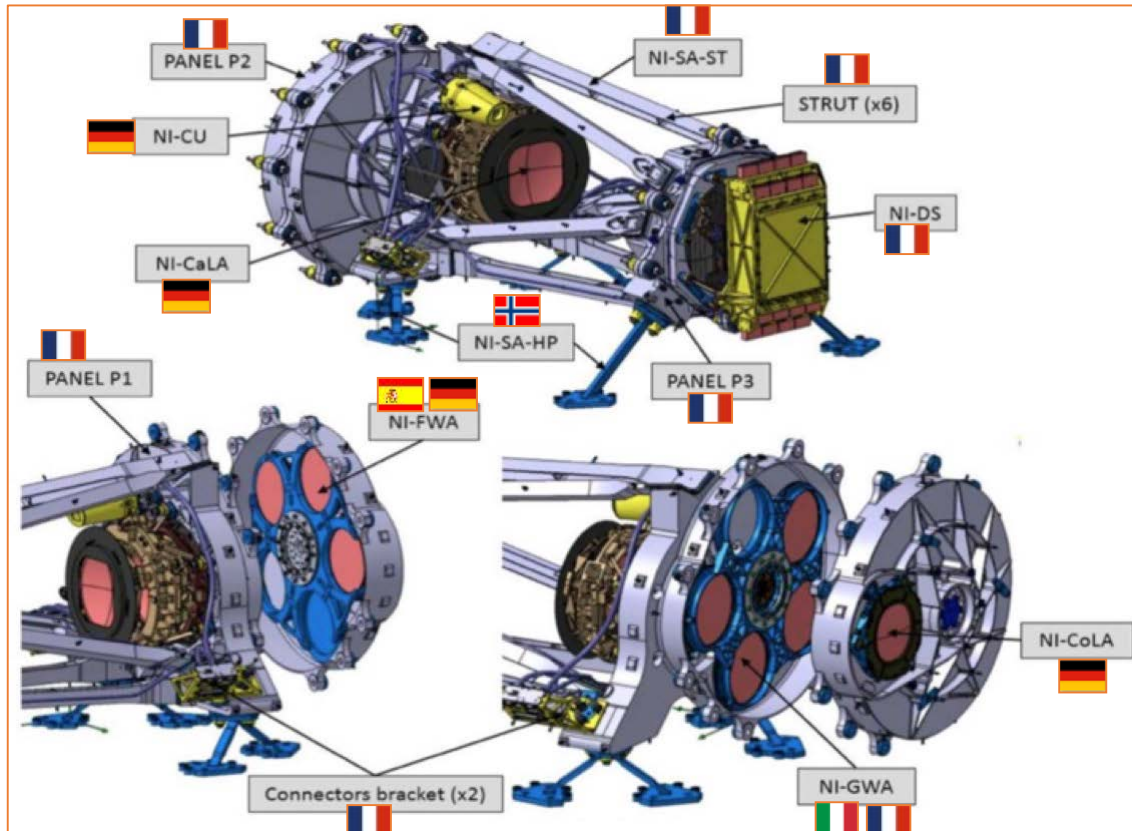


❖ NISP:

- NISP est en fait 2 instruments : un photometre grand champ et un Spectrometer sans fente
- [900-2000]nm
- 16 detecteurs IR 2k x 2K HgCdTE (NASA)
- 0.5Deg²
- MASS 160Kg
- 1mx0.5mx0.5m
- POWER = 200W
- TELEMETRY = 290 Gbit/day

- LAM (maître d'oeuvre), CPPM, INP2I, CEA, LPSC, APC + Italie, Allemagne, Espagne, Norvège & Danemark

CU cryo spatial : Euclid

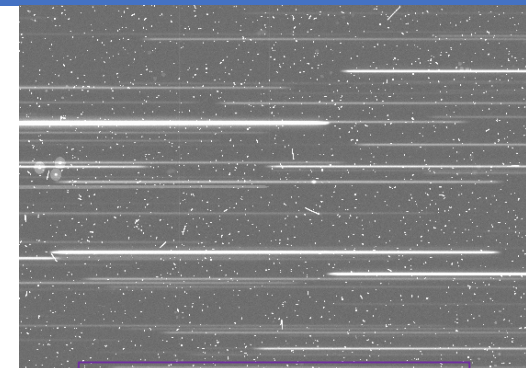


Filters:

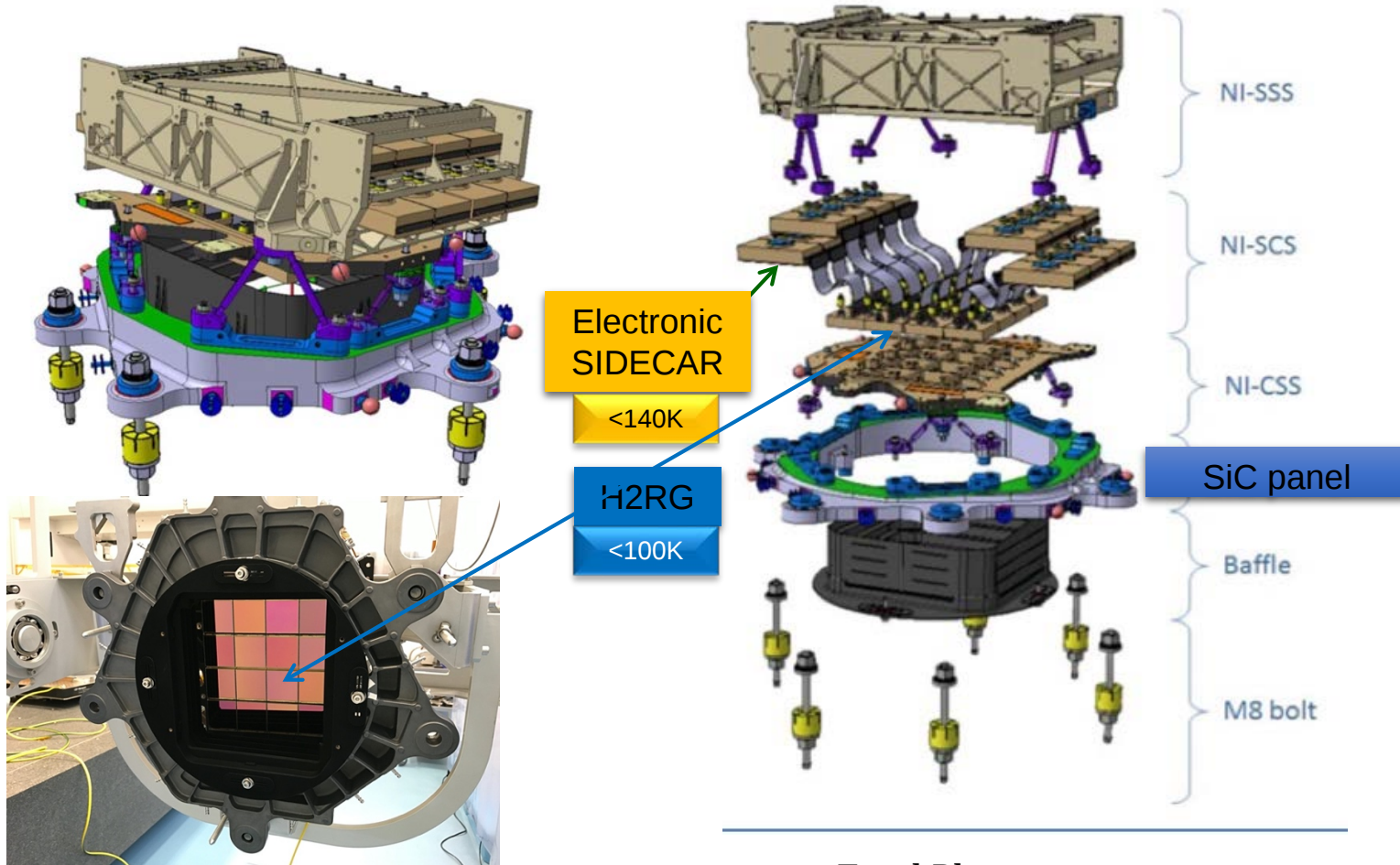
- Y Band: 950 – 1192nm
- J Band: 1192 – 1544nm
- H Band: 1544 – 2000nm

Grisms:

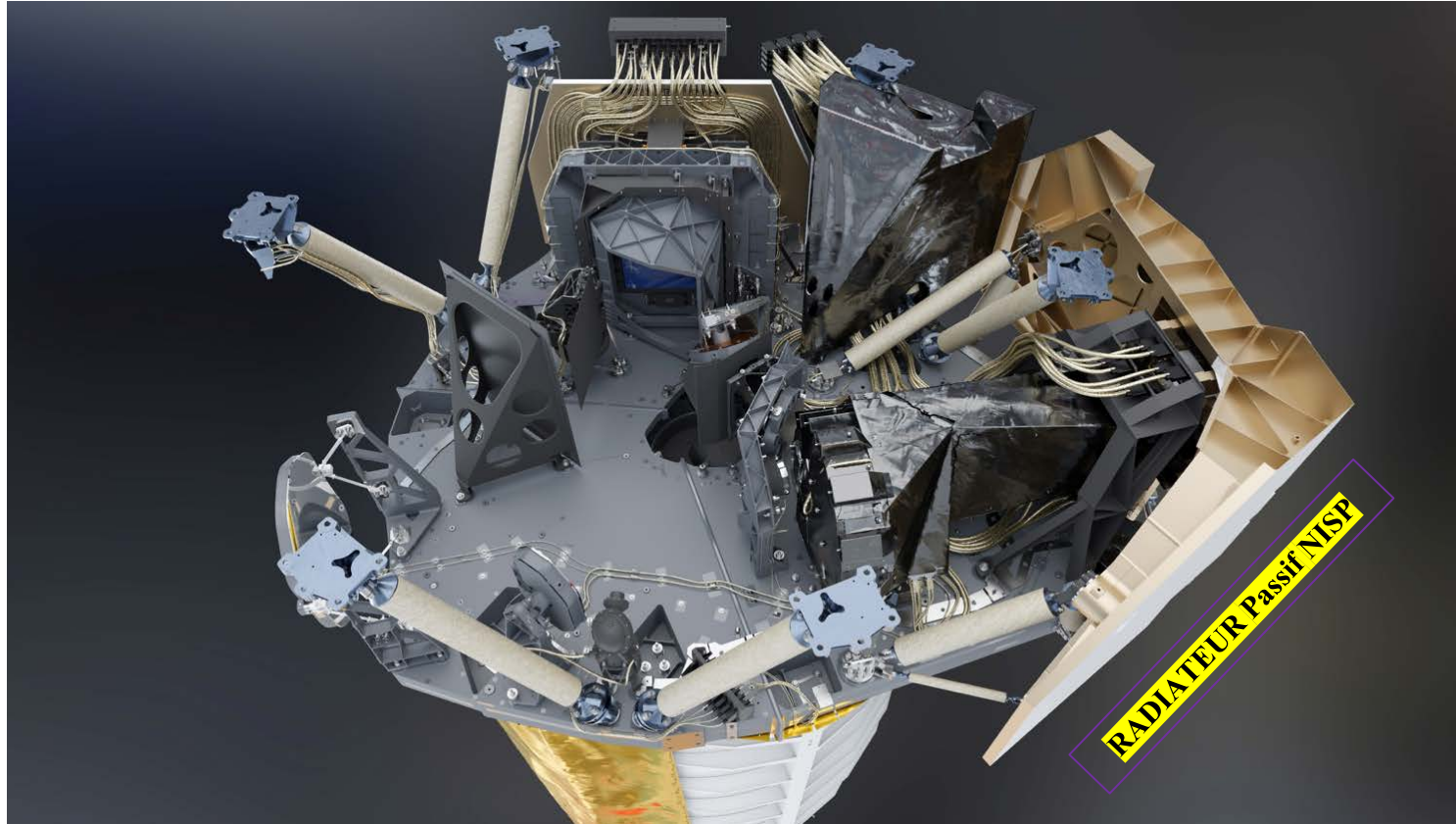
- Three Red at 0°; 90° and 180; 1250 – 1850nm
- One Blue at 0°; dispersion: 920 – 1300nm

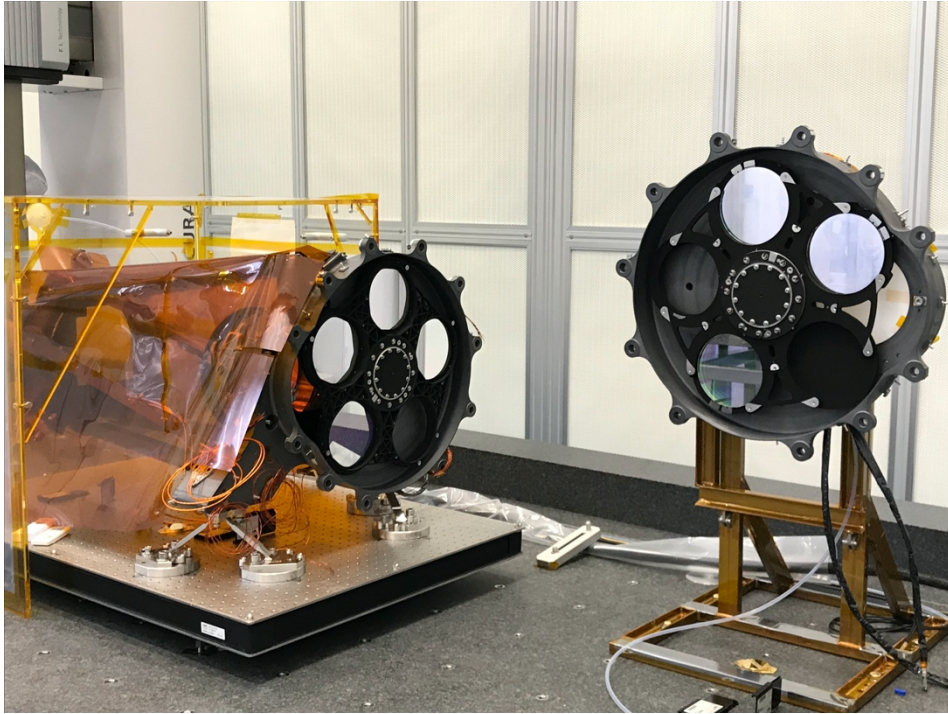


NISP image (spectro)

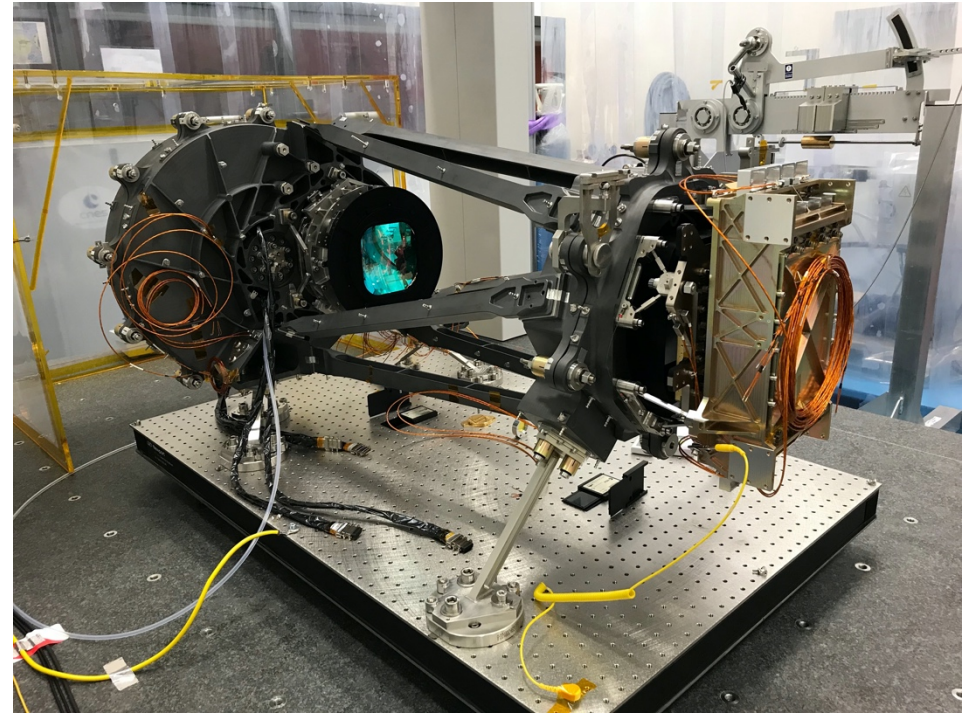


- Refroidissement du NISP : Radiateur Passif

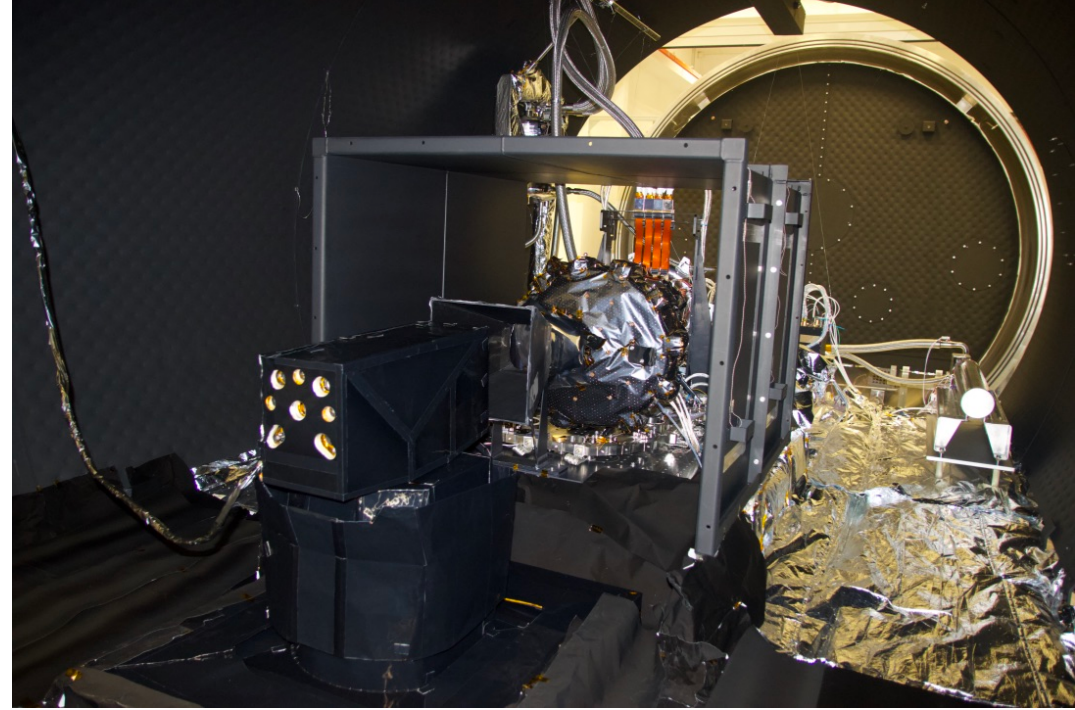
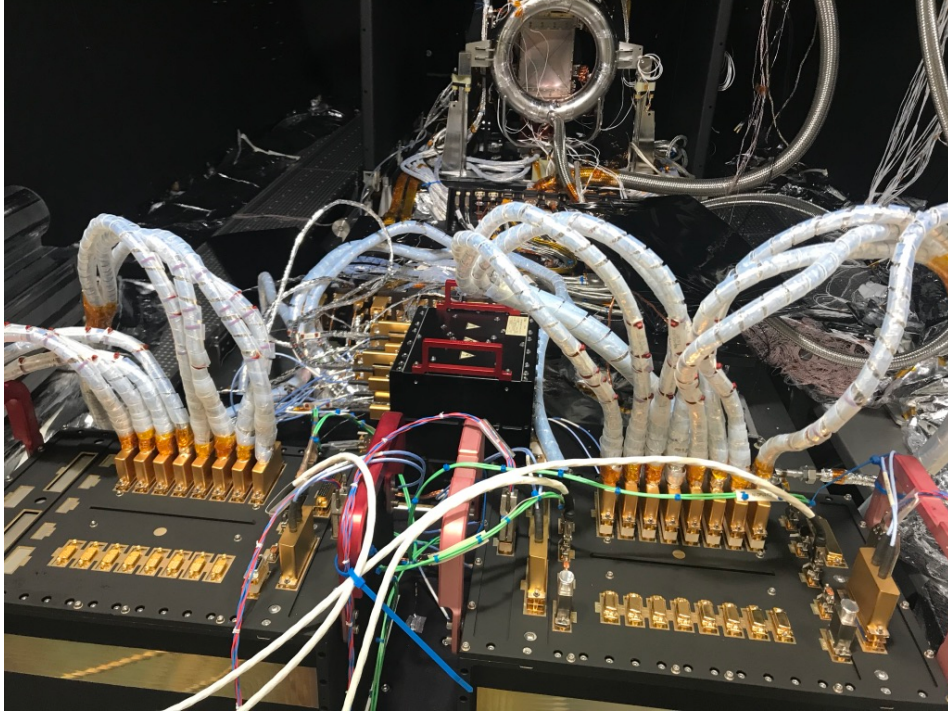




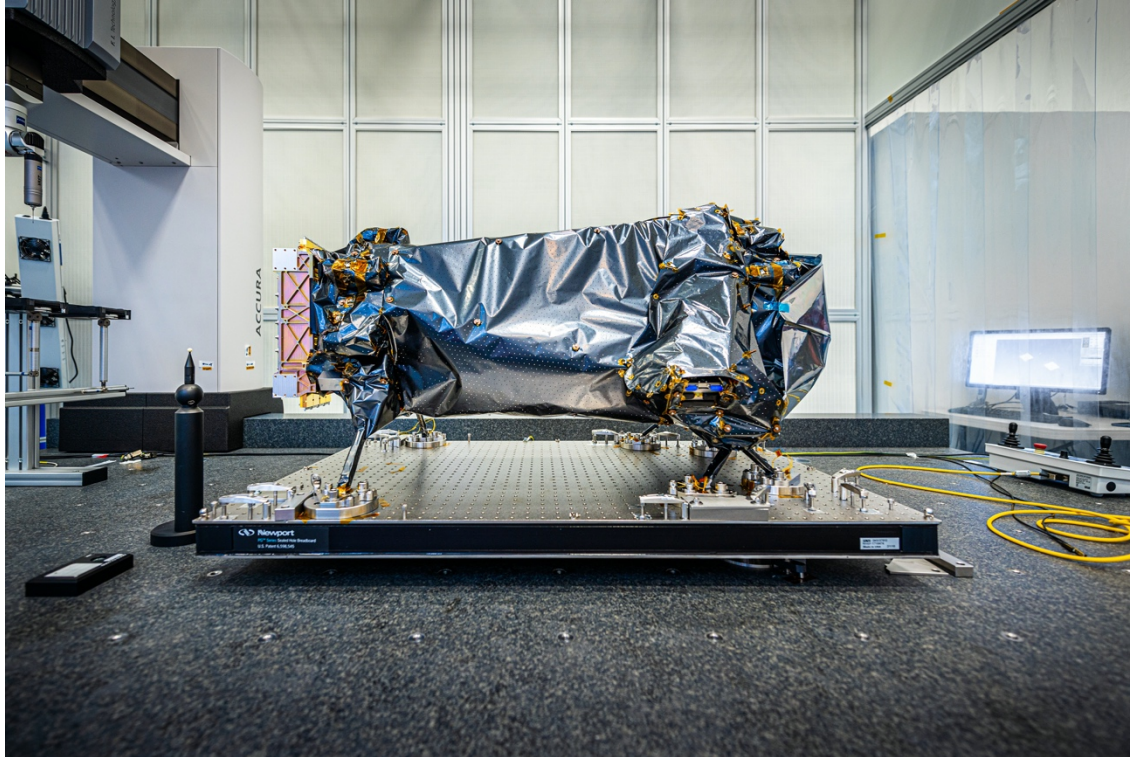
Les Roues



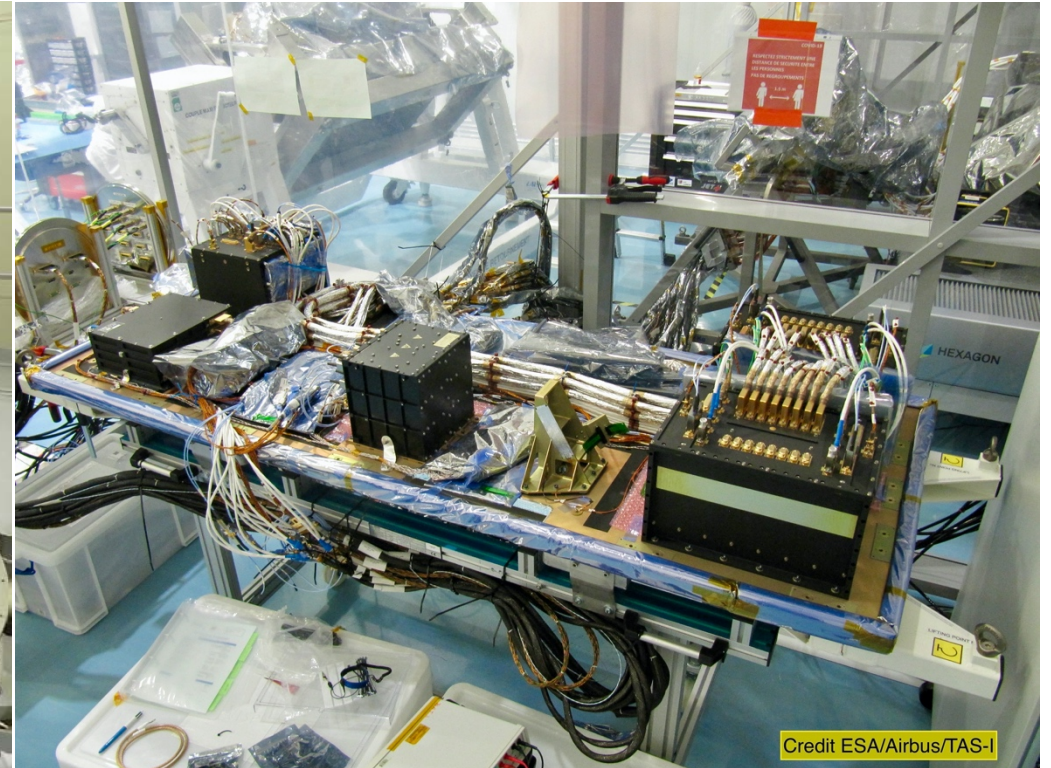
Le FM en cours de finalisation



NISP au LAM pendant les test TV perfo

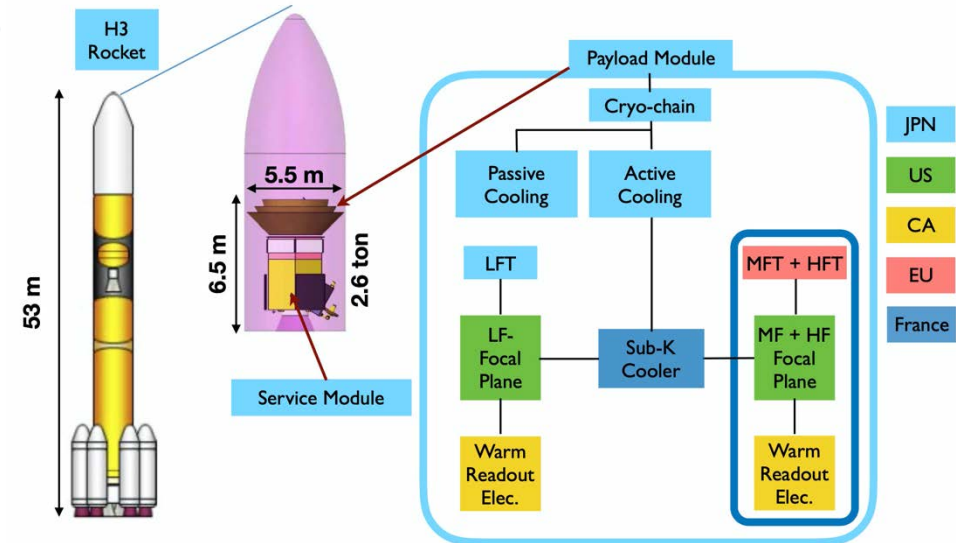


Le FM finalisé



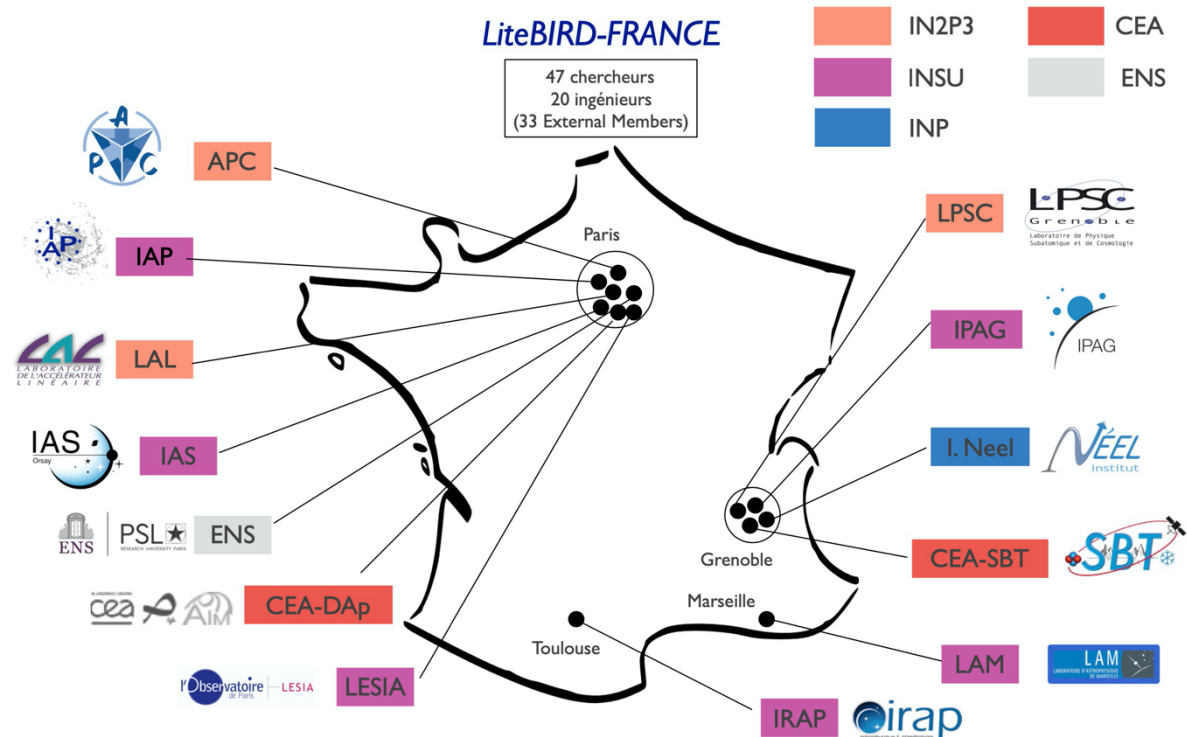
Les NISP intégré sur PLM et SVM (chez Airbus)

- ✓ JAXA Large mission
- ✓ LiteBIRD est un observatoire du cosmic microwave background (CMB) qui fournira des données essentielles sur la naissance de l'Univers, à environ 10^{-35} secondes après le Big Bang.
- ✓ LiteBIRD va sonder l'Univers primordial grâce à une mesure extrêmement précise de la polarisation du rayonnement fossile
- ✓ Projet en phase A; Lancement prévue 2029



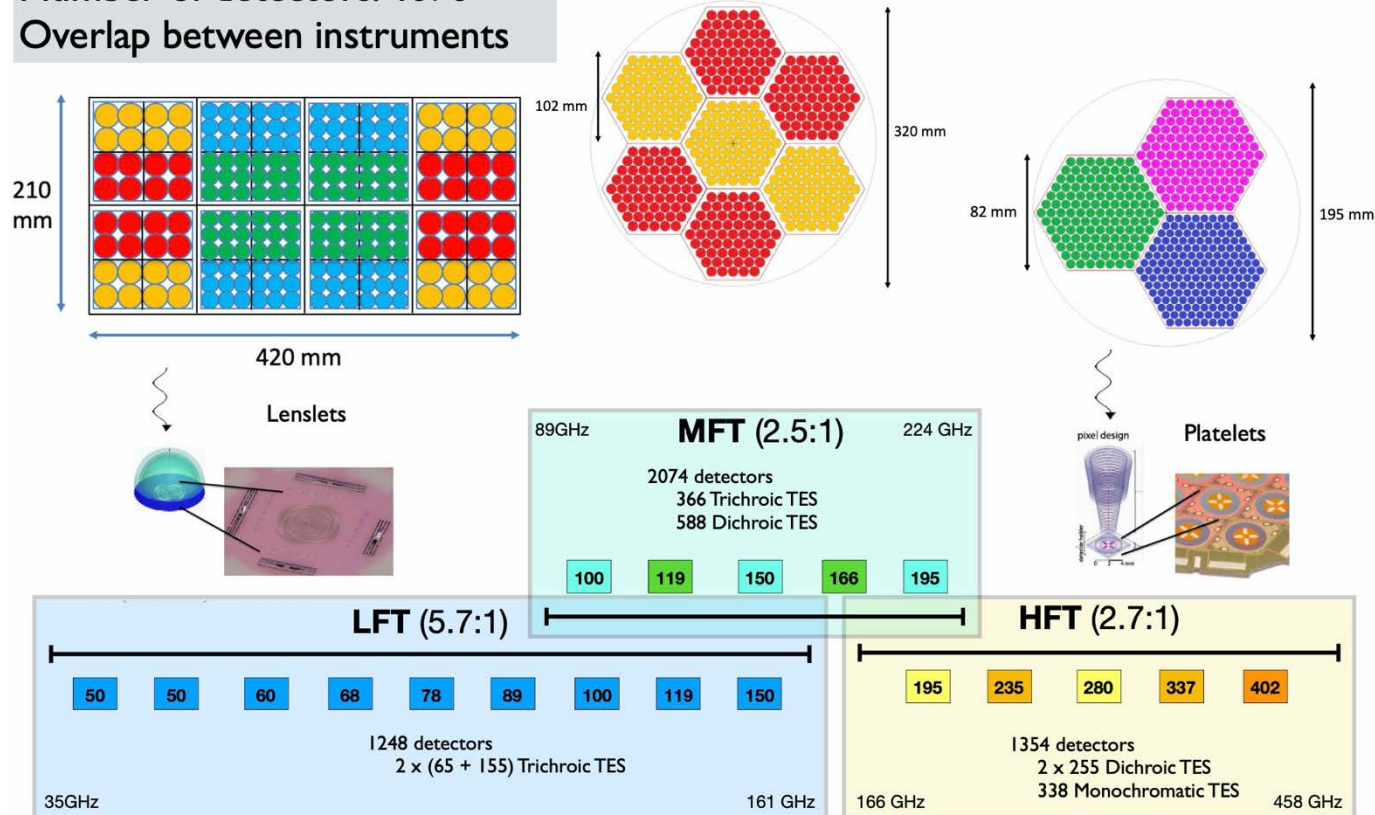
CU cryo spatial : LiteBIRD

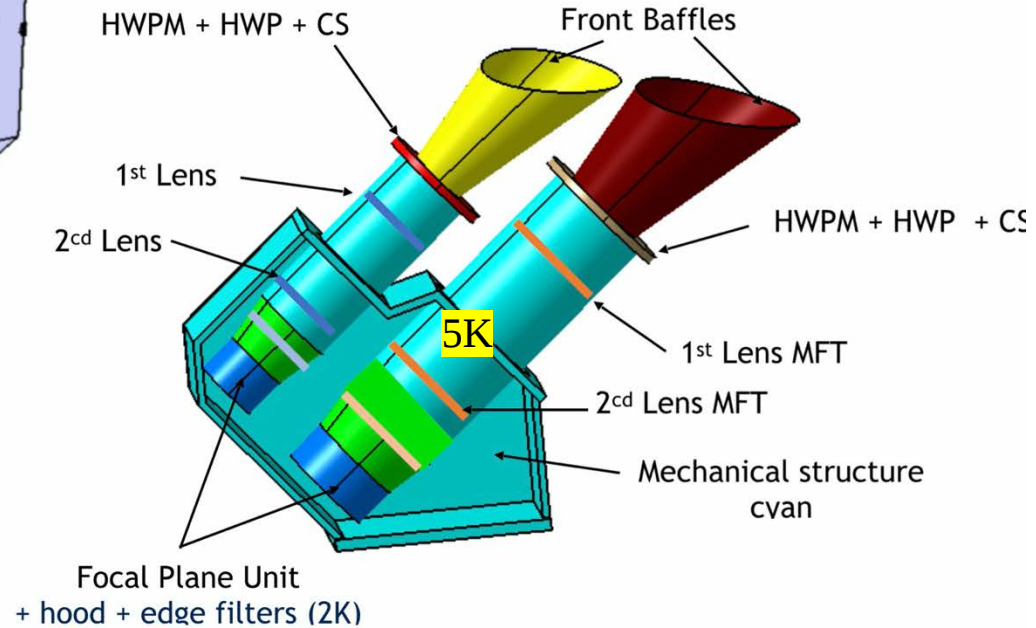
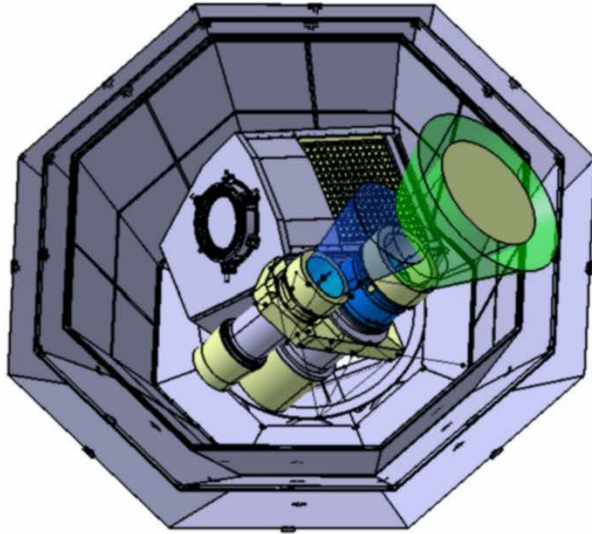
- ✓ LFT : JAXA
- ✓ MHFT : France (lead) + US + Canada + Europe
 - o En France :

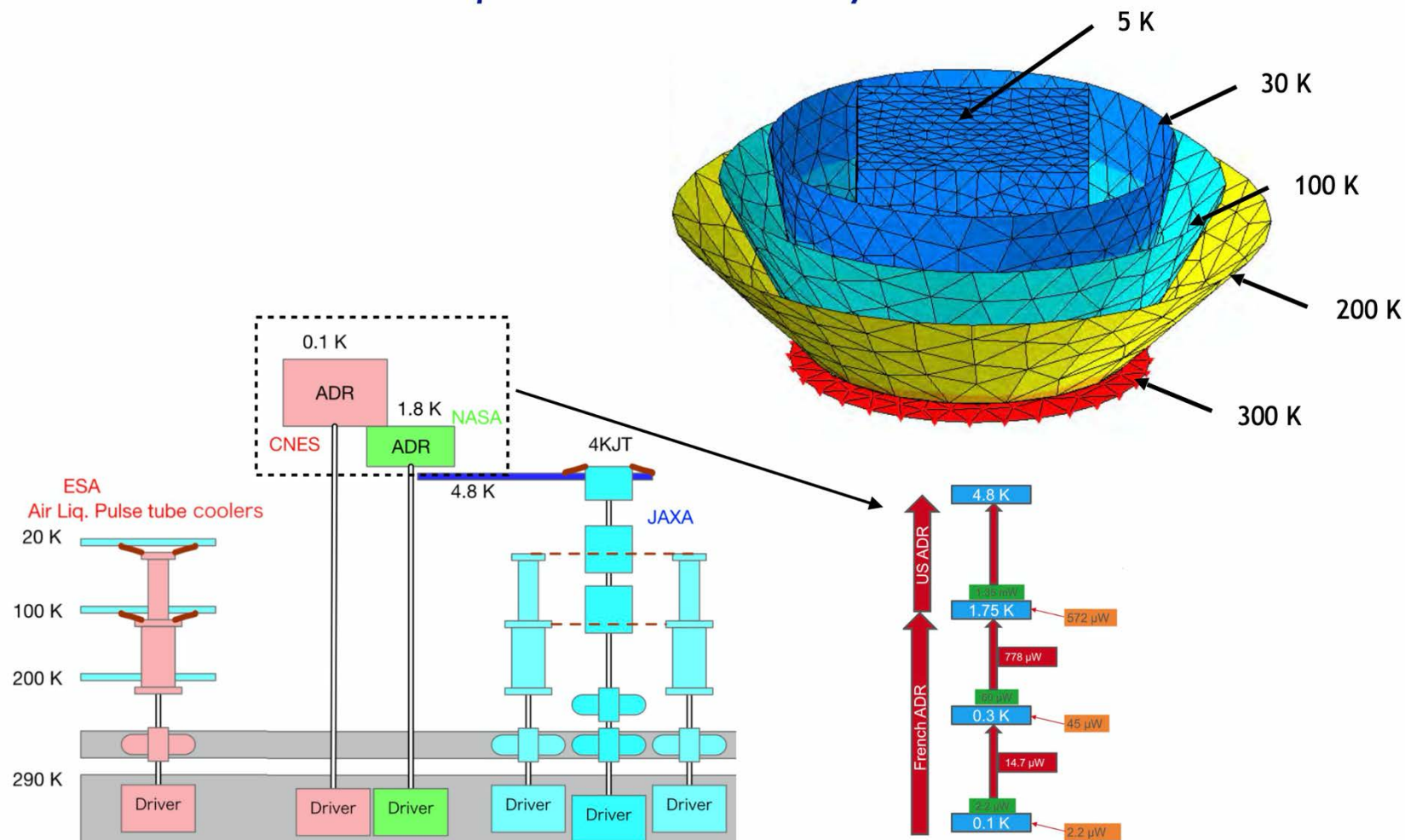


- ✓ Détecteur TES (US) refroidit à $T < 100\text{mK}$

Number of detectors: 4676
Overlap between instruments







- ✓ MHFT en France:
 - o Management et Maitrise d'œuvre instrument
 - o AIT / calibration
 - o Meca / Thermique 5K et sub K
 - o ADR 2K/100mK
 - o Thermal link
 - o Electronique DPU

Merci de votre attention