

SCIENCE, RÊVE ET JOIE

Sommaire

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES

- ▼ À la poursuite de l'infrarouge p. 2-3
- ▼ Sueur, sang et larmes ... de joie p. 4
- ▼ Au pays de l'énergie noire p. 5
- ▼ Le ciel de Fermi p. 6
- ▼ L'étai se resserre sur le Higgs p. 7
- ▼ L'espion avait du retard p. 8

VIE DE L'IRFU

- ▼ L'Irfu dans le plan Campus p. 9
- ▼ Les plaisirs de la communication p. 10
- ▼ La formation doctorale à l'Irfu p. 12

Je me souviens des images en noir et blanc, des voix qui grésillent aux accents de cow-boys, la tension de l'attente...

« *That's one small step for a man, one giant leap for mankind.** »

Apollo a apporté du rêve. Comment ne pas voir dans le déploiement de *Fermi*, *Herschel* et *Planck*, la poursuite du rêve lunaire, dénué de son relent de guerre froide (pages 4, 6). Buzz Aldrin, le pied à peine posé sur l'astre sélène, décrit : « une magnifique désolation ». Les désolations sont toujours des champs de science, des terrains vierges où l'on peut tenter l'aventure : étendue de glaces antarctiques et désert du sud marocain pour deux projets de télescope (pages 2,3,5).

Quarante ans après ce premier pas sur la Lune, un homme qui avait transcendé le *moonwalk* disparaît. Sa musique, sa danse m'ont apporté de la joie. Peut-on imaginer un scientifique aussi connu, apportant autant de plaisir qu'un Michael ? Peut-être, sans doute, n'est-ce pas notre fonction mais notre travail nécessite cependant une reconnaissance dépassant le cercle étroit de la science par la diffusion des connaissances, la formation et la communication (pages 10,11,12).

Que faut-il à chacun de nous pour qu'il ait envie de donner le meilleur ? Rêve et joie. C'est ce que vous trouverez dans l'ensemble des projets et résultats présentés dans ce *Scintillations* au clair de la Lune.

Jean Luc Sida

* *C'est un petit pas pour un homme mais un bond de géant pour l'Humanité.*

Neil Armstrong, 21 juillet 1969

Dans les glaces, à la pour

Les astrophysiciens de l'Irfu recherchent un site terrestre d'observation du 25 mètres de diamètre qui permettra d'atteindre une résolution inférieure infrarouge par l'atmosphère, la transparence exceptionnelle du ciel sec

Cet été, Gilles-Alphonse Durand, Pascal Tremblin du SAp et Yann Reinert du SIS sont partis près du pôle sud, accueillis sur la base franco-italienne de Concordia, à 3225 m d'altitude, pour tester les conditions exceptionnelles du site. Le journal de Yann va nous permettre de partager leur aventure scientifique.

les hublots givrés, tout le monde souhaite la voir après presque deux jours de voyage. Dans l'avion, il y a des docteurs, des chercheurs, des ingénieurs, des techniciens, des plombiers mais nous sommes tous redevenus des enfants qui découvrent la mer pour la première fois. Descente de l'avion, toute la base est là pour nous accueillir, une quarantaine de personnes. Que dire des premières impressions ? Le sol est dur, très dur. Tout est blanc, très blanc, dans un ciel d'un bleu que je n'avais jamais vu. Le froid est si sec qu'il vous fait mal.

Après notre débarquement, on nous donne les premières recommandations sur la sécurité puis nous visitons les différents lieux dont l'endroit où nous allons dormir pendant les deux prochains mois : une grande tente plantée à 300 m de la base, avec six lits à l'intérieur et un poêle à fuel. Rapide présentation des lieux de travail, qui se situent à 400 m des tours (logement des hivernants, restauration, hôpital, laboratoires) ; une expédition en soi. À la pression atmosphérique du site, équivalente à 3800 m d'altitude, il y a moins d'air et nous le ressentons tout de suite. Il faut deux à trois jours pour que notre organisme s'adapte. A Concordia, il faut savoir prendre son temps pour avancer plus vite. Qui plus est, une épidémie de grippe est présente sur la base. Et comme 90% des personnes, je l'attrape.

Le rythme de la base est toujours sensiblement le même : lever 7 h. La première des choses que nous faisons est de nous habiller pour le grand froid : grosses chaussettes, jeans, sur-pantalons, chaussures spéciales, maillot de corps, pull marin (et polaire par grand froid), veste rembourrée,

bonnet, cache-nez et masque pour les yeux. Nous voici prêts à sortir par -30 °C. Un véritable ballet se met en route, les « concordiens » sortent des tentes, se dirigent vers la station, à pied, en voiture, en motoneige, et même en ski de fond... Durant tout mon séjour, j'étais sous le charme du paysage qui s'offrait à moi au réveil. Il fait plus de 20 °C à l'intérieur de la station et on enlève l'équipement grand froid que l'on vient juste de mettre pour prendre notre

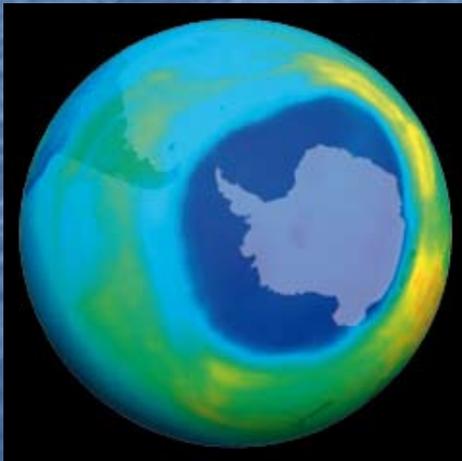
Le dortoir des estivants

« Monter un télescope tout en vivant un été austral : la proposition de Gilles Durand était trop tentante et, en décembre 2008, je suis parti sans hésiter en Antarctique. La mission : acquérir de l'expérience dans ce milieu hostile en participant à l'assemblage du télescope Irait et au suivi des expériences de l'Irfu présentes sur place.

Tout commence à Roissy, avec la rencontre des hivernants et le trajet jusqu'en Nouvelle-Zélande ; 24 h de vol. Voyage ensuite jusqu'à la base de Terra Nova Bay, une base italienne située sur la côte antarctique. L'avion, un Hercules C-130, est prévu pour le transport de matériel ! Malgré notre

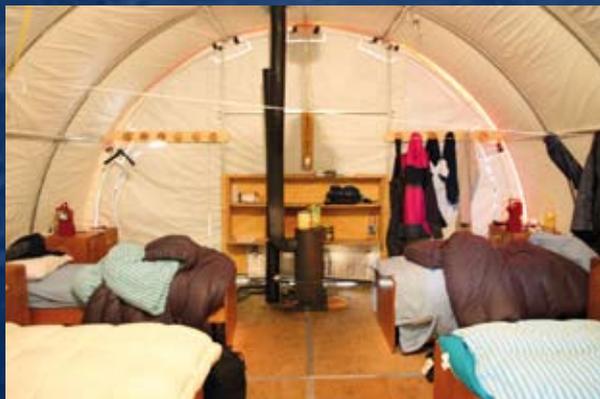
inconfort, l'excitation de tous est palpable, en particulier lorsque l'on voit les premiers icebergs et, enfin, la côte du continent. Atterrissage sur la glace et descente de l'avion. Voilà ! Nous posons le pied en Antarctique, et pour la plupart, c'est la première fois. Le sol n'est pas aussi glissant qu'on aurait pu le croire. Les personnes de la base s'affairent autour de nous, déchargent le matériel, remplissent le réservoir de kérosène, et nous, nous restons là, hébétés, émerveillés devant la beauté des paysages, des montagnes, du sol, des nuages...

Dernier vol pour rejoindre le Dôme C, embarquement dans un DC3 ré-équipé dont la structure date de 1944. Nous survolons le continent pour rejoindre la base de Concordia. Du blanc, du blanc à perte de vue, sans aucun relief, sans rien pendant quatre heures. Un point apparaît, un point qui jure dans cette immensité. Concordia te voila. Tout le monde se colle contre



L'atmosphère est différente en tout point du globe. Aux pôles, elle est particulièrement sèche et peu dense ce qui peut permettre une bonne observation du ciel. Sur la figure ci-dessus, on voit le trou dans la couche d'ozone au dessus de l'antarctique.

Irait : international robotic antarctic infrared telescope. Il s'agit du plus grand télescope optique de la station (80 cm).



*Distance
Temps de vol
Température
Altitude
Air
Nuit*

Suite de l'infrarouge

Par Gilles-Alphonse Durand et Yann Reinert

ciel en infrarouge lointain pour y installer un télescope doté d'un miroir de à la seconde d'arc. Malgré l'absorption de la plupart du rayonnement des pôles permet d'envisager un tel observatoire.

petit-déjeuner. À 8 h début de la journée de travail, s'habillant se déshabillant en fonction de nos entrées et sorties de la base, et ce jusqu'à 12 h, heure du repas. Puis reprise à 13 h jusque 19 h, six jours sur sept. Les journées sont bien remplies et le soir, après le repas, peu s'attardent. »

Après comme électronicien au CEA en 1981, Gilles Durand a travaillé 15 ans sur les cibles cryogéniques polarisées pour Fermilab et Dubna puis sur Visir. Il est le chef de projet de Camistic qui fonctionnera à 300 mK sur le glacier austral.

Technicien supérieur en mesures physiques, Yann Reinert a passé quatre ans au Cern pour instrumenter le système d'alignement des chambres à muons d'Atlas. Il travaille actuellement sur différents projets, en particulier sur Camistic.

sont pas des plus faciles. Nous essayons trois jours de tempêtes, des vents à 100-120 km/h, des creux de dix mètres, puis le calme, enfin! Arrivée à Hobart, puis décollage pour Sydney et retour sur Paris. L'été austral s'achève sur une expérience humaine et scientifique qui marquera ma vie. »

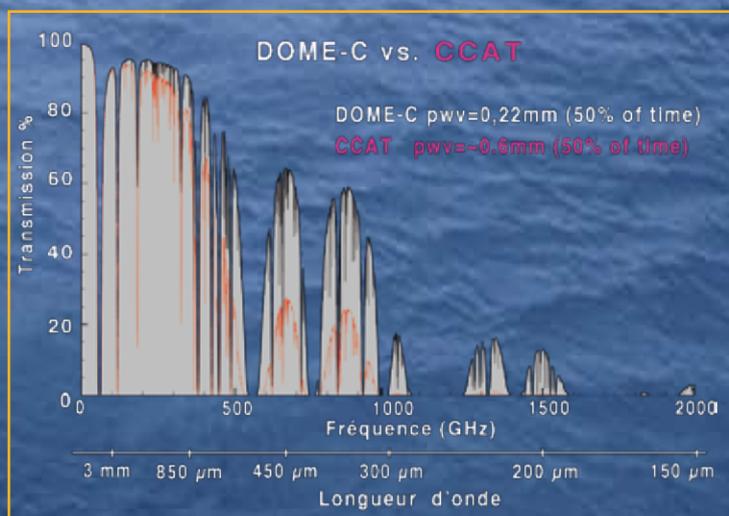
La première présence de l'Irfu à Concordia a eu lieu à l'été austral 2007-2008 avec l'installation de plusieurs expériences pour le dégivrage des instruments, la mesure de la transparence du ciel dans l'infrarouge lointain et la mesure du gradient thermique dans lequel baignera le grand télescope que nous voulons installer sur le site. Cet été nous avons consolidé les expériences en cours et collaboré au montage du télescope italien. Le deuxième foyer de ce télescope recevra l'imageur Camistic (Caméra millimétrique pour l'Antarctique), un détecteur de 16x16 pixels de 200 micromètres développé à l'Irfu pour la qualification d'Herschel. Cet instrument mesurera la stabilité en amplitude du ciel sur 6 minutes d'arc, champ typique pour un imageur adapté au projet de télescope austral de plus de 20 m.

Concordia

- : 18 745 km de Paris
- : 36 h
- : -30 °C
- : 3225 m (équivalent 3800 m)
- : très très sec
- : trois mois par an

« La mission s'achève bientôt sur un bilan très positif. Le 31 décembre, à 16 h, nous avons pu fêter la fin du montage du télescope Irait. Le

suivi et la maintenance des expériences du SAP rythment la fin de la mission. Ces deux mois ont été une expérience humaine et technique incroyable. L'heure du départ approche. Vingt pour cent des effectifs de la base part avec l'avion pour le périple du retour. Accolades, rires, les yeux sont humides, toutes ces personnes ont été, l'espace de deux mois, amis, collègues, familles. Nous avons le cœur serré lorsque nous montons dans l'avion. Direction la Terre Adélie et sa base française Dumont d'Urville où le brise-glace Astrolabe nous attend pour nous amener en Tasmanie. Les cinq jours de mer ne



La transmission de l'atmosphère mesurée sur les sites du Dôme C et du mont Cerro Chajnantor au Chili (futur site du télescope CCAT), à différentes longueurs d'onde dans l'infrarouge, montre les qualités exceptionnelles du site antarctique. Certaines longueurs d'onde restent cependant inaccessible depuis le sol.



L'arrivée du Twin-Otter sur la base de Concordia

Sueur, sang et larmes ... de joie

Par Marc Sauvage

« De la sueur, du sang et des larmes. », voilà à quoi je pense en écoutant le discours de présentation des premières images de l'observatoire *Herschel*, tout en ressentant une grande joie. Ce succès éclatant, voire incroyable, n'a pas encore effacé la difficile marche de ceux qui ont élaboré la caméra de Pacs qui s'apprête à bouleverser notre vision de l'Univers.

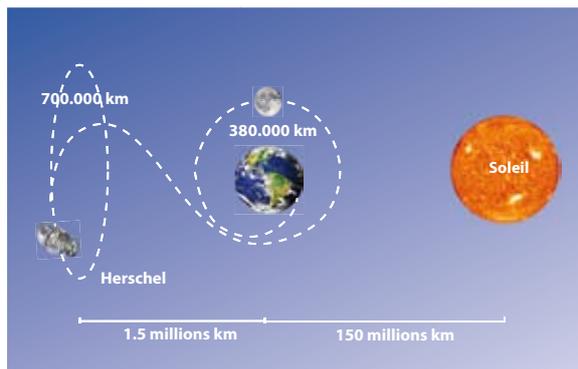
14 mai 2009.

- (1) *Hifi* (heterodyne instrument for the far-infrared) permet de mesurer les « empreintes digitales » des molécules présentes dans l'Univers.
- (2) *Pacs* (Photodetector array camera & spectrometer) observe l'infrarouge lointain, entre 60 et 200 micromètres.
- (3) *Spire* (spectral and photometric imaging receiver) effectue des observations à plus grandes longueurs d'ondes que *Pacs*, entre 200 et 600 micromètres.

La fusée Ariane numéro 188 décolle de Kourou, emportant les observatoires spatiaux *Herschel* et *Planck*. Si, pour certains, ce lancement constitue le dernier chapitre d'une histoire commencée il y a plus d'une décennie, pour les équipes chargées de l'exploitation des instruments d'*Herschel*, c'est l'angoissant démarrage de l'observatoire. Un satellite capable de détecter une ampoule laissée allumée à la surface de la Lune est une machine d'une grande finesse, difficile à maîtriser. *Herschel*, mission scientifique de l'Agence spatiale européenne (ESA), a une sensibilité inégalée dans le domaine de l'infrarouge lointain et submillimétrique, inaccessible depuis le sol. Ses trois instruments, *Hifi*¹, *Pacs*² et *Spire*³, sont construits pour révéler les phénomènes enfouis au sein des nuages de poussière interstellaire. Du voisinage solaire à l'univers lointain, ils vont nous permettre de comprendre comment les étoiles se forment et comment l'évolution de la formation stellaire au cours des 10 derniers milliards d'années a contribué à façonner l'Univers tel que nous le connaissons.

En quoi consiste la mise en route d'un observatoire comme *Herschel* ? La première tâche à accomplir est d'atteindre son poste d'observation. Pour *Herschel*, il s'agit du point de Lagrange situé du côté nuit de la Terre, à environ cinq fois la distance Terre-Lune. Ce voyage n'est pas si long, puisqu'après tout, les astronautes d'Apollo n'ont mis que quatre jours pour atteindre la Lune. *Herschel* a rejoint son poste courant juin.

Il faut ensuite chauffer le télescope pour éviter que le dégazage des impuretés ne salisse les miroirs. Il faudrait alors patienter jusqu'à l'équilibre thermique des différentes parties du satellite. On a parfois du mal à l'imaginer mais dans le vide interplanétaire, il fait très chaud au soleil et très froid à l'ombre. Les températures s'étagent entre 0,3 et 200 K et l'équilibre thermique n'a été atteint qu'en septembre. On ne pouvait pas attendre sans commencer les observations car la durée de vie d'*Herschel* est limitée. En effet, pour détecter les photons infrarouges et submil-



Trajectoire des satellites *Herschel* et *Planck* depuis leur lancement à Kourou jusqu'à leur orbite autour du second point de Lagrange.

limétriques, les détecteurs bolométriques doivent être refroidis à des températures proches du zéro absolu. Il est impossible d'atteindre de telles températures sans utiliser un fluide cryogénique, embarqué sur le satellite, qui sera consommé au cours du temps. Ainsi 2000 litres d'hélium vont lui assurer trois ans et demi de fonctionnement. De ce fait, dès l'instant où le télescope a été suffisamment froid pour permettre aux instruments de fonctionner, ils

ont jeté leur premier regard sur le ciel.

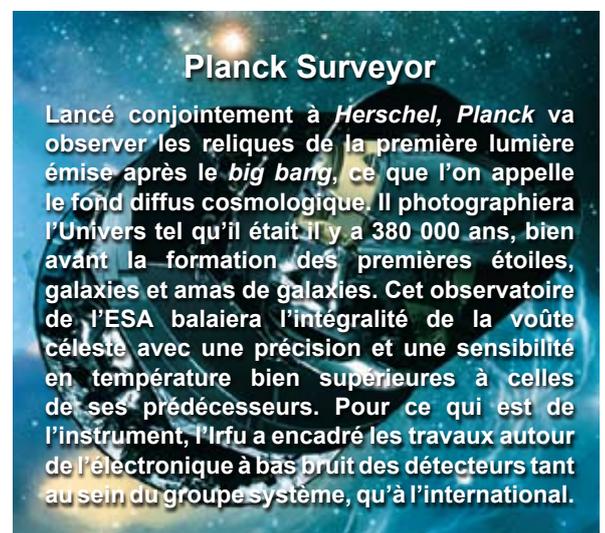
14 juin 2009,

La galaxie des Chiens de chasse (M51) est observée grâce à la caméra de *Pacs*, construite par le CEA (collaboration Irfu, Léti, Inac). Depuis, les mesures et les succès s'enchaînent. Et, chaque fois que l'orbite d'*Herschel* s'est déroulée en exacte conformité avec le plan, que le cryo-réfrigérateur dépasse ses objectifs, que les étoiles et galaxies que nous utilisons pour notre étalonnage apparaissent clairement dans les données, je me dis que c'est de la belle œuvre : la joie après le sang, la sueur et les larmes.

Marc Sauvage, astrophysicien, est responsable du projet *Herschel* au SAP.



La galaxie spirale des Chiens de chasse (M51), première image obtenue avec l'imagerieur *Pacs* de l'observatoire *Herschel*.



Planck Surveyor

Lancé conjointement à *Herschel*, *Planck* va observer les reliques de la première lumière émise après le big bang, ce que l'on appelle le fond diffus cosmologique. Il photographiera l'Univers tel qu'il était il y a 380 000 ans, bien avant la formation des premières étoiles, galaxies et amas de galaxies. Cet observatoire de l'ESA balaiera l'intégralité de la voûte céleste avec une précision et une sensibilité en température bien supérieures à celles de ses prédécesseurs. Pour ce qui est de l'instrument, l'Irfu a encadré les travaux autour de l'électronique à bas bruit des détecteurs tant au sein du groupe système, qu'à l'international.

* Vous pouvez voir la vidéo du moment d'arrivée de la première image et l'évocation du projet avant le lancement sur le site : <http://irfu.cea.fr/Sap/>

Au pays de l'énergie noire

Par Christophe Magneville et Christophe Yèche

Le contenu énergétique de l'Univers est dominé par une composante qui n'est ni de la matière ni du rayonnement : l'énergie noire. Cette composante mystérieuse, détectée pour la première fois en 1998, a révolutionné notre vision de l'évolution de l'Univers et constitue une des découvertes majeures de la fin du XX^e siècle. Le projet CRT de radiotélescope au Maroc permettra une meilleure compréhension de l'origine et des propriétés de cette énergie noire.



Ch. Yèche, E. Delagnes, P. Abbon, Ch. Magneville (Irfu) et R. Ansari (LAL)

L'étude de la répartition des galaxies à différents âges de l'Univers permet de sonder l'énergie noire qui régit l'évolution de ses grandes structures. Cette méthode a déjà donné des résultats grâce aux relevés optiques de galaxies. L'originalité du projet *Cylindrical Radio Telescope* (CRT) consiste à détecter les galaxies par l'émission à 21 cm (~1,4 GHz) de l'hydrogène neutre qu'elles contiennent. Il permettra un relevé tridimensionnel des galaxies. Une fois localisée dans le ciel, le décalage de cette raie d'émission, dû à l'expansion de l'Univers, donne accès à leurs distances. Ce relevé couvrira une région située à plus de cinq milliards d'années lumière qui reste encore inexplorée par les grands relevés de galaxies en lumière visible.

Le CRT sera un radio interféromètre de transit composé de huit réflecteurs cylindriques de 100 m de long et de 12,5 m de large. Les développements récents en

électronique dans la gamme des fréquences autour du GHz, utilisés par la téléphonie mobile, rendent ce projet technologiquement réalisable.

Le CRT va explorer la nature de l'énergie noire avec une sensibilité dix fois supérieure aux instruments actuels. Il pourrait être construit sur un site au Maroc, grâce à un partenariat entre l'université d'Al Akhawayn à Ifrane (Maroc), l'université Carnegie-Mellon et Fermilab (Etats-Unis), l'Irfu et le LAL (France). Le Maroc constitue un excellent pays d'accueil pour ce projet car il allie un bon niveau de développement technologique et universitaire avec la possibilité de disposer de régions peu affectées par les bruits des radiofréquences (radars, télévisions, téléphones portables...).

En janvier 2009, nous sommes donc partis près de Talsint à l'extrémité est du Haut-Atlas pour faire une première série de tests de bruit de fond au voisinage du gigahertz (10⁹ Hz) avec un système de mesure développé par le Sédi.

Quatre sites potentiels ont été étudiés, les niveaux de bruit de fond mesurés se sont avérés excellents pour deux d'entre eux et comparables à ceux des sites pressentis pour l'installation du futur grand télescope *square kilometre array* (SKA). Il est maintenant prévu d'étudier ces sites sur une période de temps plus longue pour les valider définitivement.

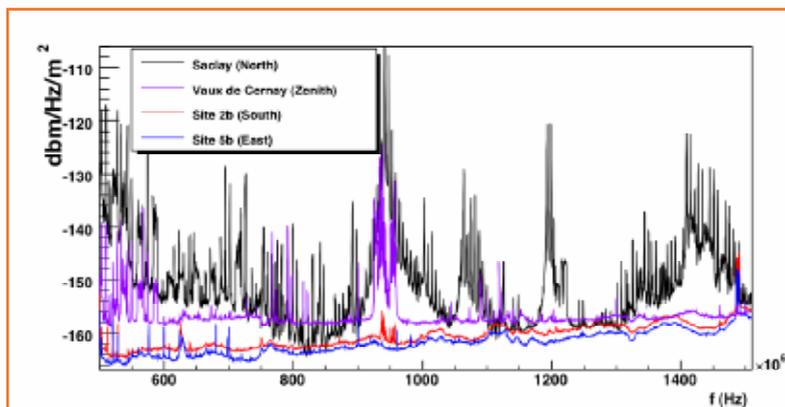
Christophe Magneville et Christophe Yèche, *physiciens au SPP dans le groupe cosmologie, travaillent sur le projet de radio interféromètre destiné à la mesure des oscillations acoustiques baryoniques.*



Antenne qui a permis de mesurer les bruits radio.



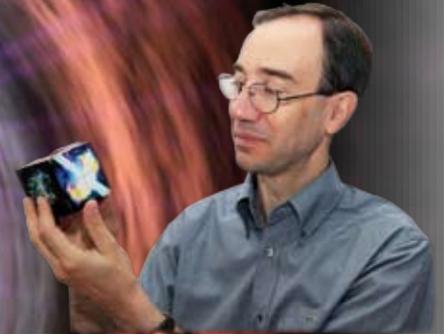
Série de tests (g)astronomiques.



Comparaison des niveaux de bruit radio des deux sites marocains (bleu et rouge) avec ceux de la région parisienne (noir et violet).

Le ciel de *Fermi*

par Jean Ballet



Le plus grand satellite d'observation de rayons gamma, le *Fermi* gamma-ray space telescope (*Fermi*), a été lancé le 11 juin 2008 avec à son bord le *Large Area Telescope* (LAT). Ce télescope gamma de nouvelle génération, d'une sensibilité unique aux gammas jusqu'à 100 GeV, a un champ de vue qui couvre la totalité de la voûte céleste en trois heures.

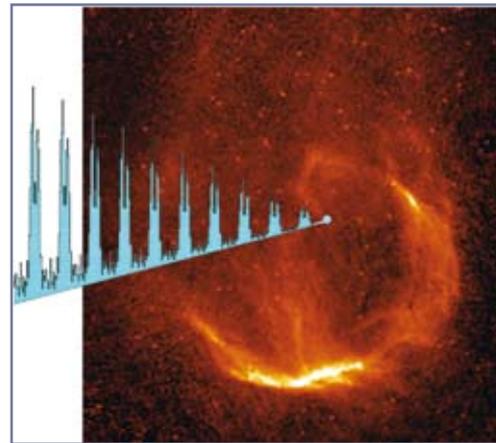
Où en sommes-nous après un an d'observation ?

La mesure des gammas interstellaires

L'astronomie gamma au-delà de 30 MeV utilise la conversion d'un photon en paires électron-positron dont on repère la trace et dont on mesure l'énergie. Les instruments ressemblent aux détecteurs de physique des particules, mais sont simplifiés pour pouvoir être embarqués sur un satellite et optimisés pour les photons. Les (très nombreuses) traces dues aux particules cosmiques chargées sont un signal parasite, dont on s'affranchit par un dispositif entourant le détecteur. Le LAT sur *Fermi* utilise des couches de tungstène et de silicium, ce qui permet de repérer la direction d'arrivée des photons avec une grande efficacité.

La majorité des photons gamma captés par *Fermi* provient d'une émission galactique diffuse due aux interactions nucléaires entre les rayons cosmiques, particules relativistes qui baignent toute la Galaxie, et le gaz interstellaire. Le milieu interstellaire étant beaucoup plus structuré que les rayons cosmiques, on observe, de prime abord, essentiellement la structure du gaz. Pour pouvoir y dénicher des sources gamma faibles, il est indispensable de s'affranchir de ce fond gênant. La construction du catalogue des sources détectées par *Fermi* et la modélisation précise de cette émission diffuse galactique comptent parmi les contributions essentielles des scientifiques de l'Irfu.

En dehors du plan de la Galaxie, plus de 90% des sources gamma du ciel sont des blazars¹ dont la distribution est quasi isotrope. Le balayage systématique du ciel par *Fermi* permet de détecter ceux qui sont en phase d'éruption et d'alerter les autres observatoires. On peut ainsi étudier précisément les caractéristiques des jets de matière relativistes qui s'échappent du cœur de ces galaxies. Avant *Fermi*, seulement six pulsars² gamma étaient connus. Un an après son lancement, ce nombre est porté à une cinquantaine. La famille compte des pulsars « jeunes » (moins d'un million d'années) et des plus âgés (un milliard



Au sein du reste de supernova CTA 1, le faisceau d'un pulsar âgé de 10 000 ans balaye le ciel à raison de 3 tours par minute.

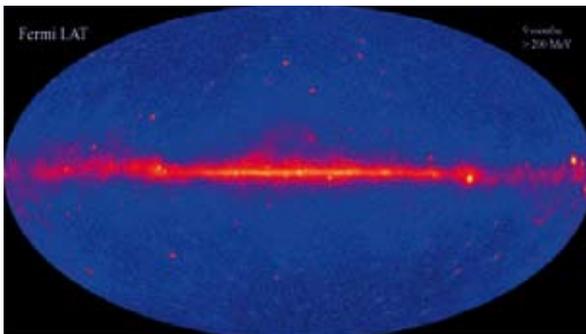
d'années) dont le champ magnétique est beaucoup plus faible que leurs cadets mais dont la rotation rapide (jusqu'à quelques millisecondes) s'explique par l'accrétion de matière de l'étoile compagnon. Les performances de *Fermi* ont permis également de découvrir une vingtaine de pulsars par leur seul rayonnement gamma, sans l'aide habituelle de leur trace dans les ondes radio. Le faisceau lumineux du pulsar qui arrose la Terre est-il plus large en gamma qu'en radio ?

Fermi permet une meilleure caractérisation des sources gamma présentes dans le ciel dont l'interprétation reste encore à développer. Cette précision va s'améliorer au cours des quatre années d'opérations déjà approuvées ce qui nous permettra de mieux comprendre blazars et pulsars. Mais blazars et pulsars ne sont pas les seules sources gamma et, le 16 septembre 2008, *Fermi* a détecté le sursaut gamma le plus violent jamais enregistré : une gigantesque explosion marquant la fin de vie d'une étoile massive. La lumière de l'explosion a été produite alors que l'Univers n'était âgé que de 1,5 milliard d'années. Nous commençons l'étude de bien d'autres sources, certaines étant identifiées comme les galaxies proches, les amas globulaires, les restes de supernovas mais beaucoup sont encore inconnues. Un an après son lancement, on peut dire sans hésiter que *Fermi* est bien présent au rendez-vous de l'astronomie gamma.

Jean Ballet, astrophysicien au SAp, étudie les restes des supernovas. Il coordonne la construction du catalogue des sources de *Fermi*.

(1) Un blazar est un trou noir supermassif au centre d'une galaxie qui crée un jet de particules, perpendiculaire au disque d'accrétion. On ne l'observe que quand l'axe du jet passe dans le champ de vision des détecteurs.

(2) Pulsar est le nom donné à une étoile à neutrons tournant très rapidement sur elle-même et émettant un fort rayonnement causé par son champ magnétique tournant.



Le ciel vu par *Fermi*. On observe clairement la très forte émission diffuse dans le plan galactique, quelques sources brillantes dans le plan (pulsars) et les nombreuses sources extragalactiques plus faibles en dehors du plan.

Enrico Fermi (1901-1954), physicien italien récompensé d'un prix Nobel de physique en 1938. Il a travaillé sur la radioactivité bêta, le rayonnement cosmique, la fission et ses développements pour l'exploitation de l'énergie nucléaire. Les mots fermion, le fermi (10^{-15} m), Fermilab et maintenant un satellite sont dérivés de son nom.

L'état se resserre sur le Higgs

Par Marc Besançon

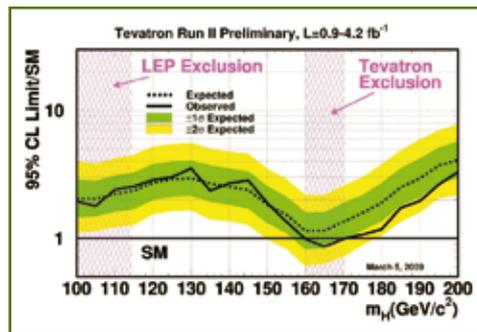
Avant l'entrée en fonction du LHC, le Tevatron du Fermilab (États-Unis) reste le collisionneur proton-antiproton le plus puissant du monde. Les prises de données ont commencé en 1992 pour les deux expériences CDF et D0 à laquelle collabore l'Irfu. Ces expériences ont permis la découverte du quark top ainsi qu'un grand nombre de mesures de précision. De toutes les particules décrites par le modèle standard, seul le boson de Higgs n'a pas encore été découvert mais les trois résultats majeurs de D0 présentés ci-dessous vous montreront comment l'état se resserre sur cette hypothétique particule. Et les mesures au Tevatron ne sont pas terminées. Les prises de données continuent jusqu'à la fin de 2010, ce qui permettra aux deux collaborations de doubler leur statistique et de s'approcher encore du boson de Higgs.

Recherche directe du Higgs

La combinaison des analyses des expériences CDF et D0 exclut que la masse du boson de Higgs se situe autour de 170 GeV/c². Les limites obtenues précédemment au LEP prévoyaient une masse du boson de Higgs entre 115 et 190 GeV/c². Le résultat du Tevatron rétrécit donc le domaine possible pour la masse de ce boson. C'est aussi le premier résultat de recherche directe du boson de Higgs après les résultats obtenus à l'accélérateur LEP du Cern qui s'est arrêté en 2001.

Pour le directeur du Fermilab Pier Oddone, « Ces résultats montrent bien que les expériences au Tevatron sont très bien placées dans la course à la découverte du boson de Higgs ». Dans un futur proche, les physiciens s'apprentent à explorer encore plus largement la région en masse possible pour cette particule.

Référence :
Fermilab-Pub-09-060-E



Sensibilité théorique et expérimentale du Tevatron dans sa recherche du boson de Higgs du modèle standard en fonction de sa masse. On peut conclure à sa non-observation dans la zone de masse hachurée autour de 165 GeV. L'autre zone hachurée a été exclue par le LEP.

Ces bosons de Higgs, s'ils sont suffisamment légers, pourraient être produits en abondance en association avec un quark beau. Ils sont supposés eux-mêmes se désintégrer, dans 90% des cas, en deux quarks beaux. La recherche de ce type d'événements revient donc à identifier trois jets issus de quarks beaux dans l'état final. D0 a pu conclure à l'absence de ce signal, et donc de bosons supersymétriques produits dans ce canal, et contraindre ainsi plusieurs paramètres des modèles supersymétriques allant au-delà des limites antérieures du LEP.

PRL 101 (2008) 221802

Le Tevatron au top

Le quark top est le plus massif des six quarks que nous connaissons. Sa grande masse, comparable à celle d'un atome d'or, lui confère une caractéristique particulière dans la famille des quarks : il n'existe pas de particule contenant un quark top (ou antitop). Il faut traquer ses désintégrations pour définir ses caractéristiques. Le Tevatron est le seul endroit au monde où l'on produit le quark top, découvert grâce à cette machine en 1995. Les méthodes d'analyse et la quantité de données ne cessant de s'améliorer, on connaît de mieux en mieux sa masse. La mesure du taux de production de paires de quarks top-antitop en a permis une nouvelle mesure. Dans le cadre du modèle standard, cette valeur permet d'estimer indirectement la masse du boson de Higgs.

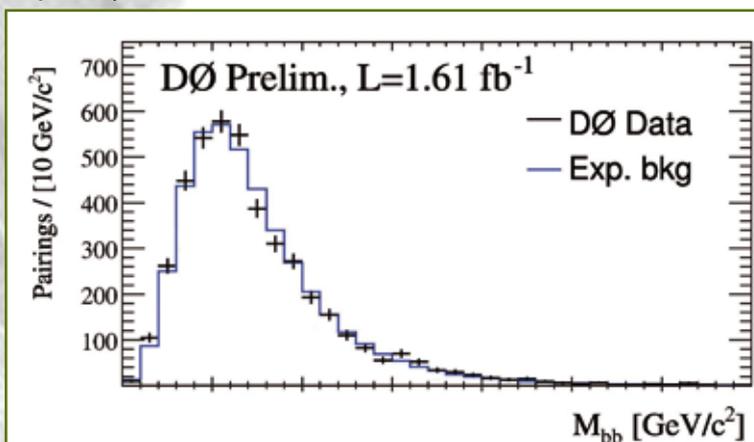
D'autre part, le modèle standard prédit un autre mode de création du top, de façon célibataire dans des réactions pilotées par la force nucléaire faible. Les deux expériences D0 et CDF ont mis en évidence ce mode rare de production qui ne se produit que dans une collision sur 20 milliards. Le taux de production mesuré est une nouvelle confirmation de l'existence de seulement trois familles de particules élémentaires.

PRL 103, 092001 (2009)
Fermilab-Pub-09-092-E
(à paraître dans *Physical Review*)

Marc Besançon, physicien des particules, travaille sur la recherche du boson de Higgs au Tevatron. Il est responsable du groupe D0 au SPP.

Un Higgs supersymétrique ?

Une nouvelle invariance, appelée supersymétrie, a été proposée dans les années 1970. Elle permet de construire des extensions supersymétriques du modèle standard qui viennent résoudre de façon élégante certains problèmes mathématiques. Ces extensions marquent une étape vers une théorie unifiant toutes les interactions. L'expérience D0 vient de publier des résultats concernant les bosons de Higgs « supersymétriques ».



Masse invariante de deux jets de quark b dans le canal à trois jets. Les croix représentent les données, le trait en bleu représente la prédiction issue du modèle standard, sans boson de Higgs supersymétrique. Aucune différence significative n'est observée.

L'espion avait du retard

Par Eric Berthoumieux et Diane Doré

Les neutrons et gammas retardés émis par les fragments de fission sont caractéristiques des actinides qui les émettent. Cette signature devrait permettre d'inspecter le contenu de fûts de déchets sans les ouvrir ou de réaliser des équipements de contrôle dans le cadre de la non-prolifération nucléaire.

(1) Actinides : éléments plus lourds que le radium.

La gestion efficace des colis de déchets nucléaires est conditionnée par l'identification et la quantification des matières nucléaires qu'ils contiennent. Pour atteindre ce but, des méthodes non destructives sont mises au point au CEA. En irradiant ces colis avec des neutrons ou des photons, les actinides¹ présents peuvent fissionner. Les produits de fission formés sont radioactifs. Ils émettent des rayons gamma ou des neutrons dont certains sont retardés car ils ne sont pas émis au moment de la fission mais lors des décroissances radioactives successives des noyaux produits. Ces périodes varient typiquement de quelques millisecondes à la centaine de secondes. En combinant les types d'irradiation (neutrons, gammas) avec la détection simultanée des deux types d'émissions, il semble possible d'identifier et quantifier des actinides présents dans le colis. Cependant, avant même de concevoir une quelconque application, il est nécessaire de parfaitement connaître les émissions de particules retardées pour les différents actinides, des informations

de ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th et ^{237}Np , et corrigé des données antérieures pour les neutrons retardés. L'expérience doit se poursuivre sur une cible de ^{239}Pu . Un travail de simulation est mené en parallèle afin d'évaluer ces données pour les noyaux difficilement mesurables.

Annals of nuclear energy 36 (2009)

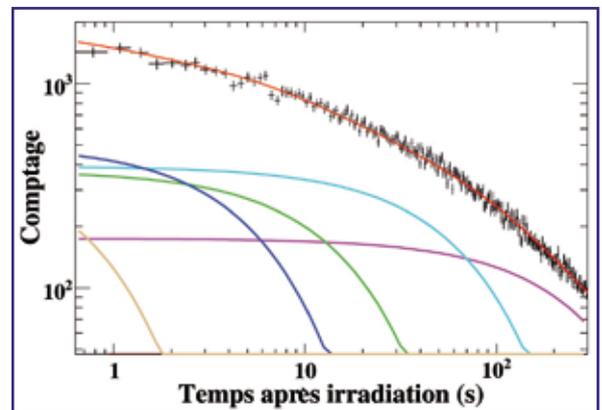


Fig. 2 : Nombre de gammas retardés de plus de 3 MeV émis en fonction du temps après une irradiation de 60 s d'un échantillon d'uranium ^{235}U par des photons. Les données expérimentales (en noir) sont en accord avec la somme (en rouge) des contributions de cinq groupes d'émetteurs (en couleur).

Eric Berthoumieux et Diane Doré, physiciens nucléaires, étudient les réactions nucléaires en vue de leurs utilisations possibles dans le cadre de contrôles non destructifs de colis de déchets ou de conteurs aux frontières.

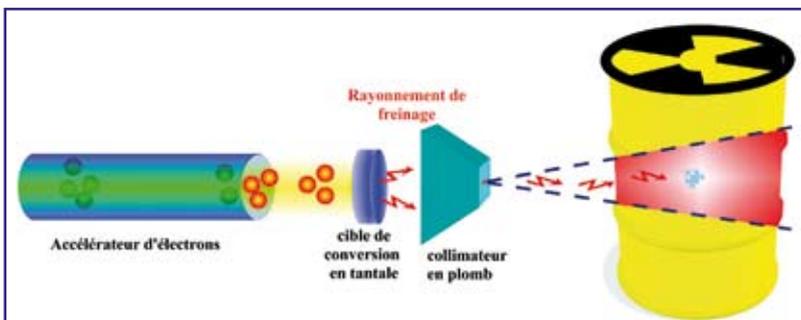


Fig. 1 : Principe de la photofission appliquée à l'inspection des colis de déchets nucléaires. Un faisceau pulsé d'électrons de 1.5 MeV d'énergie incidente bombarde une cible de tantale afin de créer un faisceau secondaire de photons. Ce faisceau est ensuite mis en forme au moyen d'un collimateur en plomb.

qui restent mal connues, en particulier pour les gammas de haute énergie. La nécessité de constituer des bibliothèques de données sur les réactions nucléaires induites par des photons a conduit au projet Photonuc. Ce projet a engendré des collaborations avec la DAM et la DRT.

Nous avons donc mesuré les caractéristiques de l'émission des gammas et neutrons retardés issus de la photofission de différents actinides. Les mesures (Fig.1) effectuées auprès de l'accélérateur d'électrons Elsa (CEA/DIF) consistent à répéter des cycles d'irradiation et de comptage des photons émis en fonction du temps. Nous varions les durées d'irradiation afin d'augmenter la sensibilité aux différentes composantes du spectre des photons émis. (Fig. 2). Grâce à ces mesures, nous avons fourni des données inédites sur les gammas retardés



Un physicien du SPn à L'AIEA

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), prix Nobel de la paix en 2005, est une organisation qui dépend directement du Conseil de sécurité des Nations unies. Elle cherche à promouvoir les usages pacifiques de l'énergie nucléaire et à limiter le développement de ses applications militaires en se basant sur trois piliers : la science et la technologie, la sûreté et la sécurité, les garanties et les contrôles.

Danas Ridikas a rejoint la section Physique de l'AIEA en 2008, pour une mission de trois ans. Il a la charge de coordonner les activités pacifiques des 250 réacteurs de recherche opérationnels aujourd'hui dans le monde. Son expertise de physicien nucléaire ayant la double culture CEA de chercheur et d'ingénieur y est appréciée.

L'Irfu dans le Plan Campus

Interview de Philippe Chomaz par David Lhuillier et Pierre Manil



De gauche à droite : David Lhuillier, physicien au SPhN, Philippe Chomaz, directeur de l'Irfu, et Pierre Manil, ingénieur de recherche au SIS.

La création de pôles d'excellence scientifique est une volonté forte du Gouvernement qui conduit vers un réaménagement du plateau de Saclay. Cette évolution va se traduire par des changements dans l'organisation du secteur et dans la vie quotidienne des équipes qui y travaillent. L'une des premières phases de ce grand chantier, le Plan Campus, a été décidée officiellement début 2009, suite à un appel à projets de l'Etat.

Quelle est la finalité du Plan Campus pour Saclay ?

Ce projet s'appuie sur le Triangle de la connaissance : enseignement, recherche et innovation qui sont très présents sur le plateau de Saclay. L'idée est de créer une dynamique locale forte autour de thèmes donnés en brisant les barrières inter-organismes de manière à favoriser l'inventivité. Pour le plateau de Saclay ce sont vingt-et-une structures (laboratoires, instituts, écoles...) qui ont défini un avenir commun, avec une forte mobilisation de tous les responsables.

Comment l'Irfu s'inscrit-il dans ce programme ?

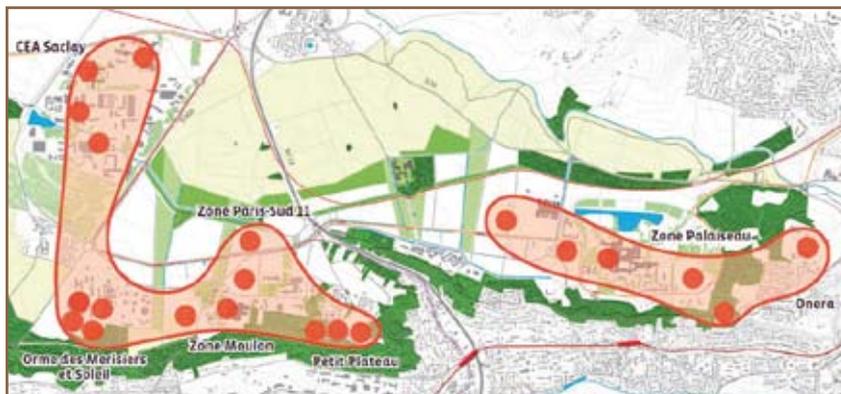
Le Triangle de la physique et le GIS « Physique des deux infinis » (P2I) sont deux parties très importantes dans la dynamique du Plateau. L'Irfu est un des piliers de P2I. De plus, la force de l'Irfu est d'être déjà répartie à parts égales entre recherche fondamentale et technologie avec une méthodologie projet forte. Nous apportons au Campus à la fois notre excellence scientifique et technologique. Mais je ne cherche pas à placer l'Irfu au centre du Triangle enseignement-recherche-innovation : c'est l'ensemble des partenaires qui doit couvrir ce Triangle et pas chacun individuellement.

Quels seront ces partenaires privilégiés ?

Si j'ajoute à l'Irfu les laboratoires qui nous sont proches (LAL, IPN, CSNSM, IAS, LLR), le potentiel disponible aujourd'hui autour des deux infinis est de 2000 à 2500 chercheurs, ingénieurs et techniciens. C'est le plus gros centre français dans nos disciplines et en fait un acteur majeur au niveau mondial. A une époque où les recherches se concentrent autour de grandes installations de moins en moins nombreuses mais de plus en plus grandes, il est cohérent de se regrouper pour relever ces nouveaux défis. Mais ce seront des fédérations, pas des fusions. Tout le monde ne pourra pas tout faire, c'est en se complétant et en se renforçant mutuellement que nous pourrons aller plus loin.

Quel est le gain pour l'Irfu ?

Le Plan Campus rassemblera des acteurs amenant des spécificités complémentaires aux nôtres. L'Irfu sera plus fort et plus visible, si nous faisons en sorte que nos partenaires soient forts et visibles. Ce sera là le point clé du projet : si l'on arrive à comprendre tous que, pour le SAP, l'IAS est une force, que, pour le SPP, le LAL est une force, que, pour le SPhN, l'IPN et le CSNSM sont des forces... alors nous serons tous plus forts *in fine*.



Les zones clés de la thématique sciences physiques sur le Campus

Où en est le projet Campus aujourd'hui ?

Le Plan Campus a déjà commencé. Concrètement pour l'Irfu le premier élément visible sera le bâtiment Éclipse qui en plus de la Maison de la simulation à laquelle nous sommes fortement associés devrait accueillir notre Maison du spatial et des deux infinis du côté de l'Orme des Merisiers. Pour préparer le long terme, les Directions des différents partenaires ont commencé à se concerter pour renforcer nos liens, mais il faut que l'initiative soit portée par l'ensemble des acteurs. Nous devons mettre la science au centre, concrétiser la volonté d'aller quelque part ensemble, favoriser l'échange.

 Retrouvez la version intégrale de l'interview sur l'Intranet Irfu.

GIS : Groupement d'intérêt scientifique

LAL : Laboratoire de l'accélérateur linéaire

IPN : Institut de physique nucléaire

CSNSM : Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse

IAS : Institut d'astrophysique spatiale

LLR : Laboratoire Leprince-Ringuet

Les 12 thématiques Campus

Le Plan Campus est structuré en douze domaines scientifiques : sciences physiques, chimie, mathématiques, biologie-santé, climat-environnement, énergie à bas carbone, science et ingénierie du vivant, sciences humaines et sociales, économie-finance-gestion, sciences et technologies de l'information et de la communication, nanosciences-nanoinnov, sciences de l'ingénierie. Les sciences physiques, avec 20% de l'effectif national sur le plateau, sont présentées comme un pilier du projet. Elles se concentrent autour de trois axes thématiques : physique des deux infinis, atome et matière condensée, interactions rayonnement-matière.

Les plaisirs de la communic

Qui ne s'est jamais retrouvé dans la situation de devoir parler de son métier ? Et qui n'a pas pièce du puzzle de la matière, ou de celui de l'Univers ? Chacun puise dans ses connaissances de l'Univers », il est difficile de ne pas perdre l'intérêt de notre auditeur. Tout dépend de notre cible,



Roland Lehoucq commentant une photo de la surface du soleil montrant des éruptions solaires à des élèves d'une école primaire sous le regard de sa complice, Anne Decourchelle.

privilegié de transmission et de partage des connaissances. tout le travail du vulgarisateur consiste à reformuler le susciter chez les lecteurs et les auditeurs un égal appétit Pour l'infiniment petit, nous essayons tous de partir d'une de zoomer à l'intérieur de celui-ci, pour parler des noyaux reste à formuler tous les mystères du fonctionnement de ces origine et son évolution, est l'autre extrême de l'origine de les sujets abordés, de la physique aux instruments, partager il nous laisse avec une immense satisfaction et l'envie de du savoir est la clé de la communication que ce soit vers le domaines, les hauts fonctionnaires de la recherche, il y a De nombreux outils existent pour faire circuler ces savoirs. donneront envie, je l'espère, de consommer cette science pour une meilleure diffusion et un rayonnement encore plus

Susciter des vocations chez les jeunes

L'opération « Conduite accompagnée vers les métiers de la science » est menée par la Direction du Centre de Saclay en partenariat avec l'académie de Versailles et les lycées de Brétigny et Saint-Michel-sur-Orge. Différentes actions sont organisées chaque année comme l'opération *Speed dating*. Chaque participant dispose de trois minutes pour piquer l'intérêt des lycéens et pour raconter simplement comment il en est venu à exercer un « métier de la sciences », si cela est une « vocation » ou le fruit de hasards. On démythifie ainsi les métiers de la science en montrant qu'il y a des voies multiples pour y arriver, des parcours plus ou moins longs et sinueux, qu'il y a des difficultés, des joies, des problèmes aussi. En 2009, la participation de l'Irfu a été appréciée.

Attirer les futurs thésards dans nos laboratoires

Encadrer des travaux de laboratoire

Comme chaque année, des étudiants de deuxième année du master (M2) Noyaux, particules, astrophysique et cosmologie (Npac) sont accueillis à l'Irfu pour leurs « Travaux de laboratoire » au mois de septembre. Les étudiants montent des expériences et analysent leurs résultats. Cette année, une douzaine d'ingénieurs et physiciens (SPhN, SPP, SAp, Sedi) s'est mobilisée pour encadrer ces futurs doctorants.

Les Masters' Days

Début décembre, les laboratoires de l'Irfu seront ouverts aux étudiants de M2 et écoles d'ingénieurs. Des présentations sur les sujets des thèses à venir, des rencontres avec les physiciens seront au menu de cette journée dont une première version a été organisée en 2008 rassemblant plus de 60 étudiants.

L'Irfu et le concours européen des jeunes scientifiques

Du 11 au 15 septembre la France a accueilli le 21^e concours européen de jeunes scientifiques (Eucys09), au Palais de la découverte. Ce concours, créé par la commission de Bruxelles, permet de valoriser la curiosité scientifique des jeunes de tous les pays européens. Ils y présentent des projets scientifiques souvent très originaux. Le CEA, et tout particulièrement l'Irfu, s'est fortement engagé dans l'organisation de ce concours pour sa première venue en France (comité d'organisation, gestion financière) et les résultats étaient vraiment à la hauteur de cet engagement.

Le jeune suisse Fabian Gafner a gagné l'un des premiers prix du concours grâce à son avion capable d'effectuer une marche arrière.



Communication scientifique

Par Sophie Kerhoas-Cavata

essayé avec ses mots de raconter dans quels domaines de recherche il contribue à apporter sa petite pierre pour faire partager son monde professionnel. Concernant la recherche « sur les lois fondamentales mais de 7 à 77 ans, l'important est de la captiver. La vulgarisation scientifique est un moyen De l'écriture d'un « fait marquant » à l'accueil dans un laboratoire de jeunes collégiens, « vrai problème » scientifique pour le ramener à une interrogation vraisemblable pouvant de rêve et d'imagination.

image connue, par exemple celle de l'atome avec ses orbites électroniques puis et en continuant notre zoom d'atterrir sur les quarks. Une fois le décor posé, il briques élémentaires. L'infiniment grand, avec la structure de l'Univers son la matière, un autre défi pour la vulgarisation scientifique. Peu importe ces rêves d'en savoir plus sur ces sujets, si l'exercice est un succès, faire encore mieux la prochaine fois. Cette volonté de partager cette quête grand public, les étudiants, des collègues aux universités, les scientifiques d'autres au bout du compte une immense joie d'y arriver.

Les quelques exemples qui vont suivre ne prétendent pas à l'exhaustivité. Ils vous expliquée à tous, à digérer « sans douleur », et de devenir acteur de la vulgarisation scientifique grand des sciences pour les « lois fondamentales de l'Univers ».



En mettre plein la vue

Il n'y a rien de mieux que d'associer le geste et la parole pour capter l'intérêt d'un public de spécialistes ou de profanes. Immortaliser ces moments en les enregistrant, en les filmant nous donne ensuite accès à une médiathèque permettant de communiquer efficacement. Alain Porcher, le cinéaste maison de l'Irfu, a déjà beaucoup de vidéos à son actif (<http://irfu.cea.fr/Phocea/Video/>) depuis des interviews de chercheurs jusqu'à des courts documentaires racontant une séquence unique de la vie d'une expérience. Il peut répondre à vos demandes, n'hésitez pas à le contacter. En complément, astrophysique TV (<http://irfu.cea.fr/Sap/Phocea/Video/>) propose de nombreuses vidéos pour comprendre l'origine, l'histoire et le devenir de l'Univers.

Imag'in Irfu

Alain Porcher est aussi susceptible de faire des reportages photos, à Saclay ou sur vos sites d'expériences. Nous souhaitons d'autre part collecter les images que vous avez pu prendre en les entrant dans l'imagier de l'Irfu (Contact : E. de Laborderie). Nous organiserons aussi un concours de photo annuel, récompensé par un prix, afin de faire une exposition et de collecter les plus belles photos scientifiques de l'Irfu. N'hésitez pas à contacter l'équipe com de l'Irfu.

Graines d'acteurs de et cinéastes

Le festival Pariscience a projeté deux films mettant en scène des acteurs de l'Irfu parmi sa sélection de 40 documentaires : « Collisions » ou chronique de la plus grande expérience scientifique de tous les temps (écrit et réalisé par Ursula Bassler et Anaïs Prosaic) et « Des étoiles et des hommes » (écrit et réalisé par Sam Albaric et Pierre-François Didek). Ils nous proposent deux immersions au sein des laboratoires de physique des particules et du spatial. Nous découvrons les coulisses de la recherche, les attentes et les anxiétés des chercheurs liées à la construction de l'accélérateur et des détecteurs du LHC ou du satellite Herschel. Souhaitons bonne route à ces films à travers les festivals et même la télévision !

Sophie Kerhoas-Cavata est chargée de la mission "communication" à l'Irfu.



Contact : lison.bernet@gmail.com

Diffusion du film « Des étoiles et des hommes » sur canal+cinéma le 23 novembre 2009 à l'occasion d'une semaine thématique consacrée au cosmos.



Clin d'œil sur une BD

Tous les mois, la dessinatrice Lison Bernet s'amuse à parler des quêtes des physiciens du LHC avec humour, tendresse et justesse. Vous serez peut-être éclairé par sa vision et vous rirez assurément ! <http://www.lhc-france.fr/> Vous pourrez aussi trouver sur ce site de nombreux films sur les instruments et les métiers qui gravitent autour de l'aventure du LHC.

La formation doctorale à l'Irfu

Par Anne-Isabelle Etienvre

Environ 70 doctorants préparent actuellement leur thèse dans l'un des services de l'Irfu. Ce nombre reflète des profils variés. Variété thématique, puisque ces étudiants qui proviennent de filières différentes (physique fondamentale ou appliquée, école d'ingénieurs générale ou très spécialisée...) ont fait le choix de poursuivre leurs études par un doctorat, prolongement de leur spécialisation. Variété linguistique ensuite car ils viennent de nombreux pays, européens, asiatiques, ou américains. Certains d'entre eux viennent en France dans le cadre d'une co-tutelle, d'autres pour la totalité de leur thèse. De par leur diversité, nos doctorants sont une source d'enrichissement pour tous et constituent un vivier très dynamique. A la rentrée 2009, nous accueillerons avec grand plaisir une trentaine de nouveaux doctorants. Parallèlement, l'Irfu continue à consolider ses liens avec ses partenaires académiques. Ceci se traduit par une implication forte des chercheurs dans l'enseignement. Plus de 70 chercheurs-ingénieurs ont ainsi exercé une activité d'enseignement en 2007-2008, à différents niveaux universitaires, du L3 au M2 ainsi que dans des

cours d'école doctorale, ou bien en formation continue à l'INSTN. Cela se traduit également par une présence renforcée au sein des directoires des écoles doctorales qui correspondent aux thématiques de recherche de l'Irfu. Ces liens forts avec les partenaires académiques permettent à une fraction importante des doctorants d'exercer une activité d'enseignement durant leur thèse, sous forme de monitorat ou de vacations, ce qui leur ouvre les portes de l'enseignement supérieur. Enfin, nous sommes allés à la rencontre des étudiants intéressés par les activités de recherche de l'Irfu en les conviant à une journée de présentation de notre institut : le *Masters' day*. Une cinquantaine d'étudiants enthousiastes de différents établissements français sont ainsi venus nous rendre visite ; certains d'entre eux sont repartis avec l'envie de revenir nous voir pour un stage ... et pourquoi pas une thèse !

Anne-Isabelle Étienvre est physicienne dans le groupe Atlas où elle se consacre à l'étude du quark top. Elle est chargée de la mission "formation doctorale" à l'Irfu.

Pan ! sur le becquerel

Avait-elle trop absorbé l'un de ces petits vins extraterrestres un peu traîtres, la personne qui, dans la figure de la page 14 du numéro 79, écrit « absorbtion » au lieu d'« absorption » ? Était-elle dans la Lune, lorsqu'elle changea « allègrement », en haut de la page suivante, l'Unité Astronomique en unité atmosphérique ?

Eh, faciles, ces rires¹ ! En symbiose avec le sous-titre de ce 79, cette personne en fut, en apparence, bouleversée. Mais comment ne pas l'être quand on rêve de petits hommes verts ? C'est autrement plus passionnant que de savoir que le verbe « absorber » ne dérive pas en absorbtion, mais en absorPtion, alors qu'en Alsace, on prononce les B comme les P, surtout quand on pèse et on emballé. Heureusement, avec les yeux de l'astronomie moderne, on peut voir plein de planètes nettes, bien plus jolies que des nénétes plates, tout en restant dans son fauteuil de laboratoire. Fini, les épuisants déplacements ! Plus besoin de grosses autos pour observer l'écliptique.

N'accablons pas l'auteur de ces coquilles. Il lui faut au contraire un chevalier Bayard pour l'apaiser. (3!)

Joël Martin, retraité du SPHn

1) On peut deviner ce que donne « Eh, f-a-ciles, ces ri-res », en rangeant les phonèmes dans l'ordre indiqué :

4 3 6 2 1 7 5

Directeur de la publication : Philippe Chomaz

Directeur scientifique : Vanina Ruhlmann-Kleider **Rédacteur en chef :** Jean-Luc Sida

Comité éditorial : Marlyne Besson, Rémi Chipaux, Olivier Corpacce, Philippe Daniel-Thomas, Antoine Drouart, Christian Gouiffès, Florence Hubert-Delisle, Fabien Jeonneau, Emmanuelle de Laborderie, David Uhuillier, Pierre Manil, Vanina Ruhlmann-Kleider, Yves Sacquin, Angèle Séné, Didier Vilanova

Secrétariat : Marlyne Besson

Mise en page : Christine Marteau

Crédits Photo : CEA - Nasa - Esa - Imag'In Irfu (Alain Porcher, Jorge Novo) - Herschel - Fermi

Abonnement : Sophie Chastagner Tél : 01 69 08 75 57 ou sophie.chastagner@cea.fr

Dépôt légal : Octobre 2009



Une planète nette ...



...pour une nénéte pas plate.