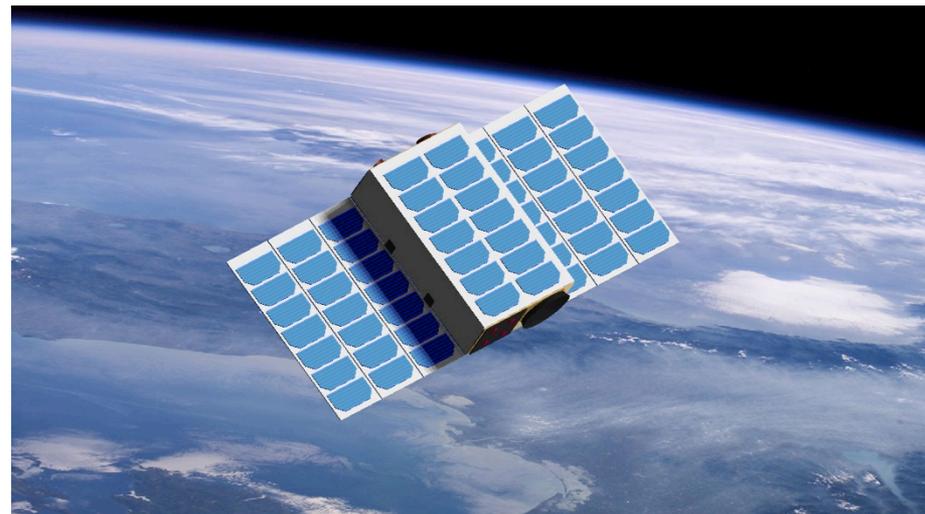
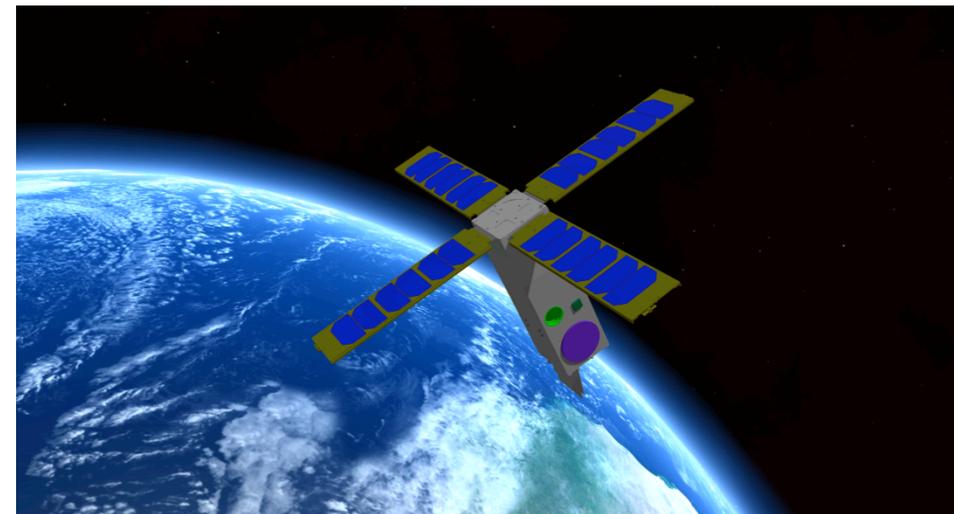


## LES NANOSATELLITES

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

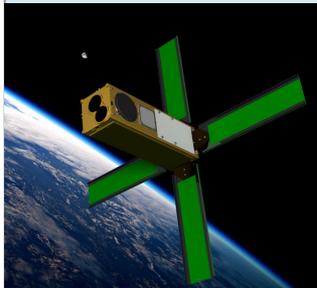


# LES SATELLITES

**PocketQub**  
0,5 Kg



**EyeSat**  
4 Kg  
(cubesat)



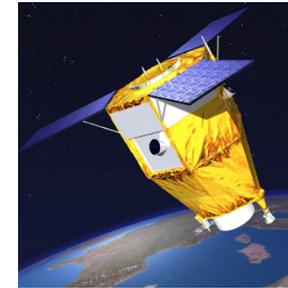
**Demeter**  
130 Kg  
(Myriades)



**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

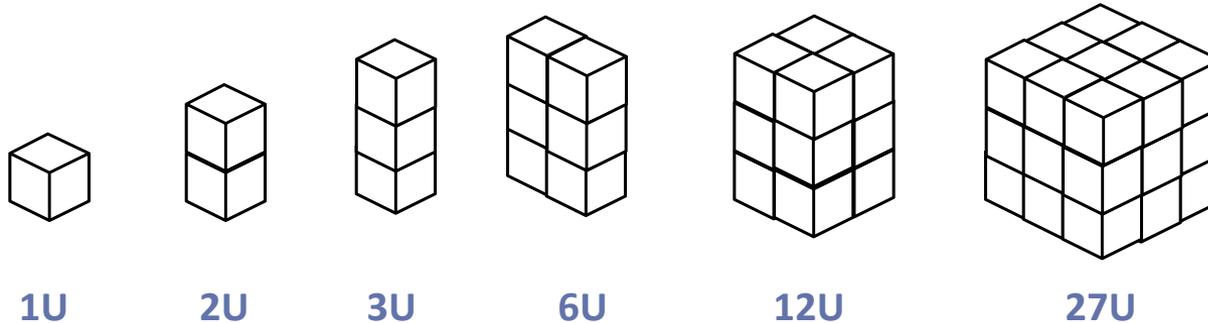


OUTIL PEDAGOGIQUE  
POUR LES ETUDIANTS

MINIATURISATION DES  
TECHNOLOGIES  
UTILISATION DE COTS



## UN NOUVEL OBJET DANS LE PAYSAGE DU SPATIAL



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

DEVELOPPEMENT COURT  
COÛT FAIBLE  
«FLY, LEARN and REFLY »

DEMONSTRATION TECHNOLOGIQUE  
CONSTELLATIONS  
COMPLEMENTAIRE DES GROS SYSTEMES

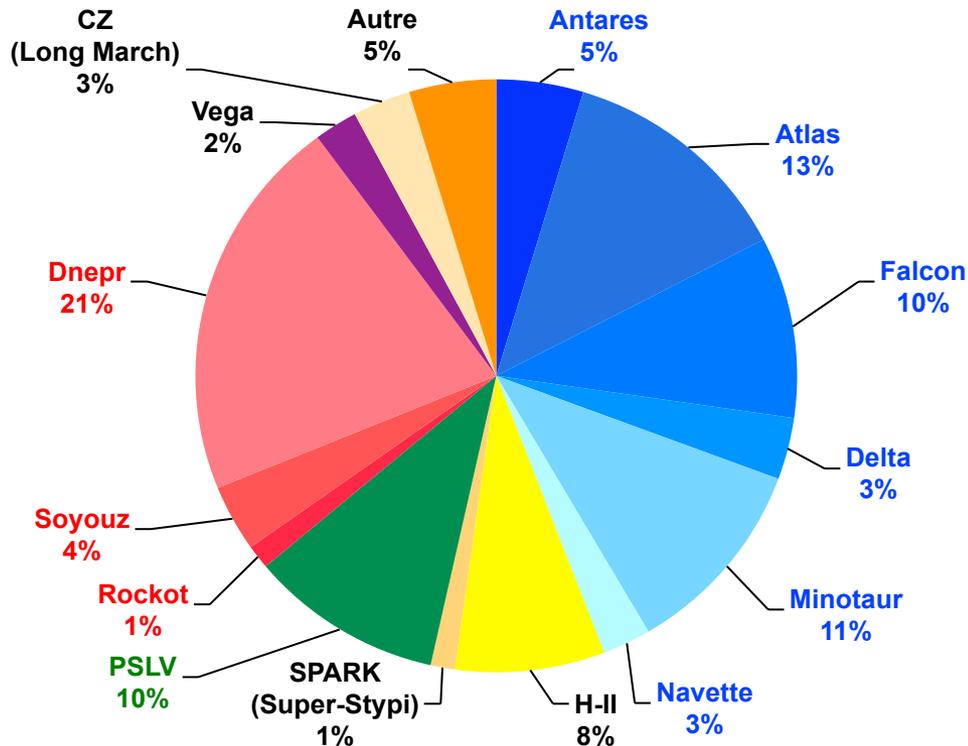
# LA MISE EN ORBITE

## ◆ 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

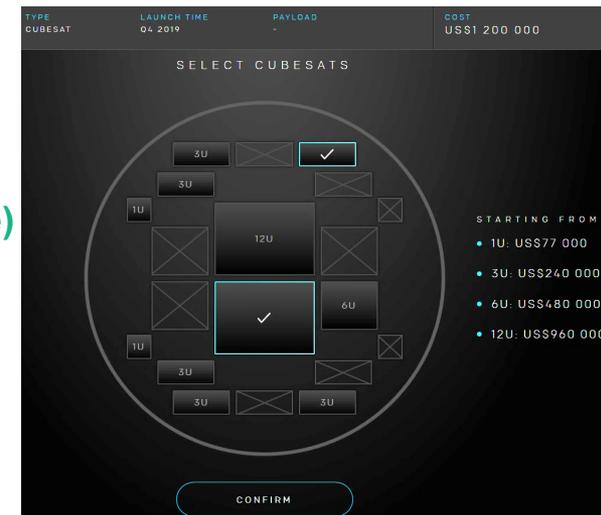
- ✓ Le lanceur **Vector** pourra mettre entre 65 Kg (Vector-R) et 125 Kg (Vector-H) en orbite basse à 400 Km
- ✓ Prévission
  - 2017 : Premier vol le 3/5/17 du Vector-R
  - 2018 : Lancements de Vector-R
  - 2019 : Premier vol du Vector-H
  - 2020 et au delà: 100 lancements/an



### 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)
  - Troisième vol le 11/11/18 (6 cubesats en orbite)
  - au delà: 50 lancements/an

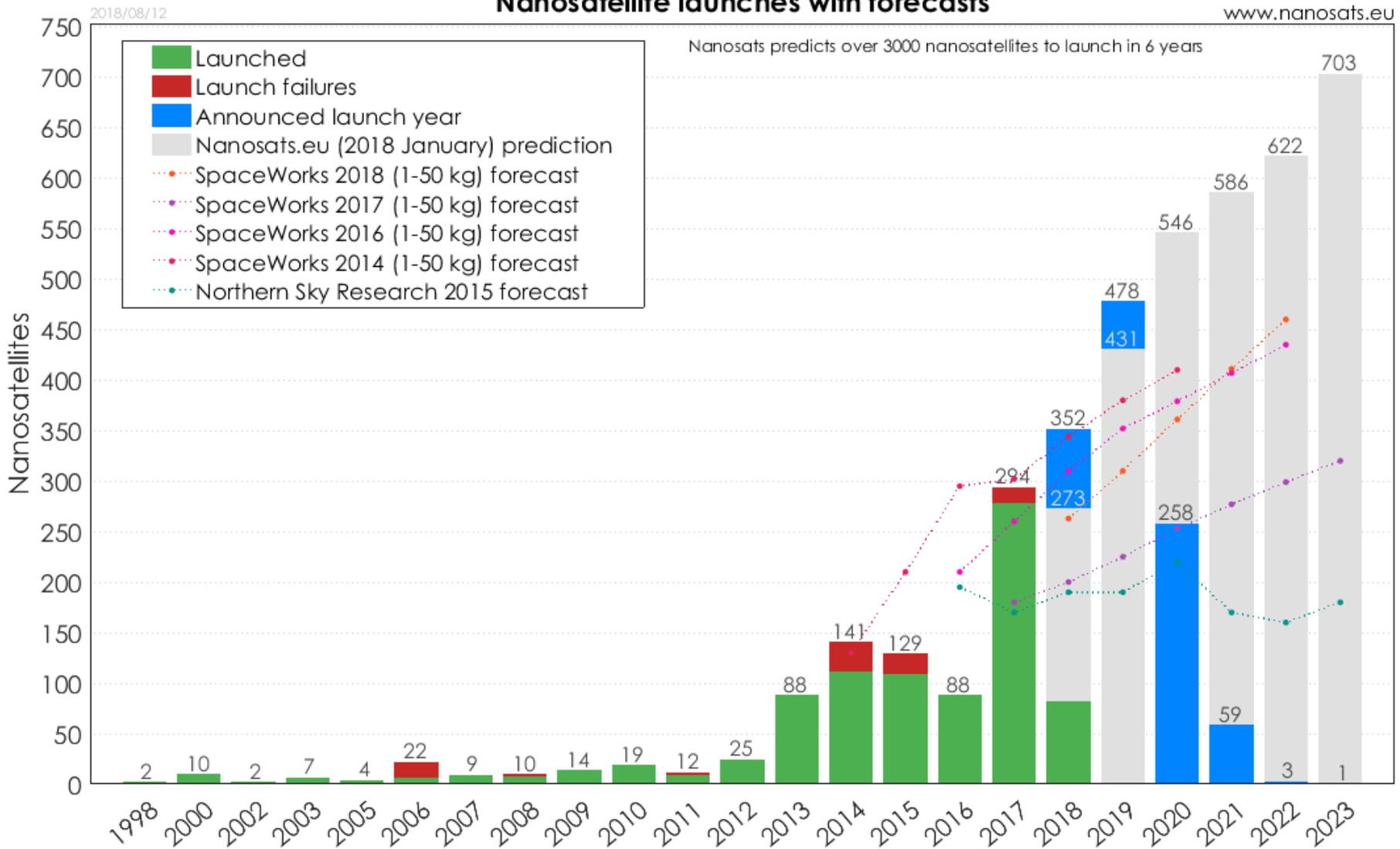
La plupart des places déjà vendues jusqu'en 2020 grâce à un système révolutionnaire de réservation par internet (<https://www.rocketlabusa.com/book-my-launch/>)



# ETAT DES LIEUX

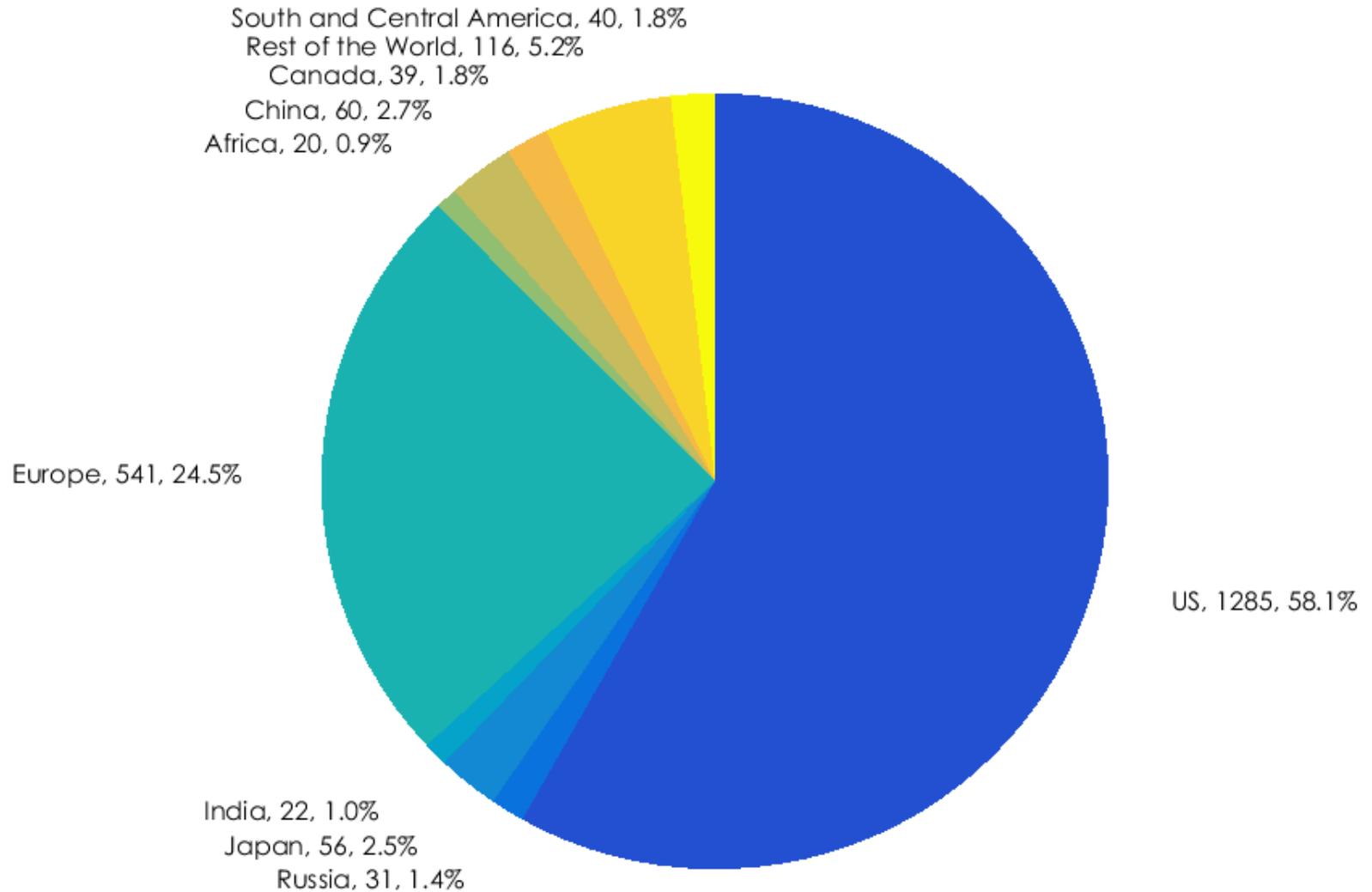
## Nanosatellite launches with forecasts

www.nanosats.eu



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

# ETAT DES LIEUX



# PROJET JANUS

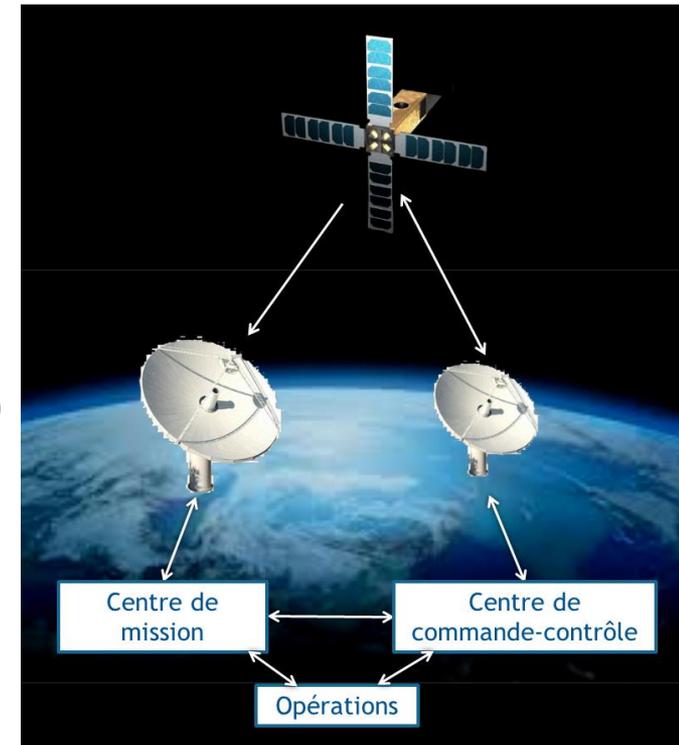
**J**eunes en  
**A**pprentissage pour la réalisation de  
**N**anosatellites au sein des  
**U**niversités et des écoles de l'enseignement  
**S**upérieur



# 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



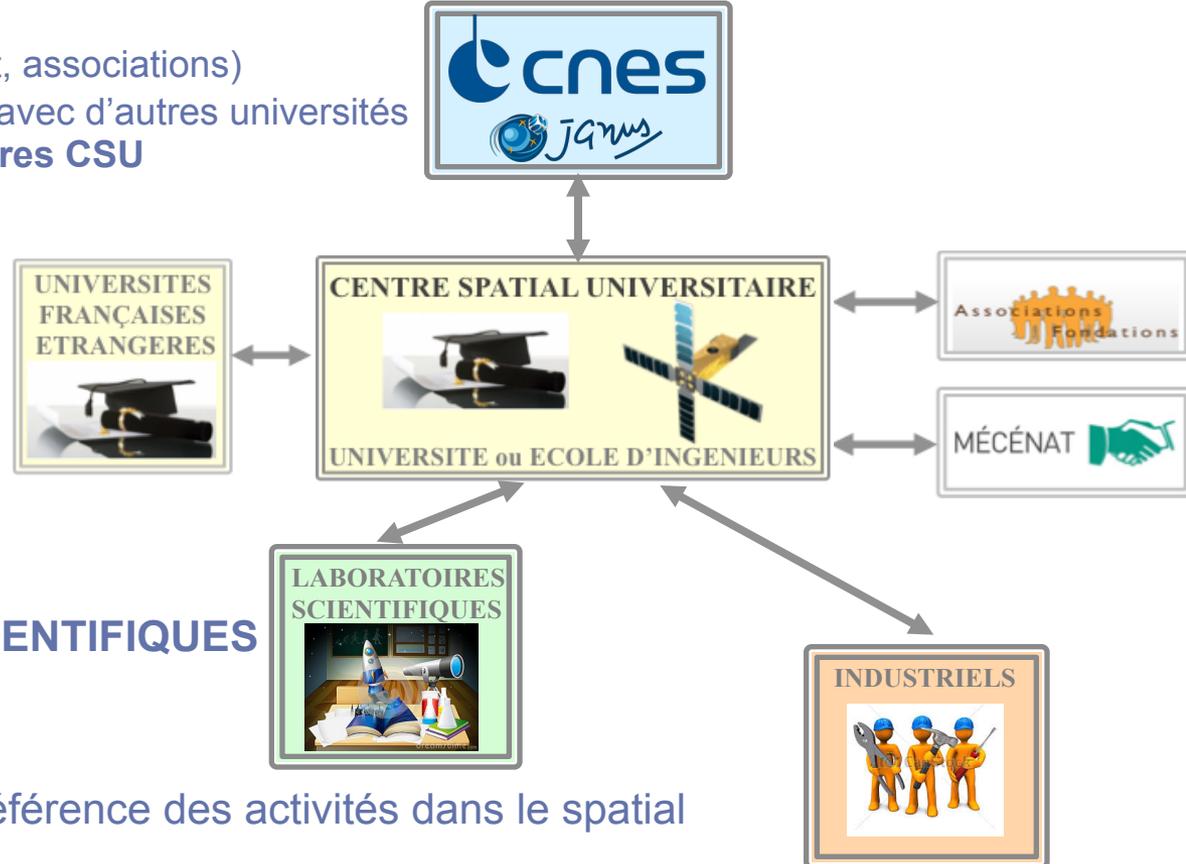
## ◆ PROPOSER ET VALIDER EN ORBITE DE NOUVELLES TECHNOLOGIES

- 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



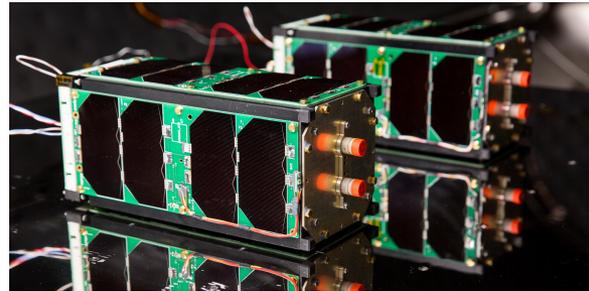
Etude de la thermosphère avec l'instrument FIPEX pour la mesure de l'oxygène atomique



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

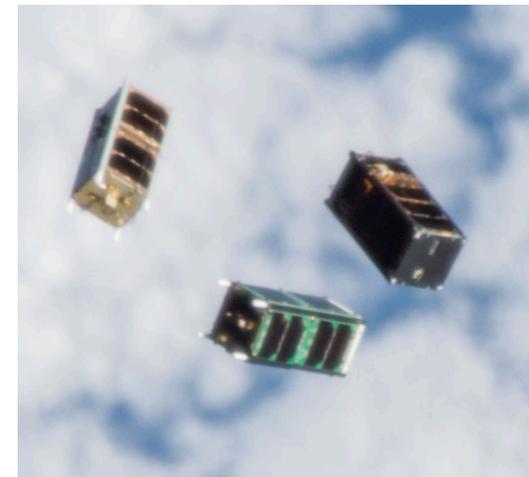


# PREMIERS CUBESATS EN ORBITE



**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



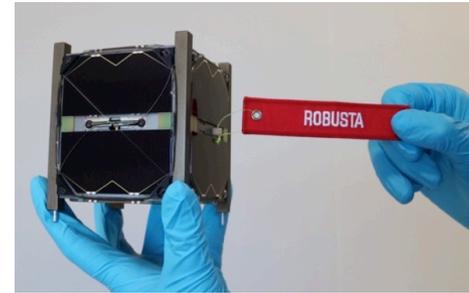
## ROBUSTA1B

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



**3U** Etude de la rentrée atmosphérique  
(IOD QB50)

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



**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**



**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 mi 2019**



**2U** Caractérisation de l'Anomalie  
Magnétique de l'Atlantique Sud et  
corrélation avec les aurores boréales

**Prêt au lancement mi 2019**



**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 fin 2019**



**3U** Mission Méditerranée pour la collecte  
de données issues de navires pour  
effectuer des prévisions quantitatives  
des épisodes cévenols

**Prêt au lancement mi 2020**

# PROJETS EN COURS DE DEFINITION

## □ PROJETS EN PHASE B



### **NIMPHSAT** (CSUT)

Validation technologique de composants hyperoptique (TAS et CNES), détecteur de particules (ONERA) et instrument CERN pour mesures de radiations

3U

REP le 13/06/2017

Prêt au lancement fin 2021



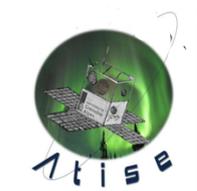
### **METEORIX** (CSU CURIASAT)

Détection et caractérisation des météores par photométrie UV

3U

REP le 11/09/2017

Prêt au lancement mi 2022



### **ATISE** (CSUT/CSUG)

Mesures spectrométriques au limbe des aurores polaires et de l'airglow.

12U

REP le 29/06/2017

Prêt au lancement fin 2021

## □ PROJETS EN PHASE A

### **ION-SAT** (CSE ASTRONAUTIX)

validation en orbite d'un sous système de propulsion pour cubesat

6U

Prêt au lancement mi 2021

REP le 02/05/2018

### **SPECTRA** (CSUT/ENSTA Bretagne)

Ecoute du spectre radio-électrique

3 U

Prêt au lancement fin 2020

# PROJETS EN COURS D'ETUDE

## □ PROJETS EN PHASE 0

### **VOL EN FORMATION** (CSUM, CSUT, CNES)

**6U + 6U Prêt au lancement mi 2023**

Banc technologique en orbite: propulsion, rendez vous par lien optique ou RF, tests de nouveaux équipements SCAO, nouvelle avionique intégrée, téléchargements de nouveaux algorithmes,...

### **NICECUBE** (CSU Nice Côte d'Azur)

**2U**

**Prêt au lancement fin 2023**

Transmission par lien optique

### **D'AUTRES PROJETS SONT EN COURS D'ETUDE**

(CSU Ecole Centrale-Supélec, CSU de l'UPEC,)

# 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

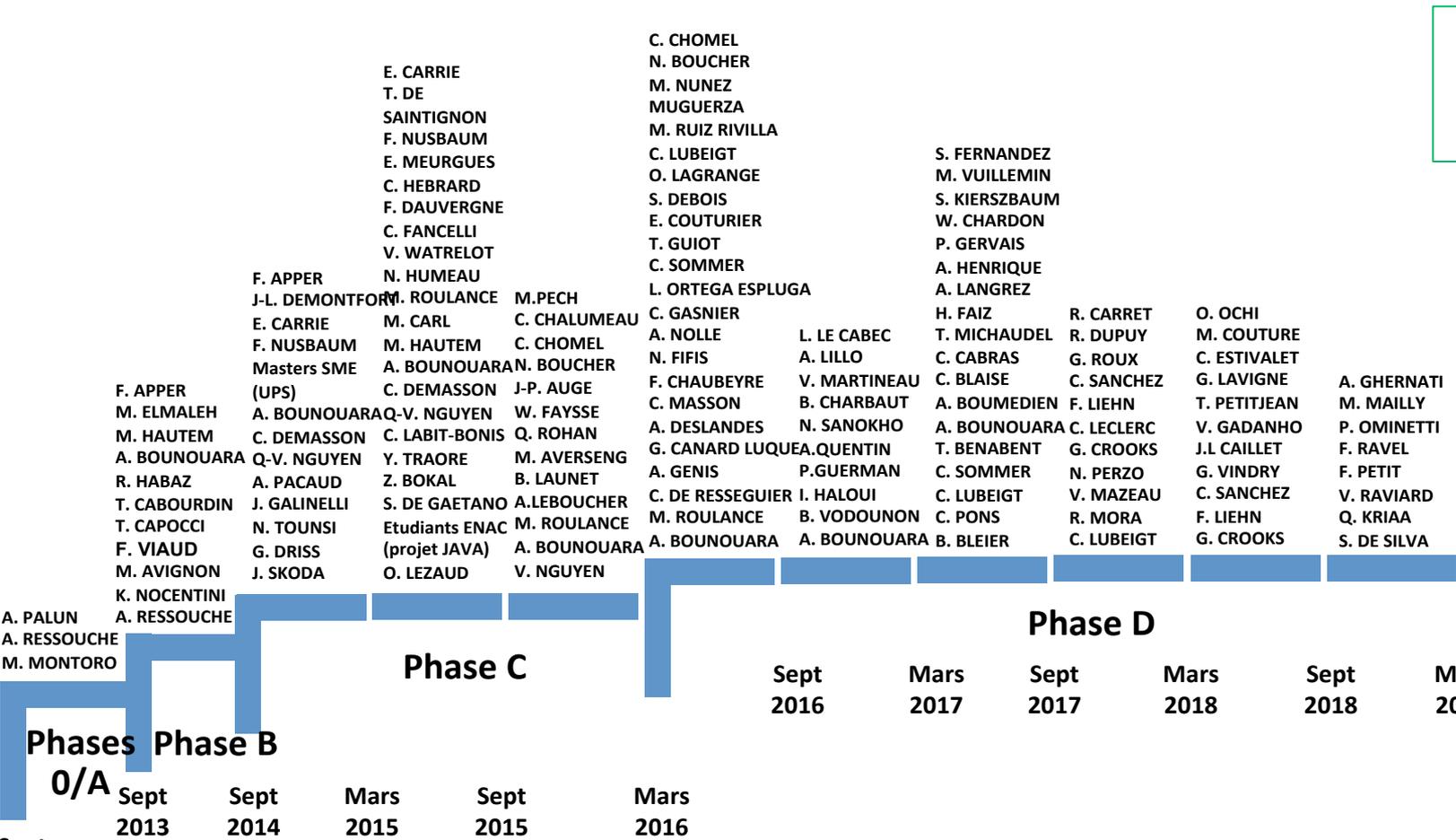


# EYESAT : PLANNING GENERAL

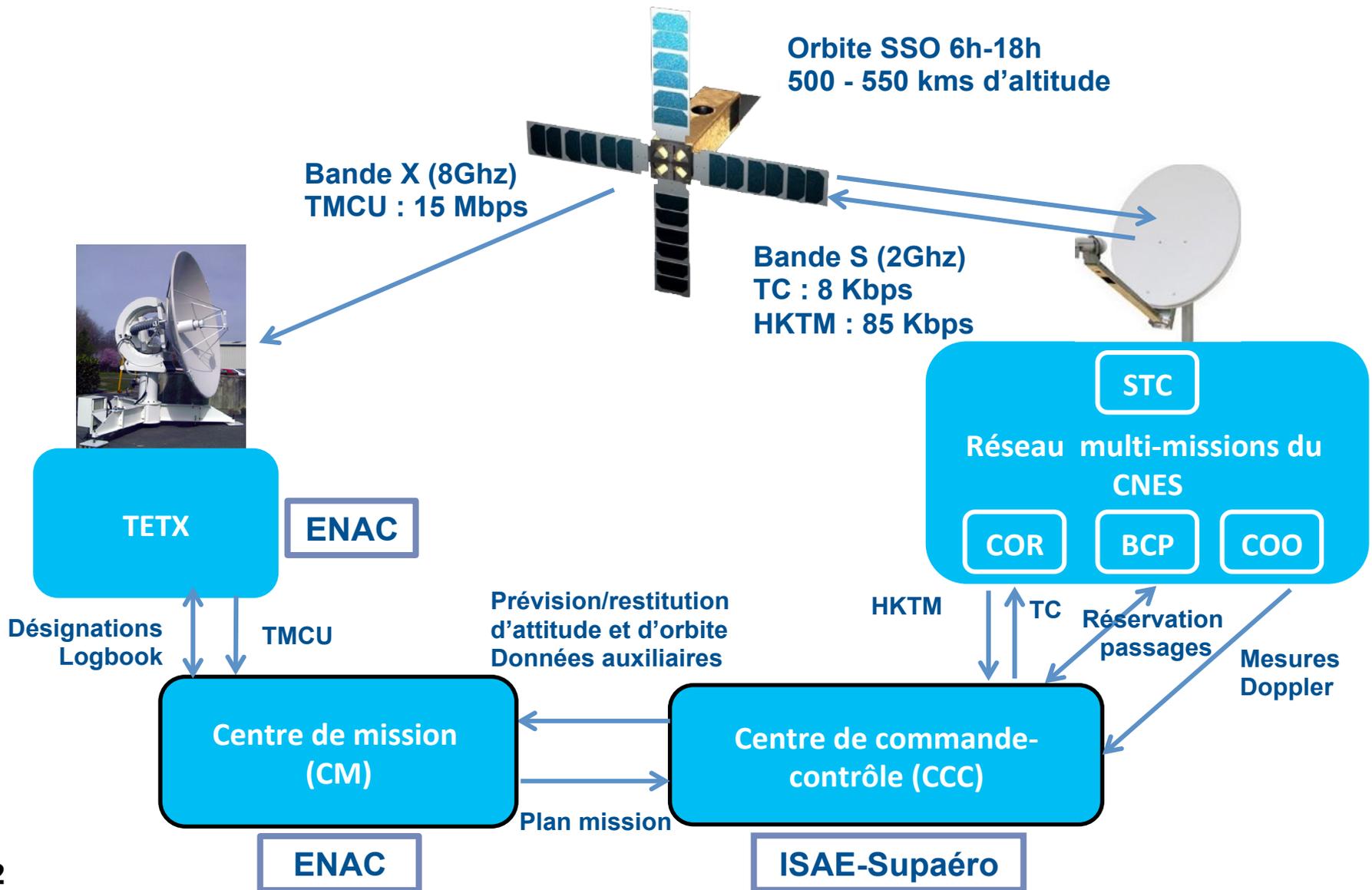
**Prêt au  
lancement  
Avril 2019**



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



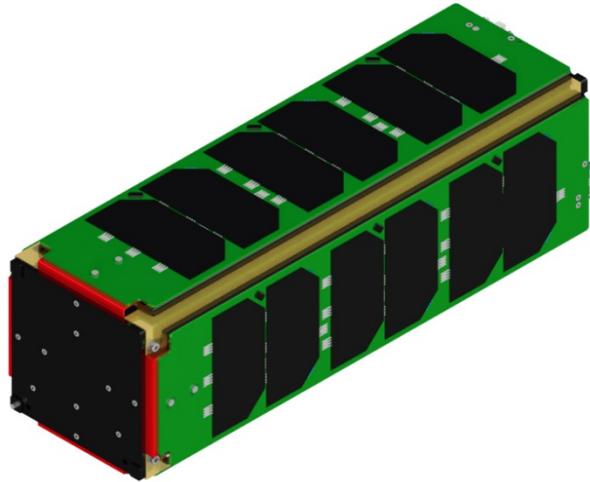
# EYESAT : ARCHITECTURE SYSTEME



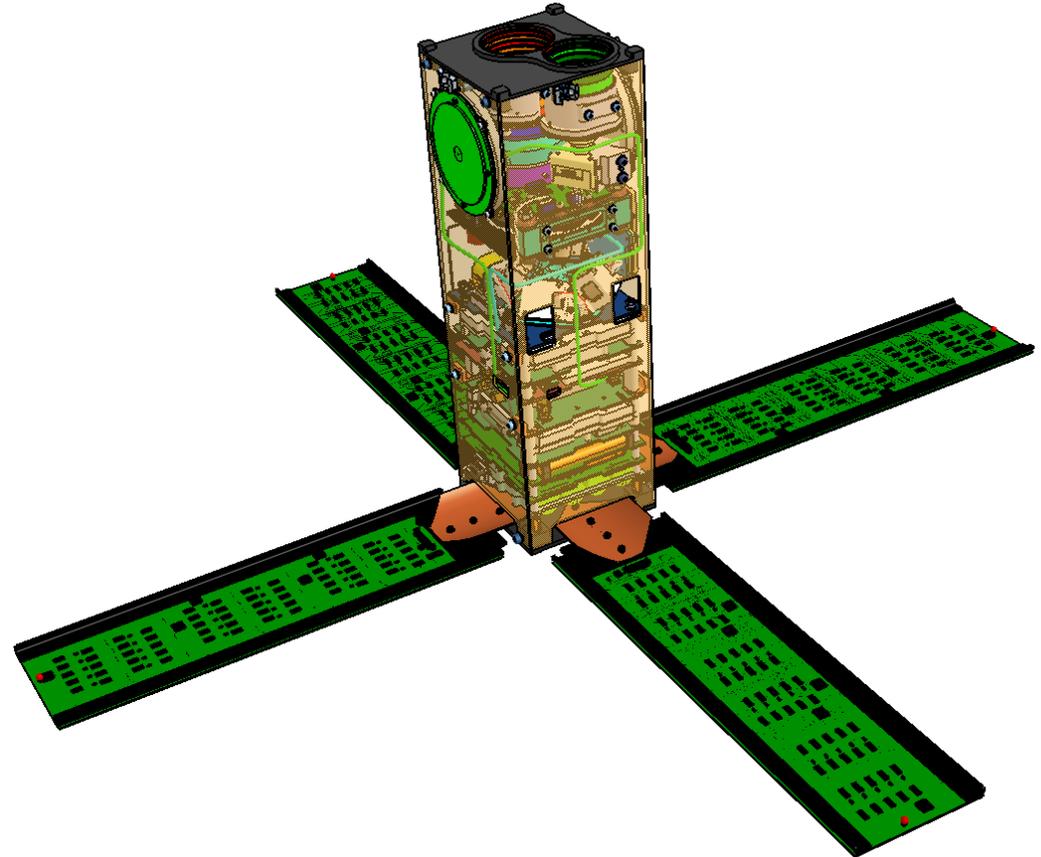
# EYESAT : SCENARIO MISSION

## ◆ ORBITE HELIO-SYNCHRONE

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

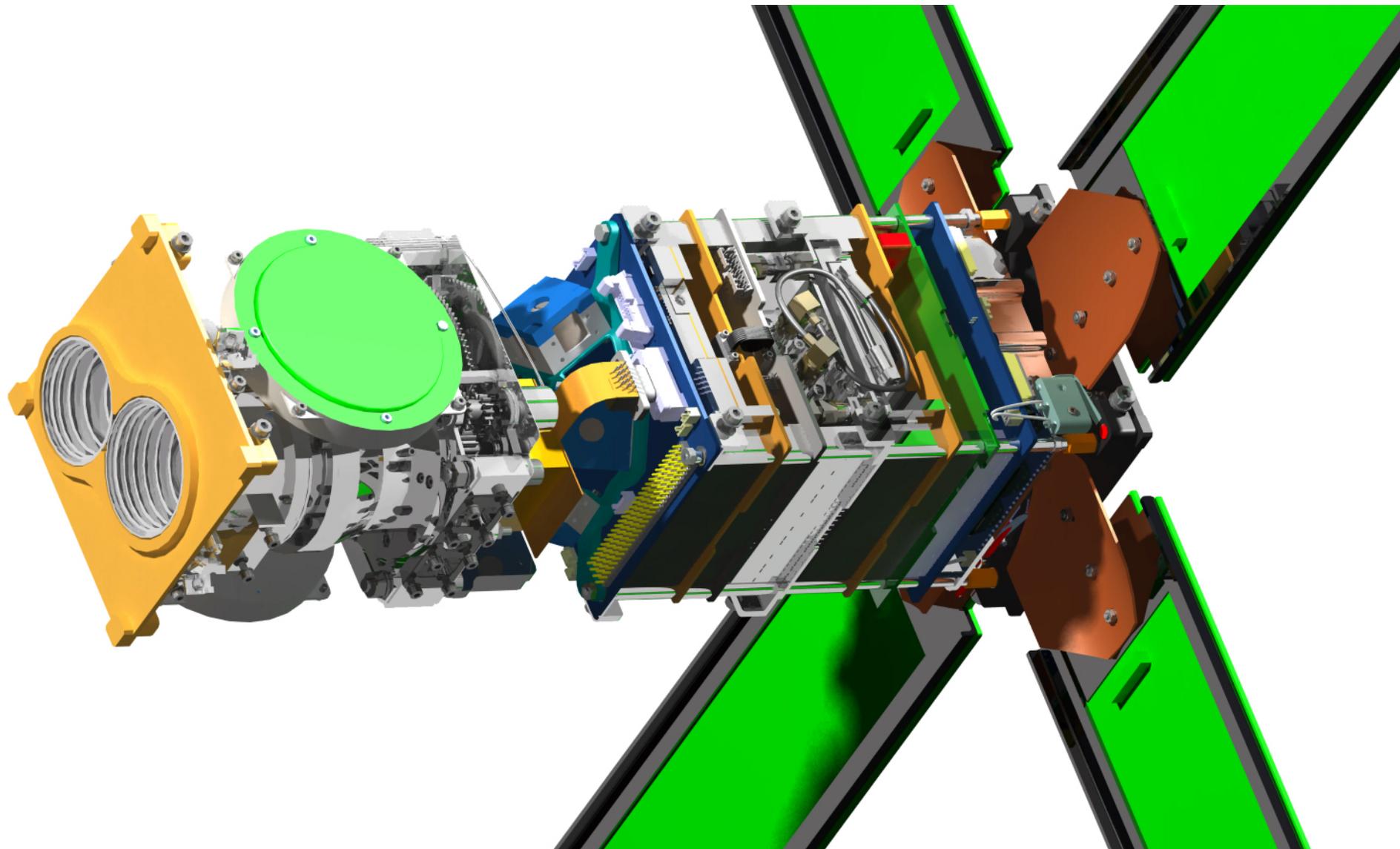


Configuration lancement

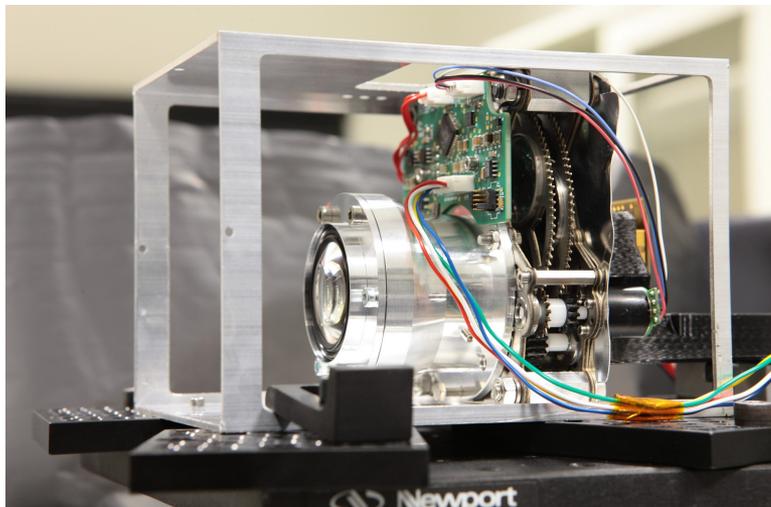
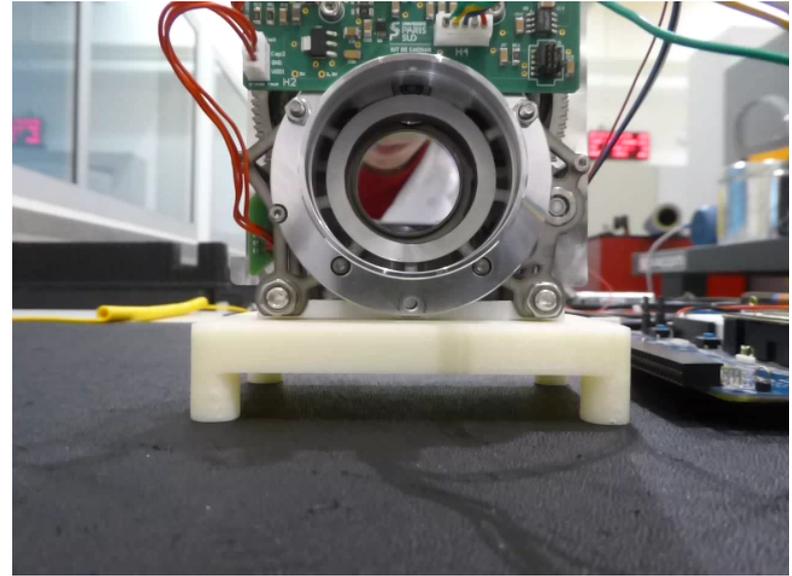
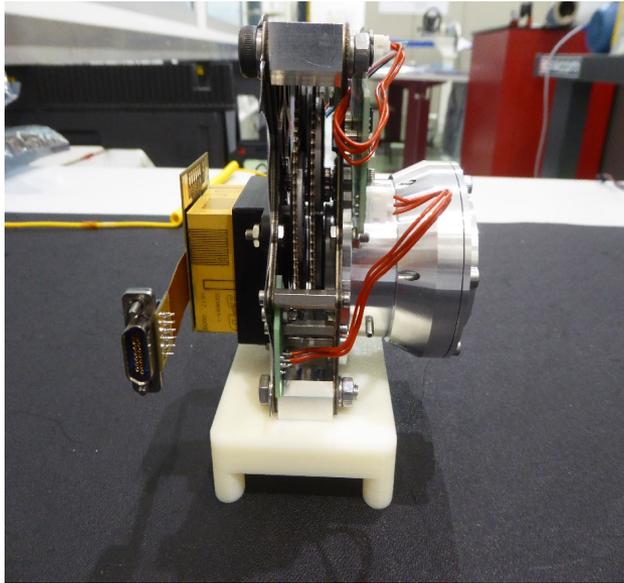


Configuration nominale

# EYESAT : LE NANOSATELLITE



# EYESAT : L'INSTRUMENT IRIS



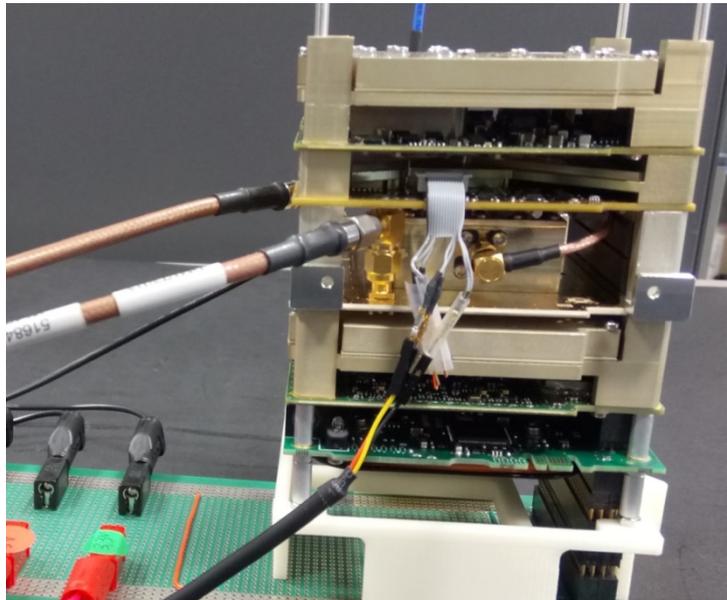
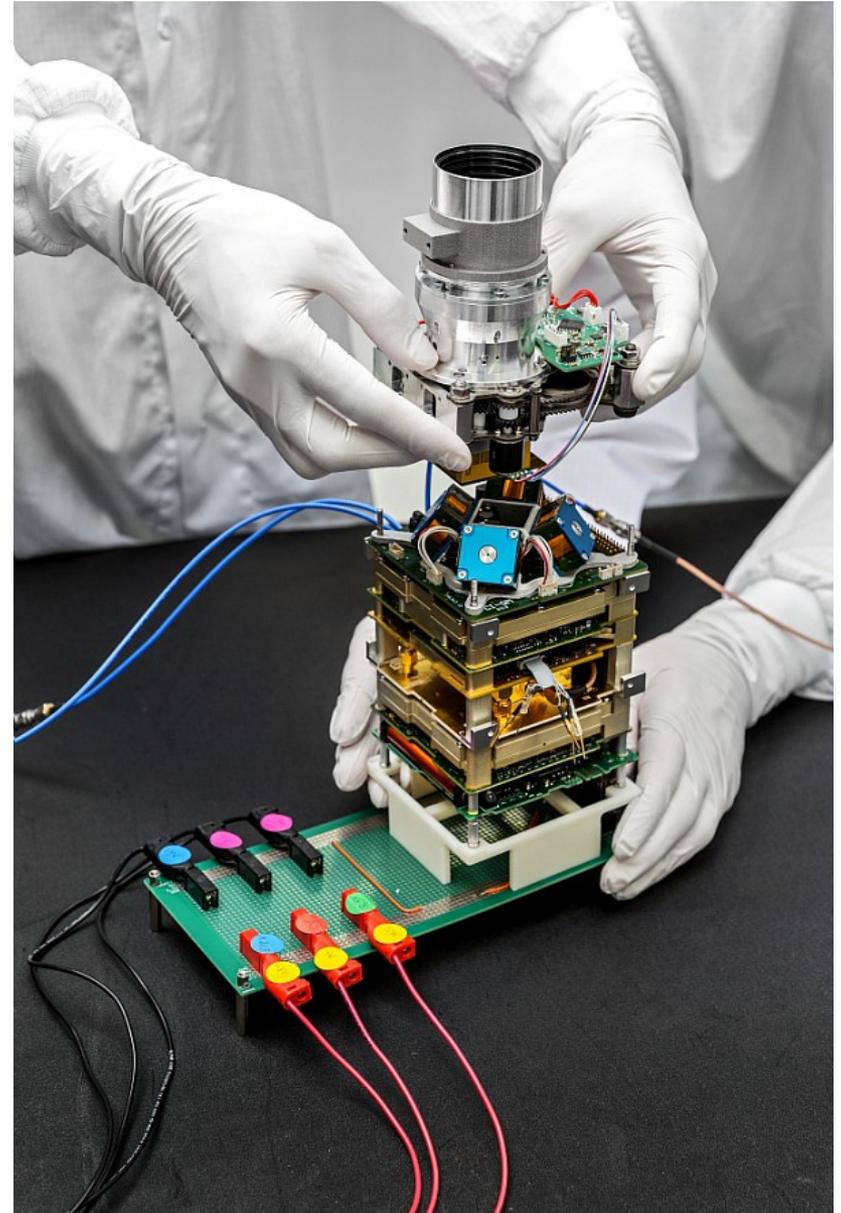
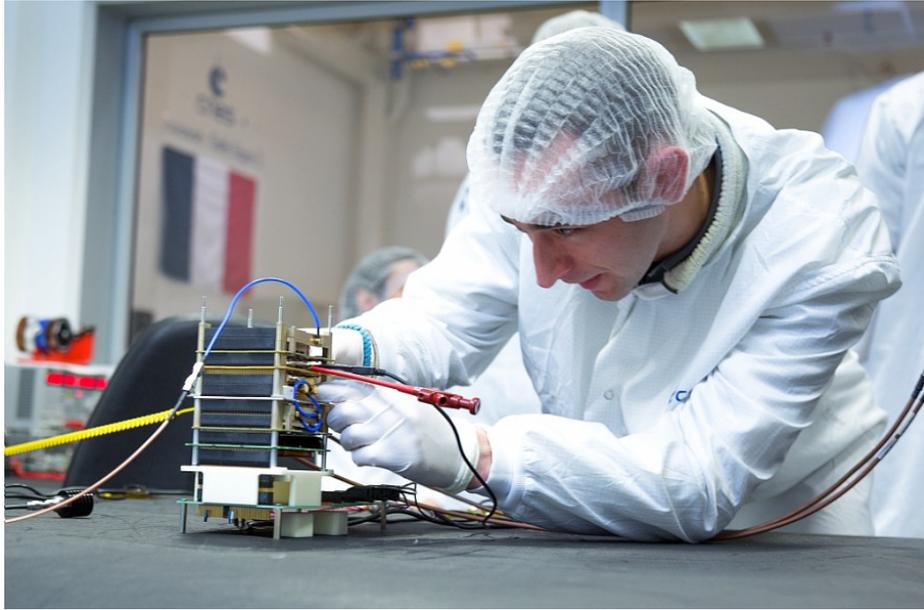
# EYESAT : IRIS AU PIC DU MIDI



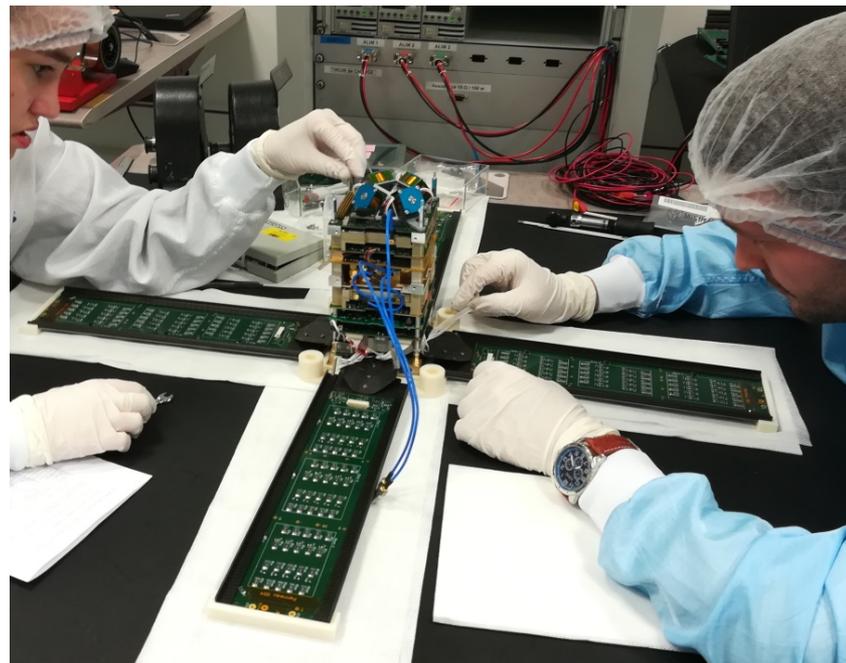
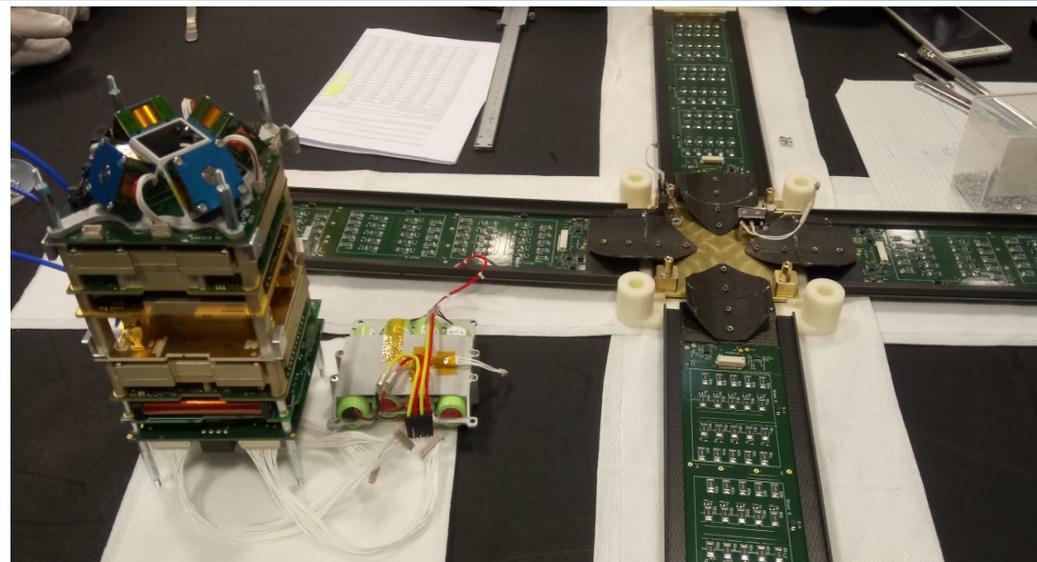
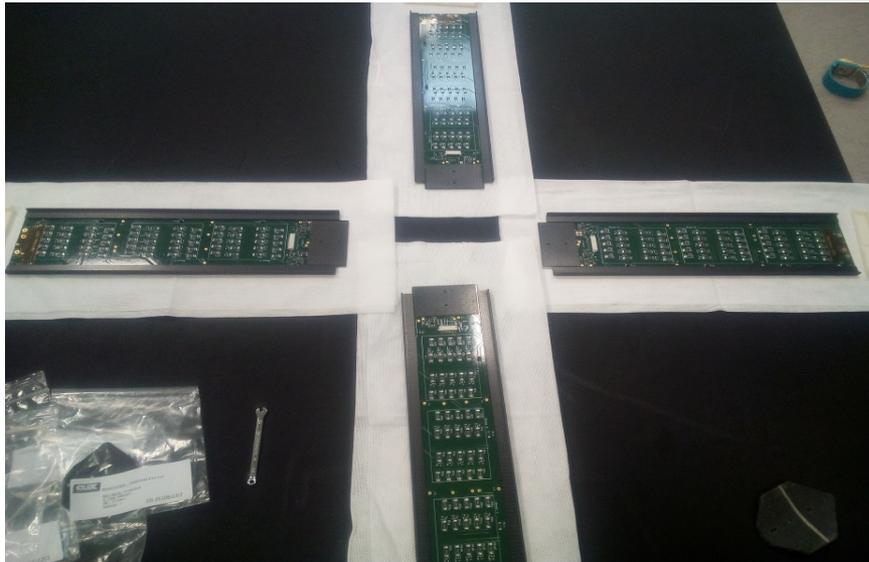
# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST



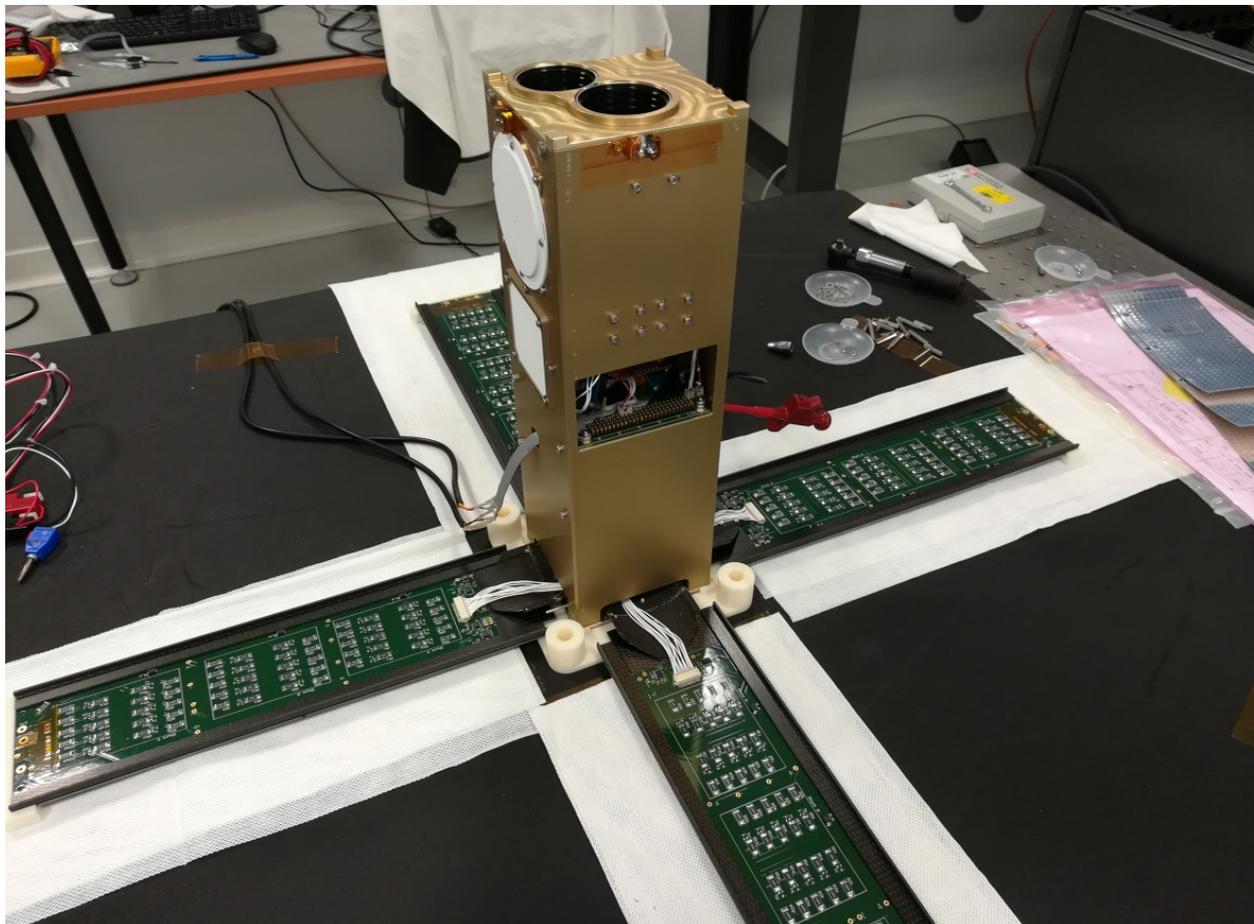
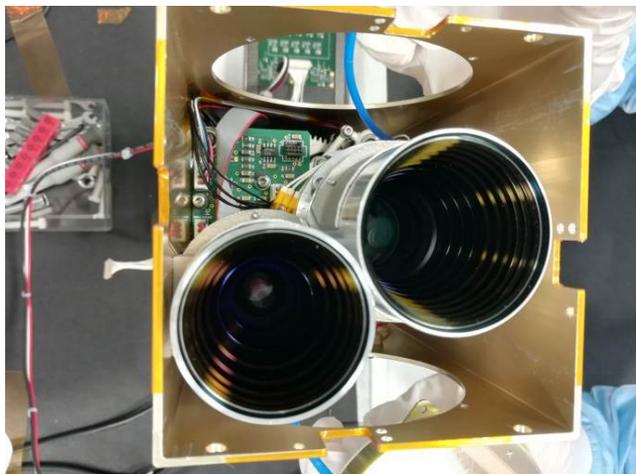
# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST



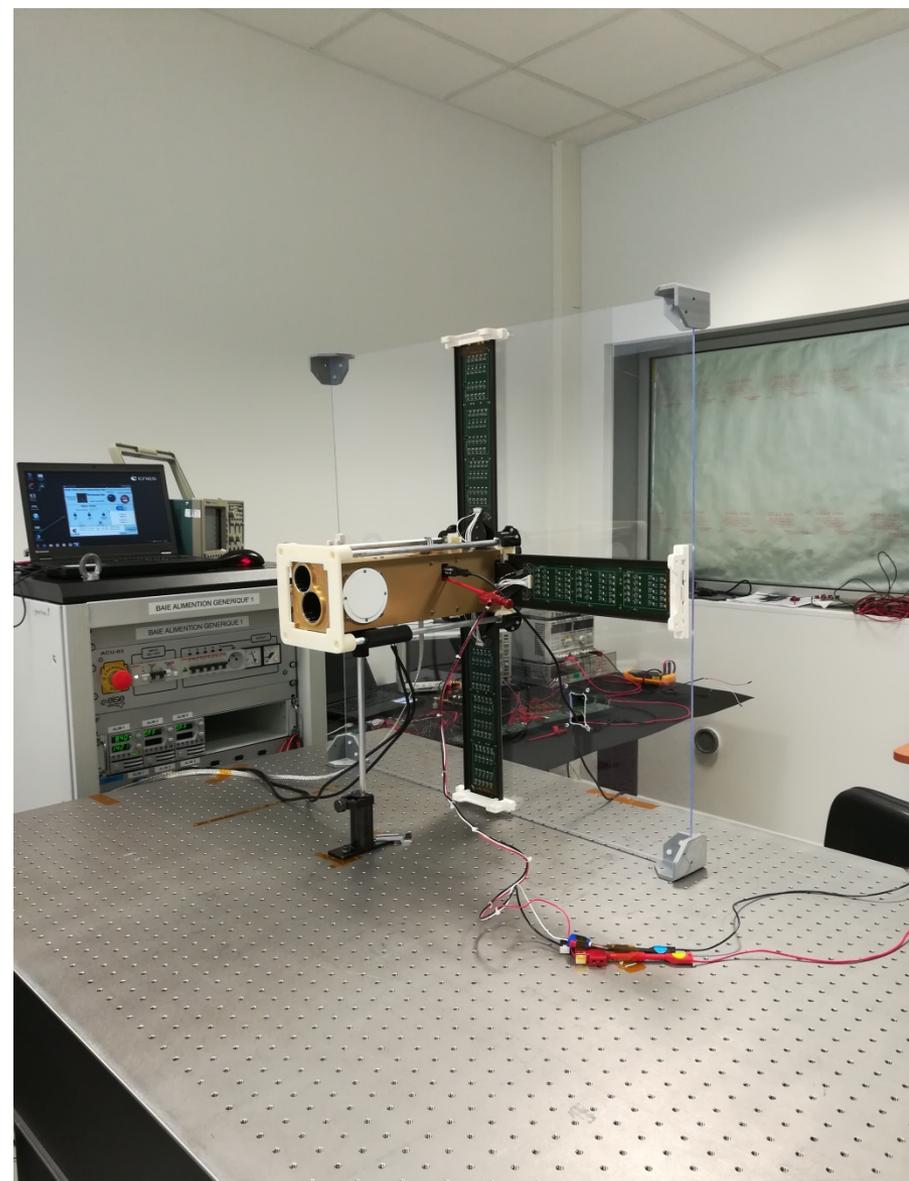
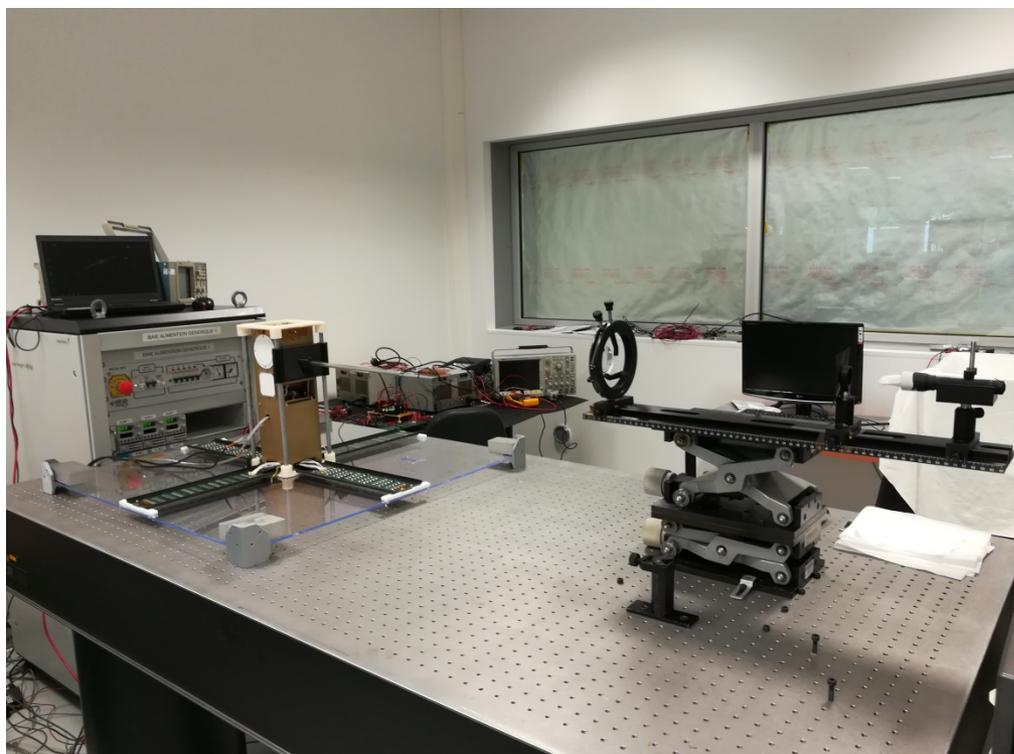
# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST



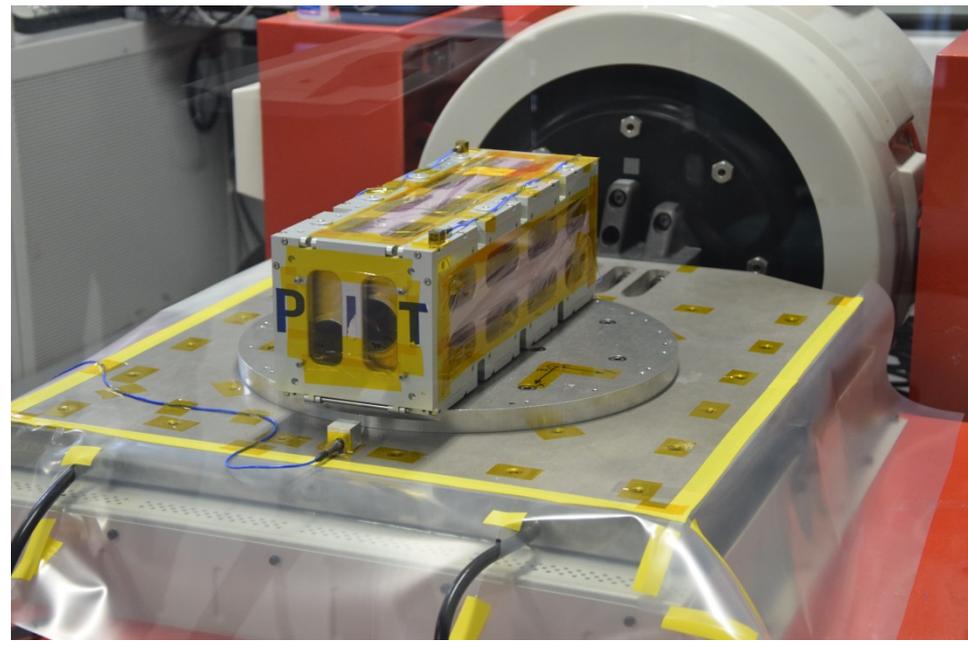
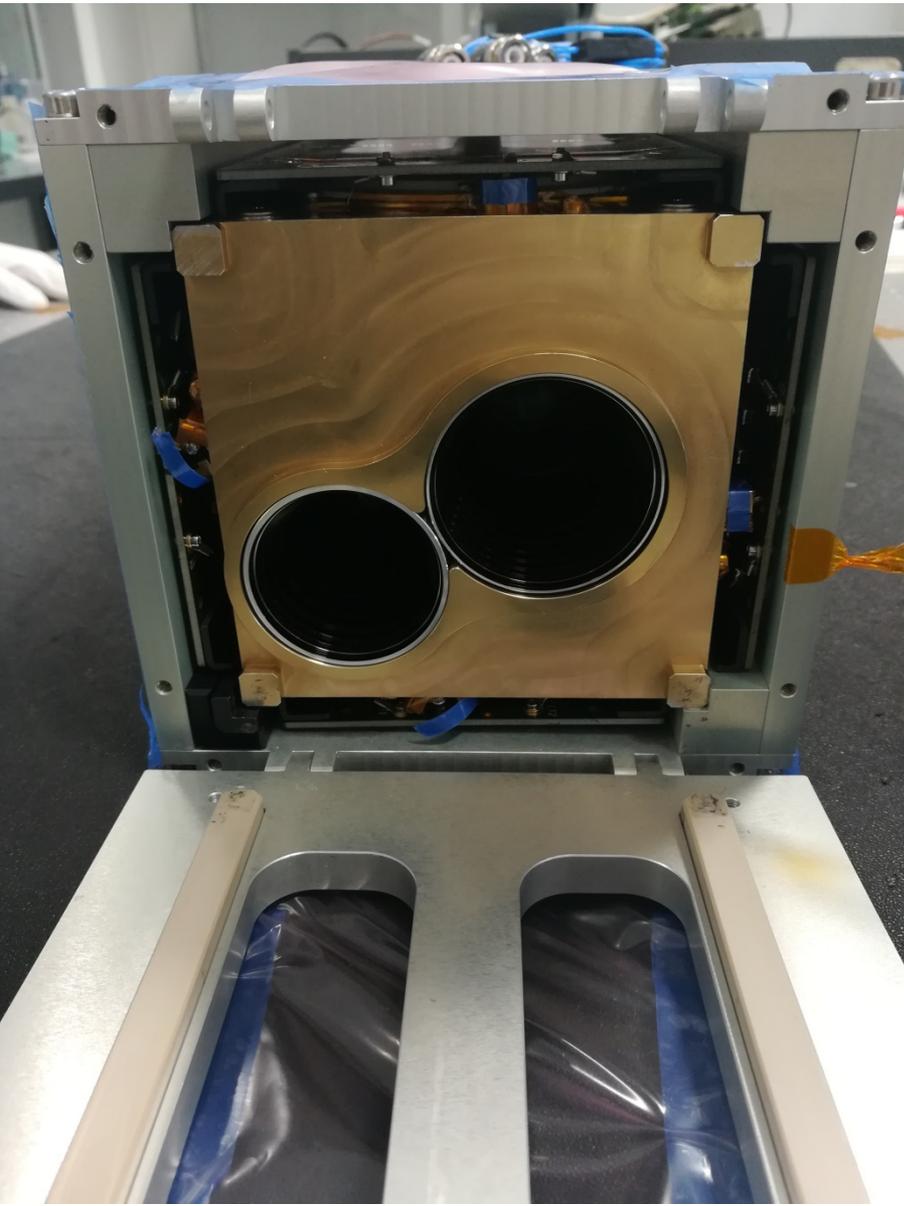
# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST



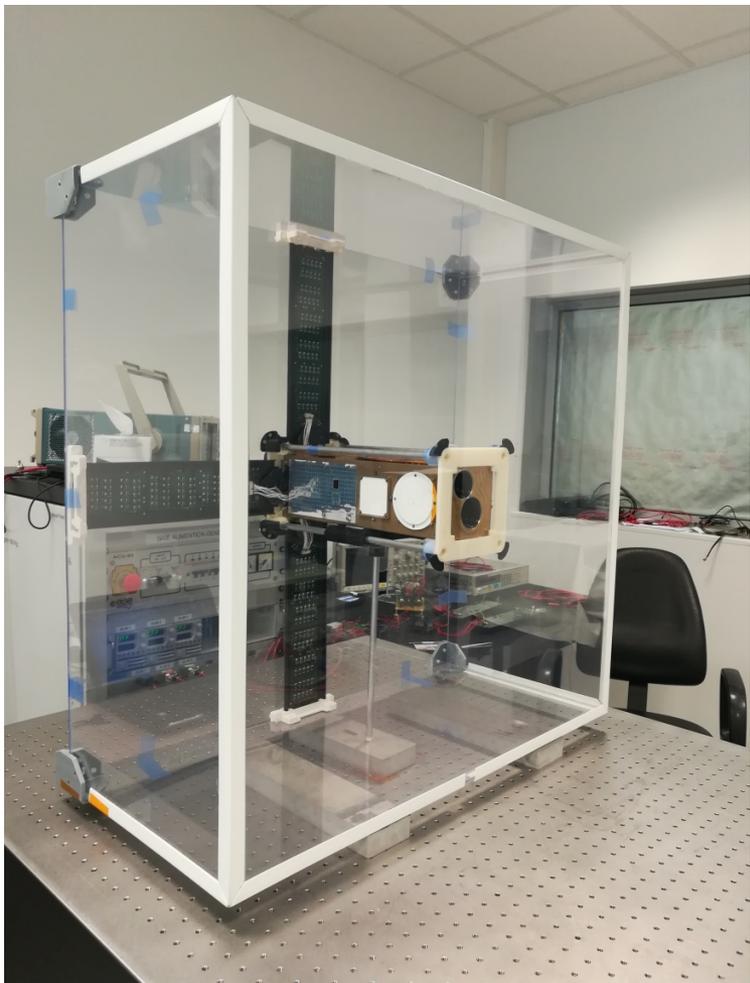
# EYESAT : ASSEMBLAGE INTEGRATION TEST



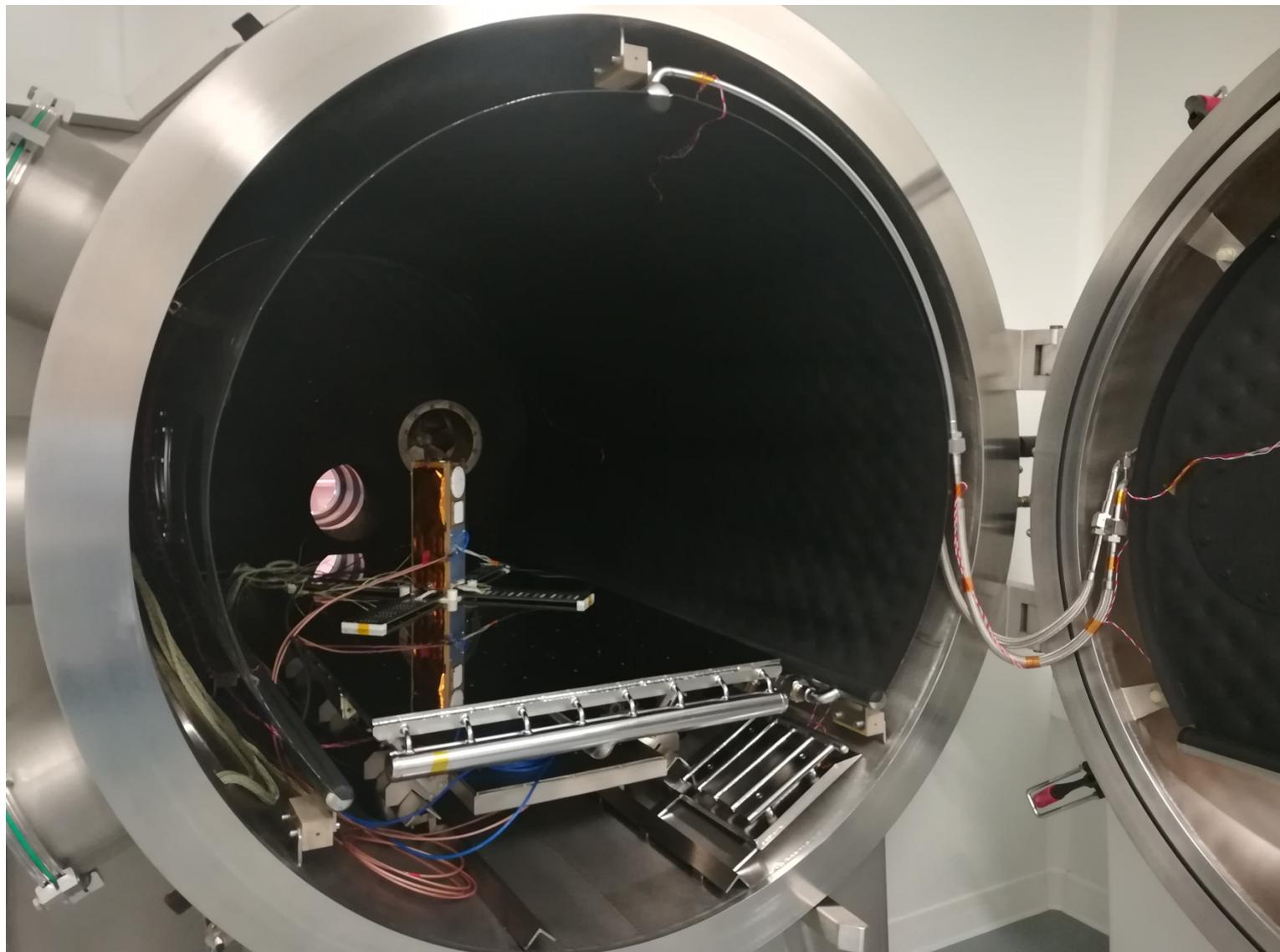
# EYESAT : ESSAIS MECANIKUES



# EYESAT : ESSAIS CHAMBRE AMAGNETIQUE



# EYESAT : ESSAIS VIDE THERMIQUE



# EYESAT : ESSAIS SYSTEME

Cartes électroniques



Simulateur  
numérique

Centre de contrôle

# BILAN TECHNOLOGIQUE

❑ Structure Cubesat en fabrication additive avec du Windform XT 2.0 (matière plastique, agréé NASA et ESA pour l'espace)

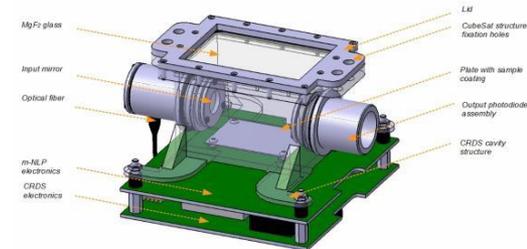


❑ Chaîne de détection pour rayons gammas (20KeV à 2Mev) et électrons (1Mev à 20Mev)

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| ❑ Cristal (Gammas):     | CeBr3 (Hellma Materials) |
| ❑ Plastic (Electrons):  | BC-412 (St Gobain)       |
| ❑ Détecteur:            | SiMP/MPPC (HAMAMATSU)    |
| ❑ Traitement du signal: | EASIROC chip             |



❑ Instrument pour mesurer des spectres d'absorption de gaz par diodes laser : CRDS (Cavity Ring Down Spectrometer)



❑ Carte calculateur NINANO: ARM9 +FPGA (STEEL)

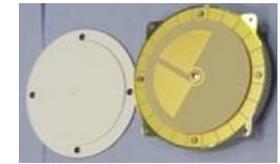
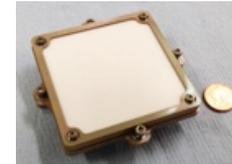


# BILAN TECHNOLOGIQUE

❑ Cartes Radio Fréquence 8Ghz et 2Ghz (SYRLINKS)



❑ Antennes bord (ANYWAVES)



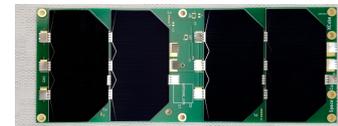
❑ Charnières composites (CLIX)



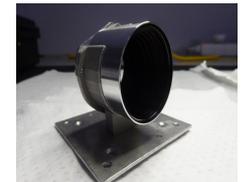
❑ Caméra CMOS Couleur (3D+)



❑ Panneaux solaires (CNES/ETUDIANTS)



❑ Traitement noir multicouche à absorption contrôlée (CILAS)



❑ Logiciels SCAO (CNES/ETUDIANTS)

❑ Logiciels « Time and Space Partitioning » XTRATUM (FENTISS)

# SUPPORT METHODOLOGIQUE

## ❑ REFERENTIEL NORMATIF POUR LE DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES ORBITAUX NANOSATELLITE PAR DES ETUDIANTS

- ✓ Des exigences pour participer à JANUS
- ✓ Un guide pédagogique en ingénierie et en assurance qualité
- ✓ Des modèles des documents à écrire durant toutes les phases de développement (spécification Mission, spécification système, spécification nanosatellite, dossier de définition, dossier d'interfaces, plan AIT, plan assurance qualité,...)

## ❑ APPRENTISSAGE A L'INGENIERIE CONCOURANTE

- ✓ Formation des étudiants et des encadrants aux méthodes et outils d'ingénierie utilisés par le CNES pour réaliser la conception et le développement de systèmes orbitaux
- ✓ 11 sessions (de 3 jours chacune) en 2012 , 2013 , 2014, 2016, 2017, 2018 (+ de 400 étudiants et encadrants formés)
- ✓ Installation gratuite et à la demande des outils dans les universités et écoles d'ingénieurs

## ❑ FORMATIONS COMPLEMENTAIRES DES ETUDIANTS ET DES ENCADRANTS PAR DES INGENIEURS DU SPATIAL

- ✓ Conférences, présentation des activités du CNES
- ✓ Sensibilisation à la LOS (Loi des Opération Spatiales)
- ✓ Formations dans les différentes disciplines de l'ingénierie spatiale (Orbitographie, SCAO, Thermique, Radiation, Système, Satellite, Management de projet,...)
- ✓ Participation au TTVS

# REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT

## EXIGENCES POUR PARTICIPER A JANUS

	<b>Réf. :</b> JANUS-SG-0-008-CNES
	<b>Edition :</b> 1 <b>Date :</b> 20/12/2017
	<b>Révision :</b> 0 <b>Date :</b>

DIRECTION DES SYSTEMES ORBITAUX  
DIRECTION ADJOINTE  
SERVICE POLITIQUE TECHNIQUE INTERFACE



**Réf. Secrétariat:** DCT/DA/AF-2013.0014565  
**Date :**

<p><b>EXIGENCES POUR PARTICIPER</b></p> <p><b>AU PROJET JANUS</b></p>
---

	Date	Signature
<b>Préparé par :</b> <p style="text-align: center;">GABORIAUD Alain            Chef de projet <b>Nanosatellites</b></p>	20/12/2017	
<b>Approuvé par :</b>		
<b>Pour application :</b>		

CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Siège : Centre de Toulouse  
2, place Maurice Quentin - 75009 Paris Cedex 01    19, avenue Edouard Belin - 31401 Toulouse Cedex 4  
Tél. : 01 44 76 75 00 / Téléfax : 01 44 76 70 65 / Téléc 214674    Tél. : 05 61 27 31 94 / Téléfax : 05 61 27 31 79 / Téléc 531081  
SIRET 175 883 912 00002    SIRET 175 883 912 00003  
RCS PARIS 8 175 883 912 - CODAPE 1912 - N° d'identification TVA 115 43 175 883 912

1. Préliminaire
  - 1.1. Documents de référence
  - 1.2. Définitions
  - 1.3. Caractéristiques des cubesats
2. LE PROJET JANUS
  - 2.1. Objectif de JANUS
  - 2.2. Organisation de Janus
    - 2.2.1. L'équipe projet JANUS et les supports
    - 2.2.2. Le Comité de Pilotage
3. Participation au PROJET JANUS
  - 3.1. Intégration d'une université ou d'une école dans Janus
  - 3.2. Réalisation d'un projet cubesat au sein d'un CSU
4. Exigences pour la création d'un Centre Spatial universitaire
  - 4.1. La Mission du CSU
  - 4.2. La constitution et l'environnement d'un CSU
  - 4.3. L'organisation d'un CSU
  - 4.4. Les Moyens du CSU
  - 4.5. Les projets du CSU

# REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT

## TABLES DES MATIERES



Référence: **RNC-CNES-HB-507**  
Version 3  
28 Novembre 2017

**MANUEL**



Avant utilisation vérifier sur le site du RNC que la version utilisée est la version applicable

<b>1. Présentation générale</b>	<b>7</b>
1.1. Liminaire	7
1.2. Préambule : un support methodologique simplifié	7
1.3. Objectif	7
1.4. Présentation du guide	8
1.5. Spécificités des projets nanosatellites	8
<b>2. Principe de Base du Projet</b>	<b>10</b>
2.1. L'organisation d'un projet	10
2.1.1. Qu'est-ce qu'un projet	10
2.1.2. Les acteurs d'un projet	10
2.1.3. Organisation du projet	11
2.1.4. Interlocuteurs du projet	12
2.2. Les phases et les revues d'un projet	12
2.2.1. La phase 0 et la RDM	14
2.2.2. La phase A et la REP	14
2.2.3. La phase B et la RDP	15
2.2.4. La phase C et la RCD	16
2.2.5. La phase D et la RQ et la RAV	16
2.2.6. La phase E et les RRV, RAV et REVEX	18
2.2.7. La phase F et la revue de Retrait de Service	18
2.3. Les activités de Management et la documentation associée	19
2.4. Processus de décision de projet	19
<b>3. Les processus de développement</b>	<b>21</b>
3.1. Le Processus Incremental et itératif	21
3.2. Le choix du Make or Buy	21
3.3. Bonne Pratique de conception	22
3.3.1. Les outils	22
3.3.2. La Loi des Opérations Spatiales	24
3.3.3. Phases 0, A et B	24
3.3.4. Phases C/D	25
3.4. La formalisation des exigences	25
3.4.1. Pourquoi ?	25
3.4.2. Mise en œuvre	25
3.5. Processus d'AIT	27
3.5.1. Les phases d'AIT	27
<b>4. Gestion de l'information d'un projet</b>	<b>29</b>
4.1. Principes	29
4.2. Capitalisation du suivi dans le contexte étudiant	29
<b>5. Annexes</b>	<b>30</b>
5.1. 12 Principes d'un développement AGILE	30
5.2. Suivi des Ressources et des Coûts Projet	30
5.3. Formalisation des exigences	30
5.4. Plan de Développement	30
5.5. Les activités d'ingénierie et la documentation associée	31
5.6. Organisation des Revues	31
5.7. Kit Suivi Etudiant	31

# REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT

	<p><b>REFERENTIEL NORMATIF du CNES</b> RNC</p>
<p><b>Référence: RNC-CNES-HB-507</b> <b>Version 3</b> <b>28 Novembre 2017</b></p>	
<p><b>MANUEL</b></p>	
<p><b>GUIDE PEDAGOGIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT DE PROJETS NANOSATELLITES ETUDIANTS</b></p>	
<p>ACCORD du Bureau de Normalisation</p>	<p>BN n° 100 du 11/06/14</p>

Avant utilisation vérifier sur le site du RNC que la version utilisée est la version applicable

<b>Phase 0 : Identification des besoins de la mission</b>	
	<b>Objectifs</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifier les besoins et les exigences de la mission</li> <li>Évaluer l'environnement et les contraintes de développement</li> <li>Étudier les concepts possibles et proposer des premières solutions techniques</li> <li>Mener une évaluation préliminaire des éléments de gestion du projet (organisation, coûts, délais, financement)</li> </ul>
Conception	<b>Documentation produite</b>
Réalisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spécification de Mission (Expression des besoins mission en terme d'exigences et de contraintes)</li> <li>Spécification Technique de Besoin Système (Expression des besoins systèmes en terme d'exigences, contraintes et solution imposée)</li> <li>Note d'organisation du projet</li> <li>Plan de développement</li> <li>Note d'analyse de risques</li> <li>Notes techniques : analyse de mission-orbitographie, scénario mission, SCAO, étude thermique, identification de sous-systèmes sur étagère,</li> <li>Modèles préliminaires CAO du cubesat, de la charge utile</li> <li>Bilans de puissance, de masse, de liaisons, de performance</li> </ul>
Exploitation	<b>Revue de fin de phase 0</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La Revue de Définition de Mission (RDM) permet d'évaluer les résultats des travaux d'analyse des besoins de la mission afin de décider des orientations du projet.</li> </ul>
	<b>Documentation soumise à revue</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Note d'organisation de la RDM</li> <li>Dossier de présentation de la RDM</li> <li>Spécification de Mission (Expression des besoins mission en terme d'exigences et de contraintes)</li> <li>Spécification Technique de Besoin Système (Expression des besoins systèmes en terme d'exigences, contraintes et solution imposée)</li> <li>Note d'organisation du projet</li> <li>Plan de développement</li> <li>Note d'analyse de risques</li> <li>Note budgétaire (coût et financement)</li> </ul>

# REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT

## ☐ MODELES DE DOCUMENTS



Réf. :  
Edition :  
Révision :

LOGO DE L'UNIVERSITE OU DE L'ECOLE

LOGO

SPECIFICATION MISSION « NOM DU PROJET »

Préparé par :

Approuvé par :

Pour application :

LOGO du PROJET	Réf. :	
	Edition : 1	De
	Révision :	De

### A. Objet

La Spécification de Mission (SM) est un document établi par l'utilisateur à l'intention plus particulièrement de l'ingénieur système et par lequel il exprime son besoin (de traduire) en termes d'exigences scientifiques et/ou technologiques.

La SM doit être suffisante pour que l'équipe projet puisse élaborer une définition qui réponde sans ambiguïté.

### B. Principe d'élaboration

#### Phase d'analyse mission et de faisabilité (phase 0 et phase A)

La SM préliminaire transcrit le besoin en termes d'objectifs scientifiques et/ou directement utilisables par l'équipe projet.

#### Phase de définition (phase B) :

La SM préliminaire a été progressivement complétée sur les points ayant nécessité des détails relatifs aux performances à obtenir. Elle est figée à l'issue de cette phase. Cette édition finale de la SM devient contractuelle pour les travaux de développement.

LOGO du PROJET	Réf. :		Date :
	Edition : 1		Date :
	Révision :		Date :
			Page : 6

### 3. DESCRIPTION DES OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE LA MISSION

Ce chapitre décrira les objectifs scientifiques de la mission et donnera les exigences scientifiques chiffrées. Des sous chapitres pourront présenter plus en détails chaque objectif

#### Exemple

La mission d'astronomie présente deux objectifs scientifiques :

- observer la lumière zodiacale dans le domaine visible, en lumière polarisée et non-polarisée
- faire une image profonde et globale de la Voie lactée en couleur

### 4. EXIGENCES SCIENTIFIQUES DE LA MISSION

Ce chapitre donnera les exigences scientifiques chiffrées. Elles pourront être organisées par sous chapitre.

#### Exemple

Le nanosatellite devra être capable de :

- mesurer de manière absolue la luminance de la lumière zodiacale en lumière non polarisée
- mesurer le taux de polarisation ainsi que l'orientation du champ de polarisation de la lumière zodiacale.

Une portion de sphère céleste sera observée et est définie en repère héliocentrique comme suit :

- de 80° à 180° en longitude héliocentrique  $\lambda - \lambda_0$
- de 0° à 90° en latitude héliocentrique  $\beta$

La résolution spatiale voulue est comprise entre 0.5° et 2°.

La durée de la mission sera d'un an

### 5. DESCRIPTION DES OBJECTIFS DE DEMONSTRATION TECHNOLOGIQUE

Ce chapitre décrira les nouvelles technologies embarquées dans le nanosatellite à des fins de démonstration en vol. Des sous chapitres pourront décrire plus en détail les technologies et les attendus des démonstrations en vol.

#### Exemple

En complément des objectifs scientifiques de la mission, on embarquera de nouvelles technologies, afin de faire de la démonstration technologique. Ces technologies seront issues de R&T CNES suffisamment matures pour être embarquées dans le nanosatellite :

- Un détecteur CMOS couleur
- Une avionique constituée d'un calculateur ARM
- Une radiofréquence en bande X

# REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT



Référence: **RNC-CNES-HB-508**

**28 Novembre 2017**

**MANUEL**



Avant utilisation vérifier sur le site du RNC que la version utilisée est la version applicable

## TABLES DES MATIERES

<b>1. Présentation générale</b>	<b>7</b>
1.1. Liminaire	7
1.2. Un support methodologique simplifié	7
1.3. Spécificités des projets nanosatellites	7
<b>2. L'Assurance Produit</b>	<b>8</b>
2.1. Périmètre	8
2.2. Organisation	9
2.3. Comptes-rendus sur l'état d'avancement de l'Assurance Produit	9
<b>3. Activités générales</b>	<b>9</b>
3.1. Maîtrise des risques	9
3.2. Gestion des anomalies	10
3.3. Gestion de configuration	10
3.4. Livret suiveur	11
3.5. Ingénierie des exigences	11
3.6. Sûreté de Fonctionnement	11
3.7. Retour d'expérience (REX)	11
<b>4. Activités de suivi des Approvisionnements</b>	<b>13</b>
4.1. Sélection des sources d'approvisionnement	13
4.2. Documents d'approvisionnement	13
4.3. Contrôle de la réception	13
<b>5. Activités de suivi en Fabrication</b>	<b>15</b>
5.1. Planification et contrôle des activités	15
5.2. Contrôle de la Propreté du fabricant	15
<b>6. Activités en recette et Livraison</b>	<b>15</b>
6.1. Registre de Contrôle Individuel (RCI)	15
6.2. Acceptation du produit	16
<b>7. Activités en Assemblage, Intégration et Tests</b>	<b>16</b>
<b>8. Activités de suivi de Qualification</b>	<b>17</b>
<b>9. Assurance Qualité composants EEE</b>	<b>18</b>
9.1. Composants commerciaux	18
9.2. Liste des Composants	19
9.3. Obsolescence	19
9.4. Taux de charge des composants	19
9.5. Electrical Static Discharge (ESD)	19
9.6. Approvisionnement des composants	19
9.6.1. Référentiel d'approvisionnement	19
9.6.2. Unicité de lot	19
9.7. Stockage	19
9.8. Assemblage	19
<b>10. Assurance Qualité Matériaux, Composants Mécaniques et Procédés</b>	<b>21</b>
10.1. Listes Matériaux, Composants Mécaniques et Procédés	21
10.1.1. Elaboration des listes	21
10.1.2. Analyse de criticité	21
10.2. Contrôle des matériaux	21
10.2.1. Sélection des matériaux	21
10.3. Approvisionnement des matériaux	22
10.4. Contrôle des Composants Mécaniques	22
10.4.1. Sélection des Composants Mécaniques	22
10.4.2. Approvisionnement des Composants Mécaniques	23
10.5. Contrôle des procédés	23
10.5.1. Sélection des procédés	23

# REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT

## ETUDE EN COURS POUR SITUER LE REFERENTIEL NORMATIF CUBESAT PAR RAPPORT AUX ECSS IOD DE L'ESA

ESA UNCLASSIFIED – For Official Use



European Space Research  
and Technology Centre  
Keplerlaan 1  
2201 AZ Noordwijk  
The Netherlands  
T +31 (0)71 585 0505  
F +31 (0)71 585 0540  
www.esa.int

### DOCUMENT

**Tailored ECSS Engineering Standards for In-Orbit  
Demonstration CubeSat Projects**

Prepared by	TEB
Reference	TEC-SV/128/2013/SPD/RW
Issue	1
Revision	3
Date of Issue	24/11/2016
Status	Approved/Applicable
Document Type	SP
Distribution	

European Space Agency  
Agence spatiale européenne

ESA UNCLASSIFIED – For Official Use



European Space Research  
and Technology Centre  
Keplerlaan 1  
2201 AZ Noordwijk  
The Netherlands  
T +31 (0)71 585 0505  
F +31 (0)71 585 0540  
www.esa.int

### DOCUMENT

**Product and Quality Assurance Requirements for In-Orbit  
Demonstration CubeSat Projects**

Prepared by	TEB
Reference	TEC-SV/129/2013/SPD/RW
Issue	1
Revision	2
Date of Issue	05/10/2016
Status	Approved/Applicable
Document Type	RQ
Distribution	External

European Space Agency  
Agence spatiale européenne

# OUTILS D'INGENIERIE

**Gestion Projets**

**Word** **Outlook** **Project** **Excel** **Powerpoint**

**Outils métiers**

**Xilinx ISE** **Catia** **Matlab/Simulink** **Xoncrete** **Thermica** **Patran/Nastran** **Samcef field**

**Système**

**IDM-CIC** **STELA** **Scilab** **VTS**



## 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**

# OFFRE CUBESATS EN FRANCE

R & T

Plateformes  
industrielles 12U et plus

**NEXEYA**  
smallSats

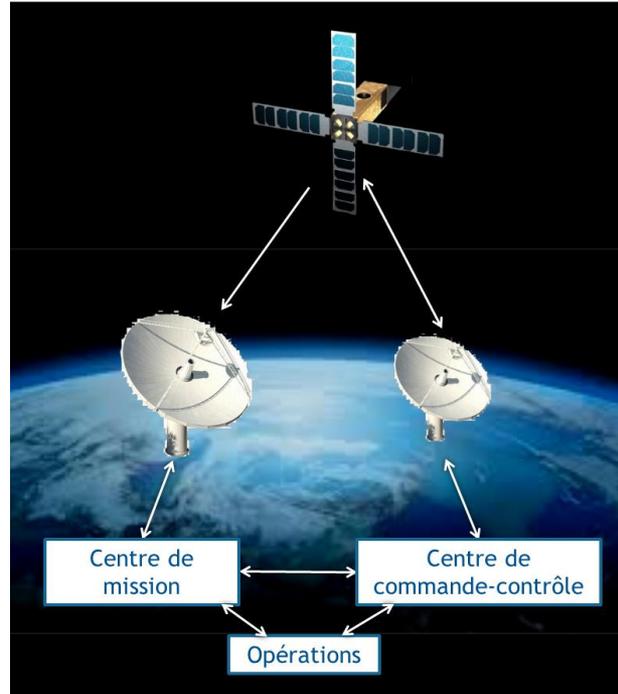
Etudes Phase 0



M.O.  
Industriels

Maîtrise d'œuvre de  
systèmes CubeSat  
3U/6U

**U-Space**



Club Nano



Projets étudiants



Sous-Systémiers

Cartes RF  
2GHz/8GHz  
**Syrlinks**

Antennes RF



Calculateur  
NINANO



Propulsion  
Electrique



Propulsion  
Electrique  
**EXOTRAIL**

# OFFRE CUBESATS EN FRANCE

## L'offre NEXEYA

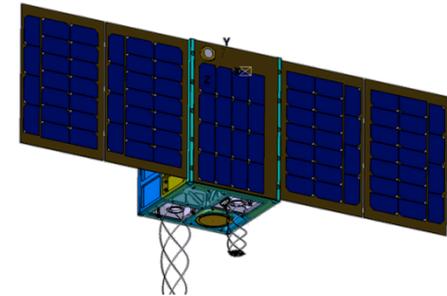
### **PRODUIT VISE: une plateforme nanosatellite**

- Haut de gamme en termes de capacité et d'exigences,
- Fortement modulaire,
- Adaptable avec un potentiel de croissance vers le format type 27U, voire au delà.

### **Pour aboutir à cette offre**

**Réalisation d'un démonstrateur de format 12U  
avec ses moyens sol associés**

**Validation en orbite du concept de la plateforme  
avec la charge utile ARGOS miniaturisée**



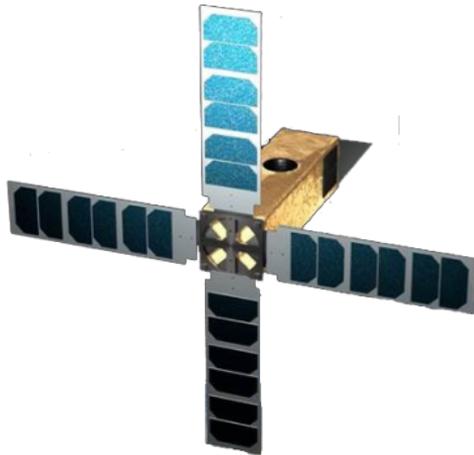
**Grâce à ce démonstrateur le CNES ouvre la voie pour :**

- de nouvelles missions bas coûts institutionnelles
- positionne un acteur industriel français sur le marché international prometteur des nanosatellites

# OFFRE CUBESATS EN FRANCE

## L'offre U-SPACE

3U



6U



### Fly Your Idea !

### Learn By Flying !

### Hands-on training !

- Démonstrations nouvelles missions
- Démonstrations technologiques
- Applications commerciales

- Formation complète par projet CubeSat
- CubeSat en vol

- Cours
- CubeSat sur table