



Nanosatellites : Enseigner la physique avec un projet spatial

Hubert Halloin (Université Paris Diderot)





Les nanosatellites étudiant en France

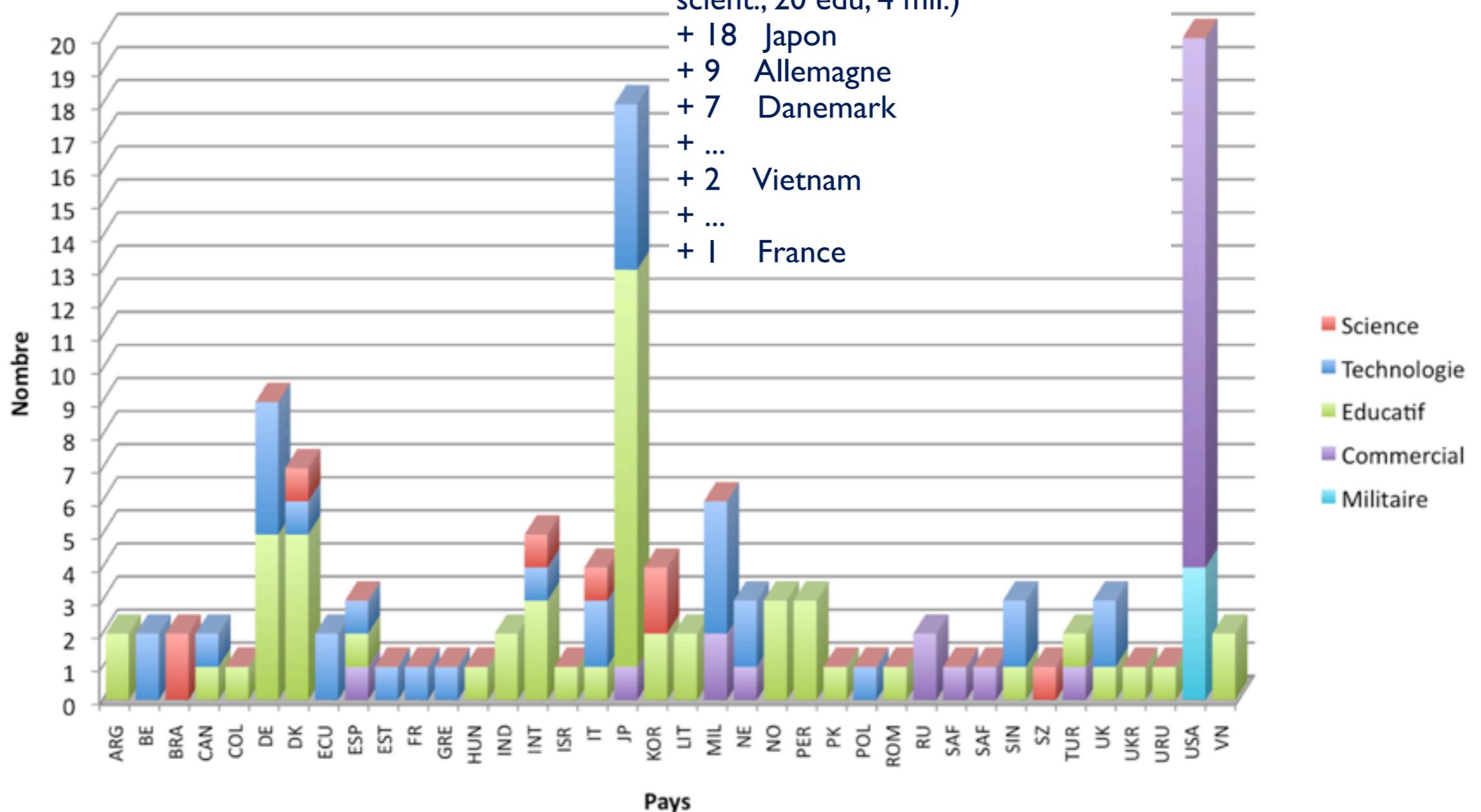


❖ Les nanosatellites pédagogiques sont surtout répandus aux USA (≈ 20), au Japon (≈ 13), un peu en Europe (5 en Allemagne et au Danemark), etc ...

❖ 1 seul lancé en France ...

330 CubeSats lancés depuis 2000 :
 + 225 USA (101 com, 67 techno, 33 scient., 20 edu, 4 mil.)

+ 18 Japon
 + 9 Allemagne
 + 7 Danemark
 + ...
 + 2 Vietnam
 + ...
 + 1 France



- ❖ **Pionnier en France : Université de Montpellier**
- ❖ **Satellite : ROBUSTA**
 - ❖ **Objectif : Amélioration des modèles de tenue aux radiations de composants électroniques**
 - ❖ **Taille : 10x10x10 cm³, ≈ 1kg**
 - ❖ **Réponse à l'appel à projets étudiants EXPRESSO du CNES en 2006 ...**
 - ❖ **Lancé (avec 6 autres) en février 2012 sur le premier vol VEGA**
 - ❖ **N'a fonctionné que quelques heures en raison d'un problème technique.**
- ❖ **Aujourd'hui à l'Université de Montpellier**
 - ❖ **Centre Spatial Universitaire : service commun de l'Université, pilote le master en technologies spatiales**
 - ❖ **Création de la Fondation Van Allen pour la promotion des activités nanosats**
 - ❖ **≈2 M€ de dotations privées (entreprises du secteur spatial)**
 - ❖ **Développement de plateformes nanosat par des étudiants de l'UM pour des projets tiers**
 - ❖ **Reconnu comme opérateur de satellites en France**





Projet JANUS



- ❖ **Mis en place en 2012 par le CNES**
 - ❖ Jeunes en Apprentissage pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des écoles de l'enseignement Supérieur
 - ❖ Promotion des activités d'enseignement autour de projets spatiaux
- ❖ **Mise en place de Centres Spatiaux Etudiants**
 - ❖ Partenariats avec des laboratoires scientifiques et PME/PMI
- ❖ **Moyens fournis par le CNES**
 - ❖ Formations et guide pédagogique (normes)
 - ❖ Suivi de réalisation (revues)
 - ❖ 50% des coûts de développement du projet (modèles et vol)
- ❖ **Exigences CNES**
 - ❖ Développement en 5 ans maximum
 - ❖ Un chef de projet à temps plein





11 projets en cours dans le programme JANUS



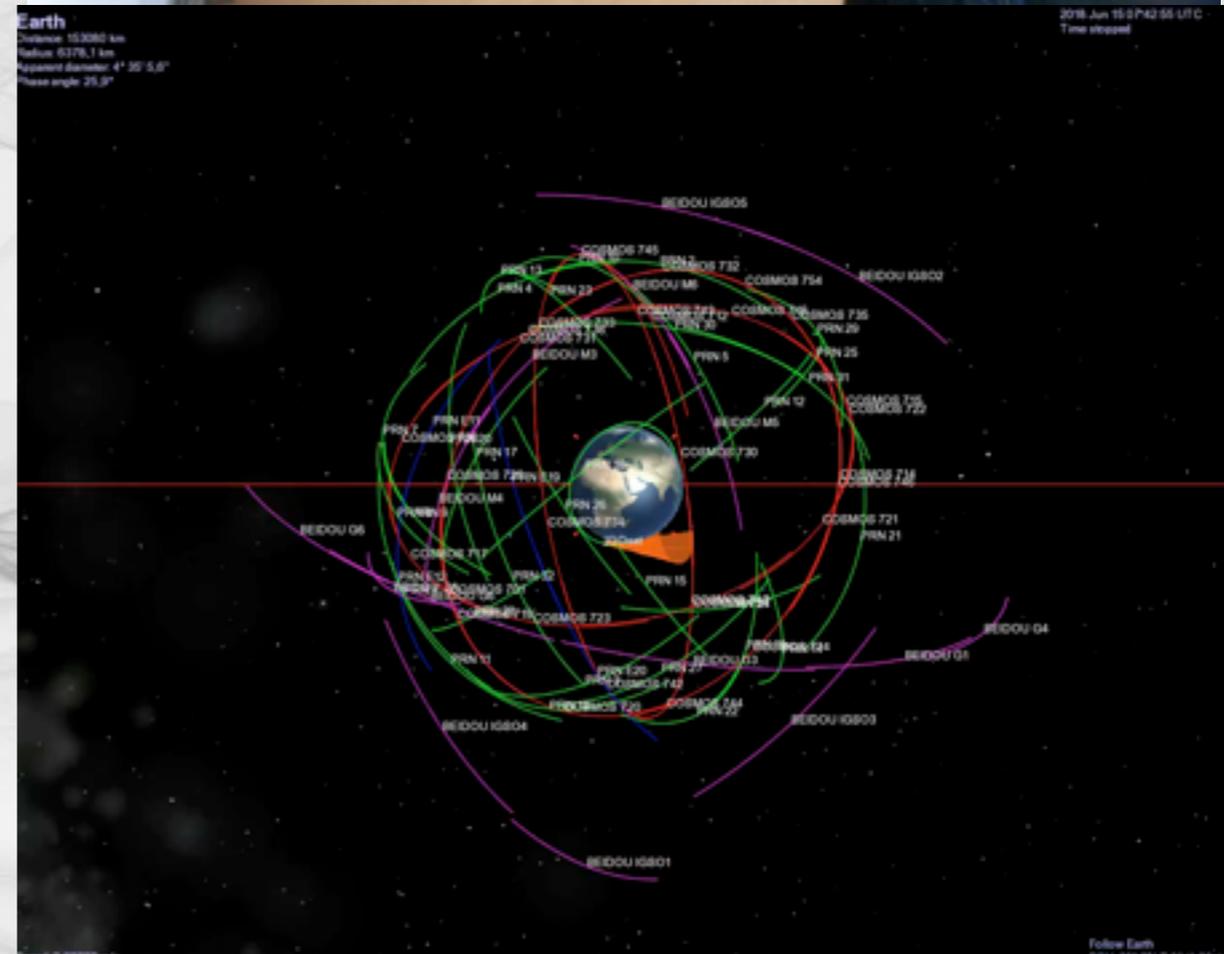
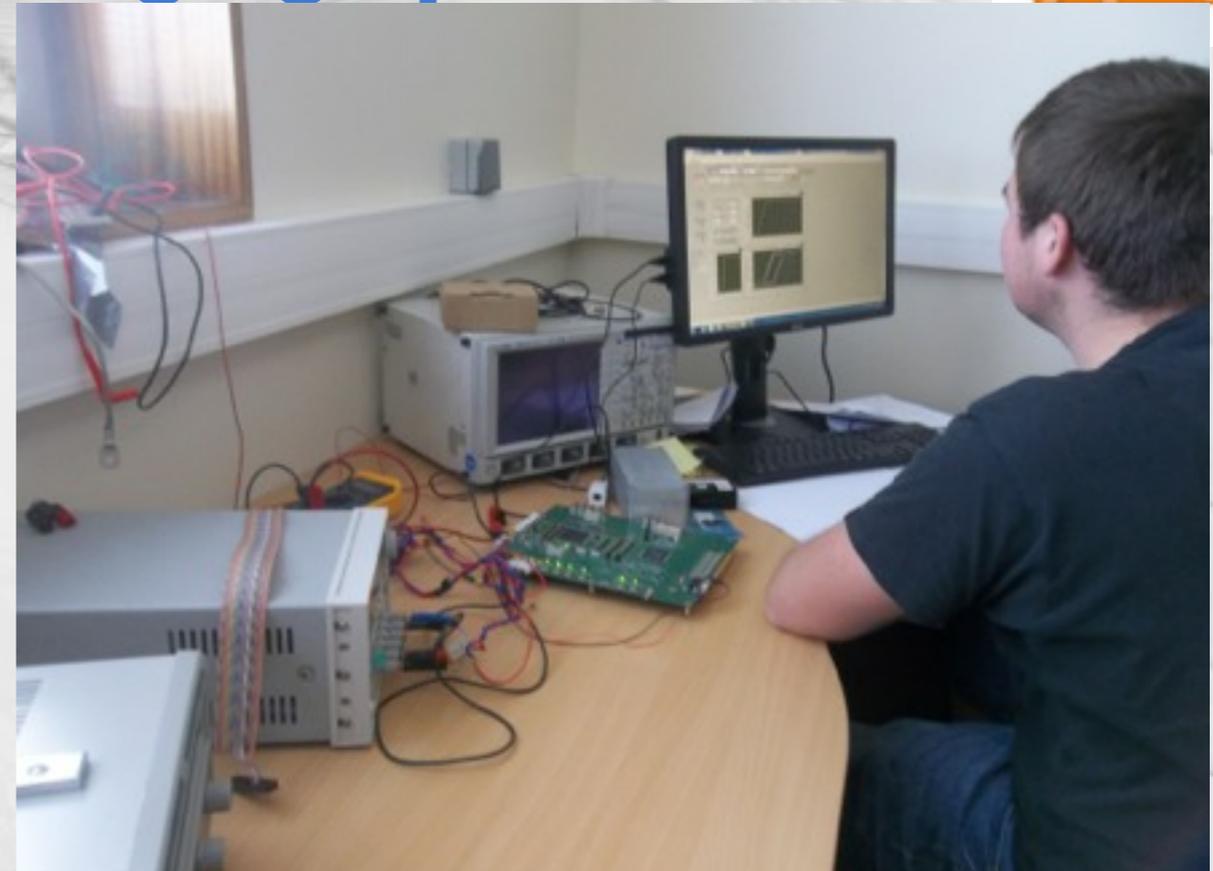
- ❖ Réseau QB50 (Projet international de 50 nanosats lancés en 2016)
 - ❖ Ecole Polytechnique : X-Cubesat
 - ❖ Mines ParisTech : Space-Cube
 - ❖ ISAE-SUPAERO : EntrySat
 - ❖ UPEC : OGMS-SAT
- ❖ Université de Montpellier
 - ❖ ROBUSTA 1B : lancement fin 2015
 - ❖ Méditerranée-SAT : lancement en 2018
- ❖ Paris Sud / IUT Cachan : Eye-SAT (lancement début 2016)
- ❖ Univ. Aix-Marseille : CASAA-SAT (lancement fin 2017)
- ❖ Univ. Paris Diderot : IGOSat (lancement fin 2017/début 2018)
- ❖ UPMC : METEOR (lancement 2018/2019)
- ❖ ELISA : ELISA-SAT (lancement 2018/2019)



Quel intérêt pédagogique ?

Travaux réalisable par les étudiants :

- ❖ Définir, intégrer, valider et exploiter la charge utile d'un nanosatellite
- ❖ En fonction des compétences locales et collaborations: développement de la plateforme (répartition à définir faire/acheter)
- ❖ Mise en oeuvre de compétences 'physiques' variées
 - ❖ Mécanique, méthodes numériques, systèmes asservis, télécom, thermique, etc.
 - ❖ Projet interdisciplinaire, inter-UFR (parfois difficile de trouver sa place à l'Université ...)
- ❖ Propice à TDs et TPs :
 - ❖ Application directe de mécanique du solide (sans frottement ...), photovoltaïque, transferts thermiques, etc.
- ❖ Valorisation de l'autonomie et du travail en équipe
 - ❖ Pas de solutions toutes faites et approche expérimentale
 - ❖ Interactions entre étudiants de différentes formations et niveaux
 - ❖ Revues régulières devant un panel d'experts
 - ❖ Reconnu par les futurs employeurs
- ❖ Collaborations avec des professionnels
 - ❖ Laboratoires, entreprises, agences spatiales
- ❖ **Projet motivant : participer à la réalisation d'un satellite !**



Un nanosat pour la formation des étudiants : **iGO SAT**



ionospheric and
Gamma-ray
Observation
SATellite



Le projet iGOSAT



Ionospheric and Gamma-ray Observations Satellite

- Proposé et financé par le LabEx (laboratoire d'excellence) UnivEarthS
 - projet conjoint des laboratoires en sciences de la Terre et de l'Université de Paris Diderot : APC (AstroParticule et Cosmologie), IPGP (Institut de Physique du Globe de Paris)
 - Dans le cadre du programme JANUS
 - Réalisation d'un centre spatial étudiant à Paris Diderot
- Objectif : réaliser en être prêt à lancer un satellite en 2017 ...

iGOSAT

**LabEx
UnivEarthS**

CNES

**Université
Paris 7**

**Autres
Universités
et écoles**

APC

IPGP

JANUS

EIDD, OSAE, UFR
LAC, UFR STEP, UFR
Physique, UFR
Info, ...

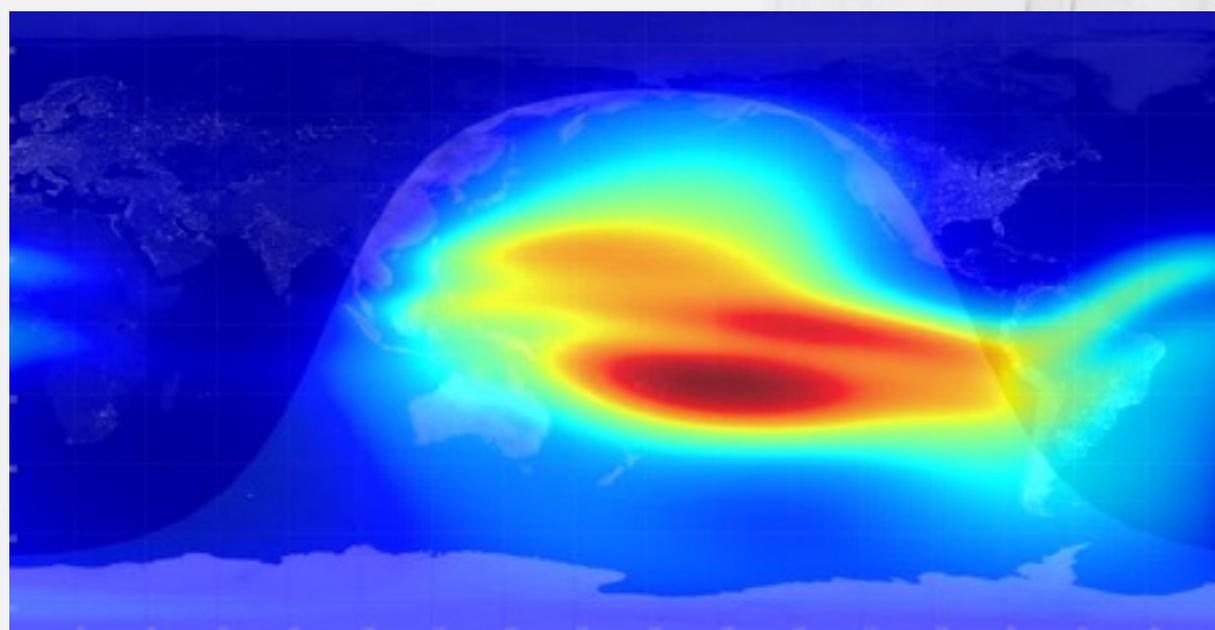
Paris 6, Paris
11, Centrale,
ISAE



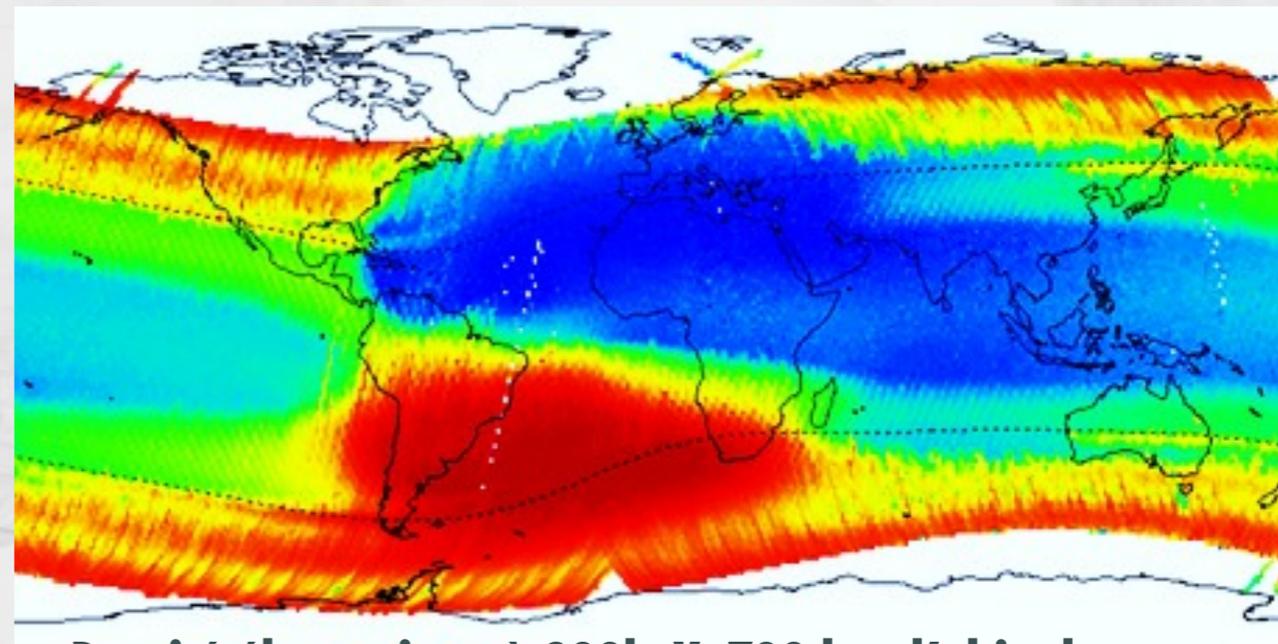
La mission en quelques mots

IGOSat a 2 objectifs scientifiques principaux :

- ▶ Cartographie de l'intensité et du spectre en électrons et gammas en orbite basse
- ▶ Mesure du contenu électronique total de l'ionosphère
- ▶ Zones d'intérêt majeur : cornets polaires et Anomalie Sud Atlantique
- ▶ Etude des corrélations (spatiales et temporelles) entre état des ceintures de radiations et TEC
- ▶ Au moins toutes deux sensibles à l'activité solaire ...



IRI 2007 (modèle empirique ionosphérique)



Densité électronique à 200keV, 700 km d'altitude (Demeter, 2005)

IGOSat a aussi 2 objectifs technologiques :

- ▶ Scintillateur : Caractérisation en vol d'une matrice SiPM associée à l'électronique de lecture EASIROC (
- ▶ TEC : Evaluation des performances accessibles avec une carte GPS commerciale et les algorithmes IPGP





Etudiants impliqués



▶ Depuis septembre 2012, plus de 140 étudiants ont travaillé sur un projet lié à **IGOSAT**

▶ Cours et projets inclus dans des formations initiales :

▶ Ecole d'Ingénieurs Denis Diderot (1A, 2A, 3A)

▶ Masters OSAE, Planétologie, informatique

▶ UFR de Physique : L2 et L3

▶ UFR Lettres, Arts et Cinéma

▶ Stages :

▶ de 1 à 6 mois

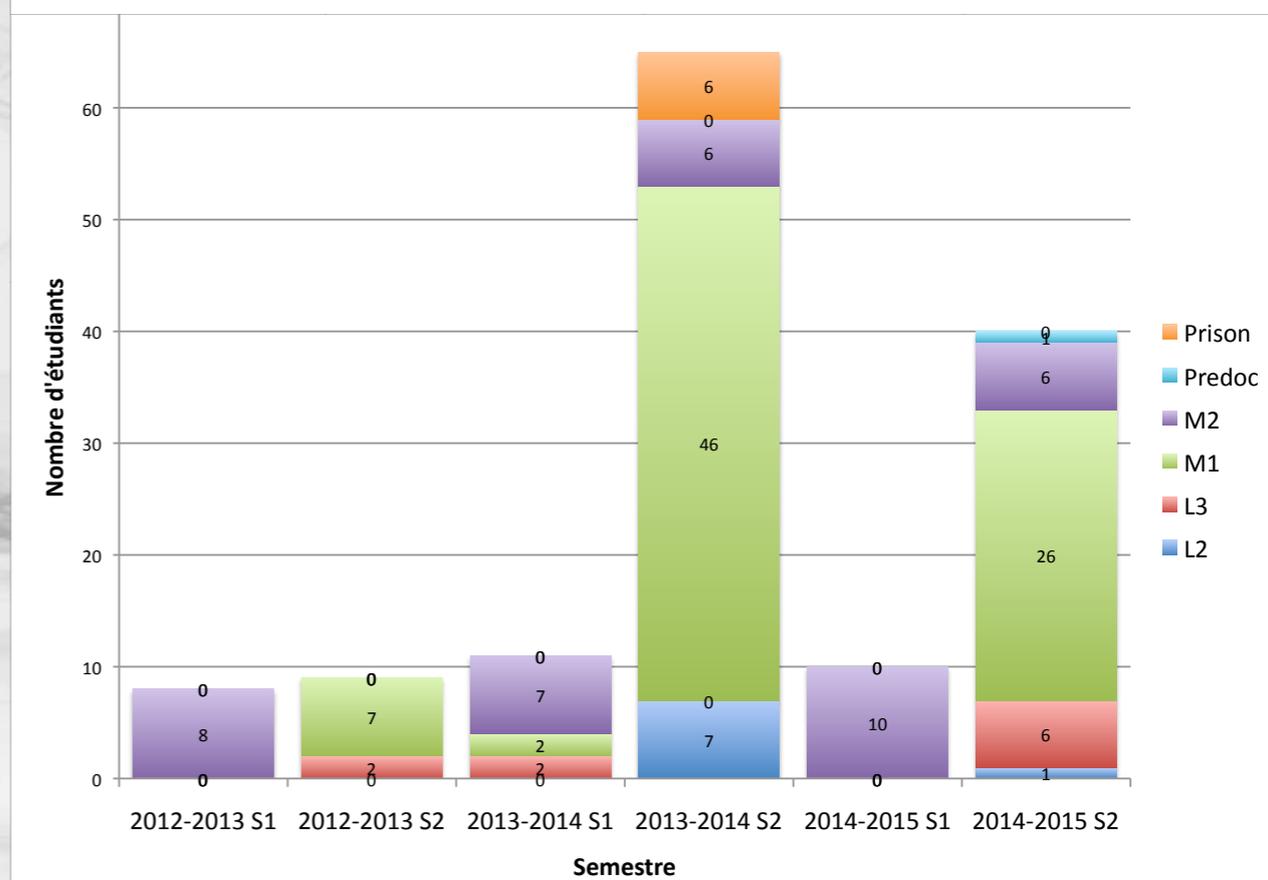
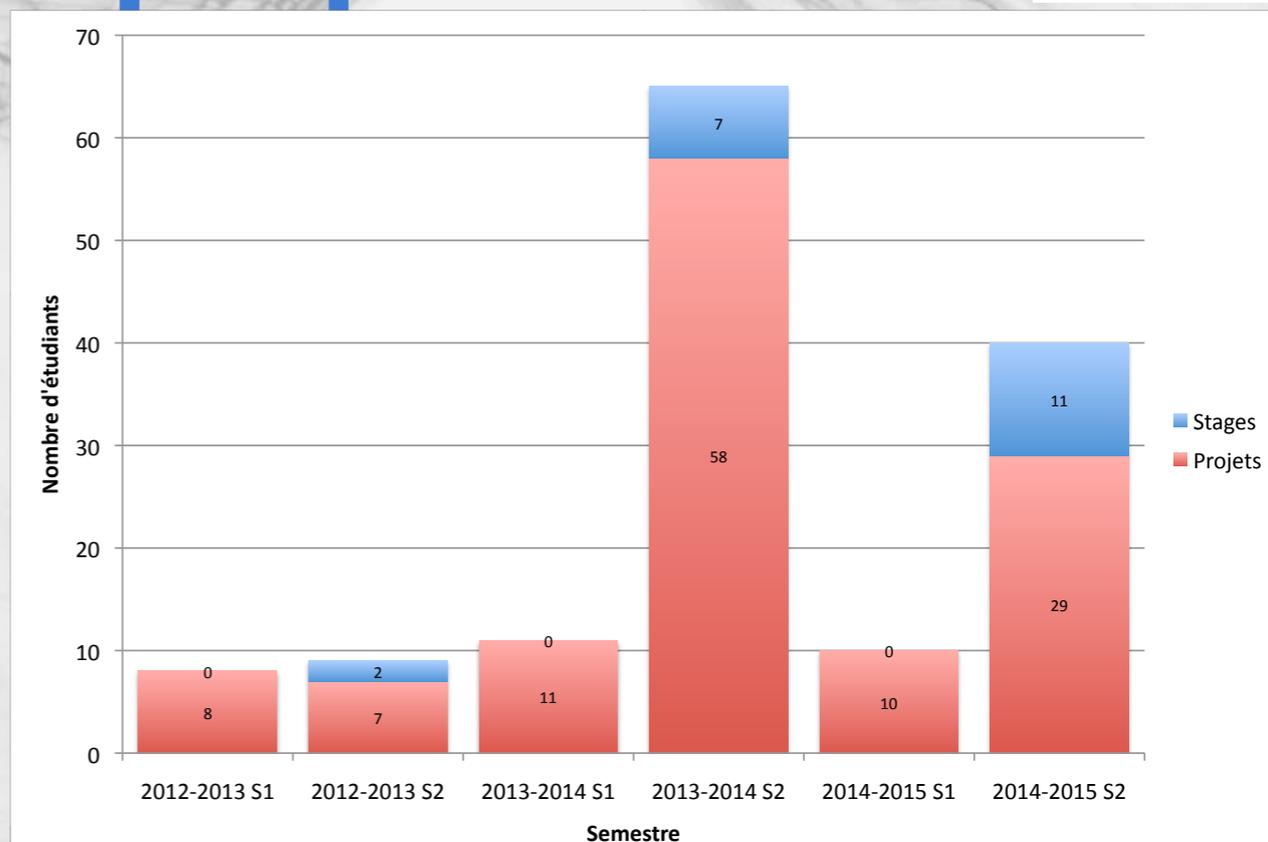
▶ L3 à M2, Prédoctoral, Ecoles d'Ingénieurs, ...

▶ Complémentarité projets / stages

▶ Projets : identification et mise en forme des problèmes, premières propositions et expérimentation de solutions

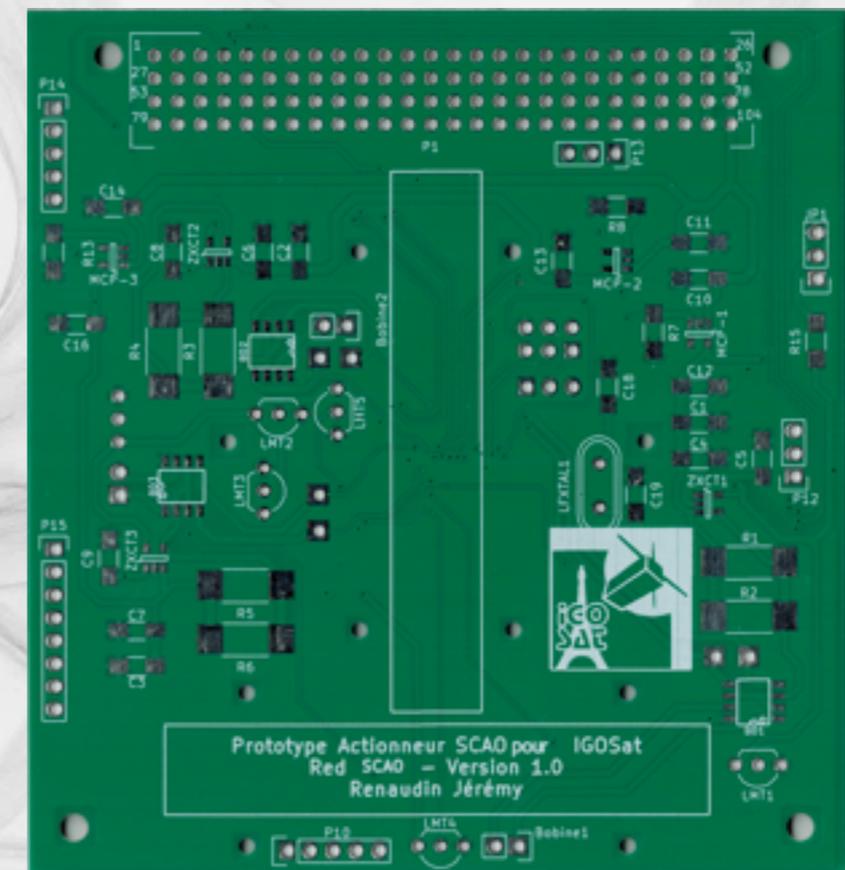
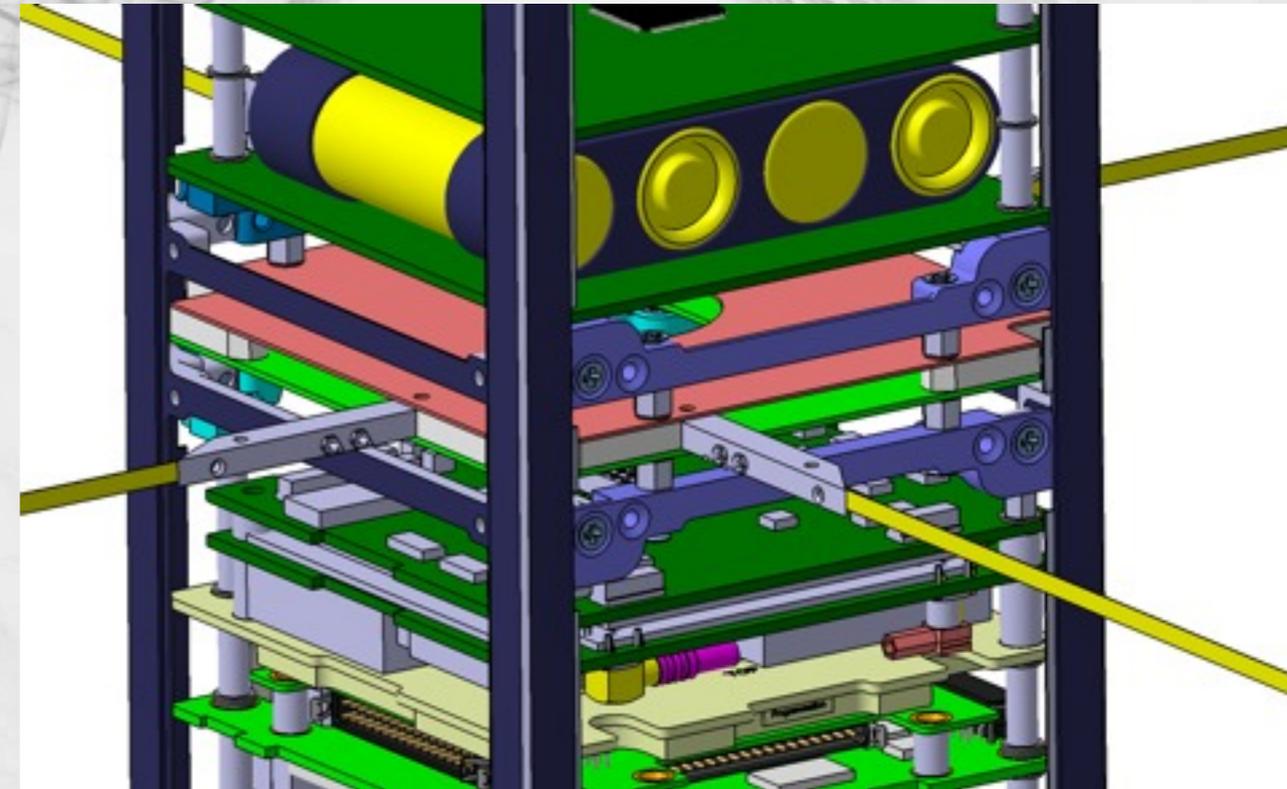
▶ Stages : études en profondeur / mise en oeuvre des solutions

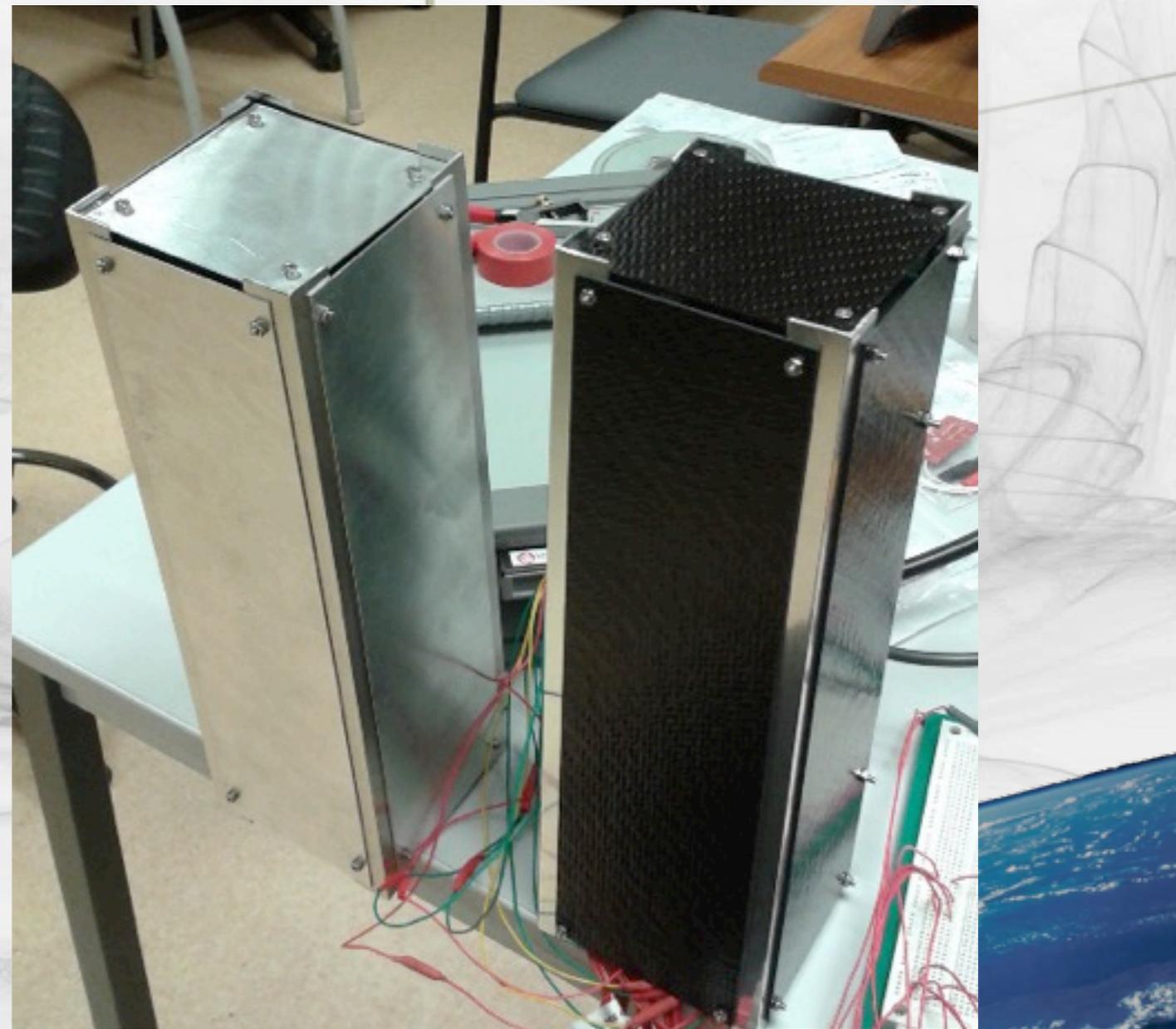
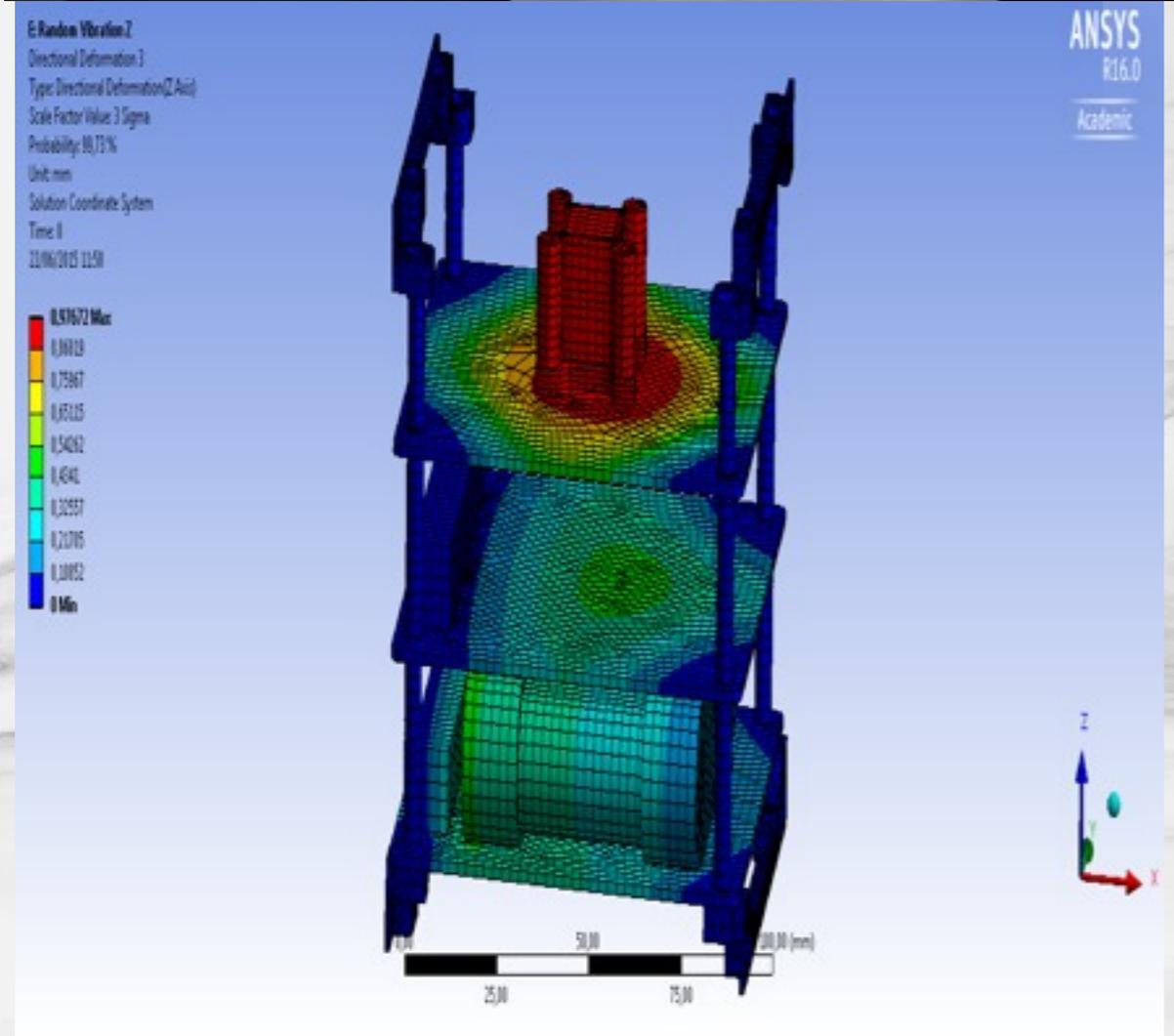
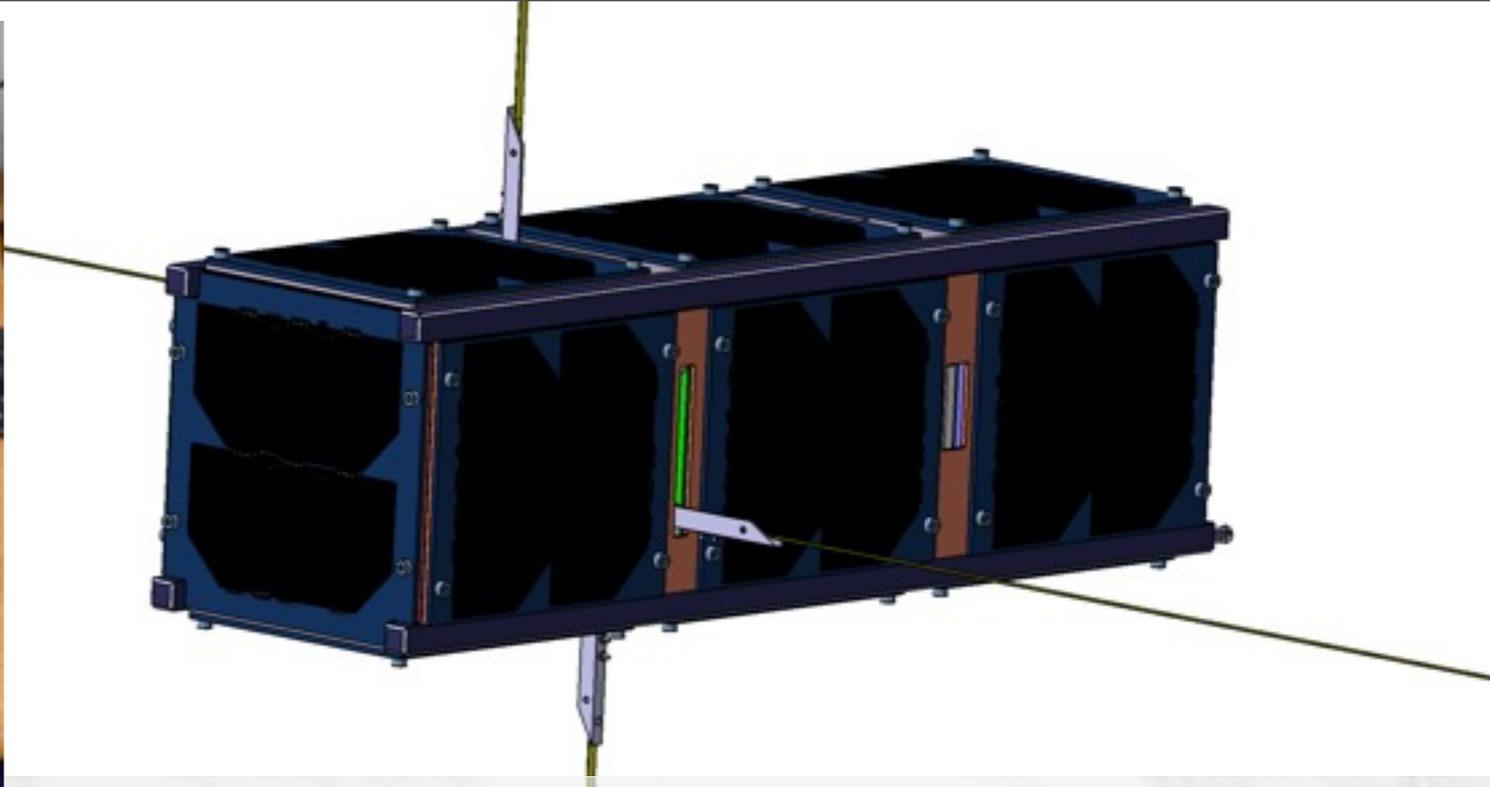
▶ Ambition de mettre en ligne une offre de sujets de TD/TP/ expériences basés sur les nanosats



La situation du projet iGOSAT aujourd'hui

- ❖ Les dimensionnements préliminaires ont été faits :
 - ❖ Profil et exigences mission
 - ❖ Faisabilité technique, simulation mission
 - ❖ Etudes thermiques, électriques, mécaniques, systèmes, etc.
- ❖ Plusieurs sous-ensembles ont été définis et les premiers prototypes sont réalisés
 - ❖ Charges utiles, carte de télécommunication, ...
 - ❖ Architectures mécanique et électrique
 - ❖ Contrôle d'attitude (lois de contrôle et électronique de commande)
 - ❖ Modèle thermique (maquette)
 - ❖ Station sol

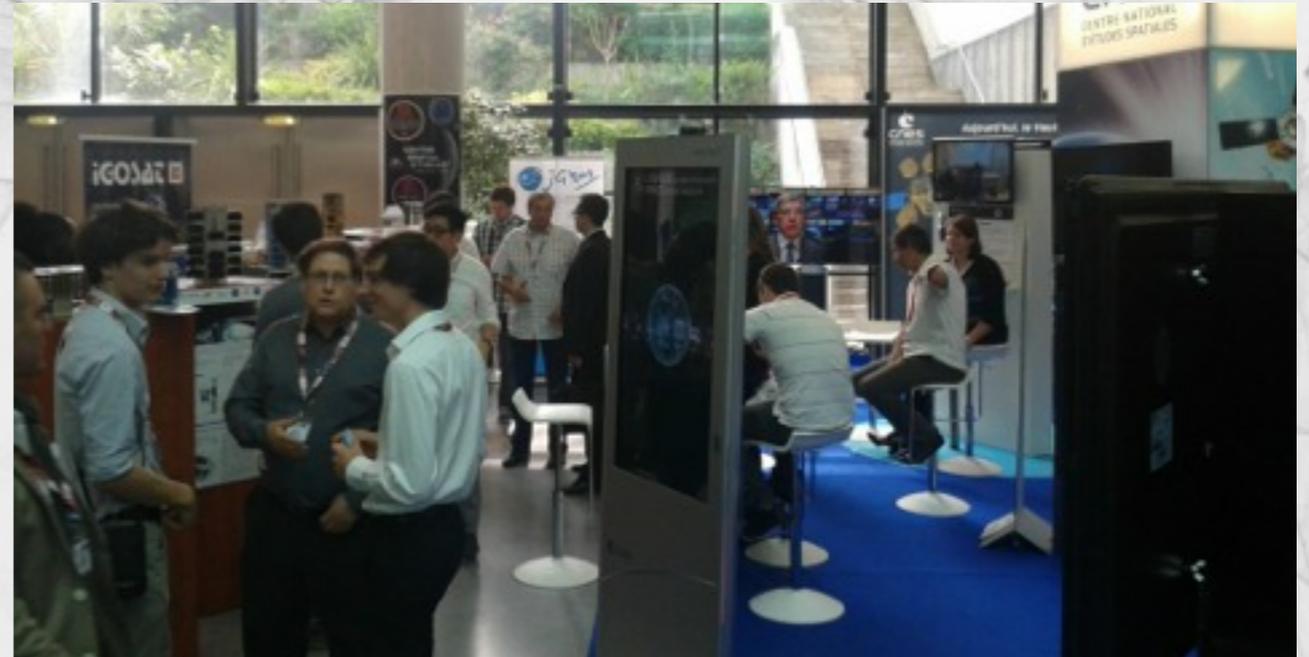




Pas que de la physique ...



- ❖ Site web : www.igosat.fr
- ❖ Nouveau site web en construction ...
- ❖ Flyers et posters
- ❖ Etudiants en Master de journalisme scientifique
- ❖ Participation à des conférences et salons professionnels
 - ❖ SpaceShow 2014, Salon du Bourget, ...
- ❖ Fêtes de la Science 2013 et 2014
- ❖ 3 films d'animation
 - ❖ Etudiants des Ateliers Cinéma de l'Université.
- ❖ Informatique embarquée et simulateurs



DON'T JUST STAND THERE
 Rejoins le projet iGO SAT et participe à la conception d'un satellite étudiant !

GO BE AN iGO SAT

ionospheric and Gamma ray Observations Satellite
<http://tinyurl.com/univearths-igosat>
igosat@univearths.fr

UnivEarthS | JGWS | cnes



Films réalisés par des étudiants



❖ <http://univearths.in2p3.fr/fr/les-films-igosat>

