



## Rapport final du laboratoire d'excellence ESEP Exploration Spatiale des Environnements Planétaires

---

2011-2021



Une version vidéo de ce rapport d'activité est disponible sur

[https://www.canal-u.tv/video/lesia/le\\_laboratoire\\_d\\_excellence\\_esep\\_exploration\\_spatiale\\_des\\_environnements\\_planetaires\\_2011\\_2021.62665](https://www.canal-u.tv/video/lesia/le_laboratoire_d_excellence_esep_exploration_spatiale_des_environnements_planetaires_2011_2021.62665)

*Pierre DROSSART*  
ESEP | OBSERVATOIRE DE PARIS

*Septembre 2021*



## Remerciements

Le labex ESEP a été une aventure de dix ans, qui n'aurait pas été possible sans le dévouement des personnels qui m'ont aidé souvent au-delà de leur engagement professionnel. La difficulté principale a été d'inventer le fonctionnement d'une nouvelle structure. Ni laboratoire, ni réseau pluriformation, ni établissement de recherche, mais un peu de tout cela à la fois, ESEP a vécu sur ses projets, multiformes et pluri-laboratoires. Je tiens à citer ici les soutiens indéfectibles dont ESEP a bénéficié au long de sa vie :

Christiane Adam a assuré le pilotage du LabEx pendant 8 ans, et a été notre agent de liaison avec nos tutelles et laboratoires.

Claudine Colon a au LESIA permis de tenir les bilans financiers pluritutelés avec brio.

Ourdya Achelhi a assuré au LESIA avec patience la gestion quotidienne des dépenses.

Jean-Pierre Lebreton nous a fait partager ses visions de l'évolution du secteur spatial, qu'il connaît si bien, en particulier dans la révolution du « newspace » et des nanosatellites.

Françoise Roques a assuré avec passion le développement de la branche d'enseignement en ligne d'ESEP.

Benoît Mosser a été un complice précieux dans la construction du campus spatial C<sup>2</sup>ERES, devenu CENSUS.

Boris Segret enfin, a été la cheville ouvrière comme ingénieur système du labex ESEP.

Sur le plan des institutions, Claude Catala a comme président de l'Observatoire de Paris été un soutien indéfectible. Les universités partenaires ont toujours été d'un appui essentiel pour mener la politique pluri-instituts initiée dans ESEP. L'Université Paris-Sciences et Lettres tout particulièrement, comme établissement porteur, a accompagné le labex ESEP au long de sa vie, avec le soutien de ses présidents.

Je tiens à les remercier ici tout particulièrement.

*Pierre Drossart*





## Table des matières

Remerciements .....	1
<b>Introduction</b> .....	5
1. <b>Positionnement d'ESEP</b> dans la structuration de la recherche en France .....	6
2. <b>Thématiques</b> , activités et objectif clé.....	6
3. <b>Laboratoires et tutelles d'ESEP</b> .....	7
4. <b>Fonctionnement du labex</b> .....	9
5. <b>Réalisations du labex ESEP</b> .....	10
6. <b>Le bilan financier d'ESEP</b> .....	10
7. <b>Les journées ESEP</b> .....	11
8. <b>Les projets phares financés par le labex ESEP</b> .....	12
9. <b>Le campus spatial de PSL</b> et les projets de nanosatellites .....	14
10. <b>L'exposition COMETES</b> .....	15
11. <b>Enseignement en ligne (SESP)</b> .....	16
12. <b>Conclusion : l'héritage d'ESEP</b> .....	18
<b>ANNEXE 1 : Ressources humaines</b> .....	19
Thèses financées par ESEP.....	19
Post-doctorants financés par ESEP .....	20
CDD – ingénieurs financés par ESEP .....	20
<b>ANNEXE 2 : Financement de projets</b> .....	21
Projets Nanosatellites (budgets hors personnel) .....	21
Projets instrumentaux (hors nanosats) .....	21
Stages M2 sur projets de recherche.....	21
<b>ANNEXE 3 : Actions de communication scientifique, valorisation et diffusion des connaissances</b> .....	22
<b>ANNEXE 4 : Productions</b> .....	23
Publications ESEP.....	23
Communications publiées à congrès internationaux .....	27
Thèses.....	28
<b>ANNEXE 5 : ORGANISATION DU LABEX ESEP</b> .....	29
Partenaires ESEP .....	29
Tutelles .....	29
Comité exécutif d'ESEP .....	29
Comité scientifique d'ESEP .....	30
Comité des tutelles d'ESEP .....	30
Science Advisory Board.....	30
<b>ANNEXE 6 : Sites internet développés par ESEP</b> .....	31
<b>ANNEXE 7 : Synthèse financière ESEP</b> .....	33
<b>Estimation d'un coût consolidé des activités ESEP</b> .....	33
<b>Synthèse financière ESEP</b> .....	34



## Introduction

Le laboratoire d'excellence ESEP (Exploration Spatiale des Environnements Planétaires) a été sélectionné dans le cadre du Programme d'Investissements d'Avenir du Commissariat Général à l'Investissement en 2010 avec pour ambition de rassembler les compétences d'un réseau de laboratoires en Ile-de-France impliqués dans l'exploration spatiale afin de préparer les instrumentations spatiales du futur.

Avec un budget de quatre millions d'euros sur dix ans pour neuf laboratoires impliqués, très inférieur aux autres LabEx de la discipline, les moyens d'action d'ESEP se situaient d'emblée plutôt dans l'effet de levier et d'incitation, le coût d'un unique prototype instrumental spatial à lui seul relevant déjà de cet ordre de grandeur. La participation d'ESEP à un continuum d'activités a donc été recherchée, non pas sur le développement d'un projet unique, mais en semant les graines de différents projets qui se développeront ensuite dans d'autres cadres. ESEP s'est ainsi placé délibérément dans le cadre de la *praxis* aristotélicienne plutôt que de la *poièsis*. C'est donc à cette aune qu'il faut évaluer les résultats obtenus des dix ans d'activité d'ESEP, plutôt que dans une analyse en tableaux Excel d'indicateurs à laquelle certains tendent à réduire laborieusement la mesure de l'excellence.

L'objectif premier d'ESEP a été l'avancement en maturité technologique de l'instrumentation spatiale, un goulot d'étranglement notable dans le développement d'instrumentation innovante pour les missions spatiales planétaires. A l'inverse de télescopes astronomiques qui reposent sur quelques grands instruments, ces missions utilisent en effet des instruments multiples et variés. Ceux-ci sont en général développés dans les laboratoires de recherche instrumentale européens, dans des collaborations, et le développement de nouvelles idées doit passer par la démonstration de fiabilité spatiale par les agences avant de pouvoir être sélectionnées. C'est là l'objectif que s'est fixé ESEP d'accompagner les laboratoires dans ce cheminement, depuis les résultats obtenus sur les instruments lors de précédentes missions dans les dépouillements d'observations, jusqu'à la conception et la validation de nouveaux instruments pour les futurs projets. Les activités d'ESEP démontrent sa productivité sur toute cette chaîne d'instrumentation.

Les moyens d'action d'ESEP, en accord avec le fonctionnement des LabEx limités en dépenses d'équipements, ont consisté en un apport en ressources humaines sur les projets sélectionnés par appel d'offres annuel, principalement par des contrats doctoraux (14 thèses dont 6 en co-tutelles), post-doctoraux et contrats ingénieurs. L'ensemble des projets financés est décrit dans les annexes et a balayé une large étendue d'activités. Le mode de fonctionnement, dans une gouvernance démocratiquement partagée entre les laboratoires concernés, a consisté principalement sur appels d'offres annuels dont le comité scientifique a choisi les meilleures propositions en définissant une stratégie globale de moyen terme. Une stratégie à plus long terme a été suivie grâce à la mise en place d'un Science Advisory Board d'ESEP dans la deuxième moitié du programme.



## 1. Positionnement d'ESEP dans la structuration de la recherche en France

Le laboratoire d'excellence ESEP se présente comme un réseau de laboratoires, ou plus précisément d'équipes au sein de ces laboratoires, sur les thématiques de recherche qu'il développe. Les laboratoires, unités mixtes de recherche, sont l'unité administrative de base dans la recherche française. Ils sont en général inclus dans les établissements du système universitaire et de recherche (universités, établissements), eux-mêmes regroupés dans les nouvelles universités de recherches-Idex du Programme d'Investissement d'Avenir. Cette structuration emboîtée, pour complexe qu'elle soit, a sa

logique pour le développement des projets en reliant les organismes nationaux, régionaux et locaux et ESEP a bénéficié de cette structure dans les projets collaboratifs qu'il a financés.

### Structuration de la recherche en France



## 2. Thématiques, activités et objectif clé

Les thématiques du labex ESEP sont 1) la planétologie 2) les exoplanètes 3) la météorologie de l'espace, avec un objectif clé commun autour de l'instrumentation spatiale. Le constat à l'origine d'ESEP vient de la difficulté pour les laboratoires de dégager suffisamment de ressources pour les recherches en R&D d'instrumentation, en particulier pour améliorer le niveau de maturité technologique des futurs instruments pouvant être soumis en réponse aux appels d'offres des agences spatiales. Les contraintes sur le ratio coûts/risques dans les sélections d'instrument ont en effet le paradoxe de privilégier trop souvent le choix d'instruments déjà existants, au risque de brider l'originalité dans la recherche de nouvelles techniques. L'incitation par ESEP, en œuvrant sur la durée par le soutien à des R&D instrumentales en amont des sélections avait cet objectif de permettre de sortir des sélections à court terme. Ces soutiens ont été réalisés, en

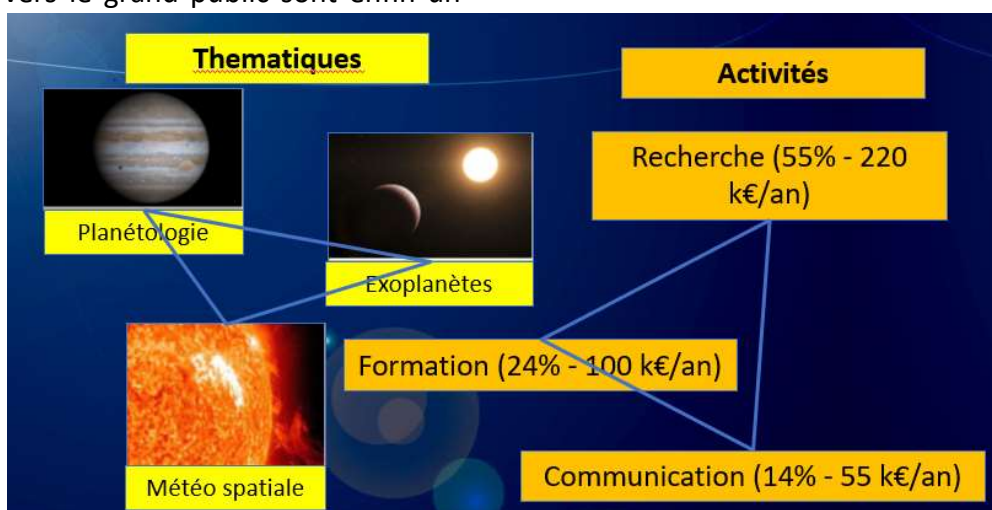
particulier via des soutiens en ressources humaines apportés par ESEP en coordination avec les programmes pilotés par le CNES dans les laboratoires concernés. Quelques exemples des réalisations obtenues seront donnés par la suite.

Les compétences des laboratoires d'ESEP ne se limitent cependant pas à l'instrumentation. La chaîne complète de la recherche spatiale des objectifs scientifiques, conduisant à des spécifications scientifiques puis techniques de nouveaux instruments et enfin à l'exploitation des résultats dans un cycle global a amené ESEP à s'impliquer dans les différentes étapes des missions spatiales de la conception jusqu'aux dépouillements des données instrumentales. Un exemple est le soutien en thèses de doctorat sur les dépouillements des missions phare Cassini et Rosetta qui ont pris une part essentielle des activités des laboratoires concernés qu'ESEP a soutenu pour préparer l'avenir par les futures



missions. Par ailleurs, la recherche ne saurait être dissociée des actions dans l'enseignement, et ESEP y a contribué tant dans des actions d'enseignement proprement dites que dans la synergie recherche-enseignement (thèses de doctorat et stages de masters). Les activités de communication, en particulier vers le grand public sont enfin un

axe indispensable de la recherche d'aujourd'hui dans son rôle d'acteur social. ESEP y a contribué par des expositions grand public, en particulier une grande exposition sur les comètes qui sera décrite plus loin.



### 3. Laboratoires et tutelles d'ESEP

Institution Laboratory	PSL	Paris Observatory	Sorbonne Université	UPEC	Univ. Orléans	CNRS	UVSQ
LESIA	x	X	X			X	
LATMOS			X			x	X
LPC2E					x	x	
LISA				X		X	
LERMA	X	X	X			X	
IMCCE	X	X	X			X	
LMD	X		X			X	
IAP			X			X	
USN	X	X					

Les laboratoires participant au labex ESEP et qui sont détaillés en annexe sont impliqués dans la recherche spatiale, soit directement en participant à la construction d'instruments

(LESIA, LATMOS, LISA, LPC2E, LERMA), soit dans la recherche théorique impliquée dans la définition ou l'exploitation des objectifs scientifiques spatiaux (LMD, IAP, IMCCE), soit

enfin dans le soutien au sol associé aux expériences spatiales avec le cas particulier de la station de radioastronomie de Nançay (USN) de l'Observatoire de Paris. Ces laboratoires ont en commun d'avoir en tutelle le CNRS, organisme qui assure une vision nationale dans la stratégie scientifique. ESEP est rattaché à l'université de recherche PSL (établissement porteur) comme « LabEx in IDEX », mais comporte des relations avec d'autres universités (Orléans, Paris-Est Créteil et Sorbonne Université).

L'intérêt particulier pour chacun des établissements d'ESEP a été exprimé lors de la demande de renouvellement du LabEx en 2017. Il est important de donner ici un exemple des soutiens apportés par les tutelles dans ces extraits ci-dessous.

*Les éléments en italique ci-dessous proviennent des lettres de support envoyés par les établissements partenaires lors du dernier rapport d'activité envoyé lors de la demande de renouvellement en 2018 (non acceptée par l'ANR).*

L'apport d'ESEP à la politique scientifique des établissements partenaires a été souligné lors du rapport 2018 de demande de prolongation. Les lettres de soutien à ESEP des différentes universités partenaires sont disponibles sur le site ESEP, dans le dossier de demande de prolongation. On en présentera ici seulement quelques extraits significatifs :

**UPEC :** *ESEP LabEx also permitted the reinforcement of research and training programs through space domain using online courses, scholarship grants for doctoral and post-doctoral students and creating an important valorization program which led to an exposition about Rosetta probe at the Bourget center in 2015 and a series of international conferences in the LabEx field of expertise in 2017 and 2018.*

**Observatoire de Paris :** *All these activities have resulted in a strong structuration in all major domains covered by the LabEx, and a serious improvement in the coordination of the concerned research areas among the member laboratories*

**PSL :** *The ESEP LabEx is one of the main pillars of the Astrophysics ecosystem and environment of PSL University, which includes projects such as C2ERES, Meso-PSL and OCAV Iris. Within PSL University, ESEP has founded the C2ERES space cluster, a campus and an incubator for innovative projects in the field of nanosatellite technologies. It offers students a unique training program that develops their transversal and thematic skills by drawing on the expertise of the ESEP network.*

**CNRS :** *ESEP has built a strong partnership between universities and organizations like CNRS and CNES with a large fraction of French national players of the field taking part in the activities of the LabEx : nine laboratories in regions Ile-de-France and Centre.*

**Sorbonne University :** *THE LABEX esep has federated the Parisian scientific community involved in space instrumentation experiments. It has developed promising ideas for a facilitated access to space and triggered cooperation between the CCERES and CURIESAT nanosatellites campus projects.*

**Université d'Orléans :** *long and detailed letter describing the strengthening of LPC2E links with Paris Observatory and other laboratories in space research*

**UVSQ :** *Given the Labex's track record, alignment of its proposed scientific themes for the future with LATMOS research strategy for 2020-2024, and the imperative to continue to promote a national network of laboratories working in synergy on spatial instrumentation,*

*I fully support the renewal of the ESEP labex beyond 2019*

**CNES :** L'apport du CNES a été déterminant pour ESEP dans le cofinancement de thèses de doctorat instrumentales : on sait que ces cofinancements sont souvent une source de difficultés pour la finalisation des dossiers, et l'implication d'un labex dédié à l'instrumentation a été très utile pour orienter dans les thématiques ESEP les recherches en instrumentation spatiale

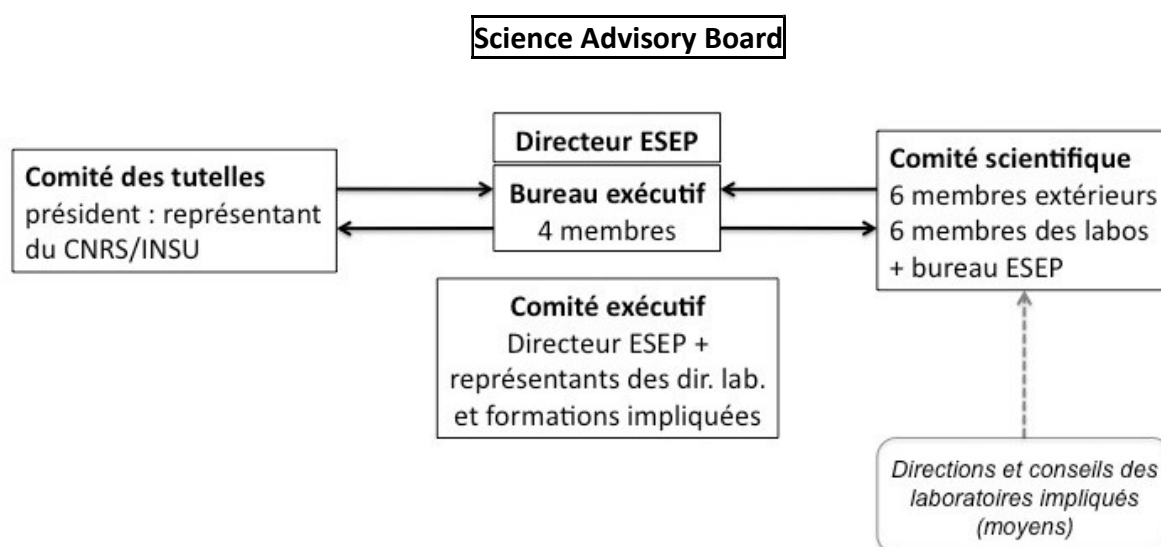
**Ecoles Doctorales :** Le fonctionnement du labex ESEP a été pensé en liaison étroite avec les écoles doctorales, tout particulièrement

l'Ecole Doctorale d'Astronomie et d'Astrophysique d'Ile-de-France (ED127) en sélectionnant les sujets de thèse financés, mais en laissant aux jurys des Ecoles Doctorales la sélection des étudiants selon leurs critères d'excellence. La représentation au sein du comité exécutif d'un membre de l'ED127 assurait la coordination entre les deux instances.

#### 4. Fonctionnement du labex

Le fonctionnement du LabEx ESEP a suivi le management typique des structures collaboratives similaires, après discussion lors de la mise en place avec les tutelles. Il comprend trois comités aux rôles bien distinct, le comité exécutif, en charge de l'application et de la gestion des activités du LabEx, un comité scientifique qui sélectionne les appels à projets annuels et répartit le budget sur ces projets, un comité des tutelles en charge de

vérifier l'adéquation des dépenses sur les objectifs affichés du Labex. Après 2015, sur recommandation du comité d'évaluation un Science Advisory Board a été ajouté pour guider la stratégie scientifique au niveau international et a émis des recommandations sur les rapports fournis par ESEP. Le détail et la composition des comités est donné en Annexe 5.



## 5. Réalisations du labex ESEP

Les financements du LabEx ESEP ont été répartis selon les différentes catégories du tableau suivant.

- Ressources humaines :
  - Contrats doctoraux (14)
  - Contrats post-doctoraux (12)
  - Contrats ingénieurs CDD (9)
- Financement de projets spatiaux
  - hors nanosatellites (3)
  - Nanosatellites (6)
- Enseignement (stages master, enseignement en ligne)
- Communication (expositions, journées scientifiques)
- Mise en place du centre spatial de PSL (CCERES, rebaptisé CENSUS)

Les produits de ces financements en termes de réalisations se déclinent en termes de publications, avancement de projets et manifestations diverses (journées ESEP et expositions) qui seront décrites plus loin. L'annexe 4 donne le détail des productions d'ESEP dans les différents domaines.

**Thèses** : la publication de 14 thèses menées à bien avec le soutien d'ESEP est une contribution importante dans les activités clés du labex. Tous les domaines thématiques ont été couverts au fil des ans, et la répartition entre thèses d'interprétation scientifique sur les missions spatiales en cours et thèses d'instrumentation prospective reflète le niveau d'implication des différents laboratoires, à travers le facteur de

pression qui a été observé dans les réponses à appel d'offres (de l'ordre de deux, selon les années). Deux éléments importants sont à signaler qui ont permis l'insertion d'ESEP au meilleur niveau dans le contexte des études doctorales. L'interaction avec l'Ecole Doctorale d'Astronomie et d'Astrophysique d'Ile de France (principal interlocuteur dans le contrôle et le suivi des thèses financées) a été assurée par une participation dans le comité exécutif du directeur de l'ED, assurant une répartition adéquate des thèses lors des sélections menées par l'ED sur les étudiants postulants. Le co-financement de plusieurs thèses, en particulier avec le CNES a aussi permis de démultiplier l'action du labex sur ses thématiques, en coordonnant avec le CNES les sélections sur les thèses instrumentales financées.

**Publications** : 58 publications sont recensées, et 12 communications publiées (chiffre sans doute sous-évalué) sur le critère strict d'une mention explicite du labex ESEP dans les financements obtenus pour le travail présenté. Il faudrait y ajouter les rapports internes de projets inclus dans les documentations internes à chaque projet financé par ESEP.

### Sites internet et vidéos en ligne :

Détaillée en annexe 6, une liste des sites internet et des vidéos en ligne donne un aperçu très concret des réalisations du LabEx ESEP dans différents domaines.

## 6. Le bilan financier d'ESEP

Un bilan financier sera produit par ESEP pour sa clôture d'activité fin 2021. Une

synthèse générale provisoire en est donnée ici et en annexe 7 pour en



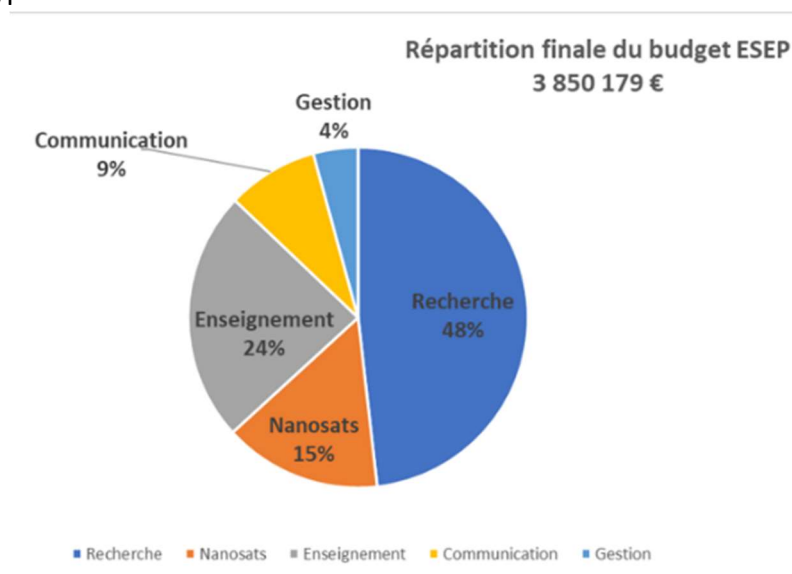
particulier répertorier la répartition entre les différents domaines d'activité (voir l'annexe pour un bilan chiffré).

Cette description a pour objectif de donner la répartition des dépenses effectuées, au regard des différentes missions d'ESEP. Si le budget est parfaitement établi sur les dépenses et recettes directement effectuées par le labex, la présentation d'un budget consolidé incluant les personnels financés par d'autres organismes ou l'apport budgétaire d'autres organismes sur des missions conjointes impliquant ESEP est beaucoup plus imprécise : en effet, les personnels permanents des laboratoires travaillant pour ESEP dépendant d'autres organismes ne sont pas liés contractuellement à ESEP, et la structure en réseau qui repose sur un engagement informel de type collaboratif. Le « coût

consolidé » du labex ne peut donc qu'être approximatif ; cependant une estimation de l'engagement des personnels dans ESEP peut être apportée grâce à l'encadrement des personnels financés par ESEP : l'encadrement d'un doctorant peut ainsi être estimé à 10% d'un personnel permanent.

L'apport en personnel de gestion du labex est lui aussi assez aisément retraçable, avec les éléments de pilotage de labex et les personnels gestionnaires mis à disposition par le laboratoire et l'établissement coordinateur.

L'apport des établissements et organismes au coût complet d'ESEP est ainsi estimé à 50% de l'apport du PIA (voir annexe 7).

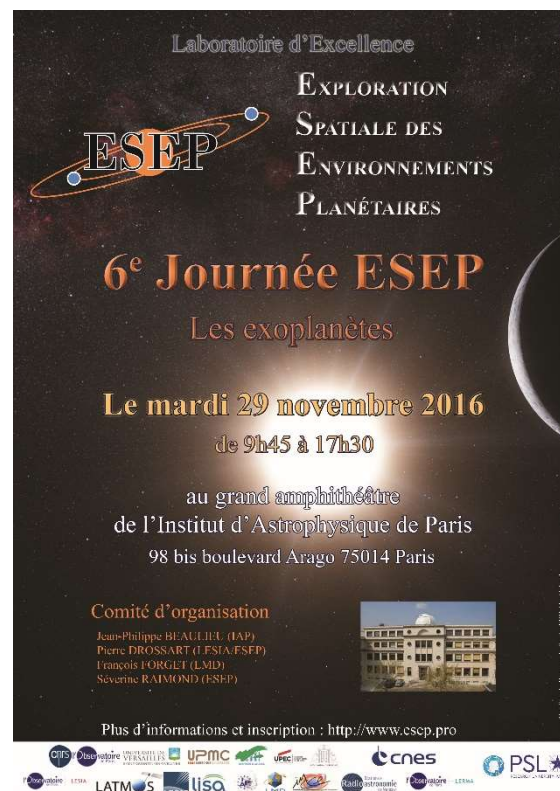


## 7. Les journées ESEP

Des journées scientifiques ont été régulièrement organisées par ESEP sur les différents domaines d'activité couverts par le labex. La liste des journées est la suivante :

1. Journée de lancement du labex : 26/03/2013 (IAP)
2. Astrochimie : simuler, modéliser, détecter : 7/11/2013 (Université Paris-Diderot)
3. Environnement spatial de la Terre : 27/05/2014 (Université d'Orléans)

4. L'apport des nanosatellites à l'exploration spatiale du système solaire : 10/12/2014 (UPMC)
5. Instrumentation spatiale pour l'exploration planétaire : 28/01/2016 (Observatoire de Paris, site de Meudon)
6. Les exoplanètes : 29/11/2016 (IAP)
7. Bases de données et Observatoires virtuels : 23/11/2017 (Observatoire de Paris, site de Meudon)
8. La journée des journées - bilan du labex ESEP : 29/11/2019 (CNES, Paris)



Une journée de prospective scientifique a également été organisée lors d'un séminaire à Rambouillet en 2015 afin de préparer le bilan d'activité à mi-parcours sous l'égide du comité scientifique d'ESEP

## 8. Les projets phares financés par le labex ESEP

La liste complète des projets ayant bénéficié du soutien d'ESEP est donnée en annexe. Une sélection de quelques projets est présentée ici, pour illustrer la diversité des activités d'ESEP et leur implication dans l'objectif principal du LabEx sur l'élévation de la maturité technologique d'instruments.

**a) Orbitrap (LPC2E, LATMOS, LISA) – C. Briois, JP Lebreton (Université d'Orléans)**

Le CosmOrbitrap est un instrument miniaturisé de spectrométrie de masse, dont la spatialisation a été réalisée dans le cadre du labex ESEP, pour de futures missions spatiales pour comprendre la

chimie organique et minérale des objets planétaires cibles de ces missions. Il s'agit d'un projet réunissant plusieurs laboratoires, dont en plus des laboratoires ESEP que sont le LPCÉE, le LISA et le LATMOS, sont impliqués l'IPAG et le CNSSM. Electronique, cartes d'acquisition et de traitement des données ont été réalisées grâce au soutien d'ESEP avec la mise à disposition d'un ingénieur en CDD pendant deux ans.

**b) Nanotubes de carbone (LATMOS) – F. Leblanc (Sorbonne Université)**

La technologie des nanotubes de carbone a été développée au LATMOS avec le soutien d'ESEP dans le cadre de



l'instrumentation pour l'exploration planétaire. Ces nanotubes de carbone permettront de remplacer les cathodes émettrices d'électrons dans les instruments comme les spectromètres de masse avec une minaturisation et une électronique sans les hautes tensions utilisées dans les instruments classiques. Ces instruments ont pour objectif de mesurer l'environnement des objets planétaires, ou des satellites en orbite.

**c) Récepteurs THz (LERMA)-**

Alain Maestrini (Sorbonne Université)

Le LERMA est impliqué sur l'instrument SWI de spectroscopie millimétrique à bord de la sonde ESA/JUICE qui doit s'envoler vers Jupiter en 2022. En collaboration avec l'institut Max Planck pour la recherche sur le système solaire, le LERMA est chargé du canal haute fréquence à 1200 GHz de SWI, instrument hétérodyne submillimétrique dédié à l'étude spectroscopique de l'atmosphère de Jupiter. Ce démonstrateur à haute fréquence n'existait pas au niveau européen avant les développements qui ont été réalisés au LERMA avec le soutien d'ESEP, qui a permis d'augmenter substantiellement le retour scientifique attendu de l'instrument. Le financement d'une thèse de doctorat au LERMA par ESEP a été déterminante pour la réussite de l'électronique THz « made in France ». L'instrumentation sur la sonde JUICE a été installée sur le satellite en 2021 pour les tests finals.

**d) PICSAT (LESIA)-**

Sylvestre Lacour (CNRS)

Le lancement du nanosatellite PICSAT le 12 janvier 2018 à 4h59 heure française par une fusée indienne a été un grand moment dans l'histoire d'ESEP. Le

projet PICSAT, mené par S. Lacour est né en 2015 suite à une conférence qui rapportait la possibilité qu'une étoile brillante, beta-Pictoris, allait voir le transit d'une exoplanète se produire trois ans plus tard. La possibilité d'observer ce transit a été étudiée dans le cadre d'un projet de nanosatellite permettant une observation continue de l'étoile pendant une longue période ininterrompue. L'observation étant possible par un petit instrument optique, l'idée d'un système de nanosatellite de quelques dizaines de centimètres est apparue comme la plus adaptée, et soutenue dans le cadre d'une ERC menée par S. Lacour, avec un apport substantiel d'ESEP dans le financement du projet. Le lancement et les premières opérations ont été une réussite, et ont permis d'impliquer le système d'opérations et de tests à l'Observatoire de Paris pour les nanosatellites alors en gestation. Même si les opérations de PICSAT ont été interrompues par une panne après deux mois d'activité, le succès technique et la validation de nombreuses procédures constituent un corpus d'expertise incomparable pour le campus spatial soutenu par ESEP (CCERES).

A noter que le Prix Olivier Chesneau 2021 de l'OCA a été attribué à Mathias Nowak pour son travail de doctorat intitulé : « La conjonction 2017 de Beta Pictoris b : la vie et la mort de PicSat, suivie d'une observation VLT/GRAVITY de la ré-émergence » qui a été soutenu avec succès en 2019 à l'Observatoire de Paris.

**e) PEPESO (LPC2E)-**

Jean-Pierre Lebreton (Univ. d'Orléans)

L'installation PEPESO (Propulsion Electrique Plasmas Spatiaux à Orléans) est une chambre de tests plasmas, qui possède une installation dédiée à la simulation de

l'environnement ionosphérique terrestre pour tester des cubesats, grâce à une source à plasma dédiée. L'objectif visé est de tester les méthodes de diagnostic dans l'environnement d'un cubesat. Un projet étudiant a été développé dans le cadre ESEP, afin de former les étudiants aux

méthodes de diagnostic des plasmas et d'analyse des données. Des étudiants de master ont pu travailler dans l'environnement PEPSO et se familiariser avec le diagnostic de plasmas ionosphériques.

## 9. Le campus spatial de PSL et les projets de nanosatellites

ESEP a permis la création de deux nouveaux moyens dans le cycle de développement des nanosatellites scientifiques. D'une part, le plateau PROMESS pour l'ingénierie concurrente dans une salle informatique partagée avec l'UFE. D'autre part, le Complexe Technologique pour le Spatial, co-construit avec le LESIA et géré par le LESIA, qui réunit deux salles propres, la salle de commande et le local radio. Ces moyens ont été réalisés par le pôle spatial de PSL, baptisé CENSUS (CEntre pour les Nanosatellites en Sciences de l'UniverS), créé par ESEP.

Le plateau PROMESS est une infrastructure informatique d'ingénierie collaborative spécialisée sur l'étude d'une mission de nanosatellite. Le plateau concerne 7 des 21 postes informatiques d'une salle de l'UFE qui sont activés spécifiquement pour une campagne d'ingénierie. Il comprend 2 écrans géants et une matrice de redirection de 2 des 7 postes vers ces écrans via une tablette commandée par l'animateur au cours d'une « campagne » d'ingénierie concurrente. Le plateau PROMESS est associé à une méthodologie de maturation des concepts de mission nanosatellite, mise au point par CCERES, et à des outils logiciels dédiés. ESEP a notamment initié le développement de la suite logicielle open-source DOCKS qui aide au dimensionnement d'une mission nanosatellite sur des aspects tels que les trajectoires, et plus généralement les géométries en jeu, l'énergie, les volumes de données. Surtout, la méthodologie développée cible la modélisation précoce dans le cycle

développement de la « couverture scientifique », permettant ainsi un dialogue nouveau et approfondi avec les agences spatiales (ou des intégrateurs) au niveau de la mission et non plus seulement de la plateforme. Cette approche originale n'est proposée par aucune autre initiative de CIC (Centre d'ingénierie Concurrente) dans les Centres Spatiaux Universitaires et d'Etablissements. Elle est actuellement opérationnelle, en interface avec le CNES/PASO, pour un des projets nanosats en cours (CASSTOR).

Plus tard dans le cycle de développement, cet ensemble de moyens et en particulier la salle propre (nommée Vega) offre un espace d'intégration et de tests dédiés aux nanosatellites en ambiance ISO 7 et ISO 5. La salle propre complète une offre de salle blanche existante en Île-de-France en ajoutant de la flexibilité par sa proximité avec des moyens lourds très sollicités. En effet, la cuve à vide thermique du LESIA est disposée dans une salle propre attenante à celle de CENSUS. Cette cuve est requise dans tous les développements d'instruments et parfaitement adaptée à l'échelle nanosatellite. La salle VEGA sert aussi à préparer le plan de développement des nanosatellites en offrant une capacité de test de « COTS », ces composants offerts sur étagère par le secteur du New Space associé à l'émergence des nanosatellites. En effet, non seulement les équipes nanosatellites sont souvent novices, mais les équipements de plateformes envisagés sont souvent peu matures, mal spécifiés et imposés avec des conditions commerciales défavorables au



client. Il en résulte des risques majeurs de retards en phases d'approvisionnement, de tests élémentaires ou d'intégration. Pour prévenir ces risques, CCERES a constitué le « kit VEGA » par l'achat de plusieurs composants typiques du New Space afin de permettre une familiarisation des équipes et une anticipation des risques lors des appels d'offre et des besoins d'intégration à venir.

Enfin, pour les opérations en vol, ESEP avait aidé à la réalisation d'une station sol à Meudon

pour un premier nanosatellite (OGMS-SA du LISA), achevée à l'occasion des besoins du nanosatellite PICSAT en 2018. CENSUS a récupéré et pérennisé la station en vue de la contrôler depuis le local radio du CTS, SSOL, et de constituer ainsi un segment sol adapté au paradigme nanosatellite : des opérations simplifiées et automatisées, capables d'intégrer harmonieusement l'équipe scientifique et des services en sous-traitance, et de se coordonner avec un réseau mondial d'écoute (SATNogs).



Le site du Centre spatial de PSL : <https://census.psl.eu/>

## 10. L'exposition COMETES

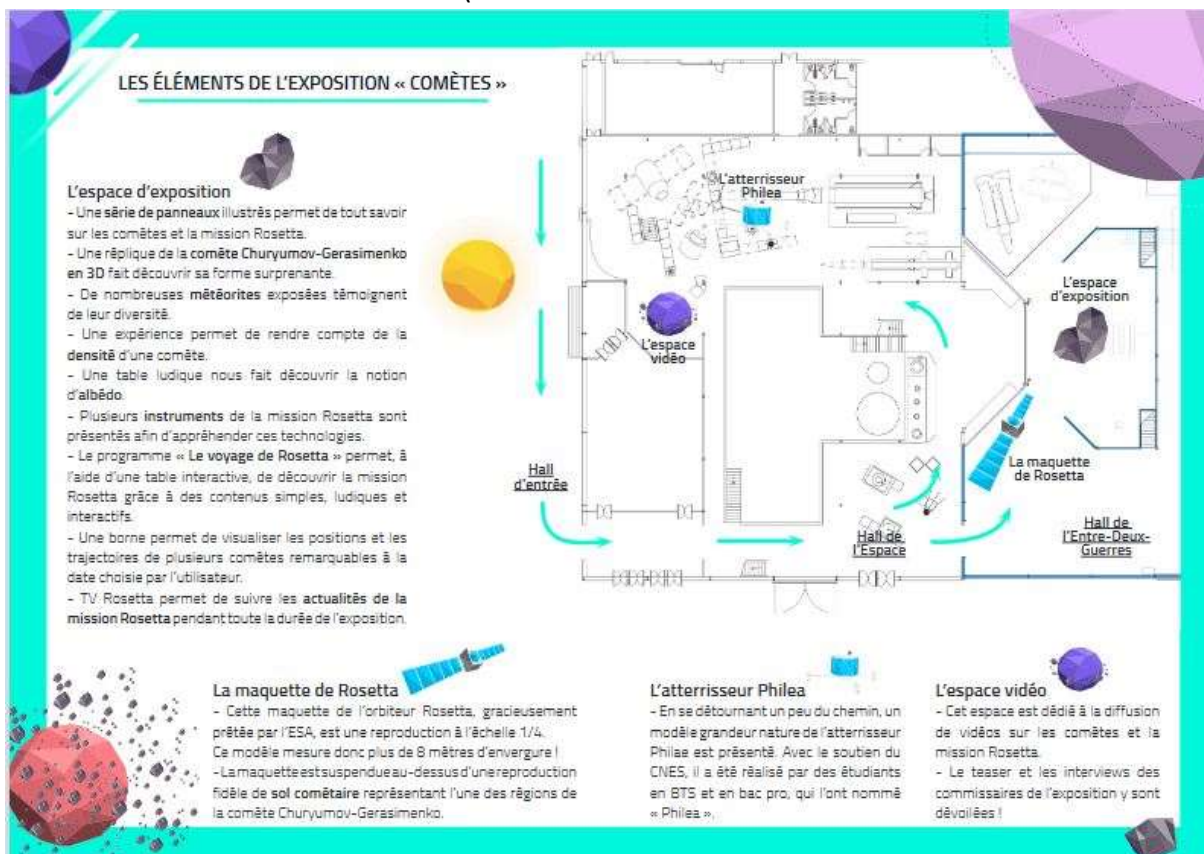
site : <http://www.expo-cometes.fr/>

L'exposition Comètes qui s'est tenue au deuxième semestre de l'année 2015 a été en matière de communication la plus grande réalisation d'ESEP. Conçue, élaborée, et présentée par les personnels d'ESEP elle avait pour objectif d'expliquer à un très large public les résultats de la grande mission cométaire de l'ESA, Rosetta, dont les résultats étaient en cours, mais aussi les méthodes d'observations,

par l'instrumentation, et les questionnements scientifiques qui sont liés à l'observation des objets primitifs du système solaire, en particulier sur la question de l'origine de la vie. Installée au Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, elle a vu passer environ 50000 personnes sur six mois, et drainé des observations de classes de tous niveaux, provenant des départements du Nord de l'Île-de-France

trop souvent éloignés des manifestations scientifiques. Un site dédié à l'exposition est toujours actif, pour en présenter les éléments, en particulier des vidéos. Ce site a été réalisé lors d'un stage de master de l'université Panthéon-Sorbonne (master

Multimédia Interactif). Une exposition itinérante en a été extraite, qui est disponible pour les expositions temporaires de taille plus modeste sur prêt ou sur téléchargement des posters.



## 11. Enseignement en ligne (SESP)

site : <http://sesp.esep.pro/fr/>

ESEP a permis de réaliser un portail numérique de planétologie : L'esprit de ce projet est de mettre en libre accès des connaissances en (exo)planétologie les plus récentes avec l'environnement nécessaire pour comprendre par quelles démarches et avec quels outils les chercheurs ont construit ces connaissances. Connaître les bases des sciences planétaires permet de comprendre les planètes du Soleil, des autres étoiles, et de mieux appréhender la vie, entre Terre et Univers.

Le portail "**Sciences pour les Exoplanètes et les Systèmes Planétaires**" ouvre sur :

- Un **site les Exoplanètes**, centré sur une base de données des planètes extrasolaires. Il contient les connaissances de base sur les exoplanètes et des outils qui permettent de visualiser et de manipuler les données sur les exoplanètes, des cartes, des tableaux, un simulateur d'orbite pour comparer les exoplanètes à la Terre.

- Un **livre numérique sur les sciences planétaires** rassemblant 23 chapitres de niveau licence scientifique, chacun équivalant à une dizaine d'heures de cours. Il est composé de cours, d'exercices et de travaux pratiques.

Les auteurs de ce portail sont des chercheurs et enseignants-chercheur, en particulier des doctorants ou des post-doctorants couvrant tous les axes de recherche sur les (exo)planètes. Le portail présente des **savoirs scientifiques attractifs, exigeants et accessibles**. Ces ressources **en libre accès**, sous licence Creative Commons, sont destinées en premier lieu aux étudiants et aux enseignants (enseignants/étudiants du second degré pour le **site exoplanètes** et de l'enseignement supérieur pour le **livre numérique**) mais aussi à toute personnes souhaitant comprendre la recherche en (exo)planétologie.

Les contenus s'appuient sur la qualité scientifique des laboratoires du **réseau ESEP**, sur la base de données [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu) et sur l'expérience de la cellule TICE de l'Unité de Formation de l'Observatoire de Paris

L'Observatoire de Paris a utilisé ce portail pour proposer une formation à distance, *Lumières sur l'Univers-Sciences Planétaires*. Les étudiants de la formation sont encadrés par des astronomes et peuvent obtenir, suite à un examen, un diplôme d'université de l'Observatoire. Le programme de la formation *LU-Sciences Planétaires* est basée sur des chapitres du **livre numérique**.

Le portail numérique est maintenu par le LESIA et mis à jour au fur et à mesure de l'évolution des connaissances. Les sites accessibles sont donnés en annexe 6.

**mise à jour : 21 mai 2021**

**SESP** Sciences pour Exoplanètes et Systèmes Planétaires

Introduction Structures planétaires Observables Techniques et méthodes Lieux de vie Auteurs Boîte à outils

**LES COMPOSANTES DU FLUX**

Auteurs: Loïc Rossi, Emmanuel Marq

Le flux radiatif reçu de la part d'une planète peut être analysé comme la somme de deux composantes :

- le *flux thermique* de la planète, lié à son émission propre (dépendant notamment de sa température)
- le *flux réfléchi*, émis par son étoile puis diffusé par l'atmosphère et/ou la surface de la planète

**Séparation des composantes**

Ces deux composantes seront traitées séparément dans la suite de ce chapitre. En général, les planètes sont largement plus froides que la photosphère de leur étoile, si bien que le flux réfléchi et le flux thermique s'observent de façon disjointe dans le spectre de la planète (voir figure). Cependant, ce n'est pas le cas pour les exoplanètes très chaudes, pour lesquelles le recouvrement des deux composantes n'est pas négligeable si bien que la séparation entre ces deux catégories perd de sa pertinence.

Dans le cas du système solaire, il est usuel de traiter le flux à des longueurs d'onde plus courtes que 5  $\mu\text{m}$  (incluant donc l'UV, le visible et l'IR proche) comme provenant quasi-exclusivement du Soleil, et les longueurs d'onde plus grandes comme provenant de l'émission thermique du corps observé (incluant donc l'IR moyen et lointain, ainsi les domaines sub-millimétrique et radio). La relation mathématique entre température d'un corps noir et la longueur d'onde du maximum spectral s'appelle la *loi de Wien* : pour une étoile de température de surface voisine de quelques milliers de Kelvins, il se situe dans le domaine visible voire UV, tandis que pour une planète de *température effective* voisine de quelques dizaines à quelques centaines de Kelvins, il se situe dans le domaine IR.

**Composantes réfléchi et thermique**

Irradiances spectrales émises ou réfléchies en provenance de quelques atmosphères planétaires. On distingue les deux composantes : la composante thermique du corps et la composante correspondant au flux solaire ou stellaire réfléchi par la planète. Cette distinction perd de son sens physique pour une planète très chaude comme 51PegB.

Crédit : Loïc Rossi CC-BY-SA

Exemple de page du site SESP sur le transfert radiatif planétaire

## 12. Conclusion : l'héritage d'ESEP

Les activités initiées par ESEP dans le cadre des nanosatellites se poursuivent en particulier dans les collaborations structurées par le LabEx. L'héritage d'ESEP, décrit par ailleurs dans une vidéo en ligne spécialement créée pour la fin du LabEx souligne comme élément pérenne la création du Centre Spatial Universitaire de PSL, CENSUS, qu'ESEP a permis de développer à l'Observatoire de Paris sur le site de Meudon et qui comporte en un même lieu des salles de développement technologique pour nanosatellites, et de simulation de systèmes spatiaux. Ce sera pour les années à venir, et dans le contexte très foisonnant activités du « newspace » un élément majeur d'action pour la recherche spatiale moderne. Le rapport de prospective de l'INSU publié en 2021 a ainsi pu montrer la pertinence des voies choisies par ESEP pour la construction d'un réseau de campus spatiaux, en particulier en Ile-de-France.



## ANNEXE 1 : Ressources humaines

### Thèses financées par ESEP

*Budget total 971 680 €*

1. Jean-Loup Baudino 01/10/12-30/09/15 –LESIA - *Analyse des données photométriques et spectroscopiques infrarouges d'exoplanètes obtenues avec l'instrument SPHERE au VLTP*– Soutenance 2015- Observatoire de Paris-PSL (directeur : B. Bézard)
2. Loïc Rossi 01/10/12-30/09/15 – LATMOS –*Étude des nuages de Vénus par polarimétrie avec les données de l'instrument SPICAV-IR à bord de Venus Express* - soutenance 2015 – UVSQ (directeur : F. Montmessin)
3. Diego Moro-Melgar 01/10/13-30/09/16 – LERMA - *Conception et optimisation de la tête haute fréquence d'un récepteur hétérodyne à 1.2 THz pour l'instrument JUICE-SWI* – Soutenance 2017 – UPMC-Paris VI (directeur : A. Maestrini)
4. Sophie Musset<sup>1</sup> – 01/10/13-30/09/16 – LESIA – *Accélération et propagation des particules énergétiques dans la couronne solaire : de l'analyse des données de l'instrument RHESSI à la préparation de l'exploitation de l'instrument STIX sur Solar Orbiter* Soutenance 2016 – Observatoire de Paris-PSL (directeur : N. Vilmer)
5. Anaïs Bardyn<sup>1</sup> – 01//10/13-30/09/16 – LISA - *Caractérisation de la matière organique contenue dans les particules de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko par spectrométrie de masse avec l'instrument COSIMA de la sonde Rosetta* – Soutenance 2016 – UPEC (directeur :H. Cottin )
6. Irina Kovalenko<sup>2</sup> -01/10/13-30/09/16 - IMCCE –*Caractérisation orbitale et physique des astéroïdes binaires* Soutenance 2016 – UPMC-ParisVI (directeur : D. Hestroffer)
7. El Houssain Ait-Mansour – 15/10/14-14/10/17 - LESIA/USN – *Numérisation rapide d'un système synchronisé en sortie d'antennes multi-réparties tel que le Radiohéliographe de Nançay* Soutenance 2018 – Observatoire de Paris-PSL (directeur : L.Klein)
8. T. Navarro<sup>1</sup> -01/12/12/30/11/15 LMD *Etude de la météorologie de la planète Mars par assimilation de données satellite et modélisation*– Soutenance 2016 – UPMC-Paris VI (directeur : F. Forget)
9. L. Ziino – 01/11/15-27/02/17 – IAP – thèse interrompue pour cause de démission (directeur : J.-P. Beaulieu)
10. R. Isnard – 03/10/16-01/10/19 – LISA – *Caractérisation de la matière organique de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko* Soutenance 2019 – UPEC (directeur : R. Fray)
11. C. Mathé – 01/10/16-30/09/19 – LESIA – *Étude des changements saisonniers dans la moyenne atmosphère de Titan à partir des données Cassini/CIRS* Soutenance 2019 – Observatoire de Paris-PSL (directeur : S. Vinatier)
12. L. Bouchra<sup>1</sup> – 01/10/16-30/09/19 – LATMOS - *Développement d'analyseurs de chromatographie en phase gazeuse pour l'exploration in-situ d'environnements planétaires – en préparation* (directeur : C. Szopa)
13. A. Oza<sup>1</sup>-01/09/14-31/08/17- LATMOS - *Detection and dynamics of satellite exospheres* Soutenance Soutenance 2017 – UPMC-Paris VI (directeur : F. Leblanc)
14. G. Quinsac – 01/11/18- 31/08/17 LESIA –*From commercials off-the-shelf to expected propulsion in nanosatellites* Soutenance 2019 – Observatoire de Paris-PSL (directeur : B. Segret)
15. B. Segret – LESIA/ESEP - *Algorithme embarqué de navigation optique autonome pour nanosatellites interplanétaires* Soutenance 2019 – Observatoire de Paris-PSL (directeur : B. Mosser )

<sup>1</sup> Thèse en cofinancement CNES

<sup>2</sup> Thèse en cofinancement Région Ile-de-France

## Post-doctorants financés par ESEP

*Les dates correspondent aux contrats financés par ESEP – budget total 779 255 €*

1. Joël Becker – LATMOS – 01/10/13-30/09/14 *Développement et test d'une source d'ionisation utilisant des nano-tubes de carbone comme émetteurs*
2. Sebastien Hess – LESIA – 01/10/13-31/01/14 - *LOFAR : Planètes et exoplanètes*
3. Soobash Daiboo – LESIA – 23/09/14-22/09/16 – *LOFAR : Planètes et exoplanètes*
4. Joachim Audouard – LATMOS – 01/02/16-05/11/17 - *Climatologie des nuages de CO2 martiens : modélisation et observations*
5. Nicolas Gilet – LPC2E – 01/10/16-31/12/17 *Modelling and calibration of the mutual impedance experiments RPC-MIP (Rosetta), PWI/AM2P (Bepi-Colombo) and RPWI/MIME (JUICE)*
6. Fabien Patru – LESIA – 01/10/16-31/09/18 - *Correction des aberrations d'amplitude t chromatiques en imagerie à Très Haute Dynamique*
7. Antoine Cruzier -LESIA – 01/06/16-31/05/18 –*Clôture de phase et nulling. La voie de l'optique intégrée active*
8. Norberto Romanelli – LATMOS – 01/10/17-30/09/18 - *Response of the Hermean magnetosphere-exosphere to Solar Extreme events - Preparation for Bepi Colombo mission*
9. Vishnu Viswanathan – IMCCE – 01/12/17-30/11/18 – *projet nanosat METEORIX*
10. Hongru Chen – IMCCE – 01/11/17-30/10/18 – *projet nanosat BIRDY*
11. Loïc Rossi – LATMOS – 01/09/18-31/12/19
12. X – IMCCE – 01/11/19-30/04/20 – *Projet nanosat METEORIX*

## CDD – ingénieurs financés par ESEP

*Les dates correspondent aux contrats financés par ESEP – budget total 1 329 307 €*

**Sur projets internes ESEP – budget 793 813 €**

1. Boris Segret - LESIA/ESEP – 01/11/17 – 31/10/19 (ingénieur système ESEP)
2. Séverine Raimond - LESIA/ESEP – 09/01/13-30/04/17 – communication
3. Cédric Schott – LESIA/ESEP – 01/09/13-31/08/17 – informatique (SESP, communication)

**Sur projets dans les laboratoires – budget 535 494 €**

4. Olivier Chapelon - LPC2E- 01/03/13-27/02/15 - *Projet ORBITRAP*
5. Luca Bucciantini – LPC2E – 01/09/17-31/08/18
6. Chiheb Bahrini – LISA – 01/09/14-31/08/15 - *Mise au point d'une méthode CRDS spatialisée pour la caractérisation des molécules organiques en phase gazeuse*
7. Gary Gabriel – LESIA – 01/10/15-31/12/17 *Plate-forme générique pour le développement de logiciels embarqués spatiaux scientifiques*
8. Sabrina Guilbon – LATMOS – 01/11/17-31/01/18
9. Reda Mohellebi – LESIA – 17/09/13-31/08/18 - *Nouveau récepteur radio spatial miniaturisé pour l'exploitation planétaire et l'astronomie*
10. Pierre-Yves Martin – LESIA/ESEP – 01/01/18-31/08/18 – *plateforme logiciel pour SESP*
11. Thomas Fenelon – LESIA – 01/09/18- 28/02/19

**Vacations: Budget : 19 014+3 593 = 22 607 €**

1. Vacances: C. Liang – 01/03/16 – 31/07/16
2. autres – communication, gestion



## ANNEXE 2 : Financement de projets

### Projets Nanosatellites (budgets hors personnel)

*budget 457 413 €*

1. BIRDY – IMCCE – *budget 79 959 €*
2. CIRCUS – LESIA – *budget 32 679 €*
3. GPU – LESIA – *budget 25 826 €*
4. PEPPO -LPC2E - *budget 4 754 €*
5. METEOR/METEORIX – IMCCE *budget 125 432 €*
6. NANOPOT – LATMOS – *budget 1 643 €*
7. OGMS-SA – LISA – *budget 42 300 €*
8. PICSAT – LESIA – *budget 106 280 €*
9. SERB – LATMOS - *budget 18 540 €*
10. TERACUBE – LERMA – *budget 20 000 €*

### Projets instrumentaux (hors nanosats)

*budget 13 677 €*

1. Orbitrap – LPC2E/LISA – *CDD/Postdocs LPC2E*
2. Récepteurs THz pour JUICE/SWI – LERMA – *thèse D. Moro Delgard*
3. Radiohéliographe – soutien à Solar Orbiter – LESIA/USN – *thèse Ait Mansour*
4. CCERES – équipement salles d'intégration et tests PSL

### Stages M2 sur projets de recherche

*Stages financés par ESEP : 37 stages M2 (durée moyenne 3 mois) – budget 89 454€*

- OMGS-SA : 2
- BIRDY : 11
- CCERES : 3 CIRCUS : 7
- GPU : 4
- METEORIX : 9
- PICSAT : 1

## ANNEXE 3 : Actions de communication scientifique, valorisation et diffusion des connaissances

Exposition Comètes

Soutien à autres expositions (Cassini/OP, ...)

Soutien annuels aux journées Elbereth des étudiants en doctorat de l'Ecole Doctorale Astronomie et Astrophysique d'Ile de France

### **Journées scientifiques ESEP**

- 1<sup>e</sup> Journée ESEP : Journée générale - 26 mars 2013, Institut d'Astrophysique de Paris
- 2<sup>e</sup> Journée ESEP : Astrochimie – 7 novembre 2013, Université Paris-Diderot
- 3<sup>e</sup> Journée ESEP : Environnement spatial de la Terre – 27 mai 2014, Centre International Universitaire pour la Recherche, Orléans
- 4<sup>e</sup> Journée ESEP : Nanosatellites – 10 décembre 2014 – Université Pierre et Marie Curie-Paris VI
- 5<sup>e</sup> Journée ESEP : Instrumentation spatiale pour l'exploration planétaire – 28 janvier 2016 Observatoire de Paris, site de Meudon
- 6<sup>e</sup> Journée ESEP : Les exoplanètes – 29 novembre 2016 – Institut d'Astrophysique de Paris
- 7<sup>e</sup> Journée ESEP : Bases de données & Observatoires virtuels – 23 novembre 2017 – observatoire de Paris, site de Meudon
- 8<sup>e</sup> Journée ESEP : La journée des journées – 29 novembre 2019 – Centre National d'Etudes Spatiales, Paris

**Colloque de prospective ESEP** – journée de préparation de l'évaluation à mi-parcours – Rambouillet, 6 mars 2014

### **Participations à colloques**

- Nanosatellites Paris (2017)
- Météorologie de l'Espace (2018)





## ANNEXE 4 : Productions

### Publications ESEP

**2012-2021**

#### *Publications ayant explicitement mentionné*

#### *le labex ESEP dans les financements*

1. Myllys, M.; Henri, P.; Vallières, X.; Gilet, N.; Nilsson, H.; Palmerio, E.; Turc, L.; Wellbrock, A.; Goldstein, R.; Witasse, O. *Electric field measurements at the plasma frequency around comet 67P by RPC-MIP on board Rosetta* 2021A&A...652A..73M
2. Mahapatra, Gourav; Lefèvre, Maxence; Rossi, Loïc; Spiga, Aymeric; Stam, Daphne M. (2021) *Polarimetry as a Tool for Observing Orographic Gravity Waves on Venus* PSJ.....2...96M
3. Rossi, Loïc.; Vals, Margaux; Montmessin, Franck; Forget, François; Millour, Ehouarn; Fedorova, Anna; Trokhimovskiy, Alexander; Korablev, Oleg (2021) *The Effect of the Martian 2018 Global Dust Storm on HDO as Predicted by a Mars Global Climate Model*. GeorL..4890962R
4. Segret, Boris; Mosser, Benoît (2021) *Autonomous Orbit Determination for a CubeSat Cruising in Deep Space*. 2021arXiv210409989S
5. Colas, F.; Zanda, B.; Bouley, S. and 392 more (2020) *FRIPON: a worldwide network to track incoming meteoroids*. 2020A&A...644A..53C
6. Chen, Hongru; Rambaux, Nicolas; Vaubaillon, Jérémie (2020) *Accuracy of meteor positioning from space- and ground-based observations*. 2020A&A...642L..11C
7. Gilet, N.; Henri, P.; Wattieaux, G.; Traoré, N.; Eriksson, A. I.; Vallières, X.; Moré, J.; Randriamboarison, O.; Odelstad, E.; Johansson, F. L.; Rubin, M. (2020) *Observations of a mix of cold and warm electrons by RPC-MIP at 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2020A&A...640A.110G
8. Mathé, Christophe; Vinatier, Sandrine; Bézard, Bruno; Lebonnois, Sébastien; Gorius, Nicolas; Jennings, Donald E.; Mamoutkine, Andrei; Guandique, Ever; Vatant d'Ollone, Jan (2020) *Seasonal changes in the middle atmosphere of Titan from Cassini/CIRS observations: Temperature and trace species abundance profiles from 2004 to 2017*. 2020Icar..34413547M
9. Langevin, Y.; Merouane, S.; Hilchenbach, M.; Vincendon, M.; Hornung, K.; Engrand, C.; Schulz, R.; Kissel, J.; Ryno, J. (2020) *Optical properties of cometary particles collected by COSIMA: Assessing the differences between microscopic and macroscopic scales*. 2020P&SS..18204815L
10. Hajra, Rajkumar; Henri, Pierre; Vallières, Xavier; Galand, Marina; Rubin, Martin; Tsurutani, Bruce T.; Gilet, Nicolas; Bucciattini, Luca; Nemeth, Zoltan (2020). *Ionospheric total electron content of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2020A&A...635A..51H
11. Myllys, M.; Henri, P.; Galand, M.; Heritier, K. L.; Gilet, N.; Goldstein, R.; Eriksson, A. I.; Johansson, F.; Deca, J. (2019). *Plasma properties of suprathermal electrons near comet 67P/Churyumov-Gerasimenko with Rosetta*. 2019A&A...630A..42M
12. Breuillard, H.; Henri, P.; Bucciattini, L.; Volwerk, M.; Karlsson, T.; Eriksson, A.; Johansson, F.; Odelstad, E.; Richter, I.; Goetz, C.; Vallières, X.; Hajra, R. (2019) *Properties of the singing comet waves in the 67P/Churyumov-Gerasimenko plasma environment as observed by the Rosetta mission*. 2019A&A...630A..39B
13. Isnard, R.; Bardyn, A.; Fray, N.; Briois, C.; Cottin, H.; Paquette, J.; Stenzel, O.; Alexander, C.; Baklouti, D.; Engrand, C.; Orthous-Daunay, F. -R.; Siljeström, S.; Varmuza, K.; Hilchenbach, M. (2019). *H/C elemental ratio of the refractory organic matter in cometary particles of 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2019A&A...630A..27I

14. Viswanathan, V.; Rambaux, N.; Fienga, A.; Laskar, J.; Gastineau, M. (2019) *Observational Constraint on the Radius and Oblateness of the Lunar Core-Mantle Boundary*. 2019GeoRL..46.7295V
15. Selliez, L.; Briois, C.; Carrasco, N.; Thirkell, L.; Thissen, R.; Ito, M.; Orthous-Daunay, F. -R.; Chalumeau, G.; Colin, F.; Cottin, H.; Engrand, C.; Flandinet, L.; Fray, N.; Gaubicher, B.; Grand, N.; Lebreton, J. -P.; Makarov, A.; Ruocco, S.; Szopa, C.; Vuitton, V.; Zapf, P. (2019) *Identification of organic molecules with a laboratory prototype based on the Laser Ablation-CosmOrbitrap*. 2019P&SS..170...42S
16. Oza, Apurva V.; Leblanc, Francois; Johnson, Robert E.; Schmidt, Carl; Leclercq, Ludivine; Cassidy, Timothy A.; Chaufray, Jean-Yves (2019) *Dusk over dawn O2 asymmetry in Europa's near-surface atmosphere*. 2019P&SS..167...23O
17. Hajra, Rajkumar; Henri, Pierre; Myllys, Minna; Héritier, Kevin L.; Galand, Marina; Simon Wedlund, Cyril; Breuillard, Hugo; Behar, Etienne; Edberg, Niklas J. T.; Goetz, Charlotte; Nilsson, Hans; Eriksson, Anders I.; Goldstein, Raymond; Tsurutani, Bruce T.; Moré, Jerome; Vallières, Xavier; Wattieaux, Gaetan (2018) *Cometary plasma response to interplanetary corotating interaction regions during 2016 June-September: a quantitative study by the Rosetta Plasma Consortium*. 2018MNRAS.480.4544H
18. Behar, E.; Tabone, B.; Saillenfest, M.; Henri, P.; Deca, J.; Lindkvist, J.; Holmström, M.; Nilsson, H. (2018) *Solar wind dynamics around a comet. A 2D semi-analytical kinetic model*. 2018A&A...620A..35B
19. Heritier, K. L.; Galand, M.; Henri, P.; Johansson, F. L.; Beth, A.; Eriksson, A. I.; Vallières, X.; Altwegg, K.; Burch, J. L.; Carr, C.; Ducrot, E.; Hajra, R.; Rubin, M. (2018) *Plasma source and loss at comet 67P during the Rosetta mission*. 2018A&A...618A..77H
20. Romanelli, N.; Modolo, R.; Leblanc, F.; Chaufray, J. -Y.; Martinez, A.; Ma, Y.; Lee, C. O.; Luhmann, J. G.; Halekas, J.; Brain, D.; DiBraccio, G.; Espley, J.; Mcfadden, J.; Jakosky, B.; Holmström, M. (2018) *Responses of the Martian Magnetosphere to an Interplanetary Coronal Mass Ejection: MAVEN Observations and Lathys Results*. 2018GeoRL..45.7891R
21. Engelhardt, I. A. D.; Eriksson, A. I.; Vigren, E.; Vallières, X.; Rubin, M.; Gilet, N.; Henri, P. (2018) *Cold electrons at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2018A&A...616A..51E
22. Nilsson, H.; Gunell, H.; Karlsson, T.; Brenning, N.; Henri, P.; Goetz, C.; Eriksson, A. I.; Behar, E.; Stenberg Wieser, G.; Vallières, X. (2018) *Size of a plasma cloud matters. The polarisation electric field of a small-scale comet ionosphere*. 2018A&A...616A..50N
23. Behar, E.; Nilsson, H.; Henri, P.; Berčič, L.; Nicolaou, G.; Stenberg Wieser, G.; Wieser, M.; Tabone, B.; Saillenfest, M.; Goetz, C. (2018) *The root of a comet tail: Rosetta ion observations at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2018A&A...616A..21B
24. Odelstad, E.; Eriksson, A. I.; Johansson, F. L.; Vigren, E.; Henri, P.; Gilet, N.; Heritier, K. L.; Vallières, X.; Rubin, M.; André, M. (2018) *Ion Velocity and Electron Temperature Inside and Around the Diamagnetic Cavity of Comet 67P*. 2018JGRA..123.5870O
25. Romanelli, N.; Modolo, R.; Leblanc, F.; Chaufray, J. -Y.; Hess, S.; Brain, D.; Connerney, J.; Halekas, J.; Mcfadden, J.; Jakosky, B. (2018) *Effects of the Crustal Magnetic Fields and Changes in the IMF Orientation on the Magnetosphere of Mars: MAVEN Observations and Lathys Results*. 2018JGRA..123.5315R
26. Engelhardt, I. A. D.; Eriksson, A. I.; Stenberg Wieser, G.; Goetz, C.; Rubin, M.; Henri, P.; Nilsson, H.; Odelstad, E.; Hajra, R.; Vallières, X. (2018) *Plasma density structures at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2018MNRAS.477.1296E

27. Oza, Apurva V.; Johnson, Robert E.; Leblanc, François (2018) *Dusk/dawn atmospheric asymmetries on tidally-locked satellites: O2 at Europa*. 2018Icar..305...500
28. Madsen, B.; Simon Wedlund, C.; Eriksson, A.; Goetz, C.; Karlsson, T.; Gunell, H.; Spicher, A.; Henri, P.; Vallières, X.; Miloch, W. J. (2018) *Extremely Low-Frequency Waves Inside the Diamagnetic Cavity of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2018GeoRL..45.3854M
29. Hajra, Rajkumar; Henri, Pierre; Vallières, Xavier; Moré, Jerome; Gilet, Nicolas; Wattieaux, Gaetan; Goetz, Charlotte; Richter, Ingo; Tsurutani, Bruce T.; Gunell, Herbert; Nilsson, Hans; Eriksson, Anders I.; Nemeth, Zoltan; Burch, James L.; Rubin, Martin (2018) *Dynamic unmagnetized plasma in the diamagnetic cavity around comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2018MNRAS.475.4140H
30. Romanelli, N.; Mazelle, C.; Meziane, K. (2018) *Nonlinear Wave-Particle Interaction: Implications for Newborn Planetary and Backstreaming Proton Velocity Distribution Functions*. 2018JGRA..123.1100R
31. Musset, S.; Kontar, E. P.; Vilmer, N. (2018) *Diffusive transport of energetic electrons in the solar corona: X-ray and radio diagnostics* 2018A&A...610A...6M
32. Navarro, T.; Forget, F.; Millour, E.; Greybush, S. J.; Kalnay, E.; Miyoshi, T. (2017) *The Challenge of Atmospheric Data Assimilation on Mars* 2017E&SS...4..690N
33. Kovalenko, I. D.; Doressoundiram, A.; Lellouch, E.; Vilenius, E.; Müller, T.; Stansberry, J. (2017) *"TNOs are Cool": A survey of the trans-Neptunian region. XIII. Statistical analysis of multiple trans-Neptunian objects observed with Herschel Space Observatory*. 2017A&A...608A..19K
34. Gilet, N.; Henri, P.; Wattieaux, G.; Cilibrasi, M.; Béghin, C. (2017) *Electrostatic Potential Radiated by a Pulsating Charge in a Two-Electron Temperature Plasma* 2017RaSc...52.1432G
35. Kovalenko, Irina D.; Stoica, Radu S.; Emelyanov, Nikolay V. (2017) *Maximum a posteriori estimation through simulated annealing for binary asteroid orbit determination*. 2017MNRAS.471.4637K
36. Hajra, R.; Henri, P.; Vallières, X.; Galand, M.; Héritier, K.; Eriksson, A. I.; Odelstad, E.; Edberg, N. J. T.; Burch, J. L.; Broiles, T.; Goldstein, R.; Glassmeier, K. H.; Richter, I.; Goetz, C.; Tsurutani, B. T.; Nilsson, H.; Altwegg, K.; Rubin, M. (2017) *Impact of a cometary outburst on its ionosphere. Rosetta Plasma Consortium observations of the outburst exhibited by comet 67P/Churyumov-Gerasimenko on 19 February 2016*. 2017A&A...607A..34H
37. Bardyn, Anaïs; Baklouti, Donia; Cottin, Hervé; Fray, Nicolas; Briois, Christelle; Paquette, John; Stenzel, Oliver; Engrand, Cécile; Fischer, Henning; Hornung, Klaus; Isnard, Robin; Langevin, Yves; Lehto, Harry; Le Roy, Léna; Ligier, Nicolas; Merouane, Sihane; Modica, Paola; Orthous-Daunay, François-Régis; Rynö, Jouni; Schulz, Rita; Silén, Johan; Thirkell, Laurent; Varmuza, Kurt; Zaprudin, Boris; Kissel, Jochen; Hilchenbach, Martin. (2017) *Carbon-rich dust in comet 67P/Churyumov-Gerasimenko measured by COSIMA/Rosetta*. 2017MNRAS.469S.712B
38. Fray, Nicolas; Bardyn, Anaïs; Cottin, Hervé; Baklouti, Donia; Briois, Christelle; Engrand, Cécile; Fischer, Henning; Hornung, Klaus; Isnard, Robin; Langevin, Yves; Lehto, Harry; Le Roy, Léna; Mellado, Eva Maria; Merouane, Sihane; Modica, Paola; Orthous-Daunay, François-Régis; Paquette, John; Rynö, Jouni; Schulz, Rita; Silén, Johan; Siljeström, Sandra; Stenzel, Oliver; Thirkell, Laurent; Varmuza, Kurt; Zaprudin, Boris; Kissel, Jochen; Hilchenbach, Martin (2017) *Nitrogen-to-carbon atomic ratio measured by COSIMA in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2017MNRAS.469S.506F
39. Henri, P.; Vallières, X.; Hajra, R.; Goetz, C.; Richter, I.; Glassmeier, K. -H.; Galand, M.; Rubin, M.; Eriksson, A. I.; Nemeth, Z.; Vigren, E.; Beth, A.; Burch, J. L.; Carr, C.; Nilsson, H.; Tsurutani, B.; Wattieaux, G. (2017) *Diamagnetic region(s): structure of the unmagnetized plasma around Comet 67P/CG*. 2017MNRAS.469S.372H

40. Vigren, E.; André, M.; Edberg, N. J. T.; Engelhardt, I. A. D.; Eriksson, A. I.; Galand, M.; Goetz, C.; Henri, P.; Heritier, K.; Johansson, F. L.; Nilsson, H.; Odelstad, E.; Rubin, M.; Stenberg-Wieser, G.; Tzou, C. -Y.; Vallières, X. (2017) *Effective ion speeds at ~200-250 km from comet 67P/Churyumov-Gerasimenko near perihelion*. 2017MNRAS.469S.142V
41. Heritier, K. L.; Henri, P.; Vallières, X.; Galand, M.; Odelstad, E.; Eriksson, A. I.; Johansson, F. L.; Altwegg, K.; Behar, E.; Beth, A.; Broiles, T. W.; Burch, J. L.; Carr, C. M.; Cupido, E.; Nilsson, H.; Rubin, M.; Vigren, E. (2017) *Vertical structure of the near-surface expanding ionosphere of comet 67P probed by Rosetta*. 2017MNRAS.469S.118H
42. Gunell, H.; Goetz, C.; Eriksson, A.; Nilsson, H.; Simon Wedlund, C.; Henri, P.; Maggiolo, R.; Hamrin, M.; De Keyser, J.; Rubin, M.; Stenberg Wieser, G.; Cessateur, G.; Dhooghe, F.; Gibbons, A. (2017) *Plasma waves confined to the diamagnetic cavity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2017MNRAS.469S..84G
43. Koshimoto, N.; Udalski, A.; Beaulieu, J. P. and 42 more (2017) OGLE-2012-BLG-0950Lb: *The First Planet Mass Measurement from Only Microlens Parallax and Lens Flux*. 2017AJ....153....1K
44. Engrand, Cécile; Duprat, Jean; Dartois, Emmanuel; Benzerara, Karim; Leroux, Hugues; Baklouti, Donia; Bardyn, Anaïs; Briois, Christelle; Cottin, Hervé; Fischer, Henning; Fray, Nicolas; Godard, Marie; Hilchenbach, Martin; Langevin, Yves; Paquette, John; Rynö, Jouni; Schulz, Rita; Silén, Johan; Stenzel, Oliver; Thirkell, Laurent; Cosima Team (2016) *Variations in cometary dust composition from Giotto to Rosetta, clues to their formation mechanisms*. 2016MNRAS.462S.323E
45. Briois, Christelle; Thissen, Roland; Thirkell, Laurent; Aradj, Kenzi; Bouabdellah, Abdel; Boukrara, Amirouche; Carrasco, Nathalie; Chalumeau, Gilles; Chapelon, Olivier; Colin, Fabrice; Coll, Patrice; Cottin, Hervé; Engrand, Cécile; Grand, Noel; Lebreton, Jean-Pierre; Orthous-Daunay, François-Régis; Pennanech, Cyril; Szopa, Cyril; Vuitton, Véronique; Zapf, Pascal; Makarov, Alexander (2016) *Orbitrap mass analyser for in situ characterisation of planetary environments: Performance evaluation of a laboratory prototype*. 2016P&SS..131...33B
46. Fray, Nicolas; Bardyn, Anaïs; Cottin, Hervé; Altwegg, Kathrin; Baklouti, Donia; Briois, Christelle; Colangeli, Luigi; Engrand, Cécile; Fischer, Henning; Glasmachers, Albrecht; Grün, Eberhard; Haerendel, Gerhard; Henkel, Hartmut; Höfner, Herwig; Hornung, Klaus; Jessberger, Elmar K.; Koch, Andreas; Krüger, Harald; Langevin, Yves; Lehto, Harry; Lehto, Kirsi; Le Roy, Léna; Merouane, Sihane; Modica, Paola; Orthous-Daunay, François-Régis; Paquette, John; Raulin, François; Rynö, Jouni; Schulz, Rita; Silén, Johan; Siljeström, Sandra; Steiger, Wolfgang; Stenzel, Oliver; Stephan, Thomas; Thirkell, Laurent; Thomas, Roger; Torkar, Klaus; Varmuza, Kurt; Wanczek, Karl-Peter; Zaprudin, Boris; Kissel, Jochen; Hilchenbach, Martin (2016) *High-molecular-weight organic matter in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko*. 2016Natur.538...72F
47. Beaulieu, J. -P.; Bennett, D. P.; Batista, V.; Fukui, A.; Marquette, J. -B.; Brilliant, S.; Cole, A. A.; Rogers, L. A.; Sumi, T.; Abe, F.; Bhattacharya, A.; Koshimoto, N.; Suzuki, D.; Tristram, P. J.; Han, C.; Gould, A.; Pogge, R.; Yee, J. (2016) *Revisiting the Microlensing Event OGLE 2012-BLG-0026: A Solar Mass Star with Two Cold Giant Planets*. 2016ApJ...824...83B
48. Sicardy, B.; Talbot, J.; Meza, E. and 65 more (2016) *Pluto's Atmosphere from the 2015 June 29 Ground-based Stellar Occultation at the Time of the New Horizons Flyby*. 2016ApJ...819L..38S
49. Vigan, A.; Bonnefoy, M.; Ginski, C. and 73 more (2016) *First light of the VLT planet finder SPHERE. I. Detection and characterization of the substellar companion GJ 758 B*. 2016A&A...587A..55V
50. Baudino, J. -L.; Bézard, B.; Boccaletti, A.; Bonnefoy, M.; Lagrange, A. -M.; Galicher, R. (2015) *Interpreting the photometry and spectroscopy of directly imaged planets: a new atmospheric model applied to  $\beta$  Pictoris b and SPHERE observations*. 2015A&A...582A..83B

51. Rossi, Loïc; Marcq, Emmanuel; Montmessin, Franck; Fedorova, Anna; Stam, Daphne; Bertaux, Jean-Loup; Korablev, Oleg (2015) *Preliminary study of Venus cloud layers with polarimetric data from SPICAV/VEx*. 2015P&SS..113..159R
52. Bouilloud, M.; Fray, N.; Bénilan, Y.; Cottin, H.; Gazeau, M. -C.; Jolly, A. (2015) *Bibliographic review and new measurements of the infrared band strengths of pure molecules at 25 K: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OH, HCOOH and H<sub>2</sub>CO*. 2015MNRAS.451.2145B
53. Vinogradoff, V.; Duvernay, F.; Fray, N.; Bouilloud, M.; Chiavassa, T.; Cottin, H. (2015) *Carbon Dioxide Influence on the Thermal Formation of Complex Organic Molecules in Interstellar Ice Analogs*. 2015ApJ...809L..18V
54. Musset, S.; Vilmer, N.; Bommier, V. (2015) *Hard X-ray emitting energetic electrons and photospheric electric currents*. 2015A&A...580A.106M
55. Le Roy, Léna; Bardyn, Anais; Briois, Christelle; Cottin, Hervé; Fray, Nicolas; Thirkell, Laurent; Hilchenbach, Martin (2015) *COSIMA calibration for the detection and characterization of the cometary solid organic matter*. 2015P&SS..105....1L
56. Navarro, T.; Forget, F.; Millour, E.; Greybush, S. J. (2014) *Detection of detached dust layers in the Martian atmosphere from their thermal signature using assimilation*. 2014GeoRL..41.6620N
57. Navarro, T.; Madeleine, J. -B.; Forget, F.; Spiga, A.; Millour, E.; Montmessin, F.; Määttänen, A. (2014) *Global climate modeling of the Martian water cycle with improved microphysics and radiatively active water ice clouds*. 2014JGRE..119.1479N
58. Bonnefoy, M.; Marleau, G. -D.; Galicher, R.; Beust, H.; Lagrange, A. -M.; Baudino, J. -L.; Chauvin, G.; Borgniet, S.; Meunier, N.; Rameau, J.; Boccaletti, A.; Cumming, A.; Helling, C.; Homeier, D.; Allard, F.; Delorme, P. (2014) *Physical and orbital properties of  $\beta$  Pictoris b* 2014A&A...567L...9B
59. Galicher, R.; Rameau, J.; Bonnefoy, M.; Baudino, J. -L.; Currie, T.; Boccaletti, A.; Chauvin, G.; Lagrange, A. -M.; Marois, C. (2014) *Near-infrared detection and characterization of the exoplanet HD 95086 b with the Gemini Planet Imager*. 2014A&A...565L...4G

### Communications publiées à congrès internationaux

1. Mathé, Christophe; Määttänen, Anni; Audouard, Joachim; Listowski, Constantino; Millour, Ehouarn; Forget, François; Spiga, Aymeric; Bardet, Déborah ; Teinturier, Lucas; Falletti, Lola ; Vals, Margaux; González-Galindo, Francisco; Montmessin, Franck Global (2020). *3D modelling of Martian CO<sub>2</sub> clouds* 2020EPSC...14..751M
2. Rossi, Loïc; Vals, Margaux; Montmessin, Franck; Forget, François; Millour, Ehouarn; Olsen, Kevin; Fedorova, Anna; Trokhimovskiy, Alexander; Korablev, Oleg (2020) *Modeling of the effect of the MY34 Global Dust Storm on the martian HDO cycle*. 2020EPSC...14..626R
3. Moreno, Raphael; Treuttel, Jeanne; González-Ovejero, David; Gatilova, Lina; Segret, Boris; Lellouch, Emmanuel (2020) *TERACUBE: T Hz instrument concept for CubeSat* 2020EPSC...14..350M
4. Drossart, P. ; Mosser, B. ; Segret, B. (2017) *Planetary exploration with nanosatellites : a space campus for future technology development*. 2017EPSC...11..135-3
5. Hestroffer, D.; Agnan, M.; Miau, J. J.; Rosenblatt, P.; Segret, B.; Vannitsen, J. (2017) *BIRDY - Interplanetary CubeSat to small body of the Solar System*. 2017EPSC...11..802H
6. Turbet, M.; Schott, C.; Forget, F. (2017) *The LAPS Project: A tutorial, online model to simulate the atmosphere of any terrestrial planet*. 2017EPSC...11..298T

7. Turbet, Martin; Forget, Francois; Schott, Cédric (2016) *The LAPS Project : A live 1D Radiative-Convective Model to explore the possible climates of terrestrial planets and exoplanets.* 2016DPS...4841907T
8. Roques, F.; Balança, C.; Bénilan, Y.; Griessmeier, J. M.; Marcq, E.; Navarro, T.; Renner, S.; Schneider, J.; Schott, C. (2015) *Sciences for Exoplanets and Planetary Systems : web sites and E-learning* 2015EPSC...10..748R
9. Navarro, T.; Schott, C.; Forget, F. (2015) *An online educational atmospheric global circulation model.* 2015EPSC...10..494N
10. Turbet, M.; Forget, F.; Leconte, J.; Schott, C. (2015) *The habitability of terrestrial exoplanets with a time-marching climate model : an educational tool* 2015EPSC...10..422T
11. Vannitsen, J.; Segret, B.; Miau, J. J.; Juang, J. -C. (2013) *CubeSat on an Earth-Mars Free-Return Trajectory to study radiation hazards in the future manned mission.* 2013EPSC....8.1088V

## Thèses

Voir annexe 1 : 14 thèses publiées

## ANNEXE 5 : ORGANISATION DU LABEX ESEP

**Directeur :** [Pierre Drossart](#) (LESIA, Observatoire de Paris)

**Etablissement porteur :** IDEX [PSL\\*](#) (Paris Sciences et Lettres)

**Etablissement coordinateur :** [Observatoire de Paris](#)

**Laboratoire porteur :** [LESIA](#) - Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique

### Laboratoires Partenaires d'ESEP

- [LATMOS](#) - Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales
- [LPC2E](#) - Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'espace
- [LISA](#) - Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques
- [IAP](#) - Institut d'astrophysique de Paris
- [LMD](#) - Laboratoire de météorologie dynamique
- [IMCCE](#) - Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides
- [USN](#) - Unité scientifique de la station de Nançay
- [LERMA](#) - Laboratoire d'étude du rayonnement et de la matière en astrophysique et atmosphères

### Etablissements Tutelles d'ESEP

- [CNRS](#) - Centre National de la Recherche Scientifique
- [UVSQ](#) - Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
- [UPMC](#) - Université Pierre et Marie Curie (intégrée à Sorbonne Université en 2019)
- [Université d'Orléans](#)
- [UPEC](#) - Université Paris-Est Créteil
- [ENS](#) - Ecole Normale Supérieure (dans la phase initiale, jusqu'en 2016)

Le [CNES](#) soutient également le LABEX ESEP en tant que partenaire.

### Comité exécutif d'ESEP

Il propose les axes stratégiques, le calendrier des priorités, lesancements d'appels d'offres et leurs sujets, les propositions de financement. Il comprend les 9 directeurs d'unité et 2 représentants des formations, et inclut le bureau exécutif. Il se réunit trois à quatre fois par an.

#### Bureau exécutif d'ESEP

Le bureau exécutif applique les lignes décidées en comité exécutif et suit leur déroulement.

- **P. Drossart** (directeur)
- **J.-P. Lebreton** (support)
- **C. Adam** (pilotage et administration) jusqu'en novembre 2018
- **B. Segret** (ingénieur système)



## Comité scientifique d'ESEP

Le comité scientifique participe à l'élaboration des priorités et des appels d'offres proposés par le comité exécutif, et joue le rôle d'expert pour les axes stratégiques et pour l'évaluation des réponses aux appels d'offres. Sa composition (6 membres externes au labex, 6 membres internes) est validée par le comité des tutelles. Il se réunit deux fois par an en moyenne.

### Composition (2010-2015)

- **Membres Externes:** Eric Chassefière (président), Tristian Guillot (OCA), Ozgur Karatekin (OMA), Bernard Schmitt (IPAG), Lionel d'Uston (IRAP), Jacques Laskar (PSL)
- **Membres Internes :** Hervé Cottin (LISA), Thierry Dudok de Wit (LPC2E), Franck Montmessin (LATMOS), Eric Quémérais (LATMOS), Didier Tiphène (LESIA), Philippe Zarka (LESIA, USN)

### Composition (2015-2021)

- **Membres Externes :** Lionel d'Uston (IRAP, Président), Özgür Karatekin (OMA), Jacques Laskar (PSL), Laurent Jorda (LAM), Tristan Guillot (OCA), Pierre Beck (IPAG)
- **Membres Internes :** Anni Määttänen (LATMOS), Yann Clénet (LESIA), Sophie Masson (LESIA), Jean-Louis Pinçon (LPC2E), Franck Montmessin (LATMOS), Hervé Cottin (LISA)

## Comité des tutelles d'ESEP

Il valide les orientations générales, le plan scientifique, les prévisions de réponses à appels d'offres extérieurs, les demandes de moyens des UMR liées à ESEP et le bilan des activités. Il est composé des représentants (présidence ou vice-présidence) des [tutelles](#), du CNES et de PSL. Il se réunit une fois par an.

## Science Advisory Board

Mis en place suite à l'évaluation à mi-parcours en 2015, le Science Advisory Board établit un rapport sur la stratégie scientifique d'ESEP et les objectifs atteints par rapport à la feuille de route. Il rend compte au Comité des Tutelles des activités du Labex.

### Composition (validée par le comité des tutelles)

- **C. Wilson** (Univ. of Oxford ; chairman)
- **C. Sotin** (JPL ; member)
- **O. Witasse** (ESA/ESTEC : member)
- **R. Wimmer-Schweingruber** (Univ. Kiel ; member)
- **G. Tinetti** (Univ. College London ; member)

Les comptes-rendus de réunion de tous les comités sont disponibles en ligne sur le site ESEP : <http://esep.pro>

Rapports d'activité et d'avancement ESEP :

Bilan à mi-parcours (2015)

Rapport et bilan (2018)





## ANNEXE 6 : Sites internet développés par ESEP

Vitrine des activités d'ESEP pour l'ensemble de la communauté scientifique, les différents sites développés par ESEP ont été initialement rédigés par la chargée de communication scientifique d'ESEP et repris par les différents domaines d'activités développés au fil du temps.

Les activités du labex ESEP est décrite à travers les sites suivants accessibles sur réseau

- Site général ESEP : <http://www.esep.pro>
- Site Enseignement en Ligne SESP : <http://sesp.esep.pro> incluant :
  - Le portail : <http://www.esep.pro/Sciences-pour-les-Exoplanetes-et.html>
  - Le site les exoplanètes : <http://exoplanetes.esep.pro/>
  - Les auteurs : [http://sesp.esep.pro/fr/pages\\_auteurs/index.html](http://sesp.esep.pro/fr/pages_auteurs/index.html)
  - Licence CC BY-NC-SA 2.5: [https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/deed.fr\\_CA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ca/deed.fr_CA)
- Site de l'expo comètes : <http://www.expo-cometes.fr/>
- Exposition itinérante « Comètes » : <http://esep.pro/Declinaison-itinerante-de-l.html>
- Site du campus spatial PSL CENSUS/CCERES : <https://census.psl.eu/>
- Mini vidéos des activités ESEP :
  - <http://esep.pro/Le-LABEX-ESEP.html>
  - [https://www.canal-u.tv/video/lesia/presentation\\_of\\_esep.36879](https://www.canal-u.tv/video/lesia/presentation_of_esep.36879) (english)
  - <http://esep.pro/La-salle-PROMESS.html>
  - <http://esep.pro/La-Mission-PICSAT.html>
  - <http://esep.pro/Une-Comete-au-Labo.html>
  - <http://esep.pro/Mesurer-l-Ionosphere-avec-CIRCUS.html>
  - <http://esep.pro/Les-Nanotubes-de-Carbone.html>
  - <http://esep.pro/L-astrochimie-dans-l-Espace.html>
  - <http://esep.pro/COSMORBITRAP.html>
  - <http://esep.pro/Mesurer-Plasma-avec-un-CubeSat.html>
  - <http://esep.pro/Des-Jeunes-Terres.html>
  - <http://esep.pro/Le-Submillimeter-Wave-Instrument.html>
  - [https://www.canal-u.tv/video/lesia/inauguration\\_du\\_cts\\_le\\_25\\_juin\\_2018\\_5\\_le\\_laboratoire\\_d\\_excellence\\_esep\\_par\\_pierre\\_drossart.44169](https://www.canal-u.tv/video/lesia/inauguration_du_cts_le_25_juin_2018_5_le_laboratoire_d_excellence_esep_par_pierre_drossart.44169)



- [https://www.canal-u.tv/video/musee\\_de\\_lair\\_et\\_de\\_l'espace/cometes\\_aux\\_origines\\_des\\_systemes\\_planetaires.18573](https://www.canal-u.tv/video/musee_de_lair_et_de_l'espace/cometes_aux_origines_des_systemes_planetaires.18573)
- Rapport d'activité d'ESEP en vidéo (2021) :
- [https://www.canal-u.tv/video/lesia/le\\_laboratoire\\_d\\_excellence\\_esep\\_exploration\\_spatiale\\_des\\_environnements\\_planetaires\\_2011\\_2021.62665](https://www.canal-u.tv/video/lesia/le_laboratoire_d_excellence_esep_exploration_spatiale_des_environnements_planetaires_2011_2021.62665)



## ANNEXE 7 : Synthèse financière ESEP

### Estimation d'un coût consolidé des activités ESEP

Objectif de cette estimation : même si des coûts consolidés ont été produits dans les fiches annuelles à l'ANR, à partir des estimations fournies par les laboratoires eux-mêmes, ces fiches ne reposent que sur une estimation grossière, à partir des chercheurs potentiellement impliqués dans les activités ESEP par leur thématique. Dans ce bilan final, il est possible de produire une évaluation plus objective des coûts consolidés, en ne retenant que les productions ESEP identifiées comme telles (thèses, publications référant le labex, projets effectivement financés).

L'encadrement des thèses par les chercheurs des laboratoires ESEP constitue un apport en coût environné estimé par l'Ecole Doctorale à 10% du temps-chercheur de l'encadrant. Sur les 14 thèses financées par ESEP menées à bien sur trois ans en moyenne, on estime donc un investissement en ETP chercheur de 50,4 mois-CR ou DR (4CR/10DR). Les autres apports consistent en personnel pour l'administration-gestion, particulièrement pour le pilotage ESEP de 2011 à 2017 pourvu par l'Observatoire de Paris sur un poste à mi-temps. La gestion administrative d'ESEP a été essentiellement effectuée par le laboratoire coordinateur (LESIA) avec un équivalent en ETP d'environ 30 mois.

#### Mise à disposition de la chargée de pilotage ESEP par Observatoire de Paris

- C. Adam (IE – 50%) de 01/01/2011 à 31/10/2017 pour un équivalent en ETP de 40 mois-IR

#### Mise à disposition gestion et administration ESEP par LESIA – ETP équivalent 30 mois-IE

*Nota : ces mises à disposition ne sont pas couvertes par les frais de gestion versés aux établissements porteur et coordinateur*

- O. Achelhi – 10%
- C. Colon – 10%
- S. d'Estan – 5%

#### ETP pour les activités du bureau d'ESEP (directeur ESEP) : 10% soit un équivalent en ETP de 12 mois-DR

**ETP des personnels permanents des laboratoires pour les projets ESEP (hors encadrement de thèse) : estimation d'après les propositions de financement à environ 12 mois/projet soit 144 mois (niveau IR ou DR) au total (encadrement pour moitié IR et DR)**

Une estimation basse du total des coûts hors PIA sur ces éléments se monte ainsi à :

Niveau	Nombre de mois	Coût annuel	Total
CR	14,4	82726 €	99 k€
IR	40 + 77	72387 €	706 k€
IE	30	63043 €	158 k€
DR	12+36+77	105080 €	1095 k€

**Total : 2058 k€**

**Conclusion : l'apport en coût consolidé confirmé par les établissements et organismes estimé par les méthodes exposées ci-dessus se monte donc à environ 50% du financement du LabEx par le PIA (4000 k€)**



## Synthèse financière ESEP

Un bilan financier complet a été produit par le labex pour son évaluation finale. Une synthèse générale est présentée ici afin de compléter la description des réalisations.

Répartition ESEP		Recherche	Nanosats	Enseignement	Communication	Gestion
Total post-docs	<b>779 255</b>	754 255	25 000			
Total docs (1/2 ens.-1/2rech)	<b>971 680</b>	470 586	15 254	485 840		
Total cdd	<b>535 494</b>	509 644	25 850			
Nanosats (1/4 ens.)	<b>427 885</b>		320 913	106 971		
Missions	<b>121 128</b>	80 752		40 376		
Fonctionnement ESEP	<b>211 895</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>89 454</b>	<b>110 000</b>	<b>12 441</b>
Petit Equipement	<b>9 030</b>	<b>0</b>	<b>4 515</b>	<b>2 258</b>	<b>2 258</b>	<b>0</b>
Personnel ESEP	<b>793 813</b>	<b>30 374</b>	<b>182 428</b>	<b>246 232</b>	<b>213 191</b>	<b>121 588</b>
Répartition ESEP		<b>Recherche</b>	<b>Nanosats</b>	<b>Enseignement</b>	<b>Communication</b>	<b>Gestion</b>
Totaux	3850179	1 845 611	573 959	971 131	325 448	134 029
Frais de gestion 4% prélevés par les établissements (PSL/OP)	153846					
Dotation globale ESEP	4000000					
Reliquats/déficit	-4 025					

