

LE MAGAZINE DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS

NUMBER 14 - WINTER 2011-2012

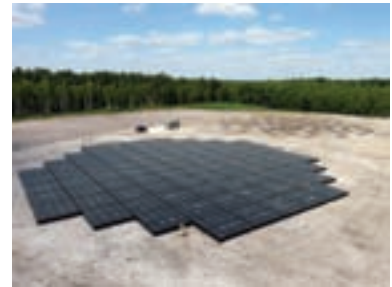
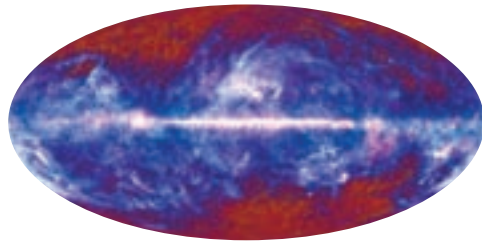
OBSERVATOIRE DE PARIS:
THE MAGAZINE

VISION D'AVENIR

A VISION FOR THE FUTURE

- > PARIS SCIENCES ET LETTRES : une étape de franchie !
- > COSMIC VISION : l'espace en perspective
- > HERSCHEL ET PLANCK : la moisson
- > PARIS SCIENCES ET LETTRES: on to the next stage!
- > COSMIC VISION: space in perspective
- > HERSCHEL AND PLANCK: harvest of results

CONTENTS SOMMAIRE



DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Claude Catala,
président de l'Observatoire de Paris

DIRECTRICE DE LA RÉDACTION
Sabrina Thiéry,
directrice de la communication

RÉDACTEUR EN CHEF
Frédéric Guérin, chargé de communication,
journaliste scientifique

RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Frédérique Auffret,
chargée de communication

RÉDACTION
Journalistes scientifiques : Gaëlle Degrez
(pp. 8, 9, 13, 14, 16, 18, 20, 21), Paul
de Brem (pp. 15, 19)

Ont participé à ce numéro : Virginie Barbet,
Laurence Bobis, Taïna Cluzeau, Karen
Grangeon, James Lequeux, Alexia Sagot,
Karine Thomas, Emmanuel Vergnaud.

Remerciements au service Scolarité
et aux secrétariats des laboratoires
de l'Observatoire et de l'École doctorale
Astronomie et Astrophysique d'Île-de-France.

COMITÉ DE RÉDACTION
Jean-Eudes Arlot, Roland Barillet,
Françoise Combes, Pier-Stefano Corasaniti,
Bertrand Flouret, Marie-France Landréa,
Thibaut Paumard, Dominique Proust,
Jean-Luc Robert.

Les départements de recherche
de l'Observatoire de Paris cités dans
ce magazine sont tous des unités mixtes
de recherche (UMR) entre l'Observatoire
de Paris et le CNRS. Certains le sont
également avec l'École Normale Supérieure,
les Universités Pierre et Marie Curie,
Paris-Diderot, Lille 1, de Cergy-Pontoise
et d'Orléans.

TRADUCTION : Arturo Sangalli

CRÉATION : Rédacteurs Studio
MISE EN PAGE : SCM, Toulouse

ADRESSE DE LA RÉDACTION
Communication - Observatoire de Paris
61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris
magazine.observatoire@obspm.fr



Couverture : Montage photos [© ESA/EADS]
Solar Orbiter et Marco Polo.
© Observatoire de Paris

ISSN : 1773-1798
Le magazine de l'Observatoire de Paris en
ligne [www.obspm.fr] : ISSN : 1773 - 0090
Imprimerie de Pithiviers, 3 000 ex.,
décembre 2011

03 ÉDITORIAL

04 PARIS SCIENCES ET LETTRES : UNE ÉTAPE DE FRANCHIE ! PARIS SCIENCES ET LETTRES: ON TO THE NEXT STAGE!

06 VIE DE L'ÉTABLISSEMENT LIFE AT OUR INSTITUTION

08 ÉVÉNEMENT / EVENT

- ▶ **Herschel et Planck : deux ans de moisson**
- ▶ **Herschel and Planck: two years of achievements**
- ▶ **Trois questions à Nabila Aghanim, Cosmologiste à l'Institut d'Astrophysique Spatiale**
- ▶ **Three questions to Nabila Aghanim, Cosmologist at the Institute of Space Astrophysics**

10 DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE / PUBLIC OUTREACH

12 HISTOIRE / HISTORY

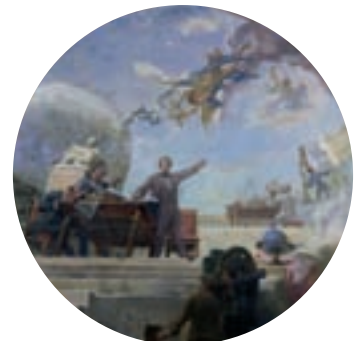
- ▶ **Neptune et Urbain Le Verrier célébrés à l'Observatoire de Paris**
- ▶ **Neptune and Urbain Le Verrier celebrated at the *Observatoire de Paris***

13 RECHERCHE

- ▶ **L'ACTUALITÉ DES LABORATOIRES**
 - ▶ **LESIA : Cosmic Vision, vision d'avenir pour l'exploration spatiale**
 - ▶ **NANÇAY : LOFAR : une nouvelle fenêtre sur l'Univers**
 - ▶ **LUTH : GATE : Nouveau télescope pour nouvelle astronomie**
 - ▶ **APC : XGRE : Par Taranis, il y a de l'orage dans l'air !**
 - ▶ **LERMA : Chaud-froid dans les amas de galaxies**
 - ▶ **GEPI : La galaxie du bout-du-monde**
 - ▶ **SYRTE : Connaissez-vous Peurbach et Regiomontanus ?**
 - ▶ **IMCCE : N corps : et de cinq !**

RESEARCH

- ▶ **NEWS FROM THE LABORATORIES**
 - ▶ **LESIA: Cosmic Vision: a vision for the future of space exploration**
 - ▶ **NANÇAY: LOFAR: A new window on the Universe**
 - ▶ **LUTH: GATE: A new telescope for a new astronomy**
 - ▶ **APC: XGRE: By Taranis, there's a storm in the air!**
 - ▶ **LERMA: Hot and cold in galaxy clusters**
 - ▶ **GEPI: The galaxy at the edge of the Universe**
 - ▶ **SYRTE: Do you know Peurbach and Regiomontanus?**
 - ▶ **IMCCE: N-body problem: five!**



21 ENSEIGNEMENT / TEACHING

- ▶ **L'Univers en équation !**
- ▶ **The Universe in equations**
- ▶ **Soutenances de thèses**
- ▶ **Defense of doctoral dissertations**

24 COLLOQUES ET RENCONTRES SCIENTIFIQUES SCIENTIFIC MEETINGS AND COLLOQUIA

26 PUBLICATIONS



ÉDITORIAL EDITORIAL

Ce numéro 14 du magazine de l'Observatoire de Paris marque l'arrivée d'une nouvelle équipe à la tête de l'établissement. « *Vision d'avenir* », maître mot de couverture, est bien aussi celui qui a guidé l'action menée cette année. Les défis sont nombreux, tant sur le plan de la recherche scientifique que sur celui de l'enseignement, dont le paysage est en train de se transformer en profondeur. C'est dans ce contexte en évolution que se dessinent les grands enjeux de l'astrophysique de demain.



© Observatoire de Paris

« PLUS QUE JAMAIS À L'AVANT-GARDE MONDIALE »

Quelques beaux succès ont été obtenus en 2011, soulignant l'excellence des équipes scientifiques de l'établissement. L'Observatoire de Paris se positionne ainsi favorablement vis-à-vis du programme national des investissements d'avenir. Il participe à l'initiative d'excellence présentée par l'alliance Paris Sciences et Lettres, aux côtés de quinze partenaires, et sélectionnée en première vague. Il affirme sa place en Île-de-France avec la labellisation par le conseil régional du domaine d'intérêt majeur « Astrophysique et conditions d'apparition de la vie » qu'il porte et qui associe vingt laboratoires.

Le magazine se fait l'écho d'une richesse de projets qui illustrent à quel point nos activités se situent - plus que jamais - à l'avant-garde : depuis la radioastronomie européenne basse fréquence à Nançay avec LOFAR, jusqu'à l'astronomie des hautes énergies, avec l'élaboration d'un prototype démonstrateur pour le Cherenkov Telescope Array, en passant par l'exploitation des satellites Herschel et Planck, les projets du programme *Cosmic Vision* de l'ESA, et les études des instruments du futur Extremely Large Telescope ELT de l'ESO. Véritablement l'Observatoire de Paris tire sa force et ses ambitions de la capacité de ses équipes à couvrir toute la gamme des rayonnements célestes, observés depuis le sol et l'espace.

Nous venons aussi de célébrer le 200^e anniversaire d'Urbain Le Verrier, découvreur de Neptune et directeur de l'Observatoire de 1853 à 1877. Autant de raisons de se réjouir.

Bonne lecture ! Meilleurs vœux 2012.

This issue, no. 14, of the magazine of the *Observatoire de Paris* marks the arrival of a new team at the head of the institution. "*Vision d'avenir*" ("*A vision for the future*"), keyword of this magazine, also describes the guiding principle of our actions throughout the year. We are facing numerous challenges both in the area of scientific research and in that of education, which are undergoing profound changes. In this context, the stakes are high for the astrophysics of the future.

"MORE THAN EVER AT THE FOREFRONT WORLDWIDE"

Several great achievements have paved the year 2011, emphasizing the excellence of our institution's research teams. The *Observatoire de Paris* is positioning itself very favorably in the context of a national program "investments for the future". It participates to the initiative of excellence submitted by the Paris Sciences et Lettres alliance, together with fifteen partners, and which was selected for funding. In addition, our institution consolidates its position in Île-de-France with the approval, by the regional council, of the "Astrophysics and conditions for the emergence of life" major field of interest, coordinated by the Observatoire, and which regroups twenty laboratories.

This magazine also reflects the richness of projects that illustrate the extent to which our activities are—more than ever—at the forefront: from low-frequency European radio astronomy at Nançay with LOFAR, to high-energy astronomy, with the development of a demonstrator prototype for the Cherenkov Telescope Array, through the exploitation of the Herschel and Planck satellites, the projects of ESA's *Cosmic Vision* program, and the study of the instruments for ESO's future Extremely Large Telescope (ELT). The *Observatoire de Paris* really draws its strength from, and bases its ambitions on, the ability of its teams to cover the whole spectrum of celestial radiations, observed from the ground and space.

We have also just celebrated the 200th anniversary of Urban Le Verrier, discoverer of Neptune and director of the Observatoire from 1853 to 1877. All these are excellent reasons to rejoice.

Happy reading! Best wishes for 2012.

Claude CATALA,
Président de l'Observatoire de Paris

PARIS SCIENCES ET LETTRES : UNE ÉTAPE DE FRANCHIE !

PARIS SCIENCES ET LETTRES: ON TO THE NEXT STAGE!



« Doter la France de cinq à dix initiatives d'excellence IdEx capables de rivaliser avec les meilleures universités du monde ». Telle est l'ambition affichée du programme « Investissements d'Avenir » lancé par le ministère pour redessiner les contours de l'enseignement supérieur et de la recherche. En juillet dernier, à l'issue d'une procédure très sélective, le projet d'IdEx présenté par le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur Paris Sciences et Lettres PSL est retenu au niveau ministériel. Succès qui couronne les seize partenaires du projet, dont l'Observatoire de Paris.

“Providing France with five to ten initiatives for excellence (IdEx) capable of competing with the best universities in the world”. Such is the ambitious aim of the “Investing in the Future” program launched by the ministry to redefine the boundaries of higher education and research. Last July, following a very demanding selection process, the IdEx project submitted by the Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur Paris Sciences et Lettres PSL, was accepted at the ministerial level. A success that rewards all sixteen project partners, among which the Observatoire de Paris.

LES CHIFFRES CLÉS DE PSL / PSL IN NUMBERS

- > 2 500 chercheurs et enseignants-chercheurs / 2,500 scientists and teaching researchers.
- > 14 000 étudiants, dont 70 % aux niveaux Master et Doctorat / 14,000 students, 70 percent at the Master's and Doctorate levels.
- > 1 800 doctorants / 1,800 doctorate candidates.
- > Plus de 100 laboratoires de recherche de pointe / Over 100 cutting-edge research laboratories.
- > 2 millions de livres / 2 million books.
- > 500 000 documents patrimoniaux / 500,000 heritage documents.
- > 870 mètres linéaires d'archives institutionnelles, artistiques et scientifiques / 870 linear metres of artistic and scientific institutional archives.
- > 35 bibliothèques / 35 libraries.
- > 9 millions de téléchargements de conférences en 2010 / 9 million downloads of meetings and conferences in 2010.

Alors que le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche lançait un appel d'offres dans le cadre du « plan campus », cinq établissements se sont associés en 2010 pour créer une fondation de coopération scientifique, qu'ils ont baptisée Paris Sciences et Lettres PSL. L'Observatoire de Paris fut l'un des membres fondateurs de ce groupement original, ouvrant de nouveaux horizons, permettant à chaque établissement de conserver son autonomie, tout en lui garantissant une visibilité accrue. Premier succès annoncé en avril 2011 : une dotation de 70 millions d'euros est accordée à PSL dans le cadre du « plan campus ». Elle permettra de mener à bien des projets immobiliers. Janvier 2011 : la famille s'agrandit. Onze autres institutions la rejoignent. Ensemble, les seize partenaires déposent un projet d'IdEx... finalement retenu le 4 juillet par un jury international au terme d'une compétition intense. Les deux autres lauréats sont les universités de Bordeaux et de Strasbourg.

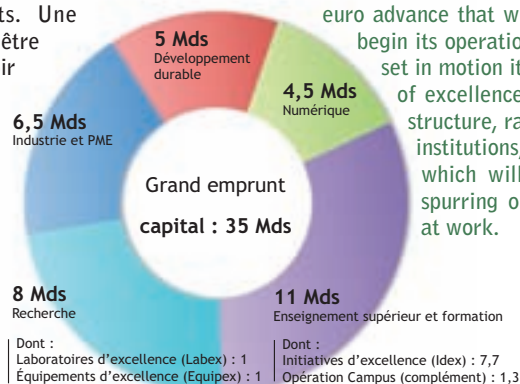
Université de recherche

PSL va donc pouvoir lancer officiellement son ambitieux projet d'université de recherche. L'équivalent du concept de « research university » développé par le modèle anglo-saxon, qui désigne des universités faisant de la recherche le cœur de leur activité. Pluridisciplinaire, PSL entend couvrir l'ensemble des champs académiques : des sciences exactes aux sciences humaines, en passant par les arts, l'économie et le management. Pour les partenaires, cela se traduit concrètement par des changements dès 2012, comme la mise en place d'une carte d'étudiant commune ou encore pour les chercheurs, l'apposition d'une affiliation “PSL” sur leurs publications scientifiques. Un portail internet bilingue a déjà été créé - <http://www.parissciencesetlettres.org>. Il donnera accès aux contenus des enseignements et des conférences des différents établissements. Une avance de 10 M€ sur le budget 2012 vient d'être notifiée à PSL, avec laquelle l'IdEx va pouvoir d'ores et déjà être opérationnel et lancer ses premières actions : chaires d'excellence, structuration innovante des formations, rapprochements entre institutions, etc. De quoi stimuler les équipes déjà à pied d'œuvre.

In response to a call for tenders issued by the Ministry of Higher Education and Research as part of the “plan campus”, five institutions got together in 2010 to create a scientific cooperation foundation under the name *Paris Sciences et Lettres PSL*. The *Observatoire de Paris* was among the founding members of this novel partnership, which opens up new frontiers and allows each institution to preserve its autonomy while providing them greater visibility. In April 2011, PSL scored a first victory, as it was awarded a 70 million euro allocation within the “plan campus”. This sum made possible to carry out building projects. In January 2011, the family grew with the addition of other eleven institutions. The sixteen partners then submitted an IdEx project proposal, which was accepted on July 4 by an international jury following a fierce competition. The other two winners were the Universities of Bordeaux and Strasbourg.

A research university

PSL will now be able to officially launch its ambitious research university project. This is the equivalent of the research university concept developed by the Anglo-Saxon model, which applies to universities where the main activity is research. In a multidisciplinary spirit, PSL aims at covering the full range of academic disciplines: from the natural sciences to the humanities, and including the arts, economics, and management. This implies changes for all partners beginning as early as 2012, such as a common card for all students and, for scientists, acknowledging their PSL affiliation in their publications. A bilingual Internet portal has already been created: <http://www.parissciencesetlettres.org>. It will provide access to information on courses and talks given at the various institutions. PSL has just received a 10 million euro advance that will allow the IdEx to begin its operations right away and to set in motion its first actions: chairs of excellence, a novel curriculum structure, rapprochement among institutions, and so forth. All of which will have the effect of spurring on the teams already at work.



LE PROGRAMME INVESTISSEMENT D'AVENIR est une opération qui engage de nombreux partenaires, notamment le Commissariat Général à l'Investissement et l'Agence Nationale de la Recherche. Les lauréats reçoivent généralement les intérêts produits par une dotation en capital, dont une partie peut également leur être versée. / “INVESTING FOR THE FUTURE” is an operation involving many partners, in particular the “Commissariat Général à l'Investissement” and the “Agence Nationale de la Recherche”. The selected projects are funded via the interests of a capital investment, part of which can also be made directly available.



LES 16 PARTENAIRES DE PARIS SCIENCES ET LETTRES / Paris Sciences and Lettres's sixteen partners.

© Bookmark

► LA GOUVERNANCE DE PSL / PSL'S GOVERNANCE

La gouvernance de PSL sera assurée par un Conseil d'administration composé pour moitié de personnalités extérieures. Un Comité d'orientation stratégique, composé de scientifiques internationaux, et une Assemblée académique, représentant l'ensemble de la communauté de PSL, assisteront le Conseil d'administration dans son activité. Le président de PSL sera élu par le Conseil d'administration et appliquera sa politique générale. Il sera assisté par un vice-président, un vice-président administratif et un Comité de pilotage représentant les institutions membres. La mise en œuvre opérationnelle du projet reposera sur trois départements : Recherche, Formation et Valorisation. Un quatrième département supervisera les services communs offerts par Paris Sciences et Lettres. PSL will be governed by a Board of Governors, with half the members coming from outside the partner institutions. A strategic policy committee, made up of international scientists, and an Academic Assembly representing the entire PSL community will assist the Board of Governors. The president of PSL will be elected by the Board of Governors and will see to the application of its general policy. The president will be assisted by a vice-president, a vice-president for administration, and a Steering Committee representing the member institutions. The operational implementation of the project will rest with three departments: Research, Training, and Development. A fourth department will oversee the shared services offered by Paris Sciences et Lettres.



LES CHEFS D'ÉTABLISSEMENTS en séminaire PSL sur le site de Meudon de l'Observatoire de Paris, avril 2011. / Heads of the partner institutions attending a PSL seminar at the Meudon site of the Observatoire de Paris in April 2011.
© Daniel Egret, Observatoire de Paris

► LABEX ET EQUIPEX / LABEX AND EQUIPEX

Les axes de recherche de PSL s'appuieront dans un premier temps sur 11 laboratoires d'excellence (Labex) et 7 équipements d'excellence (Equipex) sélectionnés par le jury international lors d'un premier appel à projets, en janvier dernier. Parmi eux, deux Labex (Réseau national temps-fréquence FIRST-TF et Exploration spatiale des environnements planétaires ESEP) et un Equipex (calcul intensif de Mesocentres coordonnés - Equip@meso) impliquent directement l'Observatoire de Paris qui en assure la coordination scientifique.

Par ailleurs, l'Observatoire de Paris est impliqué dans huit projets Equipex et trois projets Labex déposés en septembre et octobre derniers pour concourir à la seconde vague d'appel à projets. Résultats imminents.

PSL's research lines will initially be supported by eleven Laboratories for Excellence (Labex) and seven Equipments for Excellence (Equipex) selected by the international jury following a first call for tenders last January. Among these, two Labex (Time-Frequency National Network — FIRST-TF — and Space Exploration of Planetary Environments — ESEP) and one Equipex (Intensive Computing of Coordinated Mesocentres — Equip@meso) directly involve the Observatoire de Paris, which assumes the scientific coordination.

In addition, the Observatoire de Paris is involved in eight Equipex projects and three Labex projects submitted last September and October in response to the second wave of calls for project tenders. The results are expected anytime now.

FABERLABO

Fondé par Colbert, l'Observatoire de Paris est depuis plus de trois siècles un lieu privilégié de production des connaissances en astronomie et dans les sciences de l'univers en général. À ce titre, il donne une très forte priorité à sa contribution aux projets de diffusion des savoirs portés par PSL. En particulier, la création d'un espace d'expérimentation et d'exposition, baptisé FaberLabo, est un des projets phare pour mettre en valeur les riches collections artistiques et scientifiques des institutions de PSL.

Founded by Colbert over three centuries ago, the Observatoire de Paris has been since its creation a unique place for the advancement of knowledge in astronomy and more generally in the sciences of the universe. In this capacity, it highly prioritizes its contribution to the public outreach projects initiated by PSL. In particular, the creation of an experimentation and exhibition environment, called FaberLabo, is one of the flagship projects designed to showcase the rich artistic and scientific collections of the PSL member institutions.



© Pascal Blondé, Observatoire de Paris

VIE DE L'ÉTABLISSEMENT

LIFE AT OUR INSTITUTION

Riche d'une foule d'événements, la vie institutionnelle de l'Observatoire de Paris se nourrit de relations variées. Elle soutient l'image d'excellence auprès des partenaires.

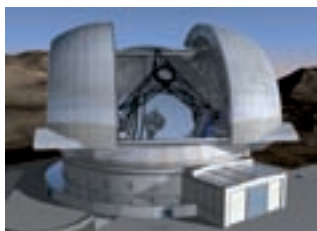
A rich variety of events mark life at the *Observatoire de Paris*. They contribute to maintain its reputation of excellence among its partners.

► COOPÉRATION SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC COOPERATION

Télescope extrêmement grand / Extremely Large Telescope

Le conseil de l'ESO espère approuver définitivement le projet de télescope ultragéant European Extremely Large Telescope E-ELT à la mi-2012. Dans l'intervalle, les travaux de construction du géant de 39 mètres de diamètre et 1,1 milliard d'euros peuvent commencer au sommet du Cerro Armazones, au Chili. L'Observatoire de Paris sera présent dès la première lumière, prévue en 2021, avec ses contributions au spectrographe à champ intégral et à l'imageur haute résolution, équipés d'optiques adaptatives. Les instruments de première génération suivront à l'horizon 2022-2023 pour l'imagerie infrarouge très haute résolution (petites planètes extrasolaires), la spectroscopie multi-objet (étoiles et galaxies), ou encore la spectroscopie haute résolution (étoiles, expansion de l'Univers).

ESO's Council is expected to give its final approval to the European Extremely Large Telescope (E-ELT) project by mid-2012. In the meantime, construction work on the 39-metre, 1.1-billion-euro giant can begin on top of Cerro Armazones, in Chile. The *Observatoire de Paris* will be present at first light, foreseen in 2021, with its contributions to the adaptive optics integral field spectrograph and high-resolution imager. Next generation instruments will follow around 2022-2023, for very high angular resolution infrared imagery (small extrasolar planets), multi-object spectroscopy (stars and galaxies), or high-resolution spectroscopy (stars, expansion of the Universe).



© ESO

Domaines d'intérêt majeur en Île-de-France / Major fields of interest in Île-de-France

Le 18 novembre 2011, le conseil régional d'Île-de-France a approuvé la proposition de retenir 16 domaines d'intérêt majeur avec l'objectif de renforcer le secteur de la recherche par la mise en réseau de ses acteurs pour la période 2012 à 2015. Parmi les projets sélectionnés, « Astrophysique et conditions d'apparition de la vie » est porté par l'Observatoire de Paris et coordonne vingt laboratoires partenaires. Il traduit la volonté de 1 700 hommes et femmes de constituer un pôle de niveau mondial sur les questions de l'évolution de l'Univers, de l'émergence de la vie et de la place de l'homme. Un autre domaine prioritaire labellisé : « Des atomes froids aux nanosciences » implique l'Observatoire de Paris à travers l'Institut Francilien de Recherche sur les Atomes Froids.

On 18 November 2011, the Île-de-France Regional Council approved the proposal to select 16 major interest fields for the purpose of strengthening the research sector through the networking of its participants for the period 2012 to 2015. Among the selected projects, "Astrophysics and conditions for the emergence of life" is led by the *Observatoire de Paris* and coordinates twenty partner laboratories. It is a group of 1,700 men and women wishing to create a world-class environment to study questions on the evolution of the Universe, the emergence of life, and the place of humans. Another priority field, called "From cold atoms to nanosciences," involves the *Observatoire de Paris* through the Île-de-France Cold Atom Research Institute.



© Gilles Bessou, Observatoire de Paris

► VALORISATION / TRANSFER

μQuanS commercialise les atomes froids / μQuanS commercialises cold atoms

La jeune start-up de haute technologie μQuanS, créée en avril 2011, vise à exploiter les fruits des inventions tirées des recherches conjointes menées au laboratoire Systèmes de Référence Temps-Espace SYRTE de l'Observatoire de Paris et à l'Institut d'Optique, dans le cadre de l'Institut Francilien de Recherche sur les Atomes Froids. Basée près de Bordeaux, la société commercialisera dès la mi-2012 – et pour la première fois au monde – une nouvelle génération d'instruments de mesure ultraperformants, basés sur des senseurs inertiels et sur la mise en œuvre d'atomes refroidis et manipulés par laser. Il s'agit d'un gravimètre quantique et d'une horloge atomique avec des applications en géophysique, forages pétroliers, positionnement par satellite, métrologie, télécommunications et défense.

The newly-created, in April 2011, high technology start-up μQuanS aims at exploiting the inventions resulting from joint research carried out at the Time-Space Reference Systems Laboratory (SYRTE) of the *Observatoire de Paris* and the Optics Institute, through the Île-de-France Cold Atom Research Institute. Based near Bordeaux, the company will commercialise, starting in mid 2012, a new generation of ultra high performance measuring instruments based on inertial sensors and the implementation of laser cooled and manipulated atoms—a world first. The instruments are a quantum gravimeter and an atomic clock with applications in geophysics, oil drilling, satellite positioning, metrology, telecommunications and defence.

Contact : Arnaud Landragin SYRTE, arnaud.landragin@obspm.fr, 01 40 51 23 92

► RELATIONS INTERNATIONALES / INTERNATIONAL RELATIONS

Observatoire astronomique du Panama / Astronomical observatory in Panama

Inauguré en avril 2011 à Penonomé, dans la province de Coclé, le premier observatoire astronomique de l'état du Panama sera dirigé par Rodney Delgado, premier astrophysicien du pays, qui a reçu son diplôme après une formation à la recherche à l'Observatoire de Paris dans le cadre de l'École doctorale Astronomie et astrophysique d'Île-de-France. Rodney Delgado avait soutenu sa thèse en 2010 sur le thème de la morpho-cinématique des galaxies.

Panama's first astronomical observatory, inaugurated in April 2011 at Penonomé, in the Coclé Province, will be headed by Rodney Delgado, the country's first astrophysicist, who was trained at the Île-de-France Astronomy and Astrophysics Doctoral School of the *Observatoire de Paris*. In 2010, Rodney Delgado had successfully defended his thesis on the morpho-kinematics of galaxies.

► NOMINATIONS / APPOINTMENTS

Un nouvel exécutif / New executives appointed



© Observatoire de Paris

• **Claude Catala**

Président, élu pour quatre ans le 28 janvier 2011

Polytechnicien, spécialiste d'astérosismologie, il était responsable scientifique du projet Plato de l'ESA et a été conseiller auprès du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

President, elected on 28 January 2011 for four years.

A graduate from École polytechnique, a specialist in asteroseismology, he was ESA's Plato project scientific leader and former adviser at the Ministry of Higher Education and Research.



© P. Blondé, Observatoire de Paris

• **Marie-Christine Angonin**

Vice-présidente du conseil d'administration

Normalienne, professeure de l'Université Pierre et Marie Curie, elle effectue ses recherches à l'Observatoire de Paris sur les aspects théoriques des tests de la relativité.

Vice-president of the Board of Governors

A graduate from École normale supérieure and a professor at the University Pierre et Marie Curie, she carries out research at the *Observatoire de Paris* on the theoretical aspects of relativity tests.



© Laurent Pagni, Observatoire de Paris

• **Guy Perrin**

Vice-président du conseil scientifique

Polytechnicien, astronome, spécialiste d'interférométrie, il est responsable français du projet d'instrument Gravity qui équipera le Very Large Telescope européen, au Chili, en 2014.

Vice-president of the Scientific Council

A graduate from École Polytechnique, astronomer and specialist in interferometry, he leads the French contribution to the Gravity instrument to be installed on the European Very Large Telescope based in Chile



© P. Blondé, Observatoire de Paris

• **Emmanuel Roques**

Directeur général des services, depuis le 1^{er} septembre 2011

Ingénieur de recherche, spécialiste d'administration scientifique, il occupait depuis 2007 les fonctions d'adjoint à la déléguée régionale de la délégation Paris B du CNRS.

General director of services since September 2011

Research engineer and a specialist in the scientific administration, since 2007 he was assistant to the regional delegate of the CNRS Paris B delegation.

Deux nouveaux directeurs / Two new directors

En 2011, l'Observatoire de Paris a accueilli deux nouveaux directeurs de départements :

- Stéphane Mazevet, chercheur CEA, directeur du Laboratoire Univers Théories LUTH.
- Daniel Hestroffer, astronome, directeur de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides IMCCE.

In 2011, two new department directors were appointed:

- Stéphane Mazevet, CEA researcher, director of the Laboratory Universe and Theories (LUTH)
- Daniel Hestroffer, astronomer, director of the Institute for Celestial Mechanics and Computation of Ephemerides (IMCCE).

► PRIX ET DISTINCTIONS / HONOURS

Docteurs *honoris causa* / Doctors *honoris causa*

Le 14 avril 2011, le président de l'Observatoire de Paris a remis leurs prestigieux diplômes à trois chercheurs internationalement reconnus. Lennart Lindegren, de l'université de Lund (Suède), a joué un rôle majeur dans la mise en œuvre des missions spatiales astrométriques Hipparcos et Gaia. Samuel Gulkis, du Jet Propulsion Laboratory (Californie), s'est illustré dans l'étude des atmosphères de planètes et dans la cartographie du fond diffus cosmologique avec le satellite Cobe. Jan Vondrák, de l'académie des sciences tchèque, est spécialiste d'astronomie fondamentale, de mécanique céleste et de systèmes de référence espace-temps.

On 14 April 2011, the president of the *Observatoire de Paris* awarded their prestigious diplomas to three scientist of international reputation. Lennart Lindegren, from the University of Lund (Sweden), played a major role in the implementation of the Hipparcos and Gaia astrometric space missions. Samuel Gulkis, from the Jet Propulsion Laboratory (California), distinguished himself in the study of planetary atmospheres and the mapping of the cosmic microwave background with the Cobe satellite. Jan Vondrák, from the Academy of Sciences of the Czech Republic, is a specialist in fundamental astronomy, celestial mechanics, and space-time reference systems.

Belle série de récompenses / A string of worthy rewards

- Sylviane Chaintreuil, lauréate du prix cristal CNRS 2011
winner of the 2011 CNRS Cristal Prize
- Christian Bordé, chevalier de la légion d'honneur 2011
- Xavier Haubois, prix Le Monde de la recherche universitaire 2010
2010 Le Monde Prize for university research
- Franck Pereira et Catherine Prigent, prix 2010 de l'académie des sciences
2010 Academy of Sciences Prize



© P. Blondé, Observatoire de Paris

HERSCHEL ET PLANCK : DEUX ANS DE MOISSON

HERSCHEL AND PLANCK: TWO YEARS OF ACHIEVEMENTS



Nuages moléculaires dans la Voie lactée, saisis par le télescope Herschel. / Molecular clouds in the Milky way, captured by the Herschel telescope. © ESA

En mai 2009, une communauté de plusieurs centaines de chercheurs retenait son souffle : les satellites Herschel et Planck s'élançaient dans un long périple de 1,5 million de kilomètres. Plus de deux ans après, l'aventure scientifique bat son plein. Notamment, à l'Observatoire de Paris.

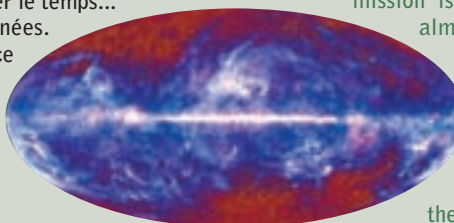
In May 2009, several hundreds of scientists were holding their breath: the Planck and Herschel satellites set out for a long, 1.5-million-kilometre journey. More than two years later, the scientific adventure is in full swing—in particular at the *Observatoire de Paris*.

Après leur lancement par la fusée Ariane, les deux bijoux de l'Agence spatiale européenne ESA se sont installés au voisinage du point de Lagrange « L2 », loin de la Terre et du Soleil. Là, les observations infrarouges ont commencé. Leur but astrophysique ? Nous faire remonter le temps...

Un voyage de près de 14 milliards d'années. Herschel scrute l'Univers froid de la naissance des étoiles et des galaxies. Planck capte la première lumière émise par le cosmos, 380 000 ans après le big bang. L'un et l'autre dispensent leurs flots d'informations.

After their launch by an Ariane rocket, the two European Space Agency (ESA) gems reached the vicinity of Lagrange equilibrium point L2, far away from Earth and Sun. Infrared observations then began. Their astrophysical mission is to take us back in time, almost 14 billion years ago.

Herschel explores the cold early Universe, where stars and galaxies are formed. Planck detects the first light of the cosmos, 380,000 years after the Big Bang. Both satellites send their flow of data to Earth.



Le premier ciel complet observé par Planck, au terme d'une année d'activité. / The first complete sky observed by Planck, after one year of operation. © ESA, HFI & LFI Consortia

Du berceau des galaxies...

Le télescope spatial Herschel tient son rang d'excellence. Qu'il s'agisse de l'exploration des comètes du Système solaire, de la Voie lactée ou des galaxies voisines : le plus grand télescope jamais lancé dans l'espace livre ses secrets. À l'Observatoire de Paris, différentes équipes participent au décryptage. Parmi les découvertes marquantes : celle d'un réservoir de noyaux glacés de comètes au-delà de Neptune, loin du Soleil, à porter au crédit du Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique - LESIA; celle de la vapeur d'eau enfouie dans l'atmosphère d'une étoile géante rouge, riche en carbone : un résultat du Laboratoire Univers et Théories - LUTH; enfin, la découverte de la richesse insoupçonnée des toutes premières étapes de la chimie dans le milieu ténu qui emplit l'espace entre les étoiles, une recherche conduite au Laboratoire d'Étude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique - LERMA. C'est la chimie de ce milieu ténu qui le transforme peu à peu et permet aux nouvelles générations d'étoiles d'apparaître aujourd'hui.

From the cradle of the galaxies...

The Herschel Space Observatory performs excellently. The largest ever space-borne telescope continues to unravel the secrets of the comets in the solar system, of the Milky Way, and nearby galaxies. At the *Observatoire de Paris*, several teams take part in deciphering the data. Among their outstanding discoveries: frozen cores of comets beyond Neptune, a result obtained by the Laboratory for Space Studies and Astrophysics Instrumentation (LESIA); water vapour in the atmosphere of a carbon-rich red giant star, to be credited to the Laboratory Universe and Theories (LUTH); and finally, the discovery of the unexpected richness of the very first stages of the chemistry at work in the interstellar medium, by scientists from the Laboratory for the Study of Radiation and Matter in Astrophysics (LERMA). It is the chemistry of that faint environment that gradually transforms it and allows the creation today of new generations of stars.

... à la prime enfance de l'Univers

Le satellite cosmologique Planck, lui, a livré son premier catalogue d'objets célestes en janvier dernier. La moisson comporte 15 000 sources - nurseries de jeunes étoiles, galaxies lointaines riches en poussières et amas de galaxies. À l'Observatoire de Paris, le LERMA et son partenaire le laboratoire Astroparticule et Cosmologie - APC ont participé à la conception de l'instrument High Frequency Instrument HFI doté de 52 bolomètres. À ce titre, leurs équipes font partie du noyau dur qui travaille à interpréter les données. En janvier 2013 paraîtra la fameuse carte, très attendue, du rayonnement primordial. Un document fondamental par ses implications sur la composition intime et l'histoire de notre Univers. Une version plus aboutie du résultat de très grand intérêt cosmologique suivra en février 2014.

... to the early stages of the Universe

The Planck cosmological satellite produced a first catalogue of celestial objects, that was issued last January. A collection of 15,000 sources—nurseries of young stars, distant dusty galaxies, and galaxy clusters. At the *Observatoire de Paris*, LERMA and its partner, the Astroparticle and Cosmology Laboratory (APC), contributed to the design of the High Frequency Instrument (HFI), equipped with 52 bolometers. Scientists from these laboratories are now members of the HFI team whose task is to interpret the data. The much awaited chart of the primeval radiation will be released in January 2013. This fundamental cosmological information is essential for our understanding of the ultimate composition and history of our Universe. The final, and more complete version of this chart will follow in February 2014.



TROIS QUESTIONS À NABILA AGHANIM

Cosmologiste à l'Institut d'Astrophysique Spatiale

THREE QUESTIONS TO NABILA AGHANIM

Cosmologist at the Institute of Space Astrophysics

L'astronomie française prend part aux deux grandes aventures spatiales européennes, Herschel et Planck. Témoignage.

French astronomy participates in two major European space adventures: Herschel and Planck.

Nos connaissances sur l'Univers vont-elles être bouleversées ?

Comme pour toutes les grandes missions, l'immense masse de données fournie par Planck et Herschel va alimenter les travaux de la communauté scientifique internationale pendant plusieurs dizaines d'années. Pour prendre un exemple dans mon domaine de recherche, Planck vient de fournir des images uniques à des longueurs d'ondes inférieures au millimètre de certaines des plus grandes structures de l'Univers : environ 200 amas de galaxies ou superamas, dont trente étaient jusqu'alors inconnus. Or, la plupart de ces objets sont encore en train de se former, de s'amalgamer. En les scrutant en détail, nous tentons de mieux comprendre comment la matière s'assemble à grande échelle. C'est une clé pour appréhender l'histoire et l'évolution de l'architecture de l'Univers depuis ses origines. Peu à peu, nos connaissances progressent. Peut-être même seront-elles chamboulées !

Outre leur lancement commun, y-a-t-il des liens entre Herschel et Planck ?

Les deux se complètent. C'est passionnant. Des programmes d'observation conjoints se dessinent : une des niches d'Herschel porte sur les pouponnières d'étoiles, régions glacées et obscures, à des températures de seulement quelques degrés au-dessus du zéro absolu. Planck les repère de manière efficace dans le ciel. C'est là que germeront bientôt de jeunes soleils.

Deux ans après, le satellite cosmologique Planck tient-il ses promesses ?

Et comment ! il délivre tous les jours des données de qualité exceptionnelle sur l'Univers. En janvier dernier, à partir de sa cartographie intégrale du ciel, nous avons pu fournir à la communauté scientifique un premier catalogue de sources « compactes », c'est-à-dire peu étendues sur la voûte céleste : il recèle 15 000 objets situés à l'intérieur ou à l'extérieur de notre galaxie. Les premiers résultats sont enthousiasmants. Avant de parvenir à son but ultime - le fond de rayonnement primordial - Planck apporte des informations inédites sur la Voie lactée et les galaxies plus ou moins lointaines situées à l'avant-plan.

Do you expect our knowledge of the Universe to be upturned?

As it is the case with all major missions, the huge volume of data generated by Planck and Herschel will be analyzed by the international scientific community for several decades. For example, in my own research field, Planck has just provided unique images at submillimeter wavelengths of some of the largest structures in the Universe: about 200 galaxy clusters or superclusters, including thirty previously unknown ones. Most of these objects are still in the process of being formed, of amalgamation. By observing them in details, we seek a better understanding of the way matter comes together at a large scale. It is a key to understanding the history and evolution of the architecture of the Universe since its origins. Little by little, our knowledge improves. Who knows, it could even be turned upside down!

Apart from their joint launch, are there connections between Herschel and Planck?

They complement each other. It's exciting. Joint observation programs are taking shape: one of Herschel's niches is star nurseries. These are dark, frozen regions, with temperatures of only a few degrees above absolute zero. Planck is very efficient in spotting them in the sky. There, new suns will soon shine.

Two years on, has the Planck cosmological satellite lived up to expectations?

It did brilliantly! Every day it delivers data of exceptional quality about the Universe. Last January, using its complete map of the sky, we have been able to provide the scientific community with a first catalogue of "compact" sources, that is, those in a narrow region of the sky. The catalogue lists 15,000 objects inside and outside our Galaxy. Early results are exciting. Before attaining its ultimate goal—the cosmic microwave background—Planck provides new information about the Milky Way and the more or less distant galaxies located in the foreground.



© CNRS Photothèque/P. Bazogue

Contact

Nabila AGHANIM
Directrice de recherche CNRS
IAS
+33 (0)1 69 85 86 46
nabila.aghanim@ias.u-psud.fr

PORTRAIT / PROFILE

Cosmologiste à l'Institut d'Astrophysique Spatiale IAS (CNRS - Université Paris-Sud), Nabila Aghanim est spécialiste de l'interprétation du rayonnement fossile de l'Univers. Elle a coordonné le groupe de travail Planck dédié aux « anisotropies secondaires », ces altérations qu'ont subies les photons en croisant sur leur parcours la matière ionisée. Nabila Aghanim est membre du haut comité scientifique de l'Observatoire de Paris.

Cosmologist at the Institute of Space Astrophysics IAS (CNRS - Université Paris Sud), Nabila Aghanim is an expert of the interpretation of the cosmic microwave background. She has coordinated the Planck working group on "secondary anisotropies", the changes photons undergo when they meet ionized matter. Nabila Aghanim is a member of the *Observatoire de Paris* high scientific council.

DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

PUBLIC OUTREACH

Expositions, journées portes-ouvertes, visites guidées, prêt de collection... l'Observatoire de Paris entreprend de nombreuses initiatives pour donner le goût des sciences et encourager les vocations.

Exhibitions, open-door days, guided tours, collection loans. The *Observatoire de Paris* uses a variety of initiatives to spark an interest and promote careers in science.



DÉCOUVERTE DE LA PLANÈTE NEPTUNE. Esquisse peinte de Levis Dupain, 1889. / Discovery of the planet Neptune. Painted sketch by Levis Dupain.

© Bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

► SCIENCES ET CURIOSITÉS À LA COUR DE VERSAILLES

L'Observatoire de Paris était partenaire de cette prestigieuse exposition présentée au château de Versailles durant cinq mois jusqu'en avril 2011. Sa participation s'est traduite par la mise en place d'un groupe de recherche qui a permis d'apprécier le rôle des sciences à la cour de Versailles. L'établissement a par ailleurs prêté de nombreuses pièces conservées dans sa bibliothèque. Plus de 290 000 visiteurs ont pu ainsi découvrir ce patrimoine rarement visible.

SCIENCE AND CURIOSITIES AT THE COURT OF VERSAILLES

The *Observatoire de Paris* was a partner of this prestigious exhibition, presented at the *Château de Versailles* during a five-month period ending in April 2011. As part of its participation, the Observatoire set up a research team on the role of science at the Versailles court. Our institution also lent a number of items from its library. Over 290,000 visitors had the opportunity to discover this rarely shown heritage treasures.



TÉLESCOPE INVENTÉ ET BREVETÉ par J.-F. Soulier, président de l'association « Des étoiles pour tous » / Telescope invented and patented by J.-F. Soulier, president of the "Des étoiles pour tous" association.

© Jean-François Soulier

► ASTRONOMIE POUR TOUS

En mai 2011, l'Observatoire de Paris et l'association Planète Sciences ont organisé les premières rencontres nationales du collectif « Astro vers tous ». Objectif : rendre l'astronomie encore plus accessible. Déjà remarquée l'an passé, cette action avait reçu le prix 2010 « le goût des sciences » du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche pour ses interventions originales auprès de publics empêchés : ateliers à l'hôpital, soirées d'observation avec des personnes sourdes, création d'instruments adaptés pour la mobilité réduite, visites pour aveugles, conférences en prison... L'occasion de souligner l'implication très forte d'astrophysiciens de l'Observatoire de Paris et de membres de Planètes Sciences, en lien avec des associations comme « Des étoiles pour tous » ou encore l'Observatoire populaire de Laval.

ASTRONOMY FOR EVERYONE

In May 2011, the *Observatoire de Paris* and the Planète Sciences association organized the first national meeting of the "Astro vers tous" action group. Their goal is to make astronomy even more accessible. Their efforts were rewarded last year with the 2010 *Le goût des sciences* prize by the Ministry of Higher Education and Research for their novel approach in reaching those with special needs: workshops in hospitals, observation evenings for the hearing impaired, creation of instruments suitable for those with reduced mobility, tours for blind people, and lectures in prison. An opportunity to underscore the strong involvement of astrophysicists from the *Observatoire de Paris* and their partnership with associations such as "Des étoiles pour tous" and Laval Popular Observatory.

DEUX NOUVELLES EXPOSITIONS ITINÉRANTES

Depuis cinq ans, l'Observatoire de Paris conçoit des expositions itinérantes destinées à faire connaître les derniers résultats de la recherche en astronomie aux publics distants. Deux nouvelles productions viennent étoffer l'offre :

Cosmos, un cheminement jusqu'aux confins de l'Univers. L'exposition-événement de 300 m² présentée en 2009 au Palais de la découverte et en 2010 au Musée de l'air et de l'Espace du Bourget est à présent disponible en format léger et mobile. Un long voyage pour dévoiler les différentes échelles de l'Univers, comprendre sa structure et son histoire...



Hubble : le regard. Créée à l'occasion des 20 ans du télescope spatial Hubble, l'exposition est une invitation à découvrir en images un florilège des plus beaux objets de l'Univers : Saturne majestueuse, cocons d'étoiles, carambolage entre galaxies... Cette exposition a accompagné jusqu'à la fin de l'année à la Géode, Paris 19^e, le spectaculaire film à 180° « Hubble - Au-delà des étoiles ».

TWO NEW TRAVELLING EXHIBITIONS

For five years now, the Observatoire de Paris has been producing travelling exhibitions in order to bring the latest research results in astronomy to distant audiences. Two new productions have just been added to the list.

Cosmos: a journey to the boundaries of the Universe. This 300-square-metre exhibition-event presented in 2009 at the Palais de la découverte and in 2010 at the Air and Space Museum in Le Bourget, is presently available in a light and portable format. A long journey to discover the various scales of the Universe and understand its structure and history.

Through Hubble's eyes. Created to mark the 20th anniversary of the Hubble space telescope, this exhibition is an invitation to discover in images some of the most beautiful objects in the Universe: the majestic Saturn, star cocoons, galaxy collisions. This exhibition was presented until the end of the year at the Géode, Paris 19^e, together with the spectacular 180 degree movie "Hubble: Beyond the stars."



► **MAI 2011. 10^e Nuits des planètes de l'Observatoire de Paris.** Les quatre soirées d'observation successives ont permis à 1 500 personnes d'observer le ciel depuis les instruments sous coupole et les télescopes mobiles, installés sur les sites de Paris et Meudon avec la complicité des associations d'astronomes amateurs et de Planète Sciences.

MAY 2011. 10th Planet Nights at the Observatoire de Paris. The four consecutive observation evenings were the occasion for 1,500 people to watch the sky with the telescopes in the dome and mobile telescopes at the Meudon and Paris sites, with the help of amateur astronomer associations and Planète Sciences.

► **MAI 2011. Salon de la culture et des jeux mathématiques.** Université Pierre et Marie Curie. Groupes scolaires et curieux de tous âges ont pu rencontrer pendant quatre jours les chercheurs et doctorants sur le stand de l'Observatoire de Paris.

MAY 2011. The 12th edition of the Mathematical Culture and Games Fair. University Pierre et Marie Curie. Student groups and curious participants of all ages met with researchers and doctoral students at the Observatoire de Paris stand all through the four-day event.

► **SEPTEMBRE 2011. Nuit européenne des chercheurs.** Initié par la Commission Européenne, cet évènement permet aux scientifiques de parler de leurs métiers étonnants. Cette année, l'Observatoire de Paris était présent à l'École Polytechnique à Palaiseau.

SEPTEMBER 2011. European Researchers Night. An initiative of the European Commission, this event allows scientists to talk about their amazing line of work. This year, the Observatoire de Paris was at the École Polytechnique.

► **SEPTEMBRE 2011. Journées européennes du patrimoine.** Deux après-midis où près de 8 000 visiteurs se sont pressés pour découvrir un patrimoine exceptionnel ainsi que les derniers résultats des recherches menées par l'établissement. À Paris : visites des coupoles et du bâtiment Perrault datant de 1667, parcours inédit, exposition d'œuvres photographiques artistiques, conférences, observations au radiotélescope, ateliers pour enfants... Dans la grande galerie : exposition exceptionnelle consacrée à Urbain Le Verrier. À Nançay : visite à pied, à bicyclette ou en calèche du site et de ses instruments, notamment l'imposant radiotélescope, l'un des quatre plus grands au monde, et les nouvelles antennes du réseau européen LOFAR.

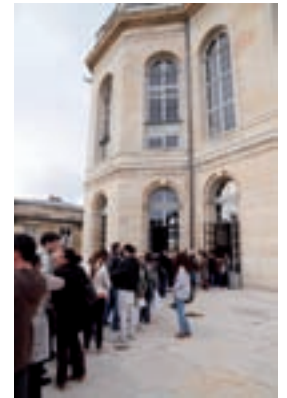
SEPTEMBER 2011. European Heritage Days. Two afternoons when more than 8,000 visitors gathered to discover an exceptional heritage as well as the latest results of research carried out at our institution. In Paris: tour of the domes and the Perrault building dating back to 1667, exhibition of artistic photographs, lectures, and children workshops, observations at radiotelescope. In the grande galerie: an exceptional exhibition devoted to Urbain Le Verrier. At Nançay: tour of the site and its instruments on foot, bicycle, or carriage. Visitors were able to see the imposing radio telescope, one of the four largest in the world, and the new antennas of the European LOFAR network.

► **OCTOBRE 2011. Fête de la science.** Pour les 20 ans de cette manifestation nationale, près de 1 000 élèves d'écoles, collèges et lycées se sont vus proposer un « parcours pour apprentis astronomes », sur le site de Meudon. Explorer le système solaire à pied, rencontrer les chercheurs, visiter les instruments sous coupole, observer le Soleil, participer à des ateliers ludiques : le programme sur deux jours était varié ! Au Village des sciences à Bourges, la station de radioastronomie de Nançay a présenté ses instruments d'observations et ses projets en développement. Un petit radiotélescope composé d'une antenne satellite a réalisé des observations et des mesures du Soleil devant les visiteurs. Des interviews de chercheurs étaient retransmises en direct sur la radio FM des Beaux Arts de Bourges Radioradio.

OCTOBER 2011. Fête de la science. For the 20th anniversary of this national event, nearly 1,000 schoolchildren and students participated in an "apprentice astronomer trail" at the Meudon site. Touring the Solar System on foot, meeting with scientists, looking at the instruments under the dome, observing the Sun, participating in amusing workshops: It was a varied two-day program! At the Village des sciences, in Bourges, the Nançay radio astronomy station presented its observation instruments and its forthcoming projects. A small radio telescope consisting of a satellite antenna carried out observations and measurements of the Sun with the visitors. Interviews with researchers were broadcast live by the Beaux Arts of Bourges FM radio station.



LA GRANDE COUPOLE du site de Meudon de l'Observatoire de Paris, classée monument historique depuis 1972, figure dans les timbres collector Île-de-France 2011 édités par La Poste. / The great dome at the Meudon site of the Observatoire de Paris, a historical monument since 1972, appears on the 2011 Île-de-France collector stamps issued by La Poste.
© Frédéric Arenou, Observatoire de Paris



© Pascal Blondé, Observatoire de Paris



© Sylvain Cnudde, Observatoire de Paris

- **Nuits des planètes de l'Observatoire de Paris.** Du vendredi 30 mars au dimanche 1^{er} avril 2012, à 21h, 22h et 23h. Sites de Meudon et Paris. À l'honneur dans le ciel en cette période : la Lune et Mars. Inscription obligatoire par téléphone au 01 40 51 22 94 : uniquement les lundi 12, mardi 13 et mercredi 14 mars 2012, de 14h à 17h.
- **Exposition sur Jean-Dominique Cassini (1625-1712).** Site de Paris. Pour marquer le tricentenaire de la mort de son premier organisateur, l'Observatoire de Paris proposera une manifestation-exposition hommage. Rendez-vous fin mars 2012.
- **Salon de la Culture et des Jeux Mathématiques.** Du jeudi 31 mai au dimanche 3 juin 2012. Université Pierre et Marie Curie, Place Jussieu, Paris 5^e.
- **Passage de Vénus devant le Soleil.** 6 juin 2012. En prévision de l'évènement, activités pour les scolaires et conférences.
- **Fête du Soleil.** Dimanche 24 juin 2012. Site de Meudon.

AGENDA 2012
1^{er} semestre /
first semester



www.obspm.fr

- **Planets night at the Observatoire de Paris.** From Friday 30 March to Sunday 1st April 2012, at 9:00, 10:00, and 11:00pm. Paris and Meudon sites. In the spotlight at this time of the year: the Moon and Mars. Registration required, by phone at + 33 [1] 40 51 22 94: Monday 12, Tuesday 13, and Wednesday 14 March 2012, from 2:00 to 5:00pm only.
- **Jean-Dominique Cassini (1625-1712) Exhibition.** Paris site. To mark the third centennial anniversary of the death of its first organizer, the Observatoire de Paris will propose an event-exhibition in his honour. Rendez-vous end of March 2012.
- **Mathematical Culture and Games Fair.** From Thursday 31 May to Sunday 3 June 2012. University Pierre et Marie Curie, Place Jussieu, Paris 5^e.
- **Transit of Venus across the Sun.** 6 June 2012. In preparation for the event, activities for schoolchildren and conferences.
- **Fête du Soleil.** Sunday 24 June 2012. Meudon site.

NEPTUNE ET URBAIN LE VERRIER CÉLÉBRÉS À L'OBSERVATOIRE DE PARIS

NEPTUNE AND URBAIN LE VERRIER CELEBRATED AT THE *OBSERVATOIRE DE PARIS*

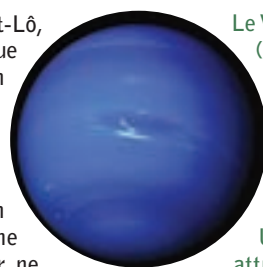


Urbain Le Verrier (1811-1877).
© Bibliothèque de l'Observatoire
de Paris

2011 a marqué le bicentenaire de l'un des astronomes les plus célèbres du XIX^e siècle : Urbain Le Verrier, découvreur de Neptune et directeur de l'Observatoire de Paris. Hasard... la planète a bouclé, le 3 juillet dernier, son premier tour autour du Soleil depuis sa découverte en 1846 !

2011 marked the bicentennial of one of the most famous nineteenth-century astronomers: Urbain Le Verrier, the discoverer of Neptune and director of the *Observatoire de Paris*. By a curious coincidence: on 3 July last the planet completed its first revolution around the Sun since its discovery in 1846.

Le Verrier est né le 11 mars 1811, à Saint-Lô, dans la Manche. Il sort de l'École Polytechnique en 1833, y prend un poste de répétiteur en astronomie et devient, rapidement expert en mécanique céleste. En 1845, François Arago, alors à la tête de l'Observatoire de Paris, lui confie l'étude des anomalies du mouvement de la planète Uranus : Alexis Bouvard, en son temps, les avait attribuées à l'action d'une « planète troublante » inconnue. Le Verrier ne met qu'un an à résoudre ce problème. Il prédit la position de la nouvelle planète... qui est aussitôt observée. Après sa découverte de Neptune - *du bout de sa plume*, comme disait Arago - Le Verrier devient l'astronome le plus célèbre du monde entier.



Neptune, la plus lointaine des planètes, vient de boucler son premier tour autour du Soleil depuis sa découverte. / Neptune, the most distant planet, has just completed its first revolution around the Sun since its discovery.
© NASA

Le Verrier was born on 11 March 1811 in Saint-Lô (Manche). He graduated from the *École Polytechnique* in 1833, obtained a position of astronomy tutor there, and rapidly became an expert in celestial mechanics. In 1845, François Arago, then at the head of the *Observatoire de Paris*, assigned him the study of the anomalies in the motion of the planet Uranus. Alexis Bouvard, in his time, had attributed them to the action of an unknown "disturbing planet." It took Le Verrier only one year to solve the problem. He predicted the position of the new planet, which was immediately found. After his discovery of Neptune—*out of the tip of his pen*, as Arago said—Le Verrier became the most famous astronomer in the world.

Un directeur tyran

À la mort d'Arago en 1853, Le Verrier est nommé premier directeur en titre de l'Observatoire de Paris : il sépare l'établissement du Bureau des longitudes et le réforme. À Marseille, dans un climat plus favorable, il crée une « succursale » pourvue du premier grand télescope moderne réalisé par Léon Foucault. Cependant, détesté du personnel qu'il maltraite, Le Verrier est révoqué en 1870. Son remplaçant, Charles Delaunay, meurt en 1872 et Le Verrier est de nouveau nommé à la tête de l'observatoire, poste qu'il occupera jusqu'à sa mort en 1877. Ses travaux sur le mouvement des planètes seront utilisés pour les éphémérides jusqu'en 1983. Organisateur hors pair, Le Verrier a créé un service météorologique international : les données collectées en Europe sont transmises par le télégraphe électrique à l'Observatoire de Paris. On y élabore des cartes, et réalise les premières prévisions. Ce service est l'ancêtre de Météo France.

A tyrannical director

After Arago's death in 1853, Le Verrier was appointed first titular director of the *Observatoire de Paris*. He split the institution from the *Bureau des longitudes* and reformed it. In Marseille, in a more favourable climate, he created a "branch" featuring the first modern large telescope built by Léon Foucault. However, detested by his staff, which he mistreated, he was dismissed in 1870. His replacement, Charles Delaunay, died in 1872 and Le Verrier was appointed again at the head of the observatoire, a position he would hold until his death in 1877. His work on planetary motions would be used in ephemerides until 1983. A talented organizer, Le Verrier created an international meteorological service: data was collected in Europe and transmitted by electric telegraph to the *Observatoire de Paris*. In addition, maps were drawn and the first weather forecasts were produced there. This service is the ancestor of *Météo France*.



- Découvrez l'exposition virtuelle *Le Verrier, les coulisses de la découverte de Neptune* sur / Discover the virtual exhibition *Le Verrier, behind the scenes of the discovery of Neptune* at <http://expositions.obspm.fr/>

- Téléchargez la brochure *2011, l'année Neptune*, conçue par l'IMCCE, Observatoire de Paris sur / Download the brochure *2011, the Year of Neptune*, produced by the IMCCE, *Observatoire de Paris*, at www.grandpublic.obspm.fr
> manifestations 2011
> bicentenaire d'Urbain Le Verrier

LES CÉLÉBRATIONS ORGANISÉES PAR L'OBSERVATOIRE DE PARIS EN 2011

Une exposition temporaire *Le Verrier, les coulisses de la découverte de Neptune* a été présentée durant toute l'année dans la grande galerie de l'Observatoire de Paris, complétée par un *Parcours sur les pas de Le Verrier*, mis en place dans le bâtiment historique Perrault. Le dispositif fut assorti d'un cycle de conférences sur Le Verrier et « Neptune aujourd'hui » animées par les chercheurs de l'établissement et de Météo France.

CELEBRATIONS ORGANIZED BY THE OBSERVATOIRE DE PARIS IN 2011

A temporary exhibition, *Le Verrier, behind the scenes of the discovery of Neptune*, was presented throughout the year at the *grande galerie* of the *Observatoire de Paris*, together with the tour *On Le Verrier's footsteps* in the Perrault historic building. A lecture series on Le Verrier and "Neptune today" given by researchers from the *Observatoire* and *Météo France*, completed the celebrations.

COSMIC VISION, VISION D'AVENIR POUR L'EXPLORATION SPATIALE

COSMIC VISION: A VISION FOR THE FUTURE OF SPACE EXPLORATION

L'avenir de la science spatiale européenne s'écrit avec le Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique - LESIA : ses chercheurs participent à Solar Orbiter, l'une des deux missions définitivement sélectionnées en octobre par l'ESA dans son plan *Cosmic Vision* pour l'horizon 2015-2025.

The future of European space science goes through the Laboratory for Space Studies and Astrophysical Instrumentation (LESIA). Its scientists participate in Solar Orbiter, one of the two space missions that ESA definitively approved in October in its *Cosmic Vision* plan for 2015-2025.

Le 4 octobre dernier, une nouvelle étape s'est ouverte avec la sélection définitive des missions de classe moyenne, Solar Orbiter et Euclid, que l'Agence spatiale européenne ESA lancera en 2017 et 2019. Étroitement impliqué dans Solar Orbiter, le LESIA participe également à l'étude d'autres projets spatiaux qui concourront pour une nouvelle phase de sélection en 2013. Zoom sur quatre programmes susceptibles de faire la science du XXI^e siècle : Solar Orbiter, Plato, Marco Polo R et Echo.

Four October of this year marked the beginning of a new stage, with the final approval of the medium-class missions Solar Orbiter and Euclid to be launched by the European Space Agency (ESA) in 2017 and 2019. Closely involved in Solar Orbiter, LESIA also participates in the study of other space projects competing in a new selection process to take place in 2013. Zoom on four programs that are likely to shape 21st-century science: Solar Orbiter, Plato, Marco Polo R, and Echo.

Quatre programmes ambitieux

On est encore loin de tout connaître de notre étoile. Pour cette raison, le programme Solar Orbiter propose de sonder le vent solaire. Des observations directes du Soleil seront pratiquées jusqu'à des distances très rapprochées, encore jamais atteintes. À bord : une expérience d'ondes radio et plasma serait fournie par un consortium



© ESA

international sous conduite du LESIA. Le lancement de Solar Orbiter, désormais sélectionné, est prévu en 2017.

Parallèlement à Solar Orbiter et à Euclid, une troisième mission de classe moyenne sera retenue en 2013, en vue d'un lancement en 2022. Parmi les cinq projets candidats, trois sont à l'étude au sein du LESIA :

Planetary Transits and Oscillations of Stars, alias Plato, est une mission de deuxième génération consacrée à la recherche d'exoplanètes et à l'étude sismique des étoiles. Elle prend la suite des illustres satellites français CoRoT et américain Kepler. Le LESIA participerait à la définition du système et du traitement des données à bord. En outre, le responsable scientifique de Plato est Claude Catala, président de l'Observatoire de Paris.

Le projet Marco Polo, proposé par une chercheuse du LESIA, vise à récolter et à rapporter sur Terre des échantillons d'un astéroïde primitif. Les dimensions de la mission ont été récemment revues afin de mieux en maîtriser le coût. En cas de sélection, l'objectif sera d'apporter des éléments de réponses sur les processus de formation des planètes et sur l'origine des molécules de la vie. La fenêtre de tir court de 2020 à 2024.

Exoplanet Characterisation Observatory - Echo se présente comme une étude approfondie du rayonnement des exoplanètes. Ce projet fait suite aux nombreux détecteurs actuels de mondes lointains. Le télescope analysera la composition et la température des atmosphères. Les chercheurs espèrent ainsi mieux comprendre la formation des planètes dans l'Univers. Le LESIA travaille sur le concept optique, les détecteurs, la thermomécanique.

En 2012, l'ESA complètera son programme Cosmic Vision d'une mission de grande envergure : à lancer en 2020, pour 900 millions d'euros. Le LESIA s'intéresse ici aux instruments de la sonde Jupiter Icy Satellite Explorer JUICE vers... Jupiter et de ses lunes glacées.

L'exploration spatiale a un bel avenir !

Four ambitious programs

We are still far from a complete knowledge of our own star. This is why the Solar Orbiter program will study the solar wind. Direct observations of the Sun will be performed up to very close distances, closer than ever before. On board: a radio wave and plasma experiment built by an international

consortium headed by LESIA. The launch of Solar Orbiter, already approved, is expected to take place in 2017.

Concurrently with Solar Orbiter and Euclid, a third medium-class mission will be selected in 2013, to be launched in 2022. Among the five competing projects, three are being studied at LESIA.

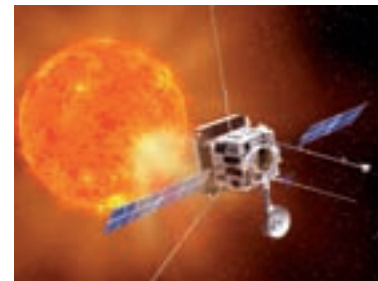
Planetary Transits and Oscillations of Star, alias Plato, is a second-generation mission devoted to the search for exoplanets and the seismological study of stars. It is the continuation of the famous French satellite CoRoT and American satellite Kepler. LESIA would participate in the definition of the system and on-board data processing. In addition, Plato's principal investigator is Claude Catala, the president of the *Observatoire de Paris*.

The Marco Polo project, proposed by a scientist at LESIA, aims at collecting and bringing back to Earth samples from a primitive asteroid. The parameters of the mission have recently been revised in order to better control costs. If selected, the project will seek to answer questions regarding planet formation processes and the origin of the molecules of life. Launch window: from 2020 to 2024.

Exoplanet Characterisation Observatory (Echo) is a detailed study of exoplanet radiation. It comes in the wake of a number of current distant world detectors. The telescope will analyze atmospheric composition and temperature. Scientists thus hope to gain a better understanding of planet formation in the Universe. LESIA is working on the optical concept, detectors, and thermodynamics.

In 2012, ESA will complete its Cosmic Vision program with the addition of a major mission, to be launched in 2020 at a cost of 900 million euros. LESIA's interest is in the instruments for the Jupiter Icy Satellite Explorer (JUICE) probe, bound for Jupiter and its frozen moons.

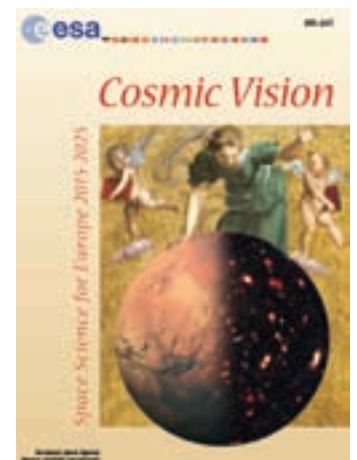
Space exploration has a bright future!



© ESA / EADS

Contact

Pierre DROSSART
Directeur de recherche CNRS
LESIA
+ 33 (0)1 45 07 76 64
pierre.drossart@obspm.fr



© Raphaël (1483-1520), ESA

NANÇAY : UNE NOUVELLE FENÊTRE SUR L'UNIVERS

NANÇAY: A NEW WINDOW ON THE UNIVERSE

La station française du grand réseau européen d'antennes radio basses fréquences Low Frequency Array LOFAR a été inaugurée, le 20 mai 2011, sur le site de Nançay de l'Observatoire de Paris. Les premiers résultats scientifiques paraissent déjà.

The French station of the large European radio telescope Low Frequency Array (LOFAR) was inaugurated on 20 May 2011 at the Nançay site of the Observatoire de Paris. The first scientific results are already in.

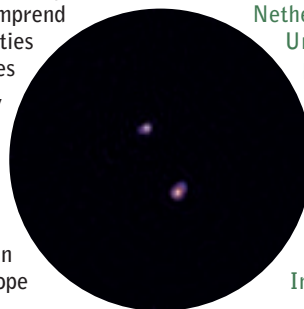
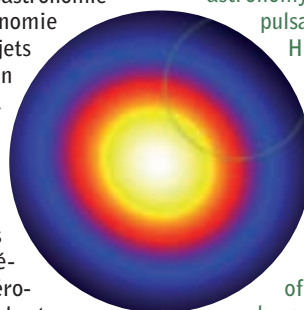


VUE AÉRIENNE de la station radio basses fréquences LOFAR, à Nançay. / Aerial view of the Nançay LOFAR station.
© Ivan Thomas / USN, Observatoire de Paris

Longtemps, les hommes ont dû se contenter de la lumière visible pour ausculter l'Univers. Ils ont attendu les années 1930 avant de réaliser leurs premières observations du cosmos en ondes radio. Aujourd'hui, l'ensemble du spectre lumineux est couvert. Mais la radioastronomie reste l'un des piliers de l'astronomie moderne. Elle donne accès à des objets passionnants, pulsars, quasars... En contrepartie de la sensibilité et de la résolution angulaire recherchées, la dimension des instruments croît de manière inéluctable. Il faut construire des radiotélescopes toujours plus grands ! C'est l'une des caractéristiques du réseau radio basses fréquences Low Frequency Array LOFAR, interféromètre géant qui fonctionne de 30 à 250 mégahertz, soit 1,25 à 10 mètres de longueur d'onde. Il comprend une cinquantaine de stations de réception réparties sur des distances supérieures à 1 000 kilomètres entre Hollande, Allemagne, France, Pologne, Royaume-Uni, Suède, et peut-être bientôt Espagne...

For a long time, the only way to observe the Universe was with visible light. Not until the 1930s was it possible to carry out the first radio wave observations of the cosmos. Nowadays, they cover the entire luminous spectrum. But radio astronomy remains one of the pillars of modern astronomy. Thanks to it, we are able to study pulsars, quasars, and other exciting objects.

However, as the desired sensitivity and angular resolution increase, so does the size of the instruments. Ever larger radio telescopes must be built. This is one of the features of the Low Frequency Array (LOFAR), a giant 30-to-250 MHz interferometer, equivalent to a wavelength range of 1.25 to 10 metres. LOFAR is a network of some fifty receiving stations separated by over 1,000 kilometres and located in the Netherlands, Germany, France, Poland, the United Kingdom and Sweden — and perhaps joined by Spain in the near future.



En février dernier, LOFAR a obtenu une image des extrémités du jet du quasar 3C196, à 7 milliards d'années-lumière de la Terre. En haut : image prise avec les seules antennes du cœur de réseau hollandais. En bas : même champ en haute définition avec l'ensemble des stations européennes. / Last February, LOFAR obtained an image of the extensions of the jet of quasar 3C196, 7 billion light-years away. Top: High-definition image taken only with the antennas of the Dutch core. Bottom: High-definition image taken with the entire European station network.
© LOFAR

Un radiotélescope précurseur

Le concept est audacieux et innovant. Des antennes très simples sont mises en œuvre en grand nombre - près de 50 000 - à travers l'Europe et contrôlées de manière numérique. Initialement développé aux Pays-Bas, l'instrument s'est étendu. « Grâce à ces caractéristiques, nous allons obtenir une sensibilité 10 à 30 fois supérieure et une définition d'image 100 fois meilleure que celles des instruments existants ! » s'enthousiasme Philippe Zarka, coordinateur - avec Michel Tagger - du projet pour la France. Outre sa dimension continentale, l'atout du dispositif repose sur sa technologie logicielle. Prouesse : à chaque seconde, 20 gigaoctets de données peuvent être acheminées des points du réseau jusqu'au supercalculateur en Hollande.

Au total plus de 40 stations sont déjà raccordées et actives. En France, les 1 600 antennes élémentaires fonctionnent depuis décembre 2010 sur le site de Nançay (Cher), de l'Observatoire de Paris. Si tout va bien, LOFAR sera pleinement opérationnel d'ici le printemps. D'ici là, les chercheurs en profitent pour commencer les observations radio basses fréquences. Ils étudient les pulsars et ont déjà obtenu de premières images haute définition de galaxies et de quasars. La science et l'expérience acquises constituent un excellent gage de réussite pour le futur radiotélescope mondial Square Kilometer Array SKA.

A forerunner radio telescope

It is an innovative and daring concept: a large number of very simple computer-controlled antennas (nearly 50,000) scattered all over Europe. Initially built in the Netherlands, the instrument later spread to other countries. "Thanks to these features, we are going to obtain 10 to 30 times higher sensitivity and 100 times higher resolution than existing instruments!", predicts an enthusiastic Philippe Zarka, project coordinator, with Michel Tagger, for France. Besides its continental dimension, the array's main advantage lies in its computer technology. 20 gigabytes of data per second can be transmitted from points in the network to a supercomputer in the Netherlands—a real feat.

In all, more than 40 stations have already been connected and are in operation. In France, the 1,600 elementary antennas have been operating since December 2010 at the Nançay (Cher) site of the Observatoire de Paris. Barring unforeseen problems, LOFAR will be in full operation by next spring. In the meantime, scientists have begun low-frequency radio observations. They study pulsars, and have already obtained the first high-definition images of galaxies and quasars. The scientific knowledge and experience so gained are a guarantee of success for the future international Square Kilometer Array (SKA).

LOFAR FRANCE
PARTENAIRES / PARTNERS
CNRS, Observatoire des
Sciences de l'Univers en
région Centre, région
Centre, Réseau National de
télécommunications pour
la Technologie l'Enseigne-
ment et la Recherche
RENATER

Contacts

Philippe ZARKA
Directeur de recherche CNRS
LESIA
+33 (0)1 45 07 76 63
philippe.zarka@obsprm.fr

Michel TAGGER
Directeur de recherche CNRS
Directeur du LPC2E
+33 (0)2 38 25 76 61
michel.tagger@cnrs-orleans.fr

NOUVEAU TÉLESCOPE POUR NOUVELLE ASTRONOMIE

A NEW TELESCOPE FOR A NEW ASTRONOMY

D'ici 2014, un télescope gamma de 4 mètres de diamètre verra sa première lumière à Meudon, sur le site de l'Observatoire de Paris. Les chercheurs du Laboratoire Univers et Théories LUTH coordonnent sa construction avec le Pôle Instrumental.

In 2014, a 4-metre gamma-ray telescope will see its first light at Meudon site of the *Observatoire de Paris*. Scientists at the Laboratory Universe and Theories (LUTH) coordinate its building with Pôle Instrumental.

Il existe dans le ciel des sources méconnues de rayonnement gamma extrême. Des expériences comme High Energy Stereoscopic System HESS en Europe ou d'autres, notamment aux États-Unis, le confirment depuis 2004. Mais les astrophysiciens connaissent mal les phénomènes capables d'accélérer les particules qui émettent ces radiations 100 milliards de fois plus énergétiques que la lumière visible. Ils pourraient pourtant leur permettre d'en apprendre davantage sur la physique des trous noirs et des jets, la nature de la matière noire ou même des effets de gravité quantique. « *Il faut maintenant aller plus loin que la seule exploration du cosmos aux très hautes énergies. Nous devons réaliser une analyse approfondie des sources* », estime Hélène Sol, astrophysicienne au LUTH. Pour ce nouveau domaine de l'astronomie gamma pratiquée depuis le sol terrestre, les concepts de télescopes proposés au début du XX^e siècle par l'Allemand Karl Schwarzschild puis améliorés par André Couder, astronome à l'Observatoire de Paris, s'annoncent très performants. « *Jamais des instruments de cette famille n'ont été construits* », note cependant la chercheuse.

Cherenkov Telescope Array

Grâce aux avancés technologiques, les ingénieurs pensent pouvoir profiter aujourd'hui du large angle de vue et de la bonne définition promise à moindre coût. La réalisation se fera à Meudon, sur le site de l'Observatoire de Paris, en collaboration internationale. Quatre équipements associés seront également construits dans le cadre du partenariat entre cinq laboratoires franciliens. En France, le tout est financé à hauteur de 800 000 euros : 300 000 euros alloués par le Conseil régional d'Île-de-France et 500 000 euros venant du CNRS et du CEA. Ce projet porte le nom de Gamma Ray Telescope Elements GATE. Il est coordonné par le LUTH en relation avec le Pôle Instrumental et mobilise six personnes à l'Observatoire de Paris.

« *Il s'agit de mettre au point des démonstrateurs pour le futur grand observatoire Cherenkov Telescope Array CTA qui entrera en service entre 2015 et 2020* », décrit Hélène Sol, coordinatrice de GATE. Dix fois plus sensible que HESS, ce système sera installé sur deux sites : l'un dans l'hémisphère nord et l'autre dans l'hémisphère sud. Chacun sera doté de plusieurs dizaines de télescopes atteignant, parfois, plus de 20 mètres de diamètre. L'étude préparatoire, financée par l'Union Européenne, est lancée. En 2014, on saura si les tests sur le télescope d'essai sont concluants. Alors les 25 pays partenaires auront à se prononcer quant à la construction du grand réseau. Coût : 150 à 200 millions d'euros.



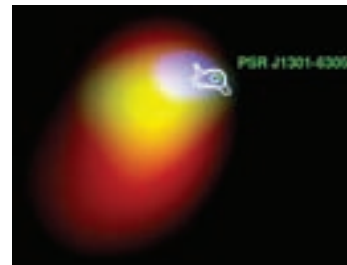
Some sources of extreme gamma-ray radiation in the sky still remain unknown. This has been confirmed since 2004 by experiments such as the High Energy Stereoscopic System (HESS) in Europe and others, notably in the United States. But astrophysicists know little about phenomena capable of accelerating the particles emitting those radiations, with an energy 100 billion times higher than visible light. The study of such phenomena may lead to a better understanding of the physics of black holes and jets, dark matter, and even the effects of quantum gravity. "We must now go beyond the mere exploration of the very high energy universe and proceed to a detailed analysis of the sources", says Hélène Sol, an astrophysicist at LUTH. In this new field of ground-based gamma astronomy, the telescopes concept proposed at the beginning of the 20th century by the German physicist Karl Schwarzschild and later improved by André Couder, an astronomer at the *Observatoire de Paris*, appear very promising. However, as Sol adds, "Instruments of this type have never been built".

Cherenkov Telescope Array

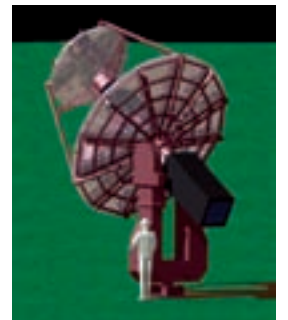
Thanks to technology advances, engineers believe they can now benefit from wide vision angle and high resolution promised at a low cost. The telescope will be built at the Meudon site of the *Observatoire de Paris*, through international collaboration. Four related components will also be built on the basis of a partnership between five Île-de-France laboratories. In France, funding for the project totals 800,000 euros: 300,000 euros come from the Conseil regional d'Île-de-France, and 500,000 euros from CNRS and CEA. The project has been named Gamma Ray Telescope Elements (GATE). It is being coordinated by LUTH together with the Pôle Instrumental and involves six persons at the *Observatoire de Paris*.

"Our goal is to develop demonstrators for the future Cherenkov Telescope Array (CTA), which will begin operating sometime between 2015 and 2020", says GATE coordinator Hélène Sol. Ten times more sensitive than HESS, the system will be installed at two sites, one in each hemisphere. Both locations will feature several dozens of telescopes, some with a diameter of over 20 metres. Preparatory studies, funded by the European Union, have already begun. Results of the tests on the prototype telescope will be known in 2014. Only then will the 25 partner countries make a decision about the construction of the giant network. Total cost: 150 to 200 million euros.

CHERENKOV TELESCOPE ARRAY CTA : plusieurs dizaines de télescopes répartis sur deux sites. / Cherenkov Telescope Array (CTA): several dozens of telescopes installed over two sites.
© ASPERA / collaboration CTA



LA NÉBULEUSE GAMMA est associée à un jeune pulsar J1301-6305 (en vert). / The gamma-ray nebula is associated with a young pulsar J1301-6305 (in green).
© HESS 2011



LE PROTOTYPE DE TÉLESCOPE sera réalisé et installé à Meudon. / The prototype telescope will be built and installed at Meudon.
© S. Blake, Collaboration CTA

Contacts

Hélène SOL
Directrice de recherche CNRS
LUTH
helene.sol@obspm.fr
+33 (0)1 45 07 74 28

Philippe LAPORTE
Ingénieur de recherche CNRS
Pôle Instrumental
philippe.laporte@obspm.fr
+33 (0)1 45 07 76 40

PAR TARANIS, IL Y A DE L'ORAGE DANS L'AIR !

BY TARANIS, THERE'S A STORM IN THE AIR!

En 2016, le CNES lancera un microsatellite d'étude des phénomènes énergétiques et des flashes lumineux qui accompagnent les orages à haute altitude. Une équipe du laboratoire Astroparticule et Cosmologie APC réalise l'un des instruments embarqués.

In 2016, the CNES will launch a microsatellite designed to study energy phenomena and light flashes accompanying high-altitude storms. A team at the Astroparticle and Cosmology Laboratory (APC) is building one of the onboard instruments.

Si la mission Taranis porte le nom du dieu gaulois de la foudre et du tonnerre, ce n'est pas par hasard. Ce petit satellite doit aller caractériser les phénomènes énergétiques liés aux épisodes d'orages dans les hautes couches de l'atmosphère. Une équipe du laboratoire Astroparticule et Cosmologie - APC est experte en mesure du rayonnement gamma. Elle a été sollicitée afin de fournir l'un des six instruments de mesure embarqués.

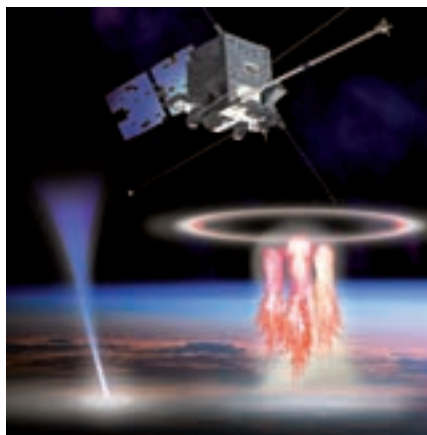
Deux mille orages éclatent en permanence... au-dessus de nos têtes ou dans le monde ! Les plus violents déclenchent des événements lumineux transitoires qui se propagent du sommet des nuages vers l'espace, entre 20 et 100 kilomètres d'altitude. On en sait encore très peu de chose. Lancé depuis Kourou par une fusée Soyuz, le microsatellite de 150 kilos du CNES aura pour mission de les scruter pendant deux ans. Le projet a été engagé en décembre 2010. À bord, l'expérience « X, Gamma and Relativistic Electrons » XGRE intègre trois senseurs conçus par les chercheurs d'APC et dédiés à la mesure des très brèves émissions des flashes gamma terrestres émis depuis l'atmosphère de notre planète.

Bouffées de rayons gamma

C'est dans les années 1960 que les astronomes ont découvert les phénomènes les plus violents de l'Univers, après le big bang : les sursauts gamma. Ces éphémères bouffées de photons durent une poignée de secondes. Elles apparaissent de manière aléatoire dans le ciel et proviennent de très grandes distances dans le cosmos. Mais on était loin d'imaginer que cela pouvait aussi se déchaîner beaucoup plus près. Il a fallu attendre 1994 pour qu'une expérience dédiée à bord du satellite américain Compton - Gamma Ray Observatory révèle, par hasard, l'existence de tels flashes gamma dans notre environnement. Le mécanisme d'émission, par accélération de faisceaux d'électrons, reste incertain. Seul indice : les flashes se produisent au-dessus des zones d'orages météo. Leur brièveté, de l'ordre de la milliseconde, les rend difficiles à discerner. Les meilleurs détecteurs de sursauts gamma actuels, tels le satellite Swift, sont trop lents. L'ensemble XGRE, lui, se composera de trois senseurs ultrarapides, constitués d'un sandwich de deux scintillateurs plastiques en enserrant un autre au bromure de lanthane (LaBr₃). Cette configuration permettra de distinguer photons et électrons. De la comparaison entre les différents comptages, on déduira la direction de propagation des particules : une information essentielle pour mieux comprendre la nature des mystérieuses bouffées d'énergie.

It is not by chance that the Taranis mission was named after the Gallic god of thunder and lightning. The task of this small satellite is to study the energy phenomena that take place during storms in the upper layers of the atmosphere. Thanks to its expertise in gamma-ray measurements, a team at the Astroparticle and Cosmology Laboratory (APC) has been called upon to build one of the six onboard measuring instruments.

At any given moment, two thousand storms are raging above our heads or throughout the world! The most violent of these set off transient luminous events that propagate



À PARTIR DE 2016, TARANIS scrutera les gigantesques éclairs qui surgissent des nuages vers l'espace. / Starting in 2016, Taranis will observe the giant flashes that reach outwards from clouds into space.
© CNES / D. Ducros

from the top of thunderclouds towards space, at an altitude of between 20 and 100 kilometres. Very little is known about them. The mission of the 150-kilogram CNES microsatellite, which will be launched by a Soyuz rocket from Kourou, is to observe these light phenomena over a two-year period. The project, started in December 2010, features the X, Gamma and Relativistic Electrons (XGRE) onboard experiment. XGRE integrates three detectors designed by the APC team that will measure the very short emissions of terrestrial gamma flashes coming from our planet's atmosphere.

Gamma-ray flashes

In the 1960s, astronomers discovered the most violent phenomena in the universe after the Big Bang: gamma-ray bursts. These short photon emissions, lasting only a few seconds, occur at random in the sky and come from far away in the cosmos. But it came as a surprise that they could also take place much closer to Earth. It was only in 1994 that a dedicated experiment aboard the American Compton Gamma Ray Observatory revealed by chance the existence of such gamma-ray flashes in our environment. The emission mechanism, by acceleration of electron beams, remains uncertain. The only clue: the flashes occur in areas above storms. Their very short duration, of the order of a millisecond, makes them difficult to detect. The best gamma-ray burst detectors available, such as the Swift satellite, are too slow. The XGRE will consist of three ultra-fast detectors, forming a sandwich of two plastic scintillators with a lanthanum bromide (LaBr₃) scintillator in the middle, a configuration that will enable to distinguish photons and electrons. By comparing the various counts, it will then be possible to deduce the particles' propagation direction: a crucial piece of information for a better understanding of the nature of these mysterious energy bursts.

Contact

François LEBRUN
Astronome
APC
+ 33 (0)1 57 27 60 97
lebrun@apc.univ-paris7.fr

CHAUD-FROID DANS LES AMAS DE GALAXIES

HOT AND COLD IN GALAXY CLUSTERS

Des filaments de gaz froid, riche en molécules, s'étendent autour de la galaxie elliptique géante qui trône au cœur de l'amas de Persée. C'est ce qu'a découvert un astronome du Laboratoire d'Étude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique - LERMA.

Cold gas filaments, rich in molecules, surround the giant elliptical galaxy at the centre of the Perseus cluster. They were discovered by an astronomer at the Laboratory for the Study of Radiation and Matter in Astrophysics (LERMA).

Les amas de galaxies constituent un milieu hostile. On sait depuis quatre décennies qu'ils contiennent du gaz chaud, dilué, porté à des millions de degrés et qui émettent d'intenses rayons X. Dans ce contexte, la découverte de gaz froid autour de la galaxie géante NGC 1275 qui règne au cœur de l'amas de Persée, à 250 millions d'années-lumière de la Terre, peut paraître difficile à expliquer... C'est pourtant ce qu'observent Philippe Salomé du LERMA et son équipe qui s'appuient sur des données acquises à l'aide de l'antenne de 30 mètres du Pico Veleta en Espagne puis avec les six paraboles de 15 mètres de l'interféromètre du plateau de Bure, dans les Alpes françaises. Ces travaux menés en collaboration avec l'Institut de Radioastronomie Millimétrique indiquent que le gaz froid s'étend sous forme de filaments jusqu'à des distances d'environ 160 000 années-lumière du centre de la galaxie. À elles seules, ces structures concentrent l'équivalent d'un milliard de masses solaires de matière.

Après la première détection en 1989 à l'aide de la grande antenne de 30 mètres, il aura fallu attendre une dizaine d'années et l'amélioration des performances des récepteurs pour que l'on puisse découvrir, autour de la galaxie, les filaments du gaz froid trahis par l'émission de la molécule de monoxyde de carbone CO. Le centre de l'amas a, ensuite, été cartographié en détail avec l'interféromètre de Bure afin de mesurer la taille des filaments et la vitesse du gaz. En 2010 par ailleurs, le télescope spatial infrarouge européen Herschel a confirmé la présence de gaz froid et de poussière dans un échantillon d'une dizaine de galaxies aux centres d'amas, dont celle du cœur de l'amas de Persée.

Mystérieux filaments

Reste à expliquer cette présence improbable dans un environnement ultrachaud. Les chercheurs explorent la question à l'aide de simulations numériques en tenant compte de l'intervention possible du noyau actif de la galaxie, lui-même alimenté par un trou noir géant. Dans ce contexte, la mise en service d'Atacama Large Millimeter Array - ALMA, un interféromètre international qui comprendra au final 66 antennes allant de 7 à 12 mètres de diamètre et qui pourra s'étendre sur 16 kilomètres de dimensions, est un moment très attendu. Cette étape a débuté à l'automne 2011, sur le plateau de Chajnantor, au Chili. Elle produira de grandes avancées en permettant de cartographier avec une bien plus grande précision et une bien meilleure sensibilité le mystérieux gaz froid du cœur des amas.

Galaxy clusters are a hostile environment. It has been known for four decades that they contain hot, diffuse gas at temperatures of millions of degrees and emitting intense X-rays. In such circumstances, the discovery of cold gas around the giant NGC 1275 galaxy at the centre of the Perseus cluster, 250 million light-years away, may appear difficult to explain. This is nonetheless precisely what Philippe Salomé at LERMA and his team have observed, using data from the 30-metre antenna at Pico Veleta in Spain, and later with the six 15-metre parabolic antennas of the Plateau de Bure interferometer, in the French Alps. Their work, carried out in collaboration with the Institut de Radioastronomie Millimétrique, indicates that cold gas filaments can be found at distances up to 160,000 light-years from the centre of the galaxy. The total mass of these structures is equivalent to one billion solar masses of matter.

After the first detection by the 30-metre antenna in 1989, some ten years went by before improvements in reception technology allowed the discovery of cold gas filaments around the galaxy, thanks to emissions from CO (carbon monoxide) molecules. The centre of the cluster was later mapped in detail with the Plateau de Bure interferometer in order to measure the filaments size and gas velocity. In addition, in 2010, the European Herschel infrared space telescope confirmed the presence of cold gas and dust in a sample of ten galaxies lying at the centre of clusters, including the one at the centre of the Perseus cluster.

Mysterious filaments

How can such an unlikely presence in an extremely hot environment be explained? LERMA scientists are studying the question with the help of numerical simulations, taking into account the possible effect of the galaxy's active core, fed by a giant black hole. In this context, the completion of the Atacama Large Millimeter Array (ALMA), an international interferometer with sixty-six 7 to 12-metre antennas spread over 16 kilometres, is eagerly awaited. This stage began in the fall 2011, on the Chajnantor plateau, in Chile. It promises to bring about important advances, as it will allow a more accurate and sensitive mapping of the mysterious cold gas at the centre of clusters.

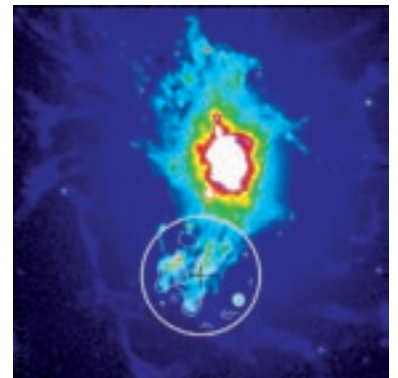


IMAGE OPTIQUE DES FILAMENTS dans la galaxie centrale de l'amas de Persée. Superposées (en blanc), les régions où le gaz moléculaire a été détecté par l'interféromètre du Plateau de Bure. / Optical image of the filaments in the galaxy at the centre of the Perseus cluster. Superimposed (in white), the regions where the molecular gas was detected by the Plateau de Bure interferometer. © Conselice et al. 2001



LE TÉLESCOPE HERSCHEL a détecté du carbone, de l'oxygène et de l'azote au sein des galaxies centrales d'amas. / The Herschel telescope detected carbon, oxygen, and nitrogen in several central cluster galaxies. © ESA - D. Ducros, 2009

Contact

Philippe SALOMÉ
Astronome-adjoint
LERMA
+33 (0)1 40 51 21 03
philippe.salome@obsppm.fr

LA GALAXIE DU BOUT-DU-MONDE

THE GALAXY AT THE EDGE OF THE UNIVERSE

C'est la galaxie la plus lointaine jamais vue et confirmée. Sa lumière a mis 13,1 milliards d'années à nous parvenir. Un record qui n'est pas prêt d'être détrôné, selon le chercheur du laboratoire Galaxies, Etoiles, Physique et Instrumentation - GEPI qui a piloté la découverte.

It is the most distant galaxy ever observed and confirmed. Light from it took 13.1 billion years to reach us. A record that will be hard to beat, according to the researcher at the Galaxies, Stars, Physics, and Instrumentation Laboratory (GEPI) who was the leading scientist behind its discovery.

Toujours plus loin ! Les astronomes n'en finissent pas d'affiner leurs instruments et de remonter le cours du temps : en quête des objets les plus éloignés, aux confins du cosmos observable. C'est une lueur rouge extrêmement ténue, dans la constellation

du Fourneau, repérée dès 2009 dans une photographie record du télescope spatial Hubble, qui les a mis sur la piste. Du coup, Matthew Lehnert chercheur CNRS au GEPI s'est allié avec ses confrères de l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay, du Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, de l'Université de Durham, du

Centre de technologie astronomique d'Édimbourg et de l'Université de Bristol (Royaume-Uni). Objectif : acquérir plus de 16 heures d'observations complémentaires avec l'un des quatre télescopes de 8 mètres du Very Large Telescope européen, au Chili. Au final, la source de la pâle lueur a pu être dûment authentifiée : une galaxie ultralointaine, baptisée du doux nom d'UDFy-38135539. « Le spectrographe à champ intégral utilisé a permis de mesurer avec précision la distance de l'astre. On l'aperçoit dans l'état où il se trouvait lorsque l'Univers était âgé de moins de 600 millions d'années », explique Matthew Lehnert.

Lointaine lueur du passé

Près de 13,1 milliards d'années. C'est donc le temps qu'il a fallu pour que la lumière de cette galaxie du bout-du-monde parvienne jusqu'à la Terre. À titre de comparaison, le big bang lui-même date de 13,7 milliards d'années. Avec d'UDFy-38135539, on remonte donc... 95,6 % de l'histoire du cosmos. L'étude des précieux photons reçus promet d'en révéler davantage sur l'époque primordiale de l'apparition des premières étoiles et galaxies. Ces dernières sont très difficiles à déceler. Elles sont petites et brillent faiblement du fait de la distance. En outre, l'expansion de l'espace rougit leur rayonnement. Enfin, moins d'un milliard d'années après sa naissance, l'Univers était opaque : rempli d'un brouillard d'hydrogène qui absorbait la lumière ultraviolette des étoiles. Une nouvelle étape s'ouvre. Avec cette découverte récente d'un ancêtre de la Voie lactée, les astronomes ont mis la main sur un témoins du passage de « l'âge sombre » à l'ère de la « transparence » ou de la « renaissance ». Pour Matt Lehnert, il sera délicat de faire mieux - détecter une galaxie plus éloignée - avant l'avènement du James Webb Space Telescope de la Nasa prévu en 2018 ou de l'Extremely Large Telescope de 39 mètres de diamètre et 1 milliard d'euros que les Européens installeront au Chili à l'horizon 2020.

Farther and farther away! Astronomers keep improving their instruments and travelling back in time in search of the most remote objects, those at the edge of the observable cosmos. It was an extremely faint red glow in the Fornax constellation, spotted in a 2009 record image from the Hubble Space Telescope, which put them on the track. As a result, Matthew Lehnert, a CNRS scientist at GEPI, teamed up with colleagues of the Institut d'Astrophysique Spatiale at Orsay, the Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, the University of Durham, the Astronomy Technology Centre in Edinburgh, and the University of Bristol (UK). They sought to obtain over 16 hours of additional observation time with one of the four 8-metre telescopes of the European Very Large Telescope in Chile. In the end, they succeeded in identifying the source of the faint glow: a very remote galaxy, which was given the less-than-appealing name UDFy-38135539. "The integral field spectrometer we used allowed us to accurately measure the distance to the galaxy. We see it as it appeared when the Universe was less than 600 million years old", explains Matthew Lehnert.

A glow from the distant past

It took some 13.1 billion years for the light from this galaxy at the edge of the Universe to reach the Earth. Since the Big Bang occurred 13.7 billion years ago, UDFy-38135539 has been around for 95.6 percent of the history of the cosmos. The study of the arriving photons promises to reveal new information about the early epoch in the life of the Universe, when the first stars and galaxies formed. The latter are small and dim due to their distance, and hence difficult to see. Besides, the expansion of space shifts their light towards the red. Furthermore, less than a billion years after its birth, the Universe was opaque, filled with a hydrogen fog that absorbed the ultraviolet light from stars. New possibilities open up. With the discovery of an ancestor of the Milky Way, astronomers now have a witness of the passage from the so-called Dark Ages to the age when the Universe became transparent. According to Matthew Lehnert, it will be difficult to do better—detecting a more remote galaxy—before the arrival of the Nasa James Webb Space Telescope in 2018, or the 39-metre, 1-billion-euro Extremely Large Telescope that Europeans will install in Chile around 2020.



La GALAXIE UDFY-38135539 : à 13,1 milliards d'années-lumière, dans la constellation du Fourneau. / Galaxy UDFy-38135539: 13.1 light-years away, in the Fornax constellation.

© ESA / Nasa HUDF09 / Observatoire de Paris

Contact

Matthew LEHNERT
Directeur de recherche CNRS
GEPI
+ 33 (0)1 45 07 76 11
Matthew.lehnert@obsppm.fr



Le VERY LARGE TELESCOPE, désert d'Atacama, Chili. / The Very Large Telescope, in the Atacama Desert, Chile.

© ESO / J. F. Salgado

CONNAISSEZ-VOUS PEURBACH ET REGIOMONTANUS ?

DO YOU KNOW PEURBACH AND REGIOMONTANUS?

Depuis sa création, le laboratoire Systèmes de Référence Temps-Espace SYRTE abrite une équipe d'historiens des sciences. Parmi eux, Michela Malpangotto, s'intéresse à deux astronomes injustement oubliés du XV^e siècle.

A team of historians of science is part of the Time-Space Reference Systems Department (SYRTE) since its creation. One of them, Michela Malpangotto, is presently studying the work of two fifteenth-century astronomers who are undeservedly forgotten.

Copernic, Galilée ou Kepler sont des astronomes connus. Aristote et Ptolémée tout autant. Mais avez-vous jamais entendu parler de l'Autrichien Georg Peurbach (1423-1461) et de l'Allemand Johannes Regiomontanus (1436-1476) ? Ils méritent pourtant notre considération, comme le montre l'historienne des sciences Michela Malpangotto, au SYRTE. Tous deux sont à l'origine d'un manuel d'astronomie, *Theoricae novae planetarum*, Nouvelles théories des planètes, qui a connu une cinquantaine d'éditions et rencontré un succès phénoménal pendant deux siècles. À l'origine, l'ouvrage est un cours donné en 1454 par Georg Peurbach à l'université de Vienne. Johannes Regiomontanus, alors auditeur, l'a pris en note. Puis souhaitant renouveler le savoir de son temps, l'élève l'a édité entre 1471 et 1473 - l'imprimerie venait d'être inventée. Si l'ouvrage connaît une telle diffusion, c'est qu'il revisite l'astronomie de Ptolémée et d'Aristote en l'adossant à la rigueur mathématique. De plus, « il donne une représentation réaliste à trois dimensions des sphères planétaires », explique Michela Malpangotto.

Précurseurs historiques méconnus

Certes, le lecteur ne trouvera là aucune trace de l'héliocentrisme défendu des décennies plus tard par Nicolas Copernic. Pourtant, Michela Malpangotto est convaincue que, pour atteindre une compréhension fondée de la révolution astronomique des XVI^e et XVII^e siècles, il convient de mieux étudier « l'humanisme mathématique » qui l'a préparée avec Peurbach et Regiomontanus. Les *Theoricae novae planetarum* sont parues durant une période de transition complexe où coexistaient le système culturel médiéval et le mouvement humaniste naissant. Ce dernier se caractérise par l'ouverture d'esprit et la volonté de revisiter les textes anciens. « Aujourd'hui encore, la littérature sur cet humanisme mathématique du XV^e siècle reste lacunaire. Trop peu de ses acteurs sont connus de façon approfondie », estime Michela Malpangotto.

Pour les besoins de l'étude, l'historienne a réalisé une archive électronique des sources anciennes qui comprend les diverses versions de l'ouvrage conservées dans les bibliothèques du monde entier. Un matériel vaste et varié, jamais exploré : manuscrits, incunables et éditions imprimées, enrichies de commentaires. En 2012, la *Revue d'histoire des sciences* publiera les premiers résultats de ce travail. Plus tard, une édition critique des *Theoricae novae planetarum* présentera le texte latin accompagné d'une introduction et d'une traduction française.

Copernicus, Galileo, and Kepler are well-known astronomers, just as are Aristotle and Ptolemy. But have you ever heard of the Austrian Georg Peurbach (1423-1461) or the German Johannes Regiomontanus (1436-1476)? And yet, they deserve to be known, as SYRTE's historian of science Michela Malpangotto shows. The two of them collaborated on the publication of a tremendously successful astronomy textbook, *Theoricae novae planetarum* (New Theories of the Planets): some fifty editions were printed over a period of two hundred years.

Originally, the work was a course given by Peurbach at the University of Vienna in 1454. Regiomontanus took notes of these lectures and some time later, seeking to renew the astronomical knowledge of his time, the student published the work between 1471 and 1473, in the early days of the printing press. The remarkable success of the book can be attributed to its original interpretation of Ptolemy's and Aristotle's astronomy based on it with rigorous mathematics. As a result, "it features a realistic three-dimensional representation of the planetary spheres", explains Michela Malpangotto.

Little-known historical forerunners

Surely, the reader will not find any trace of the heliocentric ideas supported by Nicolaus Copernicus decades later. Nevertheless, Michela Malpangotto believes that a thorough understanding of the astronomical revolution of the sixteenth and seventeenth centuries requires a serious study of the "mathematical humanism" which made it possible together with Peurbach and Regiomontanus. *Theoricae novae planetarum* appeared during a complex transition period in which the medieval cultural system and the budding humanistic movement coexisted. The latter was characterized by an openness of mind and the desire to revisit the ancient texts. "Even today, the literature on this fifteenth-century mathematical humanism remains sparse. Very few of those involved are properly known," says Malpangotto.

To carry out her study, the historian created an electronic archive of the various sources, in particular the different versions of the book kept in libraries all over the world. A huge and varied, still unexplored amount of information: manuscripts, incunabula, and printed editions, often with additional comments. In 2012, the *Revue d'histoire des sciences* will publish the first results of her work. This will be followed at a later date by a critical edition of *Theoricae novae planetarum* containing the Latin text, an introduction, and a French translation.



La première édition des *THEORICAE NOVAE PLANETARUM* est publiée en 1473 à Nuremberg. / The first edition of *Theoricae novae planetarum* was published in 1473 in Nuremberg. © Österreichische Nationalbibliothek



Assis à droite, REGIOMONTANUS dialogue avec un ancien, Ptolémée, conformément à la geste humaniste. / Regiomontanus, sitting on the right, discusses with an ancient authority, Ptolemy, in accordance with the humanist attitude.

© Bibliothèque / Observatoire de Paris

Contact

Michela MALPANGOTTO
Chargée de recherche CNRS
SYRTE
+33 (0)1 40 51 20 15
michela.malpangotto@obspm.fr

N CORPS : ET DE CINQ !

N-BODY PROBLEM: FIVE!

Le problème du mouvement d'un nombre quelconque « n » de corps matériels défie l'entendement des mathématiciens depuis près de trois siècles. Un chercheur de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides - IMCCE apporte sa pierre à l'édifice.

Determining the motion of a given number of material bodies, the so-called "n-body" problem, has defied mathematicians for nearly three centuries. A scientist at the Institute for Celestial Mechanics and Computation of Ephemerides (IMCCE) adds his contribution to this collective effort.

En science, il est des casse-têtes qui résistent des siècles. Des générations s'y frottent. Le problème du mouvement d'un nombre quelconque n de corps matériels en est un exemple emblématique. Isaac Newton (1642-1727) a, en effet, formulé les lois de la dynamique dès 1687. Depuis, la mécanique céleste adopte pour but de décrire la course des astres qui interagissent, à distance, sous l'effet de la gravitation et de leurs masses. La résolution reste valide et rigoureuse pour deux objets qui s'influencent mutuellement. Hélas les choses se gâtent vite dès que l'on considère 3, 4, voire 5 éléments. La diversité des trajectoires obtenues devient alors impossible à décrire avec les fonctions analytiques usuelles. Néanmoins : ne subsiste-t-il pas quelques orbites simples à exprimer ? Deux éminents mathématiciens du XVIII^e siècle, Leonhard Euler (1707-1783) et Joseph-Louis de Lagrange (1736-1813) en sont convaincus. Et ils ont raison ! Euler découvre le premier équilibre relatif d'une petite masse qui se déplace autour de deux objets principaux tournant l'un autour de l'autre. C'est une solution particulière du problème des 3 corps. Lagrange trouve toutes les configurations. Elles sont cinq : les fameux 5 points de Lagrange, qui s'appliquent si bien aux systèmes Soleil-Jupiter, Soleil-Terre ou Terre-Lune notamment.

L'un des défis du XXI^e siècle

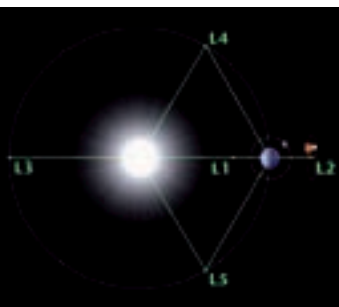
Mais quid du problème général d'un plus grand nombre d'objets : les n corps ? En 1918, l'astronome français Jean Chazy (1882-1955), futur membre du Bureau des longitudes et de l'académie des sciences, va plus loin. Il met le doigt sur une difficulté imprévue. Le défi se révèle immense. Si bien qu'en 1998, il figure en 6^e place dans la liste des 18 problèmes à résoudre pour le XXI^e siècle, selon l'Américain Stephen Smale. En 2004, nouvelle étape : une solution est apportée avec 4 corps. Puis, sur cette lancée, Alain Albouy de l'IMCCE et Vadim Kaloshin, de l'Université de Pennsylvanie (États-Unis), viennent aussi de fournir une réponse positive au cas des 5 corps : pour presque tout choix de masses, il existe un nombre fini de configurations d'équilibre. Ce résultat va paraître dans la revue *Annals of Mathematics*. Pour l'obtenir, les chercheurs ont fait appel à des méthodes originales et élégantes. Ils privilégient les calculs exacts aux simulations numériques. C'est donc une nouvelle contribution que l'équipe « astronomie et systèmes dynamiques » de l'IMCCE offre au problème des n corps. N'en doutons pas, il fera encore couler beaucoup d'encre...

In science, some puzzles remain unsolved for centuries, despite efforts of generations. The problem of determining the motion of n material bodies is an emblematic example of this. In 1687, Isaac Newton (1642-1727) formulated the laws of dynamics, after which celestial mechanics sought to describe the paths of celestial bodies interacting under the effect of gravity and their own masses. An exact solution was found for the case of two bodies interacting. However, things get messy when more bodies, 3, 4, or 5, enter the picture, as the various trajectories obtained become impossible to describe with the usual analytic functions. Nonetheless, it was considered possible that some simple orbits could be determined. Two celebrated eighteenth-century mathematicians, Leonhard Euler (1707-1783) and Joseph-Louis de Lagrange (1736-1813), so believed. And they were

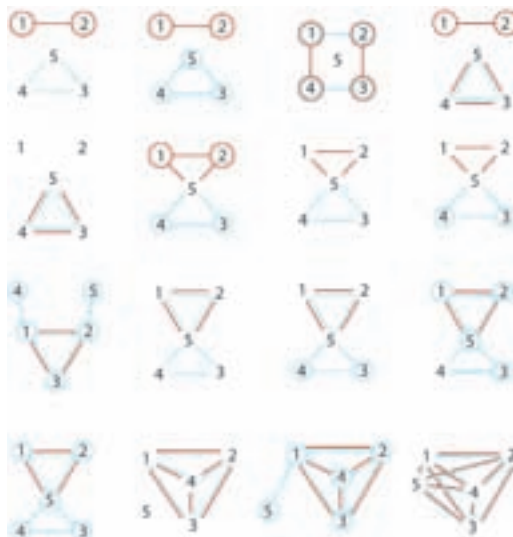
right! Euler discovered the first relative equilibrium of a small mass moving around two main bodies, one rotating around the other. It was a particular solution of the 3-body problem. Lagrange then found all possible configurations, the famous five Lagrange points, valid in particular for the Sun-Jupiter, Sun-Earth, and Earth-Moon systems.

One of the challenges of the 21st century

But what about the general n-body problem? In 1918, the French astronomer Jean Chazy (1882-1955), who would later join the Office of Longitudes and become a member of the Academy of Sciences, went further. He discovered an unexpected difficulty that posed a formidable challenge. So much so that, in 1998, it occupied the 6th place on the list of 18 problems for the 21st century compiled by the American mathematician Stephen Smale. In 2004, there is a new development: a solution is found for four bodies. In the wake of this result, Alain Albouy from IMCCE and Vadim Kaloshin, of the University of Pennsylvania (USA), have just come up with a positive answer for the 5-body case: for almost every choice of masses, there is only a finite number of equilibrium configurations. To obtain this result, which will appear in *Annals of Mathematics*, the authors resorted to some original and elegant methods. They favoured exact calculations over numerical simulations. It is a new contribution from IMCCE's Astronomy and Dynamical Systems team to the solution of the n-body problem, and about which much will undoubtedly be written.



LES CINQ POINTS DE LAGRANGE pour un satellite artificiel placé dans le système Soleil-Terre. / The five Lagrange points for an artificial satellite in the Sun-Earth system
© NASA / WMAP Science Team



Selon Alain Albouy et Vadim Kaloshin, CES 16 DIAGRAMMES représentent tous les cas de figure du problème à 5 corps. / According to Alain Albouy and Vadim Kaloshin, these 16 diagrams represent all possible cases of the 5-body problem.
© IMCCE / Observatoire de Paris

Contact

Alain ALBOUY
Chargé de recherche CNRS
IMCCE
+ 33 [0]1 40 51 21 26
alain.albouy@obspm.fr

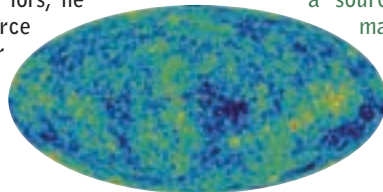
L'UNIVERS EN ÉQUATION !

THE UNIVERSE IN EQUATIONS

Comment faciliter l'apprentissage des mathématiques au niveau licence ? En jouant sur l'attractivité du ciel et... de l'astronomie. Tel est l'esprit du module didactique en ligne proposé par les professeurs de l'Unité Formation et Enseignement - UFE.

How to make learning mathematics at the *licence* level easier? By using the appeal of the sky and... astronomy. Such is the spirit of the online didactic module offered by UFE (Unité Formation et Enseignement) teachers.

Les mathématiques entretiennent avec l'astronomie des liens très anciens qui remontent à leurs origines. Ces deux sciences se sont développées de manière conjointe et enrichies mutuellement. Pourquoi dès lors, ne pas utiliser l'Univers comme source d'exemples concrets afin de soutenir l'apprentissage des maths ? Des enseignants de l'UFE et de l'Université Lille 1 sont convaincus qu'il s'agit d'un excellent moyen de renforcer l'attractivité de la discipline aux yeux des étudiants. Avec cette philosophie, ils ont donc décidé de proposer le module en ligne *L'astronomie dans l'apprentissage des mathématiques*.



LE FOND DIFFUS COSMOLOGIQUE : application en mathématiques des perturbations linéaires. / Cosmic microwave background: a mathematical application of linear perturbations. © NASA / WMAP

Mathematics and astronomy have always been closely related. Both sciences developed simultaneously and enhance each other. Thus, the idea of using the Universe as a source of concrete examples to support mathematics learning. Teachers at UFE and the University Lille 1 believe this to be an excellent way to increase the student interest. Bearing this in mind, they decided to offer the *Astronomy in Mathematics Learning* online module.

media4.obspm.fr/public/MPA

Des étoiles plein les yeux

« Nos premières réflexions ont démarré en 2008. Nous avons consacré la première année à déterminer le type de contenus que nous voulions construire. Nous avons alors choisi de suivre le programme de mathématique au niveau licence plutôt que d'adopter un plan spécifique qui suivrait les chapitres d'un module d'astrophysique », explique Alain Vienne, professeur à l'Université Lille 1, membre de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides - IMCCE, qui pilote ce projet à l'UFE. Le parti pris rend le contenu utilisable par les enseignants de mathématiques, public cible de l'équipe pédagogique. Depuis juin 2009, une soixantaine d'exercices leur étaient proposés dans la rubrique *Astrophysique sur mesure* du campus numérique de l'Observatoire de Paris. Le succès a été au rendez-vous : plus de 20 000 consultations enregistrées par mois !

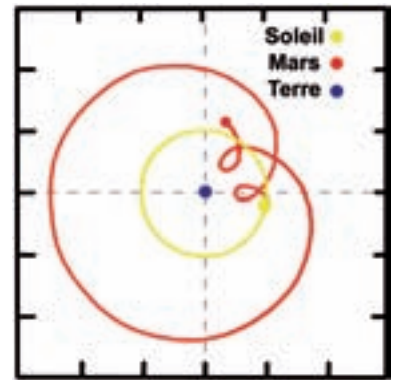
« Aujourd'hui, nous couvrons tout le programme L1. Au L3 en revanche, certains points d'algèbre étaient insuffisamment abordés », constate Alain Vienne. Durant l'été 2011, une mise à jour a donc enrichi encore les contenus. Elle porte à 80 le nombre d'exercices proposés. Initiative inédite en son genre, le module permettra, peut-être, de susciter des vocations d'astronomes chez les férus de raisonnements. Plus généralement, il met la théorie en pratique à travers des applications. Grâce à lui, les futurs chercheurs « travaillent avec des étoiles plein les yeux » !

L'astronomie dans l'apprentissage des Mathématiques
LENTILLE GRAVITATIONNELLE
 Auteur : Jérôme Thuillot
 Niveau : Niveau Licence
 L'effet de base de la relativité générale est que la matière, par sa masse, courbe l'espace. Ainsi, une planète orbitant autour d'une étoile s'est pas soumise à une force de gravitation mais circule librement sur un espace courbé par l'étoile. Il résulte que la lumière, bien que dépourvue de masse, est également déviée par la présence d'un corps massif. Si un corps massif se situe entre une galaxie lointaine et un observateur, celui-ci va donc diviser la lumière de la galaxie et déformer son image. C'est ce qu'on appelle une lentille gravitationnelle. Dans le cas où les trois objets sont parfaitement alignés, l'image de la galaxie se déforme pour former un anneau autour de la lentille appelé anneau d'Einstein. Le but de cet exercice est de déterminer les diamètres angulaires de cet anneau en fonction des caractéristiques du système (masse et distances).
 Lentille Gravitationnelle
 Lentille gravitationnelle : la déviation de la lumière par un fort potentiel gravitationnel (amas de galaxies M84+1154) conduit à de multiples images d'un objet situé derrière le centre de masse du déflecteur.

Eyes full of stars

"We first considered this approach in 2008. During the first year, we determined the type of content we wanted to

create. We then decided to follow the mathematics curriculum at the licence level, rather than adopting a specific plan based on the chapters of an astrophysics module", explains Alain Vienne, professor at the University Lille 1 and a member of the Institute for Celestial Mechanics and Computation of Ephemerides (IMCCE), who runs the project at UFE. The approach resulted in content that can be used by mathematics teachers, the pedagogical team's intended audience. Since June 2009, some sixty exercises are available to them in the *Astrophysique sur mesure* (Made-to-Measure Astrophysics) section of the Campus numérique of the *Observatoire de Paris*. It was a total success: over 20,000 visits per month! "At present, we



cover the entire L1 program. On the other hand, in L3, some topics in algebra were not fully covered," observes Vienne. During the summer of 2011, a revision was undertaken to improve the content even more. As a result, the number of exercises was increased to eighty. Who knows? Thanks to this innovative initiative, some logic enthusiasts might develop a vocation for astronomy. More generally, it demonstrates how theory is put into practice through applications. Thanks to this project, future researchers "are working with their eyes full of stars!"

© UFE / Bessou Fouchard

Contact

Alain VIENNE
 Professeur à l'Université Lille 1
 IMCCE
 +33 (0)1 40 51 22 74
 +33 (0)3 20 60 54 61
alain.vienne@obspm.fr

SOUTENANCES DE THÈSES

DEFENSE OF DOCTORAL DISSERTATIONS

L'Observatoire de Paris, sceau principal de l'École Doctorale « Astronomie et Astrophysique d'Île-de-France », accueille en moyenne une centaine de doctorants dans ses laboratoires de recherche. Figurent ici les thèses soutenues de janvier 2010 à janvier 2011.

The *Observatoire de Paris*, main host of the *Île-de-France* Astronomy and Astrophysics Doctoral School, counts some one hundred doctoral students in its research laboratories. The following defences took place from January 2010 to January 2011.

Lucia SEOANE, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 25/01/2010, SYRTE - Observatoire de Paris :

Interprétation géophysique du mouvement du pôle : apport des observations de géodésie spatiale, de météorologie, d'océanographie et d'hydrologie. / Geophysical interpretation of polar motion.

Recherches effectuées sous la direction de Daniel Gambis, et Christian Bizouard, SYRTE

Wassila ZERHOUNI, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 27/01/2010, SYRTE - Observatoire de Paris :

Système de référence et rotation terrestre : apport de la télémétrie Laser sur la Lune. / Reference system and terrestrial rotation: contribution of laser telemetry on the Moon.

Recherches effectuées sous la direction de Nicole Capitaine, SYRTE

Wei MIAO, thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 29/01/2010, LERMA - Observatoire de Paris :

Étude d'un mélangeur bolomètre à électron chaud pour application à un récepteur submillimétrique multipixel. / Investigation of hot electron bolometer mixers for submillimeter multi-pixel receiver applications.

Recherches effectuées sous la direction de Gérard Beaudin, LERMA et Sheng-Cai Shi, Purple Mountain Observatory

Benjamin GODARD, thèse de Doctorat de l'Université Paris 11, Orsay, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 10/02/2010, LERMA - Observatoire de Paris :

Structures dissipatives du milieu interstellaire : observations et modélisations. / Dissipative structures in the interstellar medium: observations and modelling.

Recherches effectuées sous la direction de Guillaume Pineau des Forêts et Edith Falgarone, LERMA

Natalia VALE ASARI, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris en cotutelle avec l'Université de Florianópolis (Brésil), École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 02/03/2010, LUTH - Observatoire de Paris :

Évolution chimique et histoire de la formation stellaire dans l'Univers local. / Chemical evolution and star formation history in the local Universe.

Recherches effectuées sous la direction de Grazyna Stasinska, LUTH et Roberto Cid Fernandez Jr., Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas

Davide PERNA, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris en cotutelle avec l'Université Tor Vergata (Rome), École doctorale Astronomie &

Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 08/03/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Propriétés physiques des astéroïdes cibles de la mission spatiale Rosetta, et des petits corps du Système Solaire externe. / Physical properties of asteroid targets of the Rosetta space mission, and of minor bodies of the outer Solar System.

Recherches effectuées sous la direction d'Antonella Barucci, LESIA et Elisabetta Dotto, Università degli Studi di Roma Tor Vergata, facoltà di scienze

Nesibe OZEL, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 08/03/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Pertinence des observables pour contraindre des modèles stellaires. / The importance of observables on constraining stellar models.

Recherches effectuées sous la direction d'Annie Baglin, LESIA et Marc-Antoine Dupret, Université de Liège

François FARAGO, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 08/04/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Quelques aspects de la dynamique des systèmes planétaires extrasolaires. / Aspects of the dynamics of extrasolar planetary system.

Recherches effectuées sous la direction de Jacques Laskar, IMCCE

Gwenaél BOUÉ, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 09/04/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Rotation à long terme des planètes : application au basculement d'Uranus. / Long term to rotation of planets: application to Uranus tilting.

Recherches effectuées sous la direction de Jacques Laskar, IMCCE

Erwan REFFET, thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot-Paris 7, Diderot, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 12/05/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Interaction surface-atmosphère en planétologie comparée : application à la formation des dunes. / Surface-atmosphere interaction in compared planetology: application to dune formation.

Recherches effectuées sous la direction de Marcello Fulchignoni, LESIA

Guillaume MORIN, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 09/06/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Calcul moulien et théorie des formes normales classiques et renormalisées. / Mould calculus and theory of usual and renormalized normal forms.

Recherches effectuées sous la direction de Jacky Cresson, IMCCE

Francesca E. DEMEO, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 16/06/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

La variation compositionnelle des petits corps à travers le système solaire. / The compositional variation of small bodies across the solar system.

Recherches effectuées sous la direction d'Antonella Barucci, LESIA et Richard P. Binzel, Massachusetts Institute of Technology, Department of earth, atmospheric and planetary sciences

Sébastien MERLET, thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 05/07/2010, LNE-SYRTE - Observatoire de Paris :

Détermination absolue de g dans le cadre de l'expérience de la balance de watt. / Absolute determination of g in the frame of the watt experiment.

Recherches effectuées sous la direction de Michel Diament, IPGP et Noël Dimarcq, SYRTE

Pierre HENRI, thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 08/07/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

De Vlasov à STEREO : au cœur de la physique des plasmas. / From Vlasov to STEREO: at the heart of plasma physics.

Recherches effectuées sous la direction de Carine Briand, LESIA et F. Califano, Università di Pisa

Gaëtan LE CHAT, thèse de Doctorat de l'Université Diderot - Paris 7, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 13/09/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Étude du vent solaire à grande échelle. / Large-scale study of solar wind.

Recherches effectuées sous la direction de Nicole Meyer-Vernet et Karine Issautier, LESIA

Sandrine GUERLET, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 16/09/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Température et composition de la stratosphère de Saturne à partir des données Cassini/CIRS. / Temperature and composition of Saturn's stratosphere from Cassini/CIRS data analysis.

Recherches effectuées sous la direction de Thierry Fouchet, LESIA

Bruno DA SILVA, thèse de Doctorat de l'Université d'Orléans, École Doctorale Sciences et Technologies, soutenue le 23/09/2010, USN - Station de radioastronomie de Nançay - Observatoire de Paris :

Conception sur silicium de convertisseurs analogique-numérique haut débit pour le radiotélescope SKA. / Design on silicon high speed analog-to-digital converters for the radio telescope SKA.

Recherches effectuées sous la direction de Nicole Cornilleau-Wehrlin, Station de radioastronomie de Nançay

Dan Alin NEDELCU, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 23/09/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Modélisation dynamique et spectroscopique des astéroïdes : applications aux géocroiseurs et aux cibles de missions spatiales. / Dynamical and spectral modelling of asteroids : applications for near-earth objects and space missions targets.

Recherches effectuées sous la direction de Mirel Birlan, IMCCE et Jean Souchay, SYRTE

Myryam ARNAL RODRIGUES, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris en cotutelle avec l'Université de Lisbonne, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 29/09/2010, GEPI - Observatoire de Paris :

Évolution des galaxies de masses intermédiaires jusqu'à $z \sim 0.7$ et étude des galaxies hôtes de Supernovae Ia. / Evolution of intermediate mass galaxies up to $z \sim 0.7$ and studies of Sbc hosts.

Recherches effectuées sous la direction de François Hammer, GEPI et Ana Maria Vergueiro Monteiro Cidade Mourão, Instituto Superior Técnico, Lisbonne

Guillaume DECERPRIT, thèse de Doctorat de l'Université Diderot - Paris 7, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 29/09/2010, APC :

Étude multi-messagers et phénoménologie des sources de rayons cosmiques ultra-énergétiques : l'éclairage de l'Observatoire Pierre Auger. / Multi-messenger study and phenomenology of ultra-energetic cosmic ray sources: lightning at the Observatoire Pierre Auger.

Recherches effectuées sous la direction de Etienne Parizot, APC

Sophie MASSON, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 04/10/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Les particules énergétiques solaires : études observationnelles et simulations magnétohydrodynamiques. / Solar energetic particles : observational studies and magneto-hydrodynamic simulation.

Recherches effectuées sous la direction de Karl-Ludwig Klein, LESIA

Rodney DELGADO SERRANO, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 06/10/2010, GEPI - Observatoire de Paris :

L'évolution de la séquence de Hubble : morpho-cinématique des galaxies distantes. / The evolution of Hubble Sequence : morpho-kinematics of distant galaxies.

Recherches effectuées sous la direction de François Hammer, GEPI

Álvaro SANTAMARÍA GÓMEZ, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 11/10/2010, LAREG - IGN :

Estimation des mouvements verticaux de l'écorce terrestre par GPS dans un repère géocentrique, dans le cadre du projet TIGA. / Estimation of crustal vertical movements with GPS in a geocentric frame, within the framework of the TIGA project.

Recherches effectuées sous la direction de Marie-Noëlle Bouin, LAREG et Guy Wöppelmann, Université de La Rochelle

Rami GASMI, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 11/10/2010, GEPI - Observatoire de Paris :

Étude et contrôle du comportement dynamique du grand miroir déformable de l'E-ELT. / Study and control of the dynamical behaviour of the wide deformable mirror of the E-ELT.

Recherches effectuées sous la direction de François Hammer, GEPI

Marie-Line GOBINDDASS, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 11/10/2010, IPGP :

Étude des erreurs systématiques liées à la détermination du géocentre par les mesures DORIS. / Systematic errors study linked to geocenter determination by DORIS measurements.

Recherches effectuées sous la direction de Pascal Willis et Michel Diament, IPGP

Sébastien DEHEUVELS, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 19/10/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Apports de la sismologie des étoiles F et G à l'étude des cœurs convectifs. / Seismology of F and G-type applied to the study of convective cores.

Recherches effectuées sous la direction d'Eric Michel, LESIA

Anand RAICHOOR, thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot - Paris 7, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 22/10/2010, GEPI - Observatoire de Paris :

Propriétés et évolution des galaxies de type précoce à $z \sim 1.3$. / Properties and evolution of early-type galaxies at $z \sim 1.3$.

Recherches effectuées sous la direction de Simona Mei, GEPI

Pierre INIZAN, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 18/11/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Dynamique fractionnaire pour le chaos hamiltonien. / Fractional dynamics for hamiltonian chaos.

Recherches effectuées sous la direction de Jacky Cresson, IMCCE

Cécile CAVET, thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot - Paris 7, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 19/11/2010, LUTH - Observatoire de Paris :

Étude numérique de l'instabilité de Vishniac dans les restes de supernovae. / Numerical study of the Vishniac instability in supernovae remnants.

Recherches effectuées sous la direction de Claire Michaut, LUTH

Yan QU, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 25/11/2010, GEPI - Observatoire de Paris :

L'évolution du moment angulaire et l'impact des fusions mineures sur les galaxies à disques. / Angular momentum evolution and the impact of minor mergers on disk galaxies.

Recherches effectuées sous la direction de Matthew Lehnert, GEPI

Petr KUCHYNKA, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 03/12/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Étude de perturbations induites par les astéroïdes sur les mouvements des planètes et des sondes spatiales autour du point de Lagrange L2. / A study of the perturbations induced by asteroids on planetary movements and on trajectories of spacecraft in the vicinity of the Lagrangian point L2.

Recherches effectuées sous la direction de Jacques Laskar et Agnès Fienga, IMCCE

Yannick BOISSEL, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 13/12/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Exploration de la ceinture de Kuiper par occultation stellaires. / Exploring the Kuiper belt using stellar occultations.

Recherches effectuées sous la direction de Françoise Roques et Bruno Sicardy, LESIA

Bérengère ARGENCE, thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot - Paris 7, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 13/12/2010, APC :

Stabilisation de fréquence d'un laser Nd:YAG sur une transition de la molécule de di-iodé (I₂) pour la mission spatiale LISA. / Frequency stabilisation of a Nd:YAG laser using a diiodine (I₂) molecule transition for the LISA space mission.

Recherches effectuées sous la direction d'Eric Plagnol, APC

Alberto CORNIA, thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot - Paris 7 - Diderot, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 13/12/2010, LESIA - Observatoire de Paris :

Traitement d'images différentielles à haut contraste pour la détection de planètes extrasolaires. / High-contrast differential image processing for extrasolar planet detection.

Recherches effectuées sous la direction de Gérard Rousset, LESIA

Julien FROUARD, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 14/12/2010, IMCCE - Observatoire de Paris :

Dynamique et stabilité des satellites irréguliers de Jupiter. / Dynamics and stability of the Jovian irregular satellites.

Recherches effectuées sous la direction de Marc Fouchard et Alain Vienne, IMCCE

Vincent MARANDON, thèse de Doctorat de l'Université Paris Diderot - Paris 7 - Diderot, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 14/12/2010, APC - Observatoire de Paris :

Nébuleuses de pulsars : sondage profond de la Galaxie au TeV et études multi-longueurs d'onde. / Pulsar wind nebulae: deep TeV galactic survey and multiwavelength studies.

Recherches effectuées sous la direction de Arache Djannati-Ataï et Régis Terrier, APC

Arnaud POLLET, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 06/01/2011, SYRTE - Observatoire de Paris :

Combinaison des techniques de géodésie spatiale : contributions aux réalisations des systèmes de référence et à la détermination de la rotation de la Terre. / Contributions to the realizations of reference frames and the determination of the Earth rotation.

Recherches effectuées sous la direction de Nicole Capitaine, SYRTE et David Coulot, LAREG de l'IGN

Hervé MANCHE, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, École doctorale Astronomie & Astrophysique d'Île-de-France, soutenue le 12/01/2011, IMCCE - Observatoire de Paris :

Elaboration de l'éphéméride INPOP : modèle dynamique et ajustements aux données de télémétrie Laser Lune. / Construction of the INPOP ephemeris: dynamical model and adjustments to Lunar Laser Ranging data.

Recherches effectuées sous la direction de Jacques Laskar et Agnès Fienga, IMCCE

COLLOQUES ET RENCONTRES SCIENTIFIQUES

SCIENTIFIC MEETINGS AND COLLOQUIA

La confrontation des idées est l'un des moteurs de la science. Toute rencontre est profitable : entre chercheurs ou avec le monde industriel...

Confrontation of ideas is one of the driving forces in science. Every meeting is profitable: whether it is among researchers or with industry.



► ELBERETH - 29 NOVEMBRE-2 DÉCEMBRE 2011

Près de 140 d'étudiants ont présenté plus de 70 contributions orales lors de cette conférence annuelle organisée par des doctorants et soutenue par l'École doctorale d'astronomie et d'astrophysique en Île-de-France. Elle était ouverte à tous les doctorants qui effectuent leurs recherches en sciences de l'Univers au sein de la vingtaine de laboratoires affiliés, dont ceux de l'Observatoire de Paris. L'objectif de la rencontre organisée à l'Institut d'Astrophysique de Paris était de faire découvrir et partager les différents thèmes de travail.

Contact : elbereth2011.obspm@gmail.com

Site : elbereth2011.obspm.fr

ELBERETH - 29 NOVEMBER - 2 DECEMBER 2011

Some 140 students presented more than 70 oral contributions at this annual meeting organized by doctoral students and supported by the Île-de-France Astronomy and Astrophysics Doctoral School. It was open to all students who carry out research in sciences of the Universe at one of the twenty affiliated laboratories, including those of the *Observatoire de Paris*. The purpose of the meeting, which took place at the *Institut d'Astrophysique de Paris*, was to make known and share the various research topics.



► ASTROPHYSIQUE DE LABORATOIRE - 26-30 SEPTEMBRE 2011

La première conférence européenne sur l'astrophysique de laboratoire s'est déroulée à Paris, République, du 26 au 30 septembre 2011. Les scientifiques y ont partagé leurs expertises, défis et avancées. L'expérimentation est un domaine qui tire bénéfice de l'exploration spatiale, de l'observation avec les télescopes au sol, ainsi que des sources de rayonnement synchrotron, des lasers de puissance ou de la spectrométrie de masse.

Contact : Chantal Stehlé, LERMA, chantal.stehle@obspm.fr

LABORATORY ASTROPHYSICS - 26-30 SEPTEMBER 2011

The first European Conference on Laboratory Astrophysics (ECLA) took place in Paris, République, from 26 to 30 September 2011. Scientists shared their expertise, challenges, and advances. Experimentation is a field that benefits from space exploration and observation with ground-based telescopes, as well as from synchrotron radiation, power lasers, and mass spectrometry.



► ADAPTATIVE OPTICS FOR EXTREMELY LARGE TELESCOPES - 25-30 SEPTEMBRE 2011

La conférence A04ELT2, à Victoria (Canada), a été coorganisée par le laboratoire LESIA de l'Observatoire de Paris. Elle a offert l'opportunité de passer en revue le statut des différentes études d'optique adaptative, d'explorer tous les aspects de recherche et de développement technologique pour les futurs télescopes extrêmement grands. Cela passe par les spécifications astrophysiques jusqu'aux composants optiques. Cette deuxième édition faisait suite à une première conférence tenue en juin 2009 à Paris.

Contact : Yann Clénet, yann.clenet@obspm.fr

ADAPTIVE OPTICS FOR EXTREMELY LARGE TELESCOPES - 25-30 SEPTEMBER 2011

The A04ELT2 conference in Victoria (Canada), co-organized by LESIA laboratory of the *Observatoire de Paris*, was an opportunity to review the current status of various adaptive optics studies, and to explore all aspects of research and technological development for future extremely large telescopes, from astrophysical specifications to optical components. This second edition was the continuation of the first conference held in June 2009 in Paris.

► LES JOURNÉES « SYSTÈMES DE RÉFÉRENCES SPATIO-TEMPORELS » - 19-21 SEPTEMBRE 2011

Ce 21^e rendez-vous du forum international de discussion sur les systèmes de référence spatio-temporels s'est tenu à Vienne, Autriche. Il s'est focalisé sur : les récents développements en astronomie fondamentale, le temps et la relativité, les programmes pour les générations futures des systèmes de référence temps-espace locaux et astronomiques, la rotation de la Terre et la géodynamique, la mécanique du Système solaire, les observations spatiales et les missions dédiées à la géodésie et à l'astronomie.

Contact : Nicole Capitaine, SYRTE, nicole.capitaine@obspm.fr

Plus d'info / Further information: info.tuwien.ac.at/hg/meetings/journees11/index.html

“SPACE-TIME REFERENCE SYSTEMS” DAYS - 19-21 SEPTEMBER 2011

The 21st meeting of this international discussion forum on space-time reference systems was held in Vienna, Austria. It focused on recent developments in fundamental astronomy, time and relativity, programs on local and astronomical space-time reference systems for future generations, Earth rotation and geodynamics, Solar System mechanics, space observations, and missions devoted to geodesy and astronomy.

► **COLLOQUE DE COSMOLOGIE DANIEL CHALONGE - 20-22 JUILLET 2011**

Ce 15^e colloque de cosmologie s'est tenu à l'Observatoire de Paris, dans le bâtiment Perrault, en présence des deux détenteurs du prix Nobel de physique 2006 George Smoot et John Mather. Thème : la matière noire tiède dans le modèle standard de l'Univers. Deux expositions ont été présentées : vingt années d'activité de l'école Daniel Chalonge et les observatoires de haute montagne.

Contact : Norma Sanchez, LERMA, norma.sanchez@obspm.fr

► **JOURNÉES SF2A, SEMAINE DE L'ASTROPHYSIQUE - 20-23 JUIN 2011**

Organisée en partenariat avec l'Observatoire de Paris, la semaine de la Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique SF2A s'est tenue au Foyer International d'Accueil de Paris - Jean Monnet, avec comme invité d'honneur la Société espagnole d'astronomie. Annie Baglin du LESIA a donné une conférence grand public intitulée : « Du cœur des étoiles aux petites planètes - Quelques résultats de la mission CoRoT ». L'an prochain, les journées de l'astrophysique française auront lieu du 4 au 7 juin à Nice.

Contacts : Réza Samadi, reza.samadi@obspm.fr, Daniel Rouan, daniel.rouan@obspm.fr

► **ATELIER DANIEL CHALONGE - 8-10 JUIN 2011**

Organisée par des chercheurs de l'Observatoire de Paris, cette réunion s'est tenue au centre international d'ateliers scientifiques du site de Meudon. Durant trois jours les participants ont abordé les progrès de la compréhension de la matière noire astrophysique.

► **JOURNÉE DES TECHNOLOGIES DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS - 29 MARS 2011**

Cette deuxième édition du rendez-vous organisé par l'Observatoire de Paris en partenariat avec Opticsvalley a permis de présenter le savoir-faire de l'établissement à une soixantaine d'industriels. Elle s'est tenue sur le site de Meudon et était dédiée à l'informatique et au logiciel. On y a découvert des avancées de physique, des projets spatiaux, ainsi que des représentations 3D de la Galaxie ou du Système solaire.

Contact : Laurent Mallet, service relations contractuelles et valorisation, laurent.mallet@obspm.fr

► **GÉODÉSIE SPATIALE - 17 FÉVRIER 2011**

Le **Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale** a fêté ses 40 ans dans la salle Cassini de l'Observatoire de Paris. Plus de 120 chercheurs, ingénieurs, experts, ou utilisateurs de cette discipline se sont réunis afin de dresser un bilan aux perspectives prometteuses. En France, l'activité fédère dix équipes de recherche appartenant à des institutions nationales.

Contact : Daniel Gambis, SYRTE, daniel.gambis@obspm.fr

► **ÉCOLE HAUTE RÉOLUTION ANGULAIRE - 1-5 NOVEMBRE 2010**

Organisée par l'école doctorale d'astronomie et d'astrophysique d'Île-de-France, cette formation consacrée à la haute résolution angulaire s'est tenue du 1^{er} au 5 novembre 2010 sur le site de Meudon de l'Observatoire de Paris et au Centre international d'études pédagogiques de Sèvres. Réunissant 32 participants de plusieurs continents, elle a permis d'aborder de manière théorique et pratique les techniques d'optique adaptative, d'imagerie très haute dynamique et d'interférométrie.

Contact : Guy Perrin, LESIA, guy.perrin@obspm.fr

Plus d'info / Further information: ufe.obspm.fr/rubrique256.html

DANIEL CHALONGE COSMOLOGY COLLOQUIUM - 20-22 JULY 2011

This 15th cosmology colloquium was held at the Perrault Building of the *Observatoire de Paris*. Two recipients of the 2006 Nobel Prize for Physics were present: George Smoot and John Mather. The subject was "From cold dark matter to warm dark matter in the standard model of the Universe". Two exhibitions were presented: Twenty years of activity of the Daniel Chalonge School and high-mountain observatories.

SF2A DAYS, ASTROPHYSICS WEEK - 20-23 JUNE 2011

Organized in partnership with the *Observatoire de Paris*, the French Society for Astronomy and Astrophysics (SF2A) week was held at the *Foyer International d'Accueil de Paris - Jean Monnet*, with the Spanish Astronomy Society as the guest of honour. Annie Baglin, from LESIA, gave a lecture for the general public entitled "From the centre of stars to small planets - Some results from the CoRoT mission." Next year, the French Astrophysical Days will take place from 4 to 7 June in Nice.

DANIEL CHALONGE WORKSHOP - 8-10 JUNE 2011

Organized by researchers from the *Observatoire de Paris*, the meeting took place at the Meudon site international centre for scientific workshops. Participants at the three-day event discussed advances in the understanding of astrophysical dark matter.

TECHNOLOGY DAY AT THE OBSERVATOIRE DE PARIS - 29 MARCH 2011

This second edition of the event, organized by the *Observatoire de Paris* in partnership with Opticsvalley, was an opportunity to display the expertise of the institution. Some sixty industry representatives were present. Held at the Meudon site, it was devoted to computer science and software. It featured advances in physics, space projects, and 3-D representations of our galaxy and the Solar System.

SPACE GEODESY - 17 FEBRUARY 2011

The **Space Geodesy Research Group** celebrated its 40 years of existence in the Cassini hall of the *Observatoire de Paris*. Over 120 researchers, engineers, experts, and users of the discipline gathered to assess promising achievements. In France, this activity includes ten research teams at various national institutions.

INTERNATIONAL YOUNG ASTRONOMER SCHOOL ON HIGH ANGULAR RESOLUTION TECHNIQUES - 1-5 NOVEMBER 2010

Organized by the Île-de-France Astronomy and Astrophysics Doctoral School, this course devoted to high angular resolution was held from 1st to 5 November 2010 at the Meudon site of the *Observatoire de Paris* and the Sèvres International Centre for Pedagogical Studies. It was attended by 32 participants from several continents. The course covered the theory and practice of adaptive optics, very high dynamics imagery, and interferometry techniques.



PUBLICATIONS

Les chercheurs de l'Observatoire de Paris publient de nombreux livres. Ils participent à des films et des œuvres multimédia. Lecteur jeune, averti ou simple curieux : il y en a pour tous les goûts !

► PUBLIC AVERTI



Relativité restreinte, Des particules à l'astrophysique par Éricourgoulhon, directeur de recherche CNRS à l'Observatoire de Paris

La relativité restreinte est à la base de nombreux domaines de la physique moderne : particules, théorie quantique des champs, astrophysique des hautes énergies... Cet ouvrage en présente une introduction géométrique, d'emblée en quatre dimensions. Richement illustré et agrémenté de notes historiques, il fait la part belle aux applications : des accélérateurs de particules aux noyaux actifs de galaxies, en passant par des gyromètres, synchrotrons ou GPS. Le livre s'adresse aux étudiants en dernière année de licence ou en master, aux chercheurs et à toute autre personne intéressée. Sa lecture prépare l'apprentissage de la relativité générale d'Einstein.

EDP Sciences/CNRS Editions, août 2010, 776 pages, 69 €

Guide des données astronomiques 2012 pour l'observation du ciel

Destiné aux astronomes professionnels ou amateurs, ce guide fournit des éphémérides des corps du Système solaire, des cartes du ciel, les positions et occultations d'étoiles... Les notions nécessaires à la compréhension sont expliquées. Les données sur les calendriers et leur concordance, les fêtes légales en France, les échelles de temps, les dates de décrets sur les heures légales complètent l'ensemble. L'ouvrage élaboré par l'Institut de Mécanique Céleste et Calcul des Ephémérides - IMCCE est publié sous responsabilité du Bureau des longitudes.

Coédition IMCCE - EDP Sciences, novembre 2011, 400 pages, 30 €



Éphémérides astronomiques 2012, connaissance des temps

Destiné aux astronomes, professeurs et étudiants, cet ouvrage de référence contient des éphémérides complètes sous forme de tableaux. Il donne l'état des connaissances sur les constantes astronomiques fondamentales, les échelles de temps, les systèmes de référence, la rotation de la Terre, les changements de coordonnées. Il s'agit de la plus ancienne publication du genre - 334^e édition - au monde : créée en 1679 et sous responsabilité du Bureau des longitudes depuis 1795. Un logiciel de calcul d'éphémérides est fourni avec le livre.

Coédition IMCCE - EDP Sciences, janvier 2012, 364 pages, 38 €

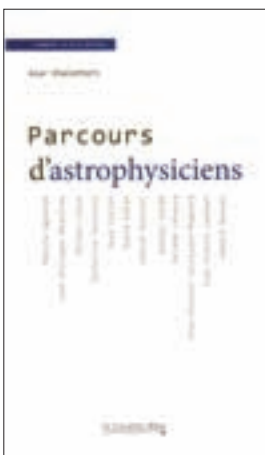
► TOUT PUBLIC



Passeport pour les deux infinis, en partenariat avec le CNRS, le CEA, l'Université Paris-Diderot, l'Observatoire de Paris et Physique des deux infinis

Où commence l'infiniment grand ? Où s'achève l'infiniment petit ? Les chercheurs ont identifié le rayonnement fossile émis il y a 13,7 milliards d'années aux origines de l'Univers. À l'opposé, le modèle standard de la physique repose sur 12 particules élémentaires et trois forces qui décrivent la constitution intime de la matière. Tandis que les outils d'observation se font plus précis, la nécessité d'établir des passerelles entre infiniement grand et petit devient peu à peu pressante. Les plus grands spécialistes présentent un panorama des connaissances à la découverte des deux infinis.

Dunod, septembre 2010, 192 pages, 15 €



Les planètes, les nôtres et les autres, de Thérèse Encrenaz, directrice de recherche CNRS à l'Observatoire de Paris

Qu'est-ce qu'une planète ? La définition de ces objets tournant autour de notre étoile, le Soleil, n'a cessé d'évoluer au fil des siècles et leur nombre de fluctuer au cours des découvertes. L'ouvrage caractérise les planètes du Système solaire, dans leur globalité et leur spécificité. Puis ces connaissances sont utilisées pour tenter d'imaginer la nature des exoplanètes à partir des quelques informations dont nous disposons sur ces mondes lointains qui tournent autour d'autres étoiles. En ligne de mire : la question fondamentale de l'existence d'une éventuelle vie extraterrestre.

EDP Sciences, avril 2010, 187 pages, 21 €

Parcours d'astrophysiciens, avec notamment Suzy Collin, Daniel Gautier et Jean-Pierre Luminet, chercheurs à l'Observatoire de Paris

Onze astrophysiciens - dont Suzy Collin, Daniel Gautier et Jean-Pierre Luminet chercheurs à l'Observatoire de Paris - s'expriment sur leur cursus et leur vocation. Le ciel et le firmament ont l'apanage de l'universel. Du coup, l'astronomie accueille une diversité de personnalités : insatisfaits, révolutionnaires, sages et curieux. Les voici présentées dans cet ouvrage écrit par Azar Khalatbari, docteur et journaliste à Sciences & Avenir. De quoi donner des idées aux jeunes qui se passionnent pour le cosmos.

Le Cavalier Bleu, mars 2011, 202 pages, 18 €

► JEUNESSE



C'est comment la station spatiale ? d'Alain Doressoundiram, astronome à l'Observatoire de Paris

Pour ses 5 ans, Clément se rend avec son papa à l'Agence spatiale européenne. Car Alain, l'oncle, souhaite leur faire découvrir son travail dans la station spatiale internationale. Devant les images que montre Alain, Clément rêve qu'il devient astronaute. Grâce à des claps à soulever, l'enfant découvre le quotidien des hommes et des femmes qui vivent et travaillent à 400 kilomètres d'altitude au-dessus de nos têtes.

Belin, Savoirs juniors, juin 2010, 10 pages, 6,90 €

Seuls dans l'immensité du cosmos ?

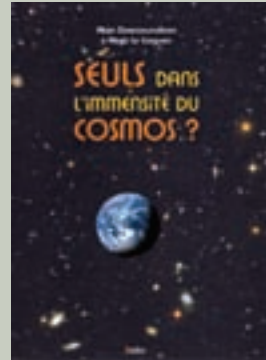
d'Alain Doressoundiram, astronome, et Régis

Le Cocguen, technicien, à l'Observatoire de Paris

Sommes-nous seuls dans l'immensité du cosmos ? La question hante l'humanité. Nombre de chercheurs

traquent la présence de traces de vie dans l'Univers. Ils pensent qu'elle est apparue sur Terre à partir des éléments présents. Mais elle a aussi pu se forger à partir du bombardement des comètes venues de l'espace. Si l'origine de la vie est bien telle que nous la connaissons, elle a pu se développer ailleurs dans notre galaxie, la Voie lactée, autour de l'une de ses innombrables étoiles, ou dans une autre galaxie parmi la centaine de milliards qui peuplent l'Univers.

Belin, Savoirs juniors, mars 2011, 48 pages, 13,50 €



► MULTIMÉDIA



Des métiers pour une « manip ». DVD de 52 minutes réalisé par Philippe Claire sur l'initiative de Bertrand Flouret, correspondant communication et observateur à l'Observatoire de Paris

Au fil des métiers - de chercheurs, ingénieurs, techniciens et agents administratifs - mis en œuvre, le spectateur découvre les coulisses de la réalisation d'une expérience « manip » de recherche. Au travers d'une dizaine de portraits, toutes les étapes de la mise en place des antennes du nouveau radiotélescope Low Frequency Array LOFAR sont présentées. C'est également l'occasion de découvrir le quotidien d'un des plus vastes centres d'observation qu'est la station de radioastronomie de Nançay.

Producteur exécutif : Prospective image. Producteurs : station de radioastronomie de Nançay et Centre sciences. Avec le soutien du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du conseil régional du Centre, du conseil général du Cher, de l'Observatoire de Paris, de l'Observatoire des sciences de l'Univers en région Centre.

Disponible gratuitement auprès de Centre Sciences Orléans, 02 38 77 11 06, centre.sciences@wanadoo.fr

> Interviews et clips en ligne :

www.centre-sciences.org/Ressources/ClipsMetiers



VIRTIS, a space instrument, co-production LESIA, Institut national d'astrophysique, Agence spatiale italienne

Ce DVD retrace l'histoire de l'instrument Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer VIRTIS, spectromètre embarqué à bord de la sonde spatiale Rosetta. Ce projet audacieux vise à sonder le noyau d'une comète pour mieux comprendre le mécanisme de formation de sa majestueuse queue. Il rassemble de nombreuses équipes européennes, en Italie, Allemagne et France, mais aussi aux États-Unis.

Réalisateur : Maarten Roos

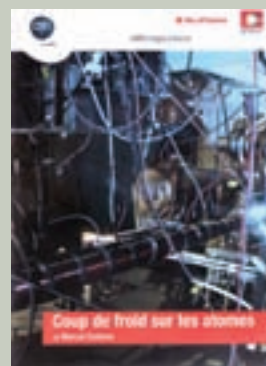
> Voir en ligne : www.vimeo.com/13074249

Coup de froid sur les atomes, DVD de 25 minutes produit par CNRS images avec la contribution de l'Institut Francilien de Recherche sur les Atomes Froids et du laboratoire Systèmes de Référence Temps-Espace SYRTE de l'Observatoire de Paris. Les deux films qui composent ce DVD expliquent de façon ludique ce que sont les atomes froids et leur application à l'horloge atomique. Dans *Froid devant !*, Alain Aspect, chercheur à l'Institut d'Optique de Palaiseau, précise comment la lumière sert à ralentir les atomes, puis à les refroidir et les piéger au sein de petits nuages de gaz ultrafroid. À *l'heure des atomes froids* montre que les sous-sols de l'Observatoire de Paris hébergent certaines horloges les plus précises du monde. Pierre Lemonde, chercheur au SYRTE, indique qu'elles ont révolutionné la mesure du temps.

CNRS Image, 2011

15 € pour un usage privé, 35 € pour un usage institutionnel

Commande sur videotheque.cnrs.fr



L'AGENDA ASTRONOMIQUE

UN CADEAU INDISPENSABLE POUR 2012 !

Agenda
Astronomique
2012

Un agenda unique en son genre

Découvrez le ciel jusqu'à ces lointaines galaxies aux mille couleurs, abordez les progrès scientifiques qui ont permis de dévoiler les mystères de l'Univers, retrouvez ces hommes et ces femmes qui ont repoussé les limites de la connaissance. Vous découvrirez aussi cette année les dernières avancées en matière de radioastronomie.

Disponible dès maintenant
sur le site de l'éditeur
www.edition-sciences.com

Prix conseillé 15€
Format 15x21, 180 pages couleur
Éditeur EDP Sciences
ISBN : 978-2-7598-0680-5

l'Observatoire
de Paris

IMCCE