

“

# Quels débouchés pour les nanosatellites ?

”

## Table des matières

Spectrometry of the Earth Thermosphere : density and energy measurements, F. Leblanc .....	1
Utilisation d'une source d'électrons à nano-tubes de carbone pour le contrôle du potentiel d'un cubesat, F. Leblanc [et al.] .....	2
SERB, a nano-satellite for study the Sun and the Earth, M. Meftah.....	3
Liquid Propellant Pulsed Plasma Thruster Status, C. Koppel.....	4
CubeSat OGMS-SA, plateforme pédagogique ?, T. Allain [et al.] .....	5
the Mars Flyby CubeSat, B. Segret [et al.] .....	6
Revue non-exhaustive (et orientée) de projets cubesat pour l'étude des plasmas spatiaux, B. Cecconi ..	7
CERES : un centre étudiant pour la recherche et l'exploration spatiale, P. Drossart [et al.] .....	8
Des plateformes Nanosat fiables pour vos charges utiles, C. Bec .....	9
Frequences et Nanosatellites étudiants., G. Auvray .....	10
Module radio pou nanosatellite etudiant, G. Auvray .....	11
Projet Nano-Satellites étudiants à Marseille CASAA-SAT - Aix-Marseille Université et LAM, B. Repetti .....	12
Hypertélescope spatial, E. Rakotonimbahy.....	13
FIRST-S: un interféromètre à base de Lithium Niobate, S. Lacour [et al.] .....	14
Manoeuvrer un CubeSat... ?, M. Guyot [et al.] .....	15
Le projet CIRCUS, A. Zaslavsky [et al.] .....	16
The $\mu$ BOS for PICASSO nanosatellite mission, P. Zhu [et al.] .....	17
PICASSO: A triple CubeSat mission for atmospheric and space science, O. Karatekin [et al.] .....	18
Eye-Sat : Solardust and Galaxy, A. Palun [et al.] .....	19
IGOSAT : un nanosatellite pour mesurer l'ionosphère et les ceintures de radiation, H. Halloin.....	20
Inventaire de missions nanosatellites, A. Laurens [et al.] .....	21
4 years of SwissCube operations and beyond, A. Ivanov .....	22
Next generation SmallSat: dare to explore where no craft has gone before, J. Castillo-rogez .....	23
Les nanosatellites: contexte général, A. Gaboriaud.....	24
Le programme JANUS du CNES, A. Gaboriaud .....	25
Bilan des contraintes technologiques des cubesats, A. Gaboriaud.....	26
Le projet QB50, J. Muylaert.....	27

# Spectrometry of the Earth Thermosphere : density and energy measurements

Leblanc Francois <sup>1</sup>

1 : Laboratoire Atmospheres, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)

*LATMOS*

Tour 45, Couloir 45-46, 3e et 4e étages (boîte 102) Université Pierre et Marie Curie 4 place Jussieu 75252 Paris Cedex 05

France

[www.latmos.ipsl.fr](http://www.latmos.ipsl.fr)

SETDEM will realize a measurement of the total density in the Earth thermosphere and exosphere at various local time, various geomagnetic latitudes and for various solar conditions. It will use a new type of ionization source using carbon nano-tubes to perform these measurements. Typical resources needed to do so would be of less than 400 g , a maximum of 2 W and a telemetry budget around 100 bits/s. These numbers are therefore within the budget of a double or triple Cubesat (30x10x10 cm,

# Utilisation d'une source d'électrons à nano-tubes de carbone pour le contrôle du potentiel d'un cubesat

Leblanc Francois <sup>1</sup>, Lebreton Jean-Pierre <sup>2</sup>

1 : Laboratoire Atmospheres, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)

*LATMOS*

Tour 45, Couloir 45-46, 3e et 4e étages (boîte 102) Université Pierre et Marie Curie 4 place Jussieu 75252 Paris Cedex 05  
France

[www.latmos.ipsl.fr](http://www.latmos.ipsl.fr)

2 : Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace (LPC2E)

*CNRS*

LPC2E/CNRS 3A, Avenue de la Recherche Scientifique 45071 Orléans cedex 2 France

[lpce.cnrs-orleans.fr](http://lpce.cnrs-orleans.fr)

Une sonde de Langmuir est une électrode immergée dans le milieu ionisé à diagnostiquer. L'étude de la caractéristique courant-tension donne des informations sur les paramètres du plasma : densité électronique et température, ainsi que sur le potentiel flottant du satellite. Le balayage en tension en référence à la masse électrique du satellite d'une sonde de Langmuir peut perturber le potentiel flottant du satellite porteur si sa structure collectrice n'est pas suffisamment grande. L'utilisation d'une sonde de Langmuir sur un satellite impose deux contraintes contradictoires : i) la surface collectrice de la sonde de Langmuir doit être suffisamment grande pour collecter des courants mesurables ; ii) la surface collectrice de la sonde de Langmuir doit être un facteur 100 inférieure à celle de la surface conductrice du satellite. L'utilisation d'une sonde de Langmuir à bord d'un petit satellite (type cubesat) pose problème car le deuxième critère ne peut être satisfait. Une solution est la mise en oeuvre d'un émetteur d'électrons chargé de contrôler le potentiel du satellite. Le développement d'un dispositif peu gourmand en masse et en puissance est fondamental pour une application cubesat. Nous avons donc proposé de développer et tester une solution utilisant un émetteur d'électrons à base de nano-tubes de carbone (projet de R&T CNES soumis en 2013)

# **SERB, a nano-satellite for study the Sun and the Earth**

Meftah Mustapha <sup>1</sup>

1 : LATMOS

*CNRS : UMR8190*

SERB is an innovative nano-satellite, with three science goals, which have been defined and based on the experience of LATMOS and IRMB with space instrumentation, Earth radiation budget, and solar irradiation:

- Continue Total Solar Irradiance (TSI) measurements (TIM/SORCE, PICARD/PREMOS & SOVAP, ...),

- Improve the knowledge of the absolute value of the Total Solar Irradiance,

- Establish a radiation balance of the Earth with an accuracy of better than 1% in differential.

The original concept of this proposal is based on differential measurements and simultaneous. Among the natural causes that can affect the climate of the Earth, solar variability is probably one of the most important. Observation of Solar-Climate-Atmosphere of the Earth allows us to analyze the study of the relations involved.

# Liquid Propellant Pulsed Plasma Thruster Status

Koppel Christophe<sup>1,2,3,4</sup>

- 1 : Barral  
01497 Warsaw  
[serge.barral@ipplm.pl](mailto:serge.barral@ipplm.pl)
- 2 : Martin  
26371 Sotés (la Rioja)  
[ricardo.martin@jimpingenieros.es](mailto:ricardo.martin@jimpingenieros.es)
- 3 : Mabillard  
6933 Muzzano  
[yann.mabillard@mecartex.ch](mailto:yann.mabillard@mecartex.ch)
- 4 : Rangsten  
Uppsala Science Park, SE-751 83 Uppsala  
[pelle.rangsten@sscspace.com](mailto:pelle.rangsten@sscspace.com)
- 5 : Ortiz  
26371 Sotés (la Rioja)  
[pablo.ortiz@nasp.es](mailto:pablo.ortiz@nasp.es)

For Nano satellites, a novel type of Pulsed Plasma Thruster (PPT) based on an open capillary design and on a non-volatile liquid propellant is currently under development within the Liquid Micro Pulsed Plasma Thruster FP7 project (L-?PPT). Its design is expected to improve over Teflon (PTFE)-based PPTs by providing significant increase in total impulse, increased propellant utilization, lower impulse bit variability and the possibility to balance propellant requirements between several thrusters with a common tank and with almost all the propellant usable contrary to the solid PTFE. The current development status of the project is reported, covering the key design choice and current level of testing of the first thruster prototype, its power processing and control unit, propellant tank, dedicated thrust balance, propellant micropump and vacuum facility. An analysis of several mission scenarios is also reported which highlights the potential of the system in terms of attitude control and orbit manoeuvres.

# CubeSat OGMS-SA, plateforme pédagogique ?

Allain Tristan<sup>1</sup>, Grand Noël<sup>1</sup>

1 : Laboratoire inter-universitaire des systèmes atmosphériques (LISA)  
CNRS : UMR7583INSU Université Paris VII - Paris Diderot Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC)  
61 Av du général de Gaulle 94010 CRETEIL CEDEX  
<http://www.lisa.univ-paris12.fr/>

L'expérience de développement du CubeSat OGMS-SA par les étudiants, initiée durant l'année 2012-2013, a prouvé les bénéfices d'un tel projet dans une optique pédagogique. Une trentaine d'étudiants a participé aux différentes phases du projet tout au long de l'année, avec des degrés d'implication différents et sous des formes d'engagement diverses (projets intégrés à la formation universitaire, stages courts, ou longs). En adaptant le planning du projet avec les emplois du temps universitaire, on peut ainsi assurer la continuité du développement et le suivi complet du projet par les étudiants.

Les apports éducatifs d'un tel travail sont nombreux et les compétences acquises sont aussi bien techniques (tous les domaines liés au spatial sont approfondis) que relatives à la gestion de projet (respect des contraintes, des spécifications, des plannings...), à la rédaction de documentation pertinente, ou encore au travail en équipe.

Ce projet CubeSat est donc très professionnalisant puisqu'il regroupe l'ensemble des compétences requises à la réalisation d'un vrai matériel destiné au vol, et donc soumis aux fortes contraintes associées.

# the Mars Flyby CubeSat

Segret Boris<sup>1</sup>, Vannitsen Jordan<sup>2</sup>, Miao Jiun-Jih<sup>2</sup>, Juang Jyh-Ching<sup>3</sup>

1 : Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA)

*Observatoire de Paris*

<http://www.lesia.obspm.fr/>

2 : Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan (NCKU)

3 : Department of Electrical Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan (NCKU)

The Mars Flyby Cubesat is an educational cubesat aiming at measuring Solar Event Particles and Galactic Cosmic Rays during a trip to Mars and back. The mission profile is ready : simplified science payload inspired from RAD on Curiosity, electrical propulsion system to provide small trajectory corrections and very limited communications. The cubesat takes the initial Delta-V as piggy-back from any mission to Mars, is jettisoned early in the journey, then flies in full autonomy. The design in phase B has started in Taiwan at NCKU University and in France at Observatoire de Paris. It is a strategic opportunity to explore the necessary know-how for low cost interplanetary missions.



# Revue non-exhaustive (et orientée) de projets cubesat pour l'étude des plasmas spatiaux

Cecconi Baptiste <sup>1</sup>

1 : Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA)  
*Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI* *Observatoire de Paris* *INSU* *CNRS : UMR8109* *Université Paris VII - Paris Diderot* *Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI*  
5, place Jules Janssen 92190 MEUDON  
<http://lesia.obspm.fr/>

Les cubesats avaient jusqu'à présent deux principales vocations : des projets étudiants et des démonstrations technologiques. Ils se sont développés dans l'environnement universitaire, mais commencent maintenant à pénétrer la communauté scientifique. En effet, de nombreux projets étudiants ont abouti à des publications scientifiques, prouvant que le concept des cubesats pouvait être viable dans le cadre de projets scientifiques. Reste maintenant à convaincre les agences spatiales que les cubesats sont une plateforme pertinente pour certains type de missions spatiales. Cette présentation exposera une série choisie de projets cubesats qui ont abouti à des publications scientifiques, de projets de démonstration technologiques qui ont fait (font, ou feront) avancer la plateforme cubesat vers une vraie plateforme scientifique.

# CERES : un centre étudiant pour la recherche et l'exploration spatiale

Drossart Pierre<sup>1</sup>, Mosser Benoît<sup>1</sup>, Grand Noël<sup>2</sup>

- 1 : Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA)  
*Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI* Observatoire de Paris *INSU* CNRS : UMR8109 *Université Paris VII - Paris Diderot* Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI  
5, place Jules Janssen 92190 MEUDON  
<http://lesia.obspm.fr/>
- 2 : Laboratoire inter-universitaire des systèmes atmosphériques (LISA)  
*CNRS : UMR7583* Université Paris VII - Paris Diderot Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC)  
61 Av du général de Gaulle 94010 CRETEIL CEDEX  
<http://www.lisa.univ-paris12.fr/>

Le projet CERES est présenté par le Labex ESEP (Exploration Spatiale des Environnements Planétaires) et coordonné par l'Observatoire de Paris, dans le but d'ouvrir l'accès aux technologies spatiales à un grand nombre d'étudiants. Il s'adresse principalement aux disciplines d'ingénierie, telles que le parcours de Master OSAE (Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace), et tous niveaux d'enseignement LMD des périmètres de PSL-Research University et ESEP. Le Campus Spatial CERES inclura un Centre d'Ingénierie Concourante (CIC), permettant la conception et la modélisation des systèmes complexes, en intégrant directement les outils d'analyse fonctionnelle et de modélisation des sous-systèmes. Il a pour vocation le développement de nanosatellites conçus et réalisés par des étudiants au cours de leur formation.

# Des plateformes Nanosat fiables pour vos charges utiles

Bec Christian <sup>1</sup>

1 : NEXEYA  
*Entreprise privée*  
Toulouse

Objective: develop, manufacture, launch and operate cost effective nano satellite constellations

Project Organization: 2 Stages

- Stage ONE: NADEGE 3U demonstrator

- Stage TWO: ELISE 12U nano satellite

NADEGE Heritage for ELISE:

- Consortium experience
- Innovative concept in term of PTF hot redundancy
- On board software (partially)
- On board hardware (at least S-Band Modulator)
- Ground station software (partially)
- Ground station hardware
- UNB Payload concept

# Fréquences et Nanosatellites étudiants.

Auvray Gerard <sup>1</sup>

1 : AMSAT-Francophone (AMSAT-F)  
*AMSAT*  
16 Avenue Adrien, 95 870 Bezons  
<http://www.amsat-f.org>

Pour communiquer avec un satellite, on a besoin de fréquences radio. Dans les projets étudiants, il est souvent fait utilisation de fréquences radio amateur. Dans cette présentation, nous allons exposer les contraintes pour l'utilisation des fréquences amateurs et les procédures. Il sera fait également un rapide tour des autres fréquences (dites commerciales) utilisables.

# Module radio pou nanosatellite etudiant

Auvray Gerard <sup>1</sup>

1 : AMSAT-Francophone (AMSAT-F)  
*AMSAT*  
16 Avenue Adrien, 95 870 Bezons  
<http://www.amsat-f.org>

La conception d'un module radio par des étudiants est un sujet très technique et difficilement abordable par des étudiants qui n'ont pas d'expérience. L'AMSAT-F a développé un module radio qui est proposé aux satellites français du projet QB50 et qui pourrait être utilisé sur d'autres nanosatellites étudiants.

Nous allons faire une présentation technique de ce module radio.

# **Projet Nano-Satellites étudiants à Marseille CASAA-SAT - Aix-Marseille Université et LAM**

Repetti Bernard <sup>1</sup>

1 : Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (Chef de Projet Nanosat Etudiants Marseille)  
*Aix-Marseille Université - AMU*

Cette présentation (de 15 minutes environ) présentera le projet CASAA-SAT. C'est un Nano-Satellite double cubsat de l'Université d'Aix-Marseille, soutenue par le LAM, qui a pour objectif de cartographier l'Anomalie magnétique de l'Atlantique Sud et qui est à vocation pédagogique. La Phase 0 a été clôturée avec succès en Septembre 2013 et la Phase A a démarré avec une nouvelle promotion d'étudiants. Le lancement est prévu en 2017. Les motivations, le planning et l'organisation seront tout d'abord présentés puis, les résultats de Phase 0, et enfin les perspectives de la Phase A engagée.

# Hypertélescope spatial

Rakotonimbahy Eddy <sup>1</sup>

1 : Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM)

*CNRS : UMR7326 Aix-Marseille Université - AMUINSU*

Pôle de l'Étoile Site de Château-Gombert 38, rue Frédéric Joliot-Curie 13388 Marseille cedex 13

<http://www.oamp.fr/infoglueDeliverLive/www/LAM>

Des progrès impressionnants ont été réalisés grâce au télescope spatial Herschel dans notre compréhension de l'environnement, que ce soit au sein de la Voie Lactée, mais aussi pour les autres galaxies, ceci dû à ses capacités en termes de largeur de bande spectrale et de sensibilité. Cependant, sa résolution angulaire reste faible vis-à-vis de ce qui est atteint actuellement dans le domaine optique.

L'équipe FISICA (Far Infrared Space Interferometer Critical Assessment) a donc proposé un nouvel instrument, FIRI (Far InfraRed Interferometer), permettant d'accéder à une résolution spatiale correspondant à celui des grands télescopes terrestres mais qui est conçu pour être placé à l'extérieur de l'atmosphère de la Terre de manière à éviter l'absorption à ces longueurs d'onde. Ce programme vise à développer un concept d'interféromètre spatial unique : il sera le premier à fonctionner à de telles longueurs d'onde et il sera en mesure de déterminer simultanément la nature spatiale et spectrale des sources astronomiques.

L'hypercube serait alors un moyen de démontrer la faisabilité du concept d'hypertélescope dans l'espace, grâce notamment aux nanosatellites.

# FIRST-S: un interféromètre à base de Lithium Niobate

Lacour Sylvestre<sup>1</sup>, Gauchet Lucien<sup>1</sup>, Vincent Lapeyrere<sup>1</sup>

<sup>1</sup> : Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (LESIA)  
*Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI* Observatoire de Paris *INSU/CNRS : UMR8109* Université Paris VII - Paris  
Diderot Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI  
5, place Jules Janssen 92190 MEUDON  
<http://lesia.obspm.fr/>

Cet instrument s'inspire de la technique de réarrangement de pupille, tel qu'appliqué par notre équipe sur le télescope SUBARU. L'idée est de proposer un interféromètre spatial en infrarouge proche sur une base déca-centrimétrique. L'objectif principal serait de montrer que la technologie à base de fibres optiques et de Lithium Niobate est idéale dans un contexte spatial: compacité, stabilité, résistance. L'objectif secondaire serait d'être compétitif dans un contexte scientifique, par la détection de planètes de style "Jupiter chaud". Pour cela, nos simulations montrent que nous pourrions obtenir des dynamiques de l'ordre de  $10^6$  à des séparations de l'ordre de la seconde d'angle.



# Manoeuvrer un CubeSat... ?

Guyot Marcel <sup>1</sup>, Denise Stéphane <sup>2</sup>, Claude Pierre <sup>3</sup>, Elmaleh Coralie <sup>4</sup>, Dudeck Michel <sup>5</sup>

- 1 : Groupe d'Etude de la Matière Condensée (GEMAC)  
CNRS : UMR8635 Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ)  
45, avenue des Etats Unis , 78035 Versailles  
<http://carnot.physique.uvsq.fr/>
- 2 : Groupe d'Etude de la Matière Condensée (GEMAC)  
CNRS : UMR8635
- 3 : UFR d'Ingénierie  
Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI  
Paris
- 4 : Etudiante  
Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI
- 5 : Institut Jean le Rond d'Alembert  
Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI

## Manoeuvrer un CubeSat... ?

S. Denise (GEMaC/UVSQ), M. Guyot (GEMaC/UVSQ), P. Claudé (UPMC), C. Elmaleh (UPMC), M. Dudeck (Institut d'Alembert/UPMC),

Disposer d'un moyen de propulsion autonome à bord d'un CubeSat est un challenge. Dans un premier temps, à titre d'exemple, nous analysons théoriquement la désorbitation d'un CubeSat en orbite circulaire à 700 km d'altitude ; parmi les divers scénarii on montre qu'avec un propulseur délivrant une poussée de  $100\mu\text{N}$ , il est possible de faire rentrer dans l'atmosphère le nano-satellite en environ 500 jours.

L'exigüité d'un CubeSat ( $10\times 10\times 10$  cm<sup>3</sup>) impose un moteur de taille limitée et adaptée à la puissance disponible. Une variante « miniaturisée » de notre propulseur plasmique à aimants permanents (PPI à effet Hall, [1, 2, 3]), peut répondre aux diverses contraintes. A l'aide de simulations FEMM de la topographie magnétique, nous avons défini un propulseur dont le diamètre moyen du canal est 3,7mm et délivrant une poussée de  $100\mu\text{N}$  pour un débit de Xe de  $10\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Diverses innovations ont été incluses dans ce nouveau prototype, le «  $\mu$ -PPI » [4,5], dont la réalisation est quasi-terminée et la mise à feu est prévue le mois prochain dans un caisson à basse pression du GEMaC.

L'étape suivante sera la mesure des performances et l'optimisation des caractéristiques du  $\mu$ -PPI, puis son intégration dans un module standard de CubeSat-3U. Une approche système devient indispensable pour pouvoir gérer les alimentations en gaz et en électricité, contrôler l'attitude et l'orbite...etc... A terme on disposera d'un « module de propulsion » pouvant être accolé à d'autres modules CubeSat, autorisant des manoeuvres orbitales, libérant les CubeSats de leur statut d'objets balistiques.

## Références

- [1] M.Guyot, P.Renaudin, V.Cagan, C.Boniface, (Brevet PPI, CNRS/UVSQ/CNES/UPS): Dispositif d'éjection d'ions à effet Hall ; FR 07 05658 du 02/08/2007 ; Extension internationale PCT/EP2008/060241 du 04/08/2008
- [2] M.Guyot, P.Renaudin, V.Cagan, C.Boniface, J-P.Boeuf, L.Garrigues, D.Pagnon, J.Mathias, A.Leuffroy, T.Gibert, M.Dudeck, New concepts for magnetic field generation in Hall effect thrusters, Space Propulsion 2008, 5-9 May 2008, Heraklion, Crète, Grèce
- [3] M.Guyot, S.Denise, P.Renaudin, S.Mazouffre, Effect of the size of the propulsion chamber on the performances of the low-power permanent magnet PPI Hall thruster., 6st International Spacecraft Propulsion Conference, SP2010, San Sebastian, Spain, 3-6 May. 2010
- [4] B.Peev, M.Dudeck, P.Claudé, L.Dusseau, S.Jarrix, F.Saigné, M.Guyot, S.Denise, Desorbitation of the nanosatellite Robusta, 3rd Int. Conf. on Space Propulsion 2012, 7-10 May 2012, Bordeaux, France
- [5] M.Guyot, S.Denise, L.Dusseau, S.Jarrix, F. Saigné, M.Bernard, P.Claudé, M.Dudeck La propulsion électrostatique pour les satellites. Application au nano satellite Robusta-3, 8ème Conférence de la Société Française d'Electrostatique, Cherbourg-Octeville, France, 3-5 juillet 2012

# Le projet CIRCUS

Zaslavsky Arnaud <sup>1</sup>, Maksimovic Milan <sup>1</sup>, Issautier Karine <sup>1</sup>

1 : LESIA-Observatoire de Paris-CNRS

*Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 Université Paris Diderot - Paris 7*

Le projet CIRCUS (Characterization of the Ionosphere using a Radio receiver on a Cube Sat) propose l'étude in-situ des couches E/F de l'ionosphère à l'aide d'un récepteur radio. L'objectif est de mesurer la puissance spectrale du bruit thermique sur une gamme de fréquences pertinente pour l'étude du plasma ionosphérique, typiquement 50 kHz-50 MHz. L'instrument permettra en particulier de réaliser des mesures in-situ de la turbulence ionosphérique des côtés jour et nuit, d'en évaluer les lois de puissances, les échelles d'injection et de dissipation, et d'apporter ainsi de nouvelles données aux modèles décrivant l'évolution fluide de l'ionosphère. Le projet CIRCUS devrait permettre également l'étude des ondes électrostatiques se propageant dans l'ionosphère (ondes de Langmuir, ondes sonores, etc). Ce travail revêt un intérêt fondamental en termes de physique des plasmas, et permet d'obtenir des informations cruciales sur les processus non-thermiques se déroulant dans les milieux ionisés.

Par ailleurs le projet CIRCUS devrait être l'aboutissement d'une R&D initiée en collaboration entre le LESIA et TELECOM ParisTech. Cette R&D a pour but de développer une nouvelle génération de récepteurs radio numériques ayant une dynamique de mesure et une fréquence d'analyse maximale élevées. La spatialisation de ce récepteur dans le cadre du projet CIRCUS permettra d'en augmenter fortement la maturité (Technology Readiness Level).

# The $\mu$ BOS for PICASSO nanosatellite mission

Zhu Ping<sup>1</sup>, Van Ruymbeke Michel<sup>1</sup>, Karatekin Ozgur<sup>1</sup>

1 : Royal Observatory of Belgium

Since the cubesat PICASSO will be deployed into a 500km polar orbit, inside the thermosphere, it receives mostly the irradiance from the Sun as well as the Earth. It will provide scientist a unique opportunity and challenge to fulfil the scientific studies with limited resources from the nano-satellite. A microbolometer oscillation sensor has been developed to accommodate the micro- and nano- satellite mission. The sensor is designed to measure the broadband electromagnetic radiation at the visible and infrared wavelength. The information captured by the sensor could be applied to study the thermal characteristics of the objects.

The PICARD micro satellite was successfully launched on 15 June, 2010. It is orbiting the Earth with a heliocentric orbit at an altitude of 725 km. The objectives of the mission are to monitor the total solar irradiance (TSI), to measure the solar diameters, to study the connection between the solar activities and the earth's climate. The first Bolometer Oscillation Sensor (BOS) has been designed for this PICARD mission. Its geometry was selected to allow to measures the irradiance of the Sun as well as the thermal radiation of the Earth.

The BOS sensor is a pioneer experiment. Here we present the final design, the flying models of the PICARD satellite and its performance in space. One of the main challenges for the design is that the sensor will not have a thermal stabilized system. Despite that fact, the large dynamic range and low noise of flux measurements are desired. In order to reach this objective, we started to test the different geometries and designs of the sensor.

We will introduce a second-generation of sensors named  $\mu$ BOS which is under development. It is specially adapted to the nano-satellites. Its miniaturized architecture is a direct heritage of the BOS-PICARD mission. But the configuration of the sensor will be optimized to accommodate the dimension of nano-satellite. In addition, we will improve some parts and let the sensor can separately precise measure the irradiance variation of the Sun and Earth origin.

# PICASSO: A triple CubeSat mission for atmospheric and space science

Karatekin Ozgur<sup>1</sup>, Fussen D.<sup>2</sup>, De Keyser J.<sup>2</sup>, Pieroux D.<sup>2</sup>, De Mazie?re M.<sup>2</sup>, Dehant V.<sup>1</sup>,  
Ping Zhu<sup>1</sup>, Ranvier Sylvain<sup>2</sup>

1 : Royal Observatory of Belgium (ROB)

Royal Observatory of Belgium Ringlaan-3-Avenue Circulaire B-1180 Brussels

[www.observatory.be](http://www.observatory.be)

2 : Belgian Institute for Space Aeronomy / Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (BIRA-IASB)

Institute for Space Aeronomy Ringlaan-3-Avenue Circulaire B-1180 Brussels

<http://www.aeronomie.be/en/>

The PICASSO (PICO-satellite for Atmospheric and Space Science Observations) mission is a joint project of a triple CubeSat mission proposed by the Belgian Institute for Space Aeronomy (BISA) and the Royal Observatory of Belgium (ROB). PICASSO will host 3 instruments: A spectral imager in the visible-near infrared range [400-800 nm] aimed at the observation of the Earth's atmospheric limb during orbital Sun occultations. A Langmuir probe to assess in-situ the electron density and temperature of the ionospheric plasma, and a micro-bolometer that will be measuring the irradiative flux at selected wavelengths (between 0.2 mm and 40 mm) with a very high dynamic range and sensibility.

# Eye-Sat : Solardust and Galaxy

Palun Adrien <sup>1</sup>, Ressouche Antoine <sup>2</sup>

1 : ESTACA

*ESTACA*

34 Rue Victor Hugo, 92300 Levallois-Perret

2 : ENAC

*Ecole Nationale de l'Aviation Civile - ENAC*

7 Avenue Édouard Belin, 31055 Toulouse Cedex 04

Eye-Sat est un nanosatellite étudiant appartenant au projet JANUS. Ce petit satellite est un cubesat triple unités (30x10x10 cm, 4kg, 3 W) à vocation scientifique, technologique et éducative . Sa mission est composée de trois objectifs:

- l'étude de la lumière zodiacale suivant 3 angles de polarisation et pour 4 bandes spectrales différentes (R,V,B,NIR);
- la réalisation d'une image grand champ de la Voie Lactée;
- la démonstration de technologies spatiales miniaturisées du CNES (capteur CMOS, bande X, processeur ARM, charnières flexibles en composite,...).

Ce nanosatellite est entièrement développé et réalisé par des étudiants dans le cadre de projets d'étude ou de stage. Les différents travaux s'effectuent en collaboration avec les ingénieurs CNES, l'IUT de Cachan, deux scientifiques (LATMOS & OMP) et plusieurs industriels.

Au terme d'une année d'études, la faisabilité de la mission et du système associé a été validée par les scientifiques et un panel d'experts CNES. Actuellement le projet est en phase de définition. Le lancement du satellite est prévu pour l'année 2016.

# IGOSAT : un nanosatellite pour mesurer l'ionosphère et les ceintures de radiation

Halloin Hubert <sup>1</sup>

1 : AstroParticule et Cosmologie (APC)

*Université Paris VII - Paris Diderot* Observatoire de Paris IN2P3 CNRS : UMR7164 CEA

10, rue Alice Domon et Léonie Duquet 75205 Paris Cedex 13

<http://www.apc.univ-paris7.fr/>

IGOSAT (Ionospheric and Gamma-ray Observations SATellite) est un projet de nanosatellite étudiant, mis en place, soutenu et financé par le LabEx UnivEarthS et le CNES (programme JANUS). Il s'agit d'un nanosatellite basé sur le standard Cubesat 3U (i.e 10x10x30 cm, 4kg) qui embarquera deux charges utiles sur une orbite polaire à 650 km d'altitude.

La première charge utile est dédiée à la mesure du contenu électronique total de l'ionosphère grâce à l'utilisation de la technique d'occultation des signaux GPS. La deuxième est à la fois une mission de développement technologique (tests d'un nouveau type de scintillateur) et de mesure des flux électrons et gammas de haute énergie dans les ceintures polaires et l'anomalie de l'atmosphère sud.

Ce projet s'adresse aujourd'hui à tous les étudiants impliqués dans une filière d'enseignement de l'Université Paris Diderot. Les premiers dimensionnements ont débuté en septembre 2012 et le projet est sur le point d'entrer en phase A. L'objectif est d'être prêt au lancement en 2017.

# Inventaire de missions nanosatellites

Laurens André <sup>1</sup>, Prado Jean-Yves <sup>1</sup>

1 : CNES  
MESR

Dans le cadre de la phase 0 « Intérêt des missions Nanosatellite » en cours au CNES, un inventaire de l'activité nanosatellites dans le monde a été conduit afin d'en percevoir les motivations, les enjeux, les conditions de mise en oeuvre.

La présente communication vise à rendre compte du paysage nanosatellites observé, tant sur le plan quantitatif (nombre de missions, gabarits, etc.) que qualitatif : objectifs visés et domaines d'application, thématiques scientifiques clientes, types de charges utiles déployées.

Seront aussi abordées les conditions de réalisation de ces expériences (acteurs, organisations, aspects économiques) ainsi que des aspects opérationnels comme le lancement et le segment sol. Un éclairage particulier sera porté sur les nanosats pour la thématique SHM, compte tenu de l'abondance dans l'inventaire de missions s'intéressant au « space weather ».

# 4 years of SwissCube operations and beyond

Ivanov Anton<sup>1</sup>

1 : Swiss Space Center (SSC)  
EPFL, Lausanne  
[space.epfl.ch](http://space.epfl.ch)

The SwissCube satellite has been operational in space since 2009. We will discuss housekeeping data which was received from the satellite (e.g. attitude control and thermal) and focus on systems that worked well on the satellite. We will present lessons learned from the cubesat development and operations and plans for future projects.



# **Next generation SmallSat: dare to explore where no craft has gone before**

Castillo-Rogez Julie<sup>1</sup>

1 : Jet Propulsion Laboratory (JPL)  
Pasadena

# Les nanosatellites: contexte général

Gaboriaud Alain <sup>1</sup>

1 : Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)  
*Centre National d'Etudes Spatiales - CNES (Toulouse, France)*  
Toulouse

# Le programme JANUS du CNES

Gaboriaud Alain <sup>1</sup>

1 : Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)  
*Centre National d'Etudes Spatiales - CNES (Toulouse, France)*  
Toulouse

.

# Bilan des contraintes technologiques des cubesats

Gaboriaud Alain <sup>1</sup>

1 : Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)  
*Centre National d'Etudes Spatiales - CNES (Toulouse, France)*  
Toulouse

# Le projet QB50

Muylaert Jean <sup>1</sup>

1 : von Karman Institute for Fluid Dynamics  
Chaussée de Waterloo, 72 B-1640 Rhode-St-Genèse  
<http://www.vki.ac.be>

QB50 has the scientific objective to study in situ the temporal and spatial variations of a number of key constituents and parameters in the lower thermosphere (90-320 km) with a network of about 40 double CubeSats, separated by a few hundred kilometres and carrying identical sensors. QB50 will also study the re-entry process by measuring a number of key parameters during re-entry and by comparing predicted and actual CubeSat trajectories and orbital lifetimes.

Space agencies are not pursuing a multi-spacecraft network for in-situ measurements in the lower thermosphere because the cost of a network of 40 satellites built to industrial standards would be extremely high and not justifiable in view of the limited orbital lifetime. No atmospheric network mission for in-situ measurements has been carried out in the past or is planned for the future. A network of satellites for in-situ measurements in the lower thermosphere can only be realised by using very low-cost satellites, and CubeSats are the only realistic option.

QB50 will also accommodate about 10 double or triple CubeSats for In-Orbit Demonstration (IOD) of technologies and miniaturised science sensors and the Gossamer-1 solar sail technology demonstration package.

See: <https://www.qb50.eu>

## Index des auteurs

Allain, Tristan.....	5
Auvray, Gerard.....	10, 11
Bec, Christian.....	9
Castillo-Rogez, Julie.....	23
Cecconi, Baptiste.....	7
Claude, Pierre.....	15
De Keyser, J.....	18
De Mazie?re, M.....	18
Dehant, V.....	18
Denise, Stéphane.....	15
Drossart, Pierre.....	8
Dudeck, Michel.....	15
Elmaleh, Coralie.....	15
Fussen, D.....	18
Gaboriaud, Alain.....	24, 25, 26
Gauchet, Lucien.....	14
Grand, Noël.....	5, 8
Guyot, Marcel.....	15
Halloin, Hubert.....	20
Issautier, Karine.....	16
Ivanov, Anton.....	22
Juang, Jyh-Ching.....	6
Karatekin, Ozgur.....	17, 18
Koppel, Christophe.....	4
Lacour, Sylvestre.....	14
Laurens, André.....	21
Leblanc, Francois.....	1, 2
Lebreton, Jean-Pierre.....	2
Maksimovic, Milan.....	16
Meftah, Mustapha.....	3
Miau, Jiun-Jih.....	6
Mosser, Benoît.....	8
Muylaert, Jean.....	27
Palun, Adrien.....	19
Pieroux, D.....	18
Ping, Zhu.....	18
Prado, Jean-Yves.....	21
Rakotonimbahy, Eddy.....	13

Ranvier, Sylvain.....	18
Repetti, Bernard.....	12
Ressouche, Antoine.....	19
Segret, Boris.....	6
Van Ruymbeke, Michel.....	17
Vannitsen, Jordan.....	6
Vincent, Lapeyrere.....	14
Zaslavsky, Arnaud.....	16
Zhu, Ping.....	17