

# Scintillation2

Février 2012

• Battement d'ailes, Milena Angus

## L'ARBRE DE FAIT

*Le scientifique est comme Madame, comme le grand-père, comme le trompettiste, pour lui « un arbre n'est pas seulement un arbre\* ». Les choses cachent une complexité qui à la fois nous interpelle sur ce que l'on voit - ce que j'observe est-il vraiment un arbre ? - et sur l'image que nous nous faisons - ma représentation de l'arbre est-elle correcte ?*

*Certains arbres sont des mirages. Serait-ce le cas de ces neutrinos si rapides qu'ils butent sur le possible ? Les résultats de l'expérience Opera bouleverseraient notre compréhension du monde. On peut aussi, par déduction, supputer un arbre comme le boson de Higgs ou les neutrinos stériles. Cet arbre Higgs semble si réel, si proche... On attend alors la preuve des fées ou l'épreuve des faits et le curieux réclame le regard de l'historien car il faut du temps pour extraire l'arbre caché derrière une forêt de possibles. Trente ans de travail au Tevatron ont permis, par exemple, d'engranger des certitudes. L'arbre a planté alors des racines que l'on ne pourra plus défaire.*

*Nous connaissons tellement bien certains arbres que nous les utilisons pour bâtir : la connaissance au service d'applications comme le refroidissement ou la construction d'aimants, l'accélération de particules...*

*Pour sûr Madame, à l'Irfu, les arbres ne seront jamais seulement des arbres.*

**Jean Luc Sida**

- ▷ Le Tevatron, trente ans au top : Genèse p. 2, Les tops du Tevatron p.3, Le CEA et le Tevatron p. 4, Vision de l'avenir p.5
- ▷ Des labos et des hommes : L'évaluateur évalué p. 6, La bibliométrie mise à l'index p.7
- ▷ Buzz neutrino : La piste fertile des neutrinos stériles p. 8, Le bang du neutrino superluminique p. 9
- ▷ LHC news p. 10 ▷ Spirale sous contrôle p. 11 ▷ Glad and Fair p. 12 ▷ Siphonnés, ces grands aimants p. 13 ▷ Quand le Cnes jubile, le CEA aussi p. 14 ▷ Labex P2IO p. 16

# Le Tevatron,

## Genèse

Par Armand Zylberstejn

**En 1983 s'achevait la transformation de l'accélérateur du laboratoire Fermi, près de Chicago, en collisionneur protons-antiprotons de 1.8 TeV, le Tevatron. Pourquoi le CEA s'est-il investi dès les premières heures dans la collaboration D0 ?**

**F**in 1983, un petit nombre de physiciens des universités Stony Brook et Michigan State, dirigé par Paul Grannis, a manifesté son intérêt pour effectuer une expérience au Tevatron, autour d'une zone de collisions appelée D0. Un avant-projet fut rédigé pour explorer la physique hadronique à la plus haute énergie disponible au monde, incluant la recherche du quark top, celle de particules supersymétriques et la mesure de précision de la masse des bosons vecteurs.

Parlez Tevatron...

**Run 1 1992-1996 :**

Première campagne de mesures à 1.8 TeV, atteignant une luminosité intégrée de l'ordre de  $0.125 \text{ fb}^{-1}$ .

**Run 2 2001-2011 :**

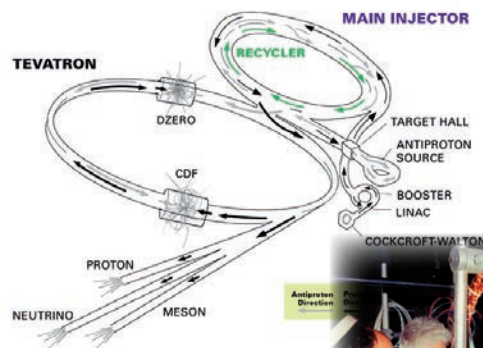
Deuxième campagne de mesures. L'énergie est portée à 1.96 TeV, et la luminosité intégrée atteint  $10 \text{ fb}^{-1}$ .

Intéressés par ce projet d'expérience au voisinage de 2 TeV, alors que la machine du Cern n'allait fonctionner qu'en dessous de 0.7 TeV, Yves Ducros et Armand Zylberstejn prirent contact avec des physiciens de D0, dès décembre 1983. Les premiers échanges semi-officiels eurent lieu au début de l'année 1984 et la contribution de Saclay à l'appareillage fut discutée. Le groupe formé au sein du Département de physique des particules élémentaires (DPHPE) voyait là un moyen de rejoindre un projet ambitieux. Cette participation avait été accueillie avec enthousiasme par la collaboration à laquelle elle donnait une dimension internationale. Saclay a été pendant très longtemps la seule équipe hors-USA participant à D0.

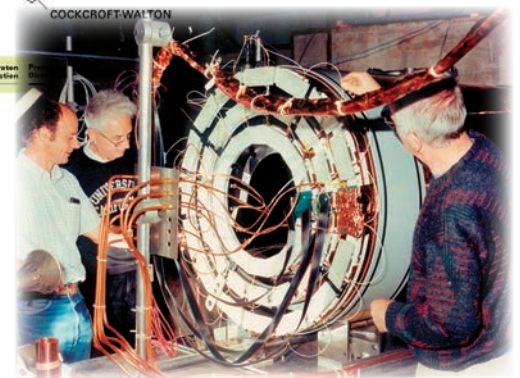
Très rapidement, la participation du DPHPE avait été définie : ce serait la conception et réalisation d'un détecteur de rayonnement de transition (TRD, *Transition Radiation Detector*), appareil permettant la sélectivité des électrons issus de la collision. Les premiers essais, effectués au Cern, permirent de définir les caractéristiques de l'appareil et montrèrent que l'on pouvait atteindre, dans des conditions favorables, une sélectivité comprise entre 20 et 100 pour distinguer les électrons des autres particules. La construction du TRD s'est étalée de 1986 à 1988, avec deux séries de tests au Cern. Envoyé en 1990, l'appareil est resté environ un an dans la salle de montage, le dispositif expérimental appelé à le recevoir n'étant pas prêt.

Les premières données en mode "collision" ont été prises au printemps 1992. Cette phase de saisie des

données, achevée en 1996, constitue le *run 1*. Après des modifications importantes de la machine, montée en énergie et surtout en luminosité, une deuxième campagne de prise de données démarre cinq ans plus tard, le *run 2*, à une énergie de 1.96 TeV, qui s'est terminée avec la fermeture du Tevatron, le 30 septembre 2011 à 14h32. Une aventure de trente ans, riche de nombreuses découvertes.



Le Tevatron pouvait fournir des faisceaux de protons, de mésons et de neutrinos. D0 et CDF étaient les deux expériences installées sur le collisionneur proton-antiproton.



Yves Ducros, Armand Zylberstejn et Jacques Teiger travaillant à Saclay sur le détecteur de rayonnement de transition pour D0.

## Tint(ou)in sur le top !

« Lors de l'arrivée des sept premiers candidats "top", dans une ambiance de secret d'état et de paranoïa totale, nous avons voulu les analyser pour vérifier si le rayonnement de transition confirmait l'hypothèse "électron". Le plus compliqué fut de récupérer ces malheureux événements jalousement gardés par une armée de physiciens suspicieux. Après quelques allers et retours dans différents bureaux de différents étages, et ayant obtenu les e-mails *ad-hoc*, comme le Capitaine, nous avons pu analyser les sept traces isolées ayant déposé chacune de l'ordre de 40 GeV dans le calorimètre. Elles semblaient correspondre à des électrons. Nous avons pu vérifier que, pour cinq d'entre elles, le rayonnement de transition était bien présent...»

Laurent Chevalier, D0 1992-1994

# trente ans au top



## Les tops du Tevatron

Par Marc Besancon

**Le Tevatron a fonctionné de 1992 à 2011. La découverte du quark top en 1995 figure parmi les faits les plus marquants mais, au-delà de ce succès, quel a été l'apport de cette machine à notre compréhension des lois fondamentales de l'Univers ?**

**R**evenons tout d'abord sur la découverte du quark top. Printemps 1994, l'expérience *Collider Detector at Fermilab* (CDF) soumet un papier montrant une indication de l'existence du quark top avec une masse proche de 175 GeV et un taux de production deux fois supérieurs aux prédictions d'alors. Ces données étaient cependant insuffisantes pour affirmer la découverte. De plus, bien que les sensibilités des expériences CDF et D0 soient similaires, à cette date, le nombre de candidats de l'expérience D0 s'élevait à 7 événements pour un bruit de fond équivalent à 3.2 événements.

24 février 1995, CDF et D0 soumettent simultanément des papiers annonçant la découverte du quark top. L'expérience D0 avait alors sélectionné 17 événements avec un bruit de fond attendu de 3.8 événements ; plus qu'une chance sur 500 000 pour que le bruit de fond fluctue en un signal de quark top ! Jusqu'au démarrage du LHC, le Tevatron était le seul endroit au monde où le quark top pouvait être produit et il fallait utiliser au maximum les capacités uniques de cette machine.

Pour la physique du quark top, la découverte de sa production célibataire par interaction faible ainsi que les mesures de sa production, sa masse, son hélicité sont actuellement les plus précises du monde. Elles

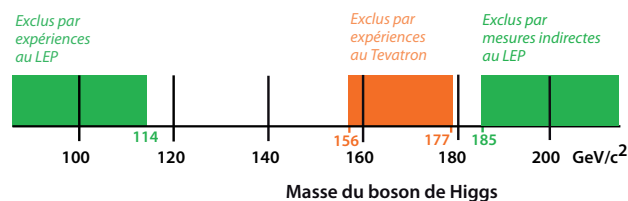
constituent autant de réussites associées au Tevatron et marqueront l'histoire de la physique des particules.

Le Tevatron a aussi permis l'étude de l'ensemble du secteur électrofaible ainsi que les premières exclusions de domaines de masse du boson de Higgs du modèle standard. L'expérience D0, dans laquelle nous étions fortement impliqués, a ainsi réalisé la mesure la plus précise du monde de la masse du boson W. Par ailleurs, la découverte des oscillations des mésons B<sub>s</sub>, composé d'un antiquark *bottom* et d'un quark étrange, et la mise en évidence d'une asymétrie dans la production de deux muons constituent des résultats majeurs pour comprendre l'asymétrie entre matière et antimatière dans l'Univers.

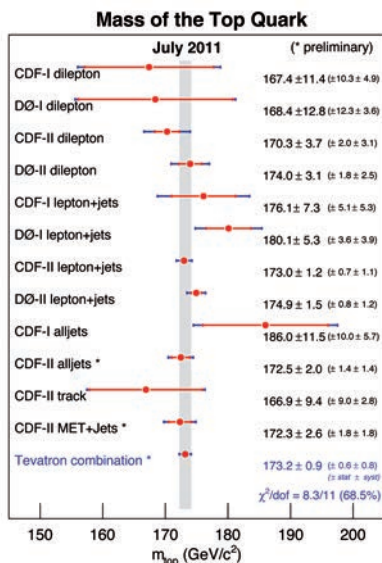
Le Tevatron s'est également engagé dans un large programme de recherche de physique nouvelle au delà du modèle standard (supersymétrie, leptarquarks...) contraignant ainsi les paramètres des différents modèles, préparant le LHC.

### Recherche du boson de Higgs

Exclusion à 95% à l'été 2011

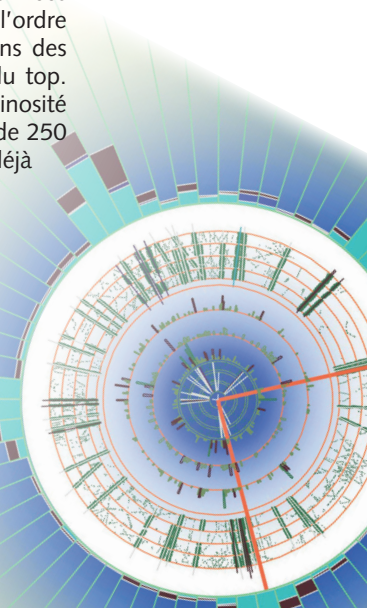


Les expériences du LEP et du Tevatron ont permis d'exclure un large domaine de masse possible pour le boson de Higgs. Le LHC explore les zones où il pourrait encore se cacher.



L'observation des différents canaux de production du quark top par les expériences D0 et CDF du Tevatron ont permis une mesure précise de la masse du quark top.

Pour le *run 1* du Tevatron, 1992-1996 à 1.8 TeV, la collaboration D0 a enregistré un lot de données correspondant à une luminosité intégrée de l'ordre de 0.125 fb<sup>-1</sup> et a publié plus de 80 articles dans des revues à comité de lecture dont la découverte du top. Pour le *run 2*, 2001-2011 à 1.96 TeV, une luminosité intégrée de plus de 10 fb<sup>-1</sup> a été atteinte et près de 250 articles dans des revues à comité de lecture ont déjà été publiés dont la production célibataire du top et les mesures de précision du W. Ces travaux ont donné lieu à treize thèses de doctorat à l'Irfu, dont quatre en cours. Le lot complet d'événements enregistrés par l'expérience D0 au 30 septembre 2011, jour de l'arrêt de l'accélérateur, fera l'objet d'analyses dans les années à venir, complétant les découvertes qui seront l'héritage du Tevatron au monde de la physique.



## Le CEA et le Tevatron

Par Boris Tuchming

**Dans un projet de trente ans comme le Tevatron, l'implication des physiciens des particules et la sollicitation des personnels techniques varie au fil du temps, surtout quand il vient en complément de projets européens d'envergure comme le LEP, arrêté en 2000, et la construction du LHC.**

**Bilan des études menées par le CEA au Tevatron au cours de ces trente ans...**

Impliqué dès les premières heures de D0 dans le *run 1*, le groupe s'étoffe de nouveaux membres pour préparer le *run 2*, en 1997. Au delà de l'intérêt intrinsèque du programme de physique, travailler sur le Tevatron était le meilleur moyen de préparer les expériences au LHC : la physique des collisions et les techniques d'analyses ont de grandes similarités entre les deux collisionneurs.

Ce groupe accueillit également des physiciens en provenance des expériences du

LEP qui venait de finir

sa dernière campagne de prise de données en 2000. Ces nouveaux venus ont d'abord travaillé sur le système de reconstruction des muons dans le détecteur

D0. L'expertise acquise sur la détection de ces particules s'est rapidement transférée sur des sujets de recherche concernant les muons : la recherche de nouvelles dimensions d'espace-temps qui se signaleraient par la production de muons à haute énergie et la mesure de la

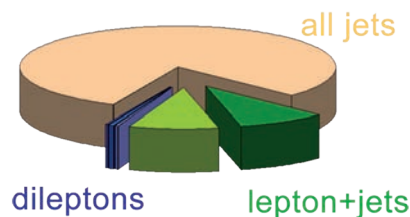
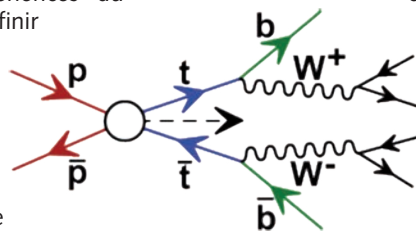
production du boson intermédiaire électrofaible W, qui se désintègre en muons. Puis d'autres sujets ont été abordés : la physique du top, l'étude de l'interaction forte et la recherche de bosons de Higgs...

Durant le *run 2*, les études sur le top ont d'abord porté sur le mode de production électrofaible de tops célibataires. Puis nous avons mesuré, avec une précision record, les propriétés des paires de top produites par interaction forte dans les modes dits "dileptoniques" c'est-à-dire mettant en jeu des électrons ou des muons. Les mesures de la section efficace de production et de la masse du top permettent de

tester la cohérence du modèle standard de la physique des particules.

Les collisions protons/antiprotons mettent en jeu l'interaction nucléaire forte. Le Tevatron est donc un formidable outil pour étudier cette interaction et sonder la structure du proton. Une partie des physiciens s'est plongée dans ces études en mesurant avec une grande précision la production des jets de particules provenant des collisions en les comparant aux prédictions de la chromodynamique quantique.

Après les expériences du LEP, le Tevatron a pris le relais pour la recherche du boson de Higgs. L'Irfu s'est alors engagé dans l'amélioration du système de déclenchement calorimétrique, indispensable pour tirer parti de la phase haute luminosité qui commença en 2006.

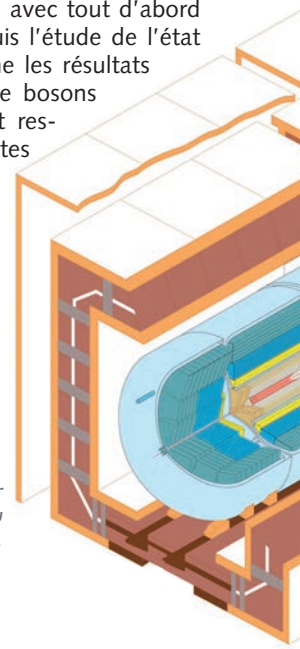


L'interaction forte produit le quark top par paires, chacun se désintégrant rapidement en un boson W et un quark bottom (diagramme de gauche). On distingue les événements "top" en fonction des différents modes de désintégration des W, sous forme de quarks ou de leptons (camembert).

Un groupe de physiciens s'est aussi intéressé à la recherche de bosons de Higgs dans le cadre un peu particulier de la supersymétrie, avec tout d'abord l'étude de l'état final multi-jets, puis l'étude de l'état final avec des leptons taus. Comme les résultats sont compatibles avec l'absence de bosons de Higgs supersymétriques, ils ont resserré l'étai des contraintes existantes sur ces modèles.

Plus récemment un groupe s'est constitué pour rechercher les bosons de Higgs de modèle standard dans les modes de désintégration impliquant des W (encore eux). La traque se poursuit toujours avec l'analyse des dernières données du Tevatron.

Vue schématique du détecteur D0 sur lequel l'Irfu a pris des données au Tevatron de 1992 à 2011.



# trente ans au top



## Vision de l'avenir

Entretien avec Frédéric Déliot

**Scintillations :** En quoi consiste pour toi l'héritage du Tevatron pour la physique des particules ?

**Frédéric Déliot :**

Ce qui me vient à l'esprit d'abord ce sont les découvertes majeures comme le quark top au *run 1*, les oscillations des mésons B<sub>s</sub> et la production de quarks tops célibataires au *run 2*, ou les

premières exclusions du boson de Higgs standard depuis le LEP. Mais je crois qu'il faut ajouter toutes les mesures qui ont permis d'atteindre une précision inégalée sur les propriétés des particules élémentaires comme la masse du boson W et du quark top. Ceci a permis de tester le modèle standard avec un niveau de détail impressionnant. Et nous n'avons analysé que la moitié de la statistique finale fournie par le Tevatron !

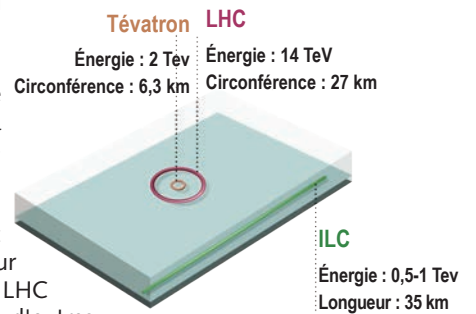
par les laboratoires américains. Au cours du *run 2*, l'implication des instituts hors USA a fortement augmenté pour faire maintenant part égale avec les Américains. Les rapports avec nos collègues américains sont souvent plus simples et plus directs qu'entre Européens. Pourtant, au début du *run 2*, il était difficile de travailler efficacement en étant basé hors de Fermilab. La situation a bien changé. La fin de la participation de l'Irfu dans D0 coïncidera avec la fin de son engagement à Fermilab. Même si cette situation n'est pas irrémédiable, on peut le regretter sachant que notre institut a toujours eu un pied dans une expérience à Fermilab depuis la fin des années 70.

**Scintillation :** Maintenant que le LHC fonctionne, est-ce que cela a encore un sens d'analyser les données du Tevatron ?

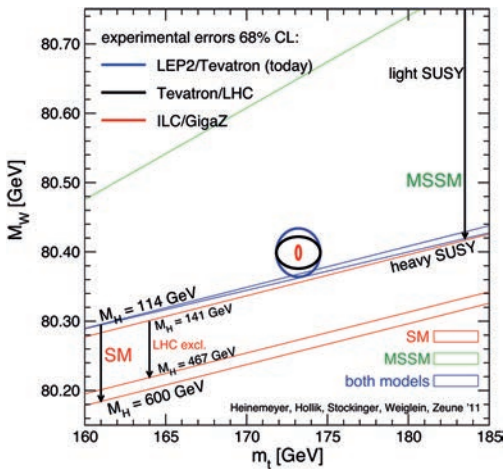
**F.D.:** C'est encore très intéressant car le Tevatron était un accélérateur proton-antiproton alors que le LHC "collisionne" des protons contre d'autres protons. Certaines mesures sont donc complémentaires à celles du LHC. Par exemple, si le boson de Higgs a une faible masse, comme prédit par les ajustements électrofaibles du modèle standard, le Tevatron est sensible aux couplages avec les quarks b, alors que le LHC est surtout sensible à ses couplages aux photons. On peut aussi citer d'autres exemples dans la physique du quark top où le mode dominant de production par paires n'est pas le même : annihilation de quarks au Tevatron contre fusion de gluons au LHC. Ceci explique que l'asymétrie de charge ou les corrélations de spin soient très différentes au Tevatron et au LHC. Le lot de données du Tevatron, 10 fb<sup>-1</sup> de collisions proton-antiproton à 1.96 TeV, est donc précieux, il doit être pleinement exploité.

**Scintillations :** Est-ce que ça n'est pas frustrant de ne pas profiter de la moisson de données du LHC ?

**F.D.:** En fait, beaucoup de personnes, moi en particulier, travaillent depuis plusieurs mois au sein d'une des expériences du LHC. J'ai raté la phase de grande excitation liée au démarrage, mais je l'avais vécue au démarrage du *run 2*, à D0 ! L'attention est maintenant plus tournée vers le Cern que vers Fermilab et le potentiel de découvertes du LHC est important. Cependant, après presque dix ans d'engagement dans le *run 2*, sans parler du *run 1*, l'Irfu doit participer aux analyses finales du Tevatron. Le défi dans les mois et les années qui viennent va donc être de garder un pied au Tevatron et un pied au LHC !



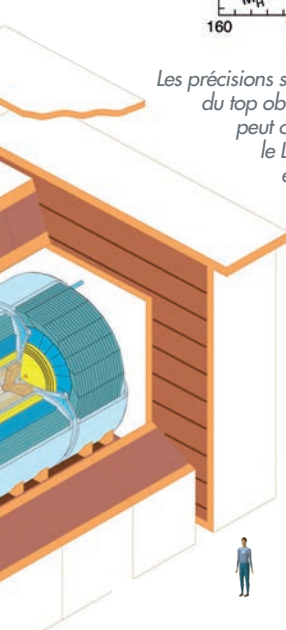
Les tailles respectives du Tevatron, collisionneur proton-antiproton circulaire en rose, du LHC, collisionneur proton-proton circulaire en violet et le projet d'accélérateur linéaire d'électrons et de positons ILC - International linear collider - en vert.



Les précisions sur les masses conjointes du boson W et du top obtenues aujourd'hui (ellipse bleue). On peut comparer avec ce qui sera obtenu avec le LHC (ellipse noire) et l'ILC (ellipse rouge) en gardant les mêmes valeurs moyennes. Ces valeurs peuvent être comparées aux résultats du modèle standard pour différentes masses du boson de Higgs et à des modèles supersymétriques.

**Scintillations :** En quoi est-ce particulier de travailler sur une expérience américaine ?

**F.D.:** Quand j'ai commencé ma thèse à la fin des années 90, la collaboration D0 était encore dominée



# Des labos et

L'évaluation d'un laboratoire devient un critère  
évaluation est basée sur l'ensemble de ses activités  
Évaluation des laboratoires, évaluation

## L'évaluateur évalué

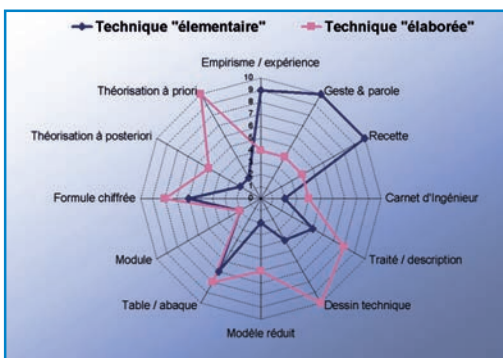
Par Pierre-Olivier Lagage

Unité mixte de recherche «astrophysique, instrumentation, modélisation, de Paris-Saclay » (AIM), avec pour tutelle le CEA/Irfu, l'Université Paris Diderot et le CNRS/Insu a été l'une des premières unités à faire l'objet d'une évaluation par l'AERES. L'évaluation portait sur le bilan des quatre années de fonctionnement de l'unité et sur ses projets pour les quatre années à venir. L'élaboration des documents préparatoires, selon les trames fournies par l'AERES, a demandé un travail conséquent mais intéressant, notamment pour le document de perspectives qui a permis de créer une dynamique au sein de l'unité. Le comité de visite était composé de spécialistes étrangers et français, de deux représentants du CNRS (un chercheur, un ITA) et d'un représentant des Universités. De plus, un représentant thématique de l'AERES est présent pour s'assurer du bon fonctionnement de la visite. L'évaluation s'est déroulée pendant deux jours, avec exposés, visites et discussions avec les membres du conseil de laboratoire, différentes catégories de personnel (chercheurs, étudiants/postdoc, ingénieurs/techniciens), la direction du laboratoire et les tutelles.

inutile de lui faciliter la tâche, par exemple en préparant des présentations orales en ayant en tête la trame du rapport du comité ! Si toutefois l'unanimité ne peut pas être obtenue, alors la note sera donnée par l'AERES, sur la base du rapport.

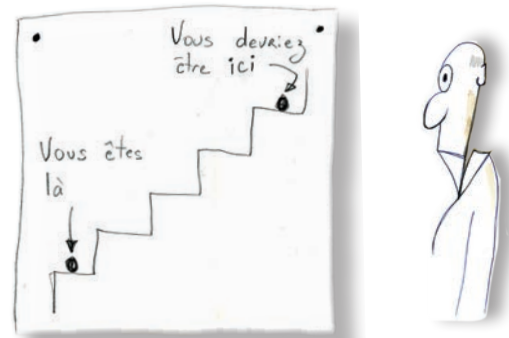
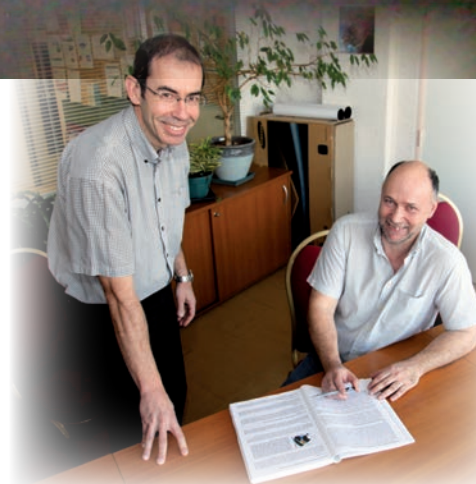
L'AERES est dans une démarche d'amélioration constante, entraînant une évolution des critères d'évaluation. Le poids de la note a pris une ampleur excessive et lors de la dernière réunion des présidents de comité de visite, nous avons transmis à l'AERES une mention demandant de supprimer cette note, qui occulte l'aspect le plus important : les recommandations !

AERES :  
Agence d'évaluation  
de la recherche et  
de l'enseignement  
supérieur



Définir des indicateurs pertinents pour les évaluations est souvent un casse-tête...

Tout s'est très bien passé et à la fin de la visite, le président du comité de visite n'a pas tari d'éloges sur l'unité, « un des joyaux du CEA » ! Ensuite, le comité rédige un rapport selon une trame fournie par l'AERES. Le rapport est fourni aux tutelles pour commentaires. Si des erreurs factuelles sont relevées, elles sont corrigées... et il y en avait ! Le rapport pour AIM était extrêmement élogieux... Puis vient la note, la fameuse note, donnée non par le comité mais par l'AERES. Pour AIM, on s'attendait au « triple A » (A+ dans le langage AERES), et ce fut un simple A. « Mais A c'est très très bien, il y a très peu de A+ », nous a-t-on dit... ! La prochaine évaluation d'AIM aura lieu fin 2012-début 2013, puis, un an après, suivra celle de l'Irfu. J'ai pu en savoir un peu plus sur l'envers du décor en étant moi-même par deux fois Président d'un comité de visite. Au vu du rapport, le "thématicien" de l'AERES qui a suivi la visite propose une note et en discute avec le président du comité de visite. Tous les présidents des comités de visite d'une thématique donnée, Sciences de l'Univers pour AIM, se retrouvent pour une journée de discussion des notes. Les notes proposées par les thématiciens de l'AERES sont présentées et chaque président explique en quelques minutes les points forts et faibles de l'unité. La note est attribuée à l'unanimité. Le président du comité de visite a donc un poids très important... Il n'est pas



## Evaluation des projets de R&D

Un colloque consacré à l'évaluation des performances dans les projets de R&D a été récemment organisé par l'Afitep\*, le Cnes, le CNRS et le CEA. Nous voulions mieux appréhender l'évaluation des individus, des équipes et des projets dans un contexte où l'excellence devient le critère principal de sélection. Des critères généraux comme la reconnaissance internationale, l'interdisciplinarité, la diversité (voire les controverses en tant que sources de créativité), sont des critères pertinents dans le cadre de nos développements instrumentaux. Un critère quantifiant l'état d'esprit a même été proposé... Ne serait-il pas encore plus fondamental que tous les autres ?

Michel Talvard

\* Association francophone de management de projets

# des hommes

important pour qu'il obtienne les moyens nécessaires à ses recherches. Cette mais aussi sur celle des hommes et femmes qui y travaillent. des hommes, quelques expériences de l'Irfu...



## La bibliométrie mise à l'index

Par Angèle Séné

**A**u cours de sa carrière, le chercheur doit régulièrement se soumettre à l'évaluation de ses activités, par ses instances dirigeantes. Dans le contexte actuel de la recherche, financée par des programmes de plus en plus recentrés autour de « projets » et de « personnalités » (programmes de l'ANR ou d'excellence, bourses européennes de l'ERC, Marie Curie...), ce sont de nouvelles strates d'évaluation qui viennent se greffer aux processus conventionnels. Le chercheur se voit désormais contraint de se démarquer, et de s'investir personnellement dans la quête de ressources pour son laboratoire.

En ce sens, l'évaluation du chercheur, ou d'un groupe de chercheurs, est au cœur de nombreux dispositifs sélectifs, qu'ils soient internes, nationaux ou internationaux. La flambée de requêtes d'indicateurs de performance amène à penser que la bibliométrie s'invite, de fait, à la table des arbitrages. Mais à quel degré ?

En matière de requête, les sollicitations sont diverses et leur traitement complexe. Ainsi à l'Irfu, en quelques années, on a vu se multiplier des demandes d'indicateurs d'excellence scientifique

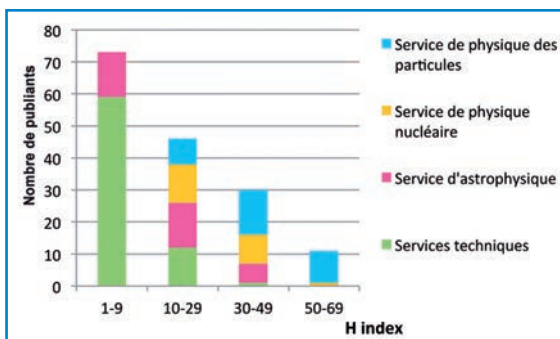
des chercheurs : nombre de chercheurs les plus cités (H index >10), publications de citations >50 ou de rang A ; nombre de publications, H index et publication la (les) plus marquante(s) d'un chercheur, prix...

La construction de ces indicateurs repose sur des paramètres très variables qui peuvent les faire fluctuer en

fonction de l'exhaustivité des bases de données interrogées, de leurs systèmes de citations, d'une multitude de critères d'interrogation, mais aussi des cultures et règles de publication des disciplines ou collaborations sous-jacentes. Le contexte de l'activité rentre aussi en compte : en fonction de l'état d'avancement d'une expérience ou du nombre de collaborateurs, le rendement en matière de publications, voire l'impact, est forcément différent. Par ailleurs, sur ces bases de calcul, il est très difficile d'estimer la contribution personnelle d'un chercheur qui travaille au milieu de centaines, voire de milliers de collaborateurs.

L'Irfu constitue depuis fort longtemps un excellent panel d'observation, ses laboratoires alliant des disciplines de physique et d'instrumentation aux pratiques très différentes en matière de publications. Les études menées sur ce corpus apportent bien des enseignements, le premier étant de se garder de toute comparaison générale. L'outil bibliométrique peut fournir de précieuses estimations de la production scientifique engendrée par l'activité de recherche d'un chercheur

ou d'une communauté de chercheurs. Cependant, c'est un instrument de mesure qui *a priori* n'a pas vocation à évaluer, à lui seul, la qualité de cette recherche. Enfin, il est encore nettement perfectible : en matière d'homogénéité, de méthodologie et de normalisation, le chantier reste ouvert.



Répartition des H index des 160 "publiants" de plus de 50 ans, en exercice à l'Irfu.

La sociologie des disciplines a un impact direct sur les indices bibliométriques. Alors que les services techniques publient peu (majorité des H-index en dessous de 10) la priorité donnée à la publication dans la recherche en physique entraîne des indices élevés.

**H index :**  
Le H index (de Hirsch J.E.) cherche à mesurer la productivité et l'impact scientifiques d'un chercheur. Il s'agit du nombre maximum d'articles du chercheur ayant chacun reçu au minimum H citations.

## Un rapport de l'Académie des Sciences...

"Le rapport de l'Académie des Sciences sur le bon usage de la bibliométrie, remis le 17 janvier 2011 au Ministère de la recherche, préconise principalement : de bannir les mauvais indicateurs tels que le facteur d'impact d'une revue, qui ne sont pas pertinents pour l'évaluation individuelle ; de compléter les chiffres bruts des indicateurs par l'examen approfondi des données bibliométriques relatives, et la consultation des meilleurs articles du chercheur ; de réserver leur usage uniquement aux profils de chercheurs confirmés. En terme de conclusion, de savoir user de la bibliométrie, mais à bon escient.

Prochaines étapes pour l'Académie : une réflexion commune avec les professionnels de la bibliométrie, dans l'objectif de proposer des pistes d'améliorations de l'outil bibliométrique. Porter l'analyse à l'échelle des organismes, pour un système de classement européen plus adapté que celui de Shangai."

Entretien avec Denis Jérôme, Membre de l'Académie des Sciences

Pour en savoir plus : <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/avis170111.pdf>

Lien vidéo : <http://irfu.cea.fr/Phocea/Video/index.php?id=136>

## La piste fertile des neutrinos stériles

Par Jonathan Gaffiot

**L'interprétation des données de l'expérience Double Chooz nécessite la connaissance des neutrinos émis par le réacteur. La réanalyse de données de réacteurs conduit à imaginer une nouvelle famille de neutrinos, sensibles à la seule gravitation.**

### Fait ou fiction ?

**D**urant leur propagation, les neutrinos ont la propriété singulière d'osciller : la saveur (électronique, muonique ou tauique) du neutrino change, en fonction du rapport

entre sa longueur de propagation et son énergie (L/E). Parce que beaucoup de détecteurs ne sont sensibles qu'à une seule saveur, l'oscillation conduit d'abord à l'observation d'une variation du flux de neutrinos. Mais la signature indiscutable de l'oscillation serait une mesure variant en fonction du rapport L/E. L'étude des oscillations se porte aujourd'hui sur la dernière des oscillations entre les trois neutrinos connus, avec notamment l'expérience Double Chooz dont l'Irfu est l'un des membres fondateurs. Le flux de neutrinos provenant des réacteurs

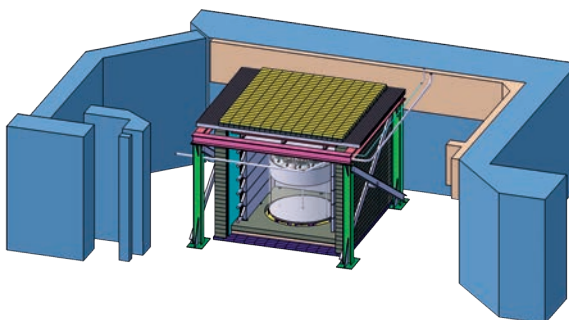
EDF de Chooz y sera mesuré à différentes distances. Une des contributions majeures de l'Irfu a été de réévaluer l'émission de neutrinos de réacteurs en incluant l'ensemble des données nucléaires. Par rapport à la précédente évaluation, basée sur un ajustement global, le nombre de neutrinos prédit augmente de 3%. C'est peu 3%, mais la précision sur les mesures de flux neutrino était inférieure, dès les années 90. Elles avaient toutes des résultats compatibles avec le flux simulé... de l'époque. Comment est-ce possible alors qu'il y ait un biais systématique de 3 % ?

Une nouvelle analyse de l'ensemble des mesures conduit à un déficit encore plus grand quand on tient compte d'autres effets comme l'amélioration de la connaissance du temps de vie du neutron, avec une déviation de plus de 2,5 sigmas ! Cet écart constitue «l'anomalie des antineutrinos de réacteur». Elle peut

s'expliquer par un biais expérimental ou des corrections complexes sur les désintégrations  $\beta$  des produits de fission qui sont à l'origine de l'émission de neutrinos. Ou, hors du cadre des oscillations connues, par une nouvelle oscillation vers un neutrino stérile, sans interaction avec la matière hormis la gravitation, ce qui expliquerait qu'il n'ait jamais été observé : un hypothétique neutrino qui évoque la matière noire...

Pour trancher, cherchons à l'observer à travers la fameuse signature : une variation en fonction de L/E. En prenant des neutrinos issus de désintégrations  $\beta$ , il faut chercher une oscillation à quelques mètres de la source. Deux pistes sont envisagées, soit en plaçant une source de plusieurs kilocuries à proximité d'un grand détecteur, soit en plaçant un petit détecteur près d'un réacteur. Et justement, l'expérience Nucifer, qui a pour objectif de son-

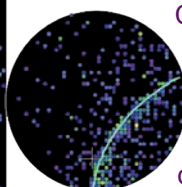
der les réacteurs en mesurant au plus près leur émission de neutrinos grâce à un détecteur compact, a démarré en décembre sur Osiris...



Le détecteur Nucifer sera placé à 7 mètres du cœur du réacteur Osiris. Nucifer est une cuve d'une tonne de liquide scintillant, dont les lumières sont mesurées par 16 photodétecteurs.

### Pendant ce temps là, au Japon...

Les physiciens de l'expérience T2K, CEA/Irfu et CNRS/IN2P3, observent pour la première fois une indication de la transformation de neutrinos muoniques en neutrinos électroniques. Dans un ensemble de données collectées avant le tremblement de terre du 11 mars 2011, six neutrinos de saveur muonique se seraient métamorphosés en neutrinos de saveur électronique !



Un neutrino électronique détecté dans le détecteur cylindrique Superkamiokande, issu de la transformation d'un neutrino muonique provenant de l'accélérateur de Tokai.





## Le bang du neutrino superluminaire

Par Bertrand Vallage

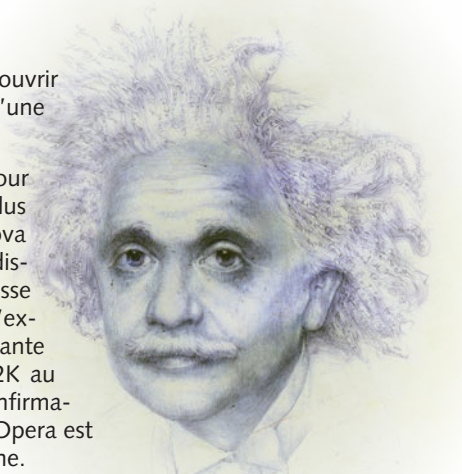
L'annonce par la collaboration Opera en ce début d'automne d'une vitesse du neutrino supérieure à celle de la lumière dans le vide fait trembler l'édifice de nos certitudes.

### Fait ou fiction ?

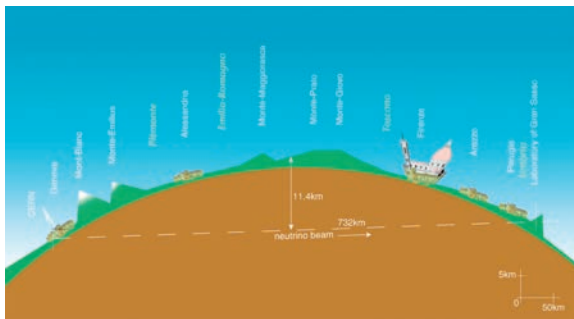
Opera est une expérience située dans le laboratoire souterrain du Gran Sasso en Italie, et dont le but principal est l'étude de l'oscillation des neutrinos. Elle reçoit un faisceau de neutrinos issu du bombardement d'une cible par des protons de l'accélérateur SPS du Cern, situé à 730 km de distance. La mesure est basée sur la différence entre le temps de détection du neutrino dans le détecteur Opera et le temps de passage des protons du Cern. Ces temps nécessitent une synchronisation qui est effectuée à l'aide de deux stations GPS au sol, situées aux deux extrémités du trajet des neutrinos, et utilisées en mode « vue commune » avec une précision de l'ordre de la nanoseconde.

tions de la mesure en essayant de découvrir des biais qui pourraient l'entacher d'une incertitude non prévue.

Quoi qu'il en soit, il est un peu tôt pour jeter la relativité aux orties, d'autant plus que les neutrinos issus de la supernova SN1987A avaient voyagé sur une distance bien plus considérable à la vitesse de la lumière. L'Irfu ne participe pas à l'expérience Opera, mais est partie prenante dans l'expérience un peu similaire T2K au Japon, et il apparaît évident que la confirmation ou l'infirmité de l'effet vu par Opera est à portée de main dans un avenir proche.



Albert Einstein 1879-1955. Il publie sa théorie de la relativité générale en 1915.



Trajet parcouru par les neutrinos produits au Cern et détectés par l'expérience Opera, au Gran Sasso.

Connaissant par ailleurs précisément la longueur du trajet parcouru, on calcule la vitesse des neutrinos et constate avec stupeur qu'elle est plus grande que la vitesse de la lumière, vitesse qu'on pensait infranchissable. Pas de beaucoup, à peine 2,5 cent-millièmes de différence relative, correspondant à une vingtaine de mètres sur 730 km.

Comme on pouvait s'y attendre, l'annonce d'Opera a déclenché un raz de marée de publications de la part des théoriciens et des expérimentateurs. Du point de vue théorique, on peut soit chercher à s'accommoder de neutrinos tachyoniques<sup>1</sup>, soit au contraire à prouver que de tels objets ne peuvent exister. Du côté des expérimentateurs, on s'est penché sur les condi-



**$V > c$**   
**Quels bouleversements ?**

« Ce résultat bouleverserait nos connaissances de la physique. Cela violerait en premier lieu la symétrie de Lorentz (les lois de la physique sont les mêmes, quel que soit le référentiel) et donc la relativité. Ces lois sont incluses dans la mécanique quantique relativiste et en particulier dans la théorie quantique des champs qui décrit la physique à l'échelle microscopique. D'autre part, l'invariance de jauge, utilisée par le modèle standard, impose que, quelle que soit la particule, il y ait une relation unique entre le temps et l'espace dans laquelle figure explicitement la vitesse de la lumière. Ce sont des piliers de nos connaissances qui s'écroulent. On pourrait imaginer que la vitesse des neutrinos soit la vitesse limite et que celle des photons soit plus faible mais alors les photons devraient avoir une masse. Ils arriveraient donc à des temps différents, selon leur masse, en provenance des différents sites stellaires, ce que nous n'avons jamais vu. L'astrophysique impose que le photon n'aille pas moins vite que la vitesse de la lumière.

Bien sur, on recherche depuis vingt ans les limites de la symétrie de Lorentz et de la symétrie CPT mais une variation de  $10^{-5}$  est un chiffre énorme et les études actuelles s'attendent à des effets beaucoup plus faibles.

La seule chose conceptuellement possible pour contourner ces difficultés serait d'introduire des modifications de l'espace-temps entre le Cern et le Gran Sasso... Je crois qu'il faut confirmer ces résultats avant d'envisager ces hypothèses et entreprendre de tels bouleversements.»

*Entretien avec Jean Zinn-Justin*

1. Tachyon : particule ou classe de particules satisfaisant aux équations de la relativité restreinte mais qui, si elle existait, se déplacerait à une vitesse supraluminique.

# LHC News

Depuis les années 70, les expériences ont confirmé la pertinence du modèle standard de la physique des particules pour décrire les constituants élémentaires de la matière et leurs interactions. Seule manque la confirmation du mécanisme qui explique l'origine des masses des particules, mécanisme à un boson de Higgs dans le modèle standard ou mécanisme impliquant de nombreuses nouvelles particules dans les extensions du modèle.

Quelques nouvelles du LHC...

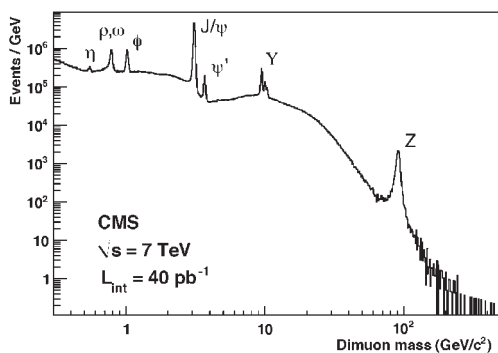
## Premières mesures...

Depuis sa prudente remise en service en mars 2010, à mi-énergie et faible luminosité, le LHC a dépassé les espérances de ses exploitants : arrêtée pour l'hiver 2011, la machine a produit à ce jour deux à trois fois plus de collisions qu'attendu lors de son redémarrage. Un doublement de l'échantillon est encore attendu l'an prochain, avant un arrêt plus long destiné à emmener l'accélérateur à son énergie nominale.

Du côté des détecteurs, la mesure des produits de collisions a permis, dans un premier temps, d'aligner et d'étalonner les instruments. Les outils principaux pour cette étape sont les particules découvertes dans le passé et bien connues aujourd'hui : l'étude de ces « chandelles standard » permet aux détecteurs du LHC de se caler sur leurs propriétés établies. A titre d'exemple, les détecteurs ont enregistré plus de dix millions de désintégrations de particules K, J/ψ ou Z, et leur spectroscopie a permis d'étalonner les détecteurs avec une précision de 0.1%.

*Extension du modèle standard : théorie englobant le modèle standard dans un cadre plus vaste permettant de résoudre certaines de ses faiblesses.*

*Supersymétrie : nouvelle symétrie d'espace-temps permettant de relier les fermions (particules de spin demi entier) aux bosons (particules de spin entier).*



Spectre de masse pour les états finals  $\mu^+\mu^-$  observés par CMS. Les particules connues y apparaissent clairement, et sont exploitées pour étalonner les détecteurs.

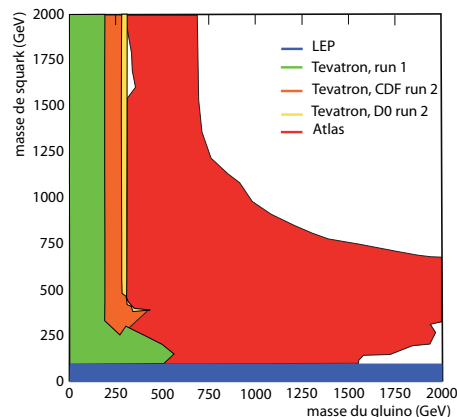
Ces échantillons ont également permis de vérifier les prédictions du modèle standard, notamment dans le domaine des interactions fortes. Des jets hadroniques ont été mesurés dans un domaine cinématique inexploré ; les taux de production de bosons W, Z, et, pour la première fois en Europe, de quarks top ont été mesurés avec une précision de l'ordre du pourcent. Dans tous les cas, les observations sont en accord avec la théorie et permettent déjà d'en réduire les incertitudes. Les données attendues l'an prochain permettront d'affiner encore ces mesures.



Maarten Boonekamp

## dans l'attente de nouveautés

Les premiers résultats du LHC n'ont pas encore apporté la preuve de l'existence du boson de Higgs du modèle standard ni de processus quelconques non prévus par ce modèle. Des limites contraignantes ont pu être mises sur la masse du boson de Higgs standard et sur celles d'un grand nombre de particules prédites par ses différentes extensions.



Les premiers résultats de l'expérience Atlas ont permis d'exclure la région rouge dans un plan masse des squarks-masse des gluinos, partenaires des quarks et des gluons dans des modèles supersymétriques, étendant largement les domaines d'exclusion étudiés par le LEP et le Tevatron.

Ainsi, les résultats du LHC étendent significativement l'exclusion des scénarios supersymétriques les plus simples (zone rouge sur la figure) par rapport à ceux déjà exclus par les expériences menées auprès du LEP et du Tevatron (en bleu, vert, orange et jaune).

Le mieux que l'on puisse en conclure est que, si elles existent, ces particules ont pour la plupart une masse supérieure aux masses des particules connues et aux capacités de production des collisionneurs passés et présents. Il nous faudra attendre les phases du LHC à haute énergie (14 TeV) et haute luminosité pour explorer l'ensemble du spectre de manière plus complète. Mais il se pourrait bien que les premiers résultats du LHC nous disent en fait que, si la supersymétrie existe, ses réalisations ne sont sans doute pas aussi simples que nous l'avions imaginé.



Marc Besancon

# Spirale sous contrôle

Par Françoise Gognaud

Dans deux ans, au Ganil, les premiers faisceaux créés par l'accélérateur linéaire Spiral2 atteindront les salles d'expériences. Les sources de deutons et d'ions lourds sont aujourd'hui installées à Saclay (CEA-Irfu) et au Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de Grenoble (CNRS-LPSC).

Comment contrôle-t-on de tels outils ?



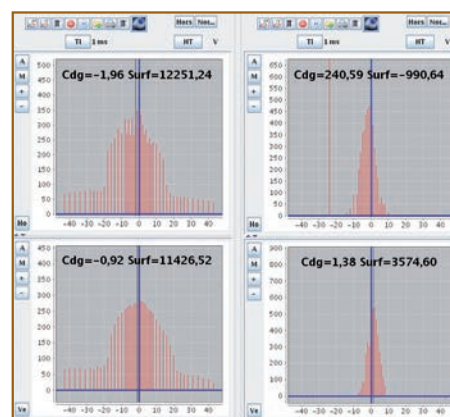
Spiral2 produira des noyaux exotiques légers et lourds à des intensités extrêmement élevées. Pour avancer dans la construction de cet accélérateur, les deux sources et leur ligne associée sont installées respectivement à l'Irfu à Saclay (source « deutons ») et au LPSC à Grenoble (source « ions lourds »). Pour développer le système de contrôle de ces lignes, une collaboration a été constituée incluant le Ganil, l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien à Strasbourg (IPHC) et l'Irfu. En 2007, Ganil a fait le choix d'utiliser Epics (*Experimental physics and industrial control system*), un ensemble de composants et d'outils logiciels utilisé sur de nombreux accélérateurs dans le monde. Les trois équipes partagent leurs développements et mutualisent leurs compétences. L'Irfu a la responsabilité du contrôle de l'injecteur de l'accélérateur. Pour aboutir à un contrôle homogène du point de vue conception des applications, l'Irfu a conçu la pla-

teforme «Epics Spiral2» qui fournit les trois sites et a établi un modèle de développement utilisé par tous.

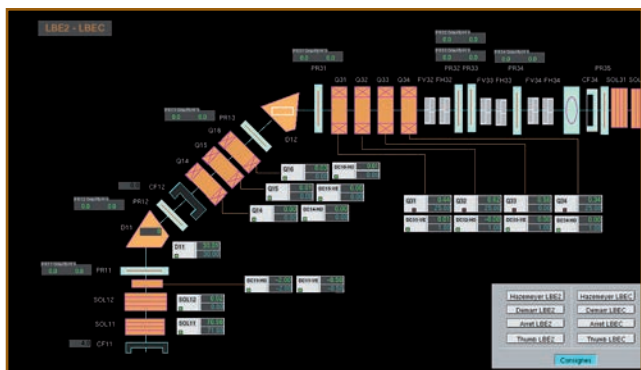
La ligne basse énergie d'un accélérateur sert à transporter le faisceau depuis l'extraction à la source jusqu'à son injection dans les sections accélératrices. Le contrôle surveille et commande l'ensemble des éléments constituant la ligne (quadripôles, solénoïdes, dipôles, correcteurs, diagnostics...) et leurs alimentations.

Sur la ligne, le contrôle des diagnostics de faisceaux permet d'observer les principales caractéristiques du faisceau (taille, émittance, intensité...) et de les comparer aux valeurs nominales prévues par les simulations. Pour suivre la transmission du faisceau, le contrôle peut introduire, en différents points, une coupelle de Faraday et mesurer le courant reçu. Des profileurs permettent de mesurer la taille des faisceaux. Les profileurs et leurs contrôles sont réalisés par le Ganil. Epics contrôle aussi les fentes qui permettent d'ôter le halo autour du cœur du faisceau et une paire d'émittance-mètres (IPHC) sur chaque ligne. Des automates contrôlent aussi le vide et la sécurité des équipements.

Aujourd'hui, le contrôle de la ligne « basse énergie » à Saclay est opérationnel et celui de Grenoble bien avancé. Une coopération proche entre les équipes d'électronique, d'électrotechnique et de contrôle du Ganil-Caen, de l'IPHC-Strasbourg, du LPSC-Grenoble et de l'Irfu-Saclay a permis cet avancement.



Profils de faisceau mesurés sur la ligne à Saclay, grâce aux profileurs à émission secondaire (ensemble réalisé entièrement par Ganil).



Synoptique général pour surveiller et contrôler la ligne Deuteron à Saclay.

## Lancement officiel de la construction de Spiral2

Le chantier du futur accélérateur linéaire Spiral2 a démarré officiellement le lundi 17 octobre 2011 au Ganil (CEA/CNRS) à Caen. Cette installation, destinée à produire en abondance des noyaux dits exotiques, devrait doubler à terme le potentiel de recherche du Ganil. Elle permettra d'étudier la structure du noyau atomique et de mieux comprendre certaines réactions nucléaires qui se déroulent au sein des étoiles.



# Glad and Fair

Heureux et équitables pour les noyaux exotiques !

Par Bernard Gastineau

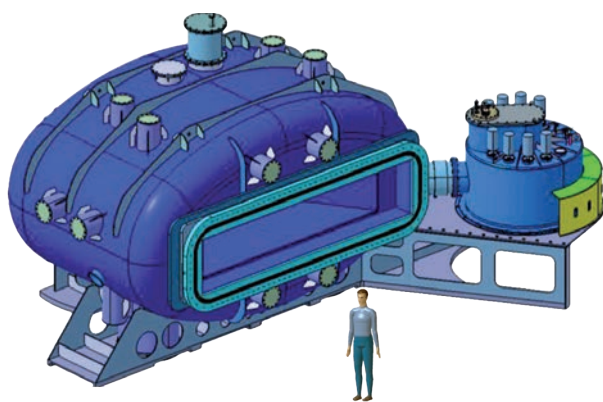
Imaginez une nouvelle race de physiciens en quête d'éléments inconnus. Ayant quitté la vallée de la stabilité, ils partent en *Terra incognita*, à la recherche d'exotisme. L'Irfu a été sollicité pour chasser cet étrange gibier avec Glad, un spectromètre pour le futur accélérateur allemand Fair.

Fair : Facility for antiproton and ion research

R3B : Reactions with relativistic radioactive beams

Glad : GSI large acceptance dipole

**T**héoriquement, il y a plus de dix mille noyaux atomiques différents mais nous n'en avons étudié qu'un tiers ! Créer de nouveaux noyaux, poursuivre l'enquête... Aussi, à Caen, Wako (Japon), Brookhaven (USA) ou encore à Darmstadt (Allemagne), ces chasseurs d'ions construisent d'étranges et complexes machines pour tenter d'apercevoir leur gibier préféré. Ces tribus fourbissent des armes nouvelles, comme les spectromètres S-cube (Ganil), Samouraï (Riken) et, pour la tribu R3B (Darmstadt) comprenant 63 instituts, 21 pays et 230 physiciens, le dipôle Glad.



L'aimant supraconducteur R3B-Glad dans son cryostat

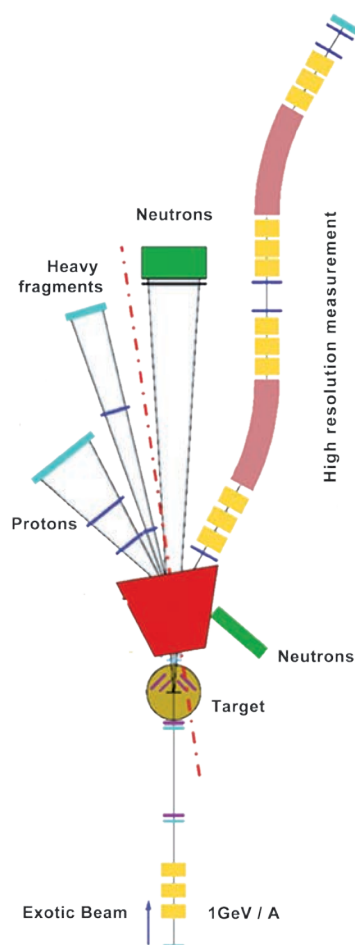
Dans ce projet, au lieu de bombarder avec des sondes légères le noyau à étudier, dont nous ne pouvons pas faire une cible car fortement instable, on renverse la vapeur pour fracasser sur une cible fixe de protons ces ions lourds exotiques fraîchement fabriqués et sélectionnés, et donc encore vivants ! Emportés par leur vitesse relativiste, les fragments résultant de l'explosion des ions sont projetés vers l'avant et vont s'engouffrer dans le spectromètre Glad. Aux alentours de l'an 2000, Thomas Aumann, porte-parole de la collaboration R3B avait soumis à l'Irfu un cahier des charges exigeant pour la conception et la réalisation de cet aimant. Conçu dès 2001, Glad attendit 2006 pour que son financement européen soit accordé, et que les calculs détaillés puissent démarrer.

Ce spectromètre devait présenter une grande acceptance pour collecter au maximum les ions produits, optimisant ainsi l'utilisation de la cinématique inverse. Tout en restant transparente aux neutrons, la chambre à vide interne du cryostat de l'aimant

supraconducteur Glad où règne un champ de plus de trois teslas sur trois mètres de long (4.8 T.m) devait être capable de dévier de 20° les trajectoires des fragments lourds et de 50° les particules légères. Tous seront vus et analysés simultanément par les détecteurs situés avant et après l'aimant, le tout formant le spectromètre R3B-Glad. Les résolutions de mesure attendues doivent atteindre un pour mille sur l'énergie et le millième de radian sur les angles.

Sensible au champ magnétique, le calorimètre placé en zone cible exige l'absence de champ. Le design magnétique compact de Glad y a répondu par une conception en blindage actif innovante. Ce « papillon », sans aucun fer, réduit ainsi son poids total d'un ordre de grandeur ! Quand Samouraï pèse 650 tonnes, 63 tonnes suffisent à Glad : la masse froide de 20 tonnes et sa structure en alliage d'aluminium résisteront aux énormes efforts magnétiques d'environ 200 tonnes/mètre. Pour demeurer supraconducteurs, les 18 km de câble seront refroidis à 4,6 K par un circuit d'hélium liquide en thermosiphon (NDLR : voir article de B. Baudouy sur la page de droite).

Désormais réalisés et couplés à leur système de protection, les éléments du spectromètre seront testés, à 4,6 K et au courant nominal de 3600 A, sur une grande station d'essai de l'Irfu. Prévu au printemps 2012, ce test sera déterminant pour valider les performances de Glad. Puis la construction s'achèvera en 2013 par l'intégration de l'aimant dans son cryostat définitif, avant livraison et mise en service sur GSI/Fair à Darmstadt.



Ensemble de détection du hall d'expérience R3B



# Siphonnés, ces grands aimants !

Par Bertrand Baudouy



Les bobines supraconductrices des aimants utilisés par l'Irfu sont souvent de grande taille comme l'aimant de CMS au LHC ou celui du spectromètre R3B-Glad pour le GSI avec ses quatre aimants de plusieurs mètres de longueur. Thermosiphon et gravité permettent de les refroidir à moindre coût. Comment ça marche ?

Quand les apports de chaleur sont faibles, le refroidissement des grands aimants s'effectue par circulation externe d'un fluide réfrigérant, souvent de l'hélium. La circulation du fluide peut être forcée à l'aide de pompes ou se faire naturellement, grâce à un thermosiphon. Le réfrigérateur se compose alors d'une boucle comprenant un échangeur de chaleur (évaporateur), un réservoir et deux tubes de liaison, la gravité agissant comme moteur pour entretenir la circulation du réfrigérant. Le fonctionnement de ce réfrigérateur siphonné est assez simple. Le liquide qui évacue la chaleur de l'aimant s'évapore au niveau de l'échangeur de chaleur. La masse volumique de la vapeur étant plus faible que celle du liquide, il se crée une différence de poids entre les deux branches du thermosiphon entraînant la circulation du fluide.



Le coeur de CMS. Ses aimants sont refroidis par thermosiphon.

importante et que le réservoir d'hélium soit placé au-dessus de l'évaporateur.

Il y en a d'autres mais le plus difficile reste de trouver de l'hélium liquide !

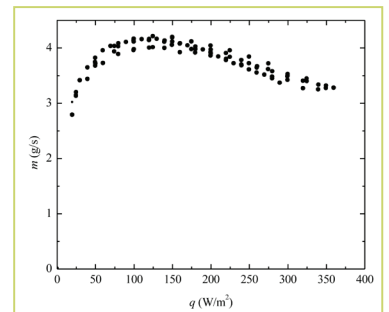
Le fonctionnement d'un thermosiphon a plusieurs limites thermiques et dynamiques. L'accroissement du taux de vapeur augmente le frottement du fluide sur les parois et, au-delà d'un certain flux

de chaleur, la friction l'emporte et le débit diminue : on perd l'auto-régulation. De plus, un taux de vapeur trop élevé entraîne

une chute du transfert de chaleur car la paroi n'est plus suffisamment mouillée : l'aimant est alors mal refroidi.

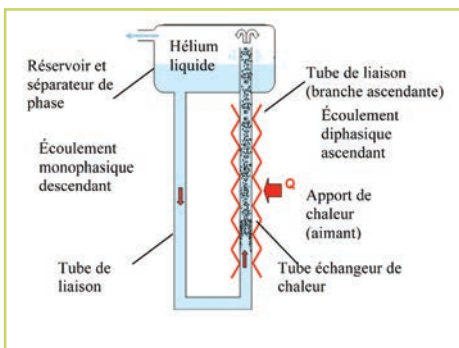
Il existe aussi des thermosiphons avec des échangeurs de chaleur horizontaux (R3B-Glad) qui fonctionnent efficacement : c'est alors la dissymétrie de la géométrie qui impose le sens de circulation *a priori* indécidable.

L'Irfu est aussi engagé dans l'étude de thermosiphons fonctionnant avec de l'azote où les vapeurs sont directement condensées dans le réservoir à l'aide de cryogénérateurs, pour des applications utilisant des supraconducteurs à haute température comme des aimants ou le transport de l'électricité. La thermosiphonique est bien une maladie qui pourrait s'étendre au-delà des électro-aimants.



Débit de refroidissement en fonction du flux de chaleur.

A faible flux, le débit augmente rapidement avec le flux de chaleur. Au-delà d'un seuil, le débit diminue du fait de l'augmentation du frottement sur les parois.

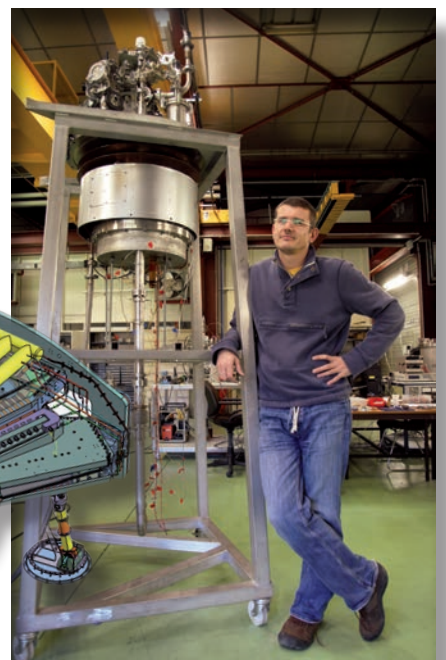


Principe d'une boucle de refroidissement par thermosiphon

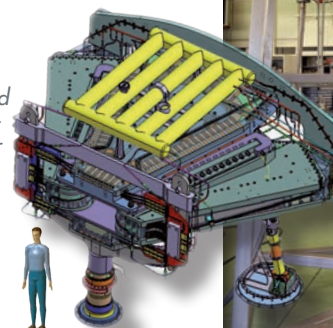
L'intérêt de telles boucles est d'éliminer tout système de circulation coûteux en temps et en maintenance. De plus, l'écoulement de liquide et de vapeur permet un échange de chaleur très important car il associe l'ébullition et la convection. Ce système s'auto-régule : une augmentation de chaleur entraîne un accroissement du taux de vapeur, donc du déséquilibre entre les deux branches et, par conséquent, du débit de refroidissement.

Mais pour que cela fonctionne, il existe quelques contraintes. Il faut qu'il ait une gravité - sur Terre ça marche ! - que la différence des densités soit suffisamment

Bertrand Baudouy et son banc de test de refroidissement thermosiphonique



L'aimant R3B-Glad comprend un échangeur de chaleur par thermosiphon horizontal.



# Quand le Cnes jubile,

Octobre 1957, une boule de métal brillante surgit de l'atmosphère la Terre lancé par l'Homme. La création du Cnes, voilà 50 ans, par le assurant très tôt l'indépendance de la France dans la conquête spatiale. a besoin pour réaliser son programme spatial.

Article basé sur les sites internet du Cnes et du CEA-Irfu ainsi que sur

**Durant des millénaires, les astronomes ont été dans l'ignorance des lumières baignant le cosmos, excepté, bien sûr, de la lumière visible. Et pour cause : la plupart des rayonnements ne parviennent pas à franchir la barrière que leur oppose l'atmosphère. Dépasser cet obstacle suppose des instruments adaptés : d'abord des ballons et fusées-sonde puis des satellites.**

Le lancement du premier satellite artificiel par l'Union Soviétique marque le début de la conquête spatiale. Pour constituer une agence spatiale indépendante, le gouvernement français décide en 1959 de regrouper en un seul organisme plusieurs activités jusqu'alors dispersées. Cette décision aboutit, le 19 décembre 1961, à la création du Cnes, le Centre national d'études spatiales, dont le physicien français Pierre Auger devient le premier président. Après la première base spatiale créée en Algérie, le Cnes effectue à partir de 1962 des recherches pour disposer d'une nouvelle base de lancement proche de l'équateur : le Centre spatial guyanais (CSG) voit le jour en 1965 à Kourou (Guyane française).

Cnes et CEA sont marqués par la volonté d'indépendance de Charles de Gaulle qui a voulu faire de la France une nation à la pointe de la science et de la technologie dans les domaines clés de l'énergie et du spatial, tout en développant sa puissance militaire. Dès sa création, les missions du Cnes sont multiples avec, en première place, la garantie de l'accès à l'espace. Troisième puissance mondiale à disposer de la technologie spatiale, la France a mis ensuite cette compétence au service de l'Europe avec le développement des lanceurs Ariane, dans un contexte de forte concurrence internationale.

Aujourd'hui, la future fusée européenne Vega et la base de lancement pour Soyouz complètent la gamme disponible à Kourou.

Depuis sa naissance, l'exploration de l'Univers est aussi au cœur des préoccupations du Cnes. Dès le début des années soixante, le CEA est l'un de ses tout premiers partenaires, tout d'abord dans le domaine de l'astrophysique des hautes énergies (rayons X et gamma, rayons cosmiques) puis dans celui du rayonnement infrarouge et sub-millimé-

trique. L'astrophysique spatiale émerge donc concomitamment au CEA.

Geneviève Debouzy, qui a longtemps été en charge de coopérations Cnes-CEA, témoigne : « Le Cnes avait décidé dès son origine de ne pas créer de corps de chercheurs "spatiaux" en son sein, mais d'intégrer la recherche spatiale dans la recherche académique en s'appuyant sur les organismes de recherche existants, le CNRS, les universités et le CEA, tout en mettant en place des postes contractuels d'ingénieur et des bourses Cnes pour jeunes chercheurs dans des laboratoires "sélectionnés", dont le service d'électronique physique du CEA qui deviendra plus tard le service d'astrophysique.

L'astronomie spatiale était alors considérée comme une activité marginale au sein de la communauté astronomique. Les "chercheurs du spatial" étaient vus comme des ingénieurs maniant le tournevis par opposition à la belle science des astronomes observant avec des télescopes au sol. Le coût du spatial semblait aussi prohibitif par rapport à ce que l'on pouvait espérer apprendre en y faisant des mesures. Aujourd'hui, cette attitude a complètement disparu devant les succès des expériences spatiales et la sophistication des manip installées sur les très grands observatoires au sol, qui sont devenues aussi complexes que les expériences dans l'espace.

Dans les années 60, l'astrophysique spatiale française en est à ses tout débuts, tandis que les expériences d'étude de l'environnement ionisé de la Terre se développent bien, suivant les toutes premières découvertes spatiales telles la ceinture de Van Allen, dans le cadre de coopérations avec la Nasa, l'Esro (future ESA) et l'URSS. La géodésie spatiale est également en plein essor, grâce aux études de trajectographie des véhicules spatiaux. Au début des années 70, il y avait des expériences d'étude des rayonnements X, gamma et cosmiques grâce aux ballons aussi bien au Centre d'études spatiales des rayonnements de Toulouse (CESR) qu'au CEA, en parallèle et souvent en concurrence, entraînant des échanges parfois difficiles entre eux. Le CEA développait aussi quelques expériences sur satellite avec l'Esro/ESA, dont COS B est un exemple notable, et la

ESRO : European space research organisation (1964 - 1975)

ESA : European space agency (depuis 1975)

L'expérience Justine, au cœur de laquelle une chambre à étincelles va mesurer la pulsation gamma du pulsar du Crabe, prête à prendre son envol en 1970 depuis la base de Gap dans les Alpes.

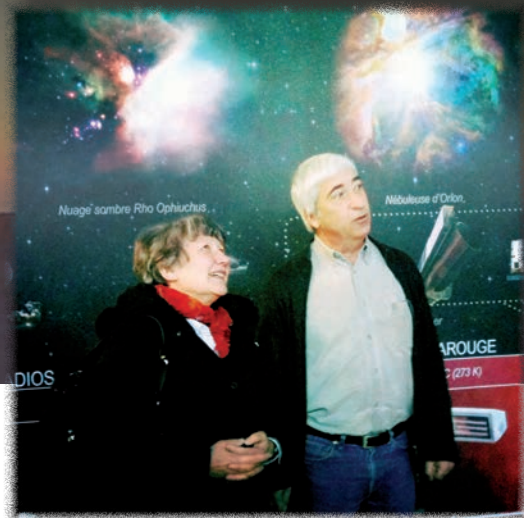


- 1961 Création du Cnes
- 1965 Ballons-sonde stratosphériques
- 1968 Fusées Véronique
- 1968 Lancement des premiers satellites Esro-2B et HEOS1
- 1973 Collaboration franco-russe Mars et Prognoz
- 1975 Première mission de l'ESA : COS B
- 1979 HEAO lancé par la Nasa

# le CEA aussi

terrestre ; Spoutnik est le premier « Compagnon » de route de général de Gaulle, a permis de se projeter dans l'imaginaire en Dès 1962, le Cnes vient chercher au CEA les compétences dont il

un entretien de Christian Gouiffès avec Geneviève Debouzy (Cnes)



Nasa avec l'expérience HEAO2 du High-energy astronomical observatory, une mesure d'identification des rayonnements cosmiques installée sur un satellite qui allait être lancé en 1979. Il s'agit du début de la maturité parce que les ballons permettent de défricher un domaine mais on accède aux résultats majeurs avec les satellites. Ces premières expériences spatiales étaient de grandes réussites du CEA, incluant des innovations technologiques de premier plan.

Je suis entrée au Cnes en 1971 pour prendre en charge les programmes d'astrophysique des hautes énergies. La coopération avec l'Union Soviétique était bien établie, elle a pu conduire à Sigma, en collaboration avec le CESR, et dans sa lancée au lancement d'Integral, l'Observatoire gamma de l'ESA. J'étais une jeune ingénieure du Cnes et j'ai vécu de grands moments lors de la négociation directe de certains accords Cnes-CEA avec le directeur de l'Institut de recherche fondamentale, Jules Horowitz et ses successeurs, quand on a décidé, par exemple, avec les responsables du SAP, la participation du CEA à l'Observatoire infrarouge européen ISO.

Nous avons dû, en particulier, décider du développement du détecteur au Laboratoire d'électronique des technologies de l'information (Leti) parce que les américains avaient mis un embargo sur les détecteurs existants.

Les responsables de l'astrophysique au CEA ont eu un rôle essentiel dans l'évolution de l'astrophysique des hautes énergies en France, puis l'évolution des études vers les mesures en infrarouge :

La doublure exacte du télescope Sigma lancé en 1989 (avec à ses pieds le masque codé) dans le cadre d'une collaboration France (CEA/Cnes/CNRS) - URSS, photographiée ici en 2005 dans le hall EL3 du CEA-Saclay.

Jacques Labeyrie, au début, puis Lydie Koch-Miramont, Charles Ryter, Catherine Césarsky, Laurent Vigroux et Pierre-Olivier Lagage aujourd'hui. L'Irfu a développé tout ce qu'il fallait pour pouvoir aussi interpréter ces données avec l'arrivée de théoriciens capables de développer des modèles et des simulations. Il n'y a pas tellement de labos qui aient su développer la partie instrumentale, la partie "détecteur", l'interprétation et la théorie, accédant ainsi à une grande notoriété en France et en Europe. Cela a été possible grâce à une politique volontaire d'embauches ciblées pour arriver à ce panel de compétences complémentaires, avec la bénédiction de la hiérarchie du CEA.

Aujourd'hui, on est sorti de l'ère des "pionniers" pour entrer dans celle des "professionnels". Il n'y a plus de projets spatiaux nationaux ou même binationaux, les projets sont en majorité européens ou mondiaux excepté le projet Svom en coopération bilatérale avec la Chine, où l'on retrouve un peu l'esprit des grandes heures de la coopération franco-soviétique... Plus de professionnalisme, est-ce au détriment de la passion ? Nous faisons des manips à une fréquence élevée alors que chaque expérience aujourd'hui demande au moins 10 ans et des budgets bien plus conséquents. Mais les expériences actuelles sont somptueuses comme par exemple celles qui observent le ciel submillimétrique à bord de l'Observatoire européen Herschel. »

L'aventure se poursuit en ajoutant un partenaire devenu essentiel, l'Agence spatiale européenne (ESA). Le Cnes et le CEA suivent des missions en opération (XMM, Integral, Herschel, SoHo), soutiennent des programmes de recherches et développements (IDEF-X, détecteurs IR) et préparent de futures missions (JWST, Euclid, Solar Orbiter, Svom...).

## La vision cosmique de l'ESA

L'Agence spatiale européenne vient de sélectionner les deux prochaines missions de taille moyenne dans le cadre du programme "Cosmic Vision" d'exploration de l'Univers. Les missions Solar Orbiter (étude du Soleil) et Euclid (étude de l'univers sombre), qui devraient être lancées en 2017 et 2019, sont ainsi sorties gagnantes parmi 52 autres propositions. L'Irfu est largement associé aux objectifs scientifiques de ces deux missions mais également à la construction des instruments qui équiperont ces futurs satellites européens.

- 1989 **Télescope Sigma**
- 1995 **Expérience Golf**
- 1995 **Observatoire spatial infrarouge et Isocam**
- 1997 **Mission Cassini**
- 1999 **Satellite XMM-Newton**
- 2002 **Mission Intégral**
- 2009 **Télescope Herschel**





# Labex P2IO

Par Guy Wormser

*Guy Wormser, physicien des particules et Directeur de recherche au CNRS, est coordinateur du labex P2IO.*

**E**n mars 2011, le gouvernement approuvait le Laboratoire d'Excellence « Physique des 2 Infinis et des Origines » et le dotait de 14 M€ pour les 10 ans à venir. Quel est ce nouvel outil ? Quels sont ses moyens d'action au service de notre recherche ?

P2IO se définit comme le réseau de tous les laboratoires du Sud de l'île de France impliqués dans la physique de l'infiniment petit, de l'infiniment grand et de l'étude des conditions d'apparition de la vie. Il regroupe 2000 personnes dont 1000 chercheurs et enseignants chercheurs. P2IO agit comme tout réseau, d'une manière directe, en finançant un certain nombre d'actions, et de manière indirecte, en favorisant une meilleure concertation entre ses membres et en offrant un point de contact pour les partenariats extérieurs, notamment sur le Plateau de Saclay.

Les actions financées par P2IO comportent l'embauche d'une dizaine de chercheurs post-doctorants par an sur ses thèmes prioritaires et le financement les années impaires (donc en 2011) d'environ 7 projets de R&D d'un montant de 50 à 100 k€, et les années paires d'un soutien massif de 500 k€ à un grand programme structurant de R&D. Deux comités scientifiques (CSPD et CSRD) comportant 50% d'élus ont été mis en place pour sélectionner les très nombreux dossiers reçus (40 pour le premier appel). La forte participation aux élections, plus de 50% des électeurs, a montré tout l'intérêt de la communauté.

P2IO soutient également les actions de formation comme l'école d'été « Georges Charpak » au profit d'étudiants de L3 en juillet 2011, des conférences organisées par des équipes de P2IO et des actions de communication comme l'exposition itinérante « Physique et Santé ».

L'impact le plus important de P2IO réside sans doute dans le développement de la synergie entre tous ses membres et dans son rôle de contact vis-à-vis des partenaires externes. Les réunions très fréquentes du Comité de Pilotage, la sollicitation des groupes de travail technologiques, la réflexion en commun sur l'horizon 2020, les rapprochements entre équipes induits par les appels d'offre, la circulation plus fluide dans le futur de physiciens au sein de P2IO concourent à créer une véritable dynamique collective tout en assurant à chacun le respect de son identité.

P2IO s'est engagé résolument dans le projet « Initiative d'excellence » visant à créer à terme l'Université de Paris Saclay. De très nombreux contacts inter-Labex avec nos collègues du Plateau ont pu être noués et permettront une recherche interdisciplinaire de qualité, des lasers à la santé. P2IO joue aussi un rôle moteur pour animer le domaine « Physique » de la future Université. Les interactions avec les Labex parisiens ILP et UnivEarth maintiendront une cohérence régionale.

Une présentation détaillée du Labex P2IO a eu lieu à l'occasion de sa réunion de lancement, le 11 Janvier 2012. Nous avons pu y discuter les meilleurs outils au service de notre communauté pour les dix ans à venir !

*CSPD : Comité de sélection des post-doctorants.*

*CSRD : Comité de sélection des programmes de recherches et développements.*

## Va-et-vient

De décembre 2010 à novembre 2011

### Tu vas...

Leur parcours professionnel les éloigne de l'Irfu pour un congé sabbatique ou un détachement : F. Marie de la DIR, P. Beauvais et C. Van Hille du SIS, G. Herent et P. Lamare du Sédi, M. Fechner du SPP.

Ils quittent l'Irfu pour une autre direction du CEA : F. Hubert-Delisle que nous remercions pour son aide dans la réalisation du journal (DIR – DSM/SAC/SA), A. Curtoni (SACM – DSM/UCOM), V. Szeftlinski (SAP – DSM/Inac), S. Broussard (SIS – DEN/DRCP), R. Pedrol (SIS – DEN/DEC), C. Coquelet (Sédi – DEN/ SC) et L. Nalpas (SPHN – SRE/DSPg).

Et enfin, A. Refregier du SAP et R. Azoulay quittent définitivement le CEA après de nombreuses années de travail.

Nous regrettons les disparitions de Bernard Aune, Franz Lehar, Yves Pabot et Henri Zaccane .

### et tu viens.

Ils sont arrivés à l'Irfu : F. Gameiro à la DIR, W. Abdel Maksoud, N. Bazin, N. Sacepe et C. Servouin au SACM, A. Meuris et V. Reveret au SAP, T. Materna et M. Zielinska au SPHN, C. Nones au SPP.

**Directeur de la publication :** Philippe Chomaz

**Directeur scientifique :** Vanina Ruhlmann-Kleider

**Rédacteur en chef :** Jean-Luc Sida

**Secrétariat :** Marylene Besson

**Mise en page :** Christine Marteau

**Impression :** idées fraîches

**Comité éditorial :** Marylene Besson, Étienne Burtin, Rémi Chipaux, Olivier Corpacé, Antoine Drouart, Pascal Gallais, Christian Gouiffès, Fabien Jeanneau, François Paul Juster, Sophie Kerhoas-Covata, Emmanuelle de Laborderie, Pierre Manil, Jacques Marroncle, Vanina Ruhlmann-Kleider, Yves Sacquin, Corinne Salmon, Angèle Sené, Didier Vilanova.

**Crédits Photo :** ArianeEspace - CEA - Cern - Cnes - Deviantart - ESA - Musée des arts et métiers - ImagIn Irfu (Alain Porcher)

**Abonnement :** Sophie Durand Tél : 01 69 08 75 57 ou sophie.durand@cea.fr

**Dépôt légal :** février 2012

**ISSN** 1268-7855