



Les Amis du Campus d'Orsay

N° 16
Avril 2009

A l'occasion de l'Année Mondiale de l'Astronomie (AMA09), nous avons rencontré Louis d'Hendecourt, directeur de recherche au CNRS, appartenant à l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay, et chargé de communication à cet institut. Il a eu la grande gentillesse de nous proposer un article pour présenter son laboratoire. C'est à cet article que ce bulletin est en majorité consacré.

Cet entretien nous a donné envie d'en savoir plus sur certains domaines d'étude de ce laboratoire. Aussi lui avons-nous demandé s'il accepterait de donner une conférence sur l'un des sujets qu'il avait évoqués avec nous. Nous avons retenu avec lui l'idée du « Big-Bang », l'événement fondateur de notre univers. Il donnera donc une conférence sur ce sujet à Orsay, dans la salle de la Bouvêche le mardi 26 mai, à 20 heures 30.

C'est avec grand plaisir que nous le remercions pour son agréable collaboration, pour son article et les magnifiques photos qui l'accompagnent. Et, à l'avance, de ce qu'il nous fera découvrir lors de sa conférence.

L'Institut d'Astrophysique Spatiale : portes ouvertes sur l'Univers

Le bâtiment 121 du campus d'Orsay abrite l'un des plus grands laboratoires spatiaux européens, l'Institut d'Astrophysique Spatiale où travaillent près de 160 personnes, chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens, personnels administratifs ainsi que de nombreux doctorants et post-doctorants. Le nom de cet institut porte en lui toute l'évolution de l'astronomie de l'ère moderne : de la description de l'univers observable que constituent les planètes du Système Solaire et les étoiles de notre Galaxie, l'astronomie s'est enrichie des connaissances de la physique pour donner naissance à l'astrophysique qui cherche, à partir de lois établies, à expliquer les phénomènes observés et à comprendre l'ensemble du monde qui nous entoure. L'adjectif « spatial » accolé au nom de l'institut traduit une évolution plus récente, celle liée au développement de l'accès à l'espace qui a permis, à l'aide de satellites, de plates-formes d'observation et de sondes interplanétaires, l'accès à tout un ensemble de phénomènes dont la compréhension globale est le but même de cet institut.

La grande originalité et la cohérence de ce laboratoire sont liées au développement d'instruments sophistiqués

qui sont embarqués sur des satellites astronomiques ou des sondes spatiales « in-situ », par exemple, à destination de planètes, pour en déterminer les paramètres fondamentaux tels que leurs températures de surface, la composition chimique de leurs atmosphères ou de leurs intérieurs et tenter progressivement de comprendre leur évolution et les caractéristiques générales des systèmes planétaires. L'exemple donné par notre Système Solaire, le seul connu à ce jour pour abriter la vie...sur notre si particulière planète, la Terre, constitue un indiscutable point de référence pour l'étude future des systèmes exoplanétaires. Mais bien d'autres sujets intéressent les chercheurs de l'IAS, permettant ainsi de former un corpus remarquablement pluridisciplinaire à l'intérieur de la thématique générale de l'astrophysique. Les activités scientifiques sont regroupées en quatre équipes de tailles inégales mais qui se spécialisent dans l'étude de sujets différents et qui constituent une approche globale de l'étude de l'univers. Par ailleurs l'IAS dispose d'importants services techniques avec en particulier une station d'étalonnage des instruments en ambiance spatiale, dans le bâtiment 120, un moyen de tests d'accès national et européen, unique en Europe.

Matière interstellaire et cosmologie

L'évolution de l'univers constitue un tout. La cosmologie observationnelle étudie les premiers instants de sa formation, connue sous le terme générique de « Big-Bang ». Depuis la première moitié du XX^{ème} siècle, la découverte de la fuite des galaxies lointaines a posé le problème de l'expansion de l'univers observable et a permis de montrer que celui-ci provient d'un point infiniment petit, appelé singularité en mathématiques. L'univers est ainsi daté, provenant d'une explosion gigantesque il y a 13,7 milliards d'années et toutes ses caractéristiques actuelles découlent, en quelque sorte des paramètres physiques du Big-Bang et des premières « minutes » de l'univers. Cet univers chaud a laissé, dans l'univers actuel, une

se former dans un univers au départ homogène et isotrope.

Une carte du ciel de ce rayonnement est donnée en figure 1, obtenue par un satellite de la NASA, WMAP et montre les anisotropies naissantes dans le CMB. Le satellite Planck sera plus sensible et possèdera une meilleure définition spatiale. L'instrument HFI du plan focal de Planck (figure 2) a été conçu, réalisé en partie à l'IAS et surtout étalonné dans ses locaux afin de comprendre le fonctionnement de cet appareil complexe dont les détecteurs sont refroidis à une température très basse, 0,1 K (-273,05°C), un record pour un tel instrument spatial. En complément à ce type d'observations, cette équipe se

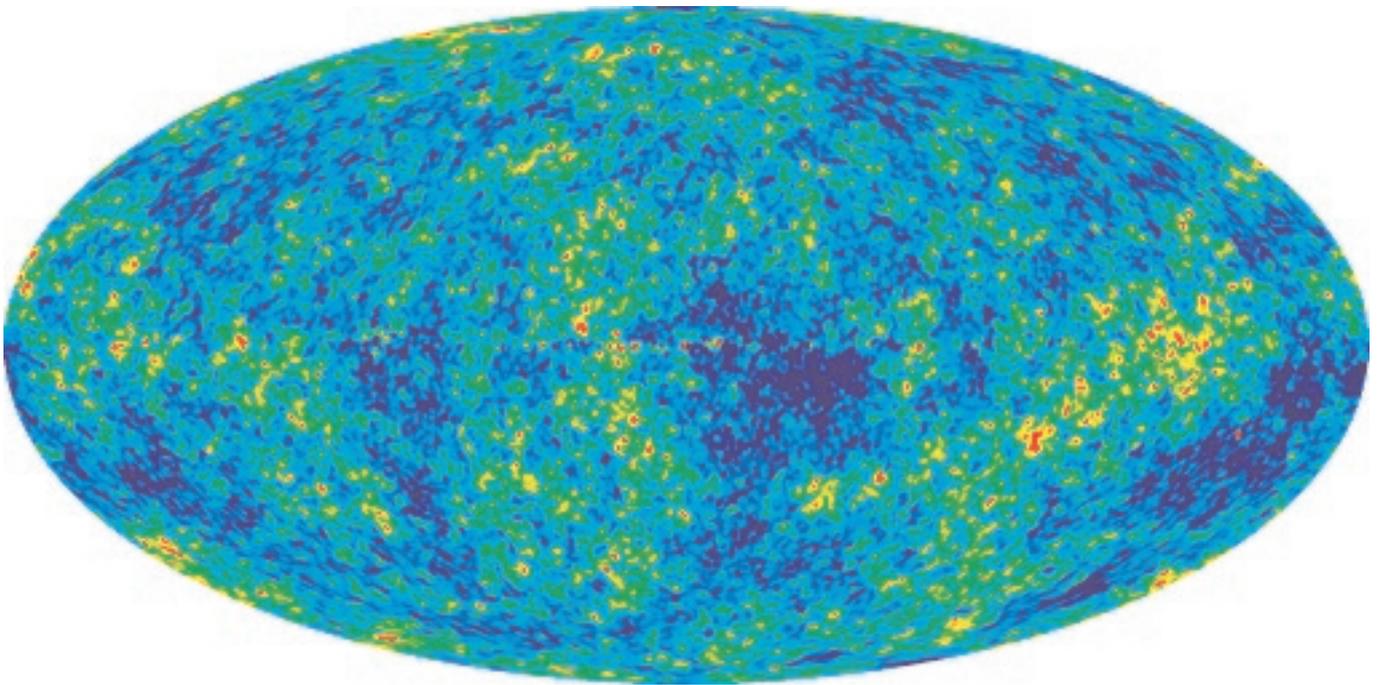


Figure 1 : Carte de température du « CMB » obtenue par l'équipe NASA/WMAP. Les zones plus chaudes (rouge et jaune) se différencient des plus froides (bleu et noir) mais les écarts de température sont de l'ordre du cent-millième de degré pour une température actuelle de l'ordre de 2,73 K. Ces structures observées, datant de 380000 ans seulement après l'explosion initiale, sont interprétées comme des variations de densité liées à la formation de structures pré-galactiques.

trace détectable : il s'agit d'un rayonnement appelé « rayonnement cosmique de fond de ciel » ou CMB en anglais. Dilué et refroidi dans l'espace par la formidable expansion de l'univers, il consiste en un flux de photons très « froids », détectables avec de grandes difficultés expérimentales en ondes radio. C'est le sujet d'étude principal de cette équipe qui se propose, à l'aide du satellite Planck qui sera lancé le 16 Avril 2009 par une fusée Ariane à Kourou et dont la mission est de cartographier ce CMB, de tenter d'expliquer comment les galaxies ont pu

proposer aussi d'étudier le milieu interstellaire, un milieu rempli de gaz et de poussières froides dont la composition reflète l'extraordinaire continuité de l'histoire de l'univers qui, d'un milieu relativement simple et homogène composé essentiellement d'hydrogène et d'hélium, a évolué vers un univers structuré en galaxies, étoiles et planètes contenant une centaine d'éléments chimiques, fabriqués au sein des étoiles, jusqu'aux millions de molécules, organiques ou non, qui sont, en bout de chaîne nécessaires à l'apparition des systèmes vivants.

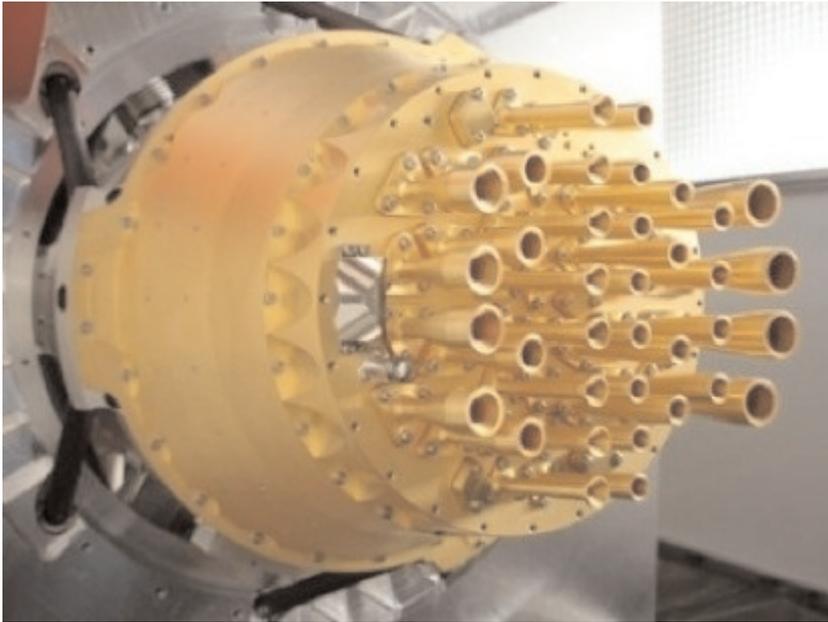


Figure 2 : L'instrument HFI du satellite Planck qui a été conçu et en partie développé puis étalonné à l'IAS. En son centre, les détecteurs sont portés à une température de 0,1 K, tout proche du zéro absolu, un record en instrumentation spatiale. Cet instrument a été conçu pour détecter, dans quatre bandes de fréquence radio, le rayonnement cosmologique issu de l'époque où l'univers chaud est devenu, en se refroidissant, transparent à son propre rayonnement, une époque que l'on situe à 380000 ans après l'explosion initiale. Il permettra de mesurer les écarts infimes de température liés à la formation de structures pré-galactiques et de les cartographier avec précision.

Astrochimie et Origines

Cette équipe étudie la composition physique et chimique et l'évolution de la matière solide extraterrestre. Observée avec des satellites comme ISO qui a permis de détecter essentiellement de la matière froide autour d'étoiles et d'en mesurer sa composition sous forme de particules carbonées et de glaces « sales » analogues aux glaces cométaires, cette équipe a développé une série d'expériences en laboratoire capable de reproduire la composition et l'évolution de cette matière en constante interaction avec les nombreux rayonnements présents dans l'espace interstellaire. Lors de la formation de notre Système Solaire, à partir de l'effondrement d'un nuage de gaz et de poussières, un certain nombre de débris de matériaux « présolaires » n'ont pas été incorporés dans

comètes et, à un moindre degré, des astéroïdes. Les comètes représentent donc la composition initiale de la matière à partir de laquelle les planètes se sont formées. Leur rôle dans l'apport sur Terre d'eau et de molécules organiques nécessaires à la vie est étudié à l'IAS. En particulier, la possibilité de récupérer des grains de matière cométaire a été validée par la mission spatiale « Stardust » de la NASA qui a ramené sur Terre des milliers de grains cométaires. La figure 3 montre certains de ces grains piégés dans un aérogel de faible densité dans lequel ils ont été ralentis. L'analyse de ces grains se poursuit et donne un nouvel éclairage sur la formation et l'évolution des comètes et du Système Solaire en général.

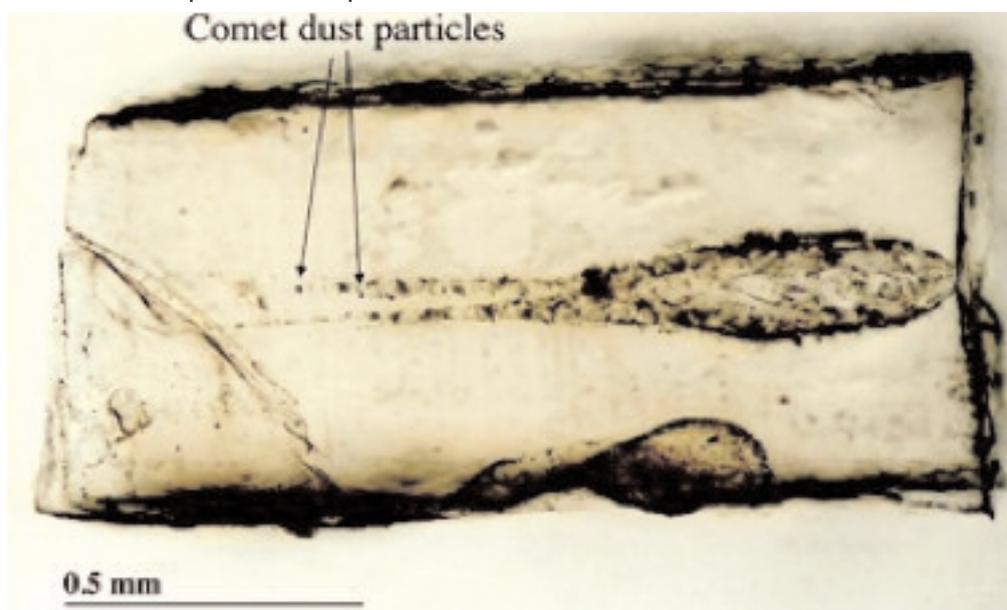


Figure 3 : Grains cométaires piégés dans un aérogel de silice de très faible densité. L'entrée du grain (à droite) s'effectue à une vitesse relative de 6.2 km.s⁻¹ et déclenche une onde de choc en forme de bulbe dans l'aérogel. On remarque deux grains terminaux dont la taille est de l'ordre de 10 micromètres, qui seront extraits et analysés en laboratoire.

Système Solaire et Systèmes planétaires

Les recherches menées dans cette équipe comportent trois axes d'étude qui sont les conditions initiales de la formation du Système Solaire, le problème de l'évolution des planètes telluriques que sont Mars et Mercure et finalement, l'émergence d'une thématique nouvelle liée à la détection récente d'exoplanètes associées à des étoiles lointaines pour lesquelles l'observation directe est extrêmement difficile.

L'étude des planètes différenciées et telluriques (composées d'un sol rocheux) s'est focalisée sur la planète Mars. En effet, cette planète constitue par excellence un modèle plausible des premiers processus d'évolution planétaire, processus par lesquels la Terre est sans doute aussi passée. Plus petite et moins massive que la Terre, Mars a

conservé, semble-t-il, l'empreinte de sa toute première évolution, une empreinte qui a complètement disparu de la Terre à cause de l'évolution plus rapide et plus destructrice des conditions initiales de notre planète. Mars a connu de l'eau liquide dans un passé très ancien (3 milliards d'années !), eau que n'a pu retenir sa masse trop petite et qui s'est donc probablement évaporée dans l'espace. En concevant un instrument pour effectuer la spectroscopie visible-infrarouge du sol de Mars, OMEGA, placé sur la sonde européenne Mars Express en orbite autour de la planète, cette équipe de l'IAS a joué un rôle déterminant dans la compréhension des phénomènes d'altération si anciens de la

surface de Mars par l'étude de sa composition minéralogique. Des argiles, formés par de l'eau liquide y ont été détectés ainsi que différents constituants qui permettent de donner une image réaliste des conditions initiales et d'évolution subséquente de la planète. La figure 4 montre une photo spectaculaire du pôle nord de Mars, dont la composition minéralogique renseigne sur les processus

géologiques passés. La vie a-t-elle apparu sur Mars et serait-elle sinon conservée, du moins fossilisée quelque part à la surface de la planète ? C'est peut-être la question principale qui motive l'engouement mondial pour l'exploration martienne.

Finalement, la thématique des exoplanètes a pris un tour important à l'IAS avec la participation active de cette équipe à la fabrication et l'étalonnage d'un instrument du satellite COROT, un satellite du CNES lancé en 2006. Son objectif est d'étudier d'une part les faibles variations de luminosité des étoiles afin d'en révéler l'activité sismologique, mais aussi de détecter les micro-éclipses attendues par le passage de planètes devant les étoiles observées. Il s'agit ici de détecter ces planètes et d'en mesurer leurs paramètres

physiques telles que leur taille, leur masse et par extension leur densité et faire des hypothèses sur leur composition et température. Le développement instrumental de cette équipe est centré sur une mission beaucoup plus ambitieuse, appelée Darwin, dont le but est de mesurer par spectroscopie, la composition des atmosphères de planètes très lointaines. Il s'agit de détecter des composés moléculaires qui pourraient s'interpréter comme provenant de la présence d'une activité comparable à celle de la photosynthèse, par analogie avec la composition de l'atmosphère terrestre où l'oxygène, l'ozone stratosphérique et le méthane sont effective-

ment issus d'une activité biologique. Darwin représente une formidable aventure technologique, scientifique et humaine qui mettra cependant plus de vingt ans avant de se concrétiser, ce qui montre bien la nécessité de préserver la pérennité et l'excellence des laboratoires spatiaux tels que l'IAS.

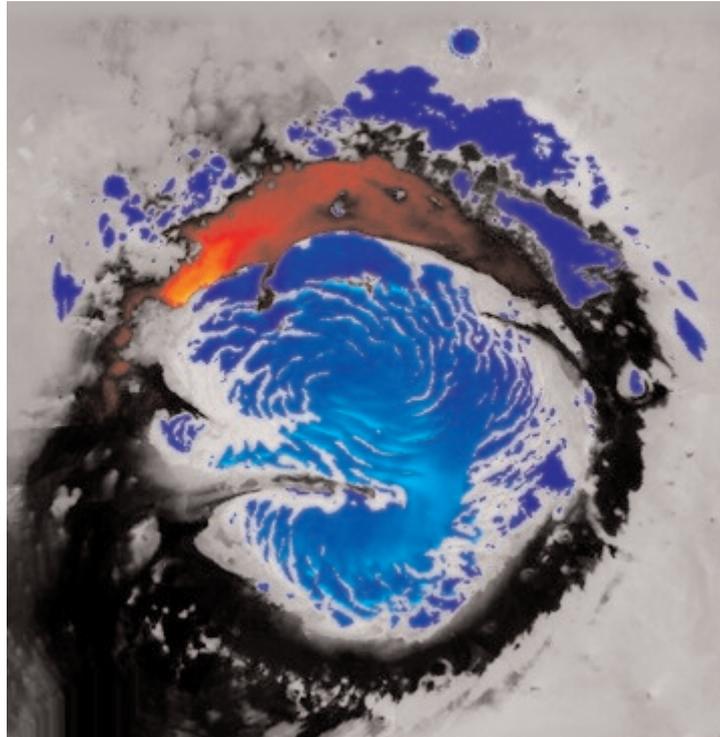


Figure 4 : Image spectrale en fausses couleurs de la calotte polaire nord de Mars avec en bleu de la glace d'eau et en rouge des affleurements de gypse, une roche sédimentaire formée en présence d'eau liquide. Cette image, obtenue par l'instrument OMEGA, sur la sonde Mars-Express, permet d'étudier la minéralogie de la surface de Mars et ses possibles implications sur les conditions initiales à la surface de la planète, conditions initiales disparues sur la Terre actuelle.

Héliosismologie, astérosismologie et atmosphère solaire

Cette équipe s'occupe essentiellement de l'étude du Soleil, l'objet le plus gros et le plus important de notre Système Solaire puisque son influence sur l'ensemble des planètes est d'une importance capitale pour leur évolution. La structure interne du Soleil, tout comme celle de la Terre, peut se déduire d'expériences de sismologie : à l'aide d'ondes acoustiques générées par des explosions et enregistrées par des sismographes sur Terre, il est possible de comprendre la structure interne de notre planète. Ces phénomènes existent aussi dans la gigantesque boule de gaz que constitue le Soleil. Cette sismologie ne peut être que passive pour notre Soleil : il s'agit d'enregistrer les faibles variations d'intensité lumineuse, spatialement et temporellement résolues liées aux modes d'oscillation du gaz dans la sphère solaire. Ces observations sont confrontées à des calculs pour comprendre leur évolution et le rôle qu'elles jouent dans l'organisation de la structure interne du Soleil. Ces études permettent de mieux comprendre l'évolution stellaire qui est un des piliers de l'astrophysique moderne. Ces méthodes d'observation ont été étendues, grâce au satellite COROT à d'autres étoiles. Sur le long terme, elles nous renseignent sur la vie des étoiles et sur les phénomènes catastrophiques qui peuvent s'y produire (éruptions, effondrements), heureusement sur des échelles de temps très longues, sans conséquences immédiates pour notre environnement. Finalement, cette équipe s'intéresse aussi à l'atmosphère du Soleil. Grâce aux multiples observations du satellite SOHO auquel elle a contribué à la conception d'instruments de spectroscopie, cette équipe a obtenu des images spectaculaires du Soleil dans des longueurs d'onde très particulières, en rayons X, permettant d'obtenir une vue de la couronne solaire cette

atmosphère très ténue qui entoure le Soleil, et une mesure de sa température à 1,5 millions de degrés. La température de surface du soleil est elle beaucoup plus « froide », autour de 6000°C. Une image spectaculaire du soleil est donnée en figure 5. Bien que très fondamentales pour l'étude des mécanismes régissant les conditions physiques de l'extérieur immédiat du Soleil, ces études commencent aussi à avoir leur importance pour comprendre les possibles relations entre les éruptions solaires coronales et la haute atmosphère terrestre et sont donc aussi étudiées pour mettre en place un réseau de « météorologie solaire » liée à l'activité solaire et prévoir ainsi des dangers susceptibles de perturber les communications électromagnétiques sur la Terre ou sur la santé des astronautes en orbite autour de celle-ci.

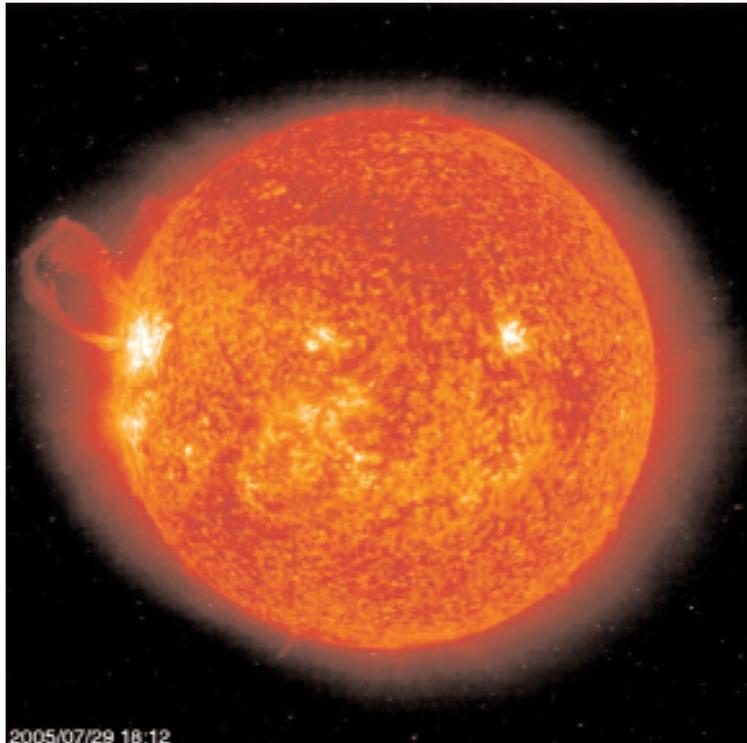


Figure 5 : Le soleil vu par EIT/SOHO, un instrument IAS sur le satellite européen SOHO, dans une raie de l'hélium ionisé, à une température estimée à 80000 K soit bien plus chaude que la température moyenne du Soleil (5780 K). On distingue à gauche une large protubérance qui éjecte dans l'espace de la matière ionisée et des régions actives (blanches). L'aspect granulaire du Soleil provient de la présence de cellules de convection qui traduisent le transport d'énergie de l'intérieur vers l'extérieur du Soleil. Sur le pourtour on distingue en partie la couronne solaire. Une telle vue est exceptionnelle car la couronne est impossible à détecter sur le Soleil en lumière visible, sauf en période d'éclipses et que la longueur d'onde de l'observation n'est accessible que depuis l'espace.

seau de « météorologie solaire » liée à l'activité solaire et prévoir ainsi des dangers susceptibles de perturber les communications électromagnétiques sur la Terre ou sur la santé des astronautes en orbite autour de celle-ci.

Comme on le voit, les activités de l'IAS sont variées et diverses. A l'image de l'astrophysique, elles sont aussi très pluridisciplinaires et touchent à de nombreux métiers tant dans le domaine scientifique que technique et administratif, compte tenu de la complexité des programmes spatiaux à gérer sur le long terme. La structure des laboratoires spatiaux, intégrée pour l'IAS au sein d'une grande université parisienne, attire de plus en plus d'étudiants, doctorants et post-doctorants qui se forment

et apportent largement leur force de travail à l'ensemble des activités de l'institut. La cohérence de l'ensemble, la pertinence de ses nombreux sujets et leur connectivité, le sérieux de ses réalisations techniques et l'engagement sur le long terme des équipes et des services techniques est le secret de la réussite de cet institut qui constitue un modèle dans le paysage scientifique français que nous envient bien des pays partenaires de nos recherches spatiales.

Assemblée générale de l'association.

Notre Assemblée générale 2008 s'est tenue le 8 janvier 2009. Trente personnes y étaient présentes ou représentées. Les activités de l'année ont été rappelées : les réunions du bureau qui organisent la vie de l'association, le numéro du journal consacré à l'IBP (Institut de Biotechnologie des Plantes), la conférence de Thierry Langin, directeur de cet institut, qui a abordé le problème des OGM et particulièrement leur rôle dans la recherche fondamentale. Par ailleurs, les progrès réalisés dans l'accueil des étudiants étrangers, avec l'institution des premiers forums organisés en collaboration avec les villes de Bures et Orsay, ont été soulignés. Ces forums ont surtout permis de nouer des contacts avec les diverses structures et associations concernées par les problèmes d'accueil et d'intégration des étudiants à la vie locale et universitaire.

Côté « finances », l'exercice 2008 a tourné autour de 1700 €.

Pour 2009, des conférences sont prévues, ainsi que de nouveaux numéros du journal. Cette année étant l'Année Mondiale de l'Astronomie, c'est en collaboration avec l'Institut d'Astrophysique Spatiale que sera organisée une partie de ces activités. L'aide à l'insertion des étudiants du Campus à la vie locale et universitaire sera poursuivie avec nos différents partenaires. Un effort sera fait pour améliorer l'information et la communication entre les membres de l'association, par le biais du site web et du courrier électronique, de façon à susciter la participation du plus grand nombre aux actions de l'association.

Ont été désignés membres du Conseil d'Administration les personnes suivantes :

Jean Braud, Etienne Bretey, Christiane Coudray, Maryvonne Giron, Rose Marx, Colombe Pleven, Francine Prevost, Jean-Louis Prioul, Jean-Claude Roynette, Françoise Samaran, Jean-Michel Saussol, Geneviève Sureau, Jeannine Yon-Khan.

En sont membres de droit : Le Doyen du Centre d'Orsay et les représentants des villes de Bures, Gif, Les Ulis, Orsay, de la CAPS, du CNRS et de l'association Héberjeunes.

Pour terminer, un grand merci à Jean Braud, pour la présidence de notre association, qu'il quitte maintenant, et à Etienne Bretey, qui a accepté de prendre sa suite, et à qui nous souhaitons courage et réussite.

Collaborations avec les villes avoisinantes et actions auprès des étudiants

Deux forums d'accueil ont été organisés avec Héberjeunes en début d'année, avec la participation forte des municipalités de Bures (au centre Marcel Pagnol) et d'Orsay (à la salle Jacques Tati). Ces manifestations où nous avons été accueillis par les maires des deux communes, et où le Doyen Masson et diverses personnalités de la Fac ont participé, ont permis, en plus de l'accueil d'étudiants venus faire plus ample connaissance avec leur environnement, de créer ou de conforter des liens nombreux entre services et personnes du Campus et des deux communes. Un bilan très positif de ces actions a amené tous les initiateurs à décider de renouveler cette rencontre. Dans notre prochain numéro, nous présenterons plus en détail une description de ce qui a été fait, ainsi que les projets futurs, que nous souhaitons élargir à d'autres villes voisines, telles que les Ulis ou Gif.

Dans la foulée de ces manifestations, nous avons amorcé des séances de conversation en français pour étudiants étrangers, et sommes à la recherche de bénévoles. N'hésitez pas à nous contacter.

Bulletin d'adhésion

Nom :

Prénom :

Adresse (laboratoire ou personnelle) :

Tél. :

Fax. :

E-mail :

Cotisation : 15 € - (Étudiants : 3 €) par chèque libellé à l'ordre de : Les Amis du Campus d'Orsay

À adresser à : **Les Amis du Campus d'Orsay Bât.301 Université Paris-Sud 91405**

ORSAY Cedex

Site : http://www.sciences.u-psud.fr/fr/vie_etudiante/vie_dans_le_campus/les_amis_du_campus

Tel. : 01 69 15 37 13

E.mail : Amis-campus-orsay.asso@u-psud.fr

N'oubliez pas de régler votre cotisation 2009 si vous ne l'avez pas encore fait. Merci

Rédactrice en chef : Geneviève Sureau