

**Le Complexe Technologique pour le Spatial**  
Inauguration, lundi 25 juin 2018, 15h



Table des matières

Introduction.....	2
Les différents acteurs.....	3
Pôle spatial C <sup>2</sup> ERES.....	4
LabEx ESEP.....	6
Le LESIA.....	7
Les moyens d'essais au LESIA.....	8
Le parcours de Master Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace.....	9
PicSat.....	10
Ingénierie concurrente.....	11
Nanosatellite.....	11

**#PoleSpatialPSLObs**

## Introduction

Sur le site de Meudon de l'Observatoire de Paris – PSL, Le **complexe technologique pour le spatial** (CTS) concrétise la volonté de PSL de proposer un environnement performant pour préparer les expériences spatiales de demain.

Ce projet porté par le LESIA, Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique de l'Observatoire de Paris, en lien avec le LabEx ESEP et le parcours de Master OSAE, propose un environnement unique regroupant des moyens de test des missions spatiales à toute échelle.

Autour de la **salle Ariane**, avec la cuve SimEnOm qui a déjà testé des instruments pour de nombreuses missions spatiales, le CTS accueille la **salle d'ingénierie concourante PROMESS** et la **salle de test Vega de C<sup>2</sup>ERES**, le pôle spatial de PSL porté par le LabEx ESEP où se développent plusieurs projets de nanosatellites.

Cette opération a pour but de mutualiser les outils et compétences en jeu pour les grands projets spatiaux en cours (actuellement l'instrument XGRE du projet Taranis) est en test dans la cuve SimEnOm en salle Ariane) et ceux pour les projets de nanosatellites.

Par cette opération, les étudiants du pôle spatial C<sup>2</sup>ERES trouvent au CTS un environnement de compétences uniques en Île-de-France.

Plusieurs projets de nanosatellites sont en phase d'incubation et capitalisent la précieuse expérience acquise par le développement du projet Picsat.

Le domaine spatial évolue, nous nous adaptons et préparons l'avenir !

Un environnement unique pour :

- Développer et tester les instruments spatiaux avec les partenaires dont le GIS « Moyens de Tests spatiaux franciliens pour l'astrophysique »
- Développer des nanosatellites scientifiques
- Former des étudiants avec le programme recherche-formation EUREQA
- Intéresser et soutenir des startups à la dynamique nanosat

## Les différents acteurs

- PSL : Université Paris Sciences et Lettres
- Observatoire de Paris, membre de PSL
- LESIA : Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique de l'Observatoire de Paris
- Les moyens d'essai au LESIA  
<http://www.lesia.obspm.fr/Le-MESPAL-Moyens-d-essais-Salles.html>
- ESEP : laboratoire d'excellence dont les activités sont centrées sur la planétologie et le spatial, porté par PSL  
<http://www.esep.pro/>
- C<sup>2</sup>ERES : (à prononcer C-CERES) le Campus et Centre de Recherche pour l'Exploration Spatiale, conjointement piloté par le LabEx ESEP et le Master OSAE, est le pôle spatial de l'Université PSL.  
<https://cceres.psl.eu/>
- Le parcours de Master OSAE (Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace)  
<http://ufe.obspm.fr/Master/Master-2-Professionnel-Outils-et-Systemes-de-l-Astronomie-et-de-l-Espace>
- Le projet PicSat  
<https://picsat.obspm.fr/>  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/PicSat>



## Pôle spatial C<sup>2</sup>ERES

<https://cceres.psl.eu/>

C<sup>2</sup>ERES (Campus et Centre de Recherche pour l'Exploration Spatiale), conjointement piloté par le LabEx ESEP et le Master OSAE, est le pôle spatial de l'Université de Recherche PSL.

C<sup>2</sup>ERES signifie à la fois « Campus » et « Centre » :

« Centre » d'études et de recherches parce que sa finalité, résolument scientifique, est de préparer les technologies spatiales de demain pour conduire des observations depuis l'espace.

« Campus » spatial car la volonté est de créer un espace commun où chercheurs et enseignants peuvent impliquer les étudiants de divers cursus dans leurs projets.

Concrètement, C<sup>2</sup>ERES met en place un écosystème pour l'astrophysique spatiale, c'est-à-dire tout un environnement de mutualisation et d'émulation de projet. Dans cette perspective, C<sup>2</sup>ERES, à la fois Centre et Campus, est une structure en adéquation avec son objectif scientifique et sa vocation pédagogique.

Huit projets nanosatellites sont engagés dans C<sup>2</sup>ERES, dont :

BIRDY-T	BIRDY-T est une technologie de navigation pour les futurs CubeSats « deep-space ». Au sol, une prévision de trajectoire est calculée par un propagateur de trajectoire qui peut modéliser des champs gravitationnels complexes (expertise IMCCE). En vol, l'écart à cette prévision est estimé de manière autonome par le nanosatellite. L'algorithme sera testé sur un banc de logiciel de vol LESIA. Le CubeSat doit calculer seul ses corrections de trajectoire pour suivre une stratégie de vol. Notre partenaire NCKU de Taïwan apportera sa solution de micro-propulsion PPT, et une thèse PSL est en cours pour l'adapter au besoin.
CIRCUS	CIRCUS est une mission d'exploration des couches E/F de l'ionosphère terrestre. Son objectif scientifique principal est de mesurer in-situ les paramètres locaux du plasma ionosphérique (densité et température des électrons) à haute cadence temporelle (quelques millisecondes), avec des objectifs principaux en météo de l'espace (vent solaire). Ces mesures seront accomplies en utilisant la méthode radio de spectroscopie du bruit quasi-thermique du plasma dans la gamme de fréquence 10kHz–20MHz.
GPU4SPACE	L'objectif principal du projet est d'évaluer le niveau de maturité de la technologie GPU pour des missions spatiales. L'évaluation doit porter sur les composants de base dans la conception de la mission et sur l'intérêt d'un processeur ultra-rapide pour le traitement des données et leur interprétation.
PICSAT	Cf page dédiée dans ce dossier

Les **étudiants** jouent un rôle central pour l'avancée des projets de C<sup>2</sup>ERES (données établies fin 2017)

Projets aidés	Nb. total d'étudiants impliqués	Total pers. x an (ét.+pro)	Origines des étudiants
BIRDY-T	77	22	PSL, Taïwan, ECL, CSupelec, ELISA, ISAE
C²ERES	5	2+	PSL, ELISA
CIRCUS	22	7	PSL, P.Sorbonne
GPU4SPACE	4	2+	P.Diderot, Vietnam, ISAE
PICSAT	11	15	PSL, ISAE
P.Sorbonne - METEORIX	111	8+	P.Sorbonne, PSL
P.Créteil - OGMS-SA	67	5+	P.Créteil, PSL, Afrique du Sud
P.Saclay - SERB	21	4+	P.Saclay, X, ESTACA, PSL
U.d'Orléans - NANOPOT	3	2	U.d'Orléans, U.Compiègne
<b>Total</b>	<b>321 ét.</b>	<b>&gt; 67 p.an</b>	<b>plus de 16 viviers</b>

## LabEx ESEP

<http://www.esep.pro/>

Le laboratoire d'excellence ESEP a pour mission la mise en réseau de 9 laboratoires qui souhaitent mutualiser leurs compétences, leur longue expérience dans le domaine des environnements planétaires et leur savoir-faire dans le secteur spatial.

La recherche au sein d'ESEP s'articule autour de 3 thématiques : la météorologie de l'espace, la planétologie et l'étude des exoplanètes.

Centré sur la préparation de l'instrumentation spatiale des missions futures, le LABEX ESEP doit faciliter la mise au point des instruments de demain sur les missions spatiales à venir.

Dans le domaine de la technologie spatiale, le Campus Spatial C<sup>2</sup>ERES est au cœur de la stratégie d'ESEP pour les quatre ans à venir : il a déjà permis de faire émerger une pépinière de projets de nanosatellites parmi les laboratoires participants. En 2016, ces projets, coordonnés par l'ingénieur système d'ESEP, seront poursuivis dans des domaines divers de la radioastronomie spatiale, de la technologie GPU (Graphics Processing Unit) appliquée au spatial, de l'interférométrie sur nanosatellites, et de la navigation interplanétaire autonome en vue d'une sélection d'un projet porteur qui pourra être mené jusqu'à la réalisation.

La visibilité des actions d'ESEP sera rendue meilleure lors des prochains rapports en faisant ressortir les actions où ESEP joue un rôle moteur, par effet de levier, même lorsqu'il s'agit de cofinancements dans des participations multipartenaires.

Les deux premières thèses financées par ESEP ont été soutenues en septembre 2015. La collecte systématique des rapports d'activité des financements ESEP (doctorants, CDD, post-doctorants, programmes nanosatellites et actions ESEP) est effectuée par le comité exécutif d'ESEP qui en dégage la synthèse.

## Le LESIA

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

Statutairement, le LESIA (Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique) est un département de l'Observatoire de Paris. Il est aussi une unité mixte de recherche du CNRS.

Le LESIA est l'un des plus gros laboratoires français de recherche en astrophysique (environ 12% de la discipline). Au 1er décembre 2017, le laboratoire compte 242 agents dont 132 permanents.  
65 chercheurs/enseignants-chercheurs du CNRS, du CNAP ou des Universités  
67 ingénieurs-techniciens-administratifs du CNRS ou des Universités

Le LESIA a pour vocation première :

- la conception et la réalisation d'instrumentation scientifique spatiale et sol ;
- l'exploitation et l'interprétation scientifique des observations des instruments réalisés ;
- le développement de techniques avancées mises en œuvre dans des instruments au sol ainsi que des instruments spatiaux.

Le LESIA est à la pointe de l'actualité scientifique dans tous les domaines où il est impliqué : par les résultats scientifiques de premier plan qu'il obtient à partir d'instrumentation conçue et réalisée en interne, par l'utilisation des grands moyens nationaux et internationaux et par le développement de simulations et de travaux théoriques. Ses activités scientifiques, structurées en cinq pôles (pôle étoile, pôle Haute Résolution Angulaire en Astrophysique (HRAA), pôle planétologie, pôle physique des plasmas et pôle physique solaire), sont axées sur quinze grands thèmes astrophysiques et onze filières techniques.

Le LESIA est laboratoire coordinateur du LabEx ESEP (Exploration Spatiale des Environnements Planétaires) qui réunit neuf laboratoires en réseau sur des thématiques spatiales.

Le laboratoire est également très impliqué dans de nombreux aspects des techniques et technologies de l'information, pour le développement de méthodes instrumentales et pour l'analyse de données.

Enfin le LESIA remplit de nombreuses missions au sein de la communauté astrophysique (tâches de service pour la communauté, responsabilités institutionnelles, tâches d'enseignement) et est largement impliqué dans des missions de diffusion de la culture scientifique.

## Les moyens d'essais au LESIA

<http://www.lesia.obspm.fr/Le-MESPAL-Moyens-d-essais-Salles.html>

Le MESPAL (Moyens d'essais, Salles Propres, AIT/AIV du LESIA), regroupe tous les bancs de tests, étalonnage, toutes les salles propres et l'équipe d'intégration/vérification du LESIA.

### Missions

Le MESPAL regroupe quatre domaines d'activités du laboratoire fortement liées : les activités AIT/AIV, les moyens d'essais sols nécessaires aux activités d'AIT et les salles propres.

- AIT/AIV : Assemblage, Intégration et Tests/Vérification, aussi bien pour les instruments 'sol' que 'spatiaux', ainsi que les activités de R&D.
- Moyens d'essais : un certain nombre d'installations vide/thermique pour la simulation spatiale, et d'enceintes climatiques.
- L'instrumentation solaire comprenant : le spectrographe de la tour solaire, le spectrohéliographe et l'héliographe dédié au service d'observation du soleil.
- Salles propres : 10 salles propres réparties sur 250m<sup>2</sup>, de classe d'empoussièrement ISO5 à ISO8.



## Le parcours de Master Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace

<http://ufe.obspm.fr/Master/Master-2-Professionnel-Outils-et-Systemes-de-l-Astronomie-et-de-l-Espace>

En lien avec tous les acteurs de l'ingénierie spatiale et des grands observatoires au sol, ce master propose une formation de pointe dans un contexte international de très haute technicité. Il apporte une formation généraliste dans les domaines concernés par l'ingénierie de l'observation astronomique. Il insiste sur l'approche système, qui seule garantit le fonctionnement optimal d'une instrumentation complexe, par l'adéquation nécessaire entre ses performances optiques, électroniques, mécaniques et thermiques.

L'approche qualité est présente à tout moment dans la formation. Evidemment nécessaire pour la réussite d'un projet spatial, elle imprègne tous les enseignements proposés. Elle garantit une méthodologie rigoureuse et efficace, facilement valorisable sur le marché de l'emploi dans tous les secteurs de haute technicité.

- Mots-clefs : ingénierie-système, technologies spatiales, projet, qualité.

- Pré-requis : En plus d'une formation au niveau M1 (voir ici nos suggestions), ou de son équivalence, une formation généraliste en physique, au moins de niveau L, est préférable, ainsi qu'une pratique de l'outil informatique et de la programmation scientifique. Une expérience de stage industriel ou à l'étranger est très appréciée.

- Compétences : A l'issue de la formation les jeunes diplômés ont acquis de fortes compétences en techniques instrumentale et numérique. Leur maîtrise des outils informatiques les rend directement opérationnels dans leur futur métier d'ingénieur.

- Débouchés professionnels : Plus de 80% des jeunes diplômés du Master exercent un métier d'ingénieur. La plupart travaillent dans des équipes de conception, réalisation, contrôle ou mise en œuvre de systèmes d'observations, d'acquisition, d'analyse numérique et de traitement de données. Ils valorisent les atouts de leur formation, approche système et qualité spatiale, dans les PME, les grands groupes industriels, les laboratoires de recherche, les agences spatiales et les organisations internationales. Ils ont aussi accès à des thèses d'ingénierie dans des agences internationales et des laboratoires.

- Métiers : ingénieur d'essai, ingénieur qualité, ingénieur qualification, ingénieur d'intégration, ingénieur recherche et développement, ingénieur d'étude...

PicSat

<https://picsat.obspm.fr/>

PicSat est un nanosatellite dédié à l'observation du passage de la jeune exoplanète Beta Pictoris b, devant son étoile Beta Pictoris.

PicSat a été développé et construit au sein du pôle Haute-Résolution Angulaire en Astronomie du LESIA (Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation pour l'Astrophysique), laboratoire faisant partie de l'Observatoire de Paris.

Le projet est soutenu par : le Conseil Européen de la Recherche (European Research Council, ERC), au travers du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne (Lithium proposal 639248), par le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), le laboratoire d'Excellence ESEP (Exploration des Systèmes Planétaires), l'Université Paris Sciences et Lettres (PSL Université Paris), la Fondation MERAC (Mobilizing European Research in Astrophysics and Cosmology), le CNES (Centre National d'Études Spatiales, le C2ERES (Campus et Centre de Recherche pour l'Exploration Spatiale), et enfin par le LESIA, Observatoire de Paris.

Dernières nouvelles :

April, 05, 2018: Bye bye PicSat (for now)

March, 21, 2018: PicSat suddenly silent

February, 21, 2018: SiDS now open

January, 10, 2018: Press Release for the launch

January, 09, 2018: The launch is near!

## Ingénierie concourante

< concourir = courir ensemble >

L'ingénierie concourante réunit les différents acteurs engagés dans un projet dans un environnement commun. Tout est pensé et organisé pour que les différents experts s'organisent et avancent en phase dans le projet.

A cet effet, C<sup>2</sup>ERES développe l'outil DOCKS pour prototyper rapidement une mission et la partager entre tous les acteurs.

## Nanosatellite

Le principal intérêt de travailler à petite échelle, l'échelle des "nanosatellites", est de multiplier les opportunités d'applications scientifiques, à un coût limité et en dépassant les contraintes des missions traditionnelles. Cette échelle permet notamment de préparer les futures missions par la démonstration de concepts nouveaux.

Le format dit "CubeSat" optimise l'échelle nano financièrement et opérationnellement. Le format CubeSat codifie la plateforme (ou bus) des nanosatellites sur une base d'unité 10x10x10 cm<sup>3</sup>. La charge utile scientifique varie d'un CubeSat à l'autre.

Dans la famille des nanosatellites, le format « CubeSat » correspond à un standard défini par des universités américaines en 1999 pour faciliter l'accès à l'espace pour les étudiants. La taille des CubeSats est normalisée. L'unité de base, dite 1U, est un cube de 10 cm de côté et 1.3 kg. Le standard a été porté à 2U puis 3U (volume et masse de 2 ou 3 cubes superposés). Désormais des formats de 4U ou de N x 3U sont proposés. L'idée du « standard » reste toujours la même : simplifier au maximum la réalisation du CubeSat en imposant sa forme extérieure, qui permet de s'adapter à un « déployeur » lui aussi standard qui fait l'interface avec les lanceurs, selon les exigences de qualité et de sûreté traditionnelles du spatial.

Ce standard simplifie grandement la réalisation et le lancement de satellites. En 15 ans, il a conduit à la réalisation de centaines de CubeSats, dont le premier français a été « Robusta » en 2012, conçu par l'université de Montpellier.

Voir : <https://cceres.psl.eu/spip.php?rubrique5&lang=fr#definition>