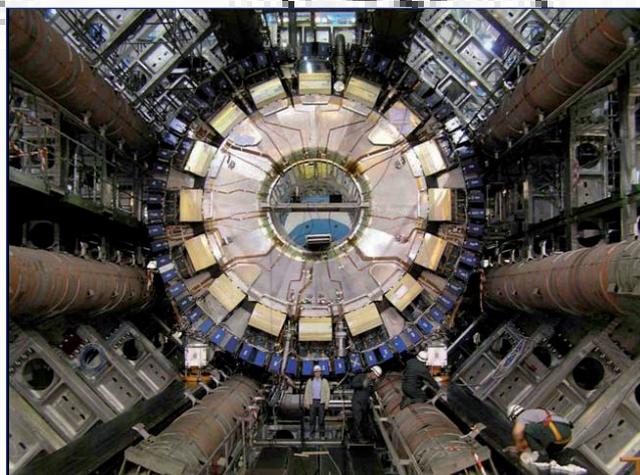




**RAPPORT  
D'ACTIVITÉ**

**2004**

**2005**



**RAPPORT  
D'ACTIVITÉ**

**2 0 0 4**



**2 0 0 5**

**Directeur de la publication :**

Pascal Debu.

**Comité de rédaction :**

Ursula Bassler, Murat Boratav, Didier Lacour, Hervé Lebbolo.

**Coordination éditoriale :**

Isabelle Cossin.

**Conception graphique :**

Jean-Yves Mathy.

**Couverture :**

En haut : photo de la coupole du LPNHE.

En bas : photographie des calorimètres centraux en position finale dans ATLAS, entourés des toroïdes supraconducteurs.

Image de fond : diagramme des contours de confiance des paramètres cosmologiques mesurés à l'aide de Supernovae (première année SNLS) et des corrélations de galaxies (SDSS).

**Crédits photographique :**

LPNHE

Logo : M.-C. Escher « Anneaux concentriques » © by SPADEM, 1983.

**Publié par :**

Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes Énergies

Ce document est consultable sur le site du laboratoire :

<http://www-lpnhep.in2p3.fr/vielabo.html>

**Impression :**

IMP+ - 22, rue Maurice Ténine - 94260 Fresnes

# Sommaire

<b>Avant-propos</b>	5
<b>Activités scientifiques du laboratoire</b>	
<b>Physique sur accélérateur</b>	
Physique au LHC : ATLAS	9
L'expérience LHCb	15
Physique au TEVATRON : l'expérience DØ	17
L'expérience CDF	21
Violation de CP : BABAR	23
Futur collisionneur linéaire à électrons	27
Faisceaux de neutrinos : HARP	31
<b>Physique hors accélérateur</b>	
Cosmologie avec les Supernovae Ia	33
Astronomie $\gamma$ de très hautes énergies : HESS	37
Rayons cosmiques d'énergies extrêmes : Observatoire Pierre AUGER	41
Physique Théorique : phénoménologie de la QCD non perturbative	45
Interface physique-biologie : modélisation	51
<b>Activités techniques et administratifs</b>	
Électronique	54
Mécanique	61
Informatique	64
Administration	70
Services généraux - Hygiène et sécurité - Radioprotection	72
<b>Vie du laboratoire</b>	
<b>Enseignement et formation</b>	
L'enseignement supérieur et LPNHE - Formation permanente	76
Stages	78
Thèses - Habilitations à diriger des recherches (HDR)	79
<b>Activités internes</b>	
Réunions du vendredi - Biennale 2005	80
Séminaires au LPNHE	82
Colloques, forums, journées et manifestations diverses	84
<b>Relations externes</b>	
Communication	87
Vulgarisation	90
Conférences grand public	91
Relations avec l'industrie, valorisation	93
Séminaires donnés à l'extérieur	94
Communications à des conférences	95
<b>Liste des publications</b>	99
<b>Annexes</b>	109



# Avant-propos

---

**L**aboratoire de physique des particules et des hautes énergies, UMR 7585 CNRS/IN2P3 - Universités Paris 6 et Paris 7, le LPNHE rassemble 51 chercheurs ou enseignants chercheurs et 50 ingénieurs, techniciens et personnels administratifs. Il accueille aujourd'hui 6 visiteurs étrangers, 19 thésards, et enfin une trentaine de stagiaires par an.

Le laboratoire est engagé dans plusieurs grands programmes expérimentaux, exécutés dans le cadre de collaborations internationales auprès de très grandes infrastructures de recherche du monde entier, accélérateurs de particules et observatoires.

Ces programmes couvrent les grands enjeux actuels de la physique des particules, des astroparticules, et de la cosmologie : origine des masses et des familles de particules, recherche du boson de Higgs, unification des interactions fondamentales, recherche de la supersymétrie, asymétrie matière-antimatière, dimensions supplémentaires de l'espace-temps, contenu énergétique de l'univers, matière noire et énergie noire, origine des rayons cosmiques de très haute énergie.

Depuis la conception des expériences, en passant par l'étude et la réalisation des instruments de détection, la mise au point des systèmes d'acquisition et de réduction des données, l'étalonnage et le monitoring des détecteurs pendant les longues périodes de prise de données, l'analyse et l'interprétation physique des mesures, pour enfin aboutir aux publications, c'est sur plusieurs années, parfois plus de dix ans, que s'étale le travail des équipes qui réunissent et développent des compétences extrêmement diversifiées en physique, électronique, informatique ou mécanique.

Au cœur de la ville et de l'université, le LPNHE se veut aussi un vecteur de la culture scientifique, d'abord auprès des stagiaires et étudiants qu'il forme, mais aussi auprès

des lycéens qu'il rencontre et du grand public qu'il accueille régulièrement dans ses murs, et aujourd'hui aussi de façon virtuelle sur son site Internet.

Ce rapport résume les activités de l'ensemble des groupes et des services pendant la période 2004-2005, sous la direction de mon prédécesseur, Jean-Eudes Augustin, dont je tiens à saluer la vision et l'ambition scientifiques et techniques.

Le lecteur découvrira au fil des pages le rôle visible et parfois déterminant du LPNHE, malgré la taille des collaborations internationales, tant sur le plan technique que sur le plan scientifique, ces deux aspects étant indissolublement liés.

Sans essayer d'être exhaustif, je souhaite évoquer quelques faits marquants présentés dans ce rapport :

La fin de la construction du calorimètre électromagnétique de l'expérience ATLAS et l'avancement de l'électronique de lecture marquent les deux années écoulées et signent une transition dans la vie du groupe, qui se prépare aujourd'hui à la mise en route de l'expérience et à l'analyse des données du LHC.

Les mesures précises des propriétés du quark top et la recherche du boson de Higgs apportent des contraintes fortes sur les modèles théoriques. Ces études se poursuivront encore quelques années auprès du Tevatron à Fermilab avec les détecteurs DØ et CDF.

L'exploration de l'asymétrie matière-antimatière dans le système des mésons B a pris le pas sur les études des désintégrations des mésons K pour tenter de mettre à jour des effets imprévus dans le Modèle Standard.

Avec les nombreuses sources de rayons gamma détectées auprès de l'observatoire HESS en Namibie, l'astronomie gamma de haute énergie entre dans une nouvelle ère. Le prix jeune chercheur HEP-EPS a été attribué à un physicien du laboratoire pour son travail portant notamment

sur l'extraction du signal dans le bruit de fond dominant des gerbes de protons. En parallèle, les études pour la caméra de HESS2 sont pratiquement achevées et sa réalisation a démarré.

Le laboratoire est moteur dans le programme international d'étude des supernovae (Supernovae Cosmology Project) avec l'objectif scientifique principal de contraindre les paramètres cosmologiques à l'aide du diagramme de Hubble. Les observations faites auprès du CFHT avec la caméra Megacam (Supernovae Legacy Survey) offrent déjà une mesure significative de l'équation d'état de l'énergie noire. L'installation du spectromètre intégral de champ (SNIFS) sur un télescope à Hawaï est achevée et permettra une étude systématique des propriétés des supernovae proches (programme Supernovae Factory).

Le déploiement de l'observatoire Pierre Auger en est maintenant aux trois quarts. La prise de données pour la physique a démarré. L'observatoire devient le lieu privilégié pour tenter d'élucider l'origine des rayons cosmiques d'ultra-haute énergie.

Les théoriciens représentent une petite composante qui enrichit la vie scientifique du laboratoire. Par ailleurs, la création récente de la Fédération de Recherche sur les Interactions Fondamentales devrait permettre un rapprochement plus fort théoriciens-expérimentateurs sur quelques thématiques précises.

Le LPNHE, en marge de ses activités scientifiques et techniques, s'adapte aux très profondes évolutions de l'organisation et du financement de la recherche en Europe, en France, et au sein même du CNRS/IN2P3. La diversité des « guichets » (organismes de tutelle, ANR, PCRD européen) et des structures (départements/instituts du CNRS, universités, pôles de compétitivité, pôles de recherche et d'enseignement supérieur) ne facilite pas toujours la définition et le maintien des priorités.

Le LPNHE est intégré au sein de multiples collaborations nationales, avec les autres laboratoires de l'IN2P3 et le CEA/Dapnia, et internationales ; il fait notamment partie

de deux réseaux européens et contribue à la coordination de l'I3 Eudet. Le laboratoire est aussi ouvert au monde industriel à travers des contrats de R&D avec l'industrie, et valorise son savoir-faire dans d'autres domaines : une activité à l'interface entre la physique et la biologie est conduite par un physicien du laboratoire en collaboration avec le centre Cavallès de l'ENS.

Pour beaucoup, les résultats présentés dans ce rapport annoncent ou préparent les activités des toutes prochaines années : démarrage d'ATLAS, et contribution à la mise en place de la grille de calcul Île-de-France comme centre de traitement des données de niveau 2, qui pourra s'ouvrir à d'autres projets, poursuite de la physique du B auprès de LHCb, exploitation des données à venir de DØ, CDF, Hess puis Hess2, SNLS et SNIFS, Auger. En même temps, des efforts et des réflexions sont déjà engagés pour préparer l'avenir plus lointain, à travers en particulier la R&D en vue d'un détecteur auprès d'un collisionneur  $e^+e^-$  de très haute énergie, qui a déjà apporté des résultats significatifs, notamment en électronique. Le futur du programme supernovae et les perspectives de sa poursuite dans l'espace, la participation à une extension éventuelle de l'observatoire Auger dans l'hémisphère nord, la participation à une expérience sur les oscillations des neutrinos, la préparation à l'augmentation de la luminosité du LHC, sont autant de sujets débattus ou à débattre au sein du conseil scientifique.

J'invite à présent le lecteur à parcourir ce rapport et je remercie le comité éditorial, Ursula Bassler, Murat Boratav, Isabelle Cossin, Didier Lacour et Hervé Lebbolo d'en avoir assuré la réalisation.

Pascal Debu

Directeur du LPNHE

# Physique sur accélérateur

---

Expériences au LHC : ATLAS

LHCB

Physique au TEVATRON : DØ

CDF

Violation de CP : BABAR

ILC, futur collisionneur linéaire

Physique des neutrinos : HARP

# Physique hors accélérateur

---

Cosmologie avec les Supernovae Ia

Astronomie  $\gamma$  des très hautes énergies : HESS

Rayons cosmiques d'énergies extrêmes : Observatoire Pierre AUGER

Physique théorique : phénoménologie de la QCD non perturbative

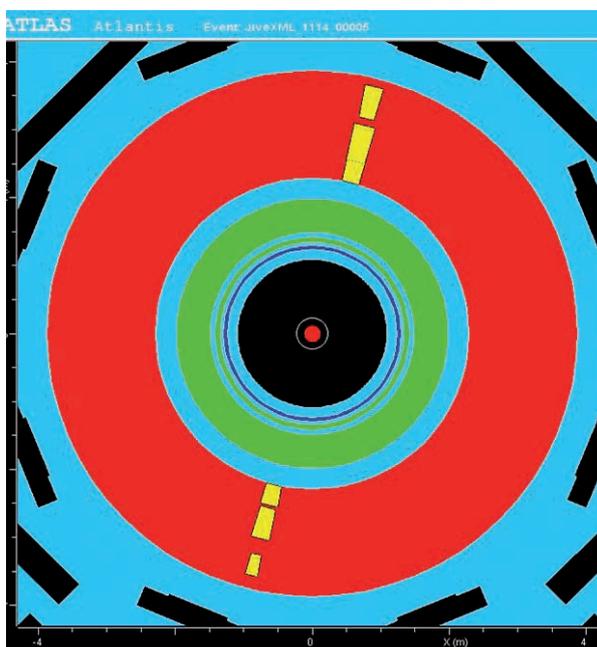
Interface physique-biologie



# Physique au LHC : ATLAS

Les expériences auprès du futur collisionneur LHC du CERN ont pour but d'explorer la physique des particules à une énergie dans le centre de masse de 14 TeV, encore jamais atteinte par un accélérateur. L'expérience ATLAS a été conçue afin d'aborder un large éventail de sujets : la physique du quark top, l'étude de paires de bosons W ou Z, la recherche du boson de Higgs et de la supersymétrie ou de phénomènes plus exotiques encore, comme l'existence de dimensions supplémentaires. La calorimétrie tient un rôle important dans la plupart des analyses de physique, tant du point de vue de la mesure de l'énergie déposée par les particules individuelles et de leur identification que du point de vue de la mesure du flot d'énergie total à travers le détecteur.

La construction du détecteur est maintenant presque terminée. En particulier, après de longues années de production, puis d'assemblage et de test, l'ensemble des calorimètres électromagnétiques vient d'être installé à son emplacement définitif autour du point d'interaction. Le détecteur n'attend plus que d'être mis en froid et testé une dernière fois avant les prises de données, tout d'abord en mettant à profit les rayons cosmiques (fig. 1), puis en utilisant les collisions proton-proton. Le LPNHE a été impliqué dans la réalisation du calorimètre électromagnétique du



détecteur ATLAS, un calorimètre à échantillonnage en plomb et argon liquide fait d'un empilement de plaques en "accordéon". Après la production en série des éléments du calorimètre, l'assemblage des 32 modules, puis leur intégration dans le cryostat, les tests à chaud et à froid, les années 2004 et 2005 ont été consacrées à l'installation définitive du détecteur dans le puits. L'électronique de lecture est quant à elle passée en phase de production et d'installation, les étapes de développement, puis de prototypage ayant été passées avec succès. Parallèlement, nous nous sommes attachés à la mise en place des outils d'analyse des données et à la

Figure 1: événement cosmique vu par le calorimètre hadronique à tuiles d'ATLAS.

caractérisation du détecteur, afin de s'assurer que les performances requises par les analyses de physique seront effectivement atteintes lors des prises de données. Le développement des outils d'analyse s'accompagne d'un effort de préparation à l'analyse des données, à partir de simulations.

### **Électronique**

Les signaux issus des cellules du calorimètre sont stockés dans les cartes d'acquisition «Front-End Boards», puis extraits par liaison optique vers les cartes de lecture «Read-Out Drivers» après une sélection du système de déclenchement. Les cartes d'acquisition et autres modules du châssis «Front-End» peuvent être configurés depuis la salle de contrôle par l'intermédiaire d'un lien série mis en œuvre grâce aux cartes de contrôle de ces châssis développées et réalisées par le laboratoire. Celles-ci distribuent également l'horloge 40 MHz du LHC et les décisions du système de déclenchement de premier niveau. Ces cartes utilisent le protocole de communication série SPAC (Serial Protocol for the Atlas Calorimeter). Son implémentation a nécessité le développement d'un circuit intégré (ASIC) SPACSLAVE en technologie tolérante aux radiations (DMILL) qui équipe chaque carte du châssis «Front-End». Les 3500 pièces destinées à ATLAS ont été réceptionnées et testées au laboratoire au cours de l'année 2004. Le rendement mesuré étant de 85%, nous avons la garantie de disposer pour ATLAS de suffisamment de composants pour toute la durée de vie de l'expérience. En parallèle, le laboratoire a produit et testé l'ensemble des 31 cartes SPACMASTER VME 9U destinées aux châssis «Read-Out Crates». Toutes ces cartes ont été livrées à la collaboration en 2005.

Nous avons également entamé la production des cartes Contrôleur finales au CERN. A la fin de l'année 2005, une centaine de cartes était produite, et une

trentaine installée avec succès dans les châssis d'électronique de lecture du calorimètre au CERN.

### **Intégration du détecteur**

Le laboratoire a depuis l'année 2000 une participation continue à l'intégration du détecteur. 2004 et 2005 ont été marquées par une participation au système de déplacement et de positionnement final du détecteur dans le puits d'ATLAS. Le système a été réalisé, validé et utilisé à la fin de l'année 2005, avec la participation au CERN d'un des ingénieurs du Service Mécanique.

Le LPNHE a participé à la validation finale du calorimètre, qui s'est déroulée au cours de l'année 2004. Cette validation a été menée dans les conditions de fonctionnement, c'est-à-dire avec le cryostat rempli d'argon liquide. Les 110 000 voies de lecture ont été vérifiées en injectant une impulsion dans la voie de calibration correspondante. Les mesures ont fait l'objet d'une analyse en ligne immédiate. Une comparaison avec les mesures effectuées au cours des années précédentes a été faite. Les mesures ont montré que le détecteur était opérationnel et que les critères d'acceptation étaient remplis. L'analyse détaillée de l'ensemble des données collectées a donné lieu à la rédaction d'une note ATLAS.

### **Tests en faisceau**

Les tests en faisceau des modules de série ont eu lieu au CERN en 2000, 2001 et 2002. Le groupe a largement participé aux prises de données et à l'analyse de celles-ci. Ceci se traduit par plusieurs publications en cours de finalisation. L'année 2004 a donné lieu à une importante campagne de tests en faisceaux, dits combinés : pour la première fois, pour la partie tonneau, l'ensemble des sous-détecteurs d'ATLAS était associé dans la prise de données et dans la reconstruction. Les modules de détecteurs, l'électronique et la structure des programmes d'acquisition et de reconstruction étaient aussi proches que

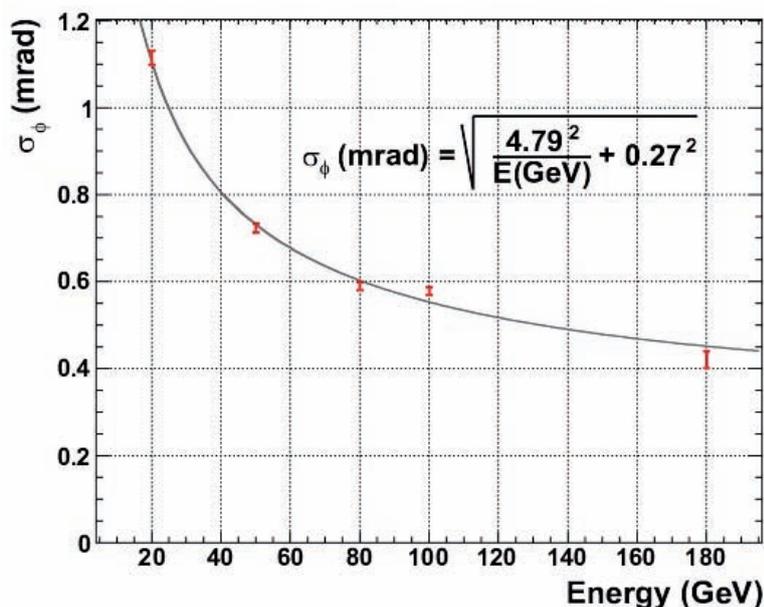


Figure 2: résolution en  $\phi$  du calorimètre central en fonction de l'énergie du faisceau. Mesure effectuée à partir des données de test combiné.

possible des versions définitives qui seront utilisées en 2007.

Le laboratoire a fourni le détecteur électromagnétique bouchon destiné aux tests en faisceaux combinés de la partie avant d'ATLAS, associant calorimètres électromagnétiques et hadroniques .

Le laboratoire a également apporté son expertise sur les cartes contrôleur et SPACMASTER, et a testé et installé pour le système de déclenchement des photomultiplicateurs rapides destinés à fournir une référence temporelle suffisamment précise pour les études de résolution en temps du calorimètre.

Les prises de données, auxquelles nous avons participé, ont eu lieu du printemps à l'automne 2004, et ont été suivies par une phase intensive d'analyse. Nous avons la responsabilité de plusieurs outils d'analyse du programme de reconstruction, ainsi que de la production de fichiers ROOT destinés à l'analyse finale. Le LPNHE développe des outils pour l'identification et l'utilisation des muons dans le calorimètre et l'association des traces chargées aux amas calorimétriques. Nous participons aussi à l'identification de particules ainsi qu'à l'étude de la résolution temporelle et à ses applications possibles dans les analyses. Nous avons étudié la résolution en  $\phi$  du

détecteur (voir fig. 2). Nous avons commencé à appliquer aux données de test en faisceau les algorithmes d'identification des électrons développés jusqu'à présent au sein du groupe uniquement sur des données simulées.

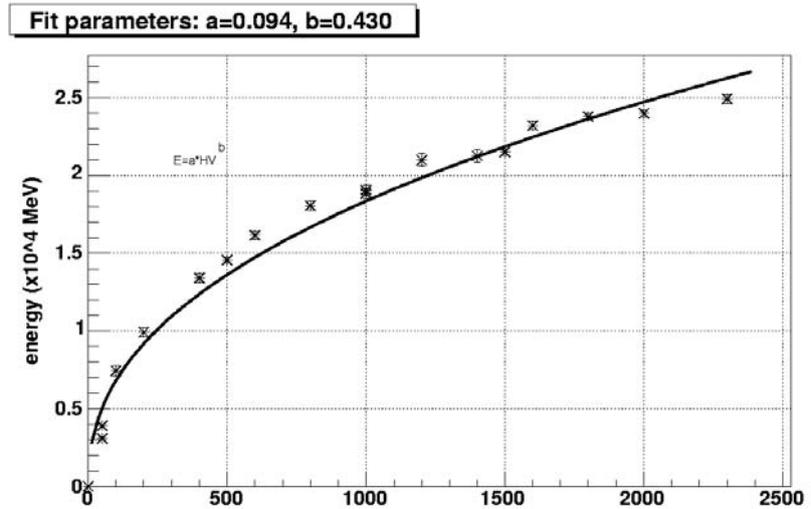
Comme suite naturelle à nos études sur les muons, nous étudions les possibilités d'exploitation des muons cosmiques pour la détection des cellules mortes, et éventuellement pour un premier étalonnage in-situ du calorimètre, en particulier de la partie bouchon.

Pour les données du test en faisceaux combiné bouchons, nous avons pris en charge l'essentiel de l'analyse de la réponse de la partie électromagnétique du détecteur. Nous avons étudié la réponse du détecteur en fonction de la haute tension appliquée (voir fig. 3), les caractéristiques du bruit électronique, la résolution en position, et avons mis au point les corrections à appliquer à la mesure brute de l'énergie pour obtenir la meilleure uniformité de réponse possible du détecteur.

#### Grille de calcul

Le groupe s'investit dans la mise en place, en région parisienne, d'une fédération de nœuds de la grille de calcul pour les expériences LHC. Il s'agit de se donner

Figure 3: détermination à partir des données de faisceau-test combiné de la réponse du calorimètre bouchon en fonction de la haute tension appliquée au détecteur.



des moyens locaux complémentaires à ceux du CCIN2P3, comme cela est prévu dans le schéma de calcul d'ATLAS. Ce projet commun au DAPNIA, au LAL-Orsay, IPN-Orsay, LLR-Polytechnique et au LPNHE, est appelé GRIF (Grille de Recherche en Ile de France). Ce Tier-2 prendra en charge la simulation et l'analyse. Un premier lot de 10 bi-processeurs et de 12 To de disques a été acheté à la fin 2005. L'étude des infrastructures nécessaires au LPNHE pour accompagner l'évolution de la participation du laboratoire à GRIF à 100 processeurs et 50 To de disque à l'horizon 2007, est en cours.

### Analyses de physique

Le groupe participe à la préparation des programmes de reconstruction et des analyses de physique pour ATLAS. L'activité porte entre autres sur l'identification des électrons et photons (voir fig. 4) la mise au point d'algorithmes de reconstruction et d'étalonnage du calorimètre électromagnétique. Nous menons également des réflexions à plus long terme sur la mesure de la luminosité. Ainsi, en collaboration avec l'IFJ-PAN de Cracovie, nous étudions les possibilités d'évolution d'ATLAS, à partir de programmes de simulation pour un système de déclenchement et un détecteur dédiés à la mesure de la luminosité, par comptage de paires coplanaires d'électrons

de faible impulsion. Le but est de parvenir à une mesure de la luminosité à 1% près, soit cinq fois mieux que ce qui a été fait par le passé auprès de collisionneurs hadroniques. Des réflexions critiques menées dans le passé au sein du groupe sur la philosophie actuelle du système de déclenchement ont débouché sur le développement d'un nouveau format de données, permettant un accès rapide aux informations nécessaires à une décision rapide du système de déclenchement. Ce nouveau format de données a été implémenté par nous dans le code officiel de reconstruction d'ATLAS et a permis d'améliorer par un facteur 10 le temps de traitement des données au niveau 2 du déclenchement.

Les paires d'électrons de désintégration de  $J/\psi$  provenant d'une résonance de masse parfaitement connue, présentent l'intérêt de pouvoir être utilisées pour l'étalonnage du détecteur. Cette étude, démarrée en 2002, a été menée à bien en 2005. Elle nous a permis de bien cerner les difficultés que représentera l'étalonnage en ligne du détecteur sur les données de physique. Elle nous a aussi donné l'occasion de participer ponctuellement aux études ayant pour but de caractériser les performances du calorimètre sur de multiples points : étiquetage des jets  $b$ , séparation électron/jet. La compréhension du mécanisme de génération des masses et la découverte

du boson de Higgs sont des enjeux majeurs du programme de physique auprès du LHC. Le groupe a largement contribué à la reprise des analyses sur la recherche du Higgs dans le canal de désintégration en deux photons et une thèse a été soutenue sur ce sujet. En particulier, nous avons étudié les caractéristiques cinématiques de divers bruits de fond en utilisant les programmes de simulation théoriques les plus récents. Nous avons montré que l'utilisation de méthodes de maximum de vraisemblance exploitant principalement la différence entre le spectre en impulsion transverse du bruit de fond et du signal permettait d'améliorer les perspectives de découverte du Higgs dans son canal de désintégration en deux photons.

Une thèse visant à comprendre la physique de l'interaction entre les différents états de polarisation des bosons W vient de démarrer au sein du groupe. Elle permettra d'obtenir des informations sur les particules virtuelles échangées par deux bosons W en interaction, afin d'étudier le mécanisme précis de brisure de symétrie électrofaible.

Le LHC permettra aussi de poursuivre de nombreux tests du Modèle Standard menés par le passé. Nous avons choisi de concentrer nos études sur le quark top (fig. 5). Nous avons démarré l'élaboration d'une analyse pour mesurer la masse dans le canal di-leptons. Ce canal présente l'avantage d'être facile à mettre en évidence, ce qui permettra de le voir assez rapidement après le démarrage du LHC. Enfin, le groupe s'intéresse à la recherche de dimensions supplémentaires d'espace, introduites dans certains modèles théoriques pour résoudre le problème de hiérarchie des masses.

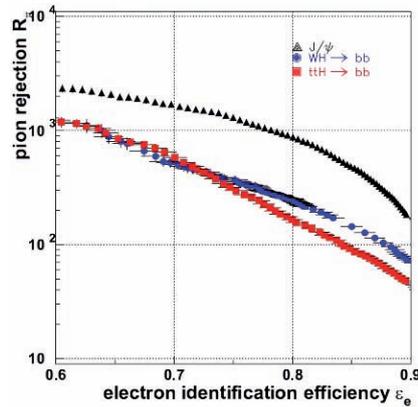


Figure 4 : taux de rejet des pions en fonction de l'efficacité d'identification des électrons de bas  $p_T$  dans des lots d'événements  $J/\psi$ ,  $WH \rightarrow b\bar{b}$  et  $t\bar{t}H \rightarrow b\bar{b}$ .

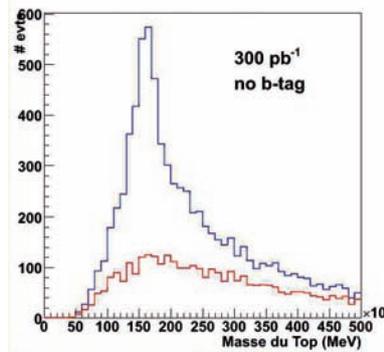


Figure 5 : simulation du spectre de masse du quark top mesuré par ATLAS après quelques semaines de prise de données (histogramme bleu), comparé au bruit de fond (histogramme rouge).

### Ph. Schwemling

E. Busato, A. Camard, P. Cavalleri,  
F. Derue, M. Escalier, F. Fayette,  
A.-E. Kaczmarska, M.-W. Krasny,  
D. Lacour, B. Laforge, I. Nikolic-Audit,  
M. Ridet, F. Vannucci.

#### Électronique :

M. Dhellot, O. Le Dortz, D. Martin,  
J.-M. Parraud.

#### Informatique :

L. Martin, P. Warin-Charpentier

#### Mécanique :

C. Evrard, D. Laporte, D. Imbault,  
D. Steyaert, D. Vincent.



# L'expérience LHCb

Parmi les quatre expériences en préparation au LHC, l'une est consacrée à l'étude de la violation de CP dans les désintégrations des mésons B. La dynamique de QCD implique que les quarks b sont essentiellement produits par paires et, pratiquement, le long de la direction des faisceaux de protons.

La section efficace de production de ces paires quark-antiquark de b est très grande au LHC ( $500 \mu\text{b}$ ). Cela a deux conséquences importantes : en deux heures de prise de données à la luminosité nominale ( $2 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), LHCb accumulera autant de mésons  $B_d$  que chacune des usines à B depuis leur démarrage ( $400 \cdot 10^6$ ). D'autre part, dans l'hadronisation de ces quarks b, tous les hadrons qui les contiennent vont être produits en quantités importantes ; ainsi, les hadrons  $B_u : B_c : B_s : \lambda_c : B_c$  seront produits dans les proportions  $0.4 : 0.4 : 0.1 : 0.1 : 0.01$ . Bien sûr, le bruit de fond qui se superpose aux produits de désintégration des mésons B est bien plus intense sur LHCb que dans les usines à B en raison de l'énergie disponible dans la collision des protons à très haute énergie (14 TeV). Ces statistiques permettront d'affiner de nombreuses mesures déjà effectuées dans les usines à B, mais aussi d'étudier la physique des modes de désintégration des mésons  $B_u$  et  $B_d$  à faibles rapports d'embranchement. Ainsi le groupe du LPNHE s'apprête à étudier la violation

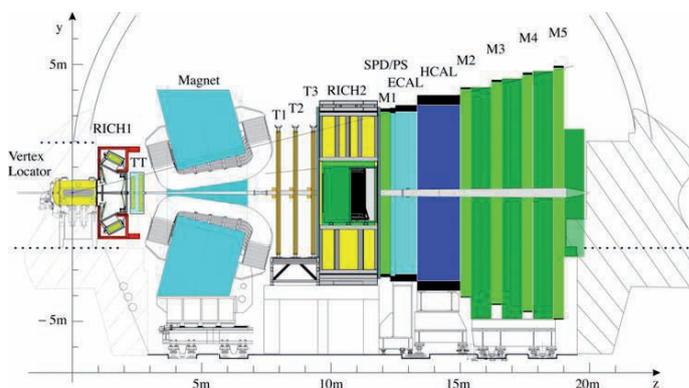


Figure 1 : le détecteur LHCb.

directe de CP dans la désintégration  $B_u \rightarrow \rho/\omega K$  avec  $\rho/\omega \rightarrow \pi^+\pi^-$ , où l'on attend un important effet d'amplification dû à l'interférence  $\rho/\omega$  dans le système  $\pi^+\pi^-$ .

La cinématique des paires de b produites au LHC explique la structure particulière du détecteur LHCb qui ressemble tout-à-fait à un détecteur pour collisions sur cible fixe (fig. 1). LHCb se présente de la façon suivante : d'abord un détecteur de vertex (autour du point d'interaction des protons des faisceaux), puis un aimant de courbure et un jeu de chambres (pour mesurer les impulsions des particules émergent de l'interaction), suivis d'un système de calorimètres électromagnétique et hadronique et d'un identificateur de muons. Insérés dans ce dispositif, on trouve deux compteurs RICH (Ring Imaging Cherenkov Counter) qui

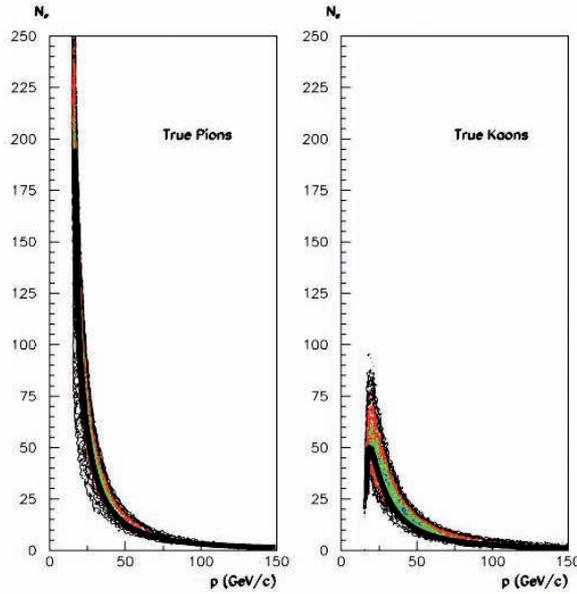


Figure 2 : séparation en nombre d'écart standards ( $\sigma$ ) entre les assignations pion et kaon pour des vrais pions ( gauche) et pour des vrais kaons. Les distributions d'événements sont représentées en courbes de niveau et les courbes théoriques sont superposées en traits pleins.

permettent d'identifier la nature des particules pour des énergies allant de 2 GeV jusque vers 110 GeV.

En raison de notre entrée tardive dans LHCb, la participation de notre groupe s'est concentrée sur des développements software, et plus précisément sur les logiciels de reconstruction et d'identification de particules par les compteurs RICH. Nous nous sommes ainsi intéressés à porter la limite d'identification à  $3\sigma$  pour la séparation  $\pi$ -K au-delà de 80 GeV. Ce résultat a été obtenu par une compréhension complète de toutes les incertitudes qui affectent la reconstruction des anneaux dans RICH2 et de leurs corrélations. Ceci, en conjonction avec des méthodes d'ajustement de cercles, nous a conduits à une résolution sur l'angle Cherenkov de 0.1 mrad. Nous avons aussi pu prendre en compte les effets créés par les inhomogénéités de la répartition des photons sur les anneaux qui se traduisent par un spectre de résolutions allant en fait de 0.1 mrad, quand les photons sont régulièrement espacés, à 0.3 mrad, quand ils sont concentrés sur un azimut de faible amplitude.

La séparation  $\pi$ -K, exprimée en nombre de  $\sigma$ , est reproduite dans le diagramme

de la figure 2 avec une prédiction théorique fondée essentiellement sur les propriétés de l'effet Cherenkov. Ceci illustre le fait que la séparation voulue a bien été repoussée jusque vers 110 à 120 GeV.

Nous nous sommes aussi attachés à concevoir un logiciel d'identification complet se servant des données de RICH2, qui travaille trace par trace et qui combine l'ensemble des informations accessibles pour chaque trace. Ainsi, nous avons pu définir un critère d'identification qui combine plusieurs probabilités associées à une trace chargée : (1) celle du meilleur angle résultant d'un ajustement d'anneau, (2) la probabilité de cet angle comparé à chaque angle possible, (3) la probabilité du nombre de photons trouvés comparé à sa valeur attendue et (4) celle du plus grand arc sur l'anneau séparant deux photons successifs. Les performances de cet algorithme comme la qualité des informations statistiques sont très bonnes. Nous travaillons, à présent, à l'extension de cet algorithme à l'analyse des données de l'autre compteur (RICH1) qui fournit une identification à plus basse énergie (en-dessous de 40 GeV) mais dans un environnement bien plus affecté par le bruit de fond des autres traces chargées de l'événement.

M. Benayoun

P. David, L. Del Buono, G. Gilles.

# Physique au Tevatron : l'expérience DØ

**A**vant le démarrage du LHC, le Tevatron est l'accélérateur qui permet d'accéder aux plus hautes énergies par des collisions proton-antiproton. Depuis le début du Run II au printemps 2001, une luminosité intégrée d'environ  $1200 \text{ pb}^{-1}$  a été délivrée à chacune des expériences CDF et DØ, soit environ 10 fois plus que lors de l'intégralité du Run I (1992-96). Une première série de publications a été réalisée sur  $300\text{-}400 \text{ pb}^{-1}$  de données montrant que les détecteurs sont prêts à exploiter la haute luminosité du Run II, mais aussi l'amélioration des performances du détecteur et des algorithmes de reconstruction.

Le groupe DØ du LPNHE concentre ses activités techniques sur le calorimètre uranium-argon liquide, tant par le suivi de son opération au jour le jour que par de nombreuses responsabilités dans la reconstruction calorimétrique et dans l'identification des objets. L'expertise acquise dans ce domaine s'avère d'une grande valeur pour la compétitivité au niveau des analyses de physique : la recherche du boson de Higgs et les propriétés du quark top. Ces sujets ont fait l'objet de trois thèses soutenues en 2004 et 2005.

## L'état du Tevatron et de DØ

Les performances du Tevatron approchent les valeurs nominales attendues pour le Run II. Ainsi, une luminosité instantanée de  $16.10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a été atteinte, moins d'un facteur 2 en dessous des performances finales attendues. Depuis

l'été 2005, l'« electron cooling » est utilisé à Fermilab pour la première fois avec des faisceaux relativistes. De ce fait, la luminosité intégrée prévue pour la fin 2009 est de  $8 \text{ fb}^{-1}$  par expérience. Pendant un arrêt machine de 3 mois prévu à partir de mars 2006, les dernières améliorations seront faites au détecteur avant d'entamer la phase de haute luminosité : une couche supplémentaire du détecteur de microvertex autour du tube à vide sera ajoutée. En outre, le système de déclenchement calorimétrique sera remplacé et permettra l'utilisation d'algorithmes plus performants. Ainsi les performances atteintes aujourd'hui devront être maintenues tout au long des prochaines années.

L'amélioration des algorithmes utilisés dans le programme de reconstruction permet maintenant d'atteindre une efficacité d'étiquetage des jets issus des quarks  $b$  supérieure à 50 %, pour un taux de mauvaise identification de 1 %. L'utilisation des détecteurs de pieds de gerbe permet non seulement une amélioration de la reconstruction en énergie mais aussi l'identification des photons. Une nouvelle calibration des calorimètres électromagnétique et hadronique, dans laquelle nous avons eu une contribution centrale, a permis une réduction importante des erreurs systématiques dans la plupart des analyses.

## La calorimétrie

L'implication du groupe dans la calorimétrie de DØ avait surtout porté sur l'amélioration des performances des algorithmes utilisés, tant pour obtenir



Figure 1 : le cryostat central du calorimètre de DØ avec le solénoïde et les chambres à muons.

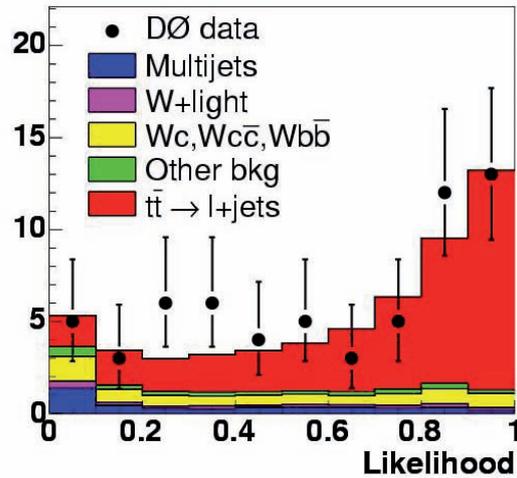


Figure 2 : discriminant du maximum de vraisemblance qui permet de séparer le signal  $t\bar{t}$  des processus de bruits de fond..

de meilleures efficacités d'identification des objets (électrons, photons, jets, énergie transverse manquante) que pour l'amélioration de leur résolution en énergie.

Ceci a nécessité, dans un premier temps, la mise au point des procédures de certification pour tous les objets reconstruits. Une telle certification permet de définir des coupures standard qui sont utilisées dans la plupart des analyses ou bien de définir des références utilisées pour évaluer les améliorations faites dans les groupes d'analyse. Des études détaillées d'identification des jets ont permis d'affranchir la séparation des jets des effets de bruit dans le calorimètre et d'abaisser les seuils en énergie pour obtenir une meilleure efficacité d'identification à basse énergie. L'utilisation généralisée d'un algorithme pour la réduction dynamique du bruit électronique, développé au laboratoire à partir d'un algorithme similaire utilisé par l'expérience H1, a joué un rôle important pour la reconstruction des objets à basse énergie, en particulier pour la reconstruction de l'énergie transverse manquante, qui est utilisée pour déterminer la qualité des données calorimétriques.

Le deuxième point fort est l'amélioration des performances des algorithmes pour une nouvelle reconstruc-

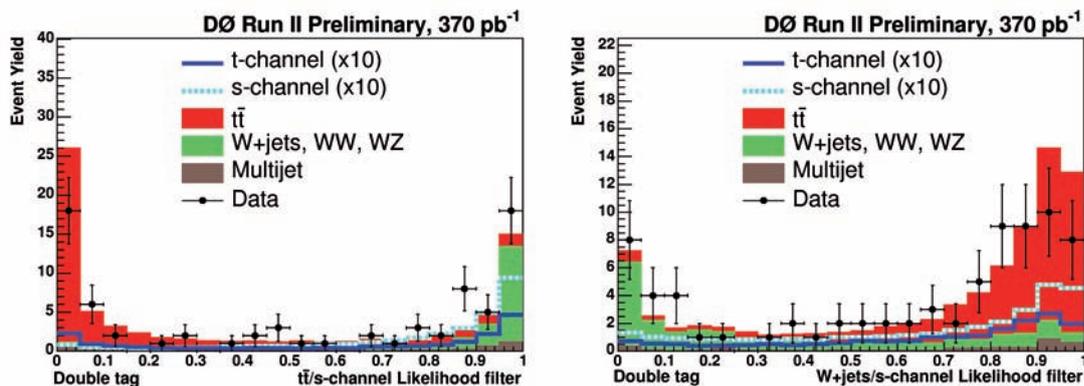
tion de toutes les données prises entre 2001 et 2006. Cette reconstruction a pour objectif d'améliorer la résolution en énergie pour les objets électromagnétiques et hadroniques. L'effort a porté sur la finalisation des procédures de calibration électronique utilisant le système des générateurs d'impulsions construits par le LAL-Orsay et le LPNHE. Les coefficients de calibration ont été déterminés en fonction du temps et sont maintenant appliqués dans le programme de reconstruction grâce aux bases de données développées au laboratoire. Avec une intercalibration des cellules à partir des données de physique, une amélioration de la résolution de 15% est obtenue sur la masse reconstruite du boson Z. Les améliorations pour la résolution en énergie des jets sont dues à la nouvelle calibration, mais aussi à l'utilisation d'un algorithme de combinaison des traces et de la mesure calorimétrique.

### Physique

Avec son énergie dans le centre de masse de 1.96 TeV, le Tevatron est le seul collisionneur en service qui permet l'étude du quark top et la recherche du boson de Higgs. Dans les deux domaines, les signatures expérimentales, basées sur la présence d'un lepton, d'énergie transverse manquante et de jets de b, sont semblables. Cette particularité nous a permis de développer des outils et des techniques communs tout en préservant une variété dans les questions de physique abordées.

### Section efficace $t\bar{t}$

La production des quarks top par interaction forte se fait au Tevatron principalement par le processus  $q\bar{q} \rightarrow t\bar{t}$ . Les prédictions théoriques de la section efficace ont été calculées au NNLO avec une précision de 7%. L'augmentation de 10% de l'énergie dans le centre de masse entre le Run I



et le Run II du Tevatron conduit à une augmentation de la section efficace de production de 30%, mais les incertitudes expérimentales (faible statistique et l'incertitude sur l'échelle en énergie des jets) sont encore trop importantes pour observer significativement cet effet.

Notre analyse dans le canal électron+jets a été finalisée pour les conférences d'été 2005, et publiée en utilisant une luminosité de 260 pb<sup>-1</sup>. Dans ce canal, les deux bosons W issus de la désintégration des quarks top en quarks b se désintègrent l'un dans le canal hadronique et l'autre dans le canal leptonique. Cette signature a une meilleure statistique que les canaux di-leptoniques et une meilleure pureté que le canal « tout hadronique ». Avec la présence d'un seul neutrino dans l'état final, la cinématique des événements est contrainte et les incertitudes combinatoires sont réduites, en particulier lorsque les deux quarks b peuvent être étiquetés. Dans les mesures faites au Run I, un étiquetage des quarks b était seulement rendu possible par la présence d'un muon de faible énergie dans l'état final, provenant d'une désintégration leptonique du quark b. Au Run II les premiers résultats avec un étiquetage des quarks b par vertex secondaire ont été publiés et laissent prévoir un potentiel d'amélioration important. Notre groupe s'est concentré sur la

mesure de cette section efficace par une méthode cinématique : les événements top sont séparés du bruit de fond par un discriminant topologique. La section efficace mesurée de 6.7±2 pb est en bon accord avec la valeur attendue dans le modèle standard.

### Production électrofaible du top

La production électrofaible du quark top a une section efficace comparable à la production par interaction forte, mais son observation est plus difficile à cause d'un rapport signal/bruit plus faible, car le nombre de jets dans l'état final est plus faible. Sa mise en évidence, suivie par la mesure de la section efficace de production, donnera directement accès à l'élément de la matrice CKM  $V_{tb}$ .

Cette mesure est particulièrement intéressante à réaliser au Tevatron, car le rapport signal/bruit dans la voie s est d'environ 10 fois plus important que pour les interactions  $pp$  au LHC. Par ailleurs, la production électrofaible du quark top est un des bruits de fond principaux pour la recherche du boson de Higgs.

Notre groupe s'est concentré sur le canal électron+jets, avec identification des quarks b par une méthode basée sur le paramètre d'impact des traces. La combinaison de ce résultat et des résultats obtenus dans les autres canaux a permis de placer

Figure 3 : distribution du maximum de vraisemblance pour séparer le signal de production électrofaible des bruits de fond W+jets et du signal  $t\bar{t}$ .

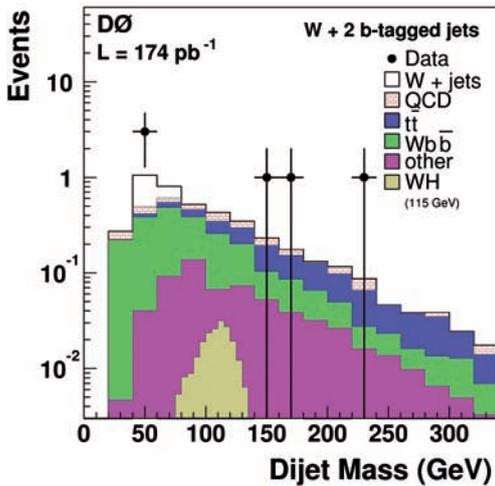


Figure 4 : distribution de la masse invariante de deux jets de  $b$  étiquetés comparée avec les contributions des processus de bruit de fond et de la production du boson de Higgs.

une limite supérieure sur la section efficace de production du single-top dans la voie  $s$  ( $t$ ) à 6.4 (5.0) pb, pour une valeur attendue de 0.9 (2.0) pb. Ces résultats indiquent que ce processus devrait pouvoir être observé au Tevatron, lorsqu'une statistique plus importante sera accumulée.

### Recherche du boson de Higgs

Jusqu'au démarrage du LHC, le Tevatron offre la seule opportunité pour la recherche directe du boson de Higgs, particulièrement dans le domaine de masse entre 115 et 130 GeV, qui est favorisé par les ajustements sur les mesures électrofaibles. Néanmoins, une luminosité importante sera nécessaire pour atteindre un nombre d'événements suffisant pour espérer une telle découverte. Une première étape dans la recherche du boson de Higgs consiste à comprendre avec une bonne précision la section efficace  $Wb\bar{b}$ , bruit de fond principal avec la production électrofaible du top. Pour cette analyse, l'étiquetage des quarks  $b$  utilise également l'algorithme décrit précédemment, mais l'analyse a d'abord été effectuée dans le canal électron en demandant que les 2 jets présents dans l'état final soient étiquetés. Cette analyse, basée sur  $174 \text{ pb}^{-1}$  de luminosité intégrée a permis d'établir une limite supérieure de production WH de 12 pb, en supposant que le boson de Higgs a une masse de 115 GeV. Nous avons ensuite étudié le canal muon sur une statistique de  $394 \text{ pb}^{-1}$ , et la combinaison de ce nouveau résultat avec le canal électron, en cours de réalisation, devrait conduire à une amélioration importante du résultat, laissant présager une observation possible, si le boson de Higgs est léger, avec une statistique de l'ordre de 2 à  $4 \text{ fb}^{-1}$ .

### Perspectives

Une luminosité intégrée de  $1200 \text{ pb}^{-1}$  a déjà été accumulée, et les prévisions pour le futur sont excellentes, nous sommes donc dans un domaine inexploré, comparé aux résultats du Run I.

Les améliorations dans les algorithmes et les calibrations ont permis une nouvelle itération de la reconstruction de toutes les données prises pour les publications des analyses présentées. L'intégration dans le programme de reconstruction des améliorations concernant le calorimètre a constitué le point culminant de notre activité dans ce domaine, et maintenant nos efforts se concentrent sur l'analyse des nouvelles données. Sur les données du Run IIa (qui se termine en mars 2006), nous finaliserons notre programme de mesure des propriétés du quark top. Ensuite sur l'ensemble des données (Run IIa et IIb de 2001 à 2009) nous concentrerons nos efforts sur la recherche du boson de Higgs standard.

Avec une bonne maîtrise du lot d'événements top, des mesures de masse plus précises peuvent être envisagées : avec une luminosité intégrée de  $2 \text{ fb}^{-1}$ , une réduction à 2 GeV de l'erreur sur la masse du top contraindra davantage le domaine de masse prédit pour le boson de Higgs dans le modèle standard et viendra en complément de sa recherche directe.

### G. Bernardi

B. Andrieu, U. Bessler, S. Beauceron, E. Busato, J. Lellouch, L. Sonnenschein, S. Trincaz-Duvoid, J.-R. Vlimant

# L'expérience CDF

La participation du groupe du LPNHE à CDF inclut des contributions au fonctionnement de l'expérience et aux analyses de données.

Pour le Run II, plusieurs aspects de CDF ont été modifiés : les détecteurs de traces, le système de déclenchement, la calorimétrie électromagnétique bouchons et la couverture pour les muons. Début septembre 2005 a été enregistré le premier  $\text{fb}^{-1}$  de données.

## Production Monte Carlo avec GRID

La montée en luminosité du Tevatron nécessite la production de larges échantillons d'événements simulés. Une contribution importante du groupe du LPNHE est la production de ces données dites de Monte Carlo au Centre de Calcul de l'IN2P3. En 2005, nous avons contribué à l'installation de l'infrastructure du calcul sur grille, GRID, au CCIN2P3, qui est le second centre de calcul ainsi équipé de CDF, après le centre de calcul de l'INFN à Bologne (Italie). D'autres centres seront inclus dans ce réseau de calcul sur grille qui préfigure ainsi ceux développés pour le LHC.

## Désintégrations top $\rightarrow \tau$

Le but de cette étude est d'extraire les événements contenant une paire de quarks top dont les produits de désintégration en deux leptons incluent un  $\tau$ . Les améliorations pour le Run II de la machine, en luminosité et énergie (gain de 30% en section efficace dans la production de quarks top), et du détecteur devraient permettre la première mise

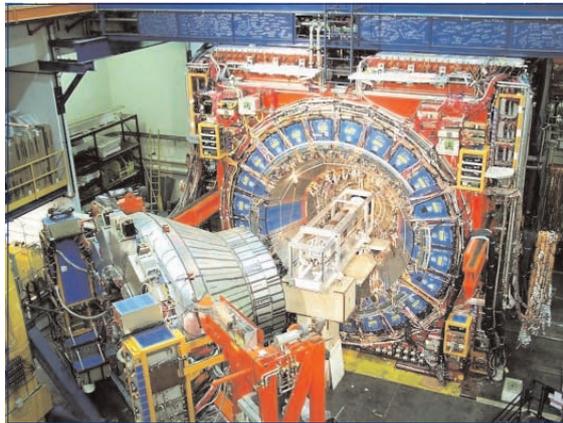


Figure 1 : le détecteur CDF avant son installation dans sa position finale.

en évidence de ce canal de désintégration du top. Cette analyse nécessite la maîtrise de l'identification de tous les objets fondamentaux et une bonne reconstruction de l'énergie des jets et de l'énergie transverse manquante. Outre cette mise en évidence des canaux top en  $\tau$  et le test de l'universalité des couplages leptoniques, cette analyse permet une bonne compréhension des signatures comprenant plusieurs jets, de l'énergie manquante et des leptons. Elle est essentielle pour la recherche de la supersymétrie. Les données collectées jusqu'à septembre 2004, soit  $359 \text{ pb}^{-1}$  d'événements utiles à cette étude, ont été analysées avec un effort majeur en termes de simulation Monte Carlo. Une grande partie du travail a porté sur la recherche de nouvelles méthodes pour déterminer le fond QCD, première source d'erreur systématique de la mesure. Une méthode a été mise au point qui s'affranchit de conjectures hasardeuses utilisées dans les études précédentes et améliore la précision sur le fond QCD de 40%. L'étude de ce processus va inclure le canal muon +  $\tau$ . Une thèse prévue pour 2006 portera

sur le premier  $\text{fb}^{-1}$  de données récemment collectées par CDF.

#### **Etudes avec électron à l'avant**

Grâce aux seuls détecteurs à silicium les traces peuvent être mesurées jusqu'à une grande pseudo rapidité ( $|\eta| < 2.4$ ). En combinant les traces et l'information du calorimètre électromagnétique avant, il est possible de mesurer les sections efficaces différentielles de production et l'asymétrie de charge des bosons W. Cette étude, réalisée avec l'INFN-Pise, s'applique aussi à la production du top où un électron est produit à l'avant.

#### **La physique du B à CDF**

CDF a développé une expertise dans l'étude de la physique du B en collisionneur hadronique, optimisant à plusieurs reprises ses moyens de détection.

#### **Mesure des oscillations du $B_s$**

La physique des saveurs lourdes et celle du B en particulier constitue un excellent terrain pour sonder la physique au-delà du Modèle Standard. Les mésons  $B_s$  sont uniquement produits en collisions  $p\bar{p}$  et non en usine à B et CDF peut faire des mesures précises sur les oscillations  $B_s$ . En octobre 2005, CDF a amélioré la limite mondiale sur les oscillations  $B_s$  de 14.4 à 16.6  $\text{ps}^{-1}$ , en utilisant 355  $\text{pb}^{-1}$  de données, résultat en cours d'amélioration importante. Ce travail fait l'objet d'une thèse.

#### **Fragmentation du quark b**

La méthode de mesure de la fonction de fragmentation du quark b dans l'expérience DELPHI a été appliquée à l'analyse de la production des hadrons B dans le cadre de l'expérience CDF, en collaboration avec les groupes de l'Université Johns Hopkins, INFN-Pise, MIT et l'Université de Cantabria. L'analyse effectuée sur 333  $\text{pb}^{-1}$  de données, dans le canal dimuon  $B^\pm \rightarrow J/\psi K^\pm \rightarrow X$ , favorise les paramètres de la fragmentation obtenus au LEP. L'accord entre les données et la

simulation pour certains paramètres cinématiques des traces qui accompagnent le méson B est amélioré de manière significative.

#### **Etats orbitaux excités ( $B^{**}$ )**

Le but de cette analyse est de mesurer des propriétés des états excités des mésons B. Ces mesures faites en collaboration avec les groupes de l'Université Johns Hopkins et de l'INFN-Pise interviennent de manière importante dans la mesure des oscillations du  $B_s$ . Afin de réduire les effets du détecteur et la résolution en masse, la différence de masse  $m(B^{**}) - m(B^\pm) - m(\pi)$  a été mesurée. L'analyse est basée sur 374  $\text{pb}^{-1}$  de données dans les canaux  $B^\pm \rightarrow J/\psi K^\pm$ ,  $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$  et  $B^\pm \rightarrow D \pi^\pm$ ,  $\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$ . Les mesures des masses des états étroits de cette analyse sont les meilleures à l'heure actuelle.

#### **Section efficace de production des hadrons B**

La mesure de la section efficace de production des mésons B dans les collisions  $p\bar{p}$  a été faite sur le même échantillon de données que pour l'analyse sur la fragmentation. Cette mesure est en accord avec la prédiction théorique et compatible avec le résultat d'une autre analyse indépendante de CDF, dans le canal inclusif  $B \rightarrow J/\psi X \rightarrow \mu^+ \mu^- X$ .

#### **Conclusions**

En 2004, 17 articles ont été publiés par CDF et 36 en 2005. Le LPNHE a contribué aux articles sur  $W \rightarrow e$  avec électron à l'avant, aux premières publications sur les mélanges  $B_d$  et  $B_s$  et à ceux portant sur la physique avec signatures avec le lepton  $\tau$ . Le groupe est également coordinateur du réseau européen HPRN-CT-00292-2002.

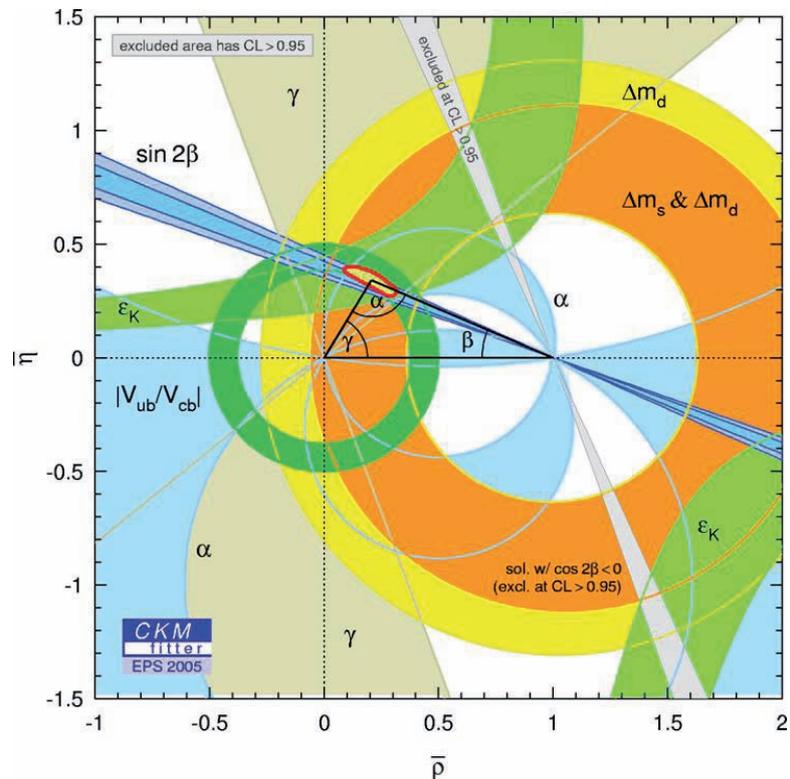
#### **A. Savoy-Navarro**

E. Ben Haim, G.P. Di Giovanni,  
J. Piedra, A. Sidoti, S. Tourneur.

# Violation de CP : BABAR

Depuis la découverte de la violation de CP dans les désintégrations des mésons B en 2001 par les expériences *BABAR* et Belle, cette physique a été vigoureusement poursuivie. Ces expériences constituent l'axe majeur du programme mondial de physique des saveurs lourdes. Aucune déviation significative par rapport au modèle standard n'a été détectée. Cependant le nombre de mesures indépendantes réalisées et la précision des résultats contraignent de plus en plus strictement les éléments de la matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM). Les résultats récents les plus spectaculaires sont la découverte de la violation de CP directe dans le mode  $B^0 \rightarrow K^- \pi^+$ , la mesure des côtés du triangle d'unitarité,  $|V_{ub}/V_{cb}|$  par les désintégrations semileptoniques et l'existence de mesures pour chacun des trois angles  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ . Le diagramme de la figure 1 résume l'ensemble des contraintes sur les éléments de la matrice CKM tels qu'ils ont été présentés à la conférence EPS de Lisbonne en 2005. Les résultats sont nombreux et variés. Ils ne concernent pas tous la physique du quark *b*. De nouveaux hadrons charmés ou charmonium ont ainsi été récemment découverts.

Le LPNHE participe à l'expérience *BABAR* sur le collisionneur PEP2 à SLAC (Stanford Linear Accelerator Center, États-Unis), avec trois autres laboratoires de l'IN2P3 et un du CEA.



La luminosité maximale atteinte avec le détecteur en fonctionnement est de  $10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . La luminosité intégrée depuis le début de l'expérience en 1999 est de  $305 \text{fb}^{-1}$  ( $518 \text{fb}^{-1}$  pour Belle). La différence est en grande partie due à un grave accident survenu dans l'accélérateur linéaire et au temps d'arrêt qui a été nécessaire pour renforcer les procédures de sécurité à SLAC. L'objectif est d'obtenir une luminosité intégrée de  $1 \text{ab}^{-1}$  par expérience d'ici la fin de la prise des données prévue en 2008 (1 milliard de paires de mésons B). Le LPNHE participe à l'expérience

Figure 1 : diagramme  $(\rho, \eta)$  avec les lieux géométriques du sommet du triangle d'unitarité contraints par les diverses mesures disponibles lors de la conférence de l'EPS à Lisbonne en juillet 2005. Cette figure est l'œuvre du groupe Ckmfitter dont la publication majeure (*Eur.Phys.J.C41* : 1-131, 2005) dépasse les 100 citations.

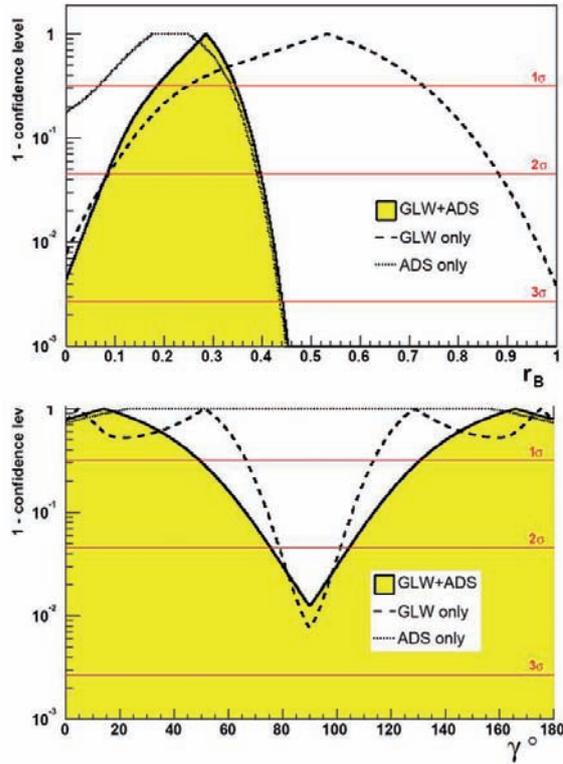


Figure 2 : niveaux de confiance en coordonnées logarithmiques pour les observables déduites des méthodes GLW et ADS dans le canal  $B^- \rightarrow D^0 K^{*-}$  qui a fait l'objet d'une thèse au LPNHE. Ces mesures publiées dans PRD-RC, ne contraignent pas encore significativement l'angle  $\gamma$ . Une zone est toutefois défavorisée au niveau de deux écarts-types.

BaBar depuis le début, en 1994. A ce stade de l'expérience, les analyses de physique constituent l'activité majeure de l'équipe. Une habilitation à diriger les recherches (HDR) et une thèse ont été soutenues pendant les deux dernières années. Deux thèses sont en préparation pour 2006 et 2008 ainsi qu'une HDR pour 2006.

Les analyses de physique au LPNHE en 2004 et 2005 se sont concentrées sur les angles  $\gamma$  et  $\alpha$  du triangle d'unitarité. Deux approches complémentaires sont poursuivies qui exploitent les désintégrations de mésons B avec ou sans méson charmé dans l'état final. Un programme focalisé sur les analyses de désintégrations de mésons B en trois corps sans charme se met en place avec l'idée d'obtenir des résultats sur l'ensemble de la statistique de l'expérience.

#### Désintégrations charmées

Pour accéder à l'angle  $\gamma$ , les méthodes théoriques de Gronau, London et Wyler (GLW) d'une

part et Atwood, Dunietz et Soni (ADS) d'autre part utilisent les désintégrations de B chargés  $B^- \rightarrow D^0/K^-$  ou  $K^-$  est un méson étrange ( $K^-$  ou  $K^{*-}(892)$ ) et  $D^0$  est soit un  $D^0$  soit un  $\bar{D}^0$ . Lorsque  $D^0$  et  $\bar{D}^0$  se désintègrent vers un même état final, l'interférence dépend de l'angle  $\gamma$ , d'une phase forte ainsi que du rapport  $r_B$  des amplitudes des transitions  $b \rightarrow u$  et  $b \rightarrow c$ . Dans la méthode GLW, les désintégrations du  $D^0$  sont celles qui aboutissent à des états propres de CP. Dans la méthode ADS, le  $D^0$  produit par une transition  $b \rightarrow c$  est reconstruit dans un mode doublement supprimé de Cabibbo (comme  $D^0 \rightarrow K^+ \pi^-$ ) alors que le  $D^0$  produit par une transition  $b \rightarrow u$  est reconstruit dans un mode favorisé par Cabibbo. Les désintégrations des mésons B et D procèdent via des diagrammes en arbre. Ainsi ces méthodes mesurent  $\gamma$  sans pollution hadronique de diagrammes *pingouins* qui pourraient également contenir de la nouvelle physique. Ces mesures de  $\gamma$  constituent en quelque sorte une référence. Nous avons étudié expérimentalement les méthodes ADS et GLW dans le canal  $B^- \rightarrow D^0 K^{*-}(892)$  ou  $K^{*-} \rightarrow K_s \pi^-$ . Ce travail a fait l'objet d'une thèse, soutenue en mai 2005. Il a été publié. Les contraintes obtenues sur l'angle  $\gamma$  et le rapport  $r_B$  pertinent pour ces canaux est donné sur la figure 2. D'autres méthodes fondées sur les désintégrations en trois corps des mésons D sont étudiées dans la collaboration. L'ensemble des résultats obtenus est représenté sur la figure 1 par la bande grise étiquetée  $\gamma$ .

#### Désintégrations sans charme

Cette thématique étudiée sur les désintégrations en deux corps  $h^+ h^-$  ou  $h$  est un pion ou un kaon, a été poursuivie sur les

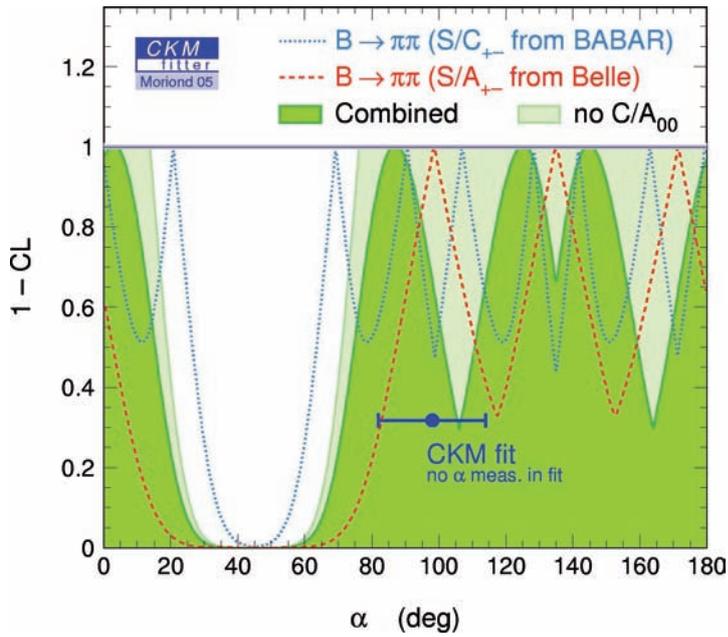


Figure 3 : niveau de confiance sur l'angle  $\alpha$  du triangle d'unitarité obtenu à partir de mesures sur les seules désintégrations de mésons B en deux pions. Le LPNHE a contribué aux résultats de **BABAR** de cette figure, publiés dans PRL.

canaux  $h \pi^0$ . Les désintégrations des B chargés en  $\pi^- \pi^0$  associées aux canaux précédemment étudiés et au mode  $\pi^0 \pi^0$  permettent de contraindre l'angle  $\alpha$ , en utilisant l'isospin (fig. 3). Les asymétries de charge violant CP, et les rapports d'embranchement suivants ont été mesurés et publiés :

$\text{Br}(B^- \rightarrow \pi^- \pi^0) = (5.8 \pm 0.6 \pm 0.4) 10^{-6}$ ,  
 $A_{\text{CP}}(B^- \rightarrow K^- \pi^0) = (0.01 \pm 0.10 \pm 0.02)$ ,  
 $\text{Br}(B^- \rightarrow K^- \pi^0) = (12.0 \pm 0.7 \pm 0.6) 10^{-6}$ ,  
 $A_{\text{CP}}(B^- \rightarrow K^- \pi^0) = (0.01 \pm 0.10 \pm 0.02)$ .  
 Leur interprétation mise en œuvre en utilisant l'outil phénoménologique CKMfitter auquel le LPNHE participe (<http://www.ckmfitter.in2p3.fr>) a été effectuée dans le cadre des symétries SU(2) et SU(3). Une thèse a été soutenue et une publication est en cours.

Depuis 2004, le LPNHE s'est lancé dans l'étude du diagramme de Dalitz des désintégrations en trois corps de mésons B en un kaon et deux pions. Le canal  $B^0 \rightarrow K^+ \pi^- \pi^0$  a fait l'objet d'une contribution à la conférence ICHEP04 à Beijing. Une publication est en cours de rédaction. Cette étude est étendue à tous les états de charge notamment au mode  $B^0/\bar{B}^0 \rightarrow K_s \pi^+ \pi^-$ . Ce sera le sujet de tous les physiciens du groupe jusqu'en

2009. Un atelier est organisé sur ce thème dans le cadre de la Fédération de Recherche Interactions Fondamentales du 1<sup>er</sup> au 3 février 2006 au LPNHE.

#### Aspects opérationnels

Le LPNHE couvre la surveillance du DIRC (le détecteur Cherenkov à la construction duquel le laboratoire a participé), le suivi de la qualité des données de ce détecteur et leur reconstruction. Les étudiants en thèse ont effectué chacun un séjour de six mois à SLAC dans ce contexte. Un maître de conférence a été détaché pendant 18 mois sur le site expérimental. En plus de son implication sur le DIRC, il a assuré pendant 5 mois en 2005 la coordination de la prise des données. Les physiciens français de **BABAR** reçoivent un fort support de l'IN2P3 pour développer et maintenir le CCIN2P3 comme un site de premier plan (Tier-A) pour la collaboration. Depuis le début de **BABAR**, le laboratoire y assure la production des données de la simulation générale.

## Conclusions et perspectives

Les expériences *BABAR* sur le collisionneur PEP-2 et Belle à KEK-B ont fourni en 2004/05 une remarquable moisson de résultats qui contraignent le modèle standard dans le secteur des saveurs lourdes avec une précision qui n'avait pas été anticipée lors de leur conception. La confrontation de mesures indépendantes des côtés et des angles du triangle d'unitarité pourrait permettre de mettre en évidence une physique au-delà du modèle standard. D'ores et déjà, une sélection parmi les modèles envisagés s'opère du fait de la précision des mesures. Il est prévu que PEP-2 et BaBar fonctionneront jusqu'en octobre 2008 et que la statistique sera multipliée par un facteur de l'ordre de 4. L'année 2007 verra la mise en service du LHC et de l'expérience LHCb dédiée à la physique des mésons B. Cependant, l'état initial électron-positron reste toujours attractif au point que des projets de collisionneurs de haute luminosité ( $10^{35}$  à  $10^{37}$   $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ont été proposés.

### J. Chauveau

M. Benayoun, E. Ben-Haim,  
H. Briand, P. David, L. Del Buono,  
C. de la Vaissière, B. Hartfiel,  
O. Hamon, M. J. John, R. Kass,  
Ph. Leruste, J. Malclès, J. Ocariz,  
M. Perez, L. Roos, G. Thérin.

### **Informatique:**

L. Martin.

# Futur collisionneur linéaire à électrons

La physique des collisions électron-positron autour du TeV pourrait compléter et enrichir celle du LHC. Le LPNHE a participé pleinement au développement de cette physique au LEP. Depuis plusieurs années une activité de R&D sur les détecteurs de traces au silicium de grandes dimensions s'y est développée en préparation des détecteurs du futur collisionneur linéaire électron-positron ILC (International Linear Collider).

Cette R&D est motivée par les enjeux de physique. Déterminer avec des précisions sans précédent en impulsion et en résolution spatiale le trajet des particules produites, sur une couverture complète en angle, est en effet exigée par ce nouveau domaine en énergie. Les détecteurs à traces au silicium jouent un rôle essentiel et les performances qui seront requises exigent de développer une nouvelle génération de ces détecteurs et font appel aux techniques innovantes dans plusieurs domaines. Le choix de la technologie supraconductrice en 2004 auquel a pris part le LPNHE et la mise en place d'une coordination mondiale (GDE, Global Design Effort) sous la direction de B. Barish avec établissement d'un calendrier des décisions menant à un projet technique détaillé en 2009 marquent l'avancée cruciale de ces deux dernières années.

Trois concepts de détecteurs sont proposés et le travail est en cours pour aboutir à des lettres d'intention fin 2008. L'équipe du LPNHE s'est

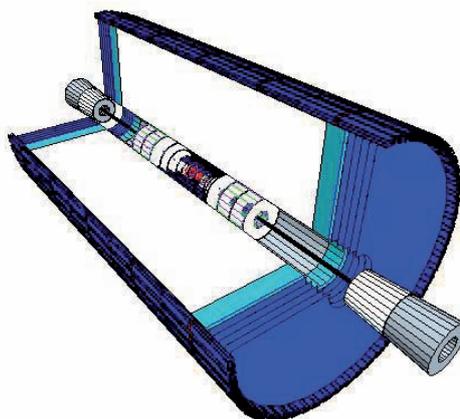


Figure 1 : enveloppe au silicium pour un futur détecteur du ILC.

axée sur le développement d'un détecteur de traces au silicium s'insérant dans chacun de ces concepts, en particulier dans le LDC (Large Detector Concept). Cette activité au LPNHE s'inscrit dans la collaboration mondiale SiLC (Silicon tracking for the Linear Collider) sur les détecteurs au silicium et avec les groupes français travaillant sur la préparation du ILC. Cette R&D a fait partie de la présentation sur l'activité R&D pour l'ILC au Conseil Scientifique de l'IN2P3 de Juin 2005.

## SiLC

Le LPNHE a initié en 2002, avec l'Université de Santa Cruz, la collaboration internationale SiLC. Le laboratoire joue un rôle moteur dans l'initiation et le développement de cette R&D. SiLC a pour but de développer et construire la nouvelle géné-

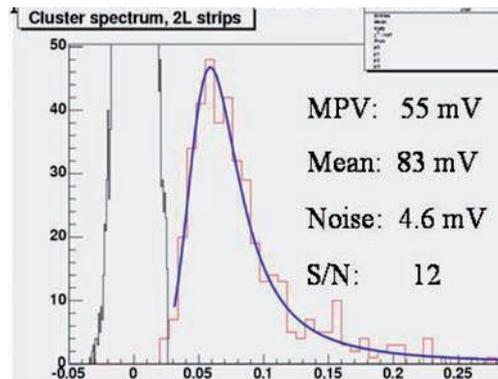


Figure 2 : spectre de bruit d'une piste de 56 cm de long.

ration de détecteurs de traces au silicium. Le LPNHE propose pour le LDC le concept de l'enveloppe au silicium. Ce concept allie deux techniques de détection des traces très performantes : une TPC entourée de détecteurs au silicium. L'enveloppe au silicium comprend quatre composantes dans la partie interne et externe du tracking, au centre et à l'avant. Elle constitue avec le microvertex et la TPC un système extrêmement performant de détection des traces et de mesure des impulsions qui couvre tout l'espace jusqu'aux petits angles ce qui est essentiel pour la physique. Le travail sur ces quatre composantes est directement applicable au cas d'un détecteurs de traces tout silicium comme proposé par le concept SiD (Silicium Detector), également partie de la R&D SiLC. Le LPNHE a joué un rôle moteur dans l'intégration de la collaboration SiLC dans le cadre du PRC-DESY (Physics Research Committee). Vingt instituts, situés en Asie, Europe et aux USA et représentant une centaine de personnes, sont réunis autour d'une R&D de DESY approuvée en mai 2003 et reconduite en mai 2005, pour une durée de 3 ans.

#### R&D SiLC

Cette R&D est axée sur les détecteurs à micro-pistes de silicium, mais considère également pour certaines parties

l'utilisation de technologie à pixels comme celles développées pour le détecteur de microvertex. Les objectifs sont l'obtention de « wafers » plus grands (huit pouces ou plus), plus fins grâce aux techniques d'amincissement du substrat, avec des distances entre pistes inférieures à 100  $\mu\text{m}$ , éventuellement double face et à rendement supérieur à 50 %. Notre groupe a développé des collaborations avec l'industrie, notamment Hamamatsu (voir chapitre Valorisation) et suscite des lignes de recherche parmi des Instituts compétents dans SiLC. Un banc de test pour caractériser ces détecteurs nouveaux est opérationnel et continuera d'être amélioré au fur et à mesure des besoins. Le premier prototype de détecteur, réalisé en collaboration avec les groupes AMS de l'Université de Genève, de l'Ecole Polytechnique de Zürich et de l'Université de Perugia, a permis des mesures sur des micro-pistes de longueurs variables (28.7, 57.4, 114.8, 229.6 cm) au pas de 110  $\mu\text{m}$ , à partir d'une longueur de micro-piste de base, obtenue en soudant sept détecteurs de 4.1 cm chacun.

#### Banc de tests et outils associés

Un banc de tests automatisé, permet d'effectuer une caractérisation complète du prototype avec le signal d'une diode laser LD1060 et la mesure du rapport signal sur bruit avec une source bêta de Strontium 90. Cela a nécessité le développement d'outils de programmation d'un FPGA pour l'envoi des paramètres à l'électronique et d'une table XYZ motorisée.

En collaboration avec des collaborateurs SiLC de Prague, les mesures de rapport signal sur bruit des particules au minimum d'ionisation ont permis de déterminer l'évolution de ce rapport en fonction de la longueur des micro pistes (fig. 2). Ce banc doit prochainement assurer la caractérisation des nouveaux détecteurs en construction au LPNHE.

### R&D SiLC en électronique

Le LPNHE a mené avec succès le dessin et la construction d'un prototype de lecteur du signal. Les considérations de performances requises sur l'électronique par la physique (compacité, transparence aux particules, très faible dissipation de puissance) ont mené à la décision d'utiliser une technologie inférieure au micromètre (DSM) (fig. 3). Un premier prototype a été soumis en novembre 2004, financé par un BQR de l'Université Pierre et Marie Curie. Il sera monté sur détecteur et caractérisé sur le banc de tests et lors de tests en faisceau en 2006. Une prochaine version dans une technologie plus fine est en cours de conception.

### R&D SiLC en mécanique

La structure mécanique du détecteur de traces au silicium pour le collisionneur linéaire doit minimiser la matière, couvrir de grandes surfaces (quelques centaines de m<sup>2</sup>), rester rigide et permettre une mesure de position très précise. Ceci demande une collaboration constante avec l'industrie (faisabilité et coûts) et exige le développement de prototypes mécaniques et une étude de matériaux. Pour affronter certains de ces enjeux, le LPNHE a entrepris :

#### - la conception détaillée par CAO

Durant ces deux années le groupe de mécanique a mené de manière pionnière le dessin des différentes composantes d'un système à traces au silicium. Il s'est concentré en particulier sur les bouchons en étudiant deux dessins possibles : projectif ou XUV (fig. 4) et sur le dessin des parties internes et l'intégration avec les détecteurs environnants.

#### - les études thermomécaniques

Des prototypes mécaniques des barils centraux externe et interne ont été construits et ont permis d'estimer l'impact des dissipations thermiques de l'électronique et surtout de l'environnement sur le détecteur et le refroidissement nécessaire. Ces tests per-

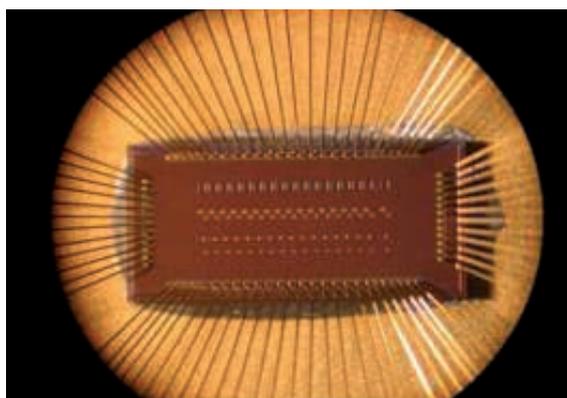


Figure 3 : microphotographie du circuit intégré de lecture des micro pistes de silicium.

mettent d'ajuster la simulation et d'étudier le système de refroidissement et les matériaux à utiliser.

#### - la construction de pièces mécaniques

Les pièces pour équiper un banc de test ont été préfabriquées : une table XYZ motorisée permettant des déplacements très précis, par pas de 5  $\mu$ m, d'un détecteur soumis au balayage d'une diode laser du type LD1060 nm ou d'une source radioactive. La construction d'échelles avec trois détecteurs est en cours et permet de développer une nouvelle expertise dans le groupe de mécanique (structures à base de nouveaux matériaux composites et détecteurs au silicium).

### Études en simulations

Un effort au niveau international est nécessaire pour développer la reconstruction des traces dans la simulation basée sur GEANT4. Le travail de CAO détaillé sur les diverses composantes ainsi que le développement de l'électronique sont des éléments essentiels pour définir les détecteurs de traces au silicium dans la base de données décrivant la géométrie. Cette base de données a été définie en collaboration avec le LLR et un collaborateur de l'Université d'Obninsk/DESY. Les géométries détaillées de l'enveloppe au silicium pour le LDC et du détecteur à traces du SiD y sont intégrées. L'optimisa-

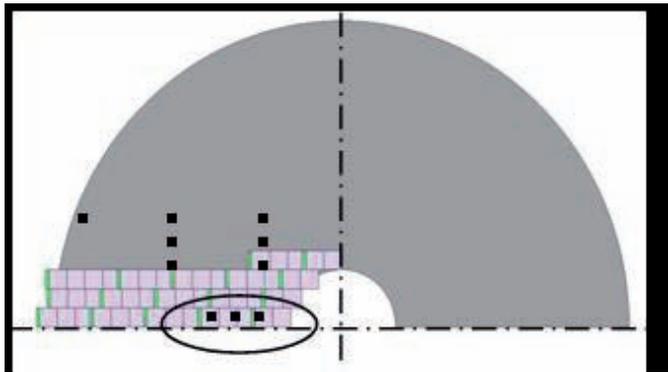


Figure 4: CAO des bouchons en silicium.

tion des performances du détecteur de traces est étudiée au LPNHE, avec un programme de simulation rapide SGV développé dans DELPHI et adapté au cas du collisionneur linéaire.

Des études de physique sont en cours sur la production de sleptons et photon-photon qui ont un rôle important de plusieurs points de vue à ces énergies.

#### Conclusion

SiLC est une des R&D importantes de l'ILC pour chacun des concepts de détecteurs de traces, silicium ou TPC. Le développement de la R&D SiLC est inscrit dans les objectifs de recherche du réseau européen HPRN-CT-2002-00292, dont nous sommes coordinateur principal. Deux contrats CICYT-IN2P3 avec l'Université de Cantabria, l'IFIC Valencia et le CNM à Barcelona couvrent cette R&D. Des contrats avec UCSC, SLAC, FNAL et le LPNHE ont été financés par le DoE. Un contrat de collaboration avec Hamamatsu a été signé par l'IN2P3 en 2004. Ces deux années notre groupe a offert des stages en mécanique et sur le banc de test. Une thèse est en cours sur la nouvelle électronique de lecture.

Des présentations ont été faites dans les ateliers ILC-ECFA (Durham et Vienne), à Victoria (Canada, ILC-ACFA), à LCWS04 à Paris et à LCWS05 à SLAC, au Summer

Institute sur le ILC à Snowmass, des posters aux Conférences LECC et IEEE en 2005. Le LPNHE a eu un rôle majeur dans l'obtention de financement européen EUDET qui couvre les quatre prochaines années. SiLC permet aussi de développer l'expertise sur ces détecteurs qui sont utilisés tant en astroparticules (AMS, GLAST) qu'au LHC. Plusieurs laboratoires acteurs importants dans la construction des détecteurs à traces au LHC, y compris des membres du CERN, nous rejoignent.

#### A. Savoy-Navarro

J.-E. Augustin, M. Baubillier, M. Berggren, C. Carimalo, W. Da Silva, F. Kapusta.

#### Électronique:

P. Bailly, J.-F. Genat, P.-H. Hung, H. Lebbolo, F. Rossel.

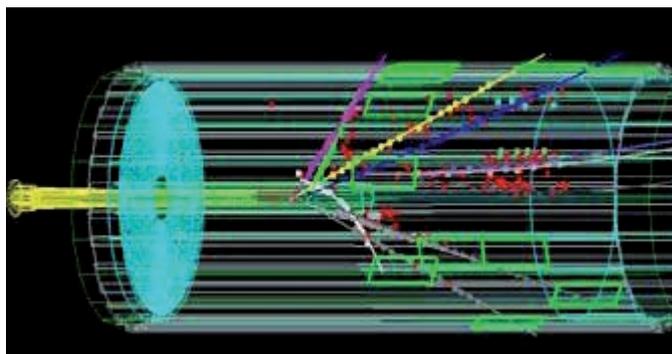
#### Mécanique:

G. Daubard, Ch. Evrard, D. Imbault, P. Ghislain, Ph. Repain, D. Vincent.

# Faisceaux de neutrinos : HARP

Les résultats positifs récents des recherches sur les oscillations de neutrinos ont ouvert la voie aux expériences de précision pour caractériser complètement la matrice de mélange et le spectre des masses des neutrinos. L'accès à ce type d'expérience demande cependant de nouveaux types de faisceaux, de très haute intensité : les superfaisceaux et les usines à neutrinos. Leur conception et leur optimisation nécessitent une bonne connaissance des interactions proton-cible à basse énergie : c'est l'objectif principal de l'expérience HARP qui a pris ses données en 2001 et 2002.

La contribution technique du groupe du LPNHE, associé à un groupe de Dubna, a été la mise en œuvre et l'exploitation des chambres à dérive du spectromètre avant et le développement des algorithmes de reconstruction des traces chargées. Les difficultés d'exploitation des données de la TPC (problèmes de diaphonie et de distorsion du champ) ont largement retardé l'analyse de l'expérience et c'est donc sur les données du spectromètre vers l'avant que s'est focalisé le premier travail d'analyse. Les données prises sur des répliques des cibles utilisées par les expériences K2K et MiniBooNE ont été choisies en priorité pour établir et affiner la chaîne d'analyse car les deux collaborations étaient en attente de ces résultats pour



réduire leurs incertitudes systématiques dues à la connaissance du faisceau. La collaboration HARP a ainsi pu publier ses premiers résultats portant sur une mesure de la section efficace différentielle de production de  $\pi^+$ ,  $d^2\sigma/dp d\Omega$ , par des protons de 12.9 GeV sur une cible d'aluminium. Les résultats sont donnés pour un intervalle d'impulsion et d'angle de production ( $0.75 < p < 6.5$  GeV et  $30 < \theta < 210$  mrad) couvrant l'acceptance du faisceau de K2K. La méthode d'identification des particules et l'évaluation de son incertitude a fait l'objet d'un article séparé, en cours de publication. Enfin une analyse similaire a été menée sur les interactions de protons de 8.9 GeV sur cible de béryllium, comme utilisée par MiniBooNE. L'analyse va se poursuivre en priorité sur les données de protons de 3 GeV sur cible de tantale, données qui sont importantes pour la conception d'une usine à neutrinos, un scénario privilégié au

*Événement d'une interaction du faisceau de protons à 12 GeV sur une cible d'aluminium vu par le détecteur HARP.*

CERN actuellement étant basé sur un linac de 3 GeV et une cible à grand Z. Cette analyse permettra aussi l'exploitation combinée du spectromètre vers l'avant et de la TPC de HARP.

La prochaine étape importante dans l'étude de la phénoménologie des neutrinos est la mesure de l'angle  $\theta_{13}$  pour lequel seule une limite supérieure, obtenue par l'expérience CHOOZ est connue. Des expériences en cours (MINOS) ou en construction (OPERA et ICARUS) ont une sensibilité accrue à cet angle, mais à moyen terme deux types d'expériences devraient avoir un impact plus décisif sur cette mesure : des expériences à deux positions auprès de réacteurs ou auprès de superfaisceaux. Parmi ces projets, nous nous intéressons à l'expérience T2K, qui doit envoyer à partir du printemps 2009 un nouveau faisceau de neutrinos de basse énergie ( $< 1$  GeV) vers le détecteur Super Kamiokande. Là encore, la maîtrise du faisceau est essentielle et l'expérience acquise dans HARP sera utile, mais il est également envisagé de mener une expérience spécifique à plus haute énergie (40 et 50 GeV) : nous avons participé à une étude de faisabilité et une lettre d'intention sera déposée au SPS du CERN pour une utilisation du spectromètre NA49. Le détecteur proche de T2K, dont la conception est en cours, comportera une grande TPC pour la mesure de l'impulsion des muons produits dans les interactions courant chargé des  $\nu\mu$ . Le choix du type de lecture de cette TPC (GEM ou MicroMegs) sera décidé début 2006, après une série de tests réalisés dans la TPC de HARP modifiée, tests auxquels nous avons participé à l'automne 2005. Pour le plus long terme, le groupe participe aux structures française (GDR-neutrino) et euro-

péenne (réseau BENE), qui préparent la physique des neutrinos en Europe pour les 10 ans à venir.

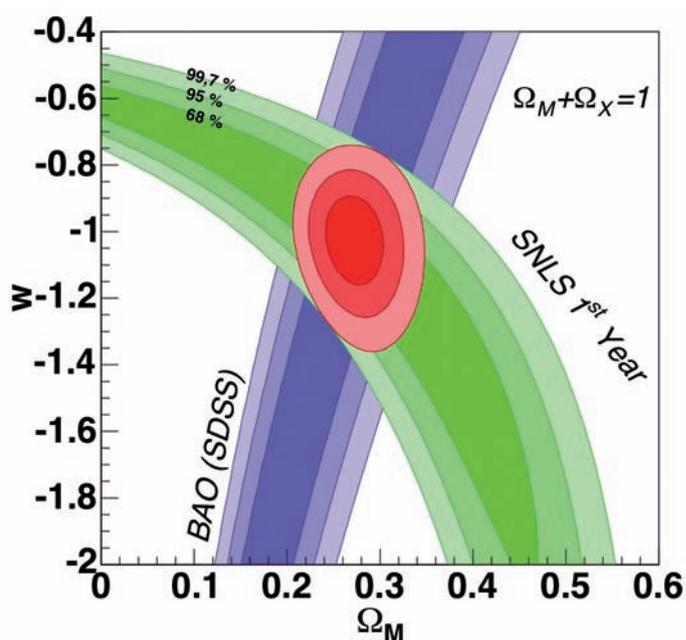
J. Dumarchez

B. Popov,  
S. Troquereau,  
F. Vannucci.

# Cosmologie avec les Supernovae Ia

La mesure du diagramme de Hubble des supernovae Ia permet aujourd'hui d'accéder à l'histoire de l'expansion de l'univers jusqu'à des décalages vers le rouge de l'ordre de 1, en utilisant la reproductibilité empiriquement constatée de ces objets. Cette approche de la cosmologie observationnelle a permis la mise en évidence d'une « énergie noire », constituant aujourd'hui de l'ordre des 3/4 de l'énergie de l'univers, responsable d'une accélération de l'expansion. Depuis ces premières indications (âprement discutées), la mesure de la courbure par les anisotropies du rayonnement fossile micro-onde (CMB) et les estimations du contenu de matière utilisant les amas de galaxies ou les effets de lentilles faibles sont venus confirmer ce résultat inattendu.

Le panorama de la cosmologie s'est alors enrichi d'une nouvelle inconnue : la nature de cette « énergie noire » que l'on caractérise par son équation d'état reliant pression et densité. Le rapport pression sur densité, encore appelé paramètre de l'équation d'état,  $w$ , décrit l'évolution de la densité avec le décalage vers le rouge (ou le temps) : l'équation d'état d'une densité indépendante de l'expansion confère à ce rapport la valeur  $w=-1$ , à l'instar de la constante cosmologique. Les observations disponibles privilégient une valeur autour de -1, loin de 0 qui caractérise la matière.



Les mesures du diagramme de Hubble des supernovae Ia consistent schématiquement à comparer le flux des supernovae lointaines au flux de supernovae proches, dans la même bande spectrale dans le repère de la supernova. C'est l'hypothèse, selon laquelle il s'agit d'objets semblables, qui permettent de déduire la distance de l'objet lointain, à un facteur global inconnu près. C'est l'évolution de cette distance avec le décalage vers le rouge qui encode la cosmologie et donc les densités d'énergie et leurs évolutions. Les activités du groupe se séparent sur trois fronts : la participation au programme SNLS, la participation au

Figure 1 : contraintes dans le plan  $\Omega_M w$  obtenues à partir de l'analyse des données de la première année de SNLS (Astier et al., A&A sous presse).

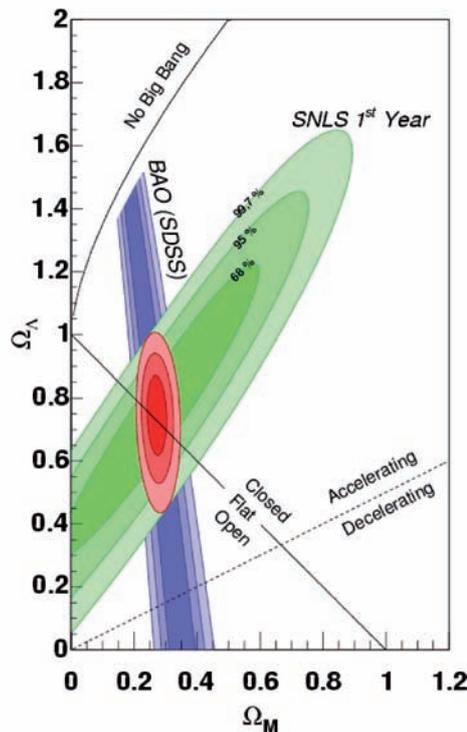


Figure 2 : contraintes dans le plan  $\Omega_M \Omega_\Lambda$  obtenues à partir de l'analyse des données de la première année de SNLS (Astier et al., A&A sous presse).

programme SNfactory (SNF), et des activités de recherche et développement orientées en vue de projets futurs.

Par ailleurs, une activité théorique est poursuivie sur le problème de la formation des grandes structures de l'univers. Une thèse est en préparation notamment sur les effets de « discrétude » engendrés par la modélisation du fluide de matière noire par un nombre fini de « macro-particules », dans les simulations numériques. Ces études ont permis de quantifier systématiquement et précisément une partie des effets apparaissant dans ces simulations qui constituent aujourd'hui un outil essentiel de la cosmologie théorique.

### Supernova Legacy Survey

Le Supernova Legacy Survey (SNLS) est un projet qui mesure des distances des SN Ia à l'aide du grand imageur Megacam placé au foyer primaire du Télescope Canada-France-Hawaii (TCFH, de 3,6 m de diamètre). Cet instrument de 1 degré-carré de champ a été jugé suffisamment exceptionnel

pour que les communautés canadienne et française acceptent d'investir une centaine de nuits par an sur des programmes d'observation définis par l'ensemble de la communauté. Il s'agit du projet CFHT Legacy Survey (CFHTLS) qui permet aujourd'hui de consacrer environ 40 nuits par an à la mesure du diagramme de Hubble des SN Ia. La démarche consiste à observer les mêmes champs, tant qu'ils restent visibles, dans quatre bandes, pour détecter les objets variables et mesurer leur courbe de lumière dans les mêmes images. Une collaboration, dans laquelle les groupes français et canadiens dominent, s'est construite autour de ce programme. Cette collaboration s'est étendue à des groupes européens et américains pour assembler le lourd volume d'observations spectroscopiques sur les plus grands télescopes au sol nécessaires au succès du projet. Ce temps a été obtenu au VLT/ESO (sous la forme d'un « large programme » alloué pour deux ans), au Gemini et au Keck, et il est géré globalement par la collaboration. Quatre laboratoires français sont impliqués: le LPNHE et le CPPM à l'IN2P3, le LAM à l'INSU et le DAPNIA au CEA. La collaboration regroupe environ 40 personnes.

Le programme d'observation d'imagerie au CFHT consiste à imager 4 champs dans 4 bandes toutes les 4 nuits. Les observations ont commencé au printemps 2003 et le relevé mi-2003. Nous avons d'abord investi dans la détection en temps réel des supernovae, qui nécessite une chaîne logicielle très automatisée de manière à fournir des candidats fiables aux identifications spectroscopiques. Une fois cette chaîne au point, nous avons pu mettre en place la procédure de mesure des distances aux supernovae détectées. Cela consiste schématiquement en quatre étapes: la photométrie différentielle des supernovae identifiées, l'ajustement des courbes de

lumière avec un modèle, la calibration photométrique, et finalement l'extraction des paramètres cosmologiques et l'évaluation de leurs incertitudes (en particulier systématiques). Ce programme a occupé l'équipe SNLS du laboratoire de mi-2004 à la fin 2005. Mi-2005, SNLS a passé avec succès deux étapes importantes: la revue à mi-parcours du CFHTLS, et la deuxième demande de « large programme » au VLT. Nous avons présenté les résultats cosmologiques dans les deux cas.

Le travail des années 2004-2005 s'est traduit par deux publications menées par l'équipe du laboratoire: l'une sur le développement d'un modèle de courbes de lumière des SN Ia, l'autre sur les résultats cosmologiques de la première année de données. Cette dernière publication produit aujourd'hui les meilleures contraintes sur l'équation d'état de l'énergie noire, bien que reposant sur moins d'événements, et sur un domaine de décalage spectral plus modeste que les publications précédentes (figures 1 et 2). Ce résultat couronne plusieurs années d'investissement dans le développement de méthodes spécifiques. Il a fait l'objet de communiqués de presse de la revue *Astronomy & Astrophysics*, du TCFH ainsi que du CNRS et du CEA. Au vu du fonctionnement du relevé aujourd'hui, le but initial de collecter un lot de 700 SN Ia identifiées reste réaliste. L'exploitation optimale de cette statistique est un objectif enthousiasmant qui nécessite probablement de nouveaux développements méthodologiques.

### Supernova Factory

Les contraintes cosmologiques obtenues avec les supernovae proviennent de la comparaison de supernovae proches et lointaines. Étant donné que le fait d'augmenter le domaine de  $z$  couvert resserre les contraintes de nombreuses supernovae proches au diagramme de



Figure 3 : le spectrographe intégral de champ SNIFS (Supernova Integral Field Spectrograph) sur le télescope de Mauna Kea à Hawaïi.

Hubble doivent en pratique être incorporées. Les supernovae proches sont aussi le domaine où les supernovae peuvent être étudiées indépendamment de la cosmologie. Le but du projet « Supernova Factory » (SNF) est d'observer plusieurs centaines de supernovae à  $0.03 < z < 0.08$ . Pour que ces observations puissent être comparées directement à des mesures photométriques de supernovae distantes à des  $z$  arbitraires, SNF a choisi de conduire des observations spectro-photométriques, à l'aide d'un instrument spécifiquement construit pour ce projet. Le Supernova Integral Field Spectrograph (SNIFS) est un spectrographe intégral de champ construit en France. Les laboratoires français impliqués sont le LPNHE et l'IPN-Lyon à l'IN2P3 et le CRAL de l'INSU. L'instrument a été installé avec succès sur le télescope de 2.2m du Mauna Kea à Hawaïi (fig. 3). Il a vu sa première lumière au printemps 2004. Dès le mois d'août de cette année, nous sommes passés en mode « contrôle à distance » dans lequel les opérations d'observation et de calibration (trois demi nuits par semaine) sont entièrement effectuées, depuis leur laboratoire, par les chercheurs français et américains de la collaboration.

Depuis sa mise en service, le SNIFS a observé des séries spectrales d'une dizaine d'ensembles de douze supernovae et identifié une trentaine de

nouvelles supernovae. La chaîne de détection des supernovae placée sous la responsabilité des collaborateurs américains du projet SNF (LBNL et Yale) est en cours d'adaptation au traitement des données provenant d'une nouvelle caméra, au champ de vue trois fois plus grand. Cette opération s'est avérée plus difficile que prévu. La nouvelle chaîne devrait être entièrement opérationnelle au début de l'année 2006, et «produire» entre 5 et 10 nouvelles supernovae par mois qui alimenteront le SNIFS. Les supernovae observées par SNIFS dans la période août 2004 à décembre 2005 sont en cours d'analyse et un premier article est en préparation. Ce programme a déjà fait l'objet de plusieurs communications à des conférences.

#### **Projets au sol et spatiaux**

Pour atteindre des décalages spectraux élevés avec une qualité d'observation suffisante, il est indispensable d'observer depuis l'espace. C'est également nécessaire pour limiter les effets systématiques au niveau impliqué par les statistiques envisagées par les projets spatiaux futurs. Par ailleurs, la mesure, à partir du sol, de centaines de supernovae à bas décalage spectral restera un complément indispensable aux projets spatiaux. Nous avons poursuivi une activité d'étude et de développement en vue d'une participation instrumentale et scientifique à ces futurs projets.

Le projet spatial SNAP vise à la constitution d'un échantillon comprenant plusieurs milliers de SN Ia à des décalages vers le rouge entre  $z=0,1$  et  $z=1,7$ . Le projet est dans une phase préparatoire. Nous avons développé au laboratoire une activité R&D centrée sur l'électronique de lecture et les aspects de calibration photométrique. Ces activités s'inscrivent également dans l'optique du projet spatial DUNE, qui vise une mesure des paramètres cosmologiques via les faibles distorsions

gravitationnelles, pour lequel nous avons étudié, dans le cadre d'une pré-étude CNES (phase 0), la possibilité d'y adjoindre un volet «supernovae».

Ces études et R&D renforcent également nos possibilités de participation éventuelle à des projets au sol actuellement à l'étude, qui se proposent de détecter et suivre, dans un avenir plus proche, des milliers de supernovae à plus bas décalage spectral.

#### **R. Pain**

P. Astier, P. Antilogus, C. Balland, E. Barrelet, S. Baumont, G. Garavini, S. Gilles, D. Guide, J. Guy, D. Hardin, M. Joyce, C. Juramy, J.-M. Lévy, S. Nobili, J. Raux, N. Regnault, G. Sainton, K. Schahmanche, R. Tillet, X. Wang.

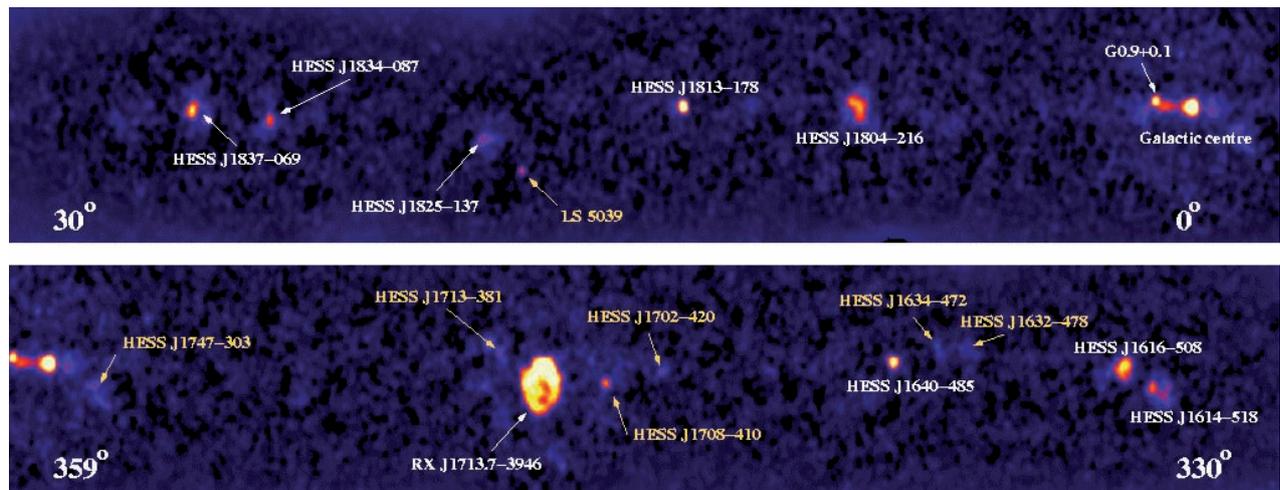
#### **Électronique:**

Ph. Bailly, J.-F. Genat, H. Lebbolo, R. Sefri, A. Vallereau.

#### **Mécanique:**

W. Bertoli, D. Imbault, P. Ghislain, Ph. Repain, D. Vincent.

# Astronomie $\gamma$ de très hautes énergies : HESS



L'astronomie  $\gamma$  couvre un vaste domaine en énergie allant de la centaine de keV à quelques dizaines de TeV, soit près de 9 ordres de grandeur. Au-dessus de ces énergies, entre 100 TeV et 1000 TeV, l'absorption des rayonnements  $\gamma$  par le fond infrarouge intergalactique rend impossible toute observation extragalactique. Aux énergies encore supérieures la distinction entre les photons et les autres rayonnements reste inaccessible aux techniques actuelles. Pour fixer les idées sur l'ampleur du domaine de recherche, à plus basse énergie, des ondes radios aux rayons X, les recherches couvrent 11 ordres de grandeur du spectre électromagnétique. Les très hautes énergies concernent les photons d'une centaine de GeV à plusieurs dizaines de TeV. Ce domaine de

recherche a comme objectif de comprendre les mécanismes de production et d'accélération des particules dans des sites tels que les supernovae, les pulsars ou les noyaux actifs de galaxies (AGN), galaxies renfermant vraisemblablement, en leur centre, un trou noir dont l'activité engendre des jets de particules ultra relativistes que nous détectons.

Le groupe du LPNHE est impliqué depuis 1998 dans l'expérience HESS, un réseau de quatre télescopes à effet Cherenkov, installé en Namibie à environ 1 800 mètres d'altitude dans la région quasi-désertique du Gamsberg. Il a conçu et réalisé l'ensemble de l'électronique des quatre caméras qui équipent ces télescopes ainsi que les systèmes d'acquisition associés. Il a développé les programmes de ges-

Figure 1 : carte d'excès de la partie centrale de notre galaxie.

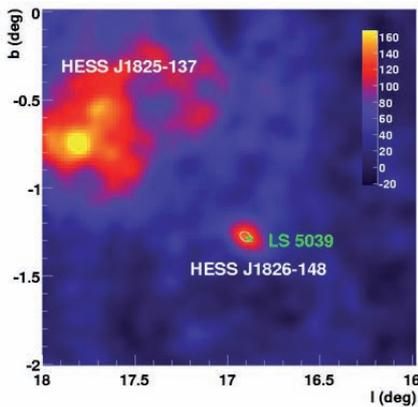


Figure 2 : carte d'excès autour du micro-quasar LS 5039.

tion des bases de données et de communication entre les différentes composantes de l'expérience. Le groupe a été maître d'œuvre dans l'assemblage des caméras, leur installation et leur mise en service et il assure leur maintenance. Il a également développé les systèmes de calibrage du détecteur, les programmes de simulation et d'analyse de l'expérience, participant ainsi activement à la vingtaine d'articles publiés par la collaboration en 2005.

L'année 2004 a été marquée par le démarrage de l'expérience HESS au maximum de ses potentialités avec l'installation de la quatrième et dernière caméra de l'expérience par le groupe du LPNHE. Pendant ces deux années la collaboration HESS a entrepris une observation systématique de la partie centrale de notre galaxie, à la recherche de nouvelles sources au TeV. Une zone de  $30^\circ$  de longitude et  $3^\circ$  de latitude centrée autour de la position de Sagittarius A, le centre de notre galaxie, a été explorée. Le résultat est reproduit sur la figure 1. Au total, onze sources ont été identifiées significativement à plus de six écarts standard et sept autres à plus de quatre. Ces sources sont des restes de supernovae, des Plérions, des micro-quasars, des systèmes binaires ou, pour certaines, des objets sans aucune contrepartie dans d'autres longueurs d'onde.

### Les sources galactiques

Parmi ces nouvelles sources, **LS 5039** (RX J1826.2-1450) est le premier micro-quasar découvert au TeV (fig. 2). Cette source, située à une distance d'environ 3.1 kpc de la terre, a été observée pour la première fois dans le domaine des rayons X par le satellite ROSAT. Des images prises par le VLBI révèlent la présence de jets radios relativistes. Cette source est

l'association d'une étoile massive, entre 20 et 35 masses solaires avec un objet compact encore indéterminé. Certaines estimations prédisent une masse comprise entre 1 et 2 masses solaires suggérant la présence d'un pulsar. D'autres arrivent au chiffre de 4 masses solaires ce qui privilégie l'hypothèse d'un trou noir. L'étoile massive orbite autour de son compagnon avec une période estimée entre 3.9 et 4 jours et sur une trajectoire de très grande excentricité (0.48). Aucune variabilité au TeV n'a encore pu être mise en évidence pour cette source.

Un second système binaire a été observé par HESS quelque temps auparavant. Il s'agit d'un système composé d'une étoile géante, appelée **SS 2883**, entourée d'un large disque de matière stellaire, et cataloguée parmi les géantes bleues de type B2e. Cette étoile est associée au radio pulsar **PSR B1259-63** d'une période de 48 ms. Le pulsar fait le tour de son orbite autour de son compagnon en 3.4 années selon une trajectoire fortement excentrée de sorte que, lors du périastre, le pulsar ne se trouve plus qu'à une distance de 23 fois la dimension du rayon de l'étoile. PSR B1259 a été observé de février à mars 2004 autour de l'instant prédit du périastre. Ce dernier, se produisant pendant la période de pleine lune, ne fut pas directement observé. Pour les autres périodes un signal entre 6 et 9 écarts standard fut enregistré mettant clairement en évidence la variabilité de cette source (fig. 3). Des campagnes d'observation avec le satellite RXTE ont montré des activités similaires entre rayonnements X et  $\gamma$  et cette détection montre pour la première fois que les particules peuvent être accélérées à plusieurs TeV par des systèmes binaires.

Dans le voisinage du système binaire cité précédemment, un second signal a été identifié par les télescopes de l'expérience HESS. Cette nouvelle

source, baptisée **HESS J1303-63**, a été reconstruite à 0.7 degré au nord de la précédente avec un signal significatif de plus de 13 écarts standards en moins de 29 heures d'observation. Cette détection a été facilitée par le large champ de vue ( $5^\circ$ ) dont sont dotées les caméras de l'expérience HESS. Il est caractérisé par un spectre dur en énergie avec un indice de  $2.2 \pm 0.2$  (stat.) et son flux avoisine 10 % de celui de la Nébuleuse du Crabe. Parmi toutes les sources présentes dans son voisinage seul le pulsar PSR J1301-6305, est un candidat potentiel.

Citons enfin deux autres sources **HESS J1614-518** et **HESS J1813-178**, détectées par HESS au cours de la campagne d'observations du centre galactique et qui ne trouvent toujours pas de contrepartie dans leurs entourages. Ce qui amène à quatre le nombre de sources non identifiées au TeV.

### Le centre galactique

C'est une zone très dense en émetteur de rayonnement. En son milieu, un trou noir de 2,6 millions de masses solaire, Sagittarius A, est entouré de nombreux restes de supernovae. La distribution de la courbe d'excès des candidats  $\gamma$  observés par HESS (fig. 4) par rapport à la position du centre galactique semble indiquer deux comportements différents. A faible valeur la distribution correspond à celle d'une source ponctuelle alors qu'une extension de la distribution est observée à des angles plus grands. Ainsi, l'émission  $\gamma$  observée peut avoir plusieurs origines : la déflexion de protons de très haute énergie au voisinage du trou noir entraînant l'émission de  $\gamma$  par radiation, l'accélération d'électrons ou de protons dans le flux de matière en accréation par le trou noir ou par les restes de supernovae environnantes, suivi de l'interaction de ces particules chargées avec la matière (dans le cas

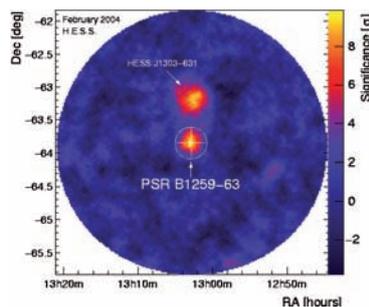


Figure 3 : carte d'excès centrée sur le système binaire PSR B1259-63 faisant apparaître un point chaud à 0.7 degrés nord baptisé HESS J1303-63.

des protons) ou le rayonnement ambiant (dans le cas des électrons).

**RX J1713.7-394** est le reste d'une supernova observable de l'hémisphère sud située entre 1 et 6 kpc de la terre. En 2003 HESS a détecté cette source à plus de quarante écarts standard et la haute résolution angulaire de ce détecteur a permis de reconstruire la première carte détaillée d'une source  $\gamma$  au TeV (fig. 5). L'ajustement de son spectre en énergie semble indiquer l'existence d'une composante hadronique dans le mécanisme de production de  $\gamma$  de haute énergie.

Les Nébuleuses synchrotrons (ou Plériions) sont un autre type de source de rayons- $\gamma$ . Deux nouveaux Plériions ont été découverts par la collaboration HESS. En 2004 : G00.9+00.1 et MSH 15-52. La seconde est un reste de supernova possédant en son centre un radio pulsar (PSR B1509-58) d'une période de 150 ms. L'âge de ce pulsar est estimé à 2 000 ans et il se situe à environ 5 kpc de la terre. La production de  $\gamma$  de haute énergie par les Plériions repose sur l'entretien d'une onde de choc par un vent d'électrons, produit par le pulsar central. Cette onde est elle même la source de l'accélération de particules chargées. L'ajustement de son spectre en énergie par des modèles de production de  $\gamma$  basés sur l'accélération des électrons reproduisent correctement les données (fig. 6).

### Les sources extragalactiques

De nouveaux AGN ont été identifiés au TeV à des décalages spectraux toujours plus importants : PKS 2005-489

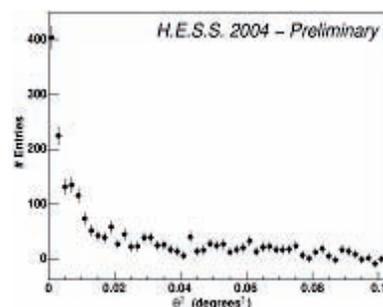


Figure 4 : distribution des événements par rapport à la direction du centre galactique.

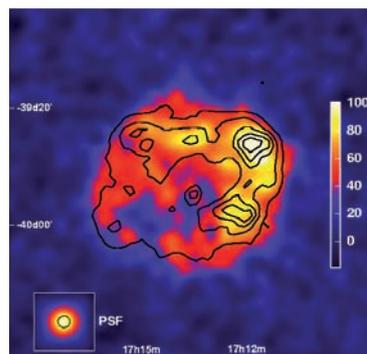


Figure 5 : le reste de supernova RX J1713.7-394.

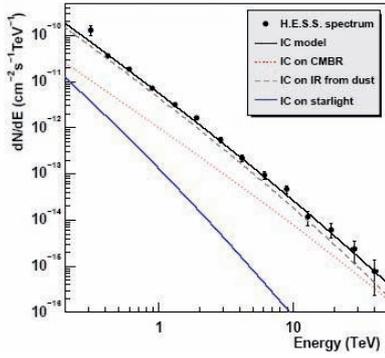


Figure 6: spectre en énergie du Pléïon MSH 15-52 ajusté par un modèle leptonique.

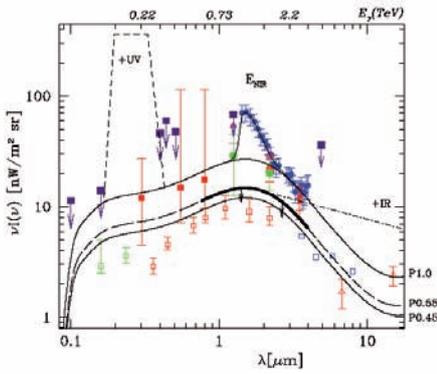


Figure 7: distribution spectrale du fond de lumière extragalactique de 0.1 à 20  $\mu\text{m}$ . Les symboles ouverts représentent des limites inférieures produites par Hubble (UV) Spitzer et ISO (IR proche). La courbe P0.55 est la limite supérieure sur la distribution de l'EBL obtenue par la contrainte sur le spectre des AGN.

( $z = 0.071$ ), PKS 2155-304 ( $z = 0.117$ ), H2356-309 ( $z = 0.165$ ) et le record a été atteint pour 1ES 1101-232 ( $z = 0.186$ ). Ces deux derniers AGN ont permis d'établir une limite supérieure sur la densité du fond lumineux diffus extragalactique (EBL). Ce fond diffus est en relation avec l'époque de formation des galaxies, et leur évolution. Il est dominé par les émissions thermiques des étoiles (dans l'optique et l'infrarouge proche) qui sont partiellement absorbées et réémises à d'autres longueurs d'onde par des poussières stellaires, de sorte que la forme exacte du spectre à l'origine de l'émission est très mal connue. H 2356-309 et 1ES 1101-232 sont les AGN les plus lointains observés par HESS qui, de plus, exhibent des spectres en énergie similaires et qualifiés de durs (1ES 1101-232:  $\Gamma=2.88\pm 0.17$  ; H2356-309:  $\Gamma=3.06\pm 0.21$ ). En utilisant des considérations théoriques sur la forme du spectre d'émission à la source, HESS a fortement contraint la distribution en énergie de l'EBL (fig. 7).

Citons enfin la détection de la radiogalaxie M87 qui est le premier non-blasar détecté au TeV.

Depuis deux ans, la liste des objets détectés au TeV a été multipliée par trois et enrichie par de nouvelles classes de sources. Grâce à ces découvertes, nous savons maintenant que les restes de supernovae en coquilles sont des accélérateurs de particules aux énergies du genou; qu'il est fort probable qu'une composante hadronique soit responsable, au moins en partie, de la production de rayonnements  $\gamma$  au TeV; que les micro-quasars sont des systèmes capables sur de relativement courtes distances d'émettre un rayonnement au TeV. Nous avons maintenant les moyens de contraindre les modèles de production de  $\gamma$  dans les supernovae et les AGN ainsi que la distribution du fond diffus extragalactique. Il reste néanmoins de nom-

breuses questions auxquelles devra répondre la prochaine génération de détecteurs: la recherche de l'émission de signaux variables chez les Pulsars, l'étude des AGN lointains, la recherche de l'existence de matière noire et l'approfondissement de nos connaissances sur les micro-quasars. Le groupe est engagé depuis 2004 dans la seconde phase du projet HESS qui consiste à ajouter au centre du réseau actuel un cinquième télescope doté d'une focale de 35 mètres, un miroir de  $\sim 600 \text{ m}^2$  pour un poids total de 500 tonnes. Avec ce cinquième élément le seuil devrait atteindre une vingtaine de GeV et la sensibilité totale va augmenter de près d'un ordre de grandeur. Le groupe a développé les simulations nécessaires pour déterminer ces performances et définir les caractéristiques de l'expérience en collaboration avec l'institut Max-Planck de Heidelberg et l'Université Humboldt de Berlin. Une R&D a été entreprise en 2004 pour réaliser la caméra dont le LPNHE a, là aussi, la charge de concevoir et construire l'électronique et les différents systèmes d'acquisition. Cette activité est détaillée par les services dans ce document. En 2005, le groupe a monté une collaboration avec l'entreprise Photonis-DEP pour le développement de photodétecteurs.

#### P. Vincent

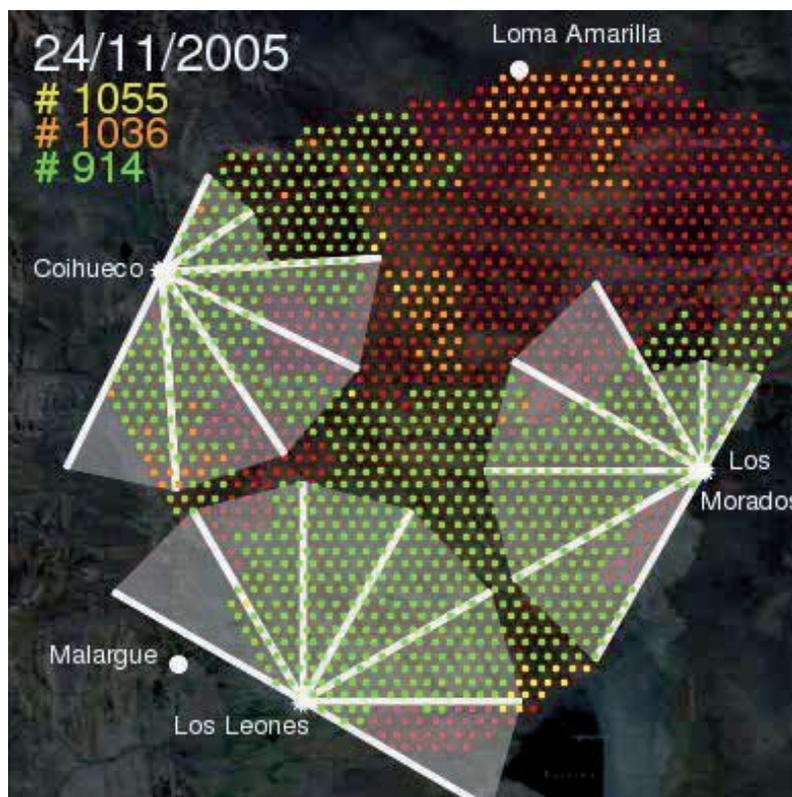
O. Martineau-Huynh, M. de Naurois, M. Ouchrif, L. Rolland, J.-P. Tavernet.

#### Électronique :

M.-M. Cloarec, P. Corona, C. Goffin, A. Guimard, J.-F. Huppert, P. Nayman, A. Sefri, F. Toussanel.

# Rayons cosmiques d'énergies extrêmes : Observatoire Pierre AUGER

La partie extrême du spectre d'énergie des rayons cosmiques (au-dessus de  $10^{19}$  eV) soulève plusieurs problèmes qui en font une des thématiques fortes de l'astrophysique actuelle. Tout d'abord, aucune théorie totalement satisfaisante n'est invoquée pour expliquer le mécanisme qui serait à l'origine de particules avec de telles énergies. Ensuite, il est admis que leurs sources, quelles qu'elles soient, doivent être relativement locales du fait des interactions avec perte d'énergie de tout rayon cosmique stable (à l'exception des neutrinos) avec le rayonnement fossile. Enfin, aucune corrélation entre un objet astrophysique remarquable et ces rayons cosmiques n'a pu être fermement établie à ce jour. En résumé, malgré plusieurs décennies d'observations, l'origine et la nature de ces particules reste une énigme. Une raison en est qu'aucun détecteur à ce jour n'était spécifiquement conçu pour explorer ce domaine avec suffisamment de statistique. Le projet d'Observatoire Pierre Auger est la réponse que la communauté scientifique a décidé d'apporter à ces questions ouvertes, d'une part en améliorant la qualité des données prises, d'autre part en augmentant la statistique de deux ordres de grandeur. La meilleure qualité des données est garantie par le fait que cet observatoire est le seul détecteur



hybride existant. En effet, y sont combinées deux techniques indépendantes de détection des gerbes atmosphériques (cascade de particules que les rayons cosmiques primaires créent en interagissant avec l'atmosphère) : un réseau de stations détectrices échantillonnant les particules secondaires de la gerbe qui atteignent le sol, et un ensemble de télescopes observant la lumière de fluorescence que provoque le passage des particules chargées dans l'atmosphère. Quant à la puissance

Figure 1 : état de la construction de l'observatoire en novembre 2005. Les stations complètement équipées et opérationnelles sont en vert.

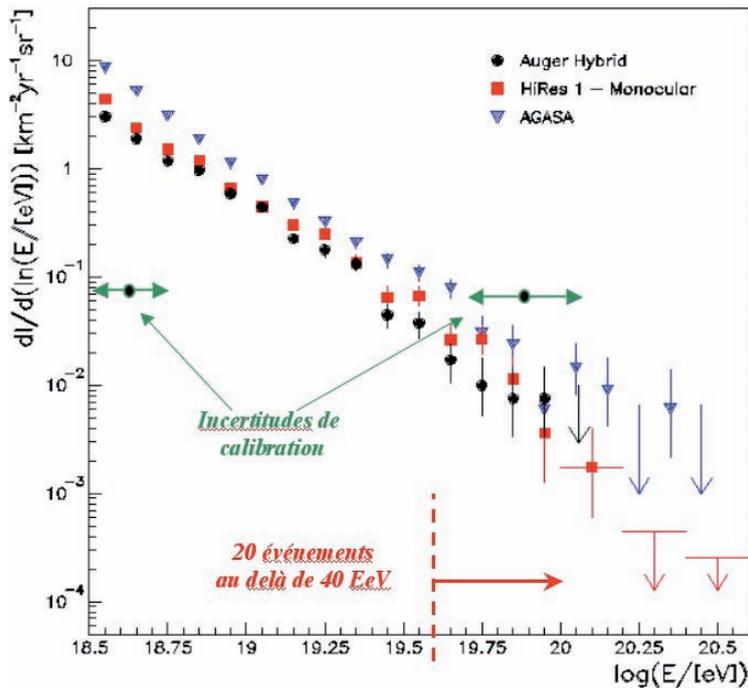


Figure 2: le spectre d'énergie tel qu'il est mesuré par les trois expériences AGASA (maintenant arrêté), HiRes et Auger (août 2005). Les flèches horizontales indiquent les incertitudes en énergie dues essentiellement à la calibration des détecteurs.

statistique du détecteur, elle est garantie par la très grande surface au sol couverte par les stations détectrices : au nombre de 1600 et espacées de 1,5 km, elles couvrent une superficie de 3000 km<sup>2</sup>, celle d'un département français.

Conçu au début des années 90, l'Observatoire Auger a été approuvé et financé en France depuis 1999 en tant que projet interdépartemental (PNC-IN2P3, SDU-INSU, SPM et SPI sont les départements qui, à des degrés divers, ont participé à la conception et/ou à la construction du détecteur). Les années 1999-2001 ont vu débuter la construction du site Sud, en Argentine, avec d'abord un réseau prototype de 40 cuves Cherenkov et deux éléments de télescope pour la fluorescence. Cet ensemble s'est mis en place au cours de l'année 2001 et a fonctionné de manière très satisfaisante. Nous avons ainsi validé et amélioré la conception de nos détecteurs et nous sommes passés à la phase de pré-production puis de production. Les chercheurs français apportent

des contributions variées et importantes à la construction de l'observatoire. En matière d'équipements nous fournissons l'essentiel de l'électronique du réseau de surface (des bases de PMT aux circuits d'acquisition locale en passant par la conception de la synchronisation par satellite GPS) et le réseau de collection de notre système de télécommunications. En matière de logiciels, nous avons produit le système d'acquisition locale, le système d'acquisition centrale et de déclenchement global (sous la responsabilité du LPNHE) et le centre européen de distribution et traitement de données (au CCIN2P3 de Lyon). Les groupes français ont également eu une contribution appréciable aux logiciels de simulation et de reconstruction des gerbes atmosphériques (contribution là aussi importante du LPNHE). Les physiciens du laboratoire ont aussi été particulièrement actifs dans l'exploration des thèmes de physique impliqués, notamment la caractérisation des composantes « exotiques », photons et neutrinos, qui apporteraient la signature d'un mécanisme « top-down » de production, à partir d'hypothétiques objets ultra massifs. L'existence vraisemblable d'oscillations de neutrinos rend ce thème particulièrement brûlant, car les neutrinos du tau d'énergie extrême pourraient être détectés (ou exclus) dans un avenir proche, apportant des contraintes importantes aux modèles théoriques.

Fin 2005, le site sud de l'Observatoire Auger est en cours d'achèvement : plus de 1000 des 1600 stations détectrices et 18 sur les 24 télescopes à fluorescence sont installés (fig. 1). L'observatoire prend des données depuis 2002, et les premiers résultats de physique

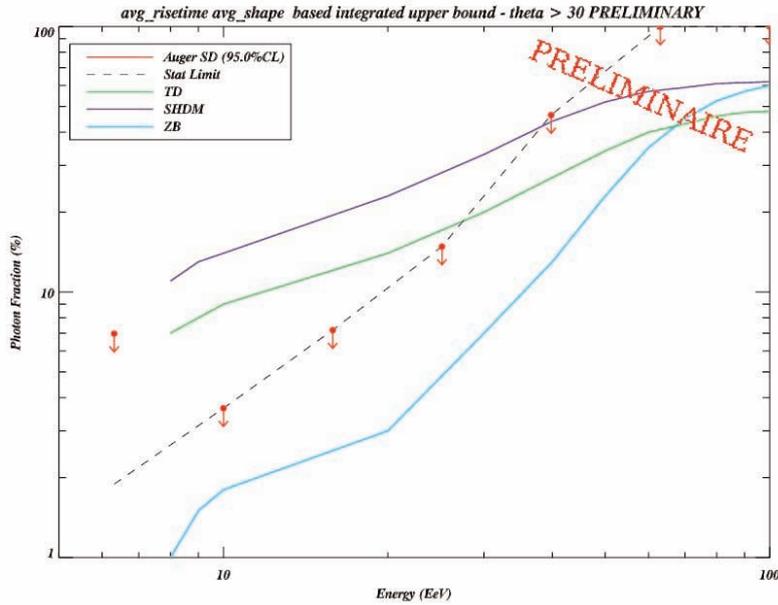


Figure 3: limites supérieures sur la fraction de photons intégrés dans le flux des rayons cosmiques obtenue par analyse à partir des données du détecteur de surface (Janvier 2004-Septembre 2005). Ces limites sont ici comparées aux fractions de photons attendues pour différents modèles top-down dans le cas d'une normalisation excluant la coupure GZK.

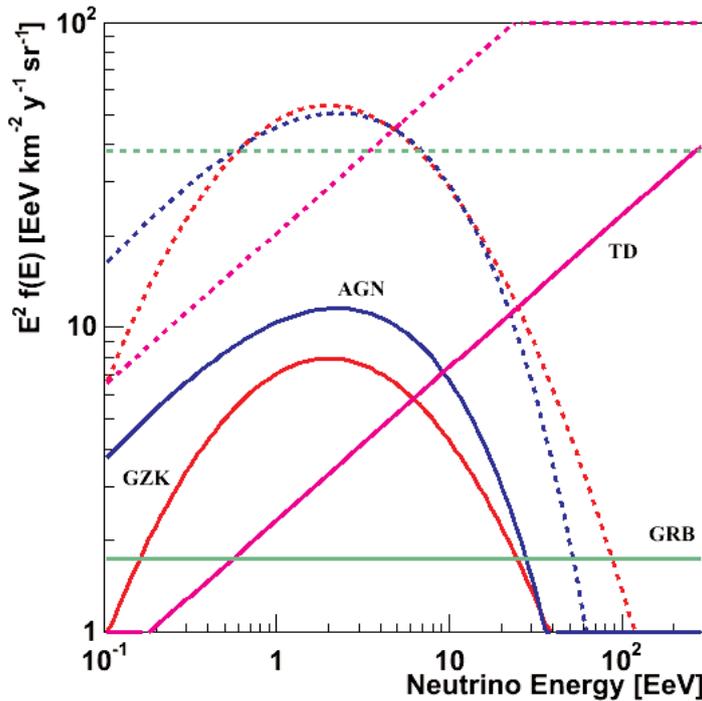


Figure 4: limites supérieures de flux de neutrinos et d'anti-neutrinos du  $\tau$ . Les lignes solides sont les prédictions théoriques pour certains mécanismes : GRB (sursauts gamma), AGN (noyaux actifs de galaxies), GZK (interactions des rayons cosmiques avec le rayonnement fossile micro-onde) et TD (défauts topologiques). Les lignes pointillées sont les limites correspondantes de flux (résultats préliminaires) à 90 % de niveau de confiance obtenues avec la statistique actuellement disponible.

ont été rendus publics au cours des conférences internationales de l'été 2005. Nous présentons ici quelques uns de ces résultats où notre groupe est particulièrement actif.

Tout d'abord, bien qu'encore dans la phase préliminaire de son fonctionnement, l'expérience a déjà une statistique supérieure à celle accumulée par l'expérience AGASA.

Elle peut ainsi produire un début de spectre d'énergie qui, reconstruit avec précision, devrait bientôt nous donner des indications précieuses sur le mécanisme qui est à l'origine des rayons cosmiques d'énergies extrêmes (fig. 2 où on a superposé à notre spectre ceux obtenus par deux expériences discordantes, HiRes et AGASA).

Figure 5 : résultat de la recherche de sources en aveugle. Le code de couleurs représente la signification statistique en nombres d'écart-type. La zone blanche est la partie du ciel non vue par le détecteur (si on limite les angles zénithaux à 60 degrés).

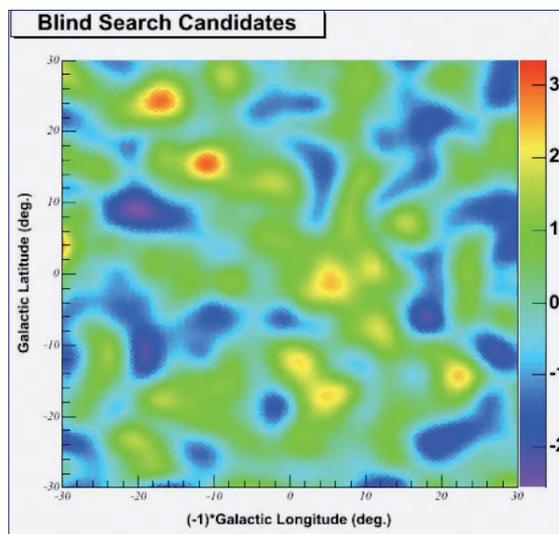
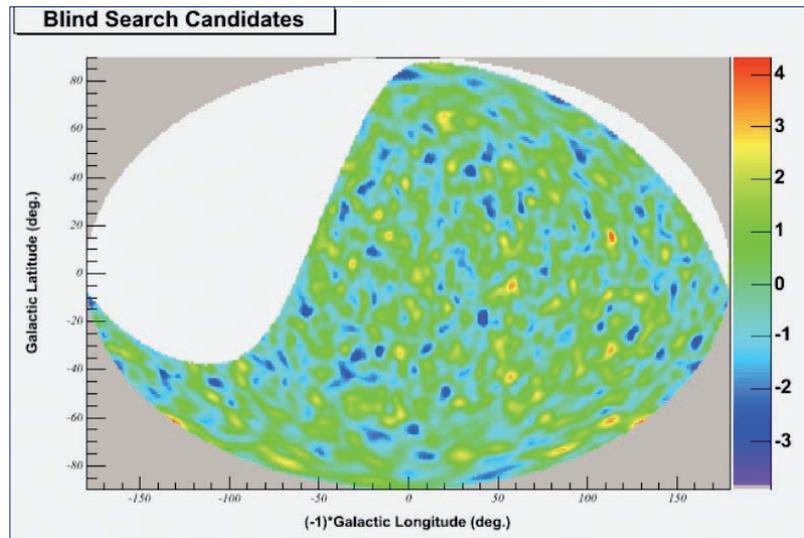


Figure 5 : même chose que la figure 5 où est détaillée la région du centre galactique. Aucune anisotropie significative n'est observée. Les événements sont sélectionnés dans la même bande d'énergie qu'AGASA (1 à 2.5 EeV).

Les figures suivantes illustrent les domaines où le LPNHE est tout particulièrement actif. Tout d'abord, nous avons mené une étude approfondie des canaux exotiques et établi des limites supérieures au contenu en photons (fig. 3) et neutrinos (fig. 4) dans notre domaine d'énergie, à des valeurs qui commencent déjà à exclure certains modèles. Enfin, le groupe s'est également intéressé de près à l'étude des anisotropies et à la recherche de sources ponctuelles par des méthodes statistiques innovantes. Ces études ont déjà pu montrer que celles, antérieures, concluant à des corrélations entre les rayons cos-

miques les plus énergétiques et des sources astrophysiques particulières (association avec des BL Lacertae, anisotropies dans la direction du centre galactique, multiplets considérés comme images de sources ponctuelles...) étaient fondamentalement remises en question. Les figures 5 et 6 montrent, à titre d'exemple, la carte du ciel dans la direction du centre galactique avec les événements détectés par l'observatoire où aucun excès ne permet de conclure à une anisotropie détectable.

Rappelons que l'Observatoire Auger est prévu sur deux sites, un dans chaque hémisphère. Les activités de prospection et de R&D pour la construction du site Nord (très probablement dans le Colorado) ont déjà débuté avec, entre autres, la participation de groupes français.

M. Boratov

P. Billoir, O. Blanch-Bigas, J.-C. Hamilton, A. Letessier-Selvon, C. Roucelle, B. Rouillé d'Orfeuil, A. Zech.

**Informatique :**

R. Randriatoamanana.

# Physique Théorique : phénoménologie de la QCD non perturbative

---

Le groupe « théorie » s'intéresse principalement à la phénoménologie des particules. À partir de la théorie quantique et relativiste des champs nous construisons des modèles pour étudier les contraintes que les données expérimentales peuvent apporter à la phénoménologie et inversement. Nous étudions les aspects non-perturbatifs de la chromodynamique quantique (QCD) concernant les interactions fortes et leurs relations avec les interactions électromagnétiques et faibles à basse, moyenne et haute énergie.

## Interaction hadron-hadron au seuil: effets coulombiens et violation d'isospin

Nous détaillons, et comparons avec les approches en théorie des champs effective, notre récent calcul des corrections électromagnétiques à l'amplitude de diffusion pion-nucléon à énergie nulle extraite à partir des données très précises de l'hydrogène pionique. Nous évaluons les corrections de portée finie de l'interaction forte. Nous avons également commencé à étudier les violations d'isospin, particulièrement pour les réactions d'échange de charge comme  $\pi^-p \rightarrow \pi^0n$  et  $\pi^+\pi^-p \rightarrow \pi^0$ . Nous envisageons de considérer les systèmes  $\pi^-\pi^+$ ,  $\pi^+\pi^-K^+$ ,  $K^-K^+$ ,  $\pi^+\pi^-D$ ,  $K^-p$ ,  $\bar{p}p$  et  $\bar{p}D$  pouvant former des atomes hadroniques. Il existe déjà

des données expérimentales pour  $\pi^-\pi^+$ ,  $\pi^-D$ ,  $K^-p$ ,  $\bar{p}p$  et  $\bar{p}D$ .

## Interaction forte et violation de CP Désintégration du B en trois corps.

Dans l'effort de constituer un groupe de phénoménologie de la physique du méson  $B$ , nous nous sommes impliqués dans les désintégrations du  $B$  en trois corps. Comme point de départ on utilise un Hamiltonien effectif qui décrit l'interaction faible par le formalisme du développement des opérateurs et de corrections de QCD dans les diagrammes de Feynman des désintégrations. L'effet de ces corrections fortes est intégré dans des couplages effectifs (coefficients de Wilson) calculés à une certaine échelle d'énergie. Nous faisons appel au groupe de renormalisation afin de faire évoluer ces couplages à l'échelle de la masse du quark  $b$ . L'autre ingrédient est la factorisation de QCD qui suppose que l'amplitude des désintégrations du  $B$  peut être écrite comme le produit de deux courants, l'un décrivant la création d'un méson final à partir du vide, l'autre la transition du  $B$  en un autre méson. Cette factorisation dite naïve a été améliorée récemment (Beneke et al.) afin d'inclure des corrections radiatives « dures »

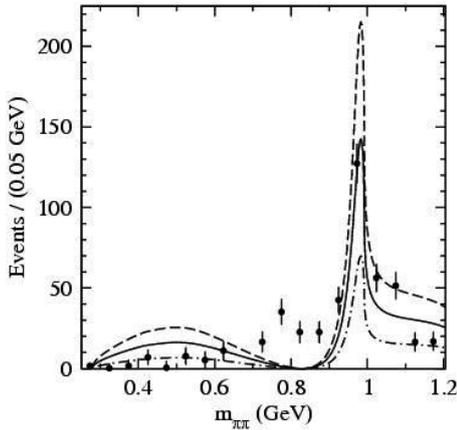


Figure 1 : comparaison de notre modèle avec les données de Belle pour la distribution en masse effective  $\pi^-\pi^+$  des désintégrations  $B^\pm \rightarrow \pi^+\pi^- K^\pm$ . Ligne en tirets :  $B^+ \rightarrow \pi^+\pi^- K^+$ , celle en tirets-points :  $B^- \rightarrow \pi^+\pi^- K^-$  et celle en trait plein : moyenne.

avec le quark spectateur du méson B. L'amplitude de désintégration se décompose à nouveau en deux courants hadroniques formant la partie non-perturbative et en une partie de courte portée perturbative qui se développe dans la constante du couplage fort  $\alpha_s$ .

### Désintégrations des mésons B en $\pi\pi K$ et $K\bar{K}K$ .

Nous avons étudié ces désintégrations dans le cas où les paires  $\pi\pi$  et  $K\bar{K}$  interagissent dans l'onde S d'isospin 0 et ce pour les masses invariantes  $\pi\pi$  du seuil à 1.2 GeV. Nous analysons les interférences entre les amplitudes de désintégration faible et celles d'interaction forte avec notre modèle unitaire de voies coupées  $\pi\pi$  et  $K\bar{K}$ .

Pour obtenir un bon accord avec les données récentes de Belle et BABAR (figures 1 et 2), nous devons ajouter aux amplitudes, calculées dans l'approximation de factorisation avec des corrections de QCD, des contributions appelées pingouins charmants, contributions déterminées phénoménologiquement dans les désintégrations hadroniques à deux corps des B. Avec la même amplitude nous décrivons simultanément la production des deux résonances scalaires et isoscalaires  $f_0(600)$  et  $f_0(980)$ . Dans une approche similaire, nous étudions actuellement les désintégrations  $B \rightarrow \pi\pi K$  dans le cas où les deux pions interagissent dans l'onde  $p$  d'isospin 1, c'est-à-dire les désintégrations  $B \rightarrow \rho K$  visibles dans les données (fig. 1).

### Facteur de forme de transition $B \rightarrow f_0(980)$ .

Parmi les éléments non-perturbatifs dans ces calculs figure le facteur de forme de transition du  $B \rightarrow f_0(980)$ . Celui-ci est une source d'erreur théorique et un paramètre fixé, pour

l'instant, en reproduisant des mesures. Afin d'introduire ce facteur de manière moins arbitraire, nous l'avons dérivé dans un modèle relativiste de quarks. Nous calculons une densité spectrale à partir d'un diagramme triangulaire qui contient un vertex de l'interaction faible. En appliquant des relations de dispersion à cette densité spectrale, la valeur du facteur de forme peut être déterminé pour des transferts de moments cinétiques  $q^2 < 0$  et  $q^2 > 0$ .

### Interaction antinucléon-nucléon Potentiel $N\bar{N}$ de Paris 2005.

La partie empirique de ce potentiel a été déterminée pour reproduire au mieux non seulement les données utilisées pour la version précédente (publié dans Phys. Rev.) mais aussi les longueurs de diffusions déterminées dans les expériences récentes au CERN sur les atomes antiprotoniques et les sections totales  $\bar{n}p$  de LEAR de 50 à 400 MeV. Nous avons dérivé une amplitude  $p\bar{p}$  en dessous du seuil. Ceci nous permet de mieux comprendre l'atome  $\bar{p}D$  et le rôle des résonances et états liés  $\bar{N}N$ .

### États antiproton-proton dans les désintégrations $J/\psi$ .

Les mesures récentes par la collaboration BES des désintégrations  $J/\psi$  en  $\gamma p\bar{p}$  montrent un pic important près du seuil  $p\bar{p}$ . Ce pic n'est pas observé dans les désintégrations en  $\pi p\bar{p}$ . Provient-il d'un état quasi-lié  $p\bar{p}$  ou d'un baryonium? Nous l'expliquons naturellement en termes de l'interaction  $p\bar{p}$  de Paris 2005, basée sur la transformation par G-parité de l'interaction nucléon-nucléon. Le pic observé est dû à une forte attraction dans l'état  $^1S_0$  et peut-être à la présence d'un état quasi-lié dans l'onde  $^1S_0$  (fig. 3).

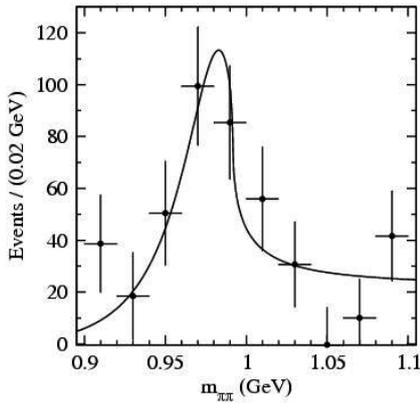


Figure 2: distribution en masse effective  $\pi^+\pi^-$  des désintégrations  $B^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-K^\pm$ . Les données de BaBar sont comparées à notre modèle (en trait plein).

### Annihilation de paires $p\bar{p}$

Nous avons continué notre programme traitant l'annihilation d'antiprotons avec des protons en deux mésons légers. Nous utilisons un modèle non relativiste de quarks dans lequel nous introduisons des corrections relativistes à l'aide de transformations de Lorentz dans les fonctions d'onde des mésons. Ces fonctions sphériques sont alors déformées par des contractions de Lorentz. Les données du LEAR sur des sections différentielles et des asymétries pour l'annihilation en deux pions chargés sont reproduites avec succès. Nous avons poursuivi cette approche pour l'annihilation en deux kaons avec des résultats très satisfaisants (fig. 4).

### Topologies planaires et non planaires d'annihilation.

Dans le même contexte, nous avons fait une analyse formelle des différentes topologies de courants de quarks qui contribuent à l'amplitude totale des courants de l'annihilation de  $\bar{N}N \rightarrow \pi\pi, KK, pp$ . En particulier, nous avons pu démontrer que les topologies de diagrammes d'annihilation dites « planaires », c'est à dire dans lesquelles les

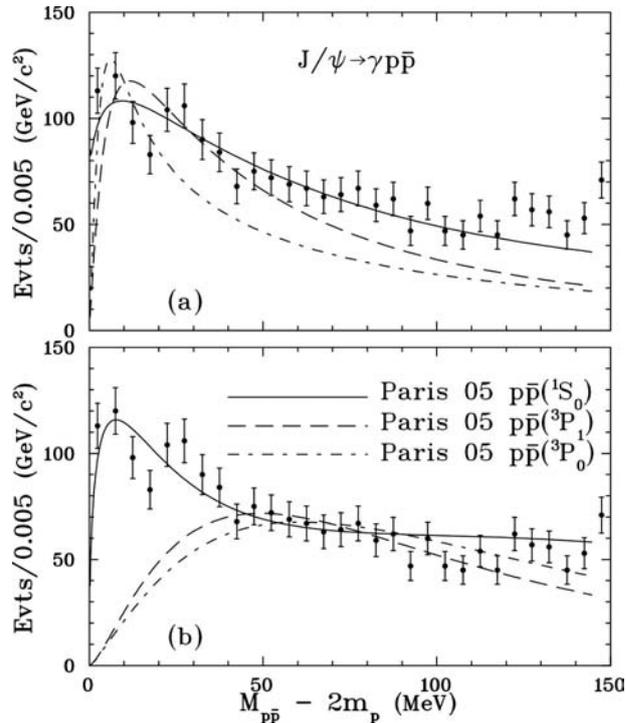


Figure 3: désintégration de  $J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p}$  (données de BES) Résultats obtenus avec les ondes  $^1S_0, ^3P_1$  et  $^3P_0$  du potentiel  $\bar{N}N$  de Paris 2005. (a) et (b) représentent deux modélisations différentes. L'onde  $^1S_0$  reproduit le mieux les données. Cette onde a un état quasi-lié de 5 MeV d'énergie de liaison et de 53 MeV de largeur.

lignes de quarks et d'antiquarks ne se croisent pas, ne dominent pas les topologies non-planaires où un échange d'une paire de quark-antiquark résulte dans le croisement des courants.

### $D_{s1}^+(2632)$ : Tetraquark et Baryonium

Le méson  $D_{s1}^+(2632)$  (avec charme et étrangerité), découvert par la Collaboration SELEX, a deux propriétés inhabituelles qui ne sont pas conformes au modèle des quarks si l'on décrit les mésons comme des états quark-antiquark :

- .1) il est très étroit ( $\Gamma \leq 17$  MeV);
- .2) son couplage à la voie  $D_{s1}^+\eta$  est beaucoup plus fort que son couplage à la voie  $D^0K^+$ .

Nous avons montré, que de telles propriétés sont tout à fait naturelles si cet état est en fait un état à quatre quarks (tetraquark)  $c\bar{d}\bar{s}\bar{d}$ . Nous avons fondé cette interprétation sur le développement dual topologique  $1/N_c$ . L'existence des lignes de jonction conduit à de nouvelles règles de sélection de type OZI.

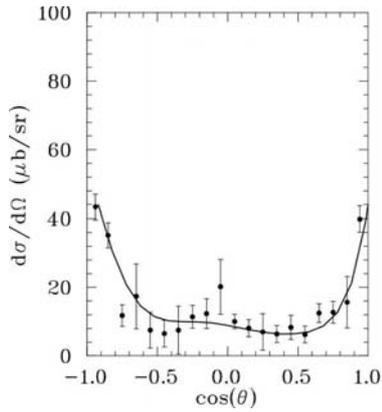


Figure 4: section efficace différentielle et pouvoir d'analyse de la réaction  $pp \rightarrow K K^+$  à  $T_{lab}=123$  MeV. Les mesures sont de Hasan et al. (LEAR), Nucl. Phys. B378 (1992).

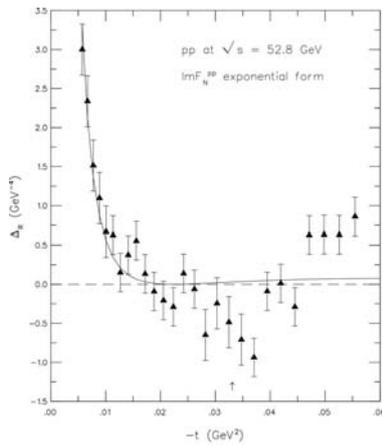
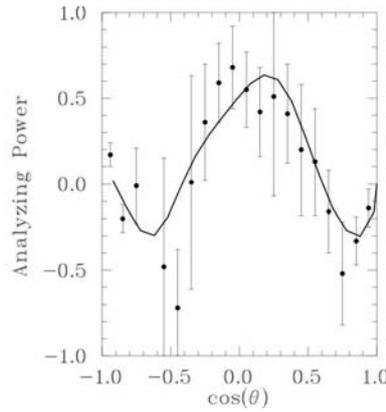


Figure 5:  $\Delta_R^{\text{th}}$  (courbe pleine) et  $\Delta_R^{\text{exp}}$  (points avec triangles) pour la diffusion  $pp$  à  $\sqrt{s} = 52$ . GeV comme fonction de  $t$ , calculée avec la forme exponentielle de l'amplitude de diffusion.

Ces règles de sélection expliquent les deux propriétés inhabituelles ci-dessus énoncées du méson  $D_{sJ}^+(2632)$ . Si ce méson  $D_{sJ}^+(2632)$  existe réellement, nous prédisons quatre états étroits au dessus des seuils  $\Lambda_c \bar{\Sigma}$ ,  $\Sigma_c \bar{\Sigma}$  et  $\Xi_c \bar{\Xi}$  de masses respectives  $2.827 \pm 0.011$ ,  $3.010 \pm 0.022$ ,  $3.182 \pm 0.031$  et  $3.345 \pm 0.039$  MeV.

#### Atlas des sections efficaces totales hadron-hadron, $\gamma$ -hadron, $\gamma\gamma$

Le but de **COMPETE** (COMputerized Models and Parameter Evaluation for Theory and Experiment) est d'éliminer, autant que possible, l'arbitraire observé jusqu'à présent dans la phénoménologie actuelle. Nous éliminons cet arbitraire en introduisant un ensemble d'indicateurs numériques, car le critère du  $\chi^2/\text{dof}$  n'est pas, de toute évidence, suffisant. Dans nos analyses nous incluons toutes les données existantes vers l'avant (nucléon-nucléon, pion-nucléon, kaon-nucléon,  $\Sigma$ -nucléon,  $\gamma$ -nucléon et  $\gamma\gamma$ ) pour les sections efficaces totales et pour le paramètre  $\rho$ , où  $\rho(s,t=0) = \text{Re}F_N(s,t=0)/\text{Im}F_N(s,t=0)$ . Nous avons ainsi étudié plus de 250 variantes qui peuvent, à leur tour, être classées dans 6 classes principales de modèles. Ces paramétrisa-

tions sont confrontées aux données dont le nombre varie entre 904 (pour une coupure en énergie à 3 GeV) et 329 (pour une coupure à 10 GeV).

Le modèle de Donnachie-Landshoff est clairement éliminé par nos critères numériques. La meilleure forme analytique pour la description des données est celle en  $\ln^2 s$ , proposée en 1952 par Werner Heisenberg, huit ans avant la publication de la borne de Froissart.

Nos résultats ont été présentés dans l'édition 2004 de « Review of Particle Properties », Section « Cross-Section Formulae and Plots ».

#### Partie réelle de l'amplitude hadronique à petit angle et haute énergie : nouvelle méthode de détermination et prédiction au LHC.

Nous avons élaboré une nouvelle méthode pour la détermination de la partie réelle  $\text{Re}F_N$  de l'amplitude de diffusion élastique proton-proton à petit angle et haute énergie. Cette méthode, impliquant un nombre d'hypothèses plus petit que la méthode habituelle, permet de tester les différents modèles existants. Elle est fondée sur l'identification d'un zéro dans une quantité théorique  $\Delta_R^{\text{th}}$  reliant les amplitudes hadronique et coulombienne :

$$\Delta_R^{\text{th}}(s,t) = [\text{Re}F_N(s,t) + F_c(t)]$$

À la valeur  $t_{\min}$  de  $t$  où  $\Delta_R^{\text{th}}$  passe par un zéro, la partie réelle de l'amplitude hadronique est obtenue en fonction de l'amplitude (connue) coulombienne. Ce zéro est le résultat de caractéristiques théoriques générales des amplitudes de diffusion. Il doit être donc reproduit par tout modèle réaliste qui décrit les données. Mais le problème est que ce zéro implique une toute petite quantité ( $\text{Re}F_N$ ), largement non dominante par rapport à la partie imaginaire de l'amplitude hadronique ( $\text{Im}F_N$ ).

Nous associons une fonction  $\Delta_R^{\text{exp}}$  à

la fonction indicatrice  $\Delta_R^{\text{exp}}$ . En principe, la fonction  $\Delta_R^{\text{exp}}$  doit être identique à la fonction  $\Delta_R^{\text{th}}$ . Elle dépend des données pour les sections efficaces différentielles et du modèle théorique pour  $\text{Im}F_N$  :

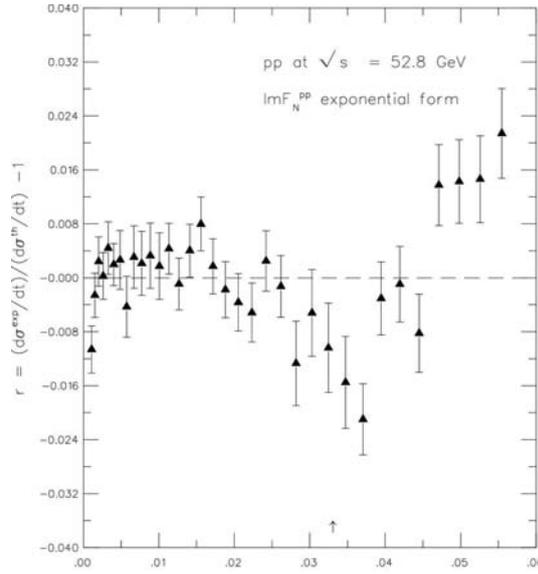
$$\Delta_R^{\text{exp}}(s,t) = \frac{1}{\pi} \frac{d\sigma^{\text{exp}}}{dt}(t) - (\alpha\phi F_c(t) + \text{Im}F_N(s,t))^2$$

Notre méthode est pratiquement indépendante des modèles pour  $\text{Im}F_N$ . Elle dépend d'une manière critique de l'utilisation de données  $dN/dt$  de haute précision. C'est pourquoi nous avons appliqué notre méthode à  $\sqrt{s} = 52.8$  GeV, où de telles données proton-proton existent. Nous pouvons ainsi évaluer avec précision, par un fit polynomial, la valeur  $\tau_{\text{min}}$  et, par conséquent, la partie réelle de l'amplitude de diffusion à petit angle, notamment  $\tau_{\text{min}}^{\text{pp}} = -0.325 \pm 0.0025 \text{ GeV}^2$ . Nous avons montré que tous les modèles existants conduisent à une valeur  $\tau_{\text{min}}^{\text{pp}}$  radicalement différente de celle que nous avons trouvée. Par exemple, le modèle exponentiel conduit à  $\tau_{\text{min}}^{\text{pp}} = -0.016 \pm 0.002$  (fig. 5). L'origine de ce désaccord peut être trouvée directement dans la structure de la section efficace différentielle (fig. 6).

Nous avons donc découvert deux nouveaux effets dans les données à  $\sqrt{s} = 52.8$  GeV :

- .1) un désaccord significatif entre  $\Delta_R^{\text{th}}$  et  $\Delta_R^{\text{exp}}$  ;
- .2)  $\Delta_R^{\text{exp}}$  a un minimum à  $t \approx 0.030$ - $0.035 \text{ GeV}^2$  et ensuite une forte croissance en  $t$ .

L'origine dynamique de ces effets est, pour l'instant, obscure. Il pourrait s'agir d'oscillations à très petit  $t$ . Pour clarifier cela nous avons besoin de données de haute précision à une énergie autre que  $\sqrt{s} = 52.8$  GeV. Les expériences qui seront effectuées au LHC pourront explorer ce problème. Nous avons prédit la partie réelle en utilisant le modèle exponentiel et cette prédiction pourra être confrontée aux



données du LHC. Notre méthode peut être étendue à l'analyse des processus proton-anti-proton et proton-noyau.

#### B. Loiseau

B. El-Bennich, P. Gauron, M. Lacombe,  
B. Nicolescu, R. Vinh Mau.

#### **Assistance scientifique :**

J. Durin.

Figure 6: Le rapport  $r = \frac{d\sigma^{\text{exp}}}{dt} / \frac{d\sigma^{\text{th}}}{dt} - 1$  pour la diffusion  $pp$  à  $\sqrt{s} = 52.8$  GeV comme fonction de  $t$ , où  $d\sigma^{\text{th}}/dt$  est calculée avec la forme exponentielle de l'amplitude de diffusion.



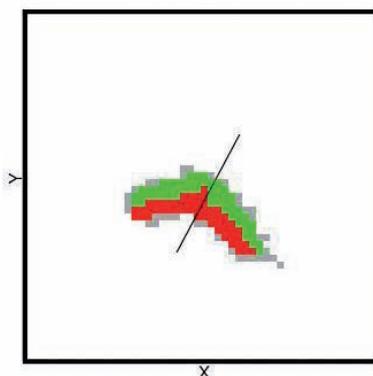
# Interface physique-biologie : modélisation

Des techniques utilisées pour préparer les expériences de physique des particules ou d'astroparticules peuvent parfois trouver des applications inattendues. En particulier, les techniques de modélisation utilisées en physique et la simulation par technique Monte-Carlo permettent d'aborder des questions fondamentales en sciences du vivant. En collaboration avec J.J. Kupiec, biologiste à l'INSERM et au Centre Cavallès de l'Ecole Normale Supérieure de Paris, nous travaillons à la recherche des mécanismes fondamentaux à l'œuvre dans la différenciation des cellules.

L'objectif du travail consiste à mieux cerner les règles qui gouvernent le comportement des cellules, notamment au cours des différentes étapes de l'embryogenèse, un processus qui aboutit à un organisme adulte, via une multitude d'interactions entre tissus.

## Premiers résultats

Grâce à l'outil informatique, nous avons pu tester plusieurs hypothèses formulées sur le comportement d'une ou de plusieurs cellules au cours de leur différenciation. L'hypothèse de départ : le mécanisme qui régit le comportement des cellules est fait non pas de signaux programmés génétiquement mais d'événements aléatoires qui déclenchent l'activation des gènes contrôlant la différenciation d'une cellule. Les interactions entre cellules qui interviennent ensuite ne



sont plus la cause de la différenciation comme admis jusqu'à présent. Via l'échange de molécules entre cellules, elles stabilisent les cellules dans le phénotype qu'elles ont d'abord acquis aléatoirement.

Le modèle d'étude est constitué de la simulation de deux types cellulaires A ou B choisis aléatoirement pour chaque cellule. La simulation informatique permet de complexifier très fortement les paramètres du système probabiliste tout en vérifiant que le modèle ainsi créé aboutit bien à une organisation cellulaire reproductible (fig. 1), comme c'est le cas au cours de l'embryogenèse d'un être vivant. A chaque pas de simulation, le programme calcule la synthèse protéique de chaque cellule, simule la dégradation naturelle des molécules du milieu, assure leur diffusion ainsi que leur consommation par les cellules. À chaque étape de simulation, les événements cellulaires (différenciation, division ou mort) sont enregistrés. L'aspect probabiliste du modèle est inclus par le biais des probabilités associées à

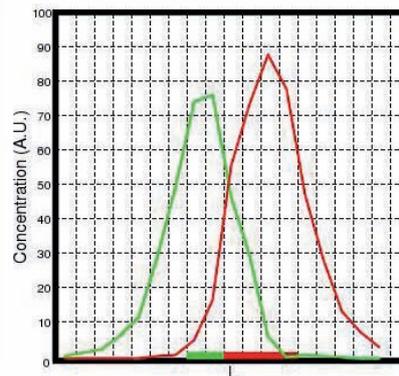


Figure 1 : la figure de gauche montre la structure en bicouche se constituant au cours de la dynamique du système initialement composé d'un carré de 16 cellules tirées au hasard au centre de l'univers à 2 dimensions dans lequel vivent les cellules virtuelles. La figure de droite montre comment, de manière concomitante à l'établissement de la structure en bicouche, des gradients de concentrations en molécules a et b apparaissent transversalement à la bicouche le long de l'axe dessiné sur la figure de gauche. Ce résultat suggère un mécanisme possible à l'apparition des gradients de morphogènes observés dans les embryons.

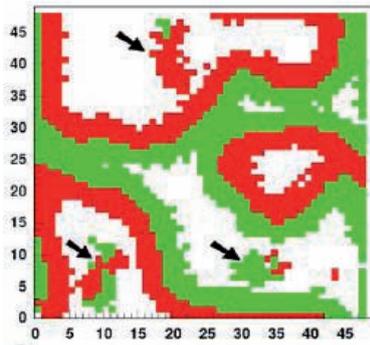


Figure 2 : au stade adulte (le tissu est formé et stable), le changement d'un paramètre de la loi régissant la probabilité de transition des cellules d'un type à l'autre dans la simulation conduit à une reprise de croissance qui est similaire au développement d'une tumeur dans un tissu sain.

chaque phénotype tandis que l'aspect stabilisateur provient de l'environnement qui agit en retour sur les cellules en modifiant ces probabilités.

Au LPNHE, nous avons pris en charge le développement des programmes et la mise en œuvre des outils d'analyse statistique permettant d'analyser les données de simulation produites afin d'en extraire les propriétés pertinentes pour la biologie.

Parmi les résultats notables, nous nous sommes aperçu que lorsque les conditions de simulation informatique suppriment la mort cellulaire (les cellules continuent à vivre même si la quantité de nutriments nécessaire n'existe plus), la structure cellulaire se forme correctement mais avec un taux d'échec plus important. La mort cellulaire semble donc jouer un rôle positif dans la formation de cette structure en bi-couche, caractéristique des êtres multi-cellulaires. La mort cellulaire élimine les cellules non adaptées à leur environnement, au profit des plus viables. En somme, on est en présence d'une sorte de darwinisme transposé au niveau de la cellule.

Plus généralement, les simulations permettent de comprendre comment un ordre cellulaire correspondant aux tissus d'un organisme peut apparaître et comment ce même ordre peut être déstabilisé et donner lieu à une croissance cellulaire incontrôlée. Les résultats obtenus permettent d'appréhender les mécanismes du cancer d'une manière originale. Plutôt que de considérer que les cellules se mettent à proliférer anarchiquement (et deviennent cancéreuses) sous l'influence de mutations altérant les signaux d'un programme génétique de contrôle de la prolifération cellulaire, nos simulations suggèrent une autre

explication : l'organisation cellulaire résulte d'un équilibre quantitatif entre différents paramètres. Les cellules structurées en bi-couche arrêtent de proliférer spontanément, sans qu'aucun signal inhibiteur n'ait pourtant été intégré au système de simulation informatique. Cet arrêt de croissance est dû à un équilibre entre les effets auto-stabilisateurs du phénotype (les cellules différenciées stabilisent leur propre phénotype) et les effets d'interdépendance pour la prolifération (les cellules différenciées stimulent la prolifération de phénotypes autres que le leur) exercés via les interactions entre cellules. Dès qu'une modification quantitative intervient dans un de ces deux processus, la croissance cellulaire est désorganisée, un processus analogue à celui du cancer se déclenche dans le tissu simulé. On en déduit donc que si l'organisation tissulaire résulte de la combinaison de multiples causes, l'origine du cancer pourrait être diffuse. Dans nos simulations, la croissance d'une « tumeur » est l'effet visible localement d'un déséquilibre entre l'ensemble des facteurs stabilisateurs impliqués dans l'environnement de la cellule.

Dans cette perspective, l'organisation cellulaire résulte d'un équilibre entre l'influence du génome et celle des interactions cellulaires. L'embryogenèse est l'évolution de l'embryon soumis à cet équilibre. Le cancer est la destruction de cet équilibre (fig. 2).

B. Laforge

J. Gliss.

# Activités techniques et administratives

---

**Électronique**

**Mécanique**

**Informatique**

**Administration**

**Services généraux**

Travaux d'aménagement

Hygiène et Sécurité

Radioprotection

## Électronique

Le Service d'électronique du LPNHE comprend seize ingénieurs ou techniciens permanents et un doctorant. Les électroniciens sont soit directement impliqués dans les différentes expériences de physique auprès des grands accélérateurs ou d'astroparticules, soit appartiennent au groupe CAO et Câblage. Les électroniciens du laboratoire assurent la conception, la réalisation, le test et le suivi de systèmes destinés à fonctionner sur les sites d'expériences dans des environnements souvent très sévères (rayonnements ionisants, températures extrêmes). Pour ces raisons, les différentes réalisations suivent des critères de qualité stricts imposés par les collaborations afin d'assurer un fonctionnement correct des matériels dans la durée. Ces systèmes font appel à différents types d'électronique : analogique rapide, faible bruit et grande dynamique, numérique rapide ou très basse puissance. Par ailleurs, ils mettent en œuvre diverses technologies : composants discrets, circuits intégrés bipolaires ou CMOS, analogiques, numériques ou mixtes, programmables ou spécifiques.

### Expérience ATLAS

Le laboratoire est en charge de la réalisation du système de synchronisation et de contrôle des châssis d'électronique de lecture des signaux de calorimétrie. Le système de lecture de la calorimétrie d'ATLAS comporte une soixantaine de châssis « Front-End », contenant chacun une quarantaine de cartes électroniques pilotées par deux cartes contrôleur de châssis. Chaque carte contrôleur doit remplir deux fonctions principales :

- fournir aux modules du châssis des

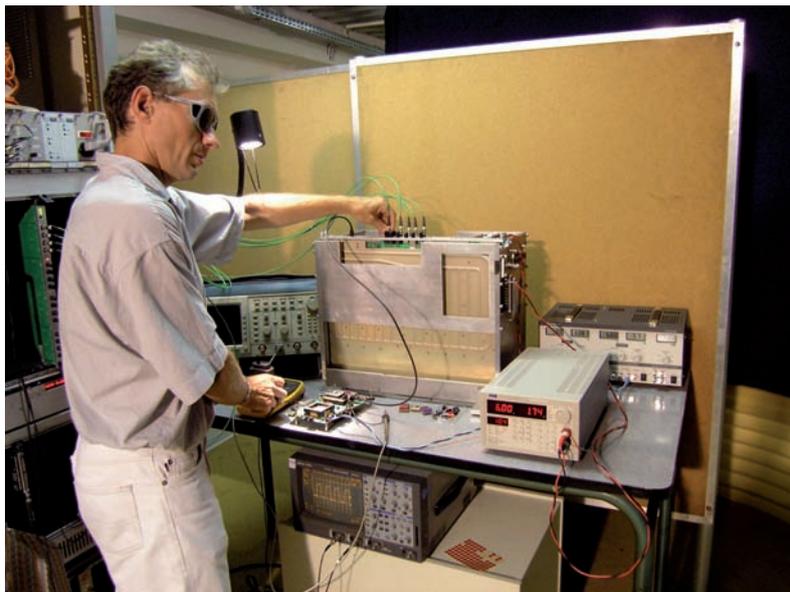
signaux de déclenchement et d'horloge qu'elle reçoit d'un processeur central par fibre optique ;

- permettre le contrôle des paramètres de fonctionnement de ces modules, par l'intermédiaire d'un protocole de communication série, conçu pour les besoins spécifiques de l'expérience (SPAC).

Les châssis d'électronique « Front-End », situés à proximité du détecteur, étant exposés à de forts taux de radiations (20 grays/an et  $10^{12}$  neutrons/cm<sup>2</sup>/an), tous les composants électroniques employés doivent être développés dans une technologie durcie ou, dans le cas de composants commerciaux, sélectionnés et qualifiés de manière systématique pour leur résistance aux radiations.

Les informations temporelles arrivent en série au contrôleur, à la fréquence de 160 MHz, par fibre optique. Elles y sont converties en signaux électriques différentiels et retransmises à chaque carte « Front-End » par l'intermédiaire d'une liaison point à point. Chaque carte dispose (de même que le contrôleur) d'un circuit TTCRx du CERN qui a pour rôle de décoder les signaux d'horloge, de les ajuster en temps en ajoutant un retard programmable par pas de 104 ps et de décoder les signaux déclenchement de niveau 1, de croisement des faisceaux, d'initialisation et d'étalonnage.

Le contrôle des paramètres des cartes du châssis « Front-End » s'effectue par le biais d'un bus série bidirectionnel, à un débit de 10 Mb/s. La communication entre la salle de contrôle et les cartes du châssis est réalisée en deux étapes : un premier brin, optique, assure la liaison entre le maître de communication série (SPACMASTER) situé dans un châssis VME de la salle de contrôle et le contrôleur de châssis. Le second brin, électrique, relie les cartes « Front-End » au contrôleur de châs-



sis par l'intermédiaire d'un bus rigide, disposé sur un circuit imprimé. Sur chaque carte du châssis, un circuit intégré spécifique (SPACSLAVE) décode les informations provenant du lien série pour les rendre exploitables par les composants électroniques de la carte hôte.

L'architecture du système de distribution des signaux de déclenchement et de la communication série est orientée vers la recherche d'une fiabilité et d'une redondance maximales. Ainsi, la plupart des lignes de communication sont doublées et dans une certaine mesure, le système de synchronisation peut se substituer à un lien série défaillant pour réinitialiser certains composants et réciproquement.

Une série de 3800 circuits SPACSLAVE (dont 3200 fonctionnels) a été produite en technologie DMILL (technologie durcie BICMOS 0.8  $\mu\text{m}$ ) en 2004. Les circuits sont désormais câblés sur les diverses cartes « Front-End » de l'expérience. En 2005, une série de 35 cartes maître série (SPACMASTER) a été produite, et les modules ont été installés sur le site d'expérience au CERN. Quant aux 135 cartes contrôleurs nécessaires au fonctionnement de l'expé-

rience, leur production est en cours et sera achevée au début de l'année 2006. Un tiers des modules est désormais installé dans les châssis « Front-End » du calorimètre au CERN.

### Collisionneur linéaire

#### R&D SiLC en électronique

L'électronique pour SiLC doit assurer plusieurs fonctions analogiques et numériques pour un très grand nombre de canaux, depuis l'amplification à bas bruit des signaux, jusqu'à la numérisation après suppression de zéros. Elle requiert donc un fort niveau d'intégration, compte tenu des impératifs de transparence aux radiations, et doit aussi fonctionner en mode pulsé pour réduire la puissance dissipée et conserver les performances du détecteur mais aussi pour s'adapter au régime de l'accélérateur qui alterne cycles actif et de veille.

On s'est naturellement orienté vers une technologie intégrée CMOS au tracé fortement inférieur au micron (Deep Sub Micron).

La stratégie envisagée consiste à échantillonner les signaux du détecteur en continu, stocker ceux qui dépassent un seuil donné, et les

*Figure 1 : banc de test des cartes contrôleurs de châssis « Front-End » au LPNHE.*

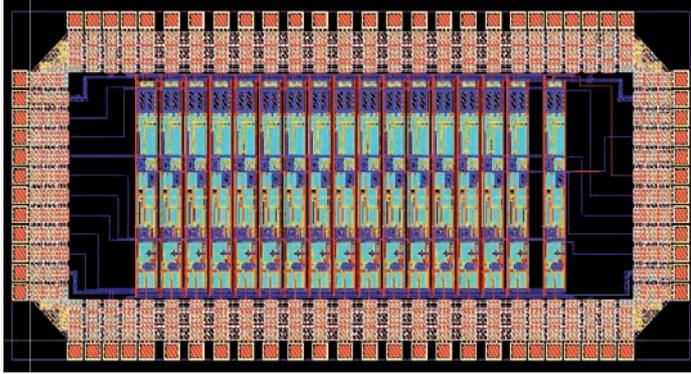
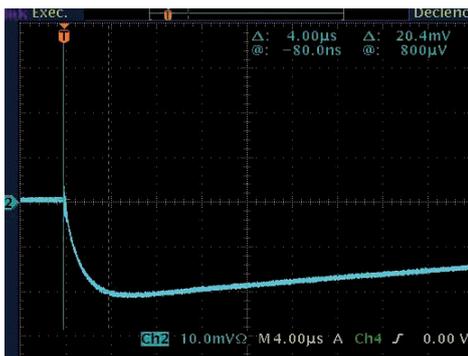
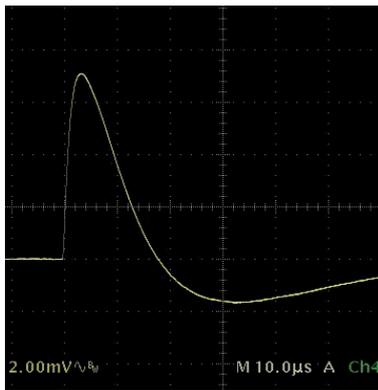


Figure 2 : dessin du circuit frontal en technologie CMOS 180 nm.



Figures 3 et 4 : réponse temporelle du circuit de mise en forme et du préamplificateur de charge.

numériser à la fin du train de paquets de l'ILC séparés par un intervalle de temps de 300 ns avec un ADC de type Wilkinson.

Le LPNHE a mené avec succès la conception et le dessin d'un circuit intégré prototype de lecture pour les détecteurs, en technologie CMOS 180 nm (fig. 2).

Le circuit a été soumis fin 2004 puis testé dès réception en 2005. Il a donné pour l'essentiel des résultats conformes aux simulations : gain de 8mV/MIP, dynamique de 50 MIP, bruit en entrée de 375 + 10 électrons/pF après mise en forme et pour une puissance dissipée de 140µW (fig. 3 et fig. 4).

Enfin les dispersions du procédé de fabrication (de l'ordre de 3%) montrent que celui-ci est remarquablement contrôlé, donc robuste et fiable. L'objectif à terme est d'en équiper les bancs de test développés au LPNHE, et d'évaluer plus tard ses performances couplés au détecteur, essentiellement en bruit pour une puissance dissipée donnée.

Le circuit sera comparé aux VA1 (Chip Ideas) exploités aux expériences LEP.

Une nouvelle version intégrant l'échantillonnage, numérisation et suppression de zéro est en cours de conception en technologie 130 nm. Elle comportera 128 voies et sera réalisée en deux temps, un prototype de quatre voies entièrement équipé suivi d'une version complète.

### Banc de tests et outils associés

Afin d'évaluer les performances des détecteurs, et de définir la meilleure technique de lecture électronique, un banc de test a été conçu et réalisé au laboratoire. Ce banc de test (fig. 5) comprend une cage de Faraday étanche à la lumière qui contient le détecteur et un circuit hybride supportant l'électronique frontale, les sources de rayonnement et leur système de positionnement micrométrique, ainsi que le dispositif de déclenchement.

La numérisation et la lecture des signaux sont effectuées via un convertisseur logé dans un PC. Le cadencement est assuré par un FPGA programmé via le logiciel LabView, ce dernier permettant aussi des prétraitements tels qu'histogrammes en ligne et diverses statistiques (fig. 6).

Le détecteur actuel, construit comme les modules du trajectomètre de AMS, comporte en outre un système de rebouclage des pistes permettant de simuler un détecteur d'une longueur de 2.40 m. Il est excité par une diode laser émettant dans l'infrarouge à 1060 nm, focalisée sur le Silicium et formant une tache d'une dimension de 2 ou 6 µm, ou bien par une source de  $^{90}\text{Sr}$  émettant des rayons bêta au minimum d'ionisation. Le système de déclenchement est constitué d'un scintillateur et d'un photomultiplicateur. Le support est contrôlé mécaniquement par un système micrométrique piloté depuis l'ordinateur PC, avec un pas de 5 µm.

Les rapports signal/bruit mesurés sont de 25 au mieux, et la précision spatiale permet d'identifier parfaitement les signaux en provenant d'une piste unique, ce qui est tout à fait compatible avec les performances obtenues par d'autres détecteurs dans le cadre de la collaboration SiLC. Dans ce contexte, des



Figure 5 : banc de test de prototype des détecteurs et électronique de lecture associée.

collaborations étroites ont été mises en place avec l'Université de Genève et l'ETH de Zurich.

#### LLRF

En collaboration avec l'IPN d'Orsay, le LPNHE développe un système de contrôle numérique de la puissance RF pour des cavités accélératrices supraconductrices dans le cadre des projets européens XADS, Eurotrans et Eurisol.

Le but du contrôle numérique bas niveau est de remplacer les dispositifs analogiques. Ainsi le temps de réponse aux perturbations et la fiabilité du système sont améliorés. Le contrôle numérique permet également une grande souplesse de programmation et la possibilité d'implémenter des outils de diagnostic en cas de dysfonctionnement.

Ce contrôle nécessite les composants les plus récents tels que des convertisseurs analogique/numérique très rapides (14 bits,  $10^8$  échantillons par seconde) ainsi que des composants numériques programmables (FPGA) de grande capacité de calcul. Le projet nécessite en outre la maîtrise d'outils logiciels tels que Matlab permettant de modéliser et de simuler fidèlement le comportement des cavités

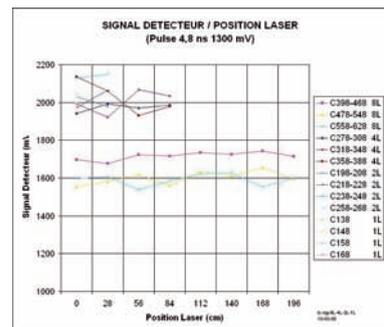
et leur environnement, et de mettre au point les filtres numériques et les algorithmes de régulation à intégrer dans les composants programmables.

Un premier prototype (fig. 7) au format PXI a été réalisé cette année, intégrant outre les ADC et DAC rapides, un FPGA STRATIX (Altera) programmé en VHDL et une interface cPCI développée pour l'expérience HESS. Cette carte est actuellement insérée dans un banc de tests piloté par LabView au laboratoire afin d'en valider la fonctionnalité. Des tests avec cavité à température ambiante puis supraconductrice sont prévus en 2006 à l'IPN Orsay.

#### Expérience HESS

L'équipe HESS a conçu et réalisé l'ensemble de l'électronique des quatre caméras de l'expérience. Celle-ci se caractérise par sa compacité, sa modularité et son prétraitement des données le plus près possible des capteurs (photomultiplicateurs). Cette stratégie a permis d'optimiser les performances et de minimiser le nombre de câbles externes (CEM, poids, prix).

Suite au succès de la phase I de cette expérience, la collaboration a proposé en 2003 la construction



Figures 6 : réponse en amplitude pour des longueurs entre 28 et 224 cm (mise en forme de 3  $\mu$ s).

Figures 7 : carte d'asservissement numérique au format PXI du projet LLRF.



d'un très grand télescope de 35 mètres de focale. Son installation sur le site Namibien est prévue au printemps 2008. L'équipe HESS du laboratoire a en charge la plus grande partie de l'électronique de la caméra.

L'électronique (fig. 8) s'articule autour de quatre parties : le traitement analogique des signaux, la logique de déclenchement, l'acquisition et la sécurité.

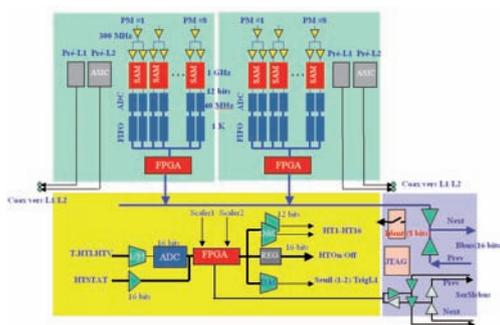
L'ensemble représente une dizaine de cartes différentes, conçues au laboratoire, ainsi que les bancs de tests associés. La caméra est composée de 2048 photomultiplicateurs (PM) dont le gain nominal est de  $2 \times 10^5$ . Le tiroir est l'élément de base de la modularité de l'électronique (128 tiroirs). Chaque tiroir est une structure maître supportant seize photomultiplicateurs, deux cartes analogiques, gérant chacune huit PM et une carte mère assurant le contrôle des paramètres. L'acquisition, le trigger et la sécurité utilisent la norme compactPCI, avec des processeurs sous système Linux.

La logique de déclenchement de niveau 1 est temporelle (résolution de 2 ns) et gère 99 secteurs de 64 pixels. Le temps d'élaboration du déclenchement de niveau 1 est inférieur à 80 ns. L'électronique est

conçue pour accueillir une logique de déclenchement de niveau 2 (basée sur des algorithmes plus complexes). La qualité du déclenchement doit réduire fortement le taux d'enregistrement des événements. Un ASIC pré-L2, développé au laboratoire, situé sur chaque carte frontale prépare les données pour la logique de niveau 2.

Globalement, de nombreuses améliorations ont été apportées à l'électronique de la caméra. Le taux moyen de déclenchement de niveau 1 est de 3.5 kHz (soit un ordre de grandeur supérieur par rapport à celui de la phase I) pour un temps mort d'environ 1 % (soit un ordre de grandeur inférieur par rapport à la phase I). Pour obtenir ces résultats, de nouvelles mémoires analogiques (SAM) ont été développées par le CEA, une mémoire (FIFO) permet de lisser le flot de données et de gérer les signaux de déclenchement de niveau 1 et 2. À tous les niveaux, les technologies éprouvées (LVDS) sont utilisées.

Deux BoxBus différents sont utilisés, le premier synchrone parallèle (20 MHz) pour le transfert des événements données et le second (série) pour les événements d'étalonnage. Enfin, le cPCI, bus innovant à haut débit et haut niveau de configura-



Figures 8 : synoptique de l'acquisition de la caméra de HESS II.

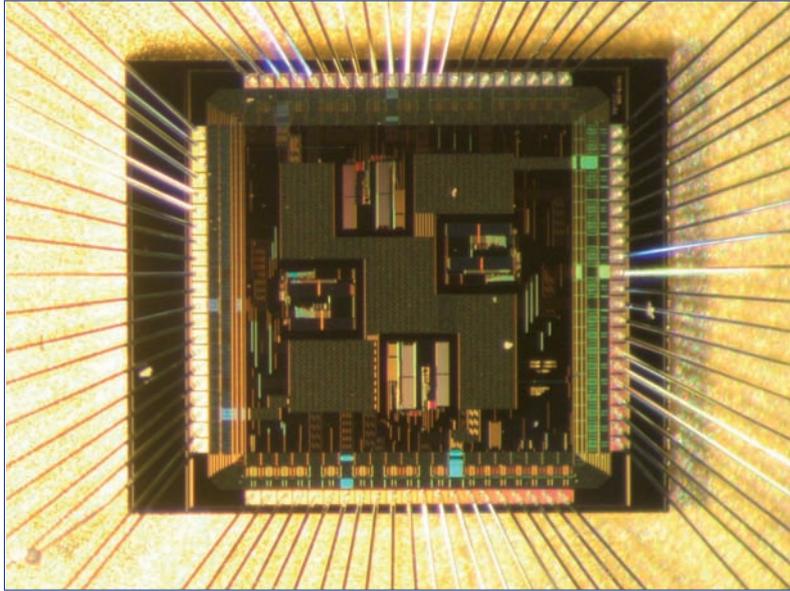


Figure 9 : micro photographie de l'ASIC « clamp & sample » de la R&D supernova technologie AMS (CMOS 0.35  $\mu\text{m}$ ).

tion, autorise des transferts synchrones à un taux pouvant atteindre 264 Mo/s (64 bits à 33 MHz en mode d'accès direct entre le bus et la mémoire (DMA)).

#### Expérience Supernovae

Le LPNHE contribue au développement d'une électronique de lecture pour des capteurs optiques de type Charge Coupled Devices (CCD) pour le visible et HgCdTe pour l'infrarouge, destinés à équiper le plan focal d'un télescope terrestre ou embarqué dans l'espace.

Le but est de réaliser une chaîne de lecture complète sous la forme d'un jeu de circuits intégrés depuis le traitement analogique, jusqu'à la numérisation des données.

Un circuit intégré (ASIC 1) comportant quatre voies de lecture comprenant chacune deux gains permettant une résolution de 17 bits en deux échelles de 12 bits et fonctionnant sous le mode de « clamp and sample » a été conçu et envoyé en fabrication en août 2003 (fig. 9). Différents tests ont été effectués en 2004 sur ce circuit : tests de bruit ( $\sim 0.5 e$ ), tests à froid et tests d'irradiation. Ces tests ont fait l'objet d'un rapport détaillé

accessible sur le site du laboratoire.

Un système de tests (fig. 10) pour le CCD regroupe une enceinte à vide destinée à maintenir le capteur à une température de 140 K afin de tirer les meilleures performances du capteur en terme de rapport signal sur bruit et un contrôleur de lecture qui fournit les signaux de contrôle.

Une première version du système de lecture a été réalisée en composants discrets comprenant un ASIC 1 pour la partie amplification du signal de capteur, d'une carte ADC 16 bits développée au laboratoire et d'un module « frame-grabber » piloté sous LabView.

Un système de contrôle de la température du plan focal a été également développé permettant l'asservissement de sa descente en froid mais également de sa remontée. Tout ceci est piloté par un PC et un programme LabView.

Actuellement l'équipe d'électronique du groupe Supernovae travaille sur l'étalonnage d'un imageur composé de CCD. Sur le banc de test CCD du laboratoire, nous avons actuellement un dispositif qui permet d'étudier la mise au point d'un procédé d'étalonnage.

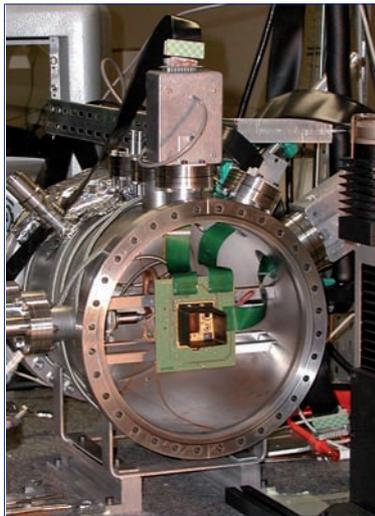


Figure 10 : aperçu du plan focal CCD dans le cryostat.

Quatre photodiodes sont installées sur le plan focal du cryostat. Un système de LED commandées par une source de tension stable et pouvant être déplacé selon 4 directions perpendiculaires à l'axe optique permettra cet étude.

Un système de tests pour le capteur infrarouge est actuellement à l'étude. Celui-ci devrait fonctionner à une température de 100 K. Une première version du système de lecture a été réalisée en composants discrets triés pour fonctionner à froid, une carte ADC 16 bits et un module « frame-grabber » piloté sous LabView.

#### CAO et Câblage

L'entité « CAO et Câblage » offre à l'ensemble des 17 électroniciens du laboratoire les outils nécessaires à la réalisation de cartes et circuits électroniques.

Au niveau logiciel, elle assure l'installation, la maintenance et le paramétrage des chaînes Cadence et Synopsys délivrées par l'IN2P3 et l'organisme EURO PRACTICE. Ces logiciels de CAO permettent la modélisation et la simulation de systèmes tant analogiques que numériques grâce à des langages de haut niveau ainsi que la simulation et le dessin de circuits intégrés y compris au niveau du transistor en technologie submicronique (jusqu'à 0.13  $\mu\text{m}$ ).

En terme d'étude de PCB (Printed Circuit Board), l'opératrice CAO place et route la totalité des schémas des concepteurs et assure le contact avec les sous-traitants extérieurs. Cela représente plus de 40 études et un volume global de 260 circuits imprimés fabriqués en 2004-2005.

En terme d'équipements, cette entité dispose de matériels récents permettant la fabrication de circuits imprimés double face et d'en assu-

rer le câblage en semi-automatique (machine de placement et four pour composants CMS) ou en manuel. Un outil d'usinage permet également de faire de la petite mécanique comme des faces avant ou des boîtiers.

Les personnes associées à cette activité - 5 au total - ont toutes un savoir faire spécifique et précieux pour le service électronique et les expériences du LPNHE.

#### Formation

Le service contribue à la formation d'électroniciens au niveau des premier, second et troisième cycles des universités et en accueillant des doctorants employés par l'industrie après avoir soutenu leur thèse. Des stagiaires lycéens sont également accueillis dans le cadre d'une mise en contact avec le monde du travail.

Les développements d'électronique au LPNHE conduisent à des contributions aux grandes conférences internationales telles que Nuclear Science and Method et IEEE Transactions on Nuclear Science.

Le savoir-faire des électroniciens, parfois impliqués dans plusieurs projets d'expériences, s'est accru. Le laboratoire pourra ainsi mieux répondre aux exigences de plus en plus sévères et variées des expériences à venir. Il se maintient ainsi dans un état de veille technologique face à des évolutions très rapides.

#### H. Lebbolo

P. Bailly, P. Corona, M.-M. Cloarec, M. Dhellot, J.-F. Genat, C. Goffin, A. Guimard, O. Le Dortz, D. Martin, P. Nayman, J.-M. Parraud, T.H. Pham, F. Rossel, R. Sefri, F. Toussanel, A. Vallereau.

## Mécanique

Le service de mécanique comprend trois ingénieurs de recherche (IR), trois ingénieurs d'étude (IE), cinq assistants ingénieurs (AI) et un technicien (T). Grâce aux logiciels de conception assistée par ordinateur et de calculs, à son atelier de fabrication équipé depuis fin 2001 d'un centre d'usinage en commande numérique et de la FAO, il peut répondre aux demandes exprimées par les chercheurs pour les réalisations de détecteurs de particules auprès des grands accélérateurs ou pour les expériences en astroparticules embarquées (satellites) ou au sol (télescopes). Les expériences dans lesquelles le service de mécanique a eu un rôle significatif sont présentées ci-après.

### Intégration

Le service de mécanique a été responsable, depuis septembre 1998, de l'étude, dans le bâtiment 180 du CERN, du montage du calorimètre électromagnétique central d'ATLAS et des calorimètres bouchons.

Un AI du service est actuellement détaché au CERN pour poursuivre l'étude des opérations se déroulant dans le puits.

Parallèlement, depuis septembre 2003, un second AI prépare l'installation du calorimètre Barrel (1600 tonnes) dans le puits. Après avoir défini le scénario et les pièces nécessaires (calculs et dessins) à cette translation de 17 m, une procédure a été rédigée. Cet AI a été détaché au CERN fin 2005 pour une période de 3 mois afin de poursuivre les opérations se déroulant dans le puits.

Le calorimètre a été déplacé en novembre 2005 en position finale avec une précision de 1mm par rapport à la position théorique.

Suite à ce succès, cet AI prépare l'installation des 2 calorimètres Endcap pour le mois de février 2006. Ce tra-



vail se fait principalement en utilisant les différents ateliers du logiciel de CAO Catia (maquette numérique, structure).

Figure 1 : test d'une partie du détecteur EMEC.

### Contributions complémentaires

Plusieurs outillages destinés soit à des tests en faisceau soit à l'intégration dans la caverne ont été réalisés.

Un outillage pour le test en faisceau (en collaboration avec l'Allemagne) d'une partie du détecteur « Electromagnetic End Cap » (EMEC) (fig. 1) a été étudié et réalisé. Il a permis une installation avec succès en Avril 2004.

En 2005, une étude d'outillage destinée à permettre l'intégration d'une partie des chambres à muons (fig. 2) situées entre les bobines a été effectuée. Plusieurs autres outillages destinés à assurer la mise en place finale des chambres ont été étudiés et utilisés avec succès.

### Supernovae/SNAP

#### CCD

Afin de caractériser l'influence de l'angle d'incidence de rayons lumineux sur le signal délivré par un capteur CCD (développé par Berkeley) destiné à l'observation des supernovae, un système de calibration à partir de LED est en cours



Figure 2 : installation des chambres à muons.

d'étude. Ce système (fig. 3) sera adapté sur un rail motorisé existant, positionné en face du cryostat où est refroidi le CCD. Il permettra d'utiliser 6 LED de longueur d'onde différentes, et de les déplacer finement suivant une direction horizontale et une verticale afin de balayer un angle de  $\pm 20^\circ$  sur le CCD.

### Infra-Rouge

Un banc de test a été développé et mis en service sur la période novembre 2003 – janvier 2005. Il était destiné à l'étude d'un détecteur infrarouge HAWAII-1RG (matrice de  $1024 \times 1024$  pixels de 18 microns de côté, développé par Rockwell Scientific Company) pour l'observation de supernovae.

Ce banc de test (fig. 4) permet de simuler un environnement spatial (140 K) pour le détecteur et son électronique de lecture correspondant aux conditions prévues par l'expérience SNAP. Par ailleurs, il autorise l'étude des performances du détecteur (courant d'obscurité) et de l'électronique à très basses températures, respectivement 80 K et 130 K. Il est constitué par un système de pompage, un cryostat muni d'un double système de refroidissement, une circulation d'azote liquide via un Dewar, contrôlée par un débitmètre, et un cryogénérateur à tube pulsé avec son compresseur. L'azote liquide est utilisé pour le refroidissement d'un écran thermique en aluminium et de l'électronique, tandis que le cryogénérateur refroidit directement le plan focal en molybdène accueillant le détecteur. L'écran et le plan focal sont isolés thermiquement, permettant un certain découplage des deux systèmes de refroidissement, au rayonnement près. L'écran thermique a subi un nickelage chimique pour préserver ses propriétés d'émissi-

on dans le temps, tandis qu'une peinture noire spéciale a été appliquée au pistolet à l'intérieur pour absorber la lumière parasite.

### Collisionneur linéaire

Dans le cadre de la recherche et développement sur le futur Collisionneur Linéaire, nous étudions des détecteurs en silicium capables de fournir des points très précis sur les trajectoires.

Les études préliminaires d'une enveloppe complète de détecteurs de traces en silicium pour la partie centrale et les bouchons ont débuté à l'automne 2001. Nos efforts portent prioritairement sur la conception et les tests concernant ces derniers.

Les problèmes considérés nous ont conduits à développer une recherche concernant la disposition des détecteurs élémentaires sur la surface des bouchons en fonction de l'alignement des pistes des détecteurs par rapport aux axes des bouchons (XUV ou projectif).

Nous avons donc approfondi :

- La conception de modules élémentaires composés de 2 à 4 siliciums ainsi que la validation de dispositifs de fixation et de positionnement ;
- Les procédures d'assemblage de ces modules, en particulier le collage et le positionnement, mais aussi la conception et la fabrication des outillages permettant la réalisation de modules pour des tests en faisceaux prévus en 2006 ;
- La validation de méthodes de refroidissement et d'isolation des détecteurs et de leur électronique par des tests réalisés sur des prototypes représentant les différentes configurations rencontrées pour le détecteur au silicium (grandes longueurs de l'enveloppe externe ou petits disques du détecteur interne).

Des stagiaires (DUT, Licence, écoles

d'ingénieurs) nous ont aidés dans ce travail.

Pour maximiser la transparence aux radiations et faciliter le refroidissement nous avons choisi d'utiliser des matériaux composites à base de carbone.

### HESS

Dans le cadre de l'intégration et des tests de l'électronique pour la caméra de HESS II dont le laboratoire a la responsabilité, un banc de test est en cours de développement pour effectuer le contrôle des 2000 photomultiplicateurs (PM) avant leur installation sur la caméra.

Les PM seront testés par bloc de 64 et le support de PM étudié permettra un accès individuel à chacun des 64 PM sans démonter les cartes d'électronique d'acquisition.

Il y aura un test de « flat field » sur chaque bloc de 64 PM simultanément avec une source lumineuse ponctuelle éloignée. Un second test sera réalisé en balayant une source lumineuse proche devant chaque PM d'un échantillon de 8 ou 16 parmi les 64.

### Mutualisation

Dans le cadre de la mutualisation des services de mécanique de l'APC/Collège de France et du laboratoire, le service a réalisé des études et surtout des fabrications de pièces en commande numérique pour différentes expériences. La FAO permet, à partir notamment des fichiers CATIA, de réaliser les pièces avec un réel gain de temps et une nette diminution des risques d'erreurs.

### Activités complémentaires

Des membres du service sont impliqués dans des formations ou des jurys de concours du CNRS ou de l'IN2P3, dans des groupes de travail (EDMS, Smarteam, Qualité,

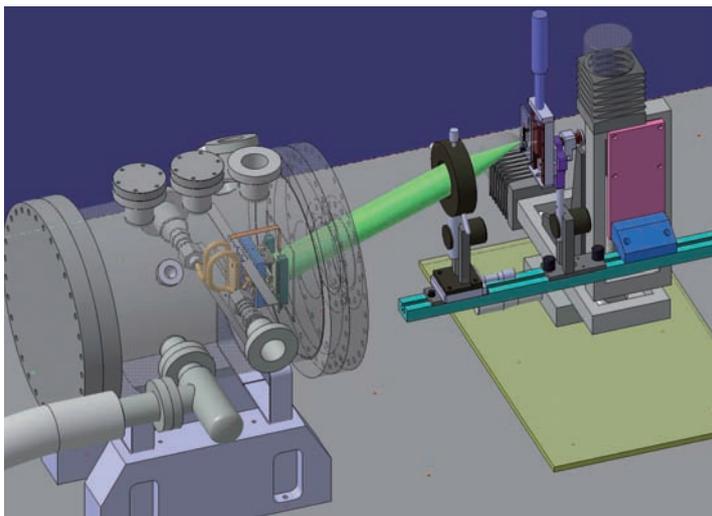


Figure 3 : banc test CCD pour SNAP.

FAO) et dans le réseau des mécaniciens. Un ingénieur est responsable des services généraux.

Un manuel qualité des services de mécanique, répondant à l'approche processus définie dans la norme ISO 9000 version 2000, est mis en application.

### D. Imbault

W. Bertoli, B. Canton,  
M. Commerçon, G. Daubard,  
Ph. Etienne, C. Evrard, P. Ghislain,  
D. Laporte, Ph. Repain,  
D. Steyaert, D. Vincent.

## Informatique

Le service d'informatique du LPNHE comprend 5 ingénieurs de recherche, 4 ingénieurs d'étude et un technicien. Depuis 2001, il accueille chaque année un(e) stagiaire colombien(ne), de niveau ingénieur, pour une période d'un an environ. Ces informaticiens travaillent pour l'informatique locale du laboratoire, l'informatique des services techniques ou bien sont affectés aux expériences. Il est fréquent qu'un informaticien soit impliqué dans plusieurs domaines différents à la fois.

### Informatique locale

Le service informatique doit assurer le bon fonctionnement en continu du réseau, des serveurs (généralistes, des expériences, des services de la mécanique, de l'électronique et de l'administration), des postes de travail et des moyens de communication à distance (vidéoconférences).

Ces services sont en constante évolution. Les efforts des deux dernières années ont porté sur le renouvellement du parc informatique aussi bien en matériel que logiciels. Les services suivants ont été renouvelés en veillant à appliquer les technologies les mieux adaptées à nos besoins : Serveur mail (Sun/Solaris 10 : Imap/POP/SMTP sous TLS, module anti-spam SpamAssassin), Serveur web sécurisé (Dell/Scientific Linux Cern), Serveur d'impression (Dell/SLC : cups/samba).

Les services suivants ont été actualisés : le serveur de sauvegarde (logiciel) et l'onduleur (matériel, logiciels). L'onduleur est passé de 25 clients à 48 et l'autonomie des clients a été augmentée.

Pour l'environnement Windows, les services suivants ont été mis en place: Active Directory, WSUS (upgrade MicroSoft centralisé) et EPO (anti-virus centralisé), les deux derniers par un stagiaire. Environ 70 postes de travail utilisateurs ont aussi été renouvelés (SLC, Windows, Mac).

D'une façon générale, en ce qui concerne les postes de travail des utilisateurs et les serveurs des expériences ou des services, nous arrivons à une harmonisation des systèmes d'exploitation propres à chaque domaine d'activité:

- l'administration sous MAC et Windows 2000;
- l'électronique sous Sun/Solaris pour les serveurs et Windows pour les postes de travail des électroniciens;
- la mécanique sous Windows 2000 et XP;
- les serveurs des expériences et les postes de travail des chercheurs sous SLC;
- l'automatisation des installations Scientific Linux Cern (kickstart);
- la mise à jour automatique du SLC.
- l'administration centralisée des serveurs des expériences;
- la centralisation des mises à jour automatiques des logiciels Microsoft (WSUS) et des antivirus (EPO);

Aujourd'hui, environ 600 équipements informatiques connectés permettent à toute personne du laboratoire d'utiliser l'informatique sous diverses formes.

Nous avons le privilège d'avoir un routeur CISCO connecté, d'un côté, directement à la plaque régionale RENATER à Jussieu par une liaison en fibre optique à 1 Gb/s et de l'autre côté aux switchs des réseaux du LPNHE (un switch avec des ports E/S à 1 Gb/s un deuxième avec des ports E/S à 100 Mb/s).

Les serveurs des expériences équipés d'une carte Ethernet 1Gbits sont directement connectés à un switch fonctionnant à la même vitesse (40 Mb/s en 2003) et bénéficient de cette bande passante de bout en bout.

La rapidité de mise en place de ce choix technologique a mis notre laboratoire en très bonne position pour les tests et la mise en production des nouvelles technologies comme la grille ou les vidéoconférences.

Tous les autres équipements informatiques actifs sont sur notre LAN à 100 Mbits.

Nous avons aussi mis en place le service

DHCP filaire et WiFi (plusieurs bornes) ce qui permet de se connecter à notre réseau de n'importe quel endroit du laboratoire.

Aujourd'hui nous disposons de 2048 adresses IP contiguës sur un seul brin. La migration des 2 réseaux de classe C de 256 adresses IP répartis sur 2 brins différents vers un seul réseau de classe B a été achevée cet été.

Au laboratoire un découpage logique des adresses est appliqué pour chaque type d'application :

- une plage d'adresses pour les serveurs;
- une plage d'adresses pour les portables (DHCP) et pour les stations de travail.

Le service souhaite appliquer cette logique au niveau de notre routeur en segmentant le réseau de notre laboratoire.

Nos ingénieurs réseau suivent constamment l'évolution de celui-ci en respectant la politique de sécurité informatique mise en place en accord avec les instances de tutelle.

### **Informatique des services**

Les informaticiens travaillant pour les différents services du laboratoire ont des compétences liées aux matériels et logiciels très spécifiques des services. Chaque service bénéficie de son expert qui lui est dévoué.

### **Administration**

Le service informatique assure le fonctionnement du logiciel Xlab ainsi que l'intégrité et la sécurité des données générées, traitées puis stockées dans sa base sur un serveur Windows 2000. En 2005, 3 postes clients ont été renouvelés sous le système MacOS X.

Deux postes de travail Windows dotés d'un client NABuCo assurent la gestion budgétaire et financière de sources universitaires (Paris 6 et Paris 7).

Le nouveau logiciel de gestion des absences 'Gestion Local du Personnel' (GLOP) – à l'origine développé au LAPP – est à l'étude au laboratoire. Sa mise en service est prévue en 2006.

### **Électronique**

Le serveur de la CAO électronique (SUN E250 avec processeur Ultra Sparc II) a été régulièrement actualisé aussi bien au niveau système qu'au niveau logiciel. Ce matériel assure les fonctions de serveurs de fichiers et de licences pour l'exploitation des logiciels de CAO Cadence. Ce serveur sera renouvelé en 2006.

Une grande majorité des postes de travail Windows 2000 a été remplacée par des postes Windows XP.

### **La CAO Mécanique**

Lors des années 2004-2005 le logiciel CATIA, ensemble d'applications logicielles pour la CAO (comprenant Catia, SmarTeam, Oracle Client, Euclid), a changé deux fois de version. La nouveauté de la dernière version (Catia V5R13) est la centralisation des données de CAO dans une base de données située au Centre de Calcul de Lyon et donc du nouveau serveur SmarTeam ccsmary.in2p3.fr dans le domaine Activ Directory de l'IN2P3. Cela a nécessité un changement d'adresse IP de tous les postes de travail et leur intégration dans le domaine Activ Directory. Actuellement Catia V5R13 SP5 est installé sur 8 postes sur 14.

Le logiciel Antivirus F-Secure a été remplacé par VirusScan de la société McAfee. La CAO Mécanique a acquis Autocad 2005 installé sur un poste et le logiciel DreamWeaver (maintien du site Web) installé sur deux postes. Les logiciels Alphacam pour piloter la fraiseuse à commandes numériques et Samcef V5.1 pour le calcul sont installés chacun sur quatre postes.

Pour la prochaine mise à jour de Catia prévue en 2006, un groupe de travail « Projet Catia 2006 » incluant des mécaniciens et des informaticiens s'est mis en place.

### **Informatique pour les expériences**

#### **Observatoire Pierre Auger**

L'Observatoire Pierre Auger entre dans

sa dernière phase. Il représente le réseau de capteurs le plus grand jamais construit dans le monde.

Les données physiques enregistrées par les détecteurs sont analysées par les chercheurs après avoir transité par le Central Data Acquisition System (CDAS) de l'Observatoire à Malargüe en Argentine.

Le système d'acquisition et de traitement de données d'Auger peut se résumer de la façon suivante :

- un système de télécommunication entre les stations;
- le Central Trigger;
- le packaging des événements;
- la reconstruction avec l'outil Event Display.

Plus particulièrement, le service informatique du LPNHE s'est investi dans les tâches suivantes :

- la maintenance et la surveillance des systèmes et réseaux d'acquisition;
- le développement système et logiciels d'acquisition;
- le conseil en sécurité système/réseaux entre le laboratoire et le site Auger;
- l'administration des serveurs d'acquisition et des utilisateurs;
- la surveillance de la duplication des données brutes entre l'Argentine et le centre de calcul IN2P3 de Lyon;
- le support technique aux utilisateurs Auger/France.

Les perspectives à moyen et long termes pour l'informatique du laboratoire au sein d'Auger sont la mise en place d'une ferme de calcul dans nos locaux pour une utilisation réservée uniquement à l'équipe Auger - Paris, l'amélioration de l'infrastructure du réseau informatique entre Malargüe/Europe et la création d'une gestion avancée de contrôle et d'alertes à distance du CDAS.

## **HESS II**

L'expérience HESS-II doit être installée en Namibie en 2008. Le laboratoire a la responsabilité de l'électronique et de l'informatique de son détecteur, la « caméra ». Actuellement, le projet est

dans une phase de développement de cartes électroniques pour le pilotage et l'acquisition des données de cette caméra. La mise au point de ces cartes implique la réalisation de bancs de tests informatisés. Sur le plan informatique, un banc de test est organisé sur le mode client-serveur, ceux-ci dialoguant à travers des connexions ethernet. Le serveur est une application écrite en langage C sous système Linux ; il est implanté sur une carte processeur du commerce logée dans un châssis cPCI (compact PCI) et peut ainsi communiquer directement avec les cartes développées au laboratoire, installées dans le même châssis. La communication se fait par l'intermédiaire de pilotes écrits au laboratoire. Le serveur réalise les opérations nécessaires à la programmation des cartes et à la lecture des données qu'elles produisent. Les clients sont des applications implantées sur des postes de travail divers qui envoient des requêtes au serveur et récupèrent un flot de données au format standard de l'expérience HESS. Il s'agit soit d'applications LabView sous WindowsXP pour les électroniciens désirant tester leur matériel, soit d'applications plus sophistiquées en langage Python avec interface graphique sous GTK, connexion à une base de données MySQL et utilisation de la norme CORBA/omniORB, pour les chercheurs désirant préparer l'analyse des données. Une informaticienne du service participe à l'élaboration de ce dernier type de banc de tests qui sera dupliqué et fourni à d'autres laboratoires de l'IN2P3 faisant partie de la collaboration HESS-II. Il sera également installé en Namibie de manière à fournir des capacités diagnostiques importantes sur le site aux équipes assurant la prise de données. A l'achèvement des développements électroniques, le service informatique entreprendra, comme pour la première phase de HESS, la réalisation du système d'acquisition de données de la caméra HESS-II. Pour répondre à des exigences considérablement accrues en termes de taux de

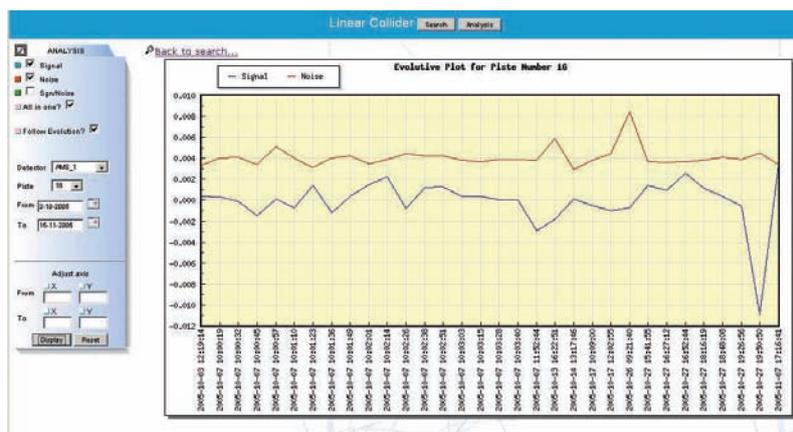


Figure 1 : interface web réalisée pour la consultation et l'analyse des mesures faites sur un prototype de détecteur à micro pistes du futur collisionneur linéaire.

déclenchement, de temps mort et de volume de données, le programme devra être profondément remanié, avec notamment une séparation complète, sur des processeurs indépendants, des voies données et des voies de monitoring.

### Collisionneur linéaire

Le développement et les tests de l'électronique de lecture de détecteurs à micro pistes de silicium conduit à une production importante de fichiers de données nécessaires pour la compréhension des détecteurs en vue de leurs améliorations. Le traitement de ces informations a nécessité la création d'un système de transmission de données, capable d'envoyer vers un serveur distant le fichier créé sur le banc de test avec LabView, en prenant en compte sa validation et son adaptation sur un schéma de base de données SQL. Ceci assure d'un seul coup la disponibilité permanente des données et offre les commodités d'un gestionnaire de base de données pour son traitement.

La disponibilité sur un navigateur web de toutes les données prises sur le banc de tests simplifie considérablement les tâches d'analyse. A ceci s'ajoute le développement avec un langage de programmation web comme PHP, qui va faciliter l'intégration sur une interface web simple.

À ce niveau on compte désormais sur un moteur de recherche pour la reprise des anciennes mesures, des menus de sélection

pour l'affinement des choix et finalement la génération des histogrammes d'analyses comparative et évolutive indiquant le comportement des pistes sur le prototype.

### Supernovae

Dans le cadre de recherches et développements pour de futures expériences d'observation de supernovae, le laboratoire a réalisé des systèmes de tests de capteurs CCD et de capteurs à infrarouge. Ces systèmes, qui doivent fonctionner à des températures de 140 K et 100 K respectivement, sont installés dans des enceintes cryogéniques sous un vide poussé. Les informaticiens du service sont intervenus dans la réalisation d'applications de contrôle et de surveillance du refroidissement et de la qualité du vide. Ils sont intervenus également dans la réalisation des systèmes de lecture des données élémentaires produites par ces capteurs (pixels) et de leur visualisation sous forme d'image. Pour la lecture des CCD, dans un premier temps, le laboratoire a fait l'acquisition d'un système intégré matériel/logiciel SDSU auprès de l'Université de San Diego aux Etats-Unis. Ce système comporte des cartes électroniques « intelligentes », gérées par un processeur de traitement de signal (DSP) dédié, pour la génération des signaux d'horloges, des signaux vidéo et pour l'interfaçage avec un ordinateur. Sur le plan logiciel, il comporte un ensemble de programmes

destinés aux trois niveaux d'intervention impliqués : un programme d'interface graphique avec l'utilisateur écrit en Java, un pilote Linux écrit en C pour la carte d'interface avec le matériel, et un jeu de programmes en assembleur DSP pour les différentes cartes électroniques. Ce système générique a demandé de nombreuses adaptations à tous les niveaux pour répondre aux besoins très spécifiques du programme de R&D supernovae, en particulier dans le domaine de la caractérisation et de la minimisation des bruits électroniques. Par la suite, le laboratoire a développé sa propre chaîne de lecture, basée sur un jeu de circuits intégrés conçus au sein même du service électronique. Le service informatique a alors réalisé, en langage LabView et pour un poste de travail Windows XP, un système d'acquisition fonctionnellement proche du SDSU, capable de mettre en oeuvre cette nouvelle chaîne de lecture. Ce travail a pu être largement réutilisé pour développer ensuite le système d'acquisition de données du banc de test destiné au détecteur à infrarouge.

#### **SNIFS**

SNIFS (SuperNova Integral Field Spectrometer) est un spectrographe destiné à détecter et à analyser le spectre d'au moins 100 supernovae de type Ia par an. Il a été installé sur le télescope de 2.2 m de l'Université d'Hawaïi, au sommet du Mauna Kea (Hawaïi). Le service informatique du LPNHE s'occupe du développement, de la mise en place, et de la maintenance d'une centrale d'alertes en ligne. En effet, les nombreuses prises de données du ciel sont effectuées à distance depuis les laboratoires de la collaboration. Le besoin d'avoir un retour d'information rapide et efficace s'est rapidement fait sentir lors des acquisitions. Nous avons donc développé un outil centralisant l'information concernant l'état de SNIFS et de la météorologie locale et permettant d'afficher en temps réel les alertes pertinentes. Le service informatique s'est occupé de

l'archivage en temps réel des données au CCIN2P3. Ces données sont accessibles et redistribuées de manière uniforme et transparente via SRB. Le nombre de prises de données par SNIFS étant en croissance depuis un an, il faut développer un système d'informations permettant le suivi et le contrôle de la chaîne de traitement des données au CCIN2P3. Le LPNHE développe actuellement une base de données «Processing» sous Postgresql accessible de manière transparente via des classes Python à l'aide d'un récent framework nommé « Django ». À l'origine, un outil de développement rapide d'applications web, Django contient une interface transparente et puissante entre les classes Python et le langage SQL. La base de données peut ainsi être créée, mise à jour et consultée à l'aide d'objets au coeur des scripts Python.

#### **TIER 2**

Depuis quelques années, un nouveau concept pour le calcul intensif a vu le jour sous le nom de grille de calcul. Le principe est de mettre en commun des moyens de calcul de taille modeste (moyens locaux et régionaux) ou de taille plus importante (centres de calculs nationaux et internationaux). Dès le début, les expériences LHC au CERN ont décidé de développer le traitement de leurs données à l'aide de la grille de calcul dévolue aux expériences LHC (projet LCG).

Le LPNHE, dans le cadre des activités du groupe ATLAS avec le CERN, va devenir un noeud associé au réseau de la «grille Île-de-France» (GRIF), avec le LAL et le DAPNIA. Un Tier2 est utilisé, dans le cadre LCG, pour les simulations Monte Carlo et les analyses de données. Notre laboratoire a fait une demande de financement auprès de l'Université Paris 6 et a reçu des crédits pour l'année 2005 qui ont permis d'acheter une vingtaine de CPU et 12 TB de stockage. Ces matériels seront testés et mis en production en 2006. Par ailleurs, nous avons

déjà une première expérience du logiciel LCG acquise cette année en testant au LPNHE un serveur d'installation (Quattor), un Computing Element (CE) et un Worker Node (WN). Le projet à l'horizon 2007 devrait atteindre plus de 100 CPUs et 50 TB.

### Sécurité informatique

Platon nous a appris que « ce sont les hommes et non les pierres qui font le rempart de la Cité! » Le maillon faible de la sécurité informatique reste toujours le facteur humain et les performances des meilleurs équipements réseau reposent sur leur bonne configuration et la robustesse des logiciels.

Dans un laboratoire de recherche comme le nôtre où le système d'informations est l'outil de base indispensable, la sécurité informatique doit garantir l'intégrité des systèmes, la disponibilité des services et la confidentialité des informations scientifiques.

Au sein du LPNHE, la notion de sécurité informatique est encore à ses débuts sur l'aspect physique, organisationnel et l'exploitation.

Ses priorités sont :

- savoir réagir face aux incidents ;
- prendre les mesures adéquates en cas d'intrusion avec l'aide des entités externes (CERTA, CCIN2P3, RENATER) ;
- diffuser les informations : alertes, avis...
- veiller à la mise en place des mesures de protection nécessaires dans les différents services ;
- faire respecter la charte informatique et le règlement intérieur sur le système d'information.

À ce jour, l'équipe sécurité informatique est composée de trois personnes sous la tutelle de la direction d'unité, à savoir un correspondant sécurité et deux suppléants. Les objectifs à moyen et long terme sont :

- l'éducation et la sensibilisation des utilisateurs à la sécurité ;

- l'élaboration d'une politique de sécurité pour les systèmes d'information au sein de l'IN2P3 ;

- la maîtrise d'architectures systèmes et réseaux fiables (VLAN, VPN, DMZ, Wifi/Radius, LDAP).

On ne dira jamais assez, mais la sécurité informatique est l'affaire de tous. Qu'il s'agisse d'une utilisation privée ou professionnelle, assurer cette sécurité commence par une série de bonnes pratiques et l'usage adéquat des outils de protection existants.

### Liaison avec les utilisateurs

La procédure normale pour signaler un problème concernant l'informatique est l'envoi d'un mail à une adresse « support ». L'informaticien d'astreinte à ce moment-là note le problème et prend une décision adaptée au dysfonctionnement. Ce système permet de réagir rapidement aux problèmes ponctuels tout en permettant aux informaticiens non concernés de poursuivre leur activité principale.

Des réunions avec les représentants des groupes d'expérience et des services techniques du laboratoire sont organisées deux fois par an. C'est l'occasion pour les « utilisateurs » de l'informatique locale de faire connaître leurs besoins tant matériels que logiciels, de discuter les choix technologiques et éventuellement d'affiner les règles de fonctionnement du service informatique.

### L. Martin

M. Berggren, M. Belkacem,  
M. Detournay, J.-L. Gorrard,  
E. Hornero, J.-F. Huppert L. Guevara,  
J.-P. Plaut, R. Randriatoamanana,  
D. Terront, P. Warin-Charpentier.

## Administration

L'administration du LPNHE regroupe une dizaine de personnes. Elles travaillent en étroite relation avec les services administratifs de l'IN2P3, des universités Paris 6 et 7 et de la Délégation Paris B. Le service administratif du LPNHE apporte son soutien aux activités de la recherche en assurant la gestion administrative des personnels permanents et temporaires et la gestion financière de l'ensemble des crédits alloués. L'administrateur apporte son assistance à la direction du laboratoire, effectue l'analyse financière et est responsable des services administratifs.

### Gestion des personnels

La gestion administrative des personnels permanents et non permanents est effectuée avec l'aide, entre autres, de Labintel et d'une base de données interne. Cette gestion consiste à réaliser le suivi de quelque 150 agents permanents et non permanents, sans omettre les stagiaires, dont le nombre va croissant. Les personnes responsables du suivi du personnel sont en charge des procédures de recrutement (concours, mobilité interne, auxiliariat), des procédures d'accueil des visiteurs étrangers, de stagiaires ou de doctorants (constitution des dossiers, aide dans les démarches auprès de la préfecture...). Elles aident au mieux l'ensemble des personnels dans l'établissement des dossiers de carrières, de concours et de formation. Elles gèrent les congés et absences des agents et diffusent toutes les informations utiles concernant la réglementation du personnel.

### Gestion financière

La gestion financière est assurée par le bureau des achats et le bureau des missions en liaison avec un responsable scientifique. Les crédits glo-

baux du laboratoire, provenant des universités Paris 6/Paris 7 et du CNRS – IN2P3 sont gérés sur X-lab. Le logiciel NABUCO est aussi utilisé pour engager les crédits provenant des universités. Pour le budget (fig. 2), l'arborescence du système établi par compte et sous compte ainsi que la comptabilité analytique permettent de suivre l'attribution et la consommation des crédits équipe par équipe, par opération scientifique et par programme.

La cellule « achats » gère l'ensemble des achats de l'unité pour les groupes et les services en conformité avec les règles de la comptabilité publique. Le service des missions a en charge environ 1800 déplacements annuels. La partie principale du budget des missions, représentant 50 % du soutien de base de l'unité, est gérée par les crédits attribués à l'Université Paris 6, par l'IN2P3. Par contre, certaines expériences ont leurs missions gérées directement par l'IN2P3, en raison de dotations spécifiques. La cellule assurant la gestion financière de l'unité a aussi dû s'adapter aux nouvelles évolutions réglementaires concernant les missions et les marchés.

### Accompagnement de la recherche.

La gestion de la documentation est assurée sous la responsabilité d'un chercheur. Elle consiste, entre autres, à veiller aux abonnements et réabonnements à des magazines spécialisés ainsi qu'aux achats et suivi des prêts. Le laboratoire met à la disposition des enseignants et des étudiants deux salles munies de postes informatiques. Dans le cadre des relations avec l'enseignement, l'accueil de stagiaires, venant à la fois des deux cycles du secondaire, et du cycle supérieur, est aussi assuré par un agent du service.

Enfin, l'administration contribue au bon fonctionnement du laboratoire

en assurant l'accueil, un soutien logistique à l'organisation des séminaires et aux autres manifestations, l'édition de rapports internes, la reprographie de documents et une assistance aux relations extérieures et à la communication.

### E. Méphane

S. Bassava, M. Brissard,  
 B. Caraco, I. Cossin,  
 A. Frua-Bernard, S. Gorrard,  
 J. Jos, L. Marquet, J. Meurgey.  
 V. Joisin.

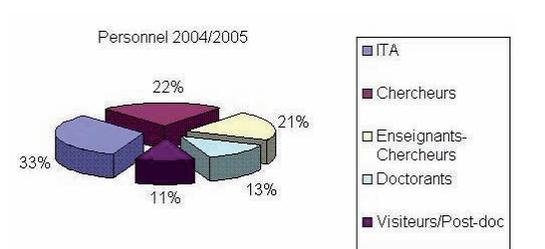


Figure 1 : répartition du personnel du LPNHE.

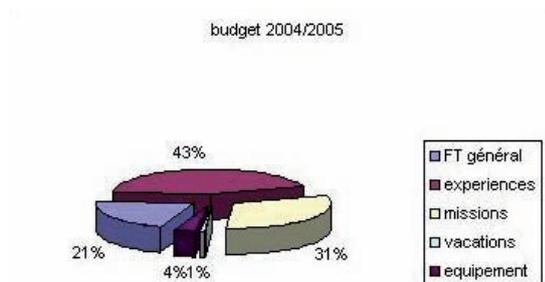


Figure 2 : répartition du budget 2004/2005.

## Services généraux

Les services généraux comprennent deux techniciens et un ingénieur qui en assure la responsabilité. Leurs tâches sont multiples :

- Assurer le bon fonctionnement des installations techniques tels que les installations de climatisation, de sécurité (alarme incendie...), téléphoniques, électriques, sanitaires.
- Assurer un service de navette courrier (1 fois/semaine) avec le CNRS/IN2P3 Michel-Ange, le PCC Collège de France (devenu l'APC depuis le 01/01/2005), les services administratifs de l'Université Paris 6 à la Cité Voltaire ; assurer des transports de matériels en Ile de France ; gérer le parc automobile de Paris et sur le site du CERN à Genève, le suivi des réservations se faisant à l'aide d'un programme de réservation mis en place par le service informatique.
- Assurer l'aménagement des salles de réunions (projection, sonorisation).
- Assurer les réaménagements de pièces (électricité, peinture, revêtement de sol) et rénover le mobilier.
- Assurer le suivi de l'occupation des bureaux.

La production frigorifique propre au laboratoire a été arrêtée définitivement en février 2005. Un échangeur, financé en commun avec l'Université Pierre et Marie Curie, sur le réseau d'eau glacée du Campus Jussieu a été installé dans le local technique de la climatisation afin d'alimenter notre réseau d'eau glacée. Cette installation a permis d'éliminer les risques sanitaires de l'ancienne installation.

L'année 2004 a été marquée par la libération en juin des locaux de la barre 32/33 rdc pour son désamiantage. Le service a assuré le démontage des équipements pouvant être

réutilisés ultérieurement et la préparation d'emplacements de stockage pour le matériel.

Après la livraison des locaux réaménagés de la barre 32/33 en avril 2005, le service a réalisé la distribution électrique et des fluides dans les pièces de l'atelier mécanique et une partie des pièces de montage de la Caméra HESS II.

### B. Canton

N. Pavel, M. Roynel.

## Travaux d'aménagement

Le rapatriement de la Machine de Mesure Tridimensionnelle (MMT) dans l'atelier mécanique et la taille envisagée de la Caméra HESS II impliquaient de faire un réaménagement des locaux de la barre 32/33 rdc pour les loger. J.-E. Augustin a demandé à l'Établissement Public Administratif (EPA) la réalisation du désamiantage de ces locaux dès 2004 afin de permettre des modifications de cloisons nécessaires pour les projets. Un ingénieur d'études et un enseignant-chercheur du laboratoire ont été chargés d'établir un cahier des charges de l'aménagement des locaux prenant en compte les besoins pour l'implantation de la MMT et de la caméra HESS II. Lors des discussions avec l'EPA, le LPNHE fut chargé de réaliser la distribution courant fort (électricité) et courant faible (téléphone et informatique) ainsi que des fluides (eau et air comprimé). L'EPA se chargea du désamiantage et du réaménagement des locaux (gros œuvre, armoire de distribution des courants faible et fort). Les locaux ont été fermés totalement du 1<sup>er</sup> juillet 2004 au 1<sup>er</sup> avril 2005. Les services généraux ont réalisé ensuite les travaux à leur charge ; la livraison des pièces s'étalant jusqu'à fin 2005. Le LPNHE a travaillé pendant

plusieurs années sur plusieurs options pour son implantation dans le cadre du désamiantage et de la rénovation du campus Jussieu. L'Université Pierre et Marie Curie a pris la décision en 2004 de réimplanter le LPNHE dans le secteur « ouest » dans les barres 12/22 (sous-sol, rdc, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> étages) et 12/13 (sous-sol, rdc, 1<sup>er</sup> étage) ainsi qu'au centre du patio 22/33 rdc. Un ingénieur d'études et un enseignant-chercheur du laboratoire ont été chargés par la direction d'étudier le projet de locaux pour l'Avant Projet Sommaire (APS) présenté par l'EPA et les architectes. Un groupe de travail fut constitué pour aider à cette étude. Il établit un cahier des charges et fit des propositions d'aménagement des locaux pour répondre aux besoins du laboratoire. Les négociations avec l'Université Pierre et Marie Curie et l'EPA ont permis la présentation par les architectes de plans d'aménagement des locaux, dans la surface attribuée par l'UPMC, répondant au mieux aux demandes du LPNHE. Ces plans ont été intégrés à l'APS du secteur « ouest ». En prévision de l'établissement de l'Avant Projet Détaillé (APD) devant intervenir à l'été 2006, la direction a chargé l'ingénieur d'études et l'enseignant-chercheur de mettre en place dès la fin 2005 un groupe de travail pour l'étude de l'APD.

[B. Canton, Ph. Schwemling](#)

## Hygiène et sécurité

La charge d'ACMO (agent chargé de la mise en œuvre de l'hygiène et la sécurité) a été assurée par un ingénieur d'études du laboratoire jusqu'à fin 2004. En juin 2004 il a demandé son remplacement à partir de début 2005, en raison de son engagement dans de nouvelles activités. Un assistant ingénieur assure la charge d'ACMO depuis début 2005. Afin de

faciliter le transfert de compétences, l'ingénieur d'études est actuellement ACMO adjoint.

Un travail de conseil est apporté aux groupes pour que les appareillages conçus par le laboratoire soient conformes aux textes réglementaires. Le Comité Local d'Hygiène et Sécurité (CLHS) s'est réuni une fois par an depuis sa création en 2001 ; la réunion de 2005 a eu lieu le 14 avril. Des contrôles d'empoussièrement ont été réalisés dans les locaux à risques du laboratoire dans le cadre de contrôle sur l'ensemble du Campus Jussieu.

Des contrôles bactériologiques réguliers ont été effectués sur l'échangeur de l'installation de climatisation, jusqu'à son arrêt définitif début 2005, afin de s'assurer de son bon état sanitaire.

L'arrêt définitif d'une production frigorifique au sein du laboratoire a permis le démantèlement du groupe frigorifique et de l'échangeur aéro-réfrigérant faisant l'objet d'un dossier d'Installation Contrôlée Pour l'Environnement (ICPE) auprès de la Préfecture de Police. Les fluides du groupe ont été éliminés par une entreprise agréée. Les démarches pour la clôture du dossier ICPE ont été réalisées.

L'Université Pierre et Marie Curie a procédé au remplacement des transformateurs électriques alimentant le laboratoire.

Début 2004, l'EPA a connecté notre système d'alarme incendie avec le poste de sécurité du campus Jussieu, ceci permettant la surveillance 24h/24. Des extensions de notre installation ont été réalisées, en particulier dans les locaux de la barre 32/33 rdc (atelier mécanique, pièce de montage). Une formation à l'utilisation de la centrale d'alarme a été assurée en 2005.

Un effort a été fait pour la signalétique concernant la sécurité, en parti-

culier une signalétique lumineuse est couplée au fonctionnement des lasers en place dans les montages de tests dans le laboratoire. En accord avec l'Université Pierre et Marie Curie, un plan de prévention a été établi avec l'entreprise assurant le ménage dans le laboratoire et une signalétique de sécurité a été mise en place à l'attention de son personnel.

B. Canton, J.-M. Parraud

## Radioprotection

Les personnels n'étant pas exposés au laboratoire à des risques liés aux rayonnements ionisants (il n'y a ni zone surveillée, ni zone contrôlée), la radioprotection est exercée par les services des sites expérimentaux, avec un suivi par dosimétrie individuelle des personnels en mission.

Le laboratoire dispose par ailleurs depuis des années d'un ensemble de sources radioactives scellées, utilisées pour la caractérisation et l'étalement des prototypes de détecteurs développés au laboratoire. Cependant ces sources ont maintenant toutes plus de 10 ans et la législation actuelle impose de les faire reprendre par leur fabricant. L'aide du Service Hygiène et Sécurité de l'Université PMC sera utile pour faire aboutir cette mise en conformité, en particulier dans le cas des sources les plus anciennes où le fabricant n'existe plus.

J. Dumarchez

# Vie du laboratoire

---

## **Enseignement et formation**

L'enseignement supérieur et le LPNHE

Formation permanente

Stages

Thèses

Habilitations à diriger des recherches (HDR)

## **Activités internes**

Réunions du vendredi

Biennale 2005

Séminaires au LPNHE

Colloque de Cosmologie

Forum expérimentateurs/théoriciens en physique des particules

Journées et manifestations diverses

## **Relations externes**

Communication

Vulgarisation

Conférences grand public, émissions scientifiques

Articles, livres, audiovisuel multimédia

Relations avec l'industrie, valorisation

Séminaires donnés à l'extérieur

Communications à des conférences

# Enseignement et formation

---

## L'Enseignement Supérieur et le LPNHE

**A**vec plus de la moitié de ses effectifs qui participent à des titres divers à des enseignements de niveau supérieur, le LPNHE, unité mixte de recherche du CNRS et des Universités Paris 6 (Pierre et Marie Curie) et Paris 7 (Denis Diderot), est fortement implanté dans ses universités de tutelle et certaines grandes écoles (en particulier par ses ingénieurs et chercheurs en tant qu'intervenants). Ces derniers enseignent essentiellement au niveau des spécialités de Master M2, mais aussi dans des Écoles d'Ingénieurs (EFREI, ESTACA). Les enseignants-chercheurs du laboratoire interviennent, quant à eux, à tous les niveaux (du 1<sup>er</sup> au 3<sup>e</sup> cycles) et assurent de multiples fonctions de responsabilité. Par le biais de ses enseignants, le laboratoire a fortement participé et contribué à la mise en place du nouveau système LMD dans les deux universités : tâches de coordination de services d'enseignement (en L1 ou L2), co-responsabilité de certaines filières (M1 Magistère Phytem avec l'ENS Cachan) et de spécialités de Master (M2) : « Capteurs, Mesure et Instrumentation » (CMI); « Noyaux, Particules, Astroparticules, Cosmologie » (NPAC). Enfin, on retrouve des chercheurs, enseignants-chercheurs et ITA du laboratoire dans de multiples instances universitaires : CSE de Paris 6, Paris 7 et Paris 11; conseil et conseil scientifique des UFR de Physique de Paris 6 et Paris 7; commission des personnels enseignants, membres de la 29<sup>ème</sup> section du Conseil National des Universités (CNU)... Le laboratoire est un site d'accueil pour la

spécialité CMI (dans laquelle enseignent un ingénieur et un chercheur CNRS du LPNHE) et du parcours « Physique et Technologie des Grands Instruments » de la spécialité de Master « Optique, Matière, Plasmas ». Il fournit en particulier aux étudiants suivant ces formations des salles de cours, des moyens et de l'assistance informatique, l'accès à ses équipements et infrastructures (bibliothèque, reprographie,...).

M. Boratav

## Formation permanente

**L** Le laboratoire attache une grande importance à la formation continue de ses agents. Indépendamment des bénéfices individuels que chacun peut en retirer, elle est nécessaire au maintien du haut niveau technologique indispensable à l'avenir de la communauté.

Les formations suivies par les personnels pendant les années 2004 et 2005 vont des stages, écoles ou cours organisés par l'IN2P3, les délégations du CNRS et les universités, à des formations dispensées par des organismes extérieurs pour répondre à des besoins particuliers. Le bilan qui suit, sans être totalement exhaustif, permet de mesurer l'impact des différentes sources de formation permanente auprès des membres du LPNHE.

## IN2P3

Pour ce qui relève de l'organisation de l'IN2P3 : 22 agents du LPNHE ont participé à 9 écoles thématiques organisées par l'IN2P3 ; 1 ingénieur administratif a suivi un séminaire de management ; 1 ingénieur participe aux formations ACMO ; 4 ingénieurs mécaniciens ont été formés à l'utilisation du logiciel Samcef Field (calcul en éléments finis) ; 7 électroniciens ont bénéficié de 40 journées de stages liés à la conception de circuits et CAO (9 stages différents).

### Les stages de formation

Les stages de formation ont, quant à eux, concerné tous les domaines d'activité du laboratoire.

#### Informatique

Sept informaticiens ont obtenu l'organisation par la délégation régionale d'une formation personnalisée « LINUX administration avancée » (5 jours). Une formation PYTHON a été organisée par le LPNHE avec le financement de la Délégation Paris B. Elle a regroupé 16 agents parmi les chercheurs et informaticiens alors que 3 jeunes physiciens ont pu suivre une initiation à C++. Des stages de microinformatique organisés par la Délégation Paris B ont été suivis par 3 agents (PowerPoint, PHP), et 2 informaticiens ont participé à des formations plus spécialisées liées à l'administration des serveurs, LINUX ou une introduction à Java.

#### Mécanique

Dans ce domaine, quelques stages spécialisés sont pris en charge par les délégations régionales en particulier celle de Paris Sud et ont pu être suivis par des membres du LPNHE (traitement des surfaces et formation au logiciel CATIA V5). Le réseau des mécaniciens (national et régional) organise des rencontres, journées techniques et formations.

L'équipe de mécanique participe activement aux rencontres organisées dans ce cadre (deux personnes, environ cinq jours par an pour les rencontres nationales et quelques journées par an pour le réseau régional). Un ingénieur d'études, après avoir été animateur du réseau des mécaniciens de l'Île de France, est actuellement l'un des trois représentants du réseau national.

#### Électronique

L'école Polytechnique de Lausanne dispense des cours spécifiques sur la tenue des composants électroniques aux radiations et l'optimisation de la consommation d'énergie. La Délégation Paris B a pris en charge le financement de la participation d'un ingénieur du LPNHE à une formation d'une semaine et le laboratoire a permis à un doctorant d'assister à l'un de ces cours, pendant une semaine, à Lausanne.

#### Administration (gestion, communication, management, préparation aux concours...)

Cinq personnes ont assisté à une trentaine de jours de formation.

#### Hygiène et sécurité

Une personne a assisté à 3 jours de formation ACMO et environ cinq personnes par an suivent les stages liés aux différents risques (incendie, chimique, manipulation de gaz comprimés) ou à la conduite à tenir en cas d'accident. Ces stages sont organisés chaque année par les universités dont dépend le LPNHE.

#### Langues

En moyenne, 3 personnes par an suivent des cours d'anglais au cours de l'année universitaire et le LPNHE veille à ce que les visiteurs étrangers, post-docs ou boursiers puissent avoir un minimum de cours de français. Il s'agit soit de formations intensives, par exemple à l'Alliance Française (4 en 2004), ou de cours dispensés tout au long de l'année universitaire à l'université (3 en 2005).

### Organisation d'écoles et de stages thématiques

Un certain nombre de membres du LPNHE ont pris la responsabilité de l'organisation d'écoles ou stages. L'école « Techniques de base des Détecteurs » destinée aux techniciens de toutes les branches d'activités a lieu chaque année avec le même succès depuis 1996 sous la direction d'un ingénieur de recherche qui en a été l'initiateur. On y développe, sur une semaine, une approche instrumentale des concepts de base nécessaires à la mise en œuvre des détecteurs en physique nucléaire et physique des particules. Un ingénieur de recherche et un enseignant-chercheur interviennent dans les cours de cette école.

L'école « De la Physique au Détecteur » se propose de donner les connaissances de base nécessaires à la compréhension des objectifs physiques des expériences, à la conception des détecteurs et leur exploitation. Deux enseignants chercheurs interviennent dans cette école.

O. Hamon

### Stages

Ces deux dernières années ont été marquées par la réforme du cursus universitaire. Le passage au LMD a fondamentalement bouleversé l'organisation des stages au laboratoire. Le remaniement des formations a pour conséquence de provoquer une redistribution des enseignements dispensés par les membres du laboratoire dans de nouvelles filières entraînant la perte de contact avec des sources importantes de candidats aux stages au LPNHE. Néanmoins la tendance affichée depuis quelques années, incitant les

jeunes étudiants à multiplier leurs expériences professionnelles dans les laboratoires, s'est confirmée. Avec trente deux stagiaires en 2003 et trente six en 2004 leur nombre a crû de près de 40% ces deux dernières années. Ces stages s'adressent pour une majorité aux étudiants de troisième cycle universitaire ou de dernière année d'écoles d'ingénieur et des grandes écoles. Pour ceux-ci, ils constituent un véritable commencement d'un travail de thèse. Nombre d'entre eux poursuivent en effet leurs études au sein des groupes qui les ont accueillis. Les sujets abordés par nos groupes de recherche, soit dans le domaine de la recherche fondamentale (physique des particules et des astroparticules), soit celui des aspects expérimentaux à travers leur participation à de grandes expériences internationales, suscitent l'intérêt d'étudiants de formations diverses. D'autres étudiants séjournent dans notre laboratoire pour des durées plus courtes. Il s'agit d'étudiants de premier et second cycles universitaires prenant un premier contact avec le monde de la recherche dans le cadre de leur formation ou par une initiative personnelle. Les équipes techniques d'électronique, informatique et mécanique jouent également un rôle formateur en recevant des étudiants d'IUT, de BTS ou d'écoles d'ingénieurs.

Ainsi, nous essayons de préserver ce qui constitue l'une des missions des laboratoires de recherche, la diffusion de nos connaissances théoriques et technologiques à travers la formation par la recherche.

P. Vincent

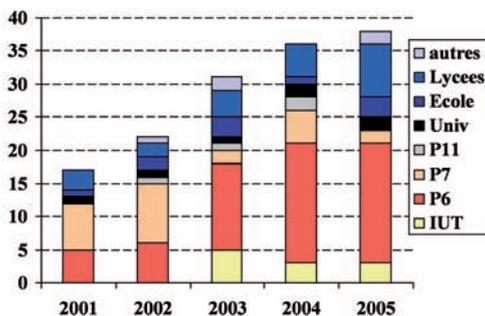


Figure 1 : nombre de stagiaires accueillis entre 2001 et 2004 au LPNHE.

## Thèses

- Stéphanie Beauceron : « Recherche du boson de Higgs dans le canal WH et étude de la production  $Wb\bar{b}$  dans les collisions  $p\bar{p}$  à 1.96 TeV dans l'expérience  $D\bar{0}$  auprès du Tévatron de Fermilab », 28 mai 2004.

- Grégory Sainton : « Spectroscopie des supernovae à grand décalage vers le Rouge », 21 septembre 2004.

- Arnaud Camard : « Caractérisation et exploitation des performances du calorimètre électromagnétique d'ATLAS : étude des muons et mise à profit de la résolution en temps », 20 octobre 2004.

- Pierre Da Silva : « A la recherche des énergies extrêmes : détection des rayons cosmiques avec l'observatoire Pierre Auger », 6 décembre 2004.

- Eli Ben- Haim : « La fonction de fragmentation du quark b, du LEP au Tevatron », 21 décembre 2004.

- Guillaume Thérin : « Etude de la violation de CP dans les désintégrations  $B^+ \rightarrow D^0 K^{*+}$  sur l'expérience *BaBar* à SLAC », 4 mai 2005.

- Loïc Rolland : « Étalonage des caméras de l'expérience d'astronomie HESS et Observations du Centre Galactique au-delà de 100 GeV », 2 mai 2005.

- Emmanuel Busato : « Recherche de la production électrofaible du quark top dans le canal électron+jets dans l'expérience  $D0$  auprès du Tevatron », 8 avril 2005.

- Marc Escalier : « Recherche expérimentale de la brisure spontanée de symétrie électrofaible dans le canal  $H \rightarrow \gamma\gamma$  et d'une solution au problème de hiérarchie dans ATLAS. Participation à la préparation de l'électronique du calorimètre électromagnétique », 5 avril 2005.

- Jean-Roch Vlimant : « Mesure de la section efficace de production des paires de quark top/antitop dans les collisions proton antiproton à  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV auprès de l'expérience  $D\bar{0}$  », 27 juin 2005.

- Delphine Guide : « Détermination des paramètres cosmologiques à l'aide des supernovae de type Ia à grands décalages vers le rouge », 28 septembre 2005.

## Habilitations à diriger des recherches (HDR)

- Pierre Antilogus : « Asymétries avant-arrière des saveurs lourdes au Z », 24 mars 2004.

- Bertrand Laforge : « Préparation de l'expérience ATLAS : le calorimètre électromagnétique et son électronique. Préparation des analyses de physique », 14 septembre 2004.

- Lydia Roos : « Aspects de la violation de la symétrie CP dans *BABAR*-contraintes sur la matrice CKM », 6 septembre 2004.

- Pascal Vincent : « L'expérience HESS », 12 décembre 2005.

# Activités internes

---

## Réunions du Vendredi

La réunion du vendredi est un cadre spécifique dont le laboratoire s'est doté depuis de nombreuses années pour compléter sa communication interne ainsi que sa vie scientifique. Il s'agit d'un forum auquel l'ensemble du personnel du laboratoire est convié. Cette réunion permet une communication directe entre les chercheurs des différentes équipes, les personnels ITA et la direction.

Le début de chaque réunion est l'occasion pour la direction de faire part au personnel des décisions prises au CNRS, à l'IN2P3 ou dans les Universités de tutelle. Ce début de réunion est l'occasion de brèves interventions pour présenter les nouveaux arrivants dans le laboratoire ou l'annonce de manifestations proches (thèses, séminaires ...). La réunion est un cadre privilégié pour exposer brièvement l'état d'avancement d'une expérience.

Cette première partie est suivie par un ou plusieurs exposés, sur un thème de physique ou sur une réalisation technique, un compte-rendu de conférence ou le bilan d'activité d'un service. Enfin, cette réunion constitue un terrain d'entraînement pour les plus jeunes, puisque les doctorants ont l'occasion d'y présenter leurs travaux devant un public extérieur à leur équipe. En outre, quelques séances sont consacrées peu avant les concours à des présen-

tations par les candidats à un poste de chercheur ou d'enseignant-chercheur. Elles constituent pour eux l'occasion d'un premier contact avec le laboratoire pour lequel ils postulent.

En deux ans, plus de soixante exposés ont ainsi été effectués. Pour l'essentiel il s'agit d'exposés de physique dont plus d'un tiers sont effectués par des intervenants extérieurs. Le reste se répartit entre des exposés techniques, effectués par des personnels ITA, et des exposés généraux concernant les liens entre le laboratoire et ses partenaires.

[F. Derue](#)

## Biennale 2005

La biennale 2005 du LPNHE s'est tenue au VVF de la Grande Motte près de Montpellier du 20 au 22 septembre. Le but de cette réunion périodique est de permettre à l'ensemble du personnel de se retrouver pour procéder à un bilan de l'activité passée du laboratoire, pour identifier d'éventuels problèmes et discuter des remèdes à y apporter, enfin pour parler d'avenir et débattre des orientations scientifiques et techniques à moyen et long terme. Sur le plan humain, c'est également l'occasion pour chacun de mieux connaître ses collègues et leurs activités; cet aspect est particulière-

ment important pour les plus jeunes et pour tous ceux qui ont rejoint le laboratoire récemment.

La session de cette année a revêtu une importance spéciale pour deux raisons au moins : d'une part, le LPNHE venait de changer de directeur puisque Pascal Debu a succédé à Jean-Eudes Augustin le 1er septembre; d'autre part elle se situait en pleine réforme du CNRS avec la mise en place de nouveaux départements et d'une nouvelle organisation. Elle devait donc permettre une prise de contact approfondie du nouveau directeur et du laboratoire et offrir, en particulier, une revue aussi exhaustive que le permettait le temps limité. Elle devait, d'autre part, être l'occasion d'essayer de répondre aux nombreuses questions que tous se posent quant à l'avenir du CNRS et à la place de l'IN2P3 et de ses laboratoires dans les structures nouvelles.

Pour ces raisons sans doute, la participation (68 personnes) fut élevée malgré la date tardive qui a empêché la venue de plusieurs enseignants-chercheurs retenus à Paris par la reprise des cours.

En ce qui concerne l'avenir, les exposés spéculatifs ont essentiellement porté sur une participation éventuelle à l'expérience d'oscillations de neutrinos T2K au Japon, à la poursuite des activités dans le domaine des supernovae et à plus long terme, sur le collisionneur linéaire  $e^+e^-$  (ILC). Le futur proche est dominé par le démarrage du LHC (Atlas et LHCb) et la construction du télescope HESS2.

Un groupe de réflexion consacré à l'enseignement et plus particulièrement aux thèses préparées au laboratoire avait été constitué préalablement. Il avait produit un rapport suggérant divers aménagements dans la façon dont le laboratoire se fait connaître des futurs candidats



et des unités pédagogiques dont ils proviennent, ainsi que dans leur prise en charge et leur suivi au LPNHE. Les changements suggérés ont été largement adoptés et mis en application dès le mois d'octobre. Un autre groupe de travail constitué de membres de l'administration s'est aussi réuni au préalable afin de proposer divers aménagements destinés à faciliter l'accueil de visiteurs toujours plus nombreux.

Les questions relatives à la réforme du CNRS ont été débattues à l'occasion des visites que nous ont rendues deux des directeurs scientifiques adjoints de l'IN2P3, Stavros Katsanevas et François Le Diberder, ce dernier ayant fait un exposé très détaillé sur le fonctionnement du nouveau système. La discussion qui suivit porta également sur le nouveau paradigme de gestion par projets qui fit l'objet d'un exposé du directeur adjoint du laboratoire.

Parmi les sujets urgents ayant fait l'objet de discussions et d'exposés, il convient enfin de signaler la question des nouveaux locaux, puisque le laboratoire va être amené à déménager dans une autre aile du Campus Jussieu d'ici trois ans et que les plans d'aménagement définitifs doivent être fixés en 2006.

J.-M. Levy, I. Cossin

*Figure 1: la Biennale 2005 du LPNHE a eu lieu à la Grande Motte.*

## Séminaires au LPNHE

Les séminaires sont organisés toutes les deux semaines le jeudi à 16h30. Nous essayons de choisir les sujets de séminaires équitablement entre les trois activités principales du laboratoire : physique des particules, astrophysique et cosmologie.

### Année 2004

*Jeudi 15 janvier* - A. Variola (CERN):

- L'antimatière va-t-elle briller?

*Jeudi 29 janvier* - F. Zomer (LAL Orsay):

- Polarimètre de H1.

*Jeudi 12 février* - F. Bedeschi (INFN Pise):

- Latest results from the CDF experiment.

*Jeudi 26 février* - J.-P. Luminet (LUTH observatoire de Paris/Meudon):

- Black Holes At Future Colliders and Beyond.

*Jeudi 11 mars* - F. Piquemal (CEN Bordeaux-Gradignan):

- Résultats de l'expérience KamLAND et implications sur la physique des neutrinos solaires.

*Jeudi 25 mars* - J. Rico (IFAE Barcelone):

- First physics measurement with the ICARUS technology.

*Jeudi 8 avril* - O. Le Fèvre (LAM Marseille):

- VVDS: sonder l'Univers lointain avec le « VIRMOS VLT Deep Survey ».

*Jeudi 6 mai* - O. Drapier (LLR Palaiseau):

- Expérience PHENIX: quelques résultats récents des collisions d'ions lourds à RHIC.

*Jeudi 19 mai* - M. Lemoine (IAP Paris):

- Le mystère du rayonnement cosmique d'ultra haute énergie.

*Jeudi 3 juin* - D. Quéré (Collège de France, Paris):

- L'eau non mouillante.

*Jeudi 17 juin* - C. Spiering (DESY Zeuthen):

- AMANDA: Neutrino astrophysics at the South Pole.

*Jeudi 24 juin* - L. McLerran (BNL Brookhaven):

- New forms of matter at RHIC.

*Jeudi 13 octobre* - M. Davier (LAL Orsay):

- La polarisation hadronique du vide et le moment magnétique du muon.

*Jeudi 28 octobre* - C. Rosset (PCC Paris):

- La polarisation du CMB.

*Jeudi 18 novembre* - A. Smirnov (ICRP Trieste):

- Neutrino masses and mixing: towards the underlying physics.

*Jeudi 25 novembre* - R. Kass (Ohio State University):

- Tau physics with *BaBar*.

*Jeudi 2 décembre* - J.:E. Augustin (LPNHE Paris):

- Technologie du Collisionneur Linéaire: rapport sur le choix Super-Conducteur par l'ITRP (International Technology Recommendation Panel).

*Jeudi 16 décembre* - A. Benoît (CRTBT Grenoble):

- Utilisation des très basses températures pour l'astrophysique.

### Année 2005

*Jeudi 13 janvier* - F. Haddad (Subatech Nantes):

- Radiodétection des rayons cosmiques: l'expérience CODALEMA.

*Jeudi 20 janvier* - J. Chyla (INP Prague):

- From Hermann Weyl to Yang and Mills to Quantum Chromodynamics.

*Jeudi 27 janvier* - V. Malka (LOA Palaiseau):

- L'accélération laser plasma: vers de nouvelles sources compactes de particules.

*Jeudi 3 février* - E. Ben Haïm (LPNHE Paris):

- Studies of b fragmentation and b production mechanisms for SSKT at CDF.

*Jeudi 10 février* - L. Hinz (LPHE Lausanne):

- Violation de CP dans l'expérience Belle: quelques résultats récents.

*Jeudi 24 février* - J.-F. Aubry (ESPCI Paris):

- Miroirs à retournement temporel: application à l'imagerie et la thérapie du cerveau.

*Jeudi 10 mars* - J.-P. Mbelek (CEA/SAP Saclay):

- Décalage spectral anormal des signaux des sondes Pioneer 10/11.

*Jeudi 17 mars* - E. Paganis (University of Wisconsin):

- The first Year of LHC Physics.

*Jeudi 24 mars* - I. Grenier (CEA/SAP Saclay):

- Du gaz sombre au voisinage du soleil.

*Jeudi 31 mars* - E. Pointecouteau (Oxford):

- Distribution de matière et propriétés d'échelle des amas de galaxies.

*Jeudi 7 avril* - J. Womersley (DOE Washington):

- What next for High Energy Physics in the United States?

*Jeudi 14 avril* - A. Tonazzo (Università Roma Tre):

- Neutrino Factories: physics and ongoing R&D.

*Jeudi avril* - L. Villain (LUTH Observatoire de Paris/Meudon):

- Ondes gravitationnelles, objets astro-

physiques compacts et tests de la physique fondamentale.

*Jeudi 26 mai* - T. Lasserre (CEA/SPP Saclay)

- Double Chooz: chasing  $\theta_{13}$  with a new reactor neutrino experiment.

*Jeudi 31 mai* - T. Prokopec (Utrecht University):

- Electroweak scale baryogenesis: the quest for the origin of matter.

*Jeudi 9 juin* - L. Rolland (LPNHE Paris):

- Derniers résultats de HESS.

*Jeudi 27 septembre* - P. Rapidis (Fermilab Batavia):

- A large Liquid Argon TPC: a dream neutrino detector come true.

*Jeudi 18 octobre* - O. Leitner (ECT\* Trento):

- QCD factorization in B decays, branching ratios and CP violation.

*Jeudi 20 octobre* - K. Gilmore (SLAC/KIPAC Stanford):

- The Large Synoptic Survey Telescope.

*Jeudi 27 octobre* - K. Ellis (Fermilab & CERN):

- Marching orders for the Tevatron and LHC.

*Jeudi 3 novembre* - B. Hartfiel (LPNHE Paris):

- C quark Fragmentation and Search for Popcorn Mesons at BaBar.

*Jeudi 17 novembre* - B. Popov (CERN Genève):

- Initial results from the HARP experiment.

[B. Andrieu, M. De Naurois, J.-C. Hamilton](#)

## Colloque de Cosmologie

Le Colloque de Cosmologie se tient une fois par mois sur le campus de Jussieu, le mercredi à 14 h. Son objectif est de présenter des *séminaires pédagogiques d'intérêt général sur des thèmes d'actualité en cosmologie* et domaines connexes, aussi bien théoriques qu'observationnels. Ils s'adressent à tous les chercheurs du campus ainsi qu'à ceux des campus voisins: CdF, ENS, IAP-Observatoire de Paris.

### Année 2004

*Mecredi 14 janvier* - Y. Mellier (IAP):

- Distorsion gravitationnelle et cosmologie.

*Mecredi 25 février* - A. Lazarian (Wisconsin-Madison and Cologne):

- Turbulence and Scaling in Astrophysics.

*Mecredi 17 mars* - J. Silk (Oxford University):

- À la recherche de la matière sombre.

*Mecredi 24 mars* - R. Brandenberger (Brown University):

- Challenges for String Cosmology.

*Mecredi 28 avril* - M. Shaposhnikov (EPFL Lausanne):

- Baryon asymmetry of the universe: a window to physics beyond the standard model.

*Mecredi 26 mai* - P. Petitjean (IAP):

- Structures du milieu intergalactique à grand décalage spectral, formation des galaxies et variation des constantes fondamentales.

*Mecredi 9 juin* - N. Turok (University of Cambridge):

- A Cyclic Universe Scenario.

*Mecredi 29 septembre* - M. Giovannini (CERN-TH):

- Magnetic fields in the early and in the present Universe.

*Mecredi 20 octobre* - E. Linder (LBL, Berkeley):

- Dark Energy and the Dynamics of the Universe.

*Mecredi 24 novembre* - F. Sylos Labini (LPT, Orsay):

- Non linear structures in gravitation and cosmology.

*Mecredi 15 décembre* - H. de Vega (LPTHE, Jussieu):

- Inflation, cosmic microwave background anisotropies and quantum field theory effects.

### Année 2005

*Mecredi 26 janvier* - E.ourgoulhon (LUTH, Meudon):

- Relativité numérique et sources d'ondes gravitationnelles.

*Mecredi 16 février* - J. Guy (LPNHE, Jussieu):

- SuperNova Legacy Survey: Résultats de la première année et implications cosmologiques.

*Mecredi 16 mars* - F. Mirabel (European Space Observatory & CEA-Saclay-SAp):

- Black holes in the Universe.

*Mecredi 13 avril* - R. Barbieri (Scuola Normale Superiore, Pisa):

- Particle Physics and 'fundamental' physics.

*Mecredi 11 mai* - G. Veneziano (Collège de France et CERN):

- Conventional vs. Unconventional Cosmic Accelerators.

*Mecredi 8 juin* - S. Dolgov (INFN-Ferrara, ITEP-Moscow et LERMA-Observatoire de Paris):

- Cosmological Magnetic Fields and CMB Polarization.

*Mecredi 14 septembre* - B. Moore (University of Zurich):

- Dark matter and structure formation in the Universe.

*Mercredi 12 octobre* - K. Ganga (APC, Tolbiac):

- « Polarization of the Cosmic Microwave Background and the QUaD experiment ».

*Mercredi 16 novembre* - J. Valle (IFC, Valencia):

- « Neutrinos yesterday, today and tomorrow ».

*Mercredi 6 décembre* - D. Eisenstein (University of Arizona):

- « Dark Energy and Cosmic Sound ».

[M. Joyce](#)

## Forum

### Expérimentateurs/Théoriciens en physique des particules

Outre le LPNHE, qui s'occupe essentiellement de physique expérimentale, le campus de Jussieu comporte un laboratoire de physique théorique (LPTHE) avec une forte composante en phénoménologie de physique des particules. Bien que chacun reconnaisse que les échanges expérimentateurs/théoriciens sont profitables à tous, les contacts entre physiciens du LPNHE et LPTHE avaient été, jusqu'en 2005, limités à des initiatives ponctuelles. Afin de mettre en place un dialogue plus suivi pour essayer, peut-être à terme, de dégager des thématiques communes et de favoriser ainsi des collaborations actives entre expérimentateurs et théoriciens, des réunions informelles sont maintenant organisées au LPNHE, tous les 2-3 mois environ, depuis juin 2005. Y sont conviés tous les théoriciens et expérimentateurs intéressés par ces échanges, dont le thème principal, quoique non exclusif, est la physique au Tevatron/LHC. Pour orienter un peu les débats,

chaque réunion débute par un exposé plus ou moins bref d'une activité de recherche en cours ou en prévision, susceptible de poser des questions intéressantes aux deux publics. Trois réunions ont ainsi eu lieu en 2005, qui ont démarré par les présentations suivantes :

- B. Andrieu (LPNHE): « Single Top Analysis Overview in  $D\bar{0}$  ».
  - G. Salam (LPTHE): « Event shapes for hadron colliders »
  - E. Ben Haïm (LPNHE): « b-quark fragmentation in *BABAR* »
- et se sont poursuivies par des discussions fort enrichissantes.

[B. Andrieu](#)

## Journées

### et manifestations diverses

Le LPNHE, situé sur le campus des universités Pierre et Marie Curie (Paris 6) et Denis Diderot (Paris 7), a organisé de nombreuses manifestations dans l'Amphithéâtre Bernard Grossetête, toujours très apprécié par les utilisateurs nationaux et internationaux.

Parmi ces manifestations, nous pouvons signaler l'organisation de plusieurs.

## Réunions de travail

- Assemblée Générale annuelle de la Conférence des Doyens et Directeurs d'UFR Scientifiques (CDUS) ;
- Réunion du Comité de Pilotage du Réseau des Mécaniciens du CNRS de l'Ile de France ouverte aux personnels mécaniciens ;
- Réunion de synthèse sur les réflexions concernant les thèmes proposés par le Comité National d'Initiative et de Proposition pour la recherche scientifique (CIP) et l'UFR de Physique de

Paris VII dans le cadre de la Préparation des Etats généraux de la Recherche.

- Présentation de EDMS (système de gestion de documents électroniques) destinée aux personnels travaillant sur le projet IPHI.

Recherches (HDR) ont été soutenues dans l'Amphithéâtre Bernard Grossetête.

Enfin, les chercheurs du LPNHE ont organisé diverses réunions de collaboration nationales et internationales.

J. Jos

## Journées et Ateliers

- Atelier ATLAS-électron/photon organisé par le LPNHE.
- Journée annuelle de la Division Champs et Particules de la SFP sur le thème « Des particules pour la vie », 24 janvier 2004.
- Journée de la SFP sur « La situation actuelle de la recherche », 6 mars 2004.
- Journée de la SFP : « International Linear Collider : le collisionneur  $e^+e^-$  pour 2015 », 2 avril 2005.
- Journées de prospective IN2P3-Dapnia.
- Journée d'accueil des nouveaux entrants au LPNHE.
- Journées sur le « Midterm Review » du réseau européen : « The third generation as a probe for new Physics » organisée par le LPNHE, 27-29 septembre 2004.
- Journées EDEN (European Dark Energy Network), 7-9 décembre 2005.
- ATLAS overview week, octobre 2005.

## Conférences

- Conférences pour les étudiants des DEA de l'École Doctorale « Savoirs scientifiques » sur le thème « Introduction à l'Histoire et la Philosophie des Sciences ».
- Conférences et ateliers organisés par les Chercheurs du LPNHE dans le cadre de la fête annuelle de la science, destinés au grand public et aux lycées.

## Autres manifestations

Comme chaque année, de nombreuses Thèses et Habilitations à Diriger des

# Relations externes

## Communication

Les objectifs de communication du LPNHE sont décidés en relation avec le directeur du laboratoire et en harmonie avec la communication institutionnelle. Ils touchent à la fois la communication interne et externe en s'appuyant sur un réseau relationnel couvrant les personnels, les institutions (IN2P3, DIST-CNRS, Délégation Régionale et Universités Paris 6 et 7) et le tissu éducatif, culturel, social et associatif.

Parmi les nombreuses actions récurrentes de communication destinées au milieu de la recherche, on peut citer :

- la conception et la réalisation du rapport d'activité, document institutionnel destiné à l'évaluation du laboratoire par le Comité National et diffusé à l'ensemble de la communauté;
- l'organisation de journées de réflexion « bilan/prospective » réunissant l'ensemble du personnel du laboratoire en séminaire biennale;
- la contribution aux réunions hebdomadaires (dites du vendredi), ouvertes à l'ensemble du personnel et permettant d'aborder les questions de la vie du laboratoire et celles de l'actualité scientifique;
- l'organisation de manifestations scientifiques (réunions de collaboration, ateliers, colloques, conférences, en particulier les Rencontres de Moriond, de Blois et du Vietnam), qui assurent aux physiciens une « formation permanente » par la présentation et la discussion des résultats de leur recherche. Cela favorise éga-



lement la circulation de l'information entre chercheurs d'horizons différents.

*Figure 1 : conférence grand public dans la salle Bernard Grossetête.*

Pour la communication externe, partant du principe que le LPNHE est un laboratoire qui produit du « savoir » mais aussi qu'il doit mettre ce savoir au service de la société, c'est le rôle de médiation entre la recherche scientifique et le grand public qui est privilégié. Dans notre cas, il s'agit de faire percevoir au grand public l'état des connaissances sur la structure intime de la matière, l'évolution de l'univers et les rapports entre l'infiniment petit et l'infiniment grand.

Le plan de communication du LPNHE a été élaboré pour que ses actions ciblées sur le grand public et souvent menées avec des partenaires répondent à un ensemble cohérent d'objectifs :

- 1.** Tout d'abord, mettre en valeur le métier de chercheur en physique des hautes énergies, notamment dans les actions vers les jeunes, et contrer la désaffection des carrières scientifiques.

Pour atteindre cet objectif :

- le LPNHE organise chaque année des visites de classes de lycéens dans le cadre de ses portes ouvertes. Ainsi environ 550 élèves ont été accueillis en 2004 et 300 en 2005. Quelques groupes plus restreints sont également accueillis en cours d'année (association « Math en Jeans»);
- en complément à ces visites, des ateliers techniques et scientifiques assurés par des personnels du laboratoire permettent d'apporter une illustration pédagogique (mesure de la masse d'un électron, la relativité restreinte, vide et cryogénie, CAO, interface physique-biologie, ...);
- pour s'adapter au public des enfants de 9/11 ans, des ateliers didactiques ont été mis en place en partenariat avec P. Colinard (du laboratoire « Matière et Systèmes Complexes ») pour mener des expériences contre-intuitives et éveiller ainsi la curiosité scientifique chez les plus jeunes;
- le LPNHE participe au programme NEPAL (Noyaux Et PArticules au Lycée) de l'IN2P3. Plusieurs chercheurs sont ainsi régulièrement sollicités pour des exposés introductifs à certains aspects de la physique des particules ou des astroparticules dans les lycées de la région parisienne.
- un autre exemple d'intervention en milieu scolaire est la mise en place de « Passion-Recherche » : il s'agit d'un contrat entre une classe et un intervenant scientifique ou technique, permettant au CNRS de financer un projet pédagogique qui aborde les méthodes et les outils de la recherche. Un projet est actuellement en cours avec un lycée de Blois.

**2. Répondre à l'intérêt du grand public pour la science et ses retombées dans la vie quotidienne. Pour atteindre cet objectif :**

- le laboratoire participe au rendez-vous annuel de la « Fête de la science » : en 2004 sous le thème « Les particules élémentaires, des accélérateurs au



Figure 2 : expériences contre intuitives lors de la Science en Fête 2005.

Cosmos» le laboratoire a ouvert ses portes pendant 3 jours et en 2005 pendant 4 jours sous le thème «1905-2005: un siècle de Physique des Particules ». Plus d'un millier de visiteurs suivent ainsi chaque année une visite guidée par un membre du laboratoire, à travers une exposition mise en place à cette occasion et portant non seulement sur l'objet des recherches (particules élémentaires, forces, évolution de l'univers), mais aussi sur les outils et méthodes (éléments de détecteurs, techniques expérimentales);

- un cycle de conférences grand public, abordant les recherches menées au laboratoire permet chaque année d'approfondir certains sujets (supernovae, accélérateur, univers relativiste, antimatière, neutrinos, physique quantique ...);

• grâce à notre partenariat avec l'Institut des NanoSciences de Paris, la visite du petit accélérateur Van de Graaf de Jussieu permet d'aborder plus concrètement la technique expérimentale à la base de notre discipline ;

- pour sensibiliser un public plus littéraire, la pièce de théâtre « Einstein et Pécuchet au pays des neutrinos » écrite et jouée par François Vannucci, a été pré-

sentée plus de quinze fois grâce à un financement de la Région Île-de-France ; chaque fois, un débat animé a prolongé le spectacle.

3. Par delà la vulgarisation scientifique, participer au dialogue entre science et société. Le LPNHE a ainsi pris part à l'organisation :

- des rencontres « Physique et Interrogations Fondamentales » de la Société Française de Physique. En 2005, la neuvième rencontre avait pour thème « Einstein et les horizons de la Physique » et a rassemblé plus de 350 personnes au grand auditorium de la Bibliothèque Nationale François Mitterrand, partenaire de ces rencontres. L'actualité scientifique et culturelle des théories d'Einstein y a été largement débattue, permettant des échanges interdisciplinaires très fructueux.

- des rencontres du café des techniques, tous les troisièmes jeudis du mois au musée du Centre National des Arts et Métiers et du forum « Sciences et Citoyens », tous les ans à Poitiers ;

- de l'Année Mondiale de la Physique, à travers la mise en place et la coordination du comité pour la région Île-de-France. Ce comité a assuré tout au long de l'année 2005 l'attribution aux événements du label AMP05 et la gestion des subventions (région IDF & Ville de Paris) qui ont permis le financement de 55 actions de communication.

L'ensemble de ces actions de communication mobilise ainsi chaque année plus de 35 personnes du LPNHE, physiciens et ITA.

I. Cossin, J. Dumarchez



Figure 3 : visite guidée lors de la Fête de la Science.

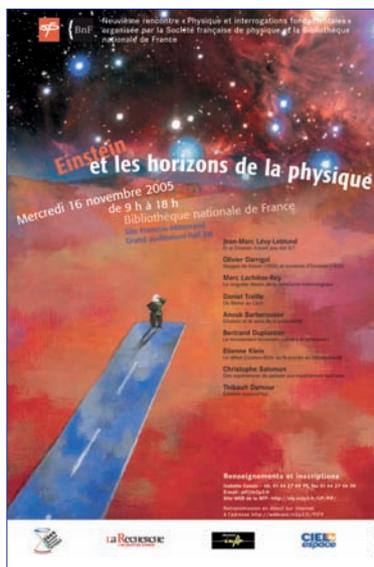


Figure 4 : affiche de PIF 9.





Marie Curie. © Leden et fond A.C.J.C Joliot Curie.

## Vulgarisation : « Monsieur Tout-le-Monde rencontre la radioactivité »

Le laboratoire est à l'origine d'un site web grand public sur la radioactivité et l'énergie nucléaire (<http://www.laradioactivite.com>) dont l'objet est de répondre aux interrogations de la société sur ces sujets sensibles en offrant une information aussi objective et accessible que possible.

Un soutien de l'IN2P3 et du CNRS a permis la mise en ligne en octobre 2001. Le site est hébergé et pris en charge par les « Éditions de Physique ». Plusieurs mises à jour ont enrichi son contenu et amélioré la navigation. En mai 2005, le site comprenait 370 pages, un glossaire, des notes et près de 700 illustrations.

Le thème du site est « Monsieur Tout-le-Monde découvre la radioactivité ». Il comprend une description du phénomène, des chapitres sur la radioactivité dans l'environnement, les doses, la radioprotection, les applications dont la médecine et l'énergie nucléaire, ce dernier chapitre constituant à lui seul environ 40 % de l'ensemble. Quatre niveaux de lecture permettent une accessibilité aux moins avertis tout en offrant des informations approfondies à ceux qui désirent aller plus loin.

La fréquentation du site augmente régulièrement depuis 4 ans et dépassait en 2004 dix mille visiteurs par mois en moyenne sur l'année, une majorité des consultations venant de lycéens de classes de première et de terminale.

Au cours de l'année 2004, le site a obtenu le prix de communication du forum atomique.

Par ailleurs, un de ses auteurs a contribué comme conseiller scientifique à un site dédié à Marie Curie (fig. 1) et

auquel participait sa petite fille Hélène Langevin. Le site, <http://mariecurie.science.gouv.fr> commandité par le Ministère de la Recherche a été réalisé par le Laboratoire d'Évaluation et de Développement pour l'Édition Numérique (LEDEN) de l'université Paris 8. A la suite de cette action et en réponse à un appel d'offre du Ministère pour la « Création de produits de médiation scientifique sur l'internet », un dossier commun d'améliorations du site [www.laradioactivite.com](http://www.laradioactivite.com) a été soumis. Le projet a obtenu un financement de la part du ministère en 2004.

Les améliorations techniques portent sur le graphisme et un système innovant de mise à jour en continu. Pour le contenu, il est prévu de traiter l'importante question des déchets radioactifs qui doit faire l'objet d'un vote au parlement en 2006. Le nouveau site devrait être mis en ligne au printemps 2006. Il bénéficiera d'une riche documentation fournie par le CEA et l'ANDRA, les deux organismes responsables des axes de recherches sur les déchets définis par la loi Bataille de 1991.

Ch. de la Vaissière  
J. Laberrigie-Frolow

## Conférences grand public, émissions scientifiques

- J.-E. Augustin: « Physique des particules : des accélérateurs à l'Univers » Reims, mai 2005.
- P. Antilogus: interview « Einstein et la lumière », juin 2005.
- M. Boratav: « Les rayons cosmiques », Club d'Astronomie, Antony, octobre 2005.
- M. Crozon: « A quoi ça sert le CERN ? », Gex, Carré des arts, octobre 2004.
- M. Crozon: « Jules Verne, de la science à l'imaginaire »: Salon du livre de Mortagne (61), mars 2005; Salon du Livre, Paris Mars.2005; Mairie de Paris 2005; Bibliothèque Mouffetard Paris, octobre 2005; Salon du livre d'histoire des sciences Ivry sur Seine; novembre 2005; Mundanéum de Mons (Belgique) décembre 2005.
- M. Crozon: « Physique et philosophie », intervention au lycée Albert Camus, Les Vallées, avril 2005.
- M. Crozon: « Le bal des particules », Bibliothèque Vaugirard, juin 2005.
- M. Crozon: « La Recherche Fondamentale, quelle place et quelle utilité ? » Fontenay sous Bois 94, octobre 2005.
- F. Derue: « La masse des particules élémentaires », Conférence NEPAL, Lycée Racine, Paris, mars 2004.
- M. Escalier: « Peut on remonter le temps jusqu'au Big Bang », Conférence NEPAL, Lycée Molière, Paris, mai 2005.
- M. Escalier: « D'Aristote au boson de Higgs », Fête de la Science, octobre 2005.
- M.-W. Krasny: « In Search of Lost Symmetry », International Doctoral Physics Studies, Krakow, October 2005.
- D. Lacour: « Des machines géantes pour explorer l'infiniment petit », Fête de la Science, octobre 2005.
- B. Laforge: « Qu'est-ce que l'antimatière », Conférence NEPAL, Lycée Saint-Laurent, Lagny sur Marne, France, avril 2004.
- B. Laforge: « Histoire et construction du Modèle Standard de la matière et de ses interactions », Conférence NEPAL, Lycée Saint-Laurent, Lagny sur Marne, France, avril 2004.
- J.-M. Lévy: « Qu'est-ce-que ça change d'être quantique ? », Fête de la Science, octobre 2004.
- R. Pain: « Les grandes énigmes de la science », France 2, avril 2005.
- R. Pain: « Bouge la France », Emission TV, janvier 2005.
- C. Roucelle: Atelier « La masse de l'électron », Fête de la Science, octobre 2004.
- C. Roucelle: « Quand les particules tombent du ciel » Fête de la Science, octobre 2005.
- A. Savoy-Navarro: « L'ultime particule » Film Documentaire, ARTE, février 2004.
- R. Taillet: « L'antimatière dans l'univers », Fête de la Science, octobre 2004.
- F. Vannucci: « L'astrophysique de THE », Université de Reims, mars 2004.

- F. Vannucci : « Neutrinos », Interview France Info, France Inter, juin 2004.
- F. Vannucci : « Les neutrinos ? Elémentaires ! », BNF, juin 2004 ; Montpellier, décembre 2005.
- F. Vannucci : « Les particules », Lycée Fénelon, Paris, décembre 2004.
- F. Vannucci : « Les neutrinos », Bayonne, Pau, mai 2005 ; AMP, mai 2005.
- F. Vannucci : « 100 ans de particules élémentaires », Dunkerque, juin 2005.
- F. Vannucci : « La radioactivité », Blois, janvier 2005.
- F. Vannucci : « Du Big Bang aux particules », Monistrol, Loire, mai 2005.
- F. Vannucci : « Éléments de cosmologie », Lycée Jean Bart, Dunkerque, juin 2005.
- F. Vannucci : « L'homme est-il au centre de l'Univers ? », Biarritz, octobre 2005.
- F. Vannucci : « L'homme au centre de l'Univers », Interview RFI, juin 2005.
- Michel Crozon : « Histoire de la Physique » dans « Histoire des Sciences », éditions Tallandier, mai 2004.
- Michel Crozon : « Un siècle de progrès », dans « Jules Verne, de la science à l'imaginaire », éditions Larousse, novembre 2004.
- Michel Crozon : « Quand le ciel nous bombarde - Qu'est-ce que les rayons cosmiques », éditions Vuibert, septembre 2005.
- Bertrand Laforge : « Prolégomènes à une nouvelle théorie du vivant, Le point de vue d'un physicien. », dans « Les matérialismes et leurs détracteurs » sous la direction de Jean Dubessy, Guillaume Lecointre et Marc Silberstein, Syllepse, collection « Matériologiques », Paris, 2004.
- François Vannucci : « L'homme est-il au centre de l'Univers ? » Edition Le Pommier, mars 2004.
- François Vannucci : « Qu'est-ce que la relativité ? », éditions Le Pommier, février 2005.
- François Vannucci : « Marcel Proust à la recherche des sciences », éditions du Rocher, octobre 2005.

## Articles, livres, audiovisuel et multimédia

- Pierre Antilogus : « La cosmologie », L'Express, septembre 2004.
- Ursula Bassler : « Quantum Diaries », blog pour l'année mondiale de la Physique, 2005.
- Murat Boratav : « Des rayons cosmiques trop énergétiques », La Recherche, octobre 2005.
- Sophie Trincaz-Duvoid : « Quantum Diaries », blog pour l'année mondiale de la Physique, 2005.
- José Ocariz : « Quantum Diaries », blog pour l'année mondiale de la Physique, 2005.
- Reynald Pain : « Découvrir la nature de l'énergie sombre », Science et Vie, janvier 2005.

## Relations avec l'industrie, valorisation

Le LPNHE a poursuivi en 2004 et 2005 son implication dans le projet de valorisation mis en place en 2002 à l'IN2P3 sous l'égide de J. Doremus. Cela se traduit par la participation à toutes les réunions de Valorisation IN2P3, par un séminaire sur la Valorisation donné par J. Doremus au LPNHE en 2004 et par un certain nombre de réunions de travail et de contacts entre le correspondant de valorisation au LPNHE et le responsable valorisation IN2P3. Un accès au site « Valorisation de l'IN2P3 » est donné sur le site internet du laboratoire et la plaquette « Valorisation » du Laboratoire y est accessible.

C'est à travers sa participation à la construction des détecteurs pour les expériences sur accélérateurs ou hors accélérateur que le laboratoire acquiert des compétences en électronique et en mécanique, en collaboration avec les physiciens qui s'impliquent pleinement dans ces développements.

### Compétences en Mécanique

- Études à l'aide de logiciels CAO et de calculs aux éléments finis de grands ensembles mécaniques allant jusqu'à 1600 tonnes avec une précision de positionnement de 1 mm (comme cela a été le cas pour la Mécanique sur ATLAS) ou au contraire de petits instruments de grande précision (déplacements au micron pour télescope de SNIFS dans les expériences Supernovae) ou pour les bancs de tests (pour équipement d'une Table 3D motorisée pour caractériser les détecteurs au Silicium pour ILC).
- Études thermo mécaniques pour des systèmes de refroidissement de l'électronique (ATLAS, ILC ou SNAP). Réalisations de prototypes

pour valider les modélisations thermiques par exemple dans des contraintes expérimentales sévères (vide, température allant de 4K à 250K pour SNAP) ou nécessitant une minimisation extrême de la quantité de matière (Trajectographes au Silicium).

- Études d'intégration de grands ensembles complexes (Expérience ATLAS). Réalisations souvent effectuées en interne sur commande numérique (course maximale 750mm), à l'aide d'un logiciel FAO, ou sur machines classiques.

- Études mécaniques et thermiques avec programme de calcul aux éléments finis (SAMCEF), construction de prototype réaliste, banc de mesures associé et comparaison avec les calculs.

- Métrologie réalisée sur une machine tridimensionnelle (capacité 1000x1000x800). Les sous ensembles sont généralement montés et testés dans des salles à contamination contrôlée ISO8.

Tous les travaux sont réalisés en s'appuyant sur un référentiel de gestion de projet et en conformité avec le manuel qualité du service.

Le service de mécanique est en train de développer de nouvelles compétences liées à la R&D sur les trajectographes au Silicium (SiLC). Elle implique notamment la mécanique sur les matériaux composites ou nouveaux matériaux pour la structure de grande surface porteuse et les contraintes sur les alignements de ces détecteurs.

### Compétences en électronique

- Études et développements de circuits pour le traitement analogique du signal, avec une attention particulière aux performances en bas bruit, large bande passante et faible dissipation (HESS, ILC et SNAP)
- Expertise en développement sur les technologies en profondément sous le micron en analogique et en

numérique pour la R&D SiLC, technologies où le laboratoire est pionnier à l'IN2P3. Elle s'accompagne d'expertise sur les technologies tolérantes aux radiations (spatial).

- Gestion de la puissance dissipée avec mise en veille du circuit (SiLC Supernovae).

- Design et réalisation des bancs de tests avec pilotage automatique et traitement en temps réel de l'information.

- Compétences en utilisation d'outils de simulations pour étude des caractéristiques électriques et des charges sur des technologies à semi conducteur.

### Compétences en Informatique

- Développement de système GRID pour calcul à grande échelle et multi utilisateurs, mis en œuvre sur le CC-IN2P3 à Lyon pour l'expérience CDF (Tier1) et actuellement en développement sur Tier2 au LPNHE pour ATLAS.

### Accord avec l'Industrie et autres

- Un accord a été signé par l'IN2P3 avec Hamamatsu-Photonics, pour le LPNHE (SiLC) en 2004. Le Laboratoire fait partie d'un GIS IN2P3 et Photonis (HESS) avec financement d'une bourse BDI. Une autre bourse BDI est financée par le MRT pour l'électronique SiLC. En 2004, un BQR de l'UFR de Physique de l'UPMC a financé la fonderie du premier prototype en technologie sous le micron.

A. Savoy-Navarro

## Séminaires donnés à l'extérieur

- P. Astier: « Supernovae et cosmologie », LPC Clermont-Ferrand, janvier 2004.
- P. Astier: « Paramètres cosmologiques », Journées Prospectives IN2P3/DAPNIA, septembre 2004.
- P. Astier: « Supernovae de Type Ia », Narbonne, décembre 2005.
- U. Bassler: « Nouveaux Résultats de  $D\bar{O}$  », LLR, Palaiseau, avril 2004.
- S. Beauceron: « Recherche du boson de Higgs dans le canal  $p\bar{p} \rightarrow WH$  et étude de la production  $p\bar{p} \rightarrow Wb\bar{b}$  dans l'expérience  $D\bar{O}$  du Tevatron », LLR, Palaiseau, juin 2004.
- S. Beauceron: « Recherche du boson de Higgs dans le canal  $p\bar{p} \rightarrow WH$  et étude de la production  $pp \rightarrow Wb\bar{b}$  dans l'expérience  $D\bar{O}$  du Tevatron », LPSC, Grenoble, janvier 2005.
- S. Beauceron: « Search of the Standard Model Higgs boson in the channel  $p\bar{p} \rightarrow WH$  in the  $D\bar{O}$  experiment at the Tevatron », Université de Louvain, Belgique, janvier 2005.
- G. Bernardi: « New  $D\bar{O}$  Results », SLAC, États-Unis, juin 2004.
- Michel Crozon: « Le Groupe de Liaison pour l'Action Culturelle Scientifique » Université Paris VI, janvier 2005.
- J.-F. Genat: « Futurs détecteurs Silicium », IRES, Strasbourg, avril 2005.
- J. Guy: « SNLS: resultants de la 1<sup>re</sup> année », Colloquium de cosmologie de Paris, Paris, février 2005.
- J. Guy: « The SuperNova Legacy Survey: Measurement of  $\Omega_M$ ,  $\Omega_L$  and  $w$  from the First Year Data Set », Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay, novembre 2005.
- J.-C. Hamilton: « Premiers résultats de l'observatoire Pierre Auger », Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay, décembre 2005.
- C. Juramy: « Projets spatiaux pour l'énergie noire », LLR, Palaiseau, novembre 2004.
- M.-W. Krasny: « PIE - Parasitic Ion-Electron Collider at CERN », CERN Heavy-Ion Forum, Genève, mai 2004.
- M.-W. Krasny: « Partially Stripped Ions and Beam Cooling », Brookhaven National Laboratory, Upton (NY), mai 2004.
- M.-W. Krasny: « High Precision Measurement of Luminosity and Partonic Fluxes at the LHC », Institute of Nuclear Physics, Cracovie, mai 2004.
- M.-W. Krasny: « Electron Beam for LHC », LAL, Orsay, juin 2004.
- M.-W. Krasny: « Acceleration, Storage and Collisions of Partially Stripped Ion beams », CERN Accelerator Seminar, Genève, juin 2004.
- M.-W. Krasny: « Partonic beam diagnostic with electron beam at the LHC », LPC, Clermont-Ferrand, novembre 2004.
- M.-W. Krasny: « The PIE collider at the LHC », LAPP, Annecy, novembre 2004.
- M.-W. Krasny: « Standard and exotic beams at the LHC », CEA, Saclay, mai 2005.
- M.-W. Krasny: « Experimental tools for generic searches at the LHC - exotic beams », LLR, Palaiseau, juin 2005.
- M.-W. Krasny: « The femto-experiment at the LHC with polarized W-boson beams », Centre of Particle Physics Phenomenology, Durham, juin 2005.
- M.-W. Krasny: « The W-boson beams and their targets », LAL, Orsay, septembre 2004.
- M.-W. Krasny: « The femto-experiment for the LHC », LPC, Clermont-Ferrand, octobre 2004.
- M.-W. Krasny: « Generic and Dedicated Searches at the LHC - Research Tools », CPPM, Marseille, décembre 2004.
- B. Laforge: « Recherche de Dimensions Supplémentaires d'Espace dans l'Expérience ATLAS », LLR, mai 2005.
- B. Laforge: « Simulation Numérique d'un modèle darwinien de différenciation cellulaire », Centre Cavailles, École Normale Supérieure, février 2004.
- B. Laforge: « Simulation numérique d'un modèle darwinien de différenciation cellulaire », SPP, CEA Saclay, septembre 2005.
- B. Laforge: « Simulation numérique d'un modèle darwinien de différenciation cellulaire », LAL, Orsay, décembre 2005.
- I. Nikolic-Audit: « L'expérience ATLAS », Master M2 CMI, Paris, novembre 2004.
- R. Pain: « Status report of SNLS », ESO, Santiago, Chile, novembre 2004.
- R. Pain: « Cosmology with Supernovae », Univ. Tsinghua, Beijing, avril 2005.
- R. Pain: « Cosmology with Supernovae », Univ. Beijing Normale, Beijing, avril 2005.
- N. Regnault: « SNLS: Preliminary results and Calibration », CFHT avril 2005.
- J.-R. Vlimant: « Top Physics at  $D\bar{O}$  », Penn State University, novembre 2005.
- J.-R. Vlimant: « Top Pair Production at  $D\bar{O}$  », University of Santa Barbara, décembre 2005.
- A. Zech: « The UHECR Spectrum Observed with HiRes in Monocular Mode. », University of New Mexico, Albuquerque, États-Unis, mars 2005.

## Communications à des conférences et interventions dans des écoles scientifiques

- B. Andrieu: « Jet finding algorithms at the Tevatron », XXXIV<sup>th</sup> International Symposium on Multiparticle Dynamics 2004, Sonoma County, États-Unis, 26 juillet 2004 au 1<sup>er</sup> août 2004, publié dans Acta Physica Polonica B.
- P. Antilogus: « The Supernova factory Project », New World in Astroparticle Physics, Faro, Portugal, janvier 2005.
- P. Antilogus: « Integral field spectroscopy », School of the European RTN on the Physics of SNIa, Asiago, Italie, 7 au 11 février 2005.
- P. Astier: « Supernovae in Space », ESLAB, Amsterdam, Pays-Bas, mai 2005.
- P. Astier: « Energie Noire », congrès de la SFP, Lille, 29 août au 2 septembre 2005.
- P. Astier: « SNLS: first year result », Einstein 2005, Paris, juillet 2005.
- U. Bassler: « Search for Single Top Production and Top Decay Properties », XXXIX<sup>th</sup> Rencontres de Moriond QCD et Interactions Hadroniques, La Thuile, Italie, 12 au 19 mars 2005.
- S. Baumont: « SNLS VLT status », ESO topical meeting on SN, mai 2004.
- S. Beauceron: « Higgs Searches at the Tevatron », XII<sup>th</sup> International Workshop on Deep Inelastic Scattering, Strbske Pleso, Slovakia, 14 au 18 avril 2004.
- G. Bernardi: « Results on Higgs Searches at the Tevatron », XL Rencontres de Moriond Interactions Electrofaibles et Théories Unifiées - La Thuile, Italie, 5 au 12 mars 2005.
- G. Bernardi: « Results on Higgs Searches @ Tevatron », TeV4LHC, Cern, Suisse, 28 au 30 avril 2005.
- P. Billoir: « The Auger Observatory and forward physics », Blois 2005, France, 16 au 20 mai 2005.
- P. Billoir: « The status of the Pierre Auger Observatory », ICHEP'04, Beijing, Chine, 16 au 22 août 2005.
- M. Boratav: « Auger experiment: status report », CHIPP-Workshop, Versoix, Suisse, 2 au 3 mai 2005.
- E. Busato: «  $t\bar{t}$  Cross-Section at the Tevatron », HCP 2005, Les Diablerets, Suisse, 4 au 9 juillet 2005, soumis à EPJC Proc. Suppl.
- J. Chauveau: « Probing beyond the Standard Model with B Decays », ICHEP 2004, Beijing, Chine, 16 au 22 août 2004.
- M. Crozon: « Accélérateurs, détecteurs, particules », Colloque CNAM, « La physique dans la société contemporaine », 25 au 25 mai 2005, actes en cours de publication.
- M. Crozon: « Culture scientifique en Île-de-France », colloque du Muséum d'Histoire Naturelle le 1<sup>er</sup> juillet 2005.
- F. Derue: « Electron/photon identification at ATLAS, and confrontation with Monte-Carlo and test beam data », HCP 2005, Les Diablerets, Suisse, 4 au 9 juillet 2005, soumis à EPJC Proc. Suppl.
- M. De Naurois: « Analysis methods for IACT's », Cherenkov 2005, Palaiseau, 27 au 29 avril 2005.
- M. De Naurois: « HESS Observations of the microquasar LS 5039 », International Cosmic Ray Conference 2005, Pune, Inde, 3 au 10 août 2005.
- M. De Naurois: « Astronomie de Haute Energie », congrès de la SFP, Lille, 29 août au 2 septembre 2005.
- M. De Naurois: « HESS results on the TeV source at the Galactic Center », 5<sup>th</sup> APC-Workshop, Paris, France, 15 au 17 mai 2005.
- M. De Naurois: « High energy  $\gamma$  rays », Physics In Collision 2004, Boston, États-Unis, 27 au 29 juin 2004, eConf C0406271.
- M. De Naurois: « Current Status and First Results of the High Energy Stereoscopic System (HESS) », SF2A 2004, Paris, 14 au 18 juin 2004, EDP Sciences, ISBN 2-86883-775-1.
- M. Escalier: « Higgs Searches at the LHC », DIS 2005, Madison, Wisconsin, États-Unis, 27 juillet au 1<sup>er</sup> août 2005, soumis à AIP.
- J.-F. Genat: « A 16 channel silicon strips readout chip in 180nm CMOS technology », LCWS, SLAC États-Unis, mars 2005.
- J.-F. Genat: « A 16 channel silicon strips readout chip in 180nm CMOS technology » - Snowmass, États Unis, août 2005.
- J.-F. Genat: « Détecteurs à semi conducteur », Journées de prospectives IN2P3-DAPNIA, La Colle sur Loup, octobre 2004.
- J.-F. Genat, Olivier Le Dortz, Hervé Lebbolo: « LLRF system for Spoke cavities », CERN, LLRF05, octobre 2005.
- S. Gilles: « Spectroscopy with SNIFS », Colloque PNC, Orsay, novembre 2005.
- J. Guy: « Status report from SNLS », Moriond, mars 2004.
- J. Guy: « SALT: A spectral Adaptive Lightcurve template for SNIa », TEXAS meeting, Stanford, décembre 2004.
- J. Guy: « Status report from SNLS: Cosmology », CFHTLS workshop IAP, Paris février 2005 et mai 2005.
- J. Guy: « The SuperNova Legacy Survey: Measurement of  $\Omega_M$ ,  $\Omega_L$  and  $w$  from the First Year Data Set » International Europhysics Conference on High Energy Physics 2005, Lisbonne, Portugal, 21 au 27 juillet 2005.
- J. Guy: « SNLS Measurement of  $\Omega_M$ ,  $\Omega_L$  and  $w$  from the First Year Data Set », EDEN, Paris 9 décembre 2005.
- J.-C. Hamilton: « Recherche d'anisotropies dans les directions d'arrivée des RCUHE avec l'observatoire Pierre Auger », Journées de la SF2A, Strasbourg, France, 20 juin 2005.
- J.-C. Hamilton: « Calculation of the sky coverage of the Pierre Auger Observatory », ICRC 2005, Pune, Inde, 3 au 10 août 2005.
- M. Joyce: « Quantifying Discreteness Effects in Cosmological N Body Simulations », Conference on Computational Cosmology, Trieste, Italie, 31 mai au 4 juin 2005.
- C. Juramy: « Tools for SNIa diversity », Colloque PNC, Orsay, novembre 2005.
- M.-W. Krasny: « Forward Physics with Electron Beam at the LHC », LHC workshop on forward physics. Rio de Janeiro, avril 2004.

- M.-W. Krasny: « Generic and Dedicated Searches at the LHC », Physics at the LHC Workshop, Les Houches, mai 2005.
- M.-W. Krasny: « The Femto-Experiment for the LHC: The W-Boson Beams and their Targets », CERN Workshop on pA collisions at the LHC, Geneva, mai, 2005.
- M.-W. Krasny: « The Contemporary Research Tools and Research Methods in High Energy Physics », International Doctoral Studies in Physics, Krakow, octobre-décembre 2005.
- B. Laforge, « Simulation numérique d'un modèle darwinien de différenciation cellulaire », IPG (Integrative Post-Genomics) Lyon's International Multidisciplinary Meeting on Post-Genomics, Lyon, France, décembre 2005.
- H. Lebbolo: « A 16 channel silicon strips readout chip in 180nm CMOS technology », NSS IEEE, Puerto Rico, 25 octobre 2005.
- A. Letessier-Selvon: « Ultra High Energy Cosmic Rays and the Auger Observatories », PIC 2005, Prague, Tchéquie, 6 au 9 juillet 2005.
- A. Letessier-Selvon: « Anisotropy Studies Around the Galactic Center at EeV Energies with Auger Data », International Cosmic Ray Conference 2005, Pune, Inde, du 3 au 10 août 2005.
- J. Maclès: « Study of  $B^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ ,  $K^+ \pi^0$  decays », APS 2005, Tampa, Florida, États-Unis, 16 au 19 avril 2005.
- J. Maclès: « Measurements of the angles  $\alpha$  and  $\gamma$  of the CKM unitarity triangle with the Babar experiment », PANIC 2005, Santa Fe, New-Mexico, États-Unis, 24 au 28 octobre 2005.
- P. Nayman: responsable de l'école « Techniques de base des détecteurs », 2004-2005.
- B. Nicolescu: « The Present Situation of the Odderon Intercept - Experiment, Theory and Phenomenology » in Proceedings of RIKEN BNL Research Center Workshop.
- B. Nicolescu: « Odderon Searches at RHIC » 27 au 29 septembre 2005, 2005, edited by Wlodek Guryn, Yuri Kovchegov, Werner Vogelsang and Larry Trueman, BNL-75092-2005 Report.
- J. Ocariz: « Violación de CP en el decaimiento de mesones pesados », École FAE2004, Caracas, Venezuela, 15 au 15 décembre 2004.
- R. Pain: « SNLS status report », AAS, San Diego, janvier 2004.
- R. Pain: « L'énergie noire par les SNIA », Colloque CNES, mars 2004.
- R. Pain: « Preliminary results from SNLS », TEXAS meeting, Stanford, décembre 2004.
- R. Pain: « Probing Dark Energy with Supernovae », Beijing, avril 2005.
- R. Pain: « SNLS: first year results », EPS13, Berne, juillet 2005.
- R. Pain: « Probing Dark Energy with supernovae », EDEN, Paris, décembre 2005.
- T.-H. Pham: « A 16 channel silicon strips readout chip in 180nm CMOS technology », LECC 2005, Heidelberg, Allemagne, septembre 2005.
- J. Raux: « First Results From the HESS Experiment with an Analysis Method Based on a Semi-analytical Shower Model » SF2A 2004, Paris, 14 au 18 juin 2004, EDP Sciences, ISBN 2-86883-775-1.
- N. Regnault: « Status report from SNLS: Calibration », CFHTLS workshop IAP, Paris février 2005 et mai 2005.
- N. Regnault: « SNLS first results », Lepton-Photon, Upsala, Suede, juin 2005.
- L. Rolland: « Review of the HESS results and constraints on dark matter at the Galactic Centre », ENTApP Visitor Programme and Workshop on Dark Matter, Trieste, Italie, 12 au 21 octobre 2005.
- L. Rolland: « VHE observations of the Galactic Centre with HESS » Moriond VHE 2005, La Thuile, Italie, 12 au 19 mars 2005.
- L. Rolland: « Spectrum and variability of the Galactic Centre source observed by HESS » International Cosmic Ray Conference 2005, Pune, Inde, 3 au 10 août 2005.
- L. Rolland: « Observations du Centre Galactique avec HESS », SF2A 2005, Strasbourg, 27 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2005.
- L. Rolland: « Search for Dark Matter in the Galactic Center with HESS » 5thAPC-Workshop, Paris, 15 au 17 mai 2005.
- L. Rolland: « Model-based analysis of the Galactic Centre with HESS during Summer 2003 », High Energy gamma-ray Astronomy 2004, Heidelberg, Allemagne, 26 au 30 juillet 2004, AIP Conf.Proc.745: 397-402-7, 2005.
- L. Rolland: « Off-axis performances of semi-analytical model analysis with the HESS experiment » High Energy gamma-ray Astronomy 2004, Heidelberg, Allemagne, 26 au 30 juillet 2004, AIP Conf.Proc.745: 715-720, 2005.
- L. Roos « Measurements related to CKM angle  $\alpha$  in *BaBar* », XXXIX<sup>th</sup> Rencontres de Moriond on Electroweak Interactions and Unified Theories, 21 au 28 mars 2004, La Thuile, Aosta Valley, Italy, publié World Scientific.
- C. Roucelle: « Observer les UHECR avec l'observatoire Pierre Auger », Journées Jeunes Chercheurs, décembre 2004.
- C. Roucelle: « Recherche de photons d'ultra-haute énergie avec l'expérience P. Auger », Journées SF2A, juin 2005.
- A. Sidoti: « Electroweak Measurements at CDF », XX<sup>th</sup> Lake Louise Winter Institut, Lake Louise, Alberta, Canada, 20 au 26 février 2004.
- P. Schwemling: Cours: « Détecteurs » à l'École IN2P3 « De la Physique au détecteur », Cargèse, novembre 2004.
- G. Thérin: «  $\sin(2\beta+\gamma)$  measurement », XL Rencontres de Moriond Interactions ElectroFaibles et Théories Unifiées, La Thuile, Italie, 5 au 12 mars 2005.
- G. Thérin: « Study of  $B^+ \alpha D^0 K^+$  decays », APS 2005, Tampa, Florida, États-Unis, 16 au 19 avril 2005.
- S. Trincaz-Duvoid: « Algorithms for the  $D\phi$  Calorimeter », XI International Conference on Calorimetry in Particle Physics, Perugia, Italie, 29 mars au 2 avril 2004.
- F. Vannucci: « L'astroparticule », École de Cargèse novembre 2004.
- P. Vincent: « HESS » 3<sup>rd</sup> Workshop on New Generation High Energy Gamma Ray Experiments 2005, Cividale, Italie, 30 mai 2005 au 1<sup>er</sup> juin 2005.

- P. Vincent: « The HESS phase II », International Cosmic Ray Conference 2005, Pune Inde, 3 au 10 août 2005.
- P. Vincent: « Review of ground based Gamma Ray observations », Rencontres de Vietnam 2004, Hanoi, Vietnam, 5 au 11 août 2004.
- P. Vincent: « A new camera for the HESS phase II experiment », International Symposium on High Energy gamma-ray Astronomy, Heidelberg, Allemagne 26 au 30 juillet 2004.
- P. Vincent: « HESS phase II experiment », SF2A/SFP 2004, Paris, France, 14 au 18 juin 2004, EDP Sciences, ISBN 2-86883-775-1.
- J.-R. Vlimant : « Top Production with  $D\bar{D}$  », HEP 2005 Europhysics Conference, Lisbonne, Portugal, 21 au 27 juillet 2005, soumis à Proc.Sci.HEP2005.
- J.-R. Vlimant: « Measurement of the Top Pair Production Cross Section in the Electron+Jets Channel at  $D\bar{D}$  Using Topological Information », APS 2005, Tampa, Florida, Etats-Unis, 16 au 19 avril 2005.
- A. Zech: « Studies of Systematic Uncertainties in the HiRes-2 Measurement of the UHECR Spectrum », International Cosmic Ray Conference (ICRC 05), août 2005, Pune, Inde,
- A. Zech: « Recent Results from the HiRes Experiment », International Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP 2005), Lisbonne, Portugal, juillet 2005.



# Liste des publications

---

ATLAS

AUGER

*B*ABAR

CDF

DØ

DELPHI

HARP

HESS

NOMADE

SUPERNOVAE

COSMOLOGIE THÉORIQUE

AUTRES PUBLICATIONS

## ATLAS

“*Development and construction of large size signal electrodes for the ATLAS electromagnetic calorimeter*”, Aubert B. et al, ATLAS Collaboration, (2005) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **539** 558-594.

“*Position resolution and particle identification with the ATLAS EM calorimeter*”, Colas J. et al, ATLAS Collaboration, (2005) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **550** 96-115.

## AUGER

”*Properties and Performance of the Prototype Instrument for the Pierre Auger Observatory*”, J. Abraham et al., Pierre Auger Collaboration (2005) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **523** 50-95.

## BABAR

“*Branching Fractions and CP Asymmetries in  $B^0 \rightarrow K^+K^-K_s^0$  and  $B^+ \rightarrow K^+K_s^0K_s^0$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 181805.

“*Measurement of Time-dependent CP-violating Asymmetries in  $B^0 \rightarrow K^{*0}\gamma(K^{*0} \rightarrow K_S^0\pi^0)$  Decays*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 201801

“*Search for B Meson Decays to Two-Body Final States with  $a_0(980)$  Mesons*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 111102.

“*Study of the decay  $B^0(\bar{B}^0) \rightarrow \rho^+\rho^-$  and constraints on the CKM angle  $\alpha$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 231801.

“*Determination of the Branching Fraction for  $B \rightarrow X_c\ell\nu$  Decays and of  $|V_{cb}|$  from Hadronic-Mass and Lepton-Energy Moments*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 011803.

“*Measurement of Branching Fractions, and CP and Isospin Asymmetries, for  $B \rightarrow K^*\gamma$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 112006.

“*Searches for  $B_0$  decays to combinations of charmless isoscalar mesons*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 181806.

“*Study of the  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  process using initial state radiation with BABAR*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 072004.

“*Measurement of Neutral B Decay Branching Fractions to  $K_s^0\pi^+\pi^-$  Final States*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 091103.

“*Measurements of the Branching Fractions of Charged B Decays to  $K^\pm\pi^\mp\pi^\pm$  Final States*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 092001.

“*Measurement of the Branching Fractions for Inclusive  $B^-$  and  $\bar{B}^0$  Decays to Flavor-tagged  $D$ ,  $D_s$  and  $\Lambda_c$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 091106.

“*Measurement of the  $B^0 \rightarrow K_2^{*0}(1430)\gamma$  and  $B^+ \rightarrow K_2^{*+}(1430)\gamma$  branching fractions*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 091105.

“*Search for the decay  $B^0 \rightarrow J/\psi\gamma$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 091104.

“*Search for flavor-changing neutral current and lepton-flavor violating decays of  $D^0 \rightarrow \ell^+\ell^-$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 191801.

“*Search for  $D^0 - \bar{D}^0$  mixing using semileptonic decay modes*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 091102.

“*Measurement of the  $B^0 \rightarrow \phi K^{*0}$  decay amplitudes*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 231804.

“*Measurement of the Branching Fraction for  $B^\pm \rightarrow \chi_c^0 K^\pm$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 071103.

“*Study of  $B \rightarrow D_s^{*+}\bar{D}^*$  Decays*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 181801.

“*Measurements of CP-violating Asymmetries in  $B^0 \rightarrow K_s^0\pi^0$  Decays*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 131805.

“*Search for  $B^\pm \rightarrow [K^\mp\pi^\pm]_D K^\pm$  and upper limit on the  $b \rightarrow u$  amplitude in  $B^\pm \rightarrow DK^\pm$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 131804.

“*Study of  $B^\pm \rightarrow J/\psi\pi^\pm$  and  $B^\pm \rightarrow J/\psi K^\pm$  Decays: Measurement of the Ratio of Branching Fractions and Search for Direct CP Violation*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 241802.

“*Direct CP Violation in  $B^0 \rightarrow K^+\pi^-$  Decays*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 131801.

“*Measurement of Branching Fractions and Charge Asymmetries in  $B^\pm \rightarrow \rho^\pm\pi^0$  and  $B^\pm \rightarrow \rho^0\pi^\pm$  Decays, and Search for  $B^0 \rightarrow \rho^0\pi^0$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 051802.

“*Measurement of the  $B \rightarrow X_s\ell^+\ell^-$  branching fraction with a sum over exclusive modes*”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 081802.

“*Measurement of the Ratio of Decay Amplitudes for  $\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$  and  $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$* ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 081801.

“*Measurement of the Time-Dependent CP Asymmetry in the  $B^0 \rightarrow \phi K^0$  Decay*”,

- Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 071801.
- “**Observation of the Decay  $B \rightarrow J/\psi\eta K$  and Search for  $X(3872) \rightarrow J/\psi\eta$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 041801.
- “**Measurement of the Direct CP Asymmetry in  $b \rightarrow s\gamma$  Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 021804.
- “**Limits on the Decay Rate Difference of Neutral B Mesons and on CP, T, and CPT Violation in  $B^0\bar{B}^0$  Oscillations**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 012007.
- “**Measurement of the  $B^+/B^0$  Production Ratio from the  $\Upsilon(4S)$  Meson using  $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$  and  $B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0$  Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 071101.
- “**Branching Fraction Measurements of  $B \rightarrow \eta_c K$  Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 011101.
- “**B Meson Decays to  $\eta'K^*$ ,  $\eta'\rho$ ,  $\eta'\pi^0$ ,  $\omega\pi^0$  and  $\phi\pi^0$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 032006.
- “**Measurement of the Electron Energy Spectrum and its Moments in Inclusive  $B \rightarrow X_{e\nu}$  Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 111104.
- “**Measurements of Moments of the Hadronic Mass Distribution in Semileptonic B Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 111103.
- “**Search for the Decay  $B^0 \rightarrow p\bar{p}$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 091503.
- “**Measurement of the Branching Fraction for  $B^- \rightarrow D^0 K^{*-}$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 051101.
- “**Observation of the Decay  $B^0 \rightarrow \rho^+\rho^-$  and Measurement of the Branching Fraction and Polarization**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 031102.
- “**Measurement of the Average  $\phi$  Multiplicity in B Meson Decay**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 052005.
- “**Observation of a Narrow Meson Decaying  $\rightarrow D_s\pi^0\gamma$  at a Mass of  $2.458\text{GeV}/c^2$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 031101.
- “**Measurement of Branching Fractions of Color-Suppressed Decays of the  $\bar{B}^0$  Meson to  $D^{(*)0}\pi^0$ ,  $D^{(*)0}\eta$ ,  $D^{(*)0}\omega$ , and  $D^0\eta'$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 032004.
- “ **$J/\psi$  production via initial state radiation in  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma$  at an  $e^+e^-$  center-of-mass energy near  $10.6\text{ GeV}$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 011103.
- “**Measurement of  $\sin 2\beta$  with Hadronic and Previously Unused Muonic  $J/\psi$  Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 052001.
- “**Measurements of branching fractions in  $B \rightarrow \phi K$  and  $B \rightarrow \phi\pi$  and search for direct CP violation in  $B^\pm \rightarrow \text{phi}K^\pm$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 011102.
- “**Study of high momentum  $\eta'$  production in  $B \rightarrow \eta' X_s$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 061801.
- “**Search for the Rare Leptonic Decay  $B^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 221803.
- “**Measurements of Branching Fractions and CP-Violating Asymmetries in B Meson Decays to Charmless Two-Body States Containing a  $K^0$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 201802.
- “**Search for Lepton-Flavor Violation in the Decay  $\tau^- \rightarrow \ell^-\ell^+\ell^-$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 121801.
- “**Measurements of the mass and width of the  $\eta_c$  meson and of an  $\eta_{c(2S)}$  candidate**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 142002.
- “**Limits on the Decay-Rate Difference of Neutral B Mesons and on CP, T, and CPT Violation in  $B^0 - \bar{B}^0$  Oscillations**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 181801.
- “**Measurement of the branching fractions and CP-asymmetry of  $B^- \rightarrow D_{CP}^0 K^-$  decays with the BaBar detector**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 202002.
- “**Observation of  $B^0 \rightarrow \omega K^0$ ,  $B^+ \rightarrow \eta\pi^+$ , and  $B^+ \rightarrow \eta K^+$  and Study of Related Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 061801.
- “**Measurement of Time-Dependent CP Asymmetries and Constraints on  $\sin(2\beta+\gamma)$  with Partial Reconstruction of  $B^0 \rightarrow D^{*\mp}\pi^\pm$  Decays**”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 251802.
- “**Measurement of Time-Dependent CP Asymmetry in  $B^0 \rightarrow D^{(*)\pm}\pi^\mp$  Decays and Constraints on  $\sin(2\beta+\gamma)$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 251801.
- “**Measurement of the Branching Fraction and Polarization for the Decay  $B^- \rightarrow D^{*0}K^{*-}$** ”, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 141801.

**“Measurement of the Inclusive Charmless Semileptonic Branching Ratio of B Mesons and Determination of  $|V_{ub}|$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 071802.

**“Search for the Radiative Decays  $B \rightarrow \rho\gamma$  and  $B^0 \rightarrow \omega\gamma$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **92** 111801.

**“Search for the W-exchange decays  $B^0 \rightarrow D_s^{(*)-} D_s^{(*)+}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 111101.

**“Measurement of the Branching Ratios  $\Gamma(D^{*+} \rightarrow D^+ \pi^0)/\Gamma(D^{*+} \rightarrow D_s^+ \gamma)$  and  $\Gamma(D^{*0} \rightarrow D^0 \pi^0)/\Gamma(D^{*0} \rightarrow D^0 \gamma)$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 091101.

**“Evidence for  $B^+ \rightarrow \bar{K}^0 K^+$  and  $B^0 \rightarrow K^0 \bar{K}^0$ , and Measurement of the Branching Fraction and Search for Direct CP Violation in  $B^+ \rightarrow K^0 \pi^+$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 221801.

**“Search for Lepton-Flavor and Lepton-Number Violation in the Decay  $\tau^- \rightarrow \ell^\mp h^\pm h'^-$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 191801.

**“Dalitz-plot analysis of the decays  $B^\pm \rightarrow K^\pm \pi^\mp \pi^\pm$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 072003.

**“A study of  $b \rightarrow c$  and  $b \rightarrow u$  interference in the Decay  $B^- \rightarrow [K^+ \pi^-]_D K^{*-}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 071104.

**“Measurement of CP Observables for the Decays  $B^\pm \rightarrow D_{CP}^0 K^{*\pm}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 071103.

**“Measurements of Branching Fractions and Dalitz Distributions for  $B^0 \rightarrow D^{*\pm} K^0 \pi^\mp$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 171802.

**“Measurement of the branching fraction and decay rate asymmetry of  $B^- \rightarrow D_{\pi^+ \pi^- \pi^0} K^-$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 071102.

**“Study of the  $\tau^- \rightarrow 3h^- 2h^+ \nu_\tau$  Decay”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 072001.

**“Search for  $b \rightarrow u$  transitions in  $B \rightarrow D^0 K^-$  and  $B \rightarrow D^{*0} K^-$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 032004.

**“Search for the Radiative Decay  $B^0 \rightarrow \phi\gamma$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 091103.

**“Measurement of Time-Dependent CP Asymmetries and the CP-Odd Fraction in the Decay  $B^0 \rightarrow D^{*+} D^{*-}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 151804.

**“Improved Measurements of CP-Violating Asymmetry Amplitudes in  $B^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 151803.

**“Production and decay of  $\Xi_c^0$  at BABAR”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 142003.

**“Observation of a Broad Structure in the  $\pi^+ \pi^- J/\psi$  Mass Spectrum around  $4.26 \text{ GeV}/c^2$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 142001.

**“Dalitz Plot Analysis of  $D^0 \rightarrow \bar{K}^0 K^+ K^-$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 052008.

**“Precision measurement of the  $\Lambda_c^+$  baryon mass”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 052006.

**“Measurements of the  $B \rightarrow X_s$  gamma Branching Fraction and Photon Spectrum from a Sum of Exclusive Final States”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 052004.

**“Amplitude Analysis of the Decay  $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^\pm \pi^\mp$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 052002.

**“Search for the rare decay  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*0} \gamma$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 051106.

**“Measurement of the time-dependent CP-violating asymmetry in  $B^0 \rightarrow K_s^0 \pi^0 \gamma$  decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 051103.

**“Study of  $B \rightarrow \pi \ell \nu$  and  $B \rightarrow \rho \ell \nu$  Decays and Determination of  $|V_{ub}|$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 051102.

**“Measurement of the  $B^+ \rightarrow p \bar{p} K^+$  Branching Fraction and Study of the Decay Dynamics”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 051101.

**“Measurement of branching fractions and charge asymmetries in  $B^+$  decays to  $\eta \pi^+, \eta K^+, \eta \rho^+$  and  $\eta' \pi^+$ , and search for  $B^0$  decays to  $\eta K^0$  and  $\eta \omega$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 131803.

**“Measurement of Double Charmonium Production in  $e^+ e^-$  Annihilations at  $\sqrt{s} = 10.6 \text{ GeV}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 031101.

**“Measurement of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa angle  $\gamma$  in  $B^\mp \rightarrow D^{(*)} K^\mp$  decays with a Dalitz analysis of  $D \rightarrow K_s^0 \pi^- \pi^+$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 121802.

**“Search for Strange-Pentaquark Production in  $e^+ e^-$  Annihilation at  $\sqrt{s} = 10.58 \text{ GeV}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 042002.

**“Measurement of the Branching Fraction of  $\Upsilon(4S) \rightarrow B^0 \bar{B}^0$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 042001.

- “Improved Measurement of the CKM Angle  $\alpha$  using  $B^0\bar{B}^0 \rightarrow \rho^+\rho^-$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 041805.
- “Search for Lepton Flavor Violation in the Decay  $\tau^\pm \rightarrow \mu^\pm\gamma$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 041802.
- “Measurement of Time-Dependent CP Asymmetries in  $B^0 \rightarrow D^{(*)\pm}D^\mp$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 131802.
- “Search for the Rare Leptonic Decay  $B^- \rightarrow \tau^-\bar{\nu}_\tau$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 041804.
- “Determination of  $|V_{ub}|$  from Measurements of the Electron and Neutrino Momenta in Inclusive Semileptonic B Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 111801.
- “Search for the decay  $\tau^- \rightarrow 4\pi^-3\pi^+(\pi^0)\nu_\tau$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 012003.
- “Search for the Rare Decays  $B^+ \rightarrow D^{(*)+}K_s^0$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 011102.
- “Measurement of time-dependent CP-violating asymmetries and constraints on  $\sin(2\beta + \gamma)$  with partial reconstruction of  $B \rightarrow D^{*\mp}\pi^\pm$  decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 112003.
- “Measurement of the branching fraction and the CP-violating asymmetry for the decay  $B^0 \rightarrow K_S^0\pi^0$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 111102.
- “Evidence for the Decay  $B^\pm \rightarrow K^{*\pm}\pi^0$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 111101.
- “Branching Fraction and CP Asymmetries of  $B^0 \rightarrow K_S^0K_S^0K_S^0$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 011801.
- “Search for  $B \rightarrow J/\psi D$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 091103.
- “Measurement of the  $B^0 \rightarrow D^{*-}D_s^{*+}$  and  $D_s^+ \rightarrow \phi\pi^+$  Branching Fractions”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 091104.
- “Measurement of CP Asymmetries in  $B^0 \rightarrow \phi K^0$  and  $B^0 \rightarrow K^+K^-K_S^0$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 091102.
- “A search for CP violation and a measurement of the relative branching fraction in  $D^+ \rightarrow K^-K^+\pi^+$  decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 091101.
- “Branching Fractions and CP Asymmetries in  $B^0 \rightarrow \pi^0\pi^0, B^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$  and  $B^+ \rightarrow K^+\pi^0$  Decays and Isospin Analysis of the  $B \rightarrow \pi\pi$  System”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 181802.
- “Study of the  $B^- \rightarrow J/\psi K^-\pi^+\pi^-$  decay and measurement of the  $B^- \rightarrow X(3872)K^-$  branching fraction”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 071103.
- “Search for Factorization-Suppressed  $B \rightarrow \chi_c K^{(*)}$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 171801.
- “Improved Measurement of CP Asymmetries in  $B^0 \rightarrow (c\bar{c})K^{0(*)}$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 161803.
- “Measurement of Branching Fractions and Charge Asymmetries for Exclusive B Decays to Charmonium”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 141801.
- “ $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ ,  $K^+K^-\pi^+\pi^-$ , and  $K^+K^-K^+K^-$  Cross Sections at Center-of-Mass Energies 0.5-4.5 GeV Measured with Initial-State Radiation”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 052001.
- “Measurement of the  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+}l^-\bar{\nu}_l$  Decay Rate and  $|V_{cb}|$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 051502.
- “Limit on the  $B^0 \rightarrow \rho^0\rho^0$  Branching Fraction and Implications for the CKM Angle  $\alpha$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 131801.
- “Measurements of B meson decays to  $\omega K^*$  and  $\omega\rho$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 031103.
- “A search for the decay  $B^+ \rightarrow K^+\nu\bar{\nu}$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 101801.
- “Search for a Charged Partner of the  $X(3872)$  in the B Meson Decay  $B \rightarrow X^-K, X^- \rightarrow J/\psi\pi^-\pi^0$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 031501.
- “Measurement of the Ratio  $Br(B^- \rightarrow D^{*0}K^-)/Br(B^- \rightarrow D^{*0}\pi^-)$  and of the CP Asymmetry of  $B^- \rightarrow D_{CP^+}^{*0}K^-$  Decays”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 031102.
- “Ambiguity-free measurement of  $\cos(2\beta)$ : time-integrated and time-dependent angular analyses of  $B \rightarrow J/\psi K\pi$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 032005.
- “Search for  $B^0$  Decays to Invisible Final States and to  $\nu\bar{\nu}\gamma$ ”**, Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 091802.
- “Measurements of the Branching Fraction**

and CP-Violation Asymmetries in  $B^0 \rightarrow f^0(980)K_s^0$ ", Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 041802.

"Search for the Radiative Penguin Decays  $B^+ \rightarrow \rho^+\gamma, B^0 \rightarrow \rho^0\gamma$ , and  $B^0 \rightarrow \omega\gamma$ ", Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 011801.

"Search for decays of  $B^0 \rightarrow e^+e^-, B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-, B^0 \rightarrow e^\pm\mu^\mp$ ", Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 221803.

"Measurements of Branching Fractions and Time-Dependent CP-Violating Asymmetries in  $B \rightarrow \eta'K$  Decays", Aubert B. et al, BABAR Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 191802.

CDF

"Optimized search for single top quark production at the Fermilab Tevatron", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2004) Physical Review D **69** 052003.

"The underlying event in hard interactions at the Tevatron  $p\bar{p}$  collider", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 072002.

"Direct photon cross section with conversions at CDF", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 074008.

"Inclusive search for anomalous production of high- $p(T)$  like-sign lepton pairs in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 061802.

"Search for doubly-charged Higgs bosons decaying to dileptons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 221802.

"First measurements of inclusive  $W$  and  $Z$  cross sections from Run II of the Tevatron collider", Acosta D. et al, CDF II Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 091803.

"Measurement of charged particle multiplicities in gluon and quark jets in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 171802.

"Measurement of partial widths and search for direct CP violation in  $D^0$  meson decays to  $K^-K^+$  and  $\pi^-\pi^+$ ", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 122001.

"Measurement of the  $t\bar{t}$  production cross section in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using kinematic fitting of b-tagged lepton+jet events", Acosta D. et al, CDF II Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 072005.

"Measurement of  $W\gamma$  and  $Z\gamma$  production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF II Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 041803.

"Measurement of the  $t\bar{t}$  production cross

section in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using lepton + jets events with secondary vertex b-tagging", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 052003.

"Search for anomalous production of diphoton events with missing transverse energy at CDF and limits on gauge-mediated supersymmetry-breaking models", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 031104.

"Search for electroweak single top quark production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 012005.

"Search for scalar leptoquark pairs decaying to  $\nu\bar{\nu} q\bar{q}$  in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 112001. [Erratum-ibid. D **71** 119901]

"Measurement of the forward-backward charge asymmetry of electron positron pairs in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 052002.

"Measurement of the  $W$  boson polarization in top decay at CDF at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 031101; [Erratum-ibid.(2005) D **71** 059901].

"Measurements of bottom anti-bottom azimuthal production correlations in proton antiproton collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 092001.

"Search for anomalous kinematics in  $t\bar{t}$  dilepton events at CDF II", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 022001.

"Measurement of the cross section for prompt diphoton production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 022003.

"Analysis of decay-time dependence of angular distributions in  $B_{s0} \rightarrow J/\psi \Phi$  and  $B_{d0} \rightarrow J/\psi K^{*0}$  decays and measurement of the lifetime difference between  $B_s$  mass eigenstates", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 101803.

"Measurement of the  $J/\psi$  meson and b-hadron production cross sections in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1960$  GeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 032001.

"Search for  $ZZ$  and  $ZW$  production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 091105.

"Measurement of the forward-backward charge asymmetry from  $W \rightarrow e\nu$  production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV", Acosta D.

- et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 051104.
- "Measurement of the  $W^+W^-$  production cross section in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using dilepton events"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 211801.
- "First evidence for  $B_{s0} \rightarrow \Phi\Phi$  decay and measurements of branching ratio and  $A(CP)$  for  $B^+ \rightarrow \Phi K^+$ "**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 031801.
- "Search for long-lived doubly-charged Higgs bosons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 071801.
- "Search for Higgs bosons decaying into  $b$  anti- $b$  and produced in association with a vector boson in proton antiproton collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 051801.
- "Measurement of the cross section for  $t\bar{t}$  production in  $p\bar{p}$  collisions using the kinematics of lepton + jets events"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 052003.
- "Measurement of  $B(t \rightarrow Wb)/B(t \rightarrow Wq)$  at the Collider Detector at Fermilab"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 102002.
- "Measurement of the  $t\bar{t}$  production cross section in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using lepton plus jets events with semileptonic  $B$  decays to muons"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 032002.
- "Search for new physics using high mass tau pairs from 1.96 TeV  $p\bar{p}$  collisions"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 131801.
- "A search for supersymmetric Higgs bosons in the di- $\tau$  decay mode in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.8$  TeV"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 072004.
- "Search for first-generation scalar leptons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 051107.
- "Search for  $\Lambda_b \rightarrow p\pi$  and  $\Lambda_b \rightarrow pK$  decays in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"**, Acosta D. et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 051104.
- "Search for new high mass particles decaying to lepton pairs in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"**, Abulencia A et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 252001.
- "Search for  $B_s \rightarrow \mu^+\mu^-$  and  $B_d \rightarrow \mu^+\mu^-$  decays in  $p\bar{p}$  collisions with CDF II"**, Abulencia A et al, CDF Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 221805. [Erratum-ibid. (2005) **95** 249905]
- $D_0^-$**
- "Observation and properties of the  $X(3872)$  decaying to  $J/\psi\pi^+\pi^-$  in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 162002.
- "Search for doubly charged Higgs boson pair production in the decay to  $\mu^+\mu^+\mu^-\mu^-$  in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2004) Physical Review Letters **93** 141801.
- "Combination of CDF and D0 results on the  $W$  boson mass and width"**, M. Abazov V. et al, CDF and D0 Collaboration, (2004) Physical Review D **70** 092008.
- "Measurement of the lifetime difference in the  $B_s^0$  system"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 171801.
- "Measurement of semileptonic branching fractions of  $B$  mesons to narrow  $D^{*}$  states"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 171803.
- "Search for Randall-Sundrum gravitons in dilepton and diphoton final states"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 091801.
- "Measurement of the  $t\bar{t}$  Production Cross Section in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using Kinematic Characteristics of Lepton + Jets Events"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physics Letters B **626** 45-54.
- "Search for large extra spatial dimensions in dimuon production with the D0 detector"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 161602.
- "Helicity of the  $W$  boson in lepton + jets  $t\bar{t}$  events"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physics Letters B **617** 1-10.
- "Measurement of the  $t\bar{t}$  Production Cross Section in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV in Dilepton Final States"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physics Letters B **626** 55-64.
- "Measurement of the  $t\bar{t}$  Production Cross Section in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using Lepton + Jets Events with Lifetime  $b$ -tagging"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physics Letters B **626** 35-44.
- "Search for right-handed  $W$  bosons in top quark decay"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review D **72** 011104.
- "Search for supersymmetry via associated production of charginos and neutralinos in final states with three leptons"**, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 151805.
- "Measurement of the  $p\bar{p} \rightarrow W\gamma + X$  cross section at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV and  $WW\gamma$  anomalous coupling limits"**, Abazov V.M. et

- al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 091108.
- “**Production of WZ events in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s}=1.96$  TeV and limits on anomalous WWZ couplings**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 141802.
- “**Search for neutral supersymmetric Higgs bosons in multijet events at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 151801.
- “**Study of  $Z\gamma$  events and limits on anomalous  $ZZ\gamma$  and  $Z\gamma\gamma$  couplings in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **95** 051802.
- “**Measurement of inclusive differential cross sections for  $\Upsilon(1S)$  production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters Volume **94**, Number **23** 232001.
- “**Measurement of the top quark mass in all-jet events**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physics Letters B **606** 25-33.
- “**Search for first-generation scalar leptons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 071104.
- “**Search for anomalous heavy-flavor quark production in association with W bosons**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 152002.
- “**Measurement of the ratio of inclusive cross sections  $\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z+b_{jet})/\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z+jet)$  at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 161801.
- “**Measurement of the  $\Lambda_b^0$  lifetime in the decay  $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi\Lambda^0$  with the D0 detector**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 102001.
- “**Measurement of the ratio of  $B^+$  and  $B^0$  meson lifetimes**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 182001.
- “**Search for  $Wb\bar{b}$  and WH production in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 091802.
- “**Measurement of the WW production cross section in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 151801.
- “**A search for the flavor-changing neutral current decay  $B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$  in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV with the D0 detector**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 071802.
- “**Search for supersymmetry with gauge-mediated breaking in diphoton events at D0**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 041801.
- “**Measurement of the  $B_s^0$  lifetime in the exclusive decay channel  $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$** ”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 042001.
- “**Measurement of dijet azimuthal decorrelations at central rapidities in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, Abazov V.M. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review Letters **94** 221801.
- “**Measurement of  $\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z) \cdot Br(Z \rightarrow \tau\tau)$  at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV**”, M. Abazov V. et al, D0 Collaboration, (2005) Physical Review D **71** 072004.
- DELPHI
- “**Searches for Neutral Higgs bosons in extended models**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2004) European Physical Journal C **38** 1-28.
- “**Erratum : Search for supersymmetric particles assuming R-parity non-conservation in  $e^+e^-$  collisions at  $\sqrt{s} = 192$  to  $208$  GeV**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2004) European Physical Journal C **37** 129-131.
- “**Determination of the  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma(\gamma)$  cross-section at LEP2**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2004) European Physical Journal C **37** 405-419.
- “**The measurement of  $\alpha_s$  from event shapes with the DELPHI detector at the highest LEP energies**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2004) European Physical Journal C **37** 1-23.
- “**Measurement of  $|V_{cb}|$  using the semileptonic decay  $B^0_d \rightarrow D^{*+}\ell^-\bar{\nu}_\ell$** ”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2004) European Physical Journal C **33** 213-232.
- “**Production of  $\Xi_{cb}^0$  and  $\Xi_{cb}$  in Z decays and lifetime measurement of  $\Xi_{cb}$** ”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **44** 299-309.
- “**Determination of heavy quark non-perturbative parameters from spectral moments in semileptonic B decays**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2006) European Physical Journal C **45** 35-59.
- “**Charged particle multiplicity in three-jet events and two-gluon systems**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **44** 311-331.
- “**Flavour independent searches for hadronically decaying neutral Higgs bosons**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **44** 147-159.
- “**Bose-Einstein correlations in  $W^+W^-$  events at LEP2**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **44** 161-174.
- “**Coherent soft particle production in Z decays into three jets**”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) Physics Letters B **605**

37-48.

“*Measurement of the energy dependence of hadronic jet rates and the strong coupling  $\alpha_s$  from the four-jet rate with the DELPHI detector at LEP*”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **38** 413-426.

“*Photon events with missing energy in  $e^+e^-$  collisions at  $\sqrt{s} = 130$  to  $209$  GeV*”, Abdallah J. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **38** 395-411.

“*Determination of  $A^0_{FB}$  at the Z pole using inclusive charge reconstruction and lifetime tagging*”, Abreu P. et al, DELPHI Collaboration, (2005) European Physical Journal C **40** 1-25.

HARP

“*Measurement of the production cross-section of positive pions in p Al collisions at  $12.9$  GeV/c*”, M. G. Catanesi et al., HARP Collaboration, (2006) Nuclear Physics B **732** 1.

HESS

“*High-energy particle acceleration in the shell of a supernova remnant*”, A. Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2004) Nature **432** 75-77.

“*Calibration of cameras of the H.E.S.S. detector*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2004) Astroparticle Physics **22** 109-125.

“*Very high-energy gamma rays from the direction of Sagittarius A\**”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2004) Astronomy and Astrophysics **425** 113-117.

“*A possible association of the new VHE gamma-ray source HESS J1825-137 with the pulsar wind nebula G18.0-0.7*”, Aharonian F.A. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **442** 125-129.

“*Discovery of the Binary Pulsar PSR B1259-63 in Very-High-Energy Gamma Rays around Periastron with H.E.S.S.*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **442** 1-10.

“*Observations of Selected AGN with HESS*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **441** 465-472.

“*Discovery of very high energy gamma-rays associated with an X-ray binary*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Science **309** 746-749.

“*Observations of Mkn 421 in 2004 with H.E.S.S. at large zenith angles*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **437** 95-99.

“*A search for very high energy gamma-ray emission from the starburst galaxy NGC 253 with H.E.S.S.*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **442** 177-183.

“*Upper limits to the SN1006 multi-TeV*

*gamma-ray flux from HESS observations*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **437** 135-139.

“*Multi-wavelength observations of PKS 2155-304 with H.E.S.S.*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **442** 895-907.

“*Detection of TeV  $\gamma$ -ray Emission from the Shell-Type Supernova Remnant RX J0852.0-4622 with H.E.S.S.*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **437** 7-10.

“*Serendipitous discovery of the unidentified extended TeV gamma-ray source HESS J1303-631*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **439** 1013-1021.

“*Discovery of VHE gamma rays from PKS 2005-489*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **436** 17-20.

“*Discovery of extended VHE gamma-ray emission from the asymmetric pulsar wind nebula in MSH 15-52 with H.E.S.S.*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **435** 17-20.

“*A new population of very high energy gamma-ray sources in the Milky Way*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Science **307** 1938-1942.

“*Search for TeV emission from the region around PSR B1706-44 with the H.E.S.S. experiment*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **432** 9-12.

“*Very high energy gamma rays from the composite SNR G0.9+0.1*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **432** 25-29.

“*H.E.S.S. Observations of PKS 2155-304*”, Aharonian F. et al, HESS Collaboration, (2005) Astronomy and Astrophysics **430** 865-875.

“*TeV gamma-ray observations of pulsar wind nebulae with the HESS detector*”, Khélifi B. et al, HESS Collaboration, (2005) Advances in Space Research **35** 1148-1151.

“*TeV gamma-ray observations of pulsar wind nebulae with the HESS detector*”, Khélifi B. et al, HESS Collaboration, (2005) Advances in Space Research **35** 1148-1151.

NOMAD

“*Bose-Einstein Correlations in Charged Current Muon-Neutrino Interactions in the NOMAD Experiment at CERN*”, Astier P. et al, NOMAD Collaboration, (2004) Nuclear Physics B **686** 3-28.

“*A Study of Strange Particles Produced in Neutrino Neutral Current Interactions in the NOMAD Experiment*”, Naumov D. et al, NOMAD Collaboration, (2004) Nuclear Physics B **700** 51-68.

## SUPERNOVAE

“*The Supernova Legacy Survey: Measurement of  $\Omega_M$ ,  $\Omega_\Lambda$  and  $w$  from the First Year Data Set*”, Astier P. et al, SNLS Collaboration, (2006) *Astronomy and Astrophysics* **447** 31-48.

“*Gemini Spectroscopy of Supernovae from SNLS: Improving High Redshift SN Selection and Classification*”, A. Howell D. et al, SUPERNOVAE Collaboration, (2005) *Astrophysical Journal* **634** 1190-1201.

“*Spectroscopic Observations and Analysis of the Unusual Type Ia SN 1999ac*”, Garavini G. et al, SUPERNOVAE Collaboration, (2005) *Astronomical Journal* **130** 2278-2292.

“*SALT: a Spectral Adaptive Light curve Template for Type Ia Supernovae*”, Guy J. et al, SUPERNOVAE Collaboration, (2005) *Astronomy and Astrophysics* **443** 781-791.

“*Spectra of High-Redshift Type Ia Supernovae and a Comparison with their Low-Redshift Counterparts*”, Hook I. M. et al, SUPERNOVAE Collaboration, (2005) *Astronomical Journal* **130** 2788-2803.

“*Spectroscopic confirmation of high-redshift supernovae with the ESO VLT*”, Lidman C. et al, SUPERNOVAE Collaboration, (2005) *Astronomy and Astrophysics* **430** 843-851.

“*Restframe I-band Hubble diagram for type Ia supernovae up to redshift  $z \sim 0.5$* ”, Nobili S. et al, SUPERNOVAE Collaboration, (2005) *Astronomy and Astrophysics* **437** 789-804.

## COSMOLOGIE THÉORIQUE

“*A method of generating initial conditions for cosmological  $N$  body simulations*”, Joyce M. et al, (2005) *Physical Review D* **72** 103509.

“*Basic properties of galaxy clustering in the light of recent results from the Sloan Digital Sky Survey*” Joyce M. et al, (2005) *Astronomy and Astrophysics* **443** 11-16.

## AUTRES PUBLICATIONS

“*Type Ia supernova rate at a redshift of  $\sim 0.1$* ”, G. Blanc et al. [C. Balland, F. Derue] EROS Collaboration (2004) *Astronomy and Astrophysics* **423** 881.

“*Angular Power Spectrum Estimation of Cosmic Ray Anisotropies with Full or Partial Sky Coverage*”, Deligny O. et al. [P. Da Silva, J.C. Hamilton, A. Letessier-Selvon] (2004) *Journal of Cosmology and Astoparticle Physics* **0410** 08.

“*NEUTRINO 2004. Proceedings of the XXIst International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics*”, J. Dumarchez, T. Patzak, F. Vannucci, (2005) Elsevier XXIst International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics - NEUTRINO 2004 Paris 14/06/2004 19/06/2004

“*Temperature and polarization angular power spectra of Galactic dust radiation at 353 GHz as measured by Archeops*”, (2005) N. Ponthieu et al.[ J.C. Hamilton], Archeops Col-

laboration (2005) *Astronomy and Astrophysics* **444** 327.

“*The CMB temperature power spectrum from an improved analysis of the Archeops data*”, M. Tristram et al. [J.C. Hamilton], Archeops Collaboration (2005) *Astronomy and Astrophysics* **436** 785.

“*First detection of polarization of the sub-millimetre diffuse galactic dust emission by Archeops*”, A. Benoit et al. [J.C. Hamilton], Archeops Collaboration (2004) *Astronomy and Astrophysics* **424** 571.

“*ASYMFAST, a method for convolving maps with asymmetric beams*”, M. Tristram et al. [J.C. Hamilton] (2004) *Physical Review D* **69**123008.

“*Statistical physics for cosmic structures*”, M. Joyce M., A. Gabrielli, L. Pietronero, F. Sylos Labini, (2004) Springer-Verlag.

“*The Femto-Experiment for the LHC: The W-Boson Beams and Their Targets*”, M.W. Krasny, S. Jadach et W. Placzek (2005) *European Physics Journal C* **44** 333-350.

“*Electron Beam For LHC*”, M. W. Krasny (2005) *Nuclear Instrumentgs and Methonds in Physics Research A* **540** 222-234.

“*Modeling embryogenesis and cancer: an approach based on an equilibrium between the autostabilization of stochastic gene expression and the interdependence of cells for proliferation*”, B. Laforge, D. Guez, M. Martinez and J.J. Kupiec (2005) *Progress in Biophysics and Molecular Biology Volume* **89** Issue 1, 93.

“*CP Violation and the CKM Matrix: Assessing the Impact of the Asymmetric B factories*”, J. Maclès, M. Pivk, J. Ocariz et L. Roos (2005) *European Physics Journal C* **411**.

# Annexes

---

Organigramme

Chargés de mission

Conseil du laboratoire

Conseil scientifique

Commission paritaire ITA

Comité local hygiène et sécurité

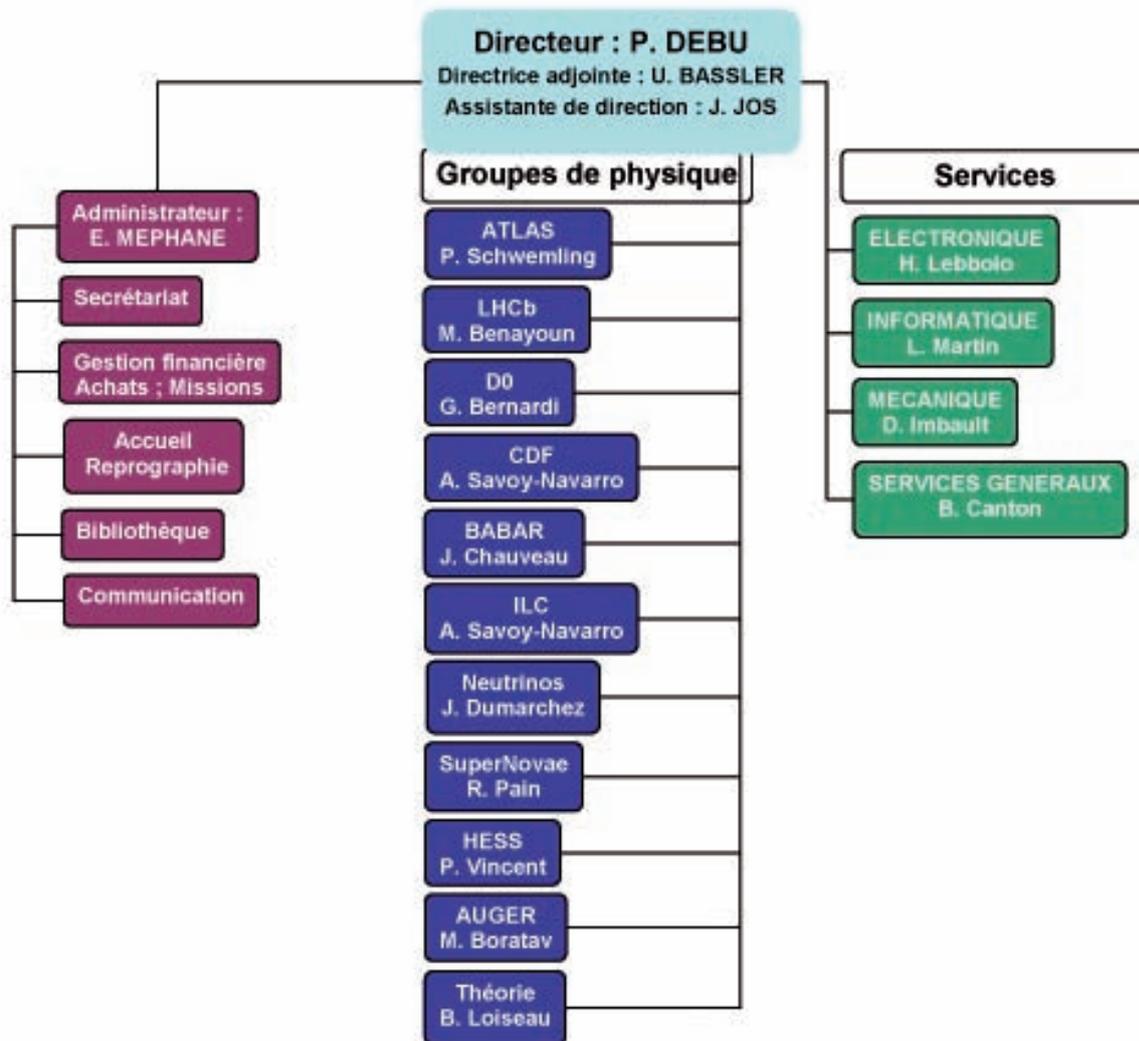
Instances universitaires

Participation à des instances scientifiques externes

Distinction

Listes du personnel

# Organigramme



#### • Chargés de Mission

**Ursula Bassler, Christian de la Vaissière\***

Budget, Missions et Congrès

**Jean-Mac Parraud, Bernard Canton\***

ACMO

**Jacques Dumarchez**

Sécurité Radioprotection

**Odile Hamon**

Formation permanente

**Liliana Martin**

Conseil utilisateurs CCIN2P3

**Frédéric Derue**

Réunions du Vendredi

**Bernard Andrieu, Jean-Christophe Hamilton, Mathieu de Naurois**

Séminaires

**Jean-Michel Lévy, Isabelle Cossin**

Biennale 2005

**Jean-Michel Lévy**

Bibliothèque

**Isabelle Cossin, Jacques Dumarchez**

Communication

**Nicolas Regnault**

Conférences Népal

**Jean-Christophe Hamilton, Pascal Vincent\***

Stages

**Julien Guy, Iréna Nolic-Audit, Mélissa Ridel,**

**Sophie Trincaz-Duvoid, Pierre Billoir\***

Suivi des Doctorants

**Jacques Chauveau, Philippe Schwemling**

Correspondant Master 2 NPAC

**François Vannucci**

Correspondant Master 2 GI

**Murat Boratav**

Correspondant Master 2 CMI

**Aurore Savoy-Navarro**

Valorisation

**Didier Laporte**

EDMS

\*renouvellement dans la période 2004-2005

#### • Conseil du laboratoire (décembre 2005)

**Pascal Debu**

Président

#### Collège chercheurs

**Ursula Bassler**

Membre élu

**Jacques Chauveau**

Membre nommé

**Jacques Dumarchez**

Membre nommé

**Mathieu Jacobe de Naurois**

Membre élu

**Didier Lacour**

Membre élu

#### Collège ITA

**Didier Laporte**

Membre nommé

**Evelyne Méphane**

Membre invité

**Patrick Nayman**

Membre élu

**François Toussnel**

Membre élu

**Patricia Warin-Charpentier**

Membre élu

#### • Conseil scientifique (décembre 2005)

**Pascal Debu**

Président

**Bernard Andrieu**

Membre élu

**Etienne Barrelet**

Membre élu

**Ursula Bassler**

Membre invité

**Pierre Billoir**

Membre nommé

**Matteo Cavalli-Sforza**

Membre nommé extérieur

**Jacques Chauveau**

Membre élu

**Didier Imbault**

Membre nommé

**Mieczyslaw Krasny**

Membre élu

**Evelyne Méphane**

Membre invité

**Aurore Savoy-Navarro**

Membre nommé

**Pascal Vincent**

Membre nommé

#### • Commission paritaire ITA (décembre 2005)

**Pascal Debu**

Président

**Ursula Bassler**

Membre invité

**Bernard Canton**

Membre nommé

**Michèle Detournay**

Membre élu

**Didier Laporte**

Membre élu

**Hervé Lebbolo**

Membre nommé

**Evelyne Méphane**

Membre nommé

**Nicolas Pavel**

Membre élu

**François Toussnel**

Membre élu

#### • Comité local Hygiène et Sécurité (décembre 2005)

**Pascal Debu**

Directeur LPNHE

**Ursula Bassler**

Directeur adjoint du LPNHE

**Céline Botineau**

Ingénieur Régional de Prévention et de Sécurité Paris B

**Bernard Canton**

Adjoint ACMO du LPNHE

**Mathieu De Naurois**

Représentant du personnel chercheur

**Jacques Dumarchez**

Responsable en Radioprotection au LPNHE

**Monique Halary**

Responsable du Service de Sécurité du Travail de P7

**Didier Lacour**

Représentant du personnel chercheur

**Didier Laporte**

Représentant du personnel chercheur ITA

### **Jean-Pierre Manin**

Inspecteur d'Hygiène et Sécurité de l'IN2P3

### **Céline Melchior**

Responsable du Service Hygiène et Sécurité de P6

### **Evelyne Méphane**

Administrateur du LPNHE

### **Jean-Marc Parraud**

ACMO du LPNHE

### **Philippe Raix**

Médecin de prévention de l'Université P6

### **Cyril Thieffry**

Inspecteur adjoint d'Hygiène et de Sécurité de l'IN2P3

### **Patricia Warin-Charpentier**

Représentant du personnel ITA

## • Instances universitaires

### **Jean-Eudes Augustin**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

Conseil Scientifique de l'UFR de Physique de Paris 6.

### **Pierre Billoir**

Vice-Président de la Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 6.

Président de la Commission aux thèses et aux HDR pour la Physique de Paris 6.

### **Murat Boratav**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 6.

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 11.

Responsable de Phytem niveau M1 de Paris 6.

Co-responsable du Master M2 (spécialité CMI).

### **Christian Carimalo**

Responsable PGA niveau L3 de Paris 6.

### **Jacques Chauveau**

Conseil Supérieur des Universités 29<sup>e</sup> section.

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 6.

Responsable de Spécialité NPAC Université Paris 6.

### **Michel Crozon**

Conseil scientifique du « Café des techniques » du Conservatoire National des Arts et Métiers.

### **Wilfrid Da Silva**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> de Paris 6.

Responsable logistique du L2 de Paris 6.

### **Pascal David**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

### **Delphine Hardin**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 6.

Conseil de l'UFR 925 Paris 6.

### **Frédéric Kapusta**

Conseil d'Administration de Paris 6.

### **Bertrand Laforge**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section Paris 11.

Conseil de l'UFR 925 Paris 6.

Commission des Statuts des Enseignants-Chercheurs de Paris 6.

### **Irena Nikolic-Audit**

Conseil National des Universités 29<sup>e</sup> section.

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

Conseil des enseignements de Paris 7.

### **José Ocariz**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

### **Mélissa Ridel**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

### **Kyan Schamaneche**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

### **Philippe Schwemling**

Directeur adjoint de l'UFR de Physique de Paris 7.

Membre des Commissions de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7 et Strasbourg 1.

Membre nommé, représentant l'administration, à la commission paritaire de l'université Paris 7.

Membre nommé, représentant l'administration, à la commission administrative paritaire nationale des Ingénieurs de Recherche.

Responsable de la Spécialité NPAC Université Paris 7.

### **Jean-Paul Tavernet**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7

### **Sophie Trincaz-Duvoid**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 6

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 11

### **François Vannucci**

Président de la Commission aux thèses pour la Physique de Paris 7.

Vice-Président A de la commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Paris 7.

Rapporteur pour les Sciences auprès de la Chancellerie pour les dons et legs aux Universités Parisiennes.

### **Pascal Vincent**

Commission de Spécialistes de la 29<sup>e</sup> section de Montpellier .

## • Participation à des instances scientifiques externes

### **Pierre Antilogus**

Secrétaire du Programme National de Cosmologie.

### **Pierre Astier**

Groupe de Travail d'Astrophysique du CNES.

Conseil de la FRIF.

### **Jean-Eudes Augustin**

Comité Stratégique 4 de l'ANR.

Conseil LIP (Lisbonne).

### **Ursula Bassler**

Comite d'Evaluation Interne CVI de l'INFN.

Représentant à l'ECFA plénier.

### **Michel Baubillier**

Commission 03 du Comité National du CNRS.

Commission Interdisciplinaire 47 du Comité National du CNRS.

Conseil Scientifique de l'IN2P3.

### **Murat Boratav**

Conseil scientifique GDR PCHE.

Conseil scientifique du Programme Interdépartemental Astroparticules.

Responsable PICS Vietnam.

Contact programme européen AugerAccess.

Correspondant HELEN.

### **Jacques Chauveau**

Représentant à l'ECFA plénier.

Conseil de la FRIF.

Conseil Scientifique de l'IN2P3.

### **Michel Crozon**

Jury du Prix « La Science se livre ».

Jury du Prix Diderot «Initiative de culture scientifique ».

### **Pascal Debu**

Conseil Scientifique du cyclotron de Nantes.

Conseil de la FRIF.

### **Jacques Dumarchez**

Membre de la Commission 03 du Comité National du CNRS.

Membre du Conseil Scientifique de l'IN2P3.

Comité de Direction de l'IN2P3.

### **Hervé Lebbolo**

Comité de pilotage des écoles d'électronique de l'IN2P3.

### **Antoine Letessier-Selvon**

Responsable GDRI LEO.

Responsable PICS Brésil.

**Patrick Nayman**

Comité de pilotage des écoles d'électronique de l'IN2P3.

**José Ocariz**

Responsable HELEN.

**Reynald Pain**Responsable IN2P3 du programme "Énergie Noire".  
Coordinateur français du RTN "The Physics of Type Ia Supernovae".  
Responsable du PICS « Supernova Factory ».**Aurore Savoy-Navarro**Conseil du GDR Susy.  
Panel ICFA "Innovation, Instrumentation and Development".  
Coordinateur du RTN "Probe for New Physics".**Philippe Schwemling**

Commission 03 du Comité National du CNRS.

**François Vannucci**Conseil Scientifique du GDR Neutrinos.  
Commission Internationale « Neutrino ».**• Distinction****Mathieu de Naurois**Lauréat du Prix Jeune Chercheur HEPP - EPS  
2005.

## Listes du personnel

**• Chercheurs CNRS****ANDRIEU Bernard**

Chargé de Recherche

**ANTILOGUS Pierre**

Directeur de Recherche

**ASTIER Pierre**

Directeur de Recherche

**AUGUSTIN Jean-Eudes**

Directeur de Recherche

**BANNER Marcel**

Chercheur bénévole

**BARRELET Etienne**

Directeur de Recherche

**BASSLER Ursula**

Chargée de Recherche

**BENAYOUN Maurice**

Directeur de Recherche

**BERNARDI Grégorio**

Directeur de Recherche

**COHEN-GANOUNA Jacques**

Directeur de Recherche Emérite

**CROZON Michel**

Directeur de Recherche Emérite

**DAGORET-CAMPAGNE Sylvie**

Chargée de Recherche

**DE LA VAISSIERE Christian**

Directeur de Recherche bénévole

**DEBU Pascal**

Directeur de recherche (CEA)

**DEL BUONO Luigi**

Chargé de Recherche

**DERUE Frédéric**

Chargé de Recherche

**DUMARCHEZ Jacques**

Directeur de Recherche

**GAURON Pierre**

Chargé de recherche bénévole

**GUY Julien**

Chargé de Recherche

**HAMILTON Jean-Christophe**

Chargé de Recherche

**JACOBÉ DE NAUROIS Mathieu**

Chargé de Recherche

**KAPUSTA Frédéric,**

Chargé de Recherche

**KRASNÝ Mieczyslaw Witold**

Directeur de Recherche

**LACOUR Didier**

Chargé de Recherche

**LALOUM Maurice**

Chargé de Recherche

**LERUSTE Philippe**

Chargé de Recherche bénévole

**LETESSIER-SELVON Antoine**

Directeur de Recherche

**LEVY Jean-Michel**

Chargé de Recherche

**LOISEAU Benoît**

Directeur de recherche

**NICOLESCU Basarab**

Chargé de recherche

**PAIN Reynald**

Directeur de Recherche

**REGNAULT Nicolas**

Chargé de recherche

**ROOS Lydia**

Chargée de Recherche

**SAVOY-NAVARRO Aurore**

Directeur de Recherche

**• Enseignants chercheurs****BAUBILLIER Michel**

Professeur Paris 6

**BEN-HAIM Eli**

Maître de conférence Paris 6

**BILLOIR Pierre**

Professeur Paris 6

**BORATAV Murat**

Professeur Paris 6

**BRIAND Hélène**

Maître de Conférence Paris 6 bénévole

**CARIMALO Christian**

Maître de Conférence Paris 6

**CHAUVEAU Jacques**

Professeur Paris 6

**DA SILVA Wilfrid**

Maître de Conférence Paris 6

**DAVID Pascal**

Maître de Conférence Paris 7

**HAMON Odile**

Professeur Paris 6

**HARDIN Delphine**

Maître de Conférence Paris 6

**JOYCE Michael**

Professeur Paris 6

**LACOMBE Michel**

Professeur bénévole Univ. Reims

**LAFORGE Bertrand**

Maître de Conférence Paris 6

**MARTINEAU-HUYNH Olivier**

Maître de conférence Paris 6

**NIKOLIC-AUDIT Irena**

Maître de Conférence Paris 7

**PONS Yvette**

Maître de Conférence Paris 7

**RIDEL Méliissa**

Maître de Conférence Paris 7

**SCHAMANECH Kyan**

Maître de Conférence Paris 7

**SCHWEMLING Philippe**

Professeur Paris 7

**TAILLET Richard**

Maître de Conférence U. de Savoie

**TAVERNET Jean-Paul**

Maître de Conférence Paris 6

**TRINCAZ-DUVOID Sophie**

Maître de Conférence Paris 6

**VANNUCCI François**

Professeur Paris 7

**VINCENT Pascal**

Maître de Conférence Paris 6

**VINH-MAU Robert**

Professeur émérite Paris 6

**• Boursiers- Thésards****BAUMONT Sylvain**

ESO

**BOITO Diogo**

IDF

**CAVALLIERI Pietro**

ERASMUS

**DI GIOVANNI Gian Piero**

RTN

**ESCALIER Marc**

BDI

**FAYETTE Florent**

MENRT

**GILLES Gabriel**

MENRT

**GILLES Sébastien**

MENRT

**GLISSE Jérôme**

MENRT

**GUEVARA Luz**

EGIDE

**HAROUAZ Mohammed**

BDI

**JURAMY Claire**

MENRT

**LELLOUCH Jérémie**

MENRT

**MALCLES Julie**

MENRT

**PEREIRA Rui**

Bourse du Gouvernement Portugais

**PEREZ Alexandro**

ALBAN

**PHAM Thanh Hung**

BDI PED

**ROLAND Loïc**

BDI

**ROUCELLE Cécile**  
MENRT  
**ROUILLE D'ORFEUIL Benjamin**  
MENRT  
**TOURNEUR Stéphane**  
MENRT  
**WANG Xiaofeng**  
EGIDE

• **Post-doctorants**

**BLANCH BIGAS Oscar**  
PostDoc Ministère  
**BUSATO Emmanuel**  
ATER Paris 7  
**EL BENNICH Bruno**  
ATER Paris 6  
**GARAVINI Gabriele**  
PostDoc RTN  
**HARTFIEL Brandon**  
PostDoc CNRS  
**JOHN Malcom**  
Chercheur associé IN2P3  
**KACZMARSKA Anna**  
PostDoc Marie Curie  
**LEITNER Olivier**  
PostDoc  
**NOBILI Serena**  
PostDoc RTN  
**OUCHRIF Mohamed**  
PostDoc LEA  
**PIEDRA GOMEZ Jonatan**  
PostDoc RTN  
**SONNENSCHNEIDER Lars**  
Chercheur associé IN2P3  
**ZECH Andreas**  
PostDoc Marie Curie

• **Visiteurs étrangers**

**BARON Edward**  
Professeur invité Paris 7  
**KAMINSKI Robert**  
Visiteur étranger IN2P3  
**KASS Richard**  
Professeur invité Paris 6  
**KORCYL Krzysztof**  
Visiteur étranger IN2P3  
**MARTINEZ-RIVERO Celso**  
Visiteur étranger IN2P3  
**PLACZEK Wieslaw**  
Visiteur étranger IN2P3  
**POPOV Boris**  
Professeur invité Paris 6  
**SAVELIEV Valeri**  
Professeur invité Paris 7  
**STOKLOSA Przemyslaw**  
Visiteur étranger IN2P3  
**VILA ALVAREZ IVAN**  
Visiteur étranger IN2P3  
**WYCECH Slawomir**  
Visiteur étranger IN2P3

• **Ingénieurs, Techniciens**

**et Administratifs**  
**BAILLY Philippe**  
Technicien de la Recherche  
**BASSAVA Swarna Latha**  
Adjoint Technique de la Recherche  
**BELKACEM Madjid**  
Ingénieur d'Etudes  
**BERTOLI Walter**  
Ingénieur d'Etudes  
**BRISSARD Monique**  
Technicien de la Recherche  
**CANTON Bernard**  
Ingénieur d'Etudes  
**CARACO Bernard**  
Technicien de la Recherche  
**CLOAREC Marie-Madeleine**  
Technicien de la Recherche  
**CORONA Pascal**  
Assistant Ingénieur  
**DAUBARD Guillaume**  
Ingénieur de recherche  
**DETOURNAY Michèle**  
Ingénieur de Recherche  
**DHELLOT Marc**  
Assistant Ingénieur  
**DURIN Josette**  
Ingénieur d'Etudes  
**ÉTIENNE Philippe**  
Ingénieur d'Etudes  
**EVARD Christophe**  
Assistant Ingénieur  
**GENAT Jean-François**  
Ingénieur de Recherche  
**GHISLAIN Patrick**  
Technicien de la Recherche  
**GOFFIN Colette**  
Assistant Ingénieur  
**GORRAND Jean-Louis**  
Ingénieur d'Etudes  
**GORRAND Sylviane**  
Technicien de la Recherche  
**GUIMARD Andrée**  
Technicien de la Recherche  
**HORNERO Emmanuel**  
Ingénieur d'études  
**HUPPERT Jean-François**  
Ingénieur d'Etudes  
**IMBAULT Didier**  
Ingénieur de Recherche  
**JOISIN Véronique**  
Technicien de la Recherche  
**JOS Jeanne**  
Assistant Ingénieur  
**LAPORTE Didier**  
Assistant Ingénieur  
**LEBBOLO Hervé**  
Ingénieur de Recherche  
**LE DORTZ Olivier**  
Ingénieur de Recherche  
**MARQUET Laurence**  
Agent Service Technique

**MARTIN David**  
Ingénieur d'Etudes  
**MARTIN Liliana**  
Ingénieur de Recherche  
**MÉPHANE Evelyne**  
Ingénieur de Recherche  
**MERCERON-COSSIN Isabelle**  
Assistant ingénieur  
**MEURGEY Jocelyne**  
Adjoint Technique de la Recherche  
**NAYMAN Patrick**  
Ingénieur de Recherche  
**PARRAUD Jean-Marc**  
Assistant Ingénieur  
**PAVEL Nicolas**  
Technicien de la Recherche  
**PLAUT Jean-Pierre**  
Technicien de la Recherche  
**RANDRIATOAMANANA Richard**  
Ingénieur de Recherche  
**REPAIN Philippe**  
Assistant Ingénieur  
**ROSSEL François**  
Ingénieur d'Etudes  
**ROYNEL Michaël**  
Technicien de la Recherche  
**SEFRI Rachid**  
Ingénieur d'Etudes  
**STEYAERT Didier**  
Assistant Ingénieur (détaché)  
**TERRONT Diego**  
Ingénieur CDD  
**TOUSSENEL François**  
Ingénieur d'Etudes  
**VALLEREAU Alain**  
Ingénieur d'Etudes  
**VINCENT Daniel**  
Ingénieur de Recherche  
**WARIN-CHARPENTIER Patricia**  
Ingénieur de Recherche





LPNHE - Paris

.....

LABORATOIRE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE  
ET DE HAUTES ENERGIES

.....

4, PLACE JUSSIEU  
TOUR 33  
REZ-DE-CHAUSSÉE  
75252 PARIS CEDEX 05

.....

TÉL. : 33 (1) 44 27 63 13  
FAX : 33 (1) 44 27 46 38  
<http://lpnhp.in2p3.fr>

