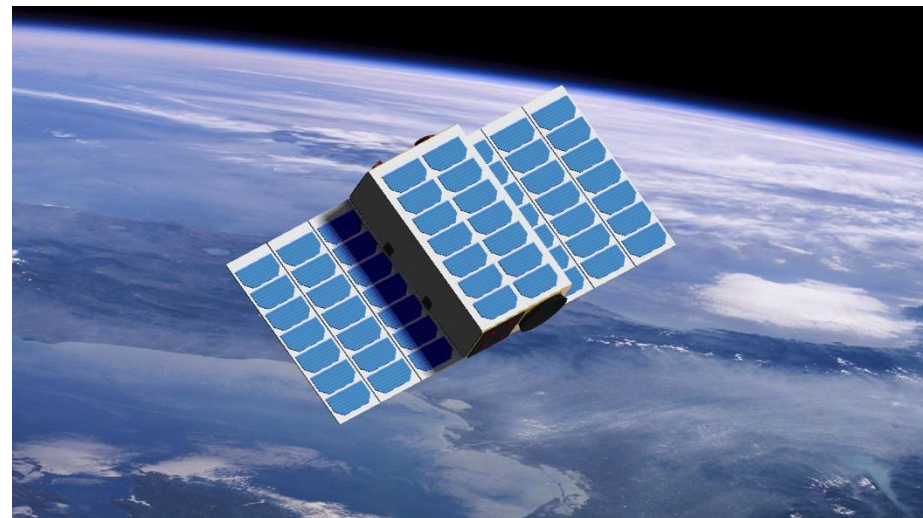
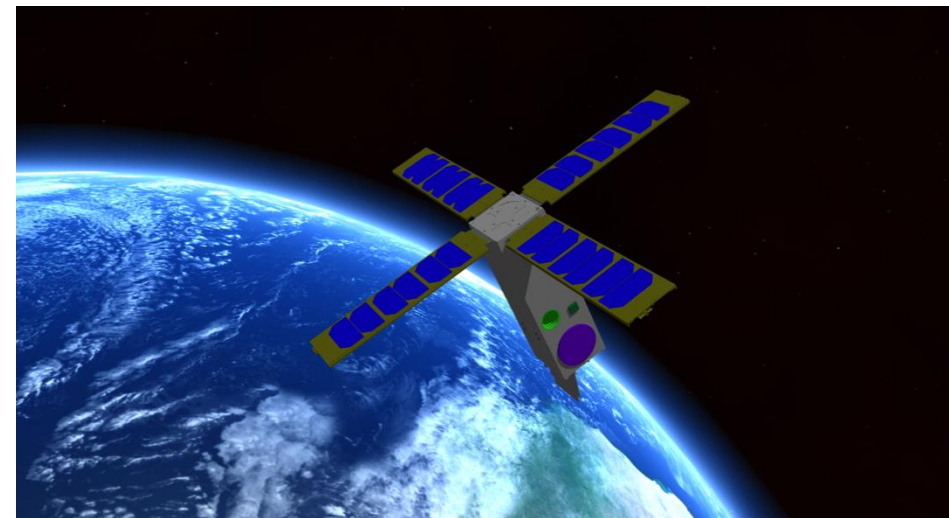


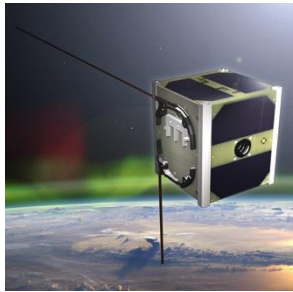
## LES NANOSATELLITES

*Des satellites « pas chers, performants,... »... mais pour  
quels usages et quelles missions ?*

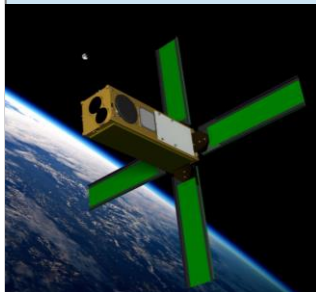


# LES SATELLITES

**PocketQub**  
0,5 Kg



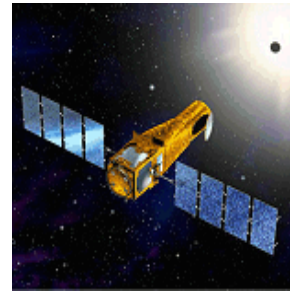
**EyeSat**  
4 Kg  
(cubesat)



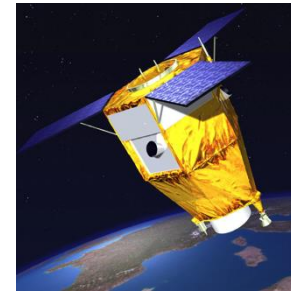
**Demeter**  
130 Kg  
(Myriades)



**Corot**  
630 Kg  
(Proteus)



**Pleiades**  
1 000 Kg



**Alphasat**  
6 600 Kg



Pico

Nano

Micro

Mini

Moyen

Gros

0  
Kg

1 Kg

50 Kg

200 Kg

800 Kg

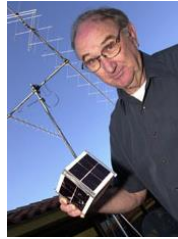
1500 Kg

10 000 Kg



# LES CUBESATS

Prof. Bob Twiggs  
Stanford university

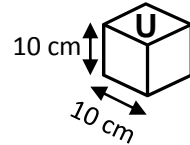


Dr. Jordi Puig-Suari  
California Polytechnic State University



**OUTIL PEDAGOGIQUE  
POUR LES  
ETUDIANTS**

**MINIATURISATION DES  
TECHNOLOGIES  
UTILISATION DE COTS**



**STANDARD CUBESAT**

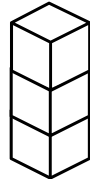
## UN NOUVEL OBJET DANS LE PAYSAGE DU SPATIAL



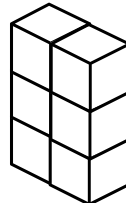
**1U**



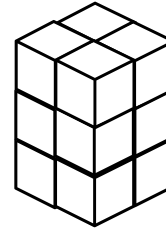
**2U**



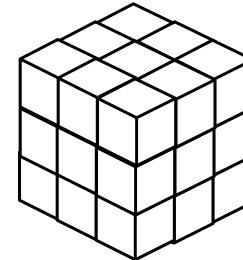
**3U**



**6U**



**12U**



**27U**

**INTERÊT GRANDISSANT DES ACTEURS  
CLASSIQUES DU SPATIAL  
INTERÊT DE NOUVEAUX ENTRANTS  
(faible coût)**

**DEVELOPPEMENT COURT  
CÔT FAIBLE  
«FLY, LEARN and REFLY »**

**DEMONSTRATION TECHNOLOGIQUE  
CONSTELLATIONS  
COMPLEMENTAIRE DES GROS SYSTEMES**

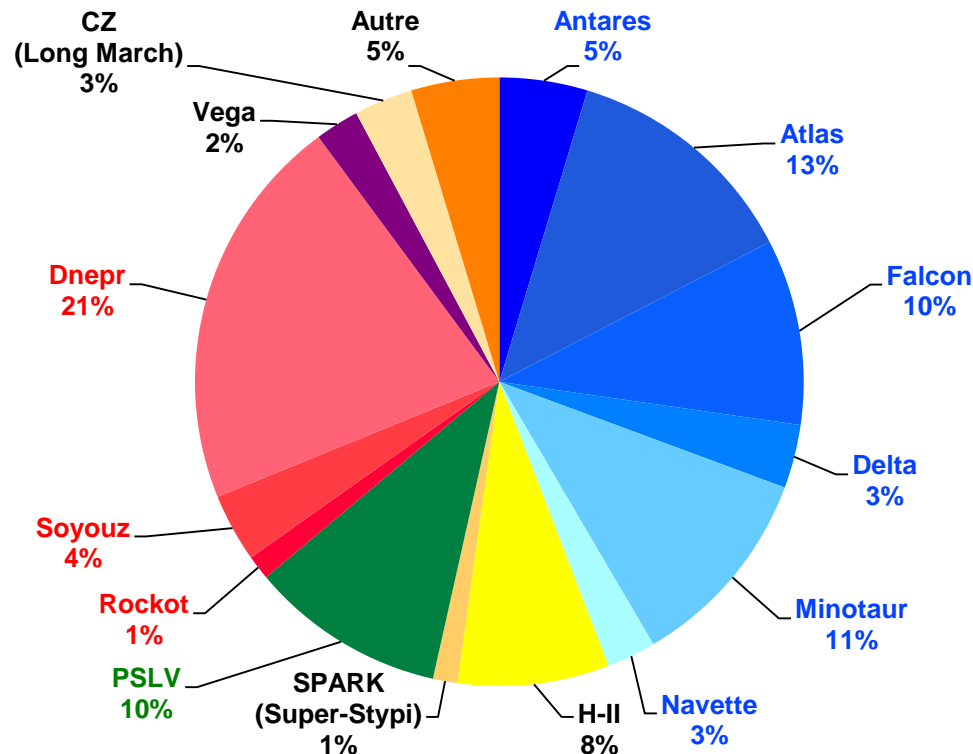
# LA MISE EN ORBITE

## ◆ ORBITES VISEES

- ❑ Principalement des orbites basses polaires entre 350 Km et 800 km (idéalement 500 Km)
- ❑ Respect de la Loi des Opérations Spatiales (en fin de vie rentrée dans l'atmosphère en moins de 25 ans),

## ◆ MOYENS DE LANCEMENT

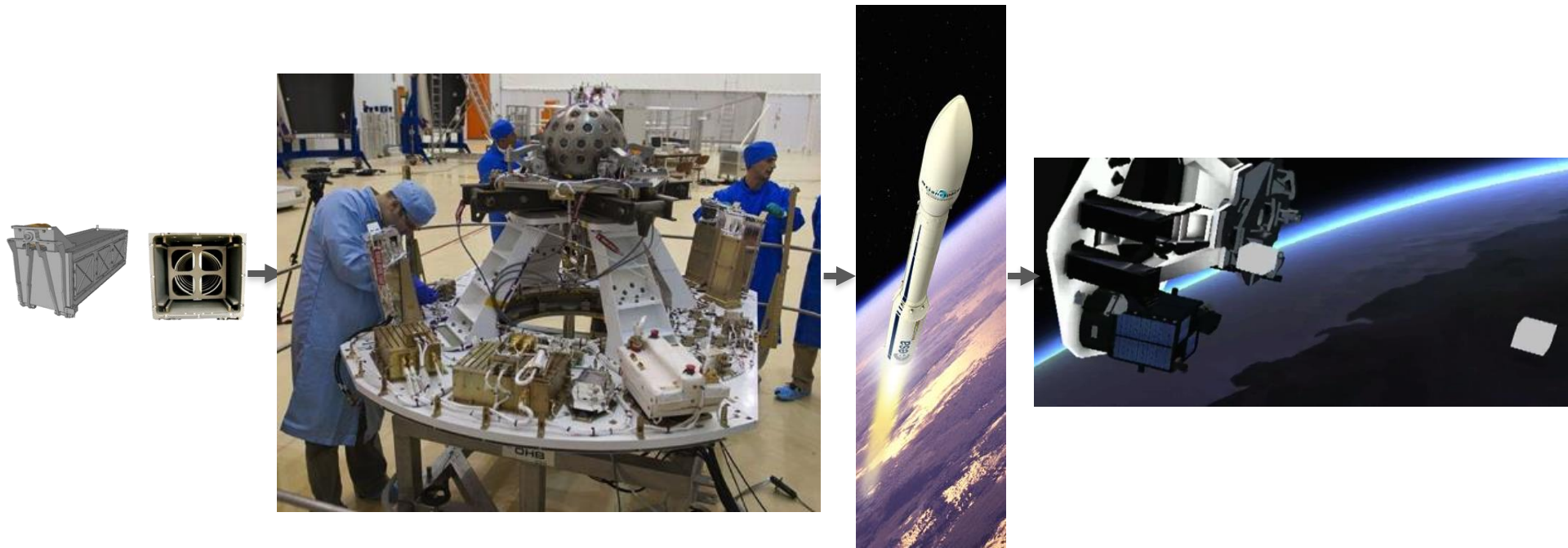
- ❑ Par la plupart des lanceurs (Falcon 9, Soyouz, DNEPR, PSLV, ...) en piggy-back (passager « clandestin ») mais aussi par la Station Internationale (plus de 100 déjà lancés).





# PIGGY-BACK?

## PREMIER VOL DU LANCEUR VEGA



**NOUVEAUX DEPLOYER POUR DES CUBESATS 3U, 6U, 12U, 27U**



# LA MISE EN ORBITE

## ◆ NOUVEAUX MOYENS DE LANCEMENT

- ❑ Nouvelles et nombreuses entreprises de lancement voient le jour
- ❑ Objectif : 250 Kg en orbite basse pour un coût de l'ordre de 5 M€ !!!



### VECTOR SPACE SYSTEM : start-up issue des fondateurs de SpaceX fondée en Avril 2016

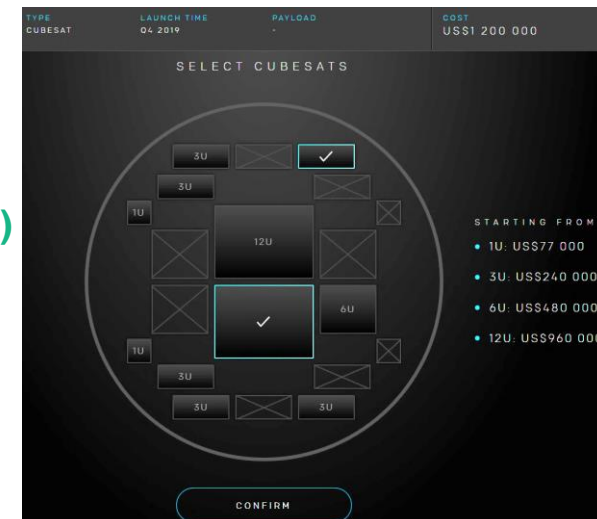
- ✓ Le lanceur **Vector** pourra mettre entre 65 Kg (Vector-R) et 125 Kg (Vector-H) en orbite basse à 400 Km
- ✓ Prévission
  - 2017 : Premier vol le 3/5/17 du Vector-R
  - 2018 : Lancements de Vector-R
  - 2019 : Premier vol du Vector-H
  - 2020 et au delà: 100 lancements/an



### ROCKET LAB : société américaine et australienne

- ✓ Le lanceur **Electron**, dédié aux cubesats, pourra mettre 150 kg en orbite basse à 500 Km
- ✓ Prévission
  - 2017 : Premier vol le 25/5/17 (base en Nouvelle Zélande)
  - 2018 : Second vol le 20/1/18 (3 cubesats en orbite)
  - au delà: 50 lancements/an

La plupart des places déjà vendues jusqu'en 2020 grâce à un système révolutionnaire de réservation par internet (<https://www.rocketlabusa.com/book-my-launch/>)

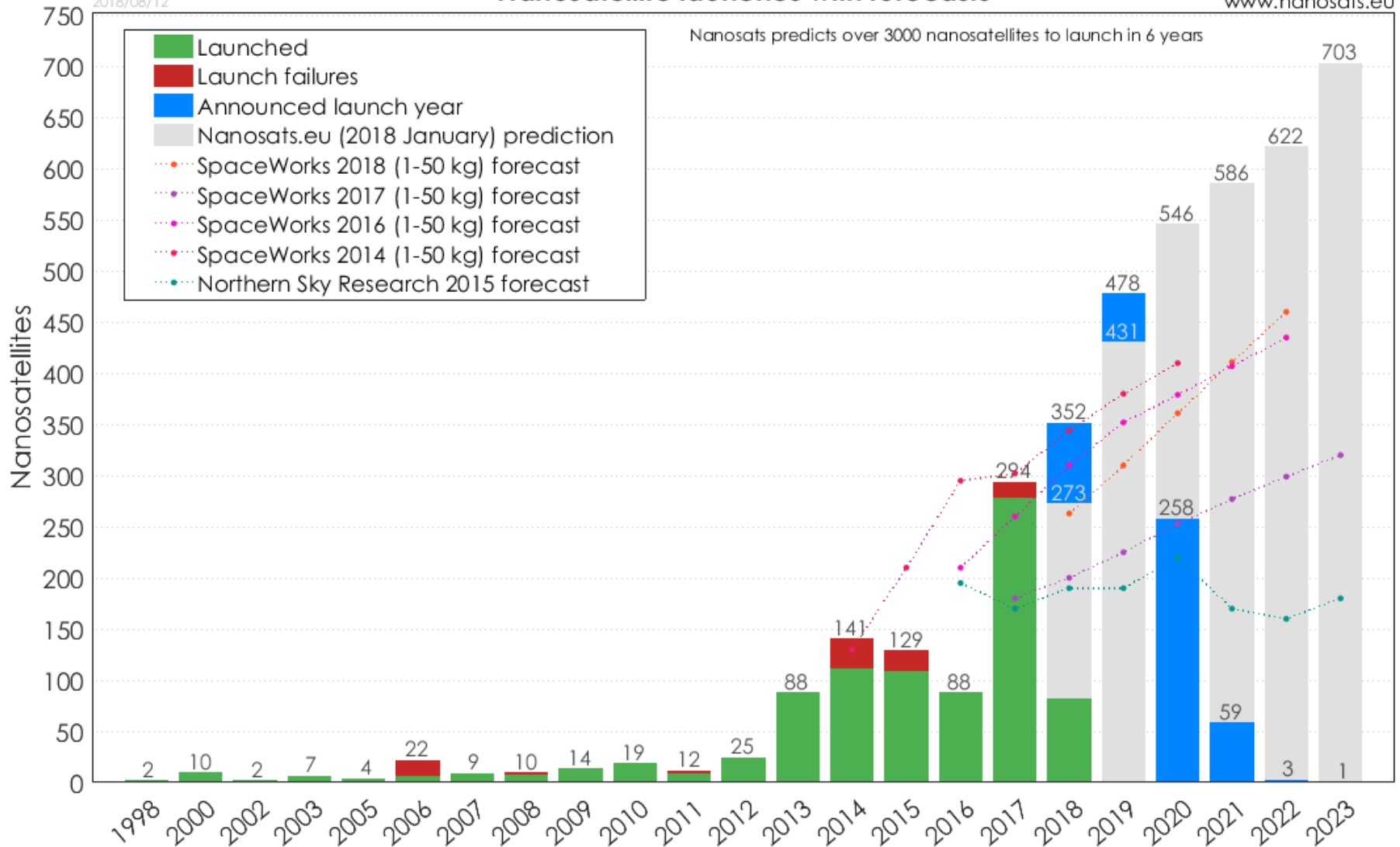


# ETAT DES LIEUX

## Nanosatellite launches with forecasts

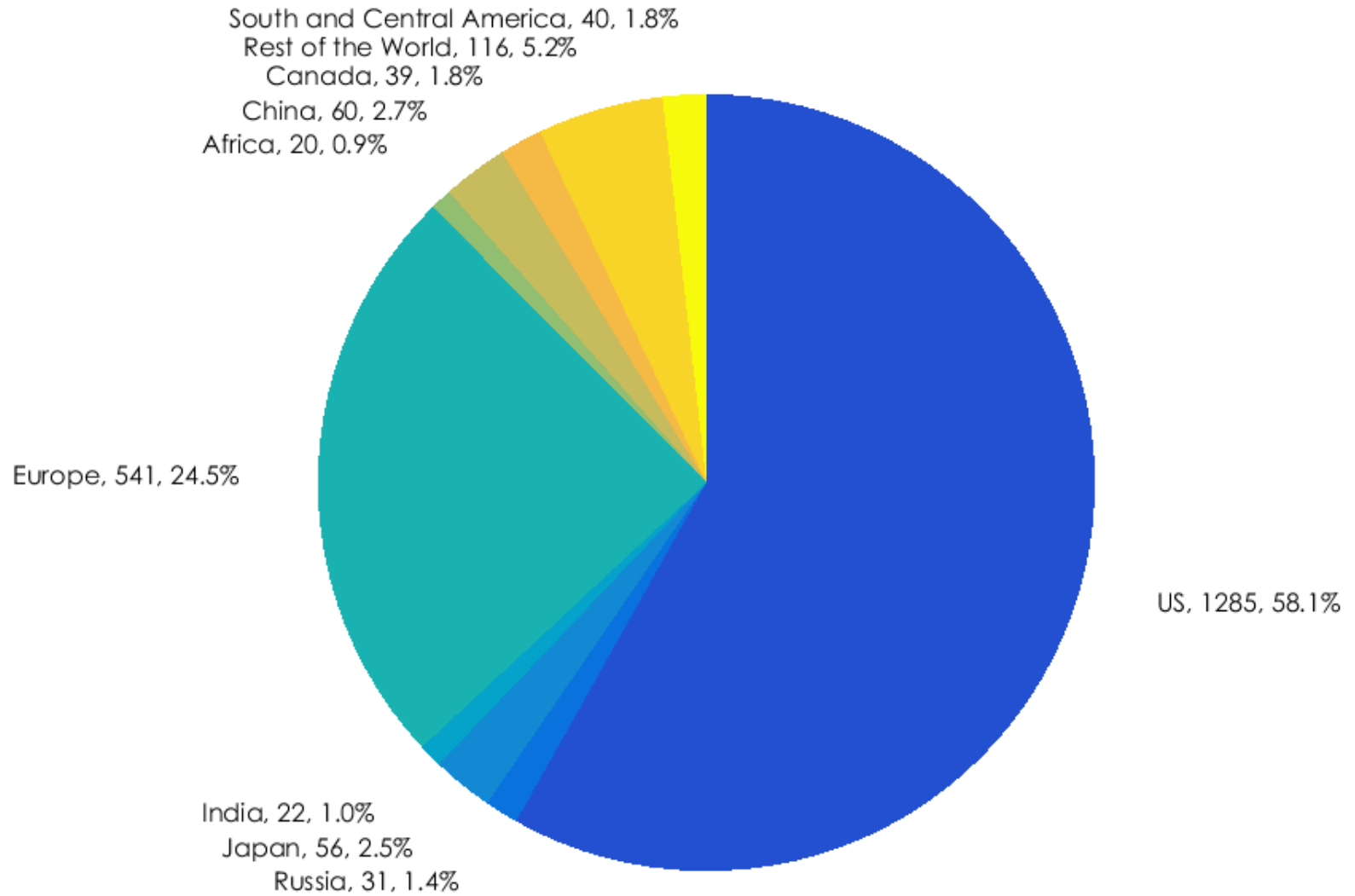
2018/08/12

www.nanosats.eu



**Plus de 950 cubesats lancés depuis 1998**  
**Plus de 2500 cubesats prévus entre 2018 et 2021**

# ETAT DES LIEUX





# PROJET JANUS

**J**eunes en  
**A**pprentissage pour la réalisation de  
**N**anosatellites au sein des  
**U**niversités et des écoles de l'enseignement  
**S**upérieur



## CONTACT

Chef de projet :

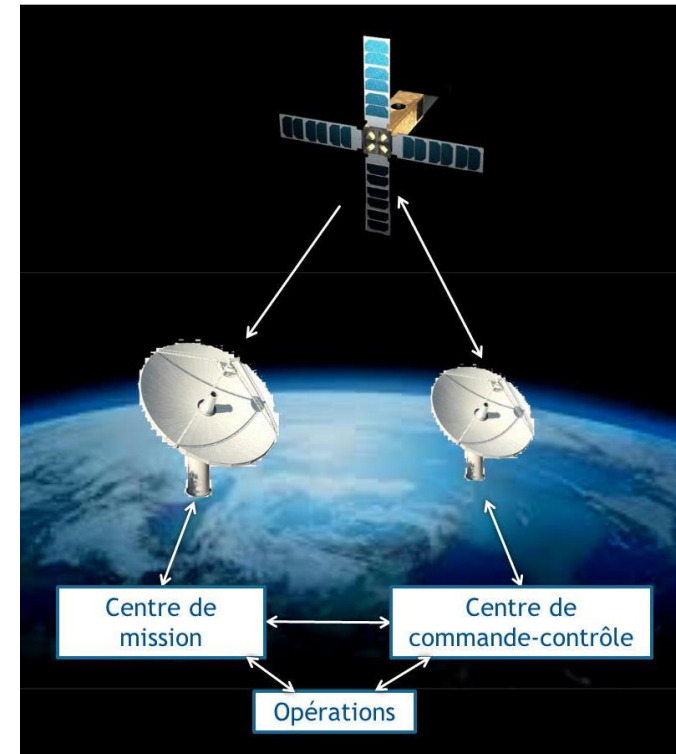
[alain.gaboriaud@cnes.fr](mailto:alain.gaboriaud@cnes.fr)



## OBJECTIFS DE JANUS

### ◆ PROMOUVOIR LES ACTIVITÉS SPATIALES AUPRÈS D'ÉTUDIANTS DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR EN PROPOSANT LE DÉVELOPPEMENT DE PROJETS SPATIAUX

- **Nanosatellites** de type **cubesat**
  - ✓ masse comprise entre **1 et 20 kg**
  
- **Charges utiles** pour :
  - ✓ mesurer des paramètres de l'environnement terrestre
  - ✓ faire des images de la Terre (différentes résolutions et bandes spectrales)
  - ✓ localiser des véhicules terrestres (bateaux, camions,...)
  - ✓ participer à l'exploration du système solaire
  - ✓ observer l'univers...
  
- **Segment sol**
  - ✓ stations sol VHF/UHF, 2GHz, 8 GHz,
  - ✓ centre de contrôle, centre de mission



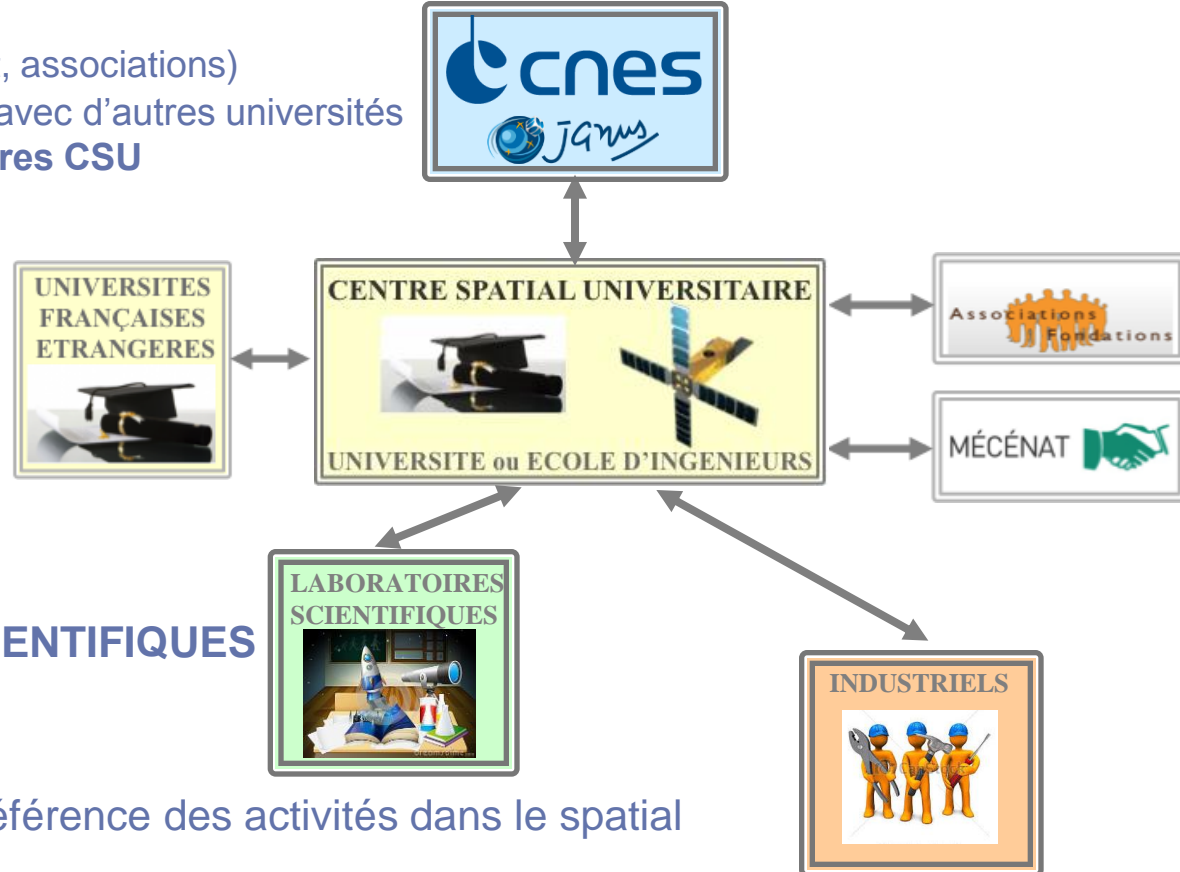
### ◆ PROPOSER ET VALIDER EN ORBITE DE NOUVELLES TECHNOLOGIES

- matériaux, capteurs, instruments, système de contrôle d'attitude, calculateur embarqué, systèmes de communication radio fréquence, propulsion,...

# ORGANISATION UNIVERSITES/ECOLES

## □ Mise en place de **CENTRES SPATIAUX UNIVERSITAIRES**

- ✓ Mettre à disposition **des locaux et des moyens techniques**,
- ✓ **Encadrer** les étudiants (professeurs, ingénieurs, techniciens)
- ✓ **Manager** les projets spatiaux (**choix des projets**, planning, budget)
- ✓ **Concevoir et développer des projets nanosatellites étudiants**
- ✓ Réaliser les **opérations en vol**
- ✓ Rechercher de **sponsors** (mécénat, associations)
- ✓ Mettre en place des **coopérations** avec d'autres universités (françaises ou étrangères) ou **d'autres CSU**
- ✓ Assurer les relations avec le **CNES**



## □ Partenariat **LABORATOIRES SCIENTIFIQUES**

## □ Partenariat **PME/PMI** ayant de préférence des activités dans le spatial

# UNIVERSITES/ECOLES PARTICIPANT



# PREMIERS CUBESATS EN ORBITE

## DEUX CUBESATS 2U POUR LE PROJET QB50 (Belgique)



Etude de la thermosphère avec l'instrument FIPEX pour la mesure de l'oxygène atomique



Etude de la thermosphère avec l'instrument FIPEX pour la mesure de l'oxygène atomique



## UN SEUL SEGMENT SOL SITUÉ À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE



UNE STATION VHF/UHF



UN CENTRE DE CONTRÔLE ET DE MISSION

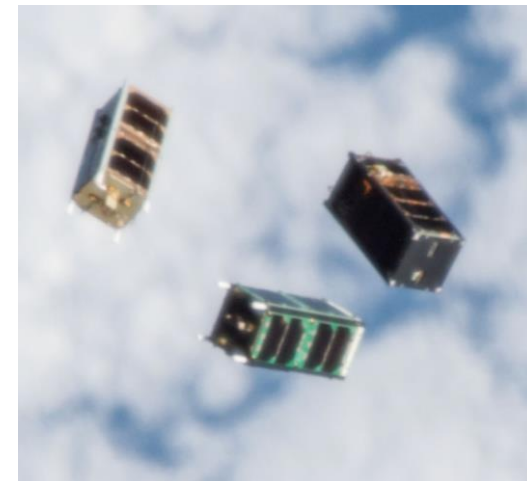


# PREMIERS CUBESATS EN ORBITE



**Lancement de 28 cubesats QB50 par un AtlasV:  
Acheminement vers l'ISS par un CYGNUS :  
Mis en orbite à partir de l'ISS : X-cubesat  
SpaceCube**

**le 18 avril 2017  
le 22 avril 2017  
le 17/05/17  
le 18/05/17**



# PREMIERS CUBESATS EN ORBITE

## UN CUBESAT 1U



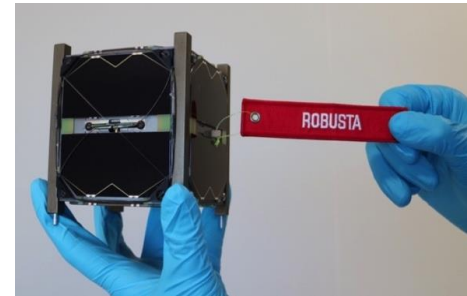
## ROBUSTA1B

Mesures des doses de radiations  
sur des composants bipolaires

## SEGMENT SOL SITUE AU CSU DE MONTPELLIER



# PREMIERS CUBESATS EN ORBITE



Lancement le 23 juin 2017 par le PSLV-C38 de Sriharikota  
Mise en orbite de 30 cubesats





# PROJETS EN REALISATION ET FINANCES



EntrySAT

3U

Etude de la rentrée atmosphérique  
(IOD QB50)

**Lancement en mars 2019**  
**Mise en orbite par l'ISS**

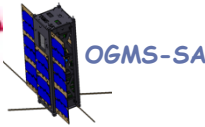


eyesat

3U

Mission d'astronomie pour étudier  
la lumière zodiacale et la voie lactée  
et mission de démonstration  
technologique

**Lancement par un SOYOUZ**  
**en octobre 2019**



OGMS-SA

3U

Mesure du spectre d'absorption de gaz  
par diodes lasers pour détecter des  
composés dus à la dégradation de  
matériaux par les radiations solaires  
(IOD QB50)

**Prêt au lancement en mars 2019**



iGO SAT

3U

Mesure du flux et du spectre des  
électrons de 1-20 MeV et des gammas  
dans l'anomalie sud atlantique et les  
cornets polaires

**Prêt au lancement en mars 2019**



CASAA-SAT  
Aix-Marseille université  
Co-Project of the South Atlantic Anomaly

2U

Caractérisation de l'Anomalie  
Magnétique de l'Atlantique Sud et  
corrélation avec les aurores boréales

**Prêt au lancement en juillet 2019**



ROBUSTA3A

3U

Mission Méditerranée pour la collecte  
de données issues de navires pour  
effectuer des prévisions quantitatives  
des épisodes cévenols

**Prêt au lancement fin 2019**

# EYESAT : MISSION

## ◆ PEDAGOGIQUE

- ❑ Réaliser en 5 ans un triple cubesat avec des étudiants

## ◆ SCIENTIFIQUE

- ❑ Observation de la lumière Zodiacale (lumière solaire diffusée par les poussières interplanétaires)
- ❑ Mesures de l'intensité et de la polarisation dans 4 bandes spectrales, bleu, vert, rouge et proche infra rouge

## ◆ DEMONSTRATION TECHNOLOGIQUE

- ❑ Démonstration en vol de nouvelles technologies issues de la R&T du CNES

## ◆ « OUTREACH »

- ❑ Image à 360° de la voie Lactée



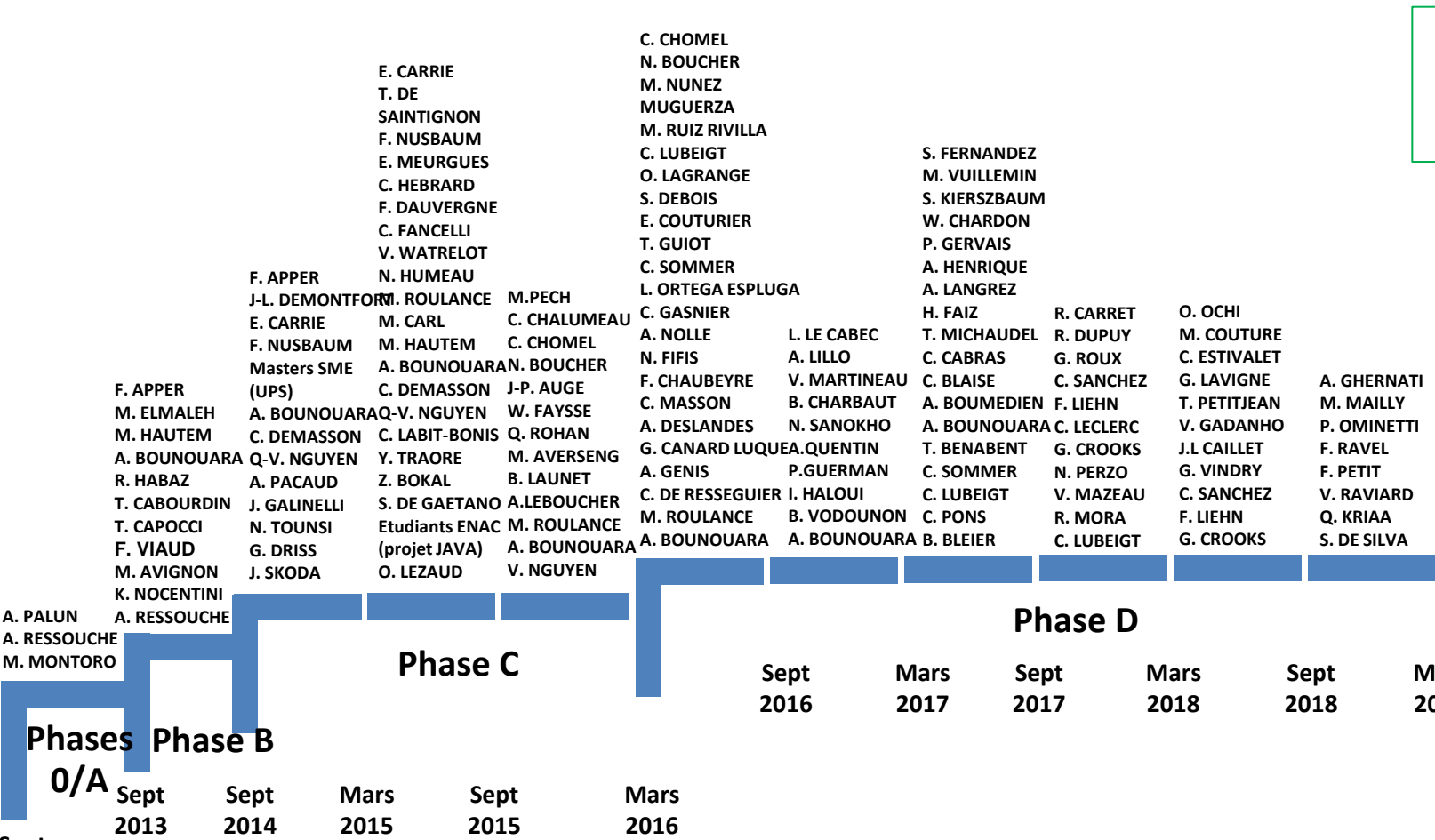


# EYESAT : PLANNING GENERAL

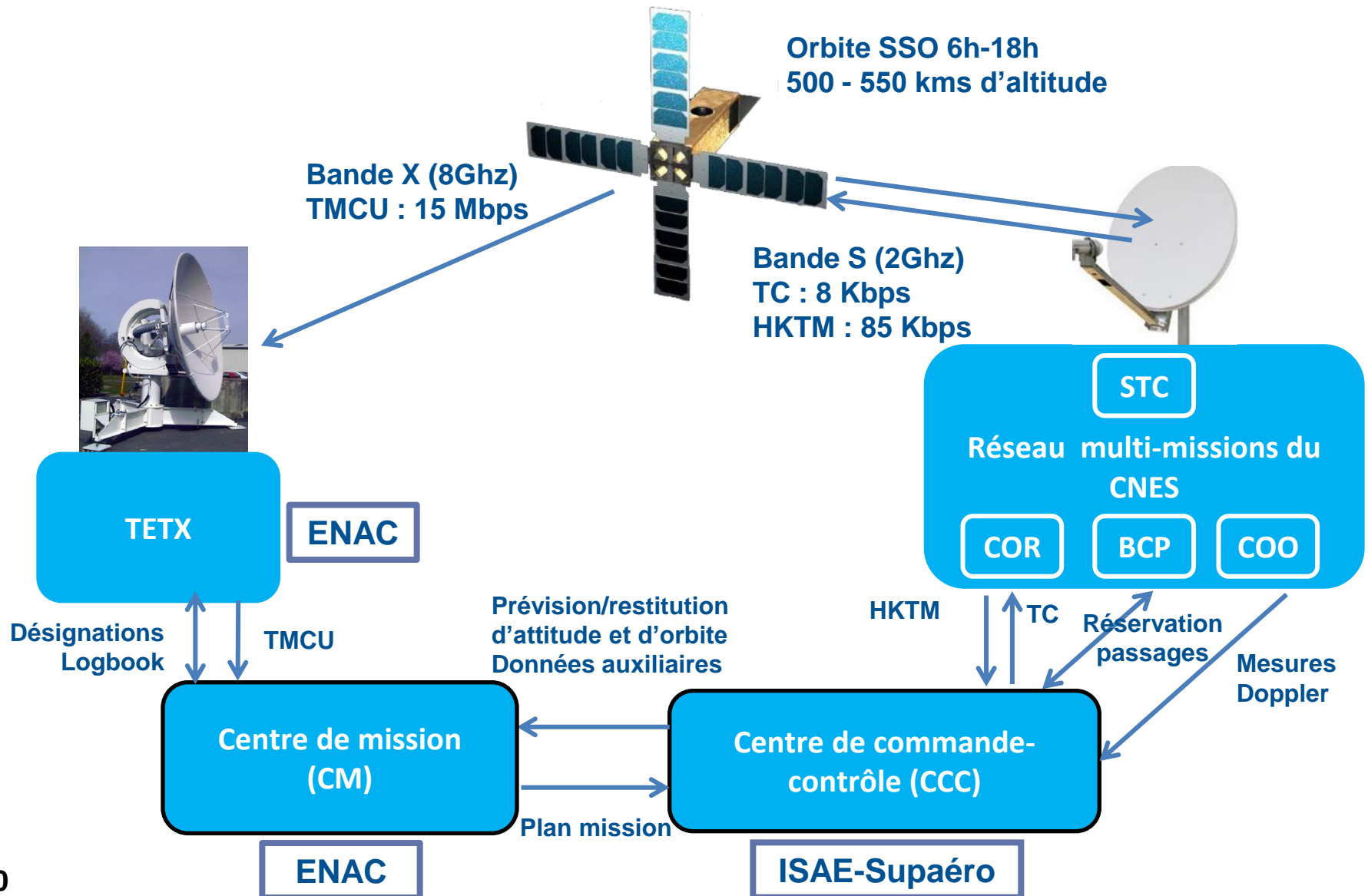
**Prêt au  
lancement  
Avril 2019**



**Créneau de tir  
15 Octobre  
15 Novembre  
2019**



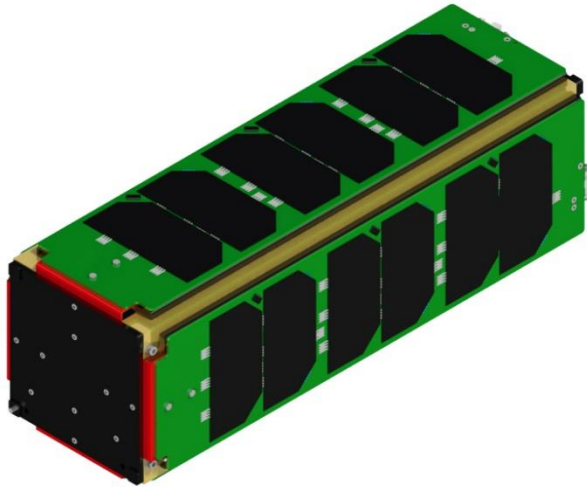
# EYESAT : ARCHITECTURE SYSTEME



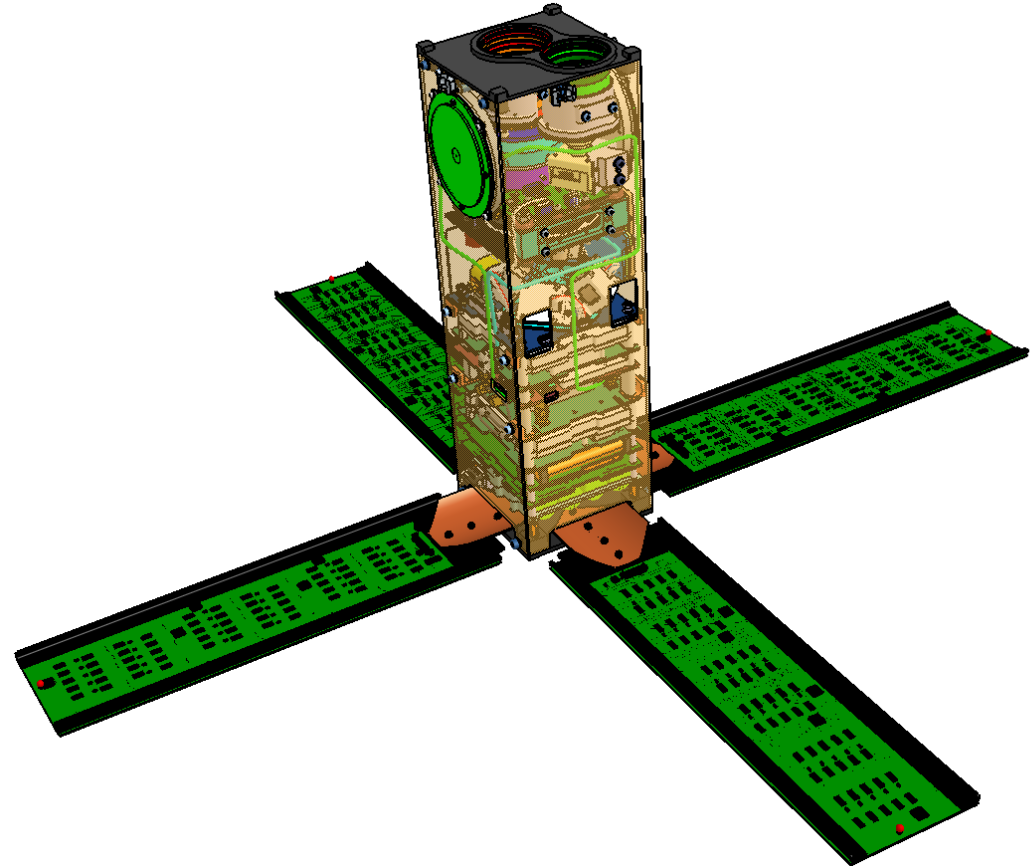
# EYESAT : SCENARIO MISSION

## ◆ ORBITE HELIO-SYNCHRONE

- ❑ Altitude environ 500 Kms
- ❑ Heure Locale 6H

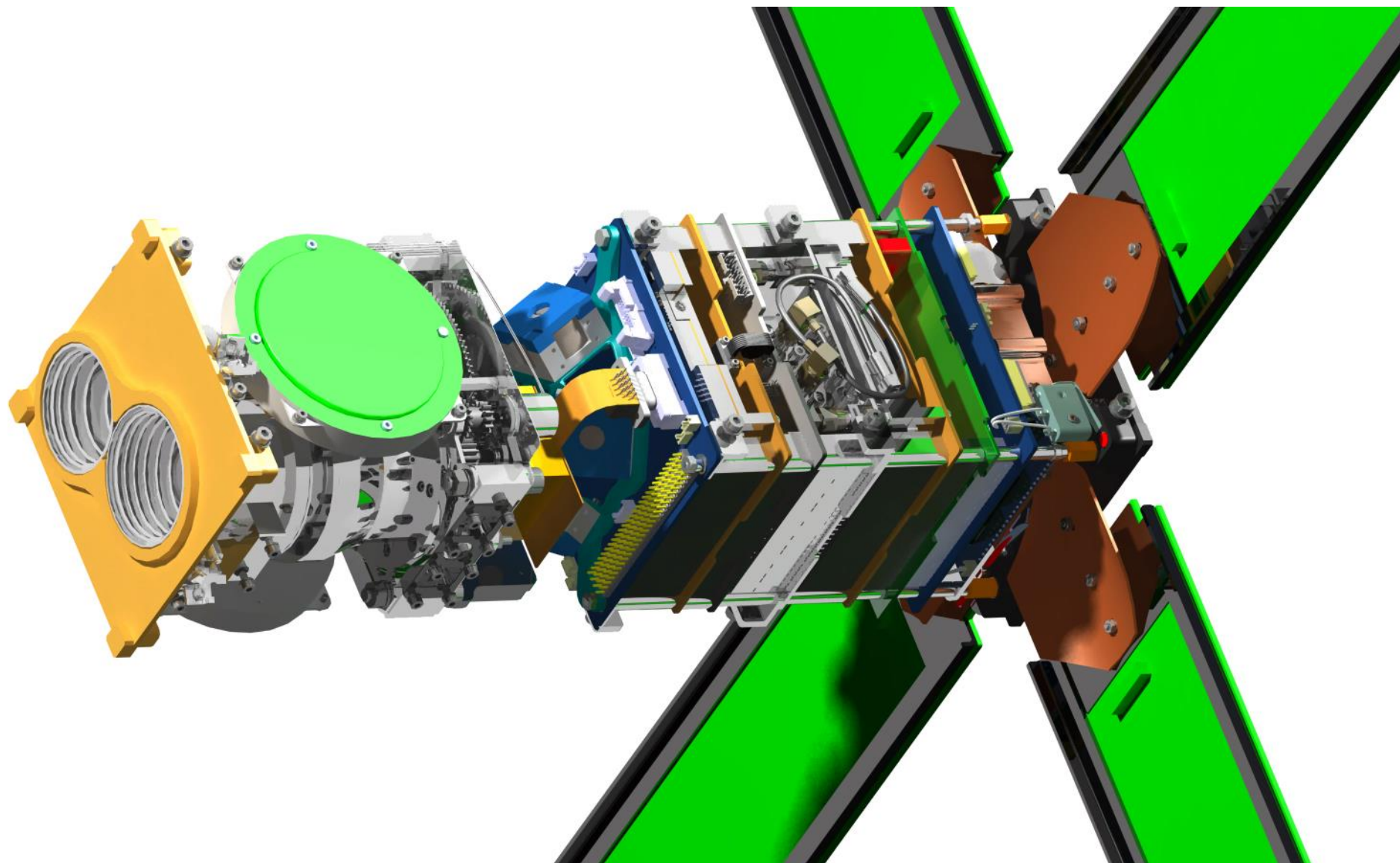


Configuration lancement



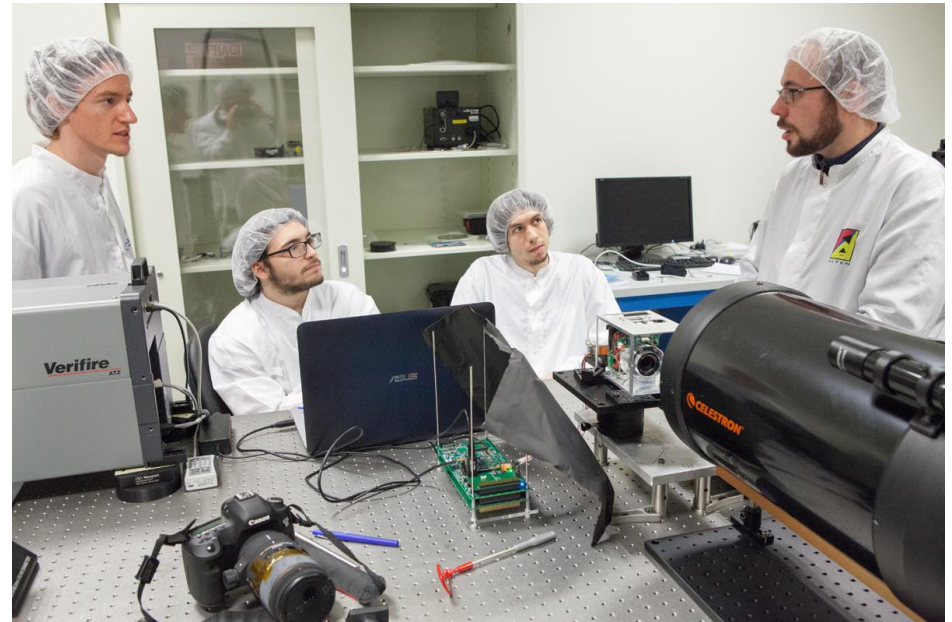
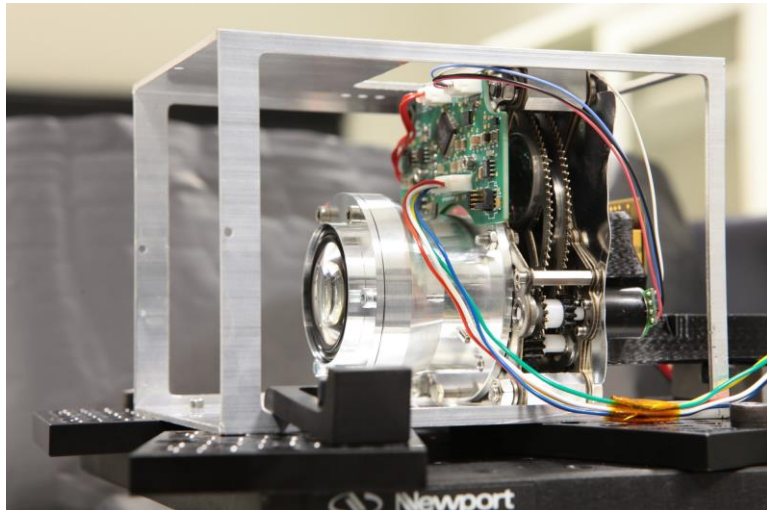
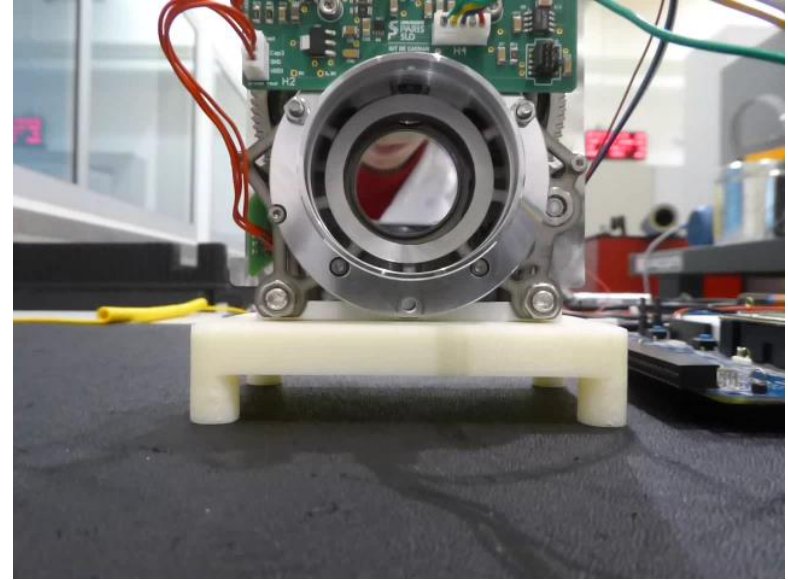
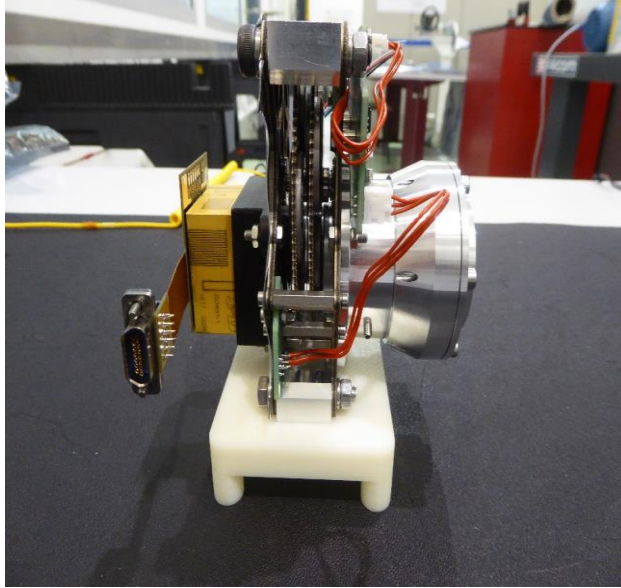
Configuration nominale

# EYESAT : LE NANOSATELLITE



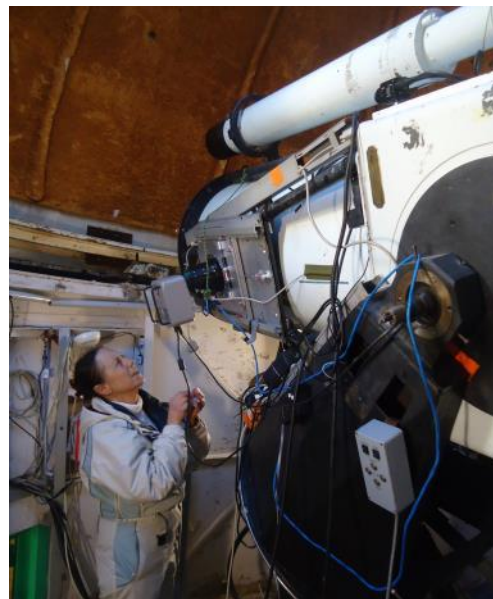


# EYESAT : L'INSTRUMENT IRIS





# EYESAT : IRIS AU PIC DU MIDI

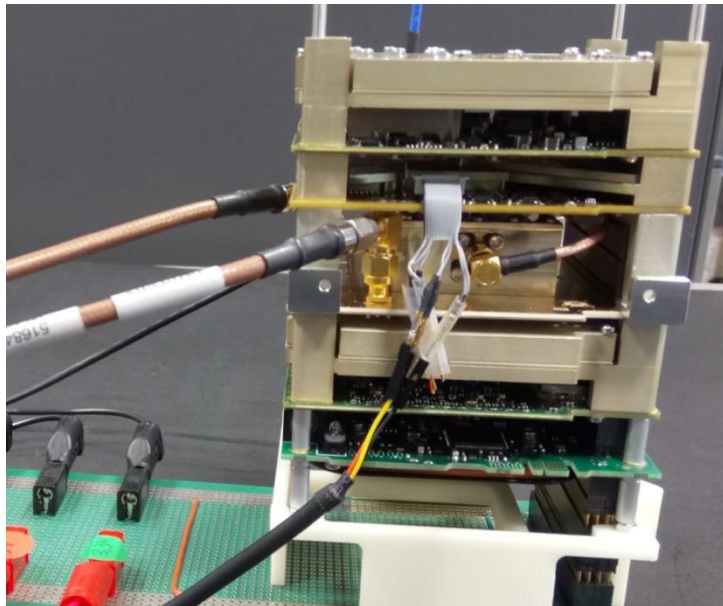
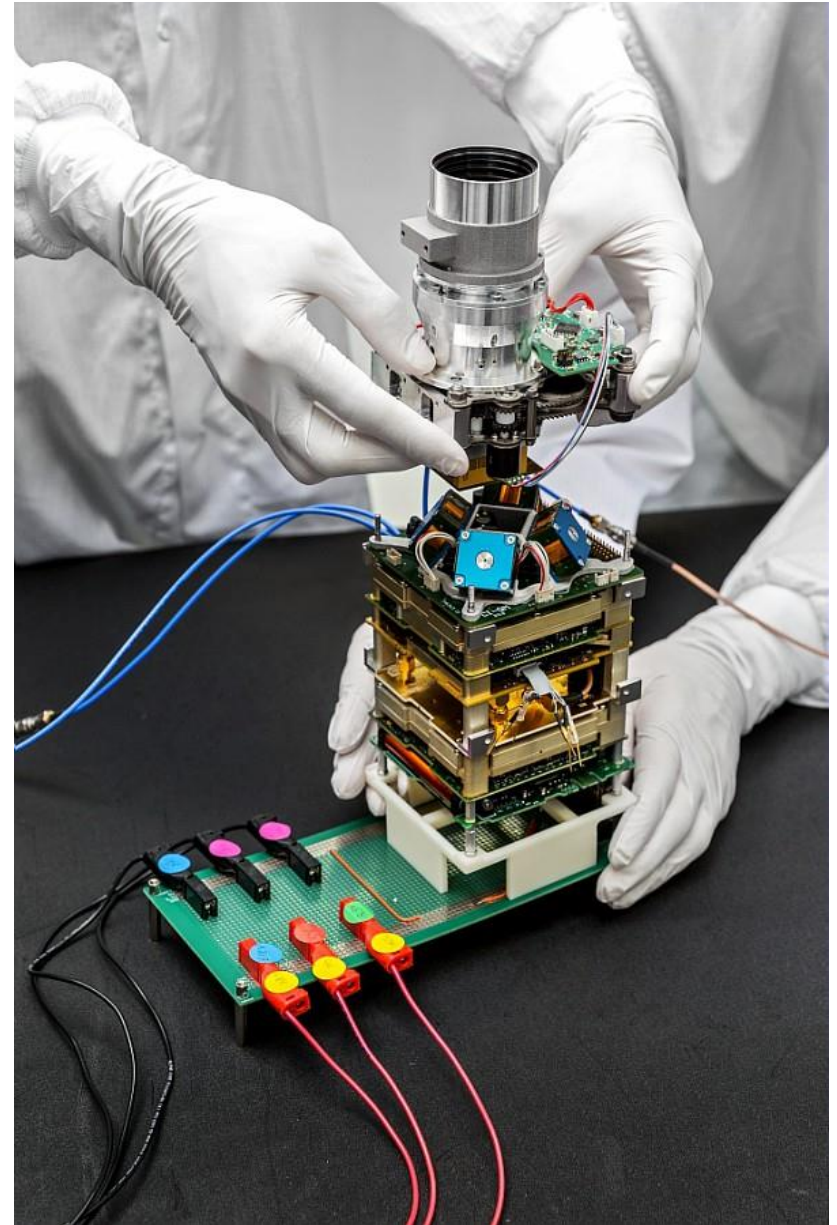
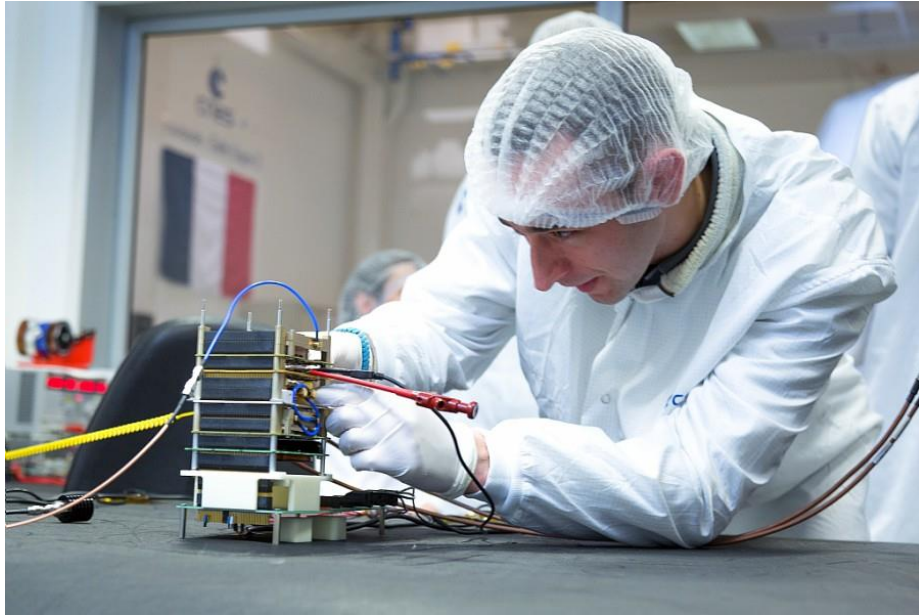


# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST

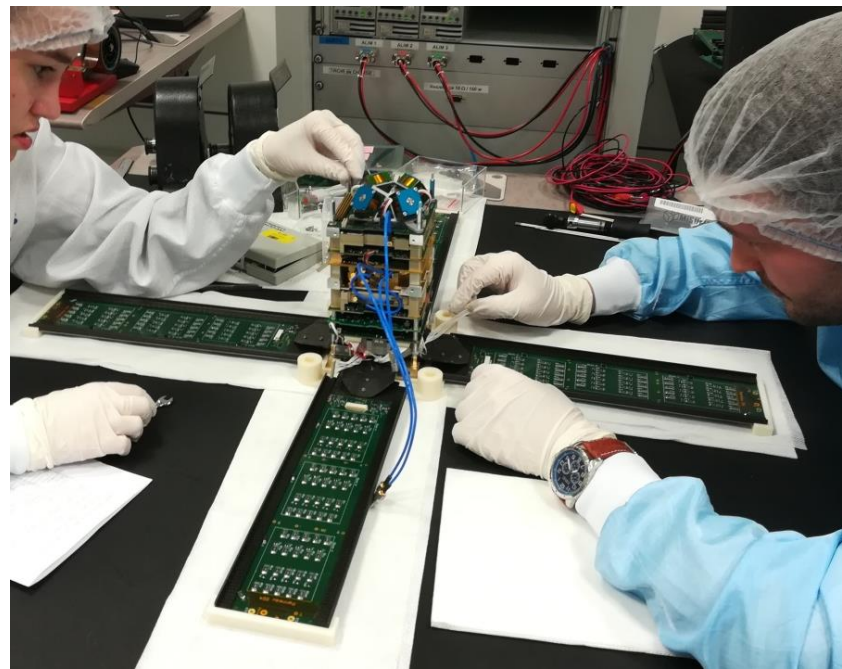
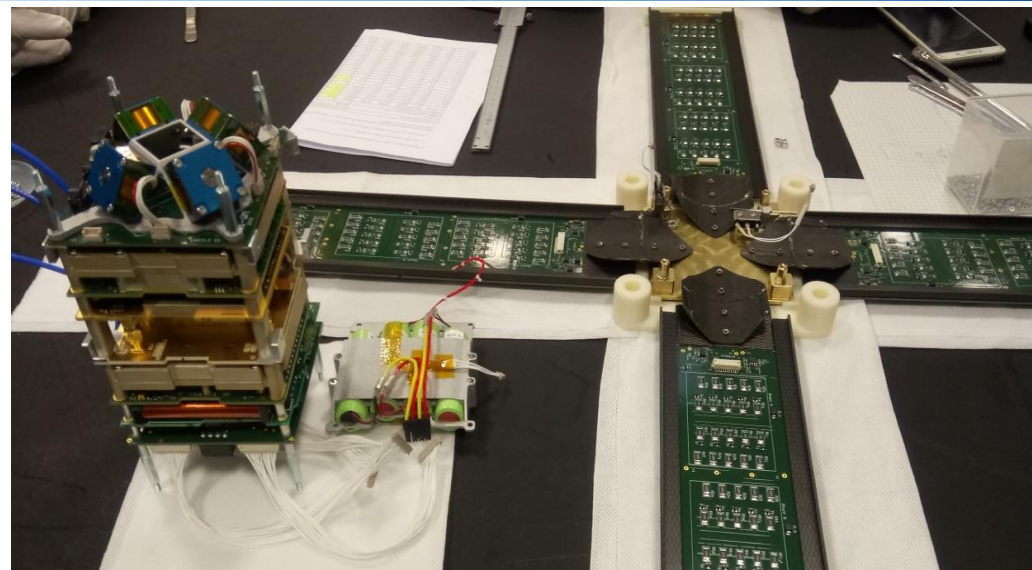
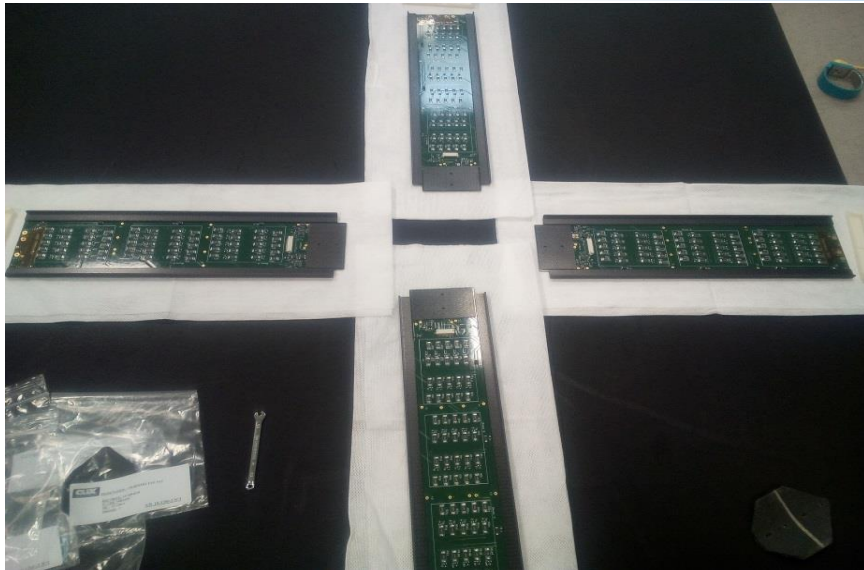




# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST

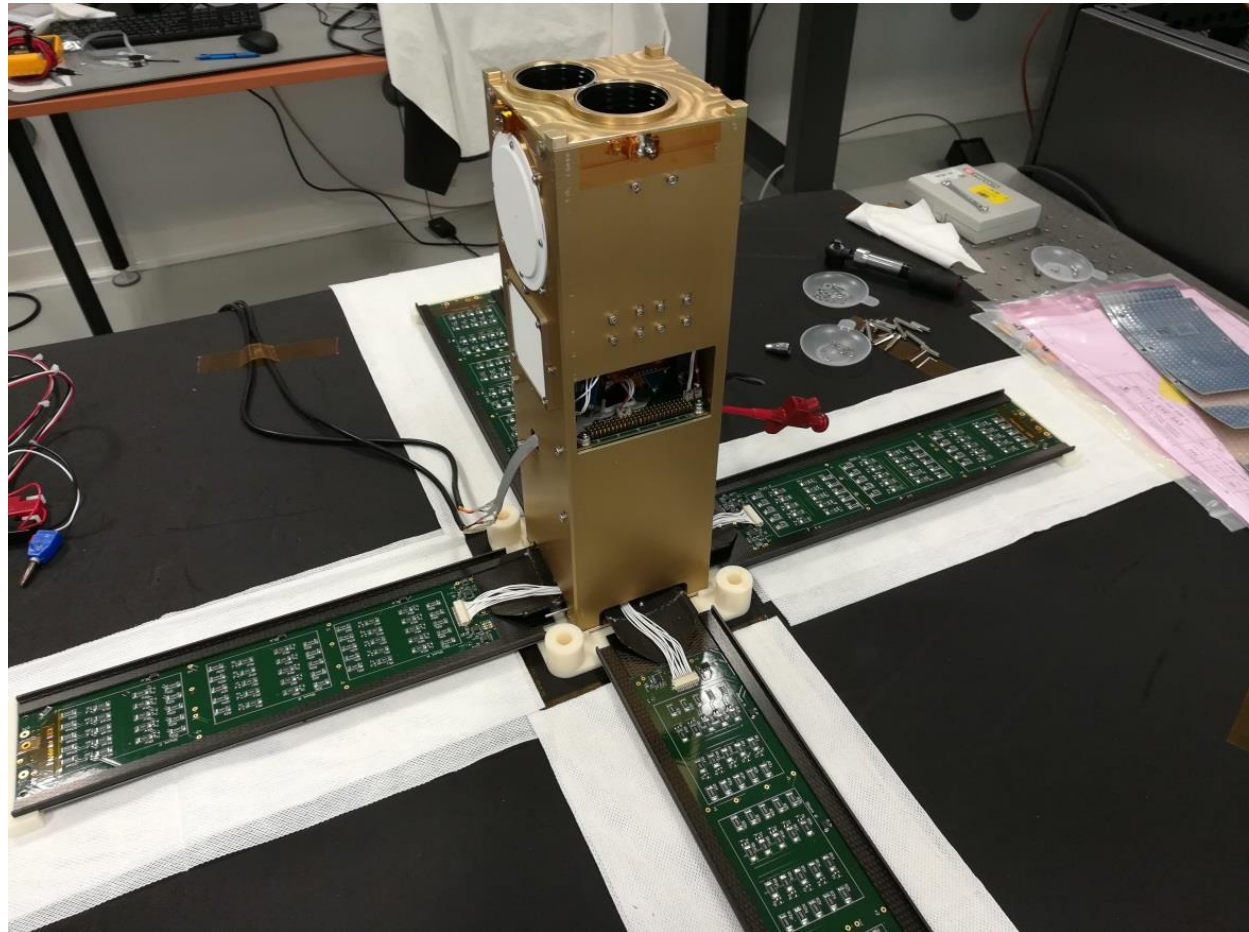
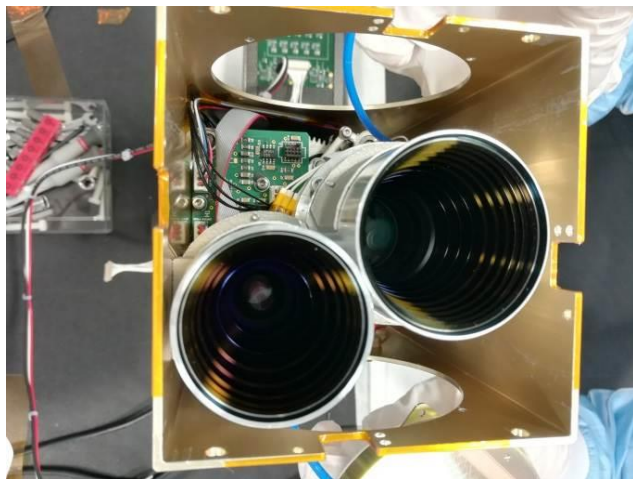


# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST



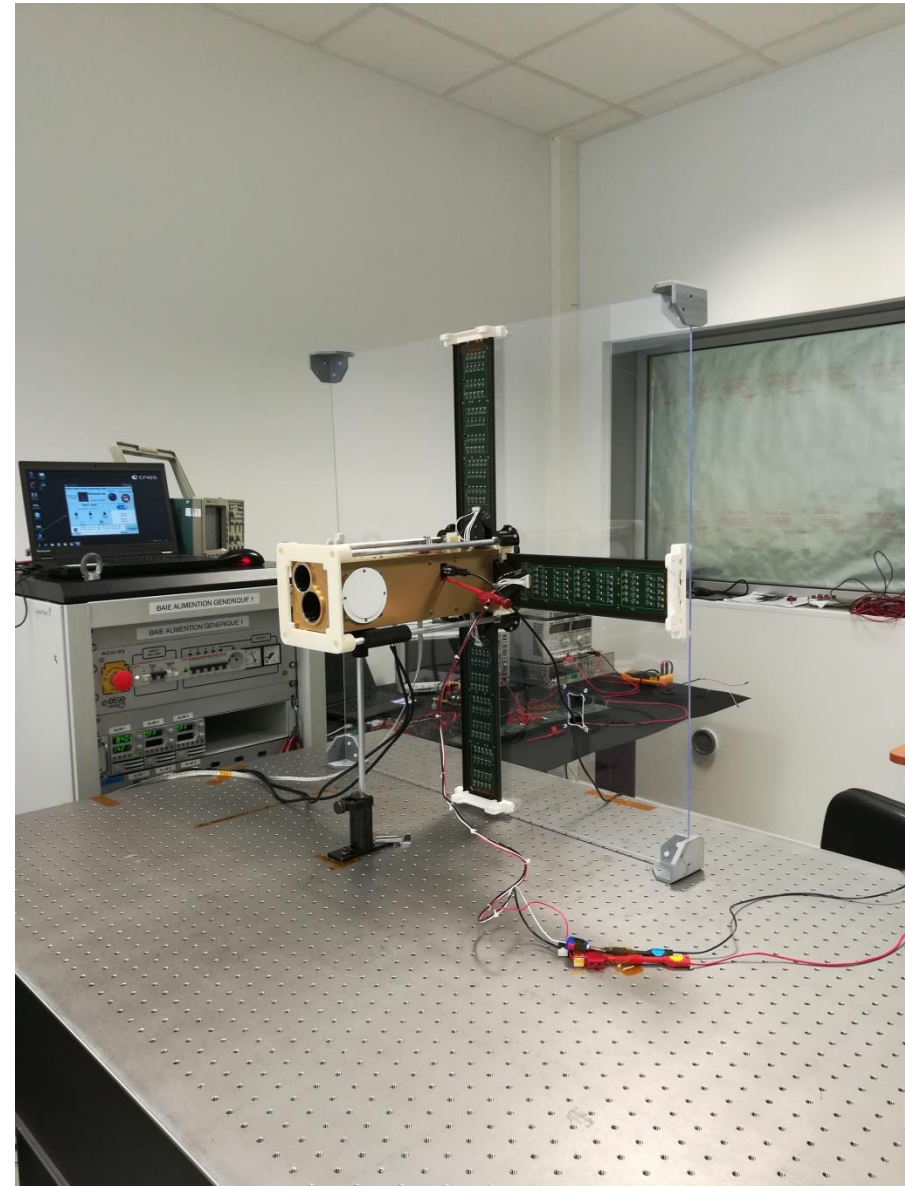
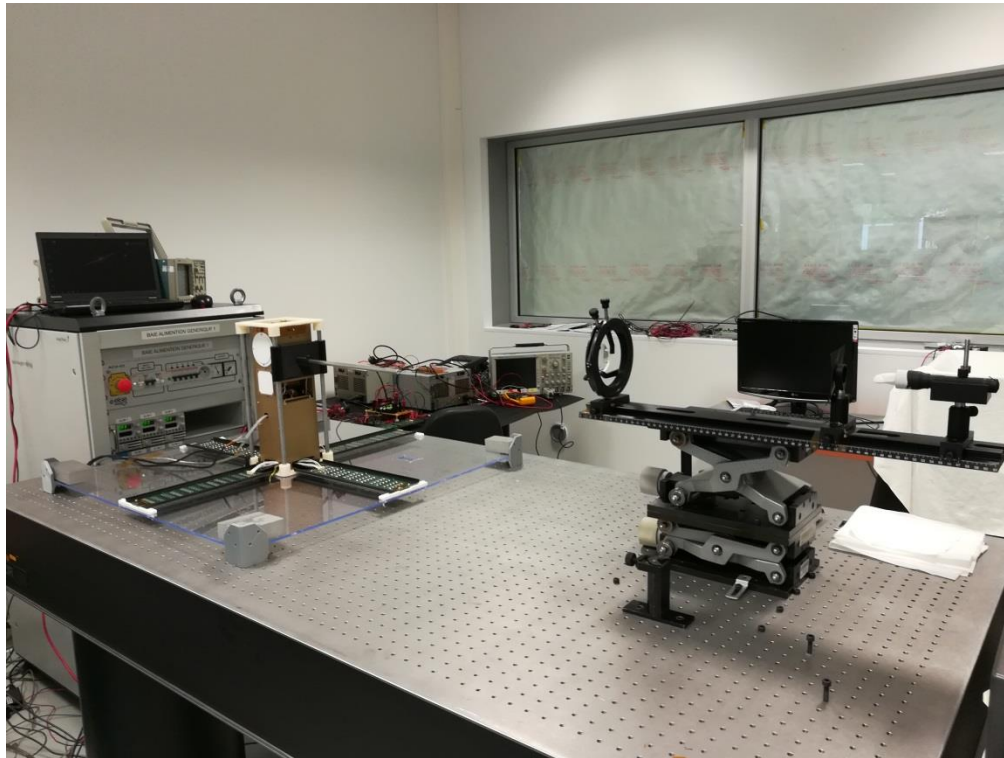


# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST

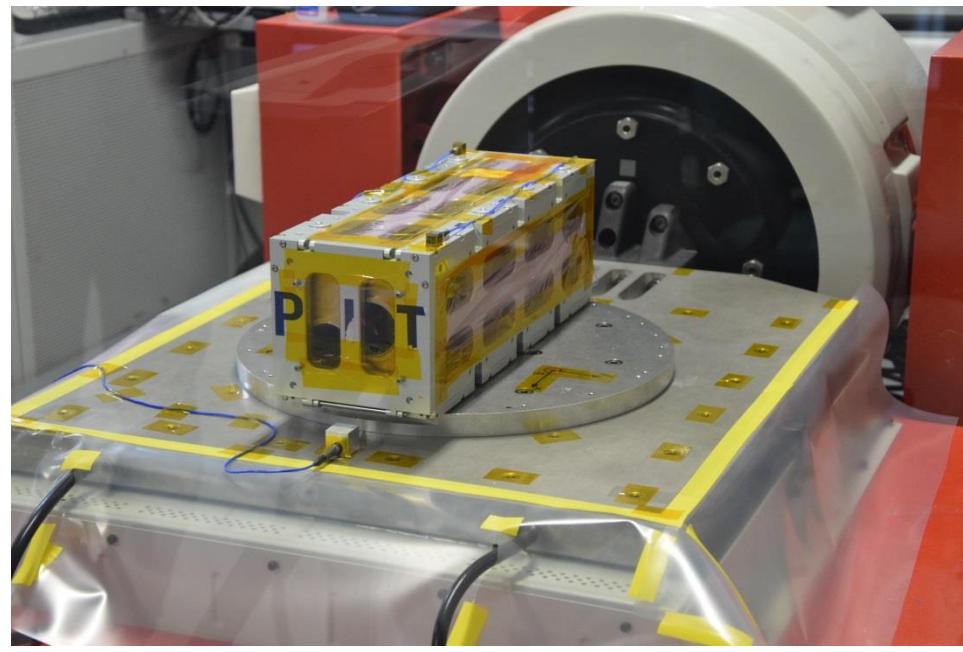
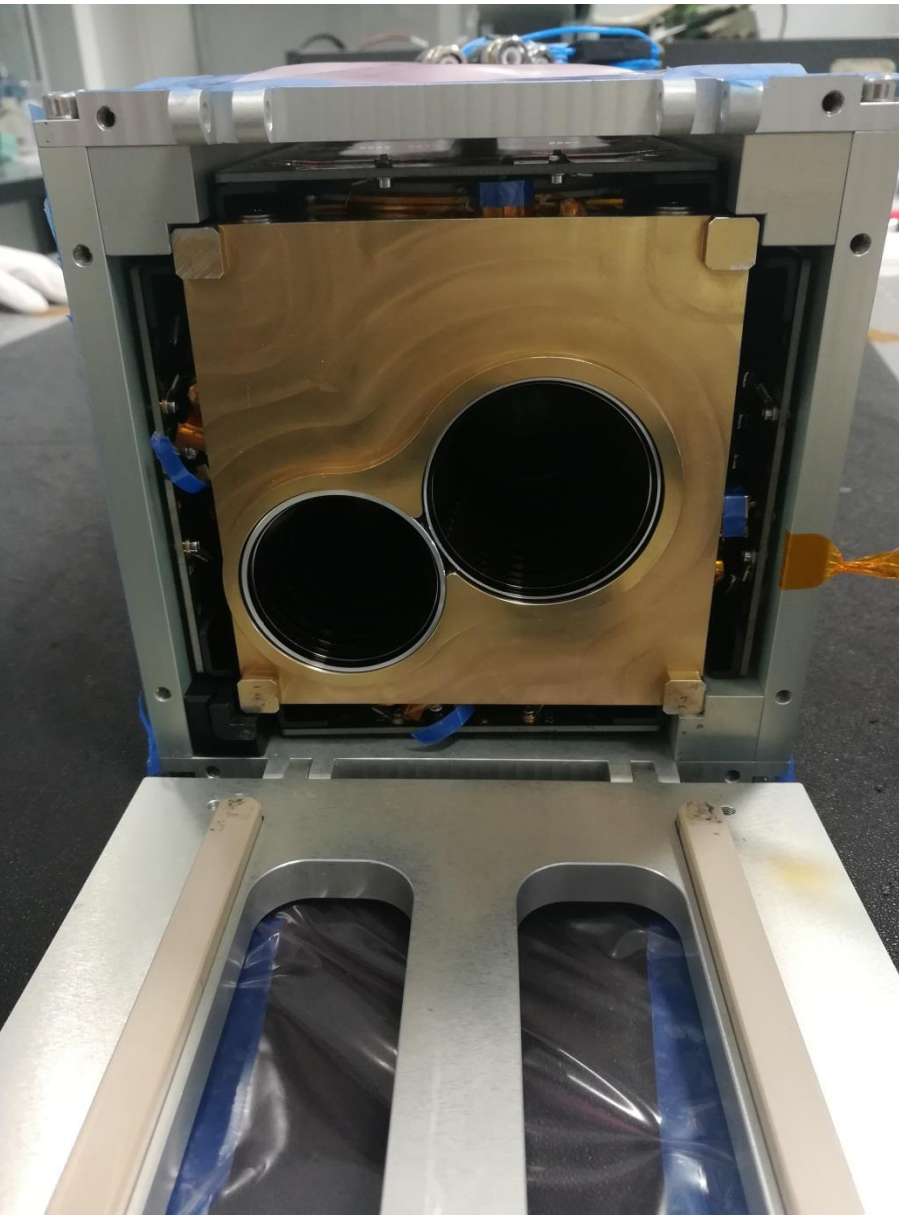




# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST

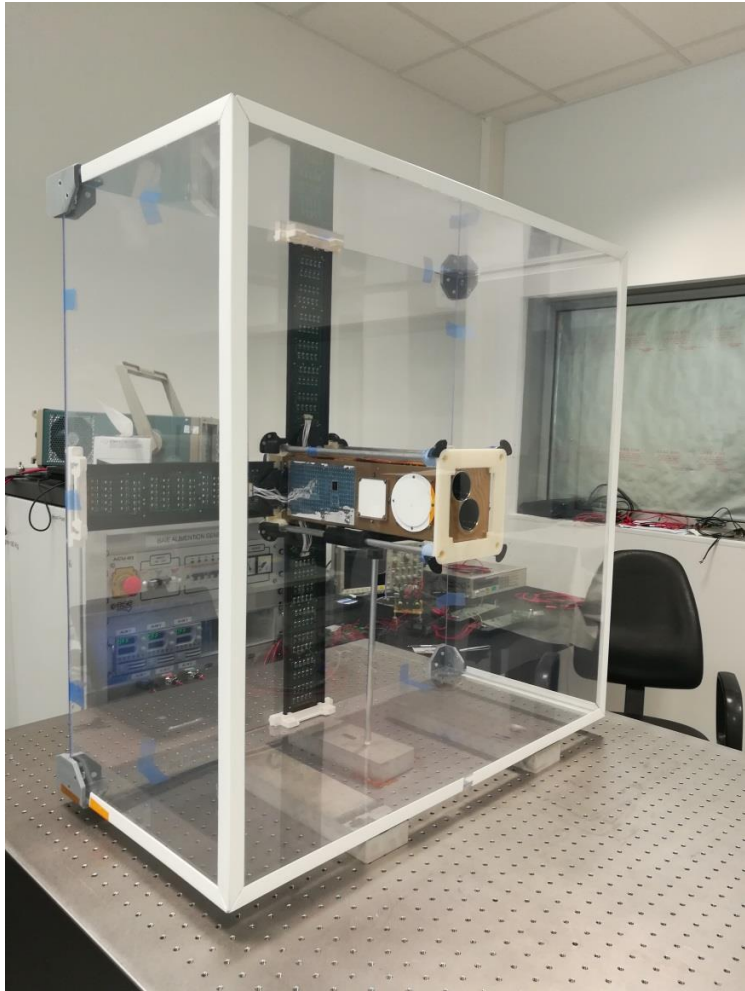


# EYESAT : ESSAIS MECANIKUES

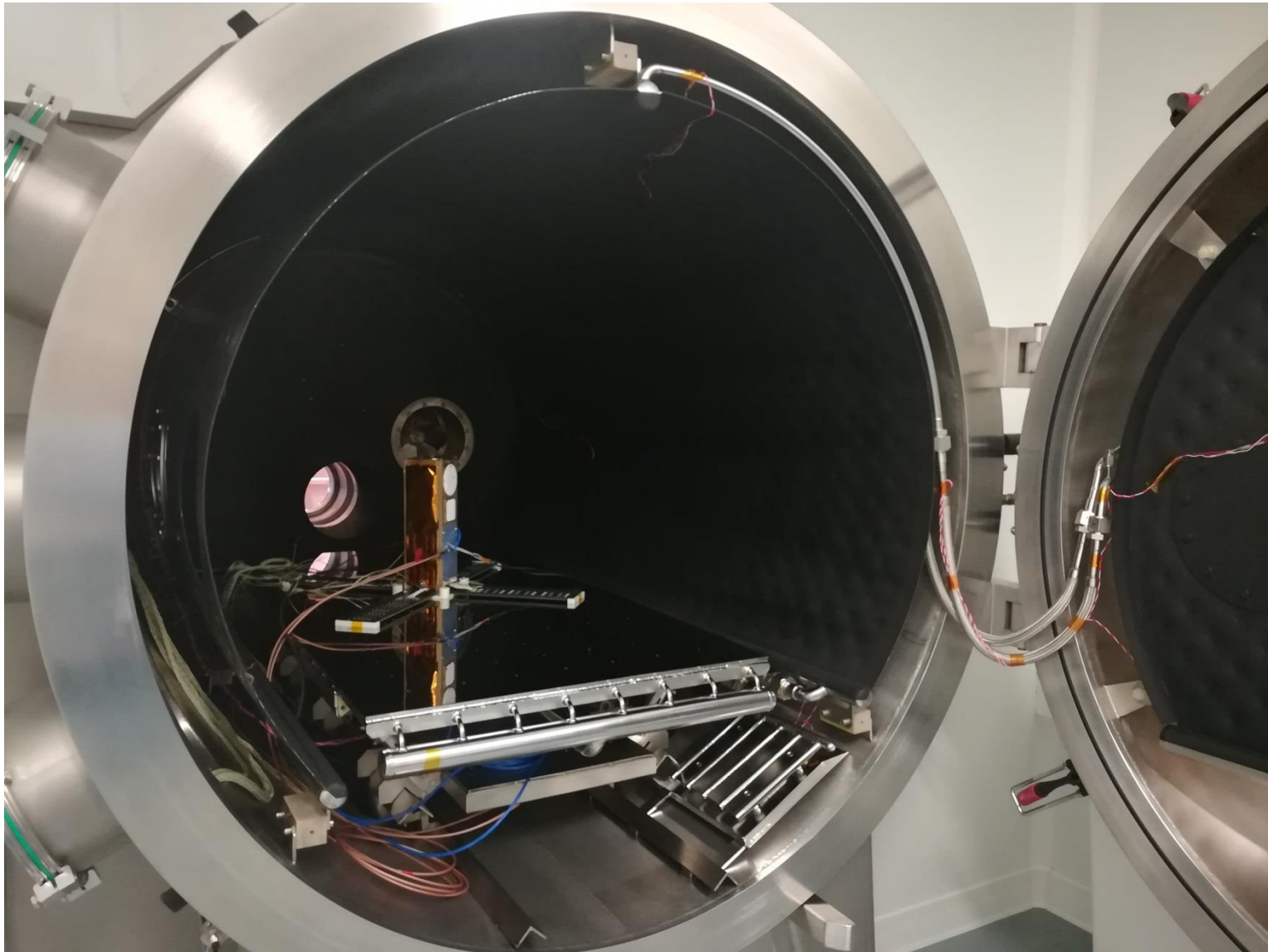




# EYESAT : ESSAIS CHAMBRE AMAGNETIQUE



# EYESAT : ESSAIS VIDE THERMIQUE





# EYESAT : ESSAIS SYSTEME

Cartes électroniques



Simulateur  
numérique

Centre de contrôle

## BILAN UNIVERSITES/ECOLES

- ❑ **PLUS DE 2000 ETUDIANTS ONT PARTICIPE DIRECTEMENT A LA CONCEPTION ET AU DEVELOPPEMENT DE CUBESATS ET DE LEUR SEGMENT SOL**
  - ✓ BTS, IUT, Licence pro, Master 1 et 2, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieurs, thèses
  - ✓ Stages de césure ou de fin d'étude (entre 3 et 6 mois) ou des projets (80 à 100 heures) durant le cursus académique
  
- ❑ **PLUS DE 150 PROFESSEURS, INGENIEURS, TECHNICIENS SONT MOBILISES ET FORMES POUR ENCADRER DES PROJETS CUBESATS**
  
- ❑ **BENEFICES POUR LES ETUDIANTS AYANT PARTICIPE A JANUS :**
  - ✓ Apprentissage concret du métier d'ingénieur en complément de leur formation académique,
  - ✓ Facilité d'obtention de stages à l'étranger dans des agences (JPL, ESA) ou des universités (Tohoku, Caltech, MIT,..)
  - ✓ Obtention rapide d'un emploi, principalement dans le spatial (AIRBUS, TAS, THALES SERVICE, CNES, AKKA, SODERN, ISIS, GMV, SPACEBELL, 3D+, EPSILON, NEXEYA conseil et formation, ISAE, LISA, LESIA, IRAP,...)
  - ✓ Possibilité de faire des thèses
  
- ❑ **CREATION DE STAR-UP: ANYWAVES (Toulouse), THRUST-ME (Paris), EXOTRAIL(Paris), ODYSSEUS (Taiwan) , U-SPACE (Toulouse),...**

**IMPORTANTE DYNAMIQUE CREEE AU SEIN DE PLUS DE 12 ECOLES D'INGENIEURS ET UNIVERSITES FRANCAISES**