

**RAPPORT
D'ACTIVITÉ**

2 0 0 2



2 0 0 3

Comité de rédaction :

Sylvie Dagoret-Campagne, Lydia Roos, Philippe Schwemling.

Secrétaire de rédaction :

Isabelle Cossin.

Réalisation :

Jean-Yves Mathy.

Crédits photographiques :

LPNHE.

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

Couverture :

En haut : photo de la coupole du LPNHE.

En bas : .

Conception graphique de l'image de fond de la couverture : Séverine Mauger.

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

© CNRS-LPNHE 1^{er} trimestre 2004

Sommaire

Avant-propos	5
Activités scientifiques et techniques du laboratoire	
Physique sur accélérateur	
Violation de CP : BABAR	11
Physique proton antiproton : DØ	15
Physique au LHC : ATLAS	19
Faisceaux de neutrinos : HARP	23
Physique au LEP : DELPHI	25
Futur collisionneur linéaire	27
Physique hors accélérateur	
Rayons cosmiques d'énergies extrêmes : Observatoire Pierre AUGER	31
Cosmologie avec les Supernovae Ia	35
Astronomie γ des très hautes énergies : HESS/CAT	39
Physique théorique	
QCD et approches phénoménologiques	45
Services techniques et administratifs	49
Introduction	50
Électronique	50
Mécanique	56
Informatique	61
Administration	64
Services généraux	65
Vie du laboratoire	67
Enseignement et formation	68
Activités internes	72
Diffusion de l'information scientifique	79
Liste des publications	93
Annexes	99

Avant-propos

Le **Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes Énergies** mène des recherches en physique expérimentale des particules et des astroparticules ainsi qu'en cosmologie observationnelle. Par astroparticules, on désigne les particules cosmiques de très haute énergie, protons, noyaux, neutrinos, rayons γ . Il s'agit, aussi bien pour les expériences de physique des particules que d'astroparticules, de participations à de grandes collaborations internationales : les expériences ont lieu auprès des accélérateurs et sur des sites observationnels répartis dans le monde entier. Par ailleurs, le LPNHE héberge une équipe de théoriciens en phénoménologie des particules.

Les programmes du LPNHE s'étendent sur plusieurs décennies. Au cours des prochaines années, nous allons continuer notre exploration auprès des accélérateurs de particules, le Tevatron de Fermilab et l'usine à B du SLAC. Le futur sera au LHC du CERN : son énergie, presque dix fois plus élevée que celle du Tevatron, permettra d'atteindre le mécanisme de Higgs pour la génération des masses. Des théories comme la supersymétrie et les super-cordes suggèrent des mondes nouveaux qui devraient être accessibles au LHC. Elles fournissent des hypothèses à tester sur la nature

de la matière noire et ouvrent la voie à une unification des forces de la nature incluant la gravitation quantique. Les observations astronomiques permettent d'atteindre les traces des débuts, du « Big Bang ». A la suite de l'étude des supernovae de type Ia, à laquelle le LPNHE a participé, plusieurs mesures suggèrent fortement que l'univers est principalement rempli de matière noire et d'énergie noire, différentes de tout ce que nous avons vu auparavant.

Les questions sont nombreuses : où est l'antimatière ? Quels mécanismes produisent les ultra-hautes énergies observées dans les rayons cosmiques ? Pourquoi les neutrinos changent-ils de nature ? Que sont cette matière noire et cette énergie noire ? Le LHC pourrait-il permettre de recréer la matière noire ? Les expériences en cours et en préparation auxquelles participe le LPNHE ont la capacité de répondre à ces questions et à donner ainsi une nouvelle perspective sur la compréhension du monde qui nous entoure.

L'expérience **ATLAS** au LHC commencera à prendre des données à partir de 2007, au cours du prochain plan quadriennal. La mission spatiale **JDEM** pour la mesure précise de l'énergie noire est prévue autour de 2012. De même, un

collisionneur linéaire et peut-être d'autres missions spatiales sont attendus dans les dix ans à venir. D'ici là, les expériences $DØ$ à Fermilab et *BABAR* à SLAC vont accumuler des données: $DØ$ sur le quark top et la recherche du Higgs, *BABAR* (puis LHCb au CERN) sur la violation de la symétrie CP entre matière et anti-matière et sur les mésons beaux. En ce qui concerne les rayons cosmiques de haute énergie, les grandes installations au sol **AUGER** et **HESS** ont des calendriers couvrant la décennie ou plus et ont commencé à prendre des données très significatives.

Le LPNHE participe depuis 1998 aux recherches de supernovae lointaines utilisables pour la mesure des paramètres cosmologiques au sein du Supernovae Cosmology Project (SCP). Cette recherche continue vers de plus grands décalages vers le rouge (jusqu'à $z=0,9$) grâce à la caméra MEGACAM sur le télescope Canada-France-Hawaii (programme SNLS prévu jusqu'en 2008), puis avec l'usine à supernovae (programme SNIFS) qui va permettre la caractérisation fine de l'objet supernova. Le groupe du LPNHE est aussi moteur dans le projet de participation française à JDEM.

Il faut souligner que les contributions du LPNHE embrassent l'ensemble de chaque programme, depuis la concep-

tion de l'expérience, le choix des instruments à utiliser, l'étude et la réalisation de ces instruments, l'acquisition des données et leur traitement, jusqu'à la publication des résultats et leur explication théorique. Pour cela, les physiciens s'appuient sur des compétences en mécanique, électronique et informatique qui permettent de proposer, faire accepter par les collaborateurs et réaliser les instruments conçus au LPNHE.

Tout ceci a lieu au sein de collaborations internationales dans lesquelles la visibilité de la contribution des membres du LPNHE est clairement identifiée. Cela se traduit en particulier par la création par le LPNHE ou la participation de celui-ci à un laboratoire européen associé LEA et dans deux réseaux de recherche et formation européens RTN.

Une tranche temporelle sur deux ans de ces activités est présentée dans ce rapport. Les exposés détaillés sur chacun des sujets montrent combien chacun d'eux a progressé. Les points forts concernent les premiers résultats du run II de $DØ$ présentés en 2003, l'achèvement de la construction des nouveaux TDC de *BABAR*, des caméras de la phase I de HESS, du calorimètre électromagnétique central d'ATLAS, du spectromètre intégral de champ SNIFS, le démarrage de la R&D sur les détecteurs

au silicium du collisionneur linéaire et les données prometteuses obtenues par **BABAR, HESS, AUGER** et au SNLS.

Le laboratoire a eu l'occasion de suivre ces progrès au cours des réunions hebdomadaires du vendredi et a pu discuter de son avenir lors de la biennale de 2003.

Sylvie Dagoret-Campagne, Lydia Roos et Philippe Schwemling ont assuré avec l'aide d'Isabelle Cossin l'édition et bien souvent la rédaction de ce rapport, qu'ils en soient ici remerciés.

Jean-Eudes Augustin

Directeur du LPNHE

Physique sur accélérateur

Violation de CP : BABAR

Physique proton antiproton : DØ

Physique au LHC : ATLAS

Faisceaux de neutrinos : HARP

Physique au LEP : DELPHI

Futur collisionneur linéaire

Physique hors accélérateur

Rayon cosmiques d'énergies extrêmes : Observatoire Pierre AUGER

Cosmologie avec les Supernovae Ia

Astronomie γ des très hautes énergies : HESS/CAT

Physique théorique

QCD et modèles phénoménologiques

Services techniques et administratifs

Électronique

Mécanique

Informatique

Services administratifs

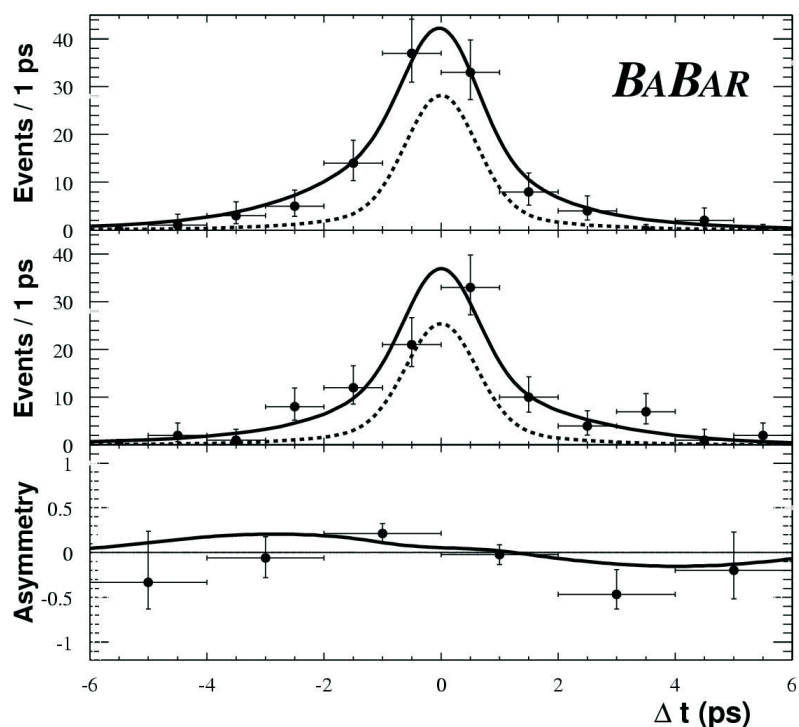
Services généraux

Violation de CP : BABAR

La violation de CP dans les désintégrations des mésons B a été découverte en 2001 par les expériences BABAR et BELLE. Ces observations et les mesures sensibles au couplage du W aux quarks de la troisième génération s'interprètent dans le cadre du modèle standard électrofaible (matrice CKM). Pour affiner le test du modèle standard, il s'agit non seulement d'améliorer la précision des mesures actuelles mais encore d'en réaliser de nouvelles. Si des mesures indépendantes déterminaient des valeurs des paramètres de la matrice CKM incompatibles, une physique au-delà du modèle standard serait décelée. Les usines à mésons B poursuivent ce programme de recherche en accumulant la statistique. L'objectif est d'obtenir une luminosité intégrée de 1 ab^{-1} par expérience d'ici la fin de la décennie, soit un milliard de paires de mésons B.

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 $6,93 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. La luminosité intégrée depuis le début de l'expérience en 1999 est de 154 fb^{-1} (179 pour BELLE).

Le LPNHE collabore à l'expérience BABAR depuis son début, en 1994. Pendant les phases de construction et de mise en service, le LPNHE a pris des responsabilités sur le compteur



Cherenkov DIRC, la production d'événements simulés, les logiciels de reconstruction. Les analyses de physique constituent maintenant l'activité majeure de l'équipe.

Les analyses de physique en cours au LPNHE se concentrent sur les angles α et γ du triangle d'unitarité. Deux approches complémentaires sont poursuivies. Elles exploitent les désintégrations de mésons B sans ou avec un méson charmé dans l'état final. Par ailleurs une recherche sur les paires de τ se poursuit.

Désintégrations de B sans charme

La première approche repose sur le fait qu'en l'absence de contributions

Figure 1 : distributions de Δt (différence des temps de désintégration des deux mésons B d'un événement), pour les événements $\pi^+ \pi^-$ étiquetés comme B^0 (en haut) et \bar{B}^0 (au milieu). Les lignes pleines montrent le résultat de l'ajustement global sur les données. Les lignes pointillées sont relatives au bruit de fond. En bas, est présentée l'asymétrie dépendante du temps entre les B^0 et les \bar{B}^0 avec la courbe de la fonction d'oscillation obtenue par l'ajustement.

hadroniques, la mesure de l'asymétrie $A_{\pi^+\pi^-}$ en fonction du temps pour les canaux $B^0/\bar{B}^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ donnerait directement accès à l'angle α . En réalité, les amplitudes hadroniques et électrofaibles sont de taille comparable, ce qui complique l'extraction de α . Pour s'affranchir de cette « pollution hadronique », la mesure des paramètres d'oscillation dans l'asymétrie en fonction du temps pour $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ doit être complétée par celle de tous les rapports d'embranchement et des asymétries directes pour les canaux $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$, $B^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$ et $B^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$. En effet, les relations d'isospin entre les amplitudes fournissent théoriquement assez de contraintes pour obtenir l'angle α .

De façon analogue, les rapports d'embranchement et asymétries relatifs aux quatre modes $B \rightarrow K\pi$ permettent d'extraire l'angle γ . Plus généralement, des relations similaires peuvent être utilisées dans des désintégrations de mésons B avec trois mésons (π ou K) dans l'état final.

Certains modèles théoriques permettent de calculer les contributions hadroniques avec un fort pouvoir prédictif. Dans un tel cadre, les mesures expérimentales servent non seulement à déterminer les angles du triangle d'unitarité, mais aussi à tester la validité des hypothèses utilisées.

L'équipe du LPNHE est engagée dans l'analyse des données expérimentales des modes non charmés. L'étude des canaux $\pi^+\pi^-$, $K^+\pi^-$ et K^+K^- a fait l'objet d'une thèse soutenue en 2003. Les deux premiers rapports d'embranchement ont été mesurés en 2002 (avec une luminosité intégrée de $81,9 \text{ fb}^{-1}$): $\text{BR}(B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-) = (4,7 \pm 0,6 \pm 0,2) \times 10^{-6}$ et $\text{BR}(B^0 \rightarrow K^+\pi^-) = (17,9 \pm 0,9 \pm 0,7) \times 10^{-6}$. En 2003, les paramètres décrivant la dépendance temporelle

de l'asymétrie $A_{\pi^+\pi^-}$ ont été mesurés (avec 113 fb^{-1}): $s_{\pi^+\pi^-} = -0,40 \pm,22 \pm 0,03$ et $c_{\pi^+\pi^-} = -0,19 \pm 0,19 \pm 0,05$ (voir la figure 1), ainsi que l'asymétrie directe $A_{K\pi} = -0,107 \pm 0,041 \pm 0,013$. Deux de ces résultats sont inattendus: le rapport $\text{BR}(B^0 \rightarrow K^+\pi^-)/\text{BR}(B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)$ vaut environ 4 alors que la valeur prévue en l'absence de termes hadroniques est de 0,05, la mesure de $A_{K\pi}$ contribue à une moyenne mondiale éloignée de zéro d'environ 3,5 écarts-type. Une contribution à l'étude des modes en trois corps a été effectuée par un étudiant après sa thèse passée fin 2001 sur la durée de vie des mésons B.

Les travaux en cours sur les désintégrations sans charme comprennent, depuis l'automne 2003, une thèse sur les rapports d'embranchement et asymétries directes dans les canaux $B^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$ et $B^+ \rightarrow K^+\pi^0$. Elle vise à faire le point sur les analyses d'isospin $\pi\pi$ et $K\pi$ à l'horizon 2006, lorsque *BABAR* devrait avoir intégré une luminosité de 400 fb^{-1} . Le LPNHE participe aussi depuis fin 2003 à l'analyse des désintégrations $B^0 \rightarrow K^+\pi^+\pi^0$. L'ajustement complet des amplitudes non charmées contribuant au diagramme de Dalitz doit permettre d'en extraire l'angle γ .

CKMfitter

Le LPNHE participe au projet CKMfitter (<http://ckmfitter.in2p3.fr>), où des expérimentateurs et un théoricien sont associés pour produire une analyse phénoménologique combinée de toutes les mesures expérimentales et contraintes théoriques liées à la matrice CKM. Les résultats de CKMfitter sont abondamment cités dans la littérature. Outre l'ajustement global des paramètres de la matrice CKM, CKMfitter offre un cadre pour tester les modèles de désintégration des saveurs lourdes.

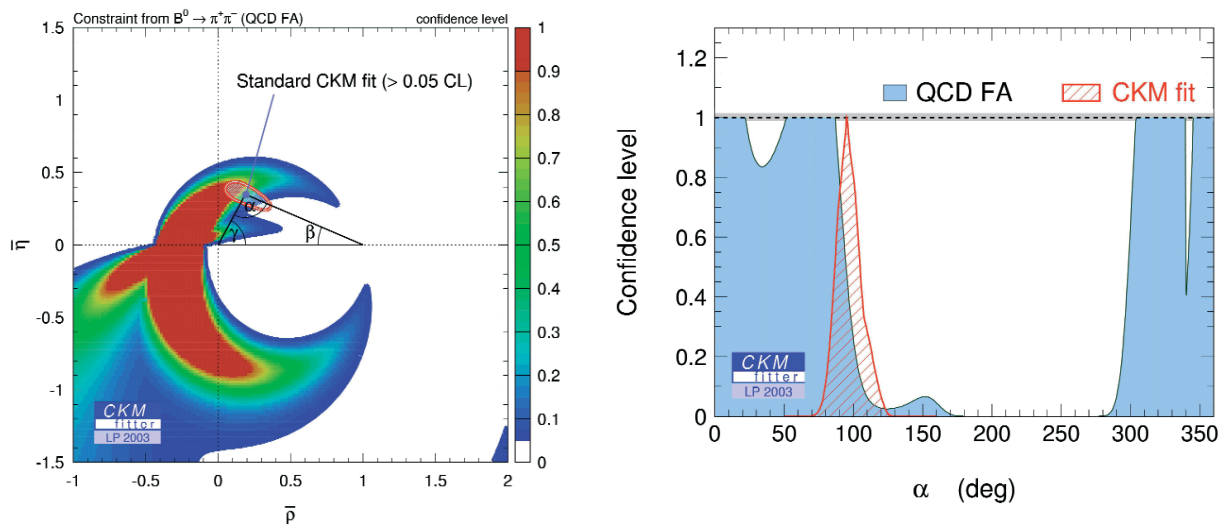


Figure 2 : à gauche : zones permises dans le plan-CKM ($\bar{\rho}, \eta$), en utilisant les mesures expérimentales du canal $B^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ et les paramètres hadroniques du modèle de factorisation QCD. Sont représentés le triangle d'unitarité, ainsi que la région permise par l'ajustement CKM standard. à droite : contraintes sur l'angle α pour cette même méthode.

La figure 2 en est un exemple : elle montre les prédictions obtenues en utilisant le modèle dit de factorisation QCD.

Désintégrations $B^+ \rightarrow (D^0, \bar{D}^0) K^{*+}$

La seconde approche cherche à déterminer γ en utilisant les désintégrations rares de mésons B avec un méson D dans l'état final :

$B^+ \rightarrow (D^0 \text{ ou } \bar{D}^0) K^{*+}$ dans lesquelles D ou \bar{D}^0 se désintègre en un mode qui leur est commun. Dans un tel cas, l'interférence dépend d'un déphasage où γ s'ajoute à une phase forte. L'angle γ peut être contraint si l'on mesure différents canaux de désintégration du charme. Deux méthodes sont envisagées : la méthode de Gronau, London et Wyler (GLW) où sont considérées les désintégrations du méson charmé vers des états propres de CP et la méthode d'Atwood, Dunitz et Soni (ADS) où les modes communs sont autorisés d'après la règle de Cabibbo pour le \bar{D}^0 et doublement interdits pour le D.

Le travail entrepris fait l'objet d'une thèse entamée à l'automne

2002. Les premiers résultats significatifs sont attendus au cours de l'année 2004.

Il est intéressant de noter la complémentarité des deux méthodes suivies pour contraindre γ . Dans la méthode qui vient d'être décrite, les graphes qui interfèrent sont exempts de corrections hadroniques (diagrammes pingouins). Ainsi, la comparaison des mesures de γ par les deux approches pourrait révéler une physique au-delà du modèle standard. Cependant les statistiques sont faibles.

Paires de τ

La mesure de la durée de vie des leptons τ s'avère plus difficile que prévu aux usines à mésons B. Dans l'analyse du LPNHE, un effet systématique de dépendance azimutale est observé avec une amplitude supérieure au niveau des erreurs. A plus long terme, l'objectif envisagé est de mesurer le facteur de forme $K^+ K^0$ dans les désintégrations du τ . Cette mesure doit permettre de contraindre les théories effectives de QCD à basse énergie.

Construction et aspects opérationnels

Le LPNHE a construit une nouvelle version du circuit intégré qui mesure le temps d'arrivée de particules (TDC2) dans le détecteur Cherenkov DIRC. Cette opération était nécessaire pour limiter le temps mort associé à l'augmentation du bruit de fond de la machine, corrélé à la montée en luminosité. L'installation sur le détecteur a eu lieu en septembre-octobre 2002, suite à un projet rondement mené par les électroniciens du LPNHE (voir le chapitre consacré à l'électronique dans ce rapport).

L'implication opérationnelle des physiciens du LPNHE couvre la surveillance du DIRC, le suivi de la qualité des données de ce détecteur et leur reconstruction. 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.

Un logiciel de pointe pour la distribution des données entre les centres de calcul de la collaboration a été développé en partie au LPNHE par un ingénieur informaticien avec l'aide d'un stagiaire. Ce logiciel est maintenant utilisé au CCIN2P3 de façon globale et non pas seulement pour *BABAR*.

Conclusions et perspectives

L'étude de la violation de CP dans les désintégrations des mésons B et, plus généralement, les mesures permettant de contraindre les éléments de la matrice CKM continuent de fonder le programme des recherches en physique électro-faible dans le secteur des saveurs lourdes.

Le détecteur *BABAR* et le collisionneur PEP2 fonctionnent de façon remarquable. Des résultats nouveaux viennent d'être obtenus en spectroscopie des mésons charmés et étranges ainsi qu'en spectroscopie du charmonium. D'autres phénomènes rares surprenants pourraient être mis en évidence grâce à une luminosité sans précédent.

Au-delà des usines à B, les expériences sur les collisionneurs hadroniques permettant d'étudier les mésons B_s sont attendues avec intérêt. Il n'en reste pas moins que certains canaux ne peuvent être étudiés qu'avec l'état initial e^+e^- . C'est pourquoi des études sont en cours à KEK et à SLAC pour envisager une augmentation plus rapide de la luminosité qu'initialement prévu.

De nouveaux projets de machine à haute luminosité (10^{35} ou 10^{36} $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) qui requerraient de nouveaux dispositifs expérimentaux sont également à l'étude.

J. Chauveau

M. Benayoun, H. Briand,
P. David, L. Del Buono,
C. de la Vaissière, O. Hamon,
S. t'Jampens, M. J. John,
F. Le Diberder, Ph. Leruste,
J. Malclès, J. Ocariz,
M. Pivk, L. Roos,
J. Stark, G. Thérin.

Électronique:

Ph. Bailly, H. Lebbolo, A. Vallereau.

Informatique:

L. Martin.

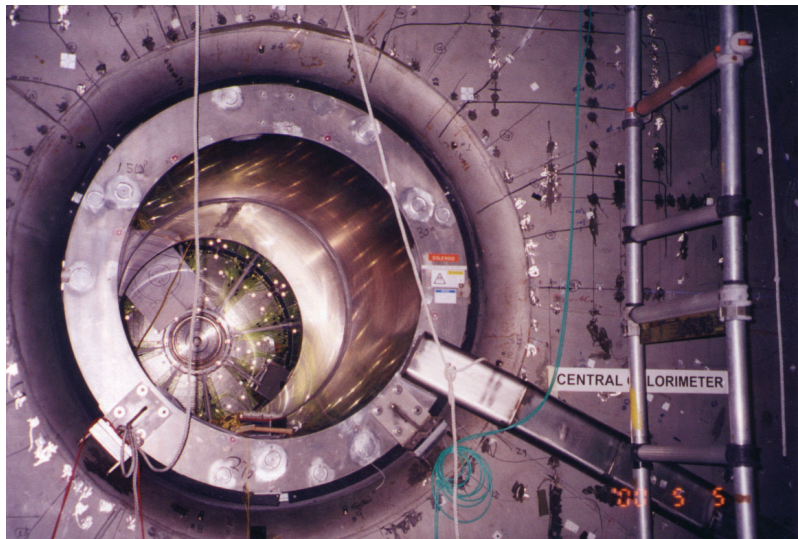
Physique proton antiproton : DØ

Actuellement, le Tevatron est l'accélérateur qui permet d'accéder aux plus hautes énergies par des collisions $p\bar{p}$. Depuis le démarrage du Run II au printemps 2001, une luminosité intégrée d'environ 200 pb^{-1} a été délivrée à chacune des expériences CDF et DØ. Ces données ont permis de présenter les premiers résultats sur des luminosités comparables à celles du Run I lors des conférences de l'été 2003. Dans le but d'accumuler 500 pb^{-1} de données à la fin 2004, l'amélioration des performances du détecteur et des algorithmes de reconstruction s'est poursuivie.

Le groupe DØ du LPNHE concentre ses activités techniques sur le calorimètre, pièce maîtresse de DØ. Il participe à son suivi au jour le jour et a de nombreuses responsabilités dans la reconstruction calorimétrique et dans l'identification des objets tels que les particules électromagnétiques, les jets ou encore l'énergie transverse manquante. 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 font l'objet de trois thèses en cours de préparation et d'une habilitation soutenue en 2003.

L'état de DØ et du Tevatron

Les performances du Tevatron s'approchent continuellement des valeurs nominales attendues pour le Run II. Ainsi, une luminosité instantanée de



$5 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ a été atteinte, encore d'un facteur 2 à 4 inférieure aux prévisions maximales dans la configuration actuelle. Néanmoins, une réévaluation de la luminosité intégrée prévue pour la fin 2008 a mené à une estimation de 4 à 8 fb^{-1} par expérience. Le remplacement des détecteurs de microvertex en silicium, initialement prévu pour 2006, a donc été reconsidéré et seule une couche supplémentaire autour du tube à vide serait ajoutée au détecteur de DØ. En outre, le système de déclenchement calorimétrique sera remplacé et permettra l'utilisation d'algorithmes à fenêtres glissantes.

Durant ces deux dernières années, presque toutes les fonctionnalités du détecteur DØ ont été progressivement mises en route. Seules la qualification du système de déclenchement sur des vertex secondaires (STT) prévue pour avril 2004 et l'intégration des détecteurs à proton dans l'acquisition standard doivent être encore finalisées.

Figure 1 : Le calorimètre central de DØ après l'insertion du solénoïde.

L'amélioration des algorithmes utilisés dans le programme de reconstruction permet maintenant d'atteindre une efficacité de reconstruction des traces de plus de 95 % et une efficacité d'étiquetage des jets issus des quarks b de 50 %. L'utilisation des détecteurs de pieds de gerbes dans la reconstruction de l'énergie réduit l'influence des matériaux non-instrumentés en amont du calorimètre, notamment du solénoïde, et améliore la résolution en énergie, en particulier pour les électrons de basse énergie.

La calorimétrie

L'évaluation continue de la qualité des données du calorimètre est d'une importance primordiale afin d'éviter des biais dans la reconstruction de l'énergie transverse manquante ou encore l'apparition de faux jets ou électrons. Les canaux défaillants sont détectés à plusieurs niveaux, en particulier lors de la calibration en ligne, soit pendant la mesure des piédestaux, soit par l'utilisation des pulseurs. Les résultats de ces procédures sont écrits dans une base de données afin de permettre leur utilisation dans le programme de reconstruction.

Après reconstruction, l'énergie transverse manquante fournit un bon outil de test de la qualité des données. Ainsi, environ 5 % des données ont été rejetés à cause d'un fonctionnement insuffisant du calorimètre.

Une avancée importante pour la reconstruction calorimétrique a été réalisée par l'introduction de l'algorithme T42 par notre groupe pour la suppression de zéro hors-ligne. Similaire à un algorithme utilisé par l'expérience H1, il consiste à rejeter toutes les cellules avec un dépôt d'énergie entre 2 et 4σ de la largeur du piédestal lorsqu'elles ne sont pas

voisines d'une cellule ayant un dépôt d'énergie supérieur à 4σ . Contrairement à H1, toutes les cellules négatives sont rejetées. L'utilisation de T42 a permis non seulement d'améliorer la reconstruction de l'énergie transverse manquante, mais aussi une meilleure identification des électrons de basse énergie et une réduction des ambiguïtés lors de la reconstruction des jets.

Des progrès restent tout de même à faire dans la compréhension et l'amélioration des performances du calorimètre. Des questions sont toujours ouvertes concernant la résolution en énergie des électrons aussi bien que des jets, les possibles effets de diaphonie ou encore la simulation des matériaux non-instrumentés. Le temps d'intégration plus court du signal peut influencer les propriétés compensatrices du calorimètre et introduire des inhomogénéités plus importantes, en particulier dans les interstices entre différents modules.

Physique

De par son énergie dans le centre de masse de $\sqrt{s} 1,8$ TeV, le Tevatron est actuellement le seul collisionneur qui permet l'étude des quarks top et la recherche du boson de Higgs. Dans les deux domaines, les signatures expérimentales, basées sur la présence d'un électron, d'énergie transverse manquante et de jets de b , sont semblables. Cette particularité nous a permis de développer des outils et des méthodes techniques communs tout en préservant une grande 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 $q\bar{q}$. Les prédictions théoriques de la

section efficace ont été calculées au NNLO avec une précision d'environ 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 erreurs expérimentales sont encore trop importantes pour observer cet effet. Outre la faible statistique, l'erreur expérimentale est dominée par l'incertitude sur l'échelle en énergie des jets, sur laquelle une étude a été réalisée dans le cadre des résultats présentés aux conférences d'été 2003.

Pour les conférences d'été 2004, une analyse dans le canal électron+jets est en cours. 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 dileptoniques et une meilleure pureté que le canal 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. Les premiers résultats avec un étiquetage par vertex secondaire ont été présentés et laissent prévoir un potentiel d'amélioration important.

Production électrofaible du top

La production électrofaible du quark top a une section efficace similaire à la production par interaction forte, mais son observation est plus difficile à cause d'un rapport signal sur bruit plus faible. Sa mise

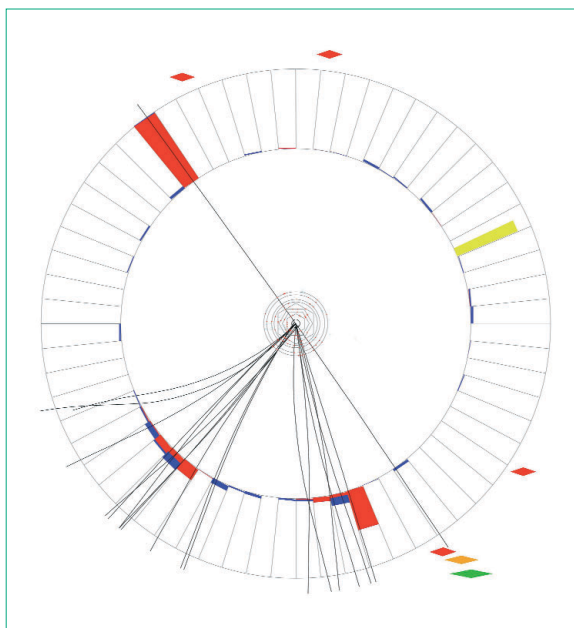


Figure 2 : un événement de l'échantillon $Wb\bar{b}$ avec un électron, un muon, de l'énergie transverse manquante et deux jets de b étiquetés, caractéristiques d'un événement top dans le canal électron-muon.

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 sur bruit est d'un facteur environ 10 fois plus important que pour les interactions pp au LHC. La production électrofaible du quark top est un des bruits de fond principaux pour la recherche du boson de Higgs.

Une étude préliminaire dans le canal électron+jets utilise des critères de sélection développés au Run I, à savoir des coupures topologiques et l'étiquetage des quarks b par des muons de faible énergie.

Recherche du boson de Higgs

Jusqu'au démarrage du LHC, le Tevatron offre la seule opportunité pour la recherche du boson de Higgs et ceci en particulier dans un domaine de masse entre 115 et 130 GeV/c^2 , favorisé par les ajustements électrofaibles. Néanmoins, une luminosité importante serait nécessaire pour atteindre un nombre d'événements suffisant pour une découverte à 5σ .

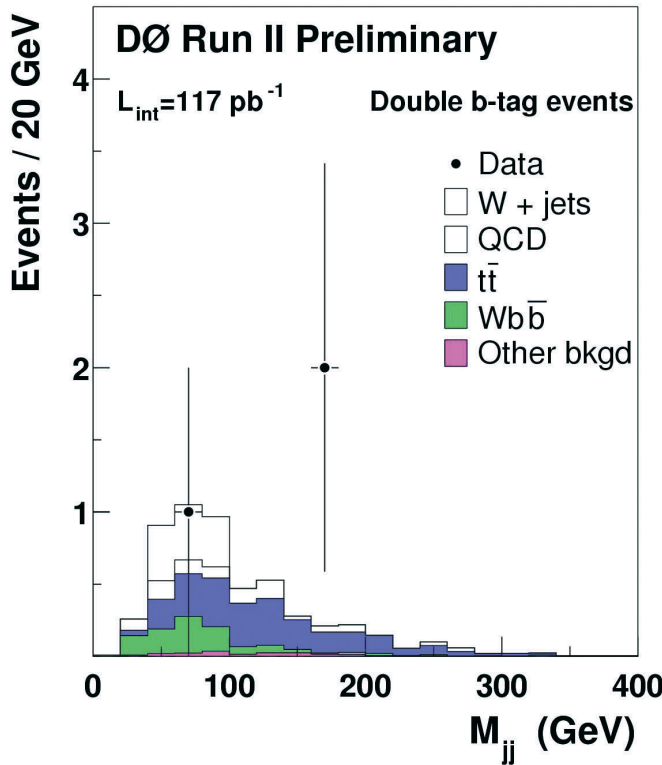


Figure 3 : Le spectre de masse di-jets des événements $Wb\bar{b}$ pour la recherche du boson de Higgs.

Une première étape dans la recherche du boson de Higgs consiste à mesurer avec une bonne précision la section efficace $Wb\bar{b}$, bruit de fond principal pour la recherche du Higgs. Des résultats préliminaires dans le canal électron+jets ont été présentés aux conférences d'été 2003.

Pour cette analyse, l'étiquetage des quarks b utilise la probabilité que la distance d'un vertex secondaire aux vertex primaires corresponde à la durée de vie d'un quark b. De l'ordre de 70 % des jets permettent une évaluation de ce critère. L'étiquetage des jets de b par cette méthode a une efficacité de 35 % pour un taux d'erreur d'environ 1 %. Une efficacité d'étiquetage des b de l'ordre de 60 % est attendue par la combinaison de cette méthode avec un étiquetage par la significativité du paramètre d'impact.

En demandant un étiquetage des deux b, trois événements ont été sélectionnés sur un lot de données de 117 pb^{-1} pour 5,5 événements attendus dans le cadre du modèle standard.

Perspectives

Une luminosité intégrée de 300 pb^{-1} est attendue pour des résultats préliminaires qui seront présentés aux conférences d'été 2004, avec pour la première fois une statistique significativement plus importante qu'au Run I.

Des améliorations dans les algorithmes et les calibrations en cours de développement résulteront en 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 sera le point culminant de notre activité dans ce domaine.

L'accumulation des événements est particulièrement intéressante pour les recherches de nouvelles particules et du boson de Higgs. Cette luminosité intégrée de 300 pb^{-1} devrait permettre de mettre en évidence la production électrofaible du top. La précision sur la section efficace devrait atteindre 15 %. Avec une bonne maîtrise du lot d'événements top, des mesures de masse peuvent être envisagées : la réduction de l'erreur jusqu'à ΔM_{top} de 2 GeV/c^2 avec une luminosité intégrée de 2 fb^{-1} contraindra davantage le domaine de masse prédit pour le boson de Higgs dans le modèle standard et viendra en complément de sa recherche directe.

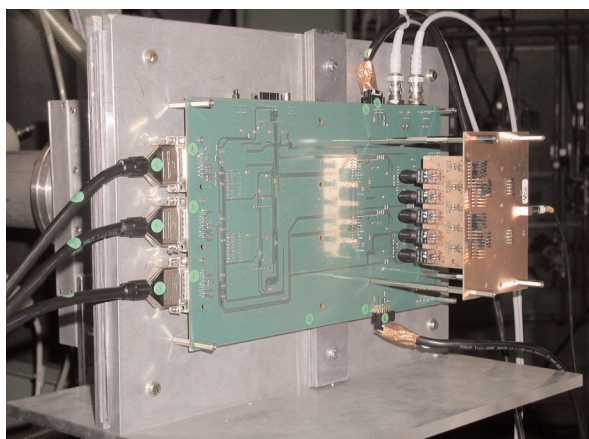
U. Bassler, G. Bernardi

B. Andrieu, S. Beauceron,
E. Busato, T. Kurça,
S. Trincaz-Duvoid,
J.-R. Vlimant.

Physique au LHC : ATLAS

Les expériences auprès du futur collisionneur LHC du CERN vont permettre d'explorer de nombreux domaines de la physique des particules à une énergie dans le centre de masse de 14 TeV, encore jamais atteinte par un accélérateur. ATLAS, ainsi que son expérience sœur CMS, ont été conçues 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.

Actuellement, la construction du détecteur est largement entamée. En particulier, après trois années de production et d'assemblage, l'ensemble des calorimètres électromagnétiques n'attend plus que les derniers tests d'intégration à froid avant d'être installé définitivement. Le LPNHE est impliqué dans la réalisation du calorimètre électromagnétique du détecteur ATLAS, un calorimètre à échantillonnage en plaques de plomb et argon liquide, le tout empilé en « accordéon ». Pour la plupart des éléments du calorimètre, les années 2002 et 2003 ont été consacrées à la production en série (absorbeurs, électrodes) et



à la préparation de la production en série pour l'électronique de lecture : réalisation de pré-séries (circuits intégrés résistants aux radiations) et mise en place de bancs de tests destinés à l'évaluation et au test final des cartes définitives. Au total, trente-deux modules, représentant un total de 2048 absorbeurs et le double d'électrodes, ont été assemblés en 2002 et 2003. Quatre de ces modules ont été testés en faisceau avec succès et ont permis à la collaboration de vérifier que les performances requises par les analyses de physique seront effectivement atteintes par le détecteur complet.

Figure 1 : vue d'une carte de test d'ASIC SPAC, lors de son irradiation au PSI (Zürich).

Électronique

Les cartes d'acquisition et autres modules du châssis d'électronique frontale peuvent être configurés depuis la salle de contrôle par l'intermédiaire d'un lien série lié à la carte de contrôle du châssis. Celle-ci distribue également l'horloge à 40 MHz du LHC et les décisions du système de déclenchement. Le rôle du laboratoire est de



Figure 2: vue d'un demi baril du calorimètre, posé sur le bâti d'insertion.

fabriquer la carte de contrôle du châssis d'électronique frontale et de mettre en œuvre le protocole de communication série (SPAC - Serial Protocol for the Atlas Collaboration).

L'implémentation du protocole SPAC a nécessité le développement d'un circuit intégré (ASIC) SPACSLAVE situé dans chaque carte du châssis d'électronique frontale. Une pré-série de 150 pièces en technologie DMILL (résistante aux radiations) a été caractérisée avec succès par le laboratoire, d'abord sur banc de test. Ensuite, le fonctionnement sous irradiation de cinq circuits a été testé, là encore avec succès, lors d'une prise de données spécifique auprès d'un faisceau de protons du PSI, près de Zürich. L'attention a tout particulièrement porté sur les effets transitoires dus à l'irradiation et susceptibles d'induire un comportement erratique du circuit SPAC. A la fin de l'année 2003, un premier lot de 131 ASIC (sur un total de 3300) a été réceptionné et testé au laboratoire; 80 % d'entre eux sont parfaitement fonctionnels, ce qui garantit que la collaboration dispose d'un nombre suffisant de pièces, y compris de pièces de rechange, pour toute la durée de vie d'ATLAS.

Plusieurs prototypes de cartes contrôleur ont été réalisés en 2002 et 2003 afin de répondre aux besoins des bancs de test d'électronique frontale dans d'autres instituts de la collaboration. En particulier, un prototype a été ins-

tallé à Brookhaven, où doit se faire le test final d'intégration de l'électronique. Le laboratoire a participé aux premiers tests d'intégration et a démontré le bon fonctionnement du contrôleur dans un châssis d'électronique quasiment définitif d'ATLAS.

Enfin, le groupe a finalisé l'étude du refroidissement par eau des cartes « Read-Out Driver » et est en train de transférer la technologie à l'équipe de l'Université de Genève, en charge de la production de série.

Qualification des électrodes

Au cours des années 2002 et 2003 ont été produites et testées toutes les électrodes en cuivre et polyimide utilisées dans le calorimètre électromagnétique d'ATLAS. Le laboratoire a participé à leurs tests électriques qui reposent sur la nécessité de qualifier le produit à la sortie de l'entreprise (avant pliage des électrodes) ainsi que d'en vérifier la qualité avant l'assemblage des modules du calorimètre (après pliage). Deux types de tests ont été effectués: des tests de tenue en haute tension et des mesures de résistances et de capacités, à l'aide de bancs de test spécifiques. Les tests des électrodes pliées de type A ainsi que leur finition en vue du montage (soudure des ressorts de masse et montage des espaceurs) ont été effectués au laboratoire, dans une salle spécialement aménagée afin d'obtenir un environnement « propre ». Le LPNHE a également suivi pour partie la production des électrodes dans l'industrie, en assurant une présence intensive d'un ingénieur pour aider l'entreprise (CICOREL) à utiliser les bancs de test, et également pour lui fournir en permanence un retour rapide d'information sur la qualité du produit fini.

Métrie des absorbeurs

Un contrôle précis des plaques de plomb est indispensable pour assurer une bonne homogénéité de la réponse

du calorimètre (terme constant de la résolution en énergie inférieur à 1 %). Les résultats de ces contrôles ont été utilisés pour déterminer le placement des plaques de plomb dans le détecteur, de manière à assurer une réponse la plus homogène possible et ont ainsi permis de maintenir la contribution des inhomogénéités résiduelles à moins de 0,2 % sur l'ensemble du détecteur. Après pliage et assemblage des différents éléments constituant un absorbeur, tous les absorbeurs ont été contrôlés. Ces mesures ont permis de s'assurer de la stabilité de la chaîne de production.

Intégration

La table d'assemblage du détecteur électromagnétique « bouchon » et le bâti d'insertion du « baril » ont été livrés au CERN en 2002. Ils ont été utilisés avec succès pour l'insertion des deux demi-barils en 2002 et 2003, et pour l'assemblage de l'un des deux détecteurs électromagnétiques « bouchon ».

Enfin, dans le but d'améliorer la compréhension des problèmes de câblage du détecteur lors de l'intégration, le laboratoire a réalisé fin 2003 une maquette en vraie grandeur de la face avant du cryostat bouchon.

Tests en faisceau

Les tests en faisceau des modules de série ont eu lieu au CERN en 2000, 2001 et 2002. La mesure de la diaphonie dans les électrodes du baril a été prise en charge par le groupe du laboratoire. Pour chaque module testé, une cartographie détaillée de la diaphonie a été produite. L'ensemble des mesures a permis la qualification des modules de série pour ce qui est de la diaphonie.

Le groupe s'est également intéressé depuis 2002 à la résolution de la mesure du temps d'arrivée des particules dans le calorimètre. La mesure du temps d'interactions présente un intérêt important pour la recherche de désintégrations de neutralinos se signalant par l'apparition de photons retardés dans le

calorimètre.

Cette mesure permet aussi de réduire l'effet de l'empilement dû aux croisements de faisceaux précédents, ainsi que de reconstruire la position longitudinale du vertex de l'événement dans le cas, par exemple, de désintégrations du boson de Higgs en deux photons.

Par ailleurs, les possibilités d'exploitation des prises de données de muons cosmiques pour l'alignement et un premier étalonnage in situ du calorimètre ont commencé à être étudiées à partir des données de test en faisceau.

Enfin, dans le cadre de la préparation des tests en faisceaux « combinés » de 2004, associant des modules de calorimètres électromagnétiques et hadroniques, le LPNHE a monté un module de calorimètre bouchon destiné à ces tests.

Analyses de physique

Le groupe participe à la préparation des programmes de reconstruction et des analyses de physique pour ATLAS. L'activité porte sur l'identification des électrons, la mise au point d'algorithmes de reconstruction et l'étude de désintégrations de mésons J/ψ ou $d^*\gamma$ en paires d'électrons. Ces paires d'électrons, provenant d'une résonance de masse parfaitement connue, présentent en effet l'intérêt de pouvoir être utilisées pour l'étalonnage du détecteur.

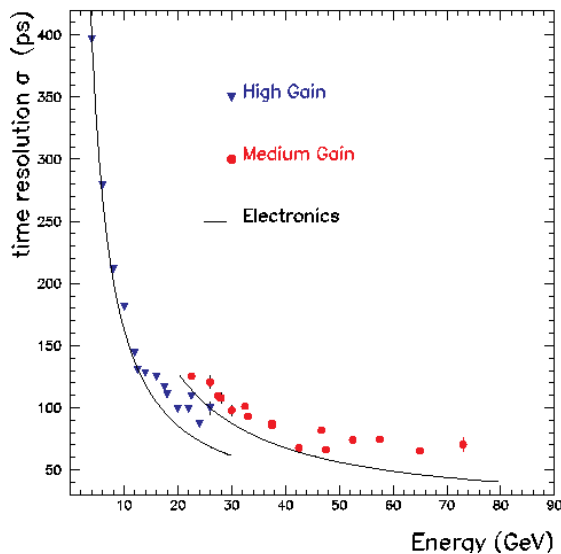


Figure 3 : résolution temporelle du calorimètre, en fonction de l'énergie.

Figure 4: comparaison des performances d'identification des électrons et des pions, pour la géométrie la plus récente du détecteur (TDR-Athena) et une version plus ancienne (TDR).

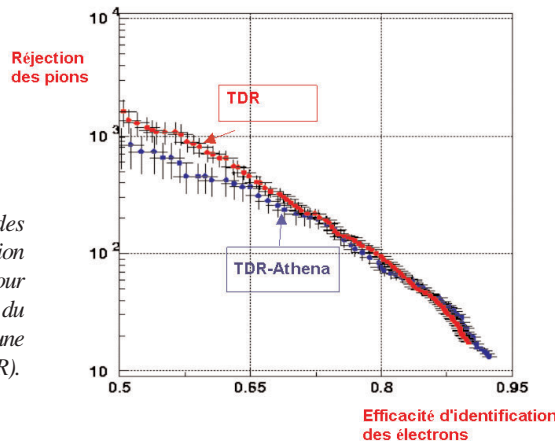
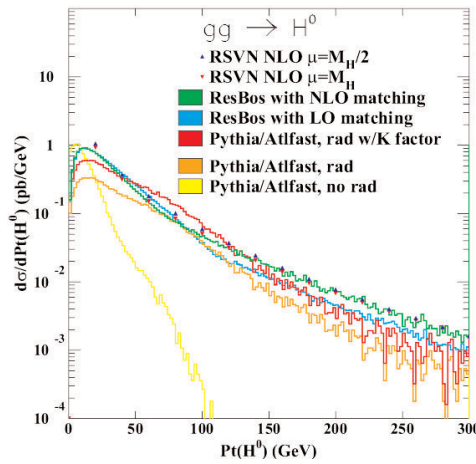


Figure 5: sections efficaces différentielles de production de Higgs en fonction de son impulsion transverse, selon divers générateurs Monte-Carlo.



Avec le développement de modèles phénoménologiques à partir de théories des cordes, la recherche de dimensions supplémentaires est devenue un domaine en pleine effervescence. L'unification des couplages pourrait se produire à une échelle d'énergie plus basse que dans le MSSM s'il existait des dimensions supplémentaires. La signature de cette unification peut être recherchée dans un excès éventuel de la valeur de la section efficace de production d'événements dijets à très haute impulsion transverse par rapport à celle attendue dans le modèle standard. L'étude des perspectives de découverte d'un tel phénomène a été menée en prenant en compte l'effet des incertitudes sur les fonctions de structure du proton et a pointé sur la nécessité d'améliorer la connaissance en particulier du contenu en gluons du proton.

Certaines variables cinématiques étudiées dans le cadre de la recherche de dimensions supplémentaires peuvent également être mises à profit pour améliorer les performances d'ATLAS dans la recherche de la désintégration du boson de Higgs en deux photons. Ceci a débouché sur une étude, toujours en cours, consistant à évaluer avec soin les performances d'ATLAS pour ce canal, en utilisant les derniers développements théoriques concernant les propriétés tant du signal que des divers bruits de fond.

Depuis le premier semestre 2003, le groupe évalue par ailleurs la faisabilité de l'implémentation d'algorithmes de type Flux d'énergie, inspirés de ceux mis en œuvre par ALEPH ou DØ, afin d'optimiser la résolution du détecteur sur la mesure de l'énergie contenue dans un jet ou de l'énergie transverse manquante.

Enfin, le groupe mène actuellement une réflexion critique sur la philosophie actuelle du système de déclenchement.

Ph. Schwemling

A. Camard, F. Derue, M. Escalier, S. Ferrag, W. Krasny, B. Laforge, I. Nikolic-Audit, M. Ridet.

Électronique :

M.M. Cloarec, M. Dhellot, A. Guimard, O. Le Dortz, D. Martin, J.-M. Parraud, F. Rossel.

Informatique :

F. Astesan, P. Warin-Charpentier

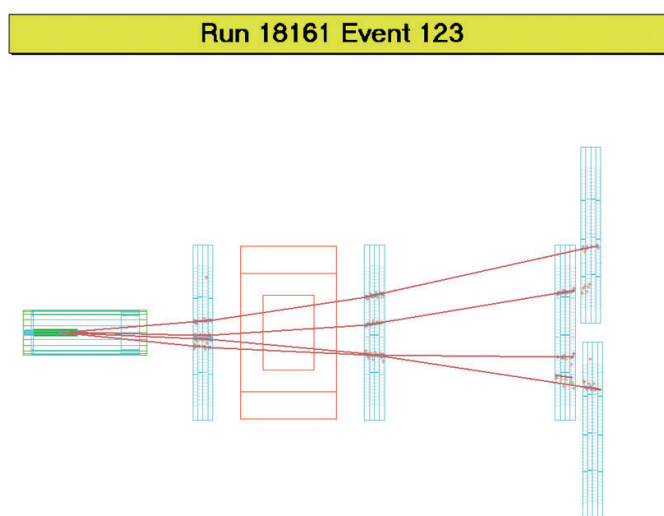
Mécanique :

W. Bertoli, B. Canton, A. Commerçon, Ph. Étienne, C. Evrard, P. Ghislain, D. Imbault, D. Laporte, Ph. Repain, D. Steyaert, D. Vincent.

Faisceaux de neutrinos : HARP

L'expérience HARP a pour but une étude détaillée de la production hadronique à basse énergie. Cette étude est indispensable aux projets de futurs faisceaux de très haute intensité, superfaisceaux et usines à neutrinos, dont l'avènement permettra de caractériser complètement le phénomène des oscillations de neutrinos, incluant en particulier la possibilité de violation de CP dans le secteur leptonique. A plus court terme, les résultats de HARP sont attendus pour affiner la connaissance des faisceaux de deux expériences de recherche d'oscillations de neutrinos en cours : K2K au Japon et MiniBooNE aux USA. Enfin, les mesures de HARP seront essentielles aux programmes de simulation des cascades atmosphériques aboutissant au calcul du flux des neutrinos atmosphériques et plus largement aux modèles de développement de gerbes hadroniques utilisées dans les simulations Monte-Carlo.

L'expérience repose sur une couverture quasi complète de l'espace des phases – en distribution angulaire, en impulsion et identification des particules - disponible au PS du CERN: les parties centrales et arrières des collisions sont détectées par une chambre à projection temporelle (TPC) cylindrique, au centre de laquelle est insérée la cible interchangeable; la partie vers l'avant relève d'un spec-



tromètre classique, composé de chambres à dérive encadrant un aimant dipolaire et d'éléments d'identification de particules (Cherenkov à seuil, système de temps de vol et calorimètre).

Une première campagne de prise de données en 2001 a permis de mettre à jour et de corriger partiellement un problème d'inefficacité de déclenchement. En 2002, quatre mois de données ont été accumulés, couvrant l'éventail des conditions prévues: des faisceaux de pions et de protons d'impulsion variant de 1,5 à 15 GeV/c ont été envoyés sur une dizaine de cibles solides, du beryllium au plomb, installées successivement dans la TPC. Puis, des cibles cryogéniques (H_2 , D_2 et O_2 qui concernent les neutrinos atmosphériques) et des répliques des cibles des expériences K2K et MiniBooNE ont également

Événement reconstruit dans le spectromètre avant de HARP.

été soumises à ces faisceaux. La statistique accumulée (10^6 interactions enregistrées par point de fonctionnement) a pour but de maintenir l'incertitude statistique globale sur les sections efficaces mesurées en dessous de 1 %.

La contribution du groupe du LPNHE, associé à un groupe de Dubna à travers un accord IN2P3-Dubna, a porté sur la maîtrise des chambres à dérive. Les conditions expérimentales particulières de HARP ont dégradé sensiblement la qualité de ces chambres héritées de NOMAD, comme il a été montré dans une thèse soutenue en juin 2003 : la résolution spatiale moyenne est passée de $150 \mu\text{m}$ à $340 \mu\text{m}$ et l'efficacité moyenne, de 98 % à 80 %. Une procédure d'alignement complexe a été nécessaire pour extraire ces résultats et pour reconstruire les traces chargées dans les événements. Malgré cela, l'inefficacité importante des chambres a nécessité le développement de nouveaux algorithmes de reconstruction dont la mise au point se poursuit encore en fin 2003. Par ailleurs, un problème important de diaphonie dans les canaux électroniques de la TPC nécessite également une procédure de correction laborieuse encore en cours début 2004. L'analyse des données proprement dite a donc pris beaucoup de retard : les groupes du LPNHE et de Dubna ont choisi de travailler en priorité sur le traitement des données sur les cibles de K2K et de MiniBooNE.

Au delà de HARP, approfondir la phénoménologie des oscillations de neutrinos passe par la mesure de l'angle de mélange Θ_{13} à travers la recherche d'oscillations $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ sur des rapports distance/énergie typiques des neutrinos atmosphériques. Le projet aujourd'hui le plus attrayant est le projet JPARC- ν qui

consistera à envoyer un nouveau faisceau de neutrinos, actuellement en construction près de Tokai au Japon, vers le détecteur Super-Kamiokande. Ce projet pourrait accueillir une équipe du LPNHE.

J. Dumarchez

B. Popov,
S Troquereau,
F. Vannucci.

Physique au LEP : DELPHI

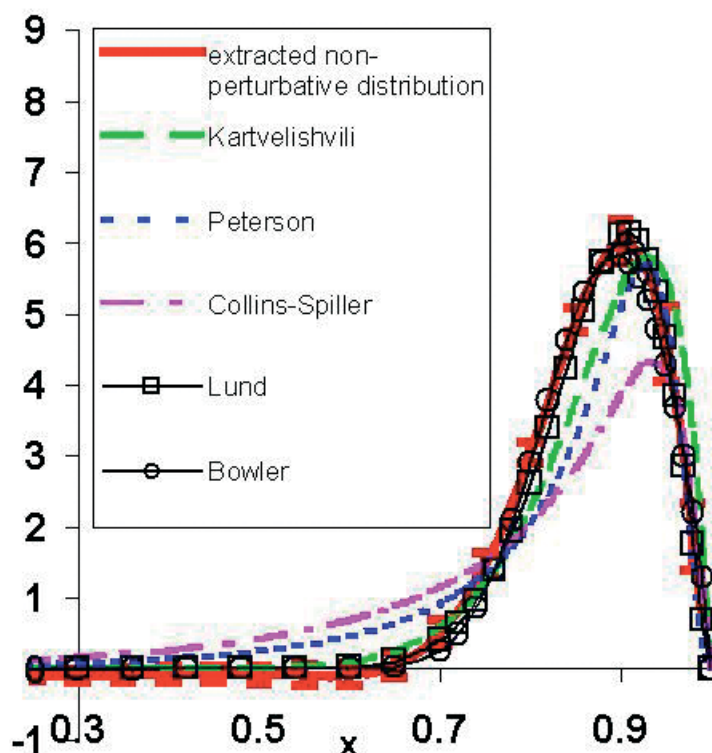
Durant ces deux dernières années consacrées à la fin des analyses des données prises jusqu'en 2000, la richesse des sujets fait que globalement, au sein de DELPHI, plus de 30 articles sont encore en phase de rédaction ou de publication. En ce qui concerne les contributions du LPNHE, trois sujets ont été développés : la recherche du *stop*, en particulier dans le cas où il est dégénéré en masse avec la particule supersymétrique la plus légère, la fragmentation du *b* et la physique $\gamma\gamma$.

La recherche du *stop*

Le travail a été mené au sein du groupe de DELPHI spécialisé dans ce sujet. Les résultats ont été intégrés dans l'article publié par la collaboration. Cet article résume les analyses faites dans le cadre du MSSM (Modèle Supersymétrique Minimal), travail de synthèse auquel le LPNHE a participé. Il a donné lieu à de nombreuses présentations au CERN et s'est conclu par une thèse.

La fragmentation du *b*

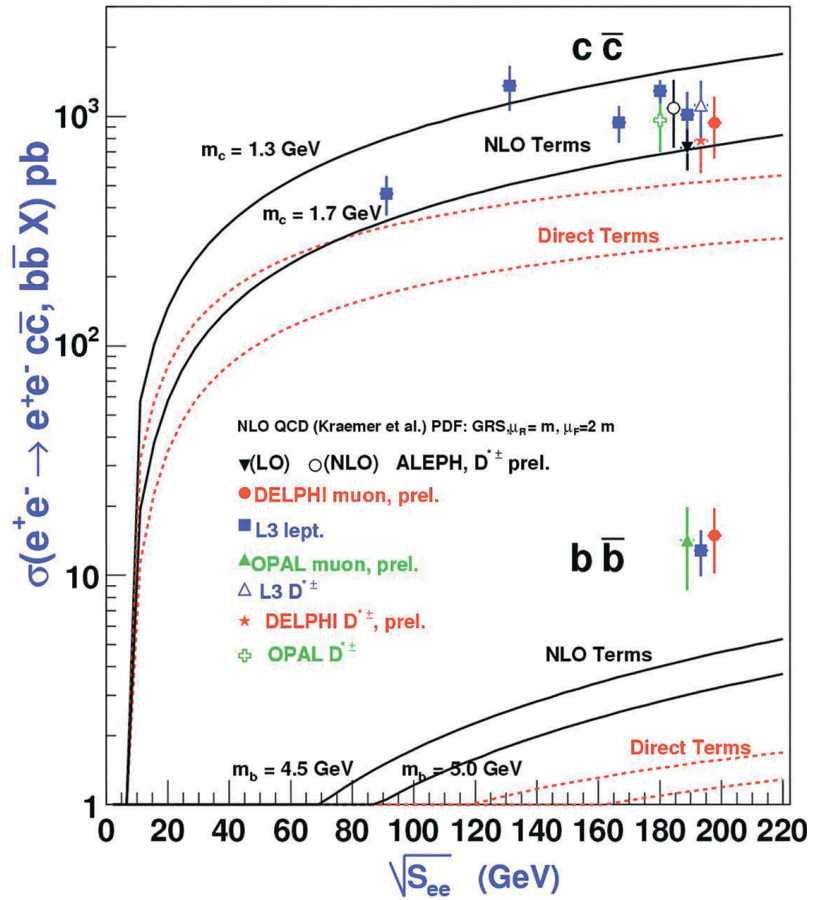
Une méthode nouvelle a été appliquée qui permet, pour la première fois, une extraction directe de la composante QCD non perturbative de la fonction de fragmentation du *b* au LEP.



En appliquant aux deux composantes de cette fonction, c'est-à-dire à la partie perturbative et à la partie non perturbative, une transformation de Mellin, on peut extraire directement dans l'espace de Mellin conjugué, la composante non perturbative, comme un simple rapport de la distribution totale et de la partie perturbative. Par transformation inverse, on ramène le résultat dans l'espace de la variable $x = E_B/E_{\text{faisceau}}$. Ce travail a donné lieu notamment à une présentation à la conférence EPS 2003. La suite

Figure 1 : fonction de fragmentation du quark *b* avec comparaison du résultat obtenu avec ceux de Kartvelishvili, Peterson, Lund et Bowler.

Figure 2 : mesure des sections efficaces $b\bar{b}$ et $c\bar{c}$ dans les interactions $\gamma\gamma$ au LEP. On constate clairement un excès d'un facteur 3 pour le canal $b\bar{b}$ par rapport aux prédictions théoriques les plus élaborées (Next to Leading Order). En revanche, le résultat est conforme pour $c\bar{c}$. Les trois expériences OPAL, L3 et DELPHI publient des mesures compatibles pour ce que l'on pourrait interpréter comme un signal de « nouvelle physique ».



consiste maintenant à étudier si ce résultat s'applique à un autre environnement que celui d'un collisionneur e^+e^- , c'est-à-dire au cas d'un collisionneur hadronique (Tevatron). Un travail de thèse est en cours, thèse effectuée en cotutelle avec le groupe DELPHI du LAL.

La physique $\gamma\gamma$

Un des thèmes importants est la détermination de la section efficace de production du charme et de la beauté dans les interactions photon-photon au LEP. Cette question a été largement débattue au sein de la communauté des expériences LEP et trois des quatre collaborations, OPAL, L3 et DELPHI, ont annoncé des résultats différents

d'un facteur 3 par rapport aux prédictions théoriques obtenues par des calculs de QCD perturbatifs NLO. Cet excès a été présenté dans plusieurs conférences dont celle de l'EPS en juillet 2003.

[M.Baubillier](#)

J. Abdallah,
J.-E. Augustin,
E. Ben Haïm,
M. Berggren,
C. Carimalo,
W. Da Silva,
F. Kapusta,
A. Savoy-Navarro.

Futur collisionneur linéaire

Depuis la fin du LEP en novembre 2000, un groupe de physiciens du LPNHE a rejoint la communauté internationale qui promeut un collisionneur linéaire e^+e^- , ILC (Intermediate Linear Collider), fonctionnant dans le domaine d'énergie dans le centre de masse allant de 90 GeV à 800 GeV ou autour du TeV. Une première proposition axée sur le développement d'un détecteur de traces au silicium s'insérant dans le concept du détecteur TESLA a été présentée au conseil scientifique du LPNHE fin 2000. Cette idée s'est développée dans le courant de 2001 et a été présentée pour la première fois à la communauté internationale dans le cadre du premier atelier de la série ECFA-DESY Extended Studies en septembre 2001 à Cracovie.

L'activité du groupe collisionneur linéaire au LPNHE s'est largement développée au cours des deux dernières années, autour des différents aspects de cette R&D.

R&D SiLC : concepts et collaboration internationale

Le LPNHE, à partir de janvier 2002, a initié avec l'équipe de l'Université de Santa Cruz (UCSC-SCIPP) un projet de collaboration internationale sur les détecteurs de traces en silicium. Le laboratoire joue un rôle moteur dans l'initiation et le développement des idées conductrices de cette R&D. Ce projet, SiLC (Silicon tracking for the Linear Collider), a pour but de construire la nouvelle

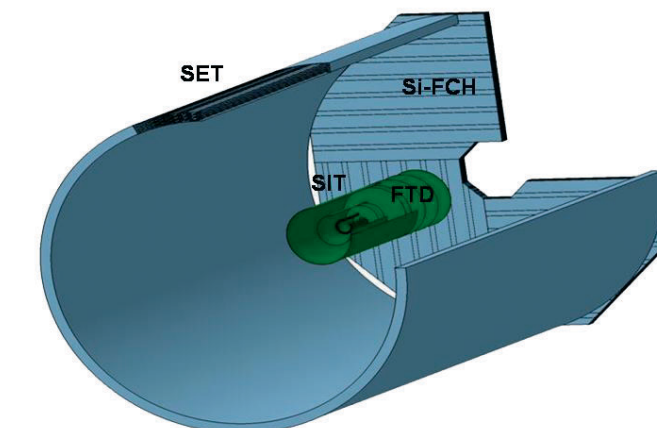


Figure 1 : l'enveloppe en silicium comprend : le SIT (Silicon Internal Tracker) et le FTD reliant microvertex et TPC, le SET (Silicon External Tracker), proposé par le LPNHE, reliant TPC et calorimètre central et les Si-FCH (bouchons).

génération de détecteurs de traces en silicium, en partant de l'acquis sur les expériences en prise de données actuellement (CDF-II, AMS, STAR) ou celles en cours de construction pour le LHC (ALICE, ATLAS, CMS) ou GLAST.

Le LPNHE a proposé pour la première fois en janvier 2002, à l'atelier sur le futur collisionneur linéaire à Chicago, le concept de l'enveloppe en silicium. Ce concept allie deux techniques de détection des traces très prometteuses pour les collisionneurs linéaires : une TPC (Time Projection Chamber) entourée de détecteurs en silicium.

L'enveloppe en silicium comprend : le SIT (Silicon Internal Tracker) et le FTD (Forward Tracking detection) reliant microvertex et TPC, le SET (Silicon External Tracker), proposé par le LPNHE, reliant TPC et calori-

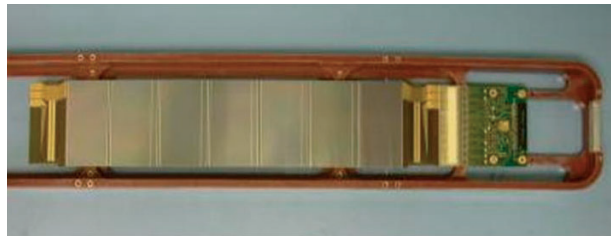


Figure 2 : premier prototype d'échelle longue.

mètre central et les Si-FCH (Forward Chambers), bouchons.

L'enveloppe en silicium constitue avec le microvertex un système complet de détection des traces qui couvre tout l'espace jusqu'aux petits angles. Le LPNHE a joué également un rôle moteur dans l'intégration de la collaboration SiLC dans le cadre du PRC-DESY (Physics Research Committee de DESY). Dix-huit instituts, situés en Asie, Europe et aux USA et représentant environ 90 personnes, ont été réunis autour d'une proposition de R&D présentée au PRC-DESY en mai 2003 qui l'a acceptée, pour une durée de trois ans.

R&D SiLC sur détecteurs en silicium

Cette R&D concerne principalement les détecteurs à micropistes longues et les détecteurs silicium à dérive. A l'avant (bouchons), seules peuvent être utilisées les micropistes longues. Cette technologie est prioritairement développée par notre laboratoire.

Les enjeux sont de poursuivre les développements sur des wafers plus grands (supérieurs à huit pouces) et à la fois plus fins, à distance entre pistes inférieure à 100 μm , éventuellement double face et à rendement supérieur à 50 %. Notre groupe développe des collaborations avec l'industrie, notamment Hamamatsu (voir chapitre Valorisation). D'autre part, il a mis en route un banc de test pour caractériser les détecteurs nouveaux.

Un autre aspect important a été la construction du premier prototype d'échelles longues selon la méthode de construction développée pour l'expérience AMS. Le prototype a été réalisé

en collaboration avec les groupes de l'Université de Genève, de l'École Polytechnique de Zürich et de l'Université de Perugia, tous trois membres de la collaboration AMS. Le LPNHE s'est occupé de la conception du circuit en kapton en y incluant un routage entre pistes dit en serpent. Cette idée a permis de réaliser sur ce prototype des micropistes de longueurs variables, à partir d'une longueur de micropiste de base, obtenue en soudant sept détecteurs de 4,1 cm chacun. Ce prototype permet de caractériser des micropistes avec un pas de 110 μm , ayant des longueurs de 28,7, 57,4, 114,8 ou 229,6 cm. La conception du circuit en kapton permet également de rattacher différents types de lecture à l'avant.

R&D SiLC en électronique

Cette partie de la R&D au LPNHE est poursuivie en parallèle sur :

- des évaluations de circuits disponibles sur le marché, notamment les circuits du type VA proposés par la firme IDEAS, en collaboration avec les groupes de Vienne et Karlsruhe;
- le développement d'un nouveau système de lecture intégrant à la fois amplification, mise en forme, pipeline et numérisation. Ce concept comprend un amplificateur bas bruit, une mise en forme longue (durée d'au moins 3 μs , adaptée à la fois aux micropistes longues et au cycle de la machine) et une numérisation partagée entre un grand nombre de voies avec un ADC de type Wilkinson. La technologie choisie est UMC 0,18 μm . Les choix de technologie obéissent aussi aux exigences de compacité, de très faible dissipation en puissance (avec possibilité de mise en veille entre trains de faisceaux) et de transparence aux particules de l'électronique embarquée sur les détecteurs.

Une coopération sur ce travail avec UCSC et SCIPP se développe. Elle est formalisée dans le cadre de la proposition au DOE soumise par UCSC, SCIPP, SLAC auquel est aussi associé le LPNHE.

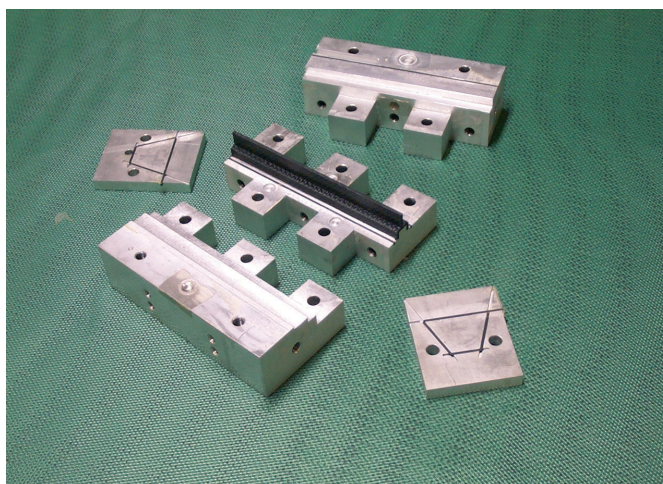
R&D SiLC en mécanique

La structure mécanique du détecteur de traces en silicium pour le collisionneur linéaire doit minimiser la matière, couvrir de grandes surfaces (quelques centaines de m²) tout en étant rigide et en permettant 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** des différentes parties de l'enveloppe en silicium. Ce travail comprend la conception préliminaire à l'aide d'outils CAO de la partie externe centrale, le SET, qui est achevé. Il inclut des tests de faisabilité de la structure comme la réalisation de l'outillage et du prototype de structure de tiroir à cinq échelles longues, en fibre de carbone. Ce prototype, réalisé sur 25 cm ainsi que les conceptions réalisées en CAO ont été soumis à des entreprises spécialisées dans le domaine des matériaux composites pour juger de la faisabilité de l'ensemble. Une collaboration sur la conception CAO a démarré dans le cadre de SiLC en fin 2003 avec l'Université de Turin. Le LPNHE poursuit sur la conception des bouchons.

- les études thermomécaniques

Divers prototypes mécaniques de tiroirs longs de 2,5 m pour le baril central externe (SET), ont été construits et ont permis d'estimer de manière de plus en plus réaliste les dissipations thermiques de l'électronique sur le détecteur et le refroidissement nécessaire. Ces mesures permettent d'ajuster la simulation faite avec le logiciel SAMCEF et constituent une avancée importante dans la compréhension du système de refroidissement du SET et des propriétés thermiques des matériaux de la structure. Ces études se poursuivent sur les bouchons.



- **La construction de pièces mécaniques** pour équiper un banc de test. Ce dernier comprend une table XYZ motorisée permettant des déplacements très précis le long d'un prototype d'échelle longue ou d'un simple détecteur pour le balayage avec une diode laser de type LD1060 nm ou avec une source radioactive.

Développement d'un banc de tests et des outils associés

Un banc, mis en route en 2003 et piloté par le logiciel LabView, permet d'effectuer des tests de caractérisation du prototype d'échelle longue avec des premières mesures de bruit et de réponse au signal d'une diode laser LD1060. Cela a nécessité le développement d'outils de programmation et de la table XYZ. Des comparaisons avec les résultats équivalents obtenus sur le banc de test de l'Université de Genève ont permis d'assurer la validité et la cohérence entre nos deux séries de mesures et d'affiner notre procédure. Ces comparaisons se poursuivront avec d'autres collaborateurs dans SiLC, dont Karlsruhe et Prague.

Études en simulations

Un effort est poursuivi dans la communauté internationale pour développer un programme de simulation détaillé basé sur GEANT4. Le

Figure 3 : réalisation de l'outillage et prototype de structure en fibre de carbone pour support de tiroir long.

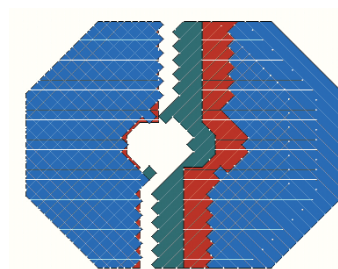


Figure 4 : concept CAO des bouchons (Si-FCH) en projection XUV.

TABLE SUPPORT LASER CAMERA

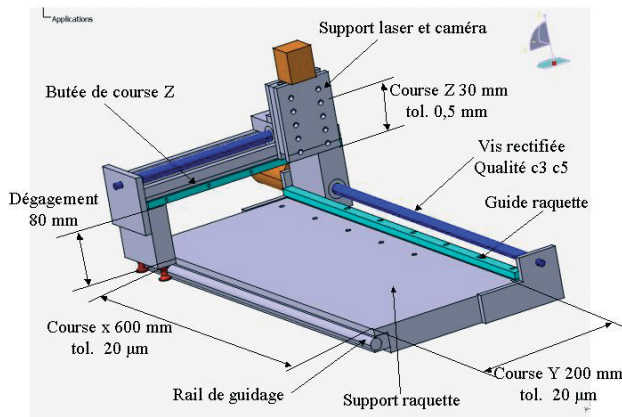


Figure 5 : schéma de la table XYZ motorisée.

LPNHE y participe en définissant la géométrie des différents détecteurs de traces en silicium dans la base de données décrivant la géométrie. Ceci nécessite la connaissance de la structure mécanique des détecteurs. La partie SET de l'enveloppe en silicium a été définie dans le cadre général MOKKA de la simulation GEANT4, en collaboration avec le groupe du LLR qui développe ce logiciel. Les performances de l'enveloppe en silicium ont été étudiées avec un programme de simulation rapide, SGV (Simulation à Grande Vitesse) développé dans l'expérience DELPHI et adapté au cas du collisionneur linéaire au LPNHE.

Lecture pour cavité accélératrice

En collaboration avec l'IPNO, le LPNHE développe un système de contrôle numérique de la radiofréquence pour des cavités accélératrices supraconductrices dans le cadre du projet européen XADS. Il remplacera les dispositifs analogiques en vue d'en améliorer souplesse et fiabilité. Il pourra réagir en temps réel aux causes de pannes signalées par des diagnostics extérieurs et fournir un suivi précis dans tous les cas de dysfonctionnement de l'ensemble, facilitant exploitation et maintenance.

Le développement de la R&D sur le SiLC est inscrit dans les objectifs de recherche du réseau européen HPRN-CT-2002-00292, dont nous sommes coordonnateur principal. Un contrat CICYT-IN2P3 avec l'Université de Cantabria inclut également ce sujet de R&D de même que la proposition soumise au DOE par UCSC, SLAC et le LPNHE. Ce projet a donné lieu ces deux années à des stages: trois en mécanique (deux stages d'IUT Mesures Physiques et un de fin d'études de l'École d'Ingénieurs de Lille) sur les études thermomécaniques et un en électronique (stage de DEA) sur le développement du banc de test. Des présentations ont été faites dans tous les ateliers de la série ECFA-DESY Extended Studies (Cracovie, Saint-Malo, Prague et NIKHEF), ainsi qu'à la nouvelle série d'ateliers sur les collisionneurs linéaires de l'ECFA débutée à Montpellier. Le LPNHE a pris part aux différentes réunions SOCLE de la communauté française et en a organisé une en novembre 2003. Le LPNHE figure également dans le comité local d'organisation de l'atelier ECFA-DESY de Saint-Malo. Notons enfin que le travail entrepris par notre groupe s'applique à tout type de collisionneur linéaire. Il permet de garder l'expertise sur ces détecteurs utilisés tant en astroparticules (AMS, GLAST) que sur une possible amélioration des détecteurs de traces pour le LHC ou sur le(s) expériences sur collisionneur(s) linéaire(s).

A. Savoy-Navarro

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

Électronique :

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

Mécanique :

B. Canton, C. Chapron, P. Ghislain, D. Imbault, D. Vincent.

Rayons cosmiques d'énergies extrêmes : Observatoire Pierre AUGER

De nombreuses questions continuent à se poser au sujet des rayons cosmiques d'énergie extrême (10^{20} eV ou plus), auxquelles l'expérience AUGER tente de répondre. De quoi s'agit-il ? De protons, noyaux, ou photons ? Or, ceux-ci ne peuvent provenir que de notre amas local de galaxies, ce qui paraît peu probable. S'agit-il de neutrinos, ou d'objets encore inconnus, qui donneraient des gerbes atmosphériques analogues ? Quelles sont les sources ? Des objets astrophysiques ponctuels ou diffus, originaires de notre galaxie ou des sites violents comme les noyaux actifs de galaxies ? Ou encore voyons-nous les produits de l'interaction ou de la désintégration de reliques quantiques du Big Bang ? Quel est l'effet des champs magnétiques le long de leur parcours ? Beaucoup de possibilités sont envisagées, pourtant aucune n'explique les observations actuelles de façon complètement convaincante.

Depuis 1999, le CNRS a fait de l'Observatoire un projet interdépartemental (SPM, PNC-IN2P3, INSU). 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

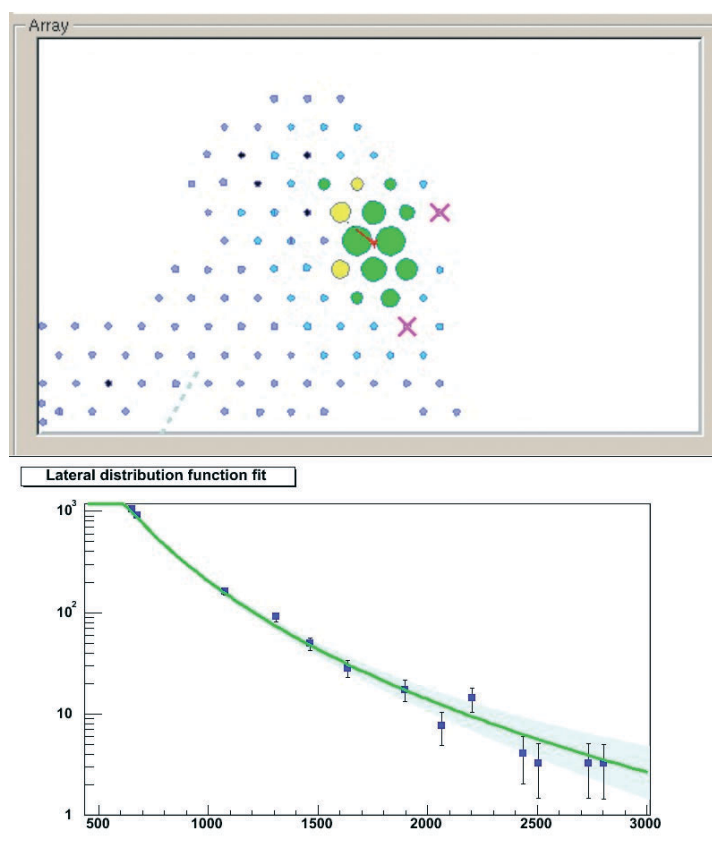


Figure 1: événement à 13 stations : a) disposition des cuves touchées, b) ajustement d'une fonction de distribution latérale de densité sur LDF le signal mesuré par les cuves en fonction de leur distance à l'axe de la gerbe. Avec la mesure du temps d'arrivée, on reconstruit les angles d'incidence $\theta = 38,8$ degrés et $\varphi = -140,8$ degrés. L'amplitude de la LDF permet d'estimer l'énergie du rayon cosmique incident à $42,7$ EeV.

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.

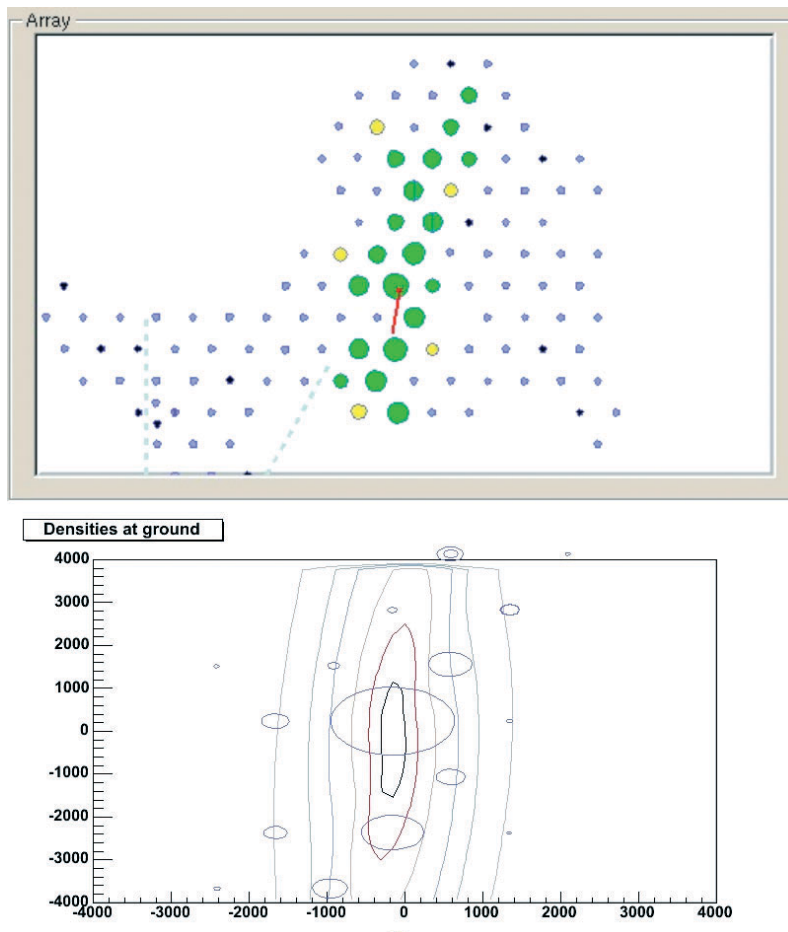


Figure 2: gerbe inclinée mesurée dans les cuves : a) disposition des cuves touchées, b) estimation des courbes d'isodensité de signal au sol. Les angles d'incidence reconstruits sont de $\theta = 81$ degrés et $\varphi = -100$ degrés. L'énergie du rayon cosmique est de 26 EeV.

Aujourd'hui, fin 2003, le site sud de l'observatoire AUGER comporte deux sites achevés de télescopes à fluorescence (chaque site comporte six télescopes et couvre 180 degrés en azimut), sur les quatre que comporte l'observatoire complet, et plus de 200 cuves Cherenkov déployées, sur les 1600 qui couvriront les 3000 km² du réseau de surface.

Les physiciens et ingénieurs français apportent des contributions variées et importantes à la construction de l'observatoire. En matière de hardware, nous fournissons l'essentiel de l'électronique du réseau de surface (des bases de PM aux circuits d'acquisition locale en passant par la synchronisation par satellite GPS), 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), le centre européen de distribution et traitement de données (au CCIN2P3 de Lyon), et des 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 τ d'énergie extrême pourraient être détectés (ou exclus) dans un avenir proche, apportant des contraintes importantes aux modèles théoriques. L'équipe AUGER du LPNHE a consacré à ce sujet un article publié en 2002 dans la revue *Astroparticle Physics* qui l'a classé en 2003 parmi ses dix meilleurs articles publiés depuis 1993. De plus, grâce à notre effort d'études sur simulations et de diffusion de nos résultats, l'Observatoire AUGER est maintenant reconnu, à côté de sa finalité principale, comme un détecteur de photons et neutrinos, unique dans sa gamme d'énergie.

Le réseau de préproduction, plus de 100 cuves installées et activées entre juin 2003 et aujourd'hui, ainsi que les six télescopes de fluorescence déjà actifs parmi les douze qui équiperont en 2004 les deux sites déjà construits, laissent entrevoir, par la qualité des données que nous avons déjà

recueillies, les immenses progrès que l'Observatoire AUGER complet apportera à l'étude des rayons cosmiques d'énergie extrême. Les figures 1, 2 et 3 montrent quelques exemples des événements que nous espérons recueillir à terme de manière routinière.

En particulier, l'observation d'événements hybrides (vus à la fois par le réseau de cuves et les télescopes) valide le concept de base de l'Observatoire, et ouvre la voie à une reconstruction plus précise de la direction et de l'énergie, et surtout à l'étalonnage croisé des deux détecteurs. Ce double étalonnage permettra d'éliminer la plupart des erreurs systématiques dont chaque mesure peut être entachée, et qui reste à ce jour un obstacle majeur à la compréhension du spectre à ultra-haute énergie.

Depuis l'été 2001, une activité d'analyse des premières données s'est développée au LPNHE : adaptation des algorithmes d'acquisition et de déclenchement ; synchronisme des horloges locales ; isolation des signaux corrélés de gerbes par rapport au fond combinatoire ; caractérisation de leur forme ; estimateurs de l'énergie, estimateurs d'âge de la gerbe (qui nous renseigne sur la nature de la particule primaire qui l'a engendrée). D'ores et déjà nous avons montré qu'il était possible d'extraire sans ambiguïté les événements physiques.

Aujourd'hui, le réseau de surface de l'Observatoire AUGER est le plus grand du monde et promet donc une moisson sans cesse croissante d'informations. De plus, avec l'analyse de nos événements hybrides, nous devrions pouvoir lever toute ambiguïté sur la mesure de l'énergie des rayons cosmiques et ouvrir cette nouvelle page, tant attendue, de l'astrophysique.

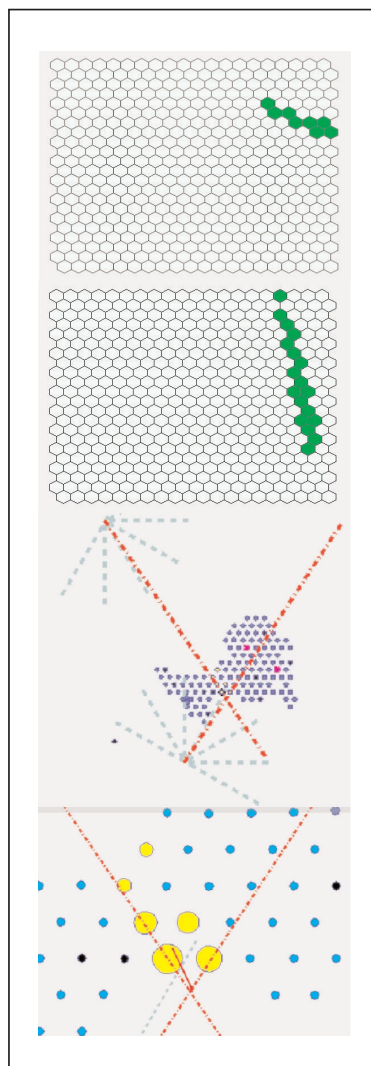


Figure 3: événement hybride vu par deux sites de télescopes et par les détecteurs de surface. La reconstruction du plan contenant l'axe de la gerbe et du télescope permet de trouver les stations au sol qui elles aussi ont détecté un signal.

A. Letessier-Selvon

P. Billoir, M. Boratav,
S. Dagoret-Campagne,
P. Da Silva, O. Deligny,
J.C. Hamilton, C. Roucelle.

Informatique :

R. Randriatoamanana

Cosmologie avec les Supernovae Ia

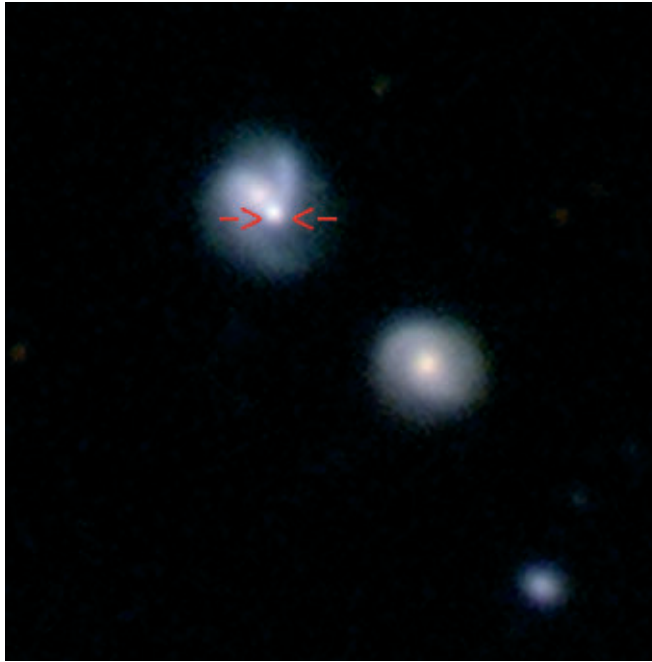
La mesure du diagramme de Hubble des supernovae Ia permet aujourd'hui d'accéder à l'histoire de l'expansion de l'univers jusqu'à des décalages vers le rouge de l'ordre de 1, en utilisant la reproductibilité empiriquement constatée de ces objets. Cette approche de la cosmologie observationnelle a permis la mise en évidence d'une « énergie sombre », constituant aujourd'hui de l'ordre des 2/3 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 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 sombre » 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 permet 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 recherches à grand décalage vers le rouge.

Les échantillons de SN Ia distantes ayant originellement indiqué l'accélération de l'expansion de l'univers sont à des décalages vers le rouge z de l'ordre de 0,4 à 0,7. Atteindre des z plus élevés augmente la sensibilité aux paramètres cosmologiques pour chaque objet mesuré et permet également de discerner des effets systématiques liés aux observations de la cosmologie elle-même.

Aujourd'hui, mesurer des supernovae lointaines est une opération complexe et hasardeuse : leur recherche débute à l'aide de télescopes grand champ, par soustraction d'images prises à environ un mois d'écart. Les candidats détectés sont confirmés spectroscopiquement aussi rapidement que possible.



Exemple de supernova (SN2003ha) de type Ia découverte dans le courant de l'été 2003 lors de la campagne préliminaire dans le cadre de SNLS au Télescope Canada France Hawaï avec la caméra MEGACAM. Son décalage vers le rouge est de $z=0.28$.

Cette étape permet de mesurer leur z , en général à l'aide des raies de la galaxie hôte. Les candidats confirmés sont suivis photométriquement pour mesurer leur courbe de lumière car le flux au pic indique essentiellement leur distance. Il faut finalement obtenir une image profonde du champ sans la supernova (en général une ou plusieurs années après l'explosion) et la soustraire à toutes ces images de photométrie.

Le temps d'observation à investir varie beaucoup avec z et les télescopes impliqués. La limite pratique se situe aujourd'hui à $z=1,2$. Cette dernière nécessite de 2 à 4 heures de spectroscopie au Keck (10 m). Ces programmes sont particulièrement vulnérables au mauvais temps, car les observations non réalisées ne pourront en général l'être plus tard : on peut ainsi perdre l'usage d'observations antérieures.

Le groupe du LPNHE a mené depuis 1999 des campagnes de recherche de SN Ia lointaines ($z>0.8$), en utilisant l'imageur cfh12k du Télescope Canada France Hawaï (TCFH, 3,6 m), dans le cadre de la collaboration Supernovae Cosmology Project

(SCP) qui a permis d'assembler le lourd programme de suivi indispensable à la mesure. La campagne de 2002 a identifié environ 30 objets, dont le plus lointain est à $z=1,3$. Cette campagne a impliqué le TCFH, le CTIO, le Keck, le VLT (pour la spectroscopie et l'imagerie infrarouge) et le télescope spatial HST pour la photométrie optique de précision.

Notre groupe intervient dans le consortium via l'obtention du temps d'observation au TCFH, et au VLT, et la réduction quasi en ligne des images pour la détection des candidats dont les spectres devront être obtenus. Nous avons pour cela développé une chaîne logicielle qui, partant des données brutes, réalise l'ensemble des opérations jusqu'à la soustraction d'images où nous détectons et mesurons les flux et coordonnées sidérales des candidats. Nous réduisons les données au TCFH sur du matériel financé par l'IN2P3 et le Programme National de Cosmologie. L'efficacité de notre chaîne dépasse sensiblement celle des logiciels de première génération. Ces développements d'algorithmes ont été réinvestis et étendus vers la mesure des courbes de lumière des objets à partir d'images de suivi photométrique, pour finalement estimer une distance aussi précise que possible. Là aussi, des améliorations significatives ont été obtenues, notamment dans un travail de thèse soutenue en septembre 2003, étendu aux images du télescope spatial (très différentes des images du sol, par leur champ très petit et leur excellente résolution spatiale) pour produire des courbes de lumière préliminaires de supernovae à décalage spectral au dessus de $z=1$.

Le programme SNLS

Le TCFH s'est lancé depuis une dizaine d'années dans un programme d'imagerie grand champ dont le couronnement a été l'installation d'un

imageur de 1 degré carré appelé MEGACAM, en fin 2002. Cet instrument a été jugé suffisamment exceptionnel pour que les communautés canadiennes et françaises 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 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. Nous avons simulé en détail les observations pour les optimiser et évaluer leurs potentialités : avec les quelques 700 SN Ia à $0,3 < z < 0,9$ que l'on attend en 5 ans, le programme doit permettre de mesurer la valeur de w avec une incertitude de l'ordre de 10 %. Il n'est pas envisagé aujourd'hui d'autre approche expérimentale pour cette mesure.

Au sein du consortium français, rassemblant l'INSU, l'IN2P3 et le DAPNIA, nous prenons en charge la détection en ligne des objets variables pour l'alerte et la réduction photométrique finale à produire au CCIN2P3. Une collaboration européenne s'est montée pour obtenir le temps d'observation au VLT nécessaire à l'identification des supernovae. Le début des observations s'est effectué en avril 2003, d'abord à un rythme réduit puis très rapidement à partir d'août 2003. A ce jour, nous avons déjà découvert une soixantaine de supernovae dont 35 SN Ia à des décalages spectraux compris entre $z=0,2$ et $z=1$. L'analyse de ces événements est en cours.

Nearby SuperNova Factory

Bien que les supernovae soient aujourd'hui l'indicateur de distance le

plus précis disponible, on ne comprend pas en détail les corrélations observées entre la luminosité et les autres observables telle que la forme de la courbe de lumière. L'obstacle majeur est simplement le manque de données, en particulier spectroscopiques : moins de dix supernovae possèdent une série de plus de cinq spectres.

En déterminant avec précision l'évolution temporelle des spectres de supernovae, on peut contraindre fortement les conditions physiques de l'explosion et regrouper les supernovae s'étant produites dans des conditions initiales proches et/ou ayant lieu dans un environnement galactique similaire.

Les mesures cosmologiques utilisant les supernovae comme estimateur de distance seront renforcées par une meilleure compréhension de ces objets. D'autre part, l'exploitation des mesures de SNLS nécessite des supernovae à la fois proches, nombreuses et mesurées avec précision, puisque c'est de la comparaison entre objets distants et objets proches que l'on déduit la cosmologie.

Le but du projet « Nearby SuperNova Factory » (usine à supernovae proches) initié par le SCP, est d'acquérir quelques centaines d'objets proches dans les quatre à cinq années à venir, avec le même instrument, et de produire des séries spectrales. Le volume d'observations nécessaires rend ce but inaccessible dans le cadre des allocations de temps traditionnelles.

La France participe à ce projet en construisant un instrument optimisé pour le suivi spectro-photométrique des supernovae : un spectrographe intégral de champ (SNIFS, SuperNovae Integral Field Spectrometer). Ce détecteur permet d'obtenir simultanément et avec une très grande précision la spectrométrie et la photométrie de

l'objet observé, contrairement aux spectrographes traditionnels à fente. Avec le groupe de l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon, nous nous sommes associés à une équipe du Centre de Recherche Astronomique de Lyon (CRAL) experte dans la construction de spectromètres intégraux de champ et ayant déjà mené à bien la réalisation de deux instruments de ce type. L'instrument envisagé ici travaillera dans un domaine spectral très large s'étendant de 3200 à 10000 Å. L'instrument sera monté en permanence sur un télescope de taille moyenne (2,2 m de l'Université d'Hawaï) et une à deux heures par nuit seront réservées pour ce programme. Il sera ainsi possible de suivre les objets dès leur détection.

Notre groupe a la responsabilité globale du projet en France et nous participons plus directement, au sein du consortium français (LPNHE, IPNL, CRAL), à l'étude et la réalisation d'éléments de la mécanique ainsi qu'au développement des logiciels de lecture des détecteurs. La construction est dans sa phase finale. L'instrument sera installé sur le site au début de l'année 2004 et entrera en exploitation dès le mois de mars de cette année.

Le projet SNAP/JDEM

Le projet SNAP vise à la constitution d'un échantillon comprenant plusieurs milliers de SNe Ia à des décalages vers le rouge situés entre $z=0,1$ et $z=1,7$. Pour atteindre des décalages vers le rouge 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 la statistique envisagée. Cette expérience présente la particularité d'être directement sensible au terme d'énergie sombre et de pouvoir en déterminer la nature. On peut, en particulier, différencier l'effet d'une constante cosmologique de certaines

alternatives telles que les défauts topologiques ou la présence de champs scalaires. Les données jusqu'à $z=1,5$ permettent même de déceler une éventuelle dépendance temporelle de l'équation d'état. Ces mesures auront un impact majeur aussi bien sur la compréhension de la physique des hautes énergies que sur la connaissance de l'univers primordial.

Le projet est dans une phase préparatoire. Nous travaillons à la mise en place d'une collaboration française IN2P3, INSU et CNES et développons une activité R&D sur l'électronique de lecture (spatialisation d'une chaîne électronique de lecture de CCD) au laboratoire, en collaboration avec le Lawrence Berkeley Laboratory.

L'année 2003 a vu l'étude de l'énergie noire accéder au statut de projet prioritaire de la NASA, à la suite d'un accord DOE-NASA pour soutenir une mission spatiale consacrée à cette question : « Joint Dark Energy Mission ». SNAP entre donc maintenant dans une nouvelle phase dite de « définition conceptuelle » où il va être en concurrence avec plusieurs autres projets pour remporter le « contrat » JDEM. Cette phase s'achèvera dans deux ans, à l'issue desquels un des projets en lice sera sélectionné.

R. Pain

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

Électronique:

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

Mécanique:

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

Astronomie γ de très hautes énergies : HESS/CAT

L'astronomie γ de très haute énergie complète nos connaissances des sources d'émission des rayonnements galactiques et extragalactiques au dessus de quelques dizaines de GeV jusqu'à plus d'une centaine de TeV. L'étude de l'ensemble du spectre d'émission, du visible jusqu'à ces énergies extrêmes, permet de comprendre les mécanismes de production et d'accélération des particules dans des sites tels que les supernovae ou les noyaux actifs de galaxies (AGN), galaxies renfermant en leur centre un trou noir dont l'activité engendre des jets de particules ultra relativistes. Ce sont les rayons γ émis par ces jets que nous détectons. Le caractère neutre des photons offre, en outre, l'avantage de localiser précisément leur origine. Le laboratoire, qui est engagé dans cet axe de recherche depuis la fin des années quatre-vingt, collabore actuellement à deux expériences. La première, le télescope CAT, est installée sur le site de Thémis dans les Pyrénées. Elle acquiert des données depuis 1996 et a étudié près d'une dizaine d'AGN et quatre restes de supernovae. Depuis 1997, le groupe est impliqué dans la construction d'une deuxième expérience: le réseau de télescopes HESS. Après s'être consacré, pendant plusieurs années, à l'étude des AGN avec le télescope CAT, le groupe s'oriente vers l'étude d'une autre source potentielle de production de ces photons. Certains modèles de la physique des



Figure 1: vue de HESS.

hautes énergies prédisent l'existence de particules massives interagissant faiblement. Les modèles supersymétriques prévoient l'existence d'une particule stable, le neutralino, qui constitue un bon candidat pour expliquer l'énigme de la matière manquante de l'univers. Le groupe étudie les sites potentiels de production de photons issus de l'annihilation de neutralinos pouvant être observés avec la sensibilité de l'expérience HESS.

HESS

Le dispositif expérimental HESS consiste en un réseau de télescopes à effet Cherenkov. La première phase du projet, acceptée par l'IN2P3 fin 1998, est constituée de quatre télescopes. Les montures, d'une hauteur totale d'environ 28 mètres, ont été installées au cours de l'année 2001 sur le site du Gamsberg en Namibie, à 1 800 mètres d'altitude, dans une région quasi désertique, à 150 kilomètres de la capitale Windhoek. Le miroir de 108 m² de surface et de 15 mètres de focale est constitué de 382

petits miroirs de 60 cm de diamètre, montés sur une structure Davis-Cotton. Un système comprenant un laser et une caméra CCD permet l'ajustement de l'axe optique et l'alignement de tous les miroirs. La précision de visée obtenue sur le site est d'une seconde d'arc. La partie française de la collaboration a en charge la réalisation et la construction des caméras.

Le LPNHE est chargé de la conception et de la production de l'électronique ainsi que du système d'acquisition des caméras. Chaque caméra est constituée de 960 photomultiplicateurs (PM), chaque PM représente un pixel de $0,16^\circ$ d'ouverture angulaire et l'ensemble de la caméra couvre un champ de vue de 5° . Les PM sont assemblés par groupes de seize dans soixante tiroirs qui sont placés au plan focal, dans une structure alvéolaire. La modularité d'un tel système offre des avantages certains pour la maintenance des caméras en ce site éloigné. Une imagerie fine et une électronique rapide sont les deux atouts majeurs des caméras de HESS. Ils permettent d'atteindre une sensibilité à des flux de 10^{-13} photons/cm²/s.

Les étapes d'étalonnage des 260 tiroirs, de montage et de test des quatre caméras se sont déroulées au laboratoire durant ces deux dernières années. Ces tests nous ont permis de caractériser la réponse impulsionnelle des photo-tubes pour le photo-électron unique. Cette connaissance est essentielle pour le suivi de l'étalonnage du système. Nous avons vérifié la linéarité des mesures de charge sur toute la gamme dynamique s'étendant jusqu'à 1 600 photo-électrons ; nous avons caractérisé le bruit de l'électronique et mesuré l'influence du bruit de fond de ciel. Celui-ci a été simulé par l'utilisation d'une lumière blanche superposée à un signal laser pulsé. Il a été démontré que la dérive des piédestaux sous l'effet de cette lumière continue est

parfaitement contrôlée et mesurable par trois méthodes indépendantes: le suivi des échelles de comptage installées sur chacune des voies de l'électronique, la mesure des différentiels des courants d'anode ou des courants de haute tension appliquée aux PM. Nous avons également étudié les performances du transfert des données de contrôle envoyées par les tiroirs.

Une caméra est un ensemble de deux mètres de long pour un mètre soixante de diamètre et d'un poids total de neuf cent cinquante kilogrammes. L'assemblage de la première unité qui a débuté au laboratoire en 2001 s'est poursuivie en 2002. Le montage complet de la caméra au laboratoire permet de tester en grandeur nature toutes les fonctionnalités, avant l'installation en Namibie.

Par un éclairage de la caméra à l'aide de diodes électroluminescentes, nous pouvons tester la logique de déclenchement. Ceci inclut le contrôle des flux de données au niveau des registres d'entrées et sorties, de l'interface des deux bus d'acquisition « custom bus » et cPCI et de l'interface avec le bus de données « Box Bus ». L'acquisition d'événements cosmiques (muons traversant les photocathodes ou les premières dynodes) a permis de valider le câblage et la logique de déclenchement. Au total, neuf cartes électroniques avec des fonctionnalités différentes ont été testées et validées, pour un total de 194 cartes construites. Les pilotes des différentes cartes d'électronique ont tous été écrits au laboratoire et l'ensemble est intégré au système d'exploitation Linux.

Pour réaliser la mise au point de la première caméra, outre les programmes d'acquisition embarqués, le groupe a pris à sa charge une large partie des systèmes de réception et de stockage des données, la gestion des bases de données, le contrôle à distance des caméras ainsi que les outils

d'analyse en ligne de la qualité des données. L'architecture de l'ensemble s'articule autour du système CORBA qui gère les communications entre les processus. Les interfaces graphiques sont écrites en Python/GTK. La programmation, en langage orienté objet, utilise le système ROOT développé au CERN pour la gestion et le stockage des données. Ce même système s'est généralisé, dans l'expérience, aux outils d'analyse et de simulation. Ces développements, en collaboration avec l'Université Humboldt de Berlin, sont installés et utilisés sur site.

La première caméra a été installée en Namibie au printemps de l'année 2002. Elle a produit ses premiers événements en moins de deux semaines. Les observations qui suivirent ont permis de détecter la nébuleuse du Crabe (SN1054) dès la première période, puis, quelques mois plus tard, le noyau actif de galaxie PKS 2155-304. Depuis lors, le signal accumulé sur ces deux sources pour respectivement 12,73 et 9,28 heures d'observation a atteint 40,4 et 19,4 écarts standards. La deuxième caméra a été installée en février 2003. Le premier prototype de déclenchement centralisé permettant l'obtention des premières images stéréoscopiques est opérationnel depuis le mois de mai. Les caméras trois et quatre complètent le système depuis les mois de septembre et décembre 2003 respectivement. Le 10 décembre 2003, la première prise de donnée en stéréoscopie à quatre télescopes a enregistré les premiers événements avec un dispositif expérimental complet. Enfin, après l'abandon du système initial d'étalonnage proposé et élaboré par le Max-Planck Institut de Heidelberg pour la première caméra, le laboratoire a dû reprendre à sa charge cet outil. Nous avons conçu un nouveau système pour l'étalonnage des quatre caméras sur le site de l'expérience, en collaboration avec le CEA pour l'électronique et le LLR pour la partie mécanique. Il a été



Figure 2: deux caméras en cours de montage au LPNHE.

installé avec succès à la fin de l'année 2003.

Depuis l'été 2002, outre la nébuleuse du Crabe et PKS2155 près d'une quarantaine de sources ont été suivies, telles que des AGN (PKS2005, PKS2002, PKS0548...), des restes de supernovae (PSR1706, RXJ1713...), des galaxies actives (NGC 253), des microquasars (V4641Sgr, Vela) ou des pulsars (TeV J1915). Ces données sont en cours d'analyse. Parmi les

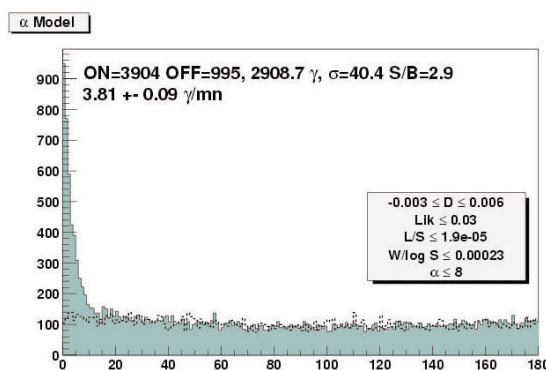


Figure 3: nébuleuse du Crabe.

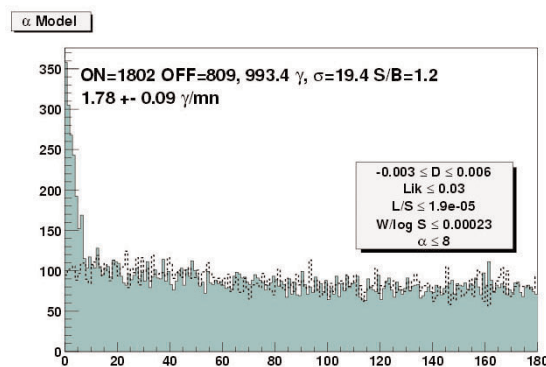


Figure 4: PKS2155.

résultats marquants : l'absence de signal significatif sur le reste de supernovae SN1006, sur près de quatre heures de prises de données, permet de donner une limite supérieure sur l'activité de cette source en contradiction avec les résultats présentés en 2001 par la collaboration CANGAROO. Cette limite est en cours d'estimation.

De nos jours, la collaboration se lance dans l'étude de la seconde phase du projet HESS. Compte tenu de l'état d'avancement des autres projets dans ce domaine, une nouvelle orientation est envisagée. Elle consiste à associer au réseau actuel un grand télescope (35 mètres de focale, un miroir de 28 mètres de diamètre et une caméra de près de 2000 pixels pour un champ de vue de $3,5^\circ$) pour compléter le domaine de plus basse énergie et améliorer la résolution du système actuel. Une R&D sur les mémoires analogiques, en collaboration avec le CEA, le LAL et l'IPN d'Orsay, est en cours afin d'apporter des solutions aux nouvelles exigences du cahier des charges de cet appareillage tant sur le taux de déclenchement (environ 50 kHz) que sur le flot de données à acquérir.

P. Vincent

V. R. Chitnis, J. Guy,
M. de Naurois, M. Ouchrif,
J. Raux, M. Rivoal, L. Rolland,
J.-P. Tavernet.

Électronique :

M. Ba Trung, M.-M. Cloarec,
P. Corona, J.-P. Denance,
C. Goffin, A. Guimard
P. Nayman, A. Sefri,
F. Toussenel.

Informatique :

M. Detournay, J.-F. Huppert.

CAT

Depuis 1996, le télescope CAT (Cherenkov Array at Themis) est en fonctionnement sur le site de l'ancienne centrale solaire Thémis dans les Pyrénées Orientales. Il représente l'une des installations majeures en Astronomie gamma au sol au-dessus de 250 GeV. Les années 2000-2001 ont permis de poursuivre le programme d'observation que nous avons défini. Après une dernière révision importante en juin 2000 sur les photomultiplicateurs de la caméra, le télescope fonctionne sans problème majeur et nous donne entière satisfaction. Deux sortes de sources sont étudiées :

1. les noyaux actifs de galaxie (AGN)

• MrK 501 :

Après une succession d'éruptions intenses en 1997, cette source est retombée dans un état plus calme, mais les campagnes d'observations synchrones avec les satellites se sont poursuivies.

• MrK 421 :

C'est le deuxième AGN systématiquement étudié dans l'Hémisphère Nord. Une première période 1996-1999 avait montré une activité relativement faible. Un simple raisonnement de causalité implique que la région émettrice des photons doit être très compacte, avec une dimension de l'ordre de 10 heures-lumière, si on choisit une valeur typique de 10 pour le facteur Doppler géométrique. Le profil du spectre en 2000 montre une indication de courbure, alors qu'il était bien représenté par une simple loi de puissance les années précédentes.

• 1ES1426 :

Parmi la dizaine d'autres AGN observés, un seul présente une activité mesurable. Cette source se

trouve à grand décalage vers le rouge ($z=0.129$), alors que les deux sources précédentes sont à des décalages beaucoup plus faibles : $z=0.034$ et $z=0.031$. Cette grande distance implique une absorption importante par les photons infrarouges intergalactiques et l'on s'attend à un flux faible avec un spectre mou.

2. les restes de supernovae

En tant que reste de supernova le plus lumineux du ciel, la Nébuleuse du Crabe (SN1054) a été un des objets les plus étudiés en astronomie. L'émission non pulsée de photons dans la région du TeV a montré une grande stabilité du flux depuis sa découverte, ce qui permet à cette source de jouer le rôle de source étalon pour les télescopes au sol. Pour cette raison, elle fait l'objet d'un suivi régulier.

Ces deux dernières années nous avons fait un suivi régulier de trois autres restes de supernovae : IC443, CTA1, et CTB80. Ces observations nous ont permis d'apporter une limite supérieure sur leur flux.

CAT et CELESTE (une autre expérience sur le site de Thémis) ont des programmes d'observation communs sur un certain nombre de sources. En 2002, le groupe CAT du laboratoire a effectué une dernière intervention sur l'appareillage afin d'éliminer les voies déficientes et a cessé ses activités dans CAT, début 2003, pour se concentrer sur un seul projet avec le démarrage des télescopes de HESS.

J.-P. Tavernet

M. Rivoal

Équipe technique :

J.-P. Denance, F. Toussenel.

Physique Théorique :

QCD et modèles phénoménologiques

Le groupe Théorie s'intéresse en priorité à la phénoménologie de la physique des particules. À l'aide de modèles basés sur la théorie quantique et relativiste des champs, nous regardons ce que les expériences peuvent apporter à la théorie et vice-versa. Nos activités de recherche portent sur l'étude des interactions fortes à basse, moyenne et haute énergie et ce en relation avec les aspects non-perturbatifs de la Chromo-Dynamique Quantique (QCD).

Une nouvelle activité de recherche reliée à la physique des désintégrations des mésons B (et D) et à la violation de CP est en cours. En particulier, nous avons organisé, depuis mars 2002, un groupe de travail sur la phénoménologie du méson B avec des séminaires de discussion ainsi que des exposés internes. Nous allons, à partir des résultats expérimentaux de *BABAR* et de Belle :

- considérer les interactions hadron-hadron, en particulier méson-méson, reliées aux données des désintégrations des mésons lourds;
- étudier les corrections possibles à l'hypothèse de la factorisation QCD, utilisée pour décrire les désintégrations des mésons B dans les modes non-leptoniques et sans charme à deux corps.

Test de QCD dans la région des grandes longueurs d'onde

La connaissance très précise des longueurs de diffusion pion-nucléon permet de tester QCD à très basse énergie. Dans ce régime, QCD peut être décrite par la théorie de perturbation chirale et par un développement systématique. La connaissance empirique des longueurs de diffusion constitue un test de validité de cette théorie. La valeur précise de ces longueurs, à 1 % près, est également nécessaire pour déterminer au mieux la constante de couplage pion-nucléon à partir d'une règle de somme isovectorielle. Compte tenu de la haute précision des expériences présentes avec l'hydrogène pionique (πp) à PSI (Villigen, Suisse), l'incertitude systématique de la méthode théorique d'extraction est la principale limitation pour la précision sur les longueurs de diffusion. Nous avons dérivé une expression analytique, indépendante des modèles pour les corrections électromagnétiques à la longueur de diffusion hadronique πp extraite du déplacement du niveau d'énergie de l'hydrogène pionique. Nous avons tenu compte de la distribution des charges et nous avons considéré une interaction hadronique de courte portée.

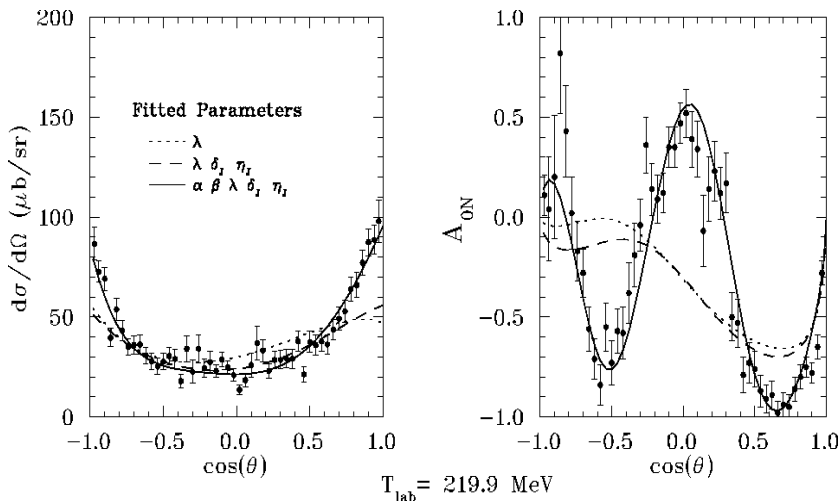


Figure 1: section efficace différentielle et pouvoir d'analyse de la réaction $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-$ à $T_{Lab} = 219 \text{ MeV}$ ($P_{Lab} = 679 \text{ MeV/c}$). Les données expérimentales (LEAR, CERN) sont de Hasan et al., Nucl. Phys. B378 (1992) 3. Ligne pointillée: ajustement sans IEF (interaction dans l'état final) et avec une annihilation de courte portée; ligne tirée: avec IEF; ligne solide: IEF + annihilation de plus grande portée.

Nous avons calculé ces corrections jusqu'aux termes d'ordre $\alpha^2 \ln(\alpha)$ dans l'approximation d'une approche non-relativiste. Notre analyse peut être appliquée à d'autres systèmes hadroniques, en particulier à l'atome $\pi^+\pi^-$.

Contraintes de symétrie de croisement pour l'interaction pion-pion

En collaboration avec des collègues du Institute of Nuclear Physics de Cracovie, nous avons publié dans Physics Letters B, un article sur l'application des équations de Roy (contraintes de symétrie de croisement) pour éliminer une ambiguïté, présente dans la littérature depuis longtemps, dans la détermination des déphasages pion-pion dans l'onde scalaire et isoscalaire.

Portée de l'annihilation et interaction dans l'état final $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-$

Les données expérimentales nombreuses et précises sur les sections efficaces différentielles et les asymétries mesurées dans les expériences $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-$ au CERN (LEAR), dans l'intervalle de 360 à 1550 MeV/c, montrent l'existence de contributions importantes provenant d'interactions de longue portée avec un moment angulaire total $J=2$ et $J=3$ en plus des contributions de

courte portée $J=0$ et $J=1$. Pour comprendre ces données, il est essentiel d'introduire de manière cohérente l'interaction $\pi\pi$ dans l'état final. Nous reproduisons ces données à partir d'une approche basée sur un modèle d'ondes distordues. Nous montrons qu'il est important d'avoir une portée d'annihilation suffisamment longue tout en tenant compte de l'interaction dans l'état final. Cette modification de la portée, que l'on peut associer à l'effet du nuage mésonique, peut être reliée à des corrections relativistes des fonctions d'ondes $\pi\pi$.

La résonance étroite $\bar{p}p$ près du seuil ${}^{13}P_0$ ou $I(J^{PC}) = 0(1^{++})$

Nous améliorons, en collaboration avec un collègue du Soltan Institut of Nuclear Studies de Varsovie, la partie empirique de l'interaction antinucléon-nucléon de Paris pour reproduire au mieux, en plus des nombreuses données existantes dans la région d'énergie moyenne:

- les longueurs de diffusion $\bar{p}p$ déterminées récemment à LEAR à partir des résultats des atomes d'hydrogène antiprotoniques;
- les sections efficaces totales $\bar{n}p$ mesurées à LEAR dans le domaine de 50 à 400 MeV/c. Ceci devrait nous permettre de comprendre le deutéronium (atome $\bar{p}d$) et le rôle joué par la résonance étroite $\bar{p}p$ près du seuil ${}^{13}P_0$ ou $I(J^{PC})=0(1^{++})$. Cette résonance est due à l'échange du pion et est présente dans tous les modèles empiriques $\bar{N}N$.

Interface sur le Web de tous les modèles hadroniques vers l'avant et la classification des modèles

Le but de la collaboration internationale COMPETE (Computerized Models and Parameter Evaluation for Theory and Experiment) est de créer une interface sur le Web pour confronter tous les modèles hadro-

niques vers l'avant sur la base des données expérimentales.

Cela permet de tester la cohérence des données expérimentales, voire de les améliorer (problèmes de normalisation, points incompatibles, etc.). Cela permet également de tester la validité des différents modèles et de développer des critères qui permettent de désigner, pour un ensemble donné d'hypothèses, les modèles qui décrivent le mieux un ensemble de données. La confrontation systématique des modèles et des données expérimentales permet enfin d'imaginer de nouvelles expériences, d'améliorer les prédictions et de susciter de nouvelles idées ou hypothèses théoriques.

Nous avons appliqué ce programme aux amplitudes de diffusion hadroniques vers l'avant. Nous avons bâti plusieurs classes de paramétrisations des amplitudes hadroniques vers l'avant, analytiques en s et dans le moment angulaire J complexe, respectant l'unitarité dans les domaines d'énergie considérés et intégrant le formalisme de Regge. Ces paramétrisations se répartissent essentiellement en trois classes selon que la partie croissante (Poméron) de la section efficace totale σ_T correspond à un pôle simple $s^{\alpha(t)}$, à un pôle double $\ln(s)$ ou à un pôle triple $\ln^2(s)$.

Puis, nous avons comparé les prédictions de ces paramétrisations à toutes les données disponibles vers l'avant σ_T et ρ (pp , $\bar{p}p$, πp , Kp , γp , $\gamma\gamma$, Σp). Pour ce faire, nous avons aussi développé cinq mesures statistiques de la qualité des ajustements qui, avec le degré de confiance habituel, permettent de déterminer les modèles qui reproduisent le mieux les données vers l'avant.

Il apparaît que le modèle avec un Poméron en $\ln^2(s)$ est universel

(indépendant du processus hadronique). Il semble être le modèle qui reproduit le mieux les données expérimentales sur le plus grand domaine d'énergie tout en respectant les contraintes théoriques.

En nous basant sur l'analyse COMPETE des données hadroniques existantes vers l'avant, nous avons présenté récemment, dans un article publié dans Physical Review Letters, nos prédictions pour les sections efficaces totales et le paramètre ρ aux collisionneurs pp et $p\bar{p}$ et présents et futurs, et ainsi que pour les sections efficaces totales pour $\gamma p \rightarrow \pi^+\pi^-$ aux énergies des rayons cosmiques ($0,5 \cdot 10^6 \leq p_{\text{lab}} \leq 1,0 \cdot 10^9 \text{ GeV}/c$) et $\gamma\gamma \rightarrow \text{hadrons}$ jusqu'à une énergie de 1 TeV. Les incertitudes pour les sections efficaces totales atteignent au maximum 1,9 % pour le RHIC, 3,1 % pour le Tevatron et 4,8 % pour le LHC, tandis que celles concernant ρ sont de 5,4 %, 5,2 % et 5,4 %, respectivement.

p_{lab}^γ (GeV/c)	$\sigma_{\gamma p}$ (mb)	\sqrt{s} (GeV)	$\sigma_{\gamma\gamma}$ (μb)
$0,5 \cdot 10^6$	$0,243 \pm 0,009$	200	$0,546 \pm 0,027$
	$+0,011$ $-0,010$		$+0,027$ $-0,027$
$1,0 \cdot 10^6$	$0,262 \pm 0,010$	300	$0,610 \pm 0,035$
	$+0,013$ $-0,011$		$+0,037$ $-0,035$
$1,0 \cdot 10^7$	$0,333 \pm 0,016$	400	$0,659 \pm 0,042$
	$+0,021$ $-0,017$		$+0,044$ $-0,042$
$1,0 \cdot 10^8$	$0,418 \pm 0,022$	500	$0,700 \pm 0,047$
	$+0,030$ $-0,024$		$+0,050$ $-0,048$
$1,0 \cdot 10^9$	$0,516 \pm 0,029$	1000	$0,840 \pm 0,067$
	$+0,042$ $-0,032$		$+0,073$ $-0,069$

La croissance universelle Heisenberg-Froissart des sections efficaces totales

Sur le plan strictement théorique, nous avons été intrigués par le fait que la procédure numérique inventée par COMPETE sélectionne comme modèle favori la forme à énergie finie proposée par Heisenberg, correspondant à la

Figure 2: prédictions des sections efficaces totales pour les interactions $\gamma \rightarrow \text{hadrons}$ et $\gamma\gamma \rightarrow \text{hadrons}$ à haute énergie.

saturation asymptotique de la borne de Froissart. Dans un travail récent, en collaboration avec un collègue de l'Université de Heidelberg, nous avons modifié le modèle de Heisenberg en tenant compte de la présence de glueballs. Notre modification essentielle est liée à l'observation que l'échange direct de pions n'est pas significatif à haute énergie. Ceci est la conséquence du fait que les gluons échangés ont un spin 1 tandis que les pions ont un spin 0. Par conséquent, même dans l'approximation de Born, l'échange gluonique domine à haute énergie. Dans la théorie de Regge, ceci se manifeste par le fait que l'intercept de la trajectoire du pion est beaucoup plus bas que celui du Poméron. Les valeurs numériques ainsi obtenues, fondées sur la forme de Heisenberg (avec une masse du glueball de l'ordre de 1,4 - 1,7 GeV), sont étonnamment proches de celles établies par COMPETE. Il est intéressant de remarquer que la croissance en $\ln^2(s)$, proposée pour la première fois par Heisenberg, il y a un demi-siècle, est retrouvée aujourd'hui par des calculs fondés sur la théorie duale « cordes-gravité » AdS/CFT et aussi sur l'approche de « Colour Glass Condensate ».

B. Loiseau

P. Gauron, M. Lacombe,
B. Nicolescu, R. Vinh Mau.

Services techniques et administratifs

Le laboratoire comprend 28 chercheurs CNRS, 21 enseignants-chercheurs appartenant aux Universités Paris 6 et 7, 17 doctorants, deux post-doctorants et deux visiteurs étrangers, soit au total 70 personnes au 1^{er} février 2004. Le Service administratif comporte neuf personnes et les Services généraux comptent trois personnes. Le Service technique est formé de 17 ingénieurs et techniciens en électronique, onze informaticiens et dix mécaniciens. Le directeur est assisté d'une secrétaire de direction qui assure également la gestion des personnels de recherche.

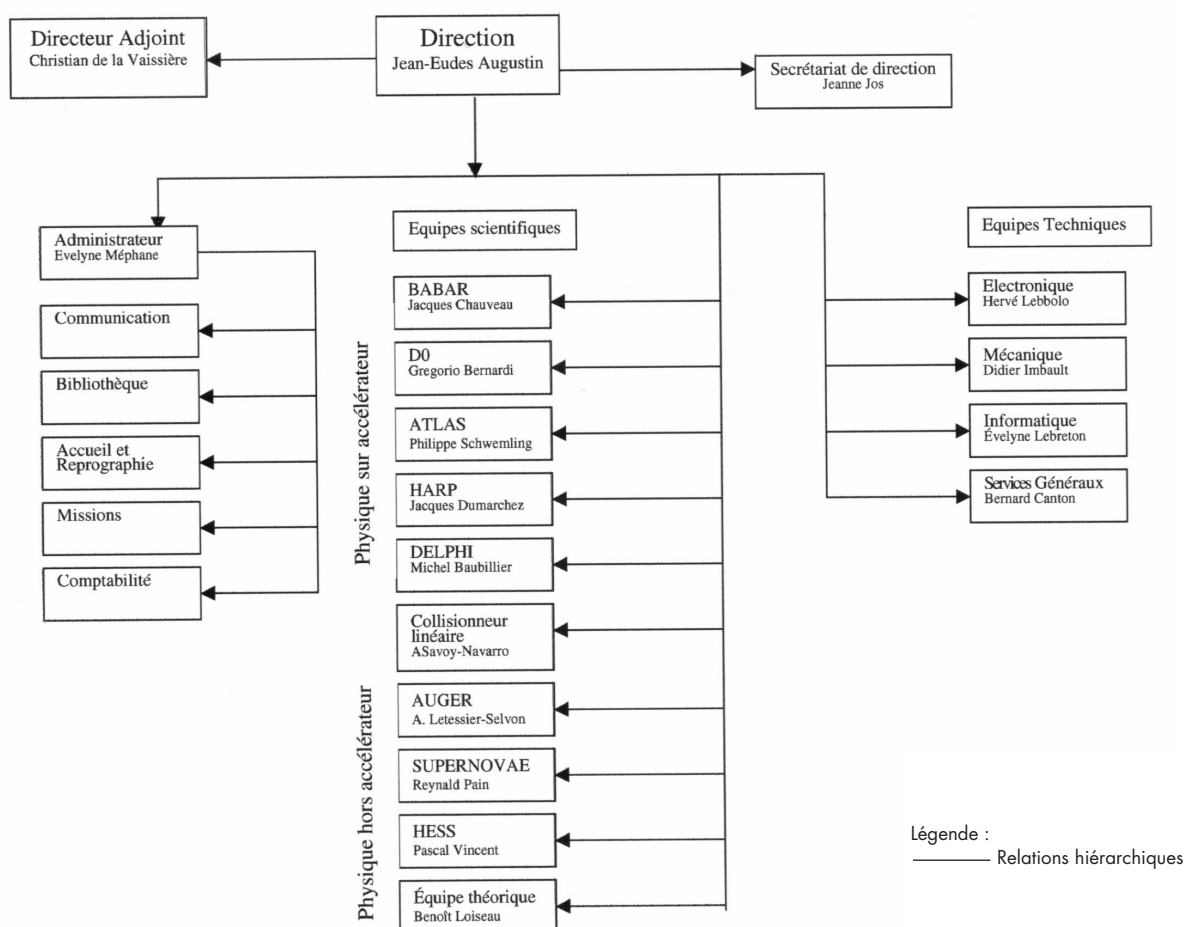
De 2000 à 2003, quinze ITA ont quitté le laboratoire, seize ont été recrutés. Dans le corps des physiciens, neuf départs à la retraite de chercheurs CNRS, deux d'enseignants-chercheurs de l'Université Paris 6, et deux d'enseignants-chercheurs de l'Université Paris 7 ont été compensés par l'intégration de huit chercheurs CNRS, deux enseignants-chercheurs Paris 6 et trois enseignants-chercheurs Paris 7.

Au cours des années 2002 et 2003, sept thèses ont été soutenues et actuellement, le laboratoire accueille 17 doctorants.

On trouvera ci-dessous l'organigramme résumant le fonctionnement du laboratoire. Le LPNHE est doté d'un règlement intérieur qui rassemble les textes successifs sur le Conseil de Laboratoire, le Conseil Scientifique, la Commission Paritaire des ITA et les autres règles de fonctionnement. Le renouvellement de ces instances a eu lieu au cours des deux dernières années.

Le laboratoire héberge un petit groupe de théoriciens en phénoménologie des particules. Cette équipe fait l'objet d'un accord entre l'Université Paris 6 et la Direction SPM du CNRS. Son activité la rapproche naturellement des expérimentateurs en physique du B.

J.-E. Augustin



Organigramme du LPNHE

Électronique

Le Service d'électronique du LPNHE comprend seize ingénieurs et techniciens permanents et une personne en contrat à durée déterminée. Ils sont soit directement impliqués dans les différentes expériences de physique, 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. Pour ces raisons, les différentes réalisations suivent de stricts critères de qualité 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, numérique rapide. Par ailleurs, ils mettent en œuvre diverses technologies : composants discrets, circuits intégrés programmables ou spécifiques. Le service dispose de moyens CAO importants acquis par l'IN2P3 ou via des organismes européens comme Europractice. Ces logiciels de CAO permettent le placement et routage de cartes électroniques, la modélisation et la simulation de systèmes grâce à des langages de haut niveau, enfin la simulation et le dessin de circuit intégrés y compris au niveau du transistor en technologie submicronique.

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 lec-

ture de la calorimétrie d'ATLAS comporte une soixantaine de châssis d'électronique frontale, 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 frontale, situés à proximité du détecteur, étant exposés à de forts taux de radiations (20 Gray/an et 10^{12} neutrons/cm²/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 électronique frontale 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 de déclenchement de niveau 1, de croisement des faisceaux, d'initialisation et de calibration.

Le contrôle des paramètres des cartes du châssis de l'électronique frontale s'effectue par le biais d'un bus de communication série bidirectionnel,

à un débit de 10 Mb par seconde. 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 (appelé SPACMASTER) situé dans un châssis VME de la salle de contrôle et le contrôleur de châssis. Le second brin, électrique, relie les cartes d'électronique frontale au contrôleur de châssis par l'intermédiaire d'un bus rigide, disposé sur un circuit imprimé. Sur chaque carte du châssis, un circuit intégré spécifique (appelé 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 maximale. 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 pré-série du circuit SPACSLAVE en DMILL (technologie durcie BiCMOS 0,8 μm) a été réalisée fin 2001 et testée en 2002 de façon concluante sous irradiation par un faisceau de protons. Après avoir validé la fiabilité du système de communication série, la production de la totalité des circuits nécessaires au fonctionnement de l'expérience a été lancée en 2002. 3200 circuits SPACSLAVE sont attendus pour le début 2004. Un échantillon de 150 esclaves provenant d'un premier wafer a pu être testé en décembre 2002 et a confirmé la conformité du circuit.

Les autres éléments du système de contrôle ont aussi été réalisés en 2002 et 2003. Ainsi, des proto-

types de maître série (SPACMASTER), de cartes contrôleur de châssis équipées de composants durcis ou qualifiés aux radiations et des bus rigides correspondants ont été produits et testés avec succès. Le fonctionnement du système de contrôle comportant tous les prototypes précités a pu être validé au cours d'un test de châssis de l'électronique frontale complet en 2003.

L'année 2004 sera consacrée à la production de 135 cartes contrôleur et de 30 cartes maître de communication série.

O. Le Dortz

BABAR

Les circuits intégrés codeurs de temps (TDC) conçus au laboratoire et installés à SLAC en 1998 fonctionnent comme prévu. Toutefois, le taux d'occupation des voies d'électronique est, à haute luminosité, largement supérieur aux prévisions initiales. La collaboration a donc demandé au LPNHE de concevoir une nouvelle version du TDC acceptant un taux d'entrées décorrélées de 1 MHz sur chaque canal. Compte tenu, d'une part des contraintes liées à la stricte compatibilité avec la précédente version, notamment l'alimentation de 5V, et d'autre part du fait que le fabricant du premier TDC (Atmel ES2) n'est plus partenaire d'Europractice, le choix s'est porté sur une technologie CMOS 0,6 μm d'AMS. Les modifications majeures portent sur la lecture sélective qui doit traiter dix fois plus de données qu'initialement. La technologie du fabricant AMS intégrant des mémoires beaucoup plus grandes, il a été possible d'organiser cette nouvelle lecture autour d'une seule mémoire double port d'une capacité de 256 mots de 122 bits qui permet de stocker toutes les données pendant le temps de latence du déclenchement de

premier niveau et d'effectuer une suppression de zéro. Lorsque les données deviennent trop vieilles pour un déclenchement éventuel, elles sont effacées. Si un déclenchement a lieu, les données présentes sont automatiquement bonnes et lues. L'équipe constituée de trois électroniciens du LPNHE et d'un ingénieur du LAL d'Orsay a démarré la conception du circuit au début de l'année 2001 et a soumis deux prototypes durant l'année 2001. La production du circuit final a été lancée au mois de mai 2002, puis testée au laboratoire à la fin de l'été.

Après remplacement de tous les circuits sur les cartes électronique frontale, le système a été réinstallé et testé avant le redémarrage de BABAR fin octobre 2002 et fonctionne depuis à la satisfaction de tous.

[H. Lebbolo](#)

Collisionneur linéaire

Dans le cadre de la R&D pour l'électronique du futur collisionneur linéaire, le LPNHE entreprend le

développement d'une électronique de lecture pour un détecteur à micropistes en silicium de longueur très variable.

Ces détecteurs sont mis en œuvre de plus en plus fréquemment dans les expériences de physique des particules et il est envisagé de développer des systèmes de grande surface (100 m²) et de grande longueur. Le but est de détecter les pistes touchées, de mesurer l'amplitude du signal et l'instant de la détection. La production de ces données requiert une compréhension de la génération du signal et de sa propagation dans le détecteur pour définir la meilleure technique de lecture sous la forme d'un circuit intégré qui sera réalisé avec les technologies VLSI récentes, telles que le CMOS sub-micronique (0,18 μm).

Une telle électronique, dans le cadre des détecteurs pour le collisionneur linéaire, requiert un très fort niveau d'intégration tant au niveau du nombre de voies par circuit que des fonctions réalisées. Elle devra aussi fonctionner en mode pulsé c'est-à-dire alternant les cycles actifs et cycle de

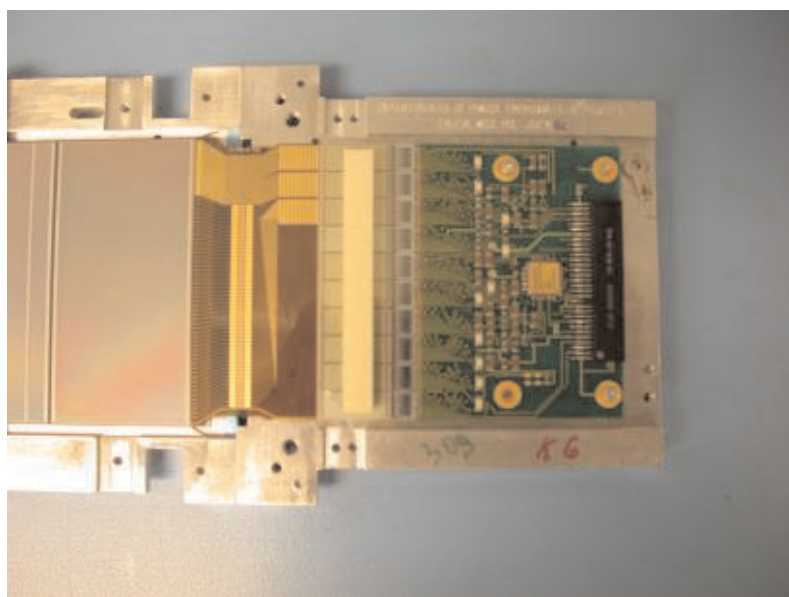


Figure 1 : développement pour le futur collisionneur linéaire : connectique en kapton pour le routage en rebouclage des pistes afin d'obtenir des micropistes de longueur variable.

« sommeil » sans nuire aux performances, afin de dissiper le minimum de puissance.

Ces développements doivent aboutir à un prototype de circuit prévu pour le courant de l'année 2004 et qui sera évalué sur le banc de test du détecteur actuellement en cours de construction.

Celui-ci a pour but d'une part de tester et de caractériser des détecteurs en silicium à micropistes relativement longues, dont certains de type nouveau. D'autre part, ce banc permettra de caractériser les signaux électriques issus du détecteur dans le but de préciser le cahier des charges de l'électronique frontale développée au laboratoire.

Ce banc de test comprend une cage de Faraday étanche à la lumière contenant le détecteur à tester, connecté à un hybride supportant l'électronique frontale.

Le détecteur actuel provient de l'expérience AMS, il est constitué de sept plaquettes de 4 cm de long connectées en série. Un système de rebouclage des pistes permet de simuler des pistes de 2,20 m de longueur. La source est constituée par une diode laser fonctionnant dans l'infrarouge proche (1060 nm) dont le faisceau est transmis par une fibre optique et concentré par une lentille. Le « spot » d'irradiation a une dimension de l'ordre de 250 microns. Les mouvements du support sont contrôlés par un système micrométrique qui sera piloté par ordinateur dans les trois dimensions. Un séquenceur piloté par un FPGA cadence la lecture des 640 voies analogiques en série à une fréquence de l'ordre du MHz par voie. Les signaux sont numérisés, stockés et lus par un ordinateur PC avec le logiciel LabView.

Les résultats obtenus sont comparés aux mesures extraites d'autres bancs de tests de la collaboration SiLC afin

d'assurer une complète validation des données obtenues.

Enfin, en collaboration avec l'IPN Orsay, le LPNHE développe un système de contrôle numérique de la radiofréquence pour des cavités accélératrices supraconductrices dans le cadre du projet européen XADS. Il doit mettre en jeu les composants les plus récents tels que des convertisseurs analogique/numérique d'une résolution de 14 bits à 80 méga-échantillons par seconde ainsi que des composants numériques programmables de grande capacité de calcul. Le projet nécessitera en outre la maîtrise d'outils logiciels permettant de modéliser fidèlement le comportement des cavités supraconductrices et leur environnement, de même que de mettre au point les filtres numériques et les algorithmes de régulation à intégrer dans les composants programmables.

[J.-F. Genat, H. Lebbolo, O. Le Dortz](#)

HESS

Le Service d'électronique a conçu et réalisé l'ensemble de l'électronique des quatre caméras de l'expérience. Elle se caractérise par sa compacité, sa modularité et son pré-traitement des données le plus près possible des capteurs (photomultiplicateurs). Cette stratégie permet d'optimiser les performances et de minimiser le nombre de câbles externes (CEM [Comptabilité ElectroMagnétique], poids, prix). L'électronique s'articule autour de trois parties : le traitement analogique des signaux, la logique de déclenchement et l'acquisition. Cela représente une vingtaine de cartes différentes, conçues au laboratoire, ainsi que les bancs de tests associés. Une caméra est composée de 960 photomultiplicateurs dont le gain nominal est de $2 \cdot 10^5$. Le tiroir est l'élément de base de la modularité de l'électronique. Chaque tiroir

est une structure mécanique supportant seize photomultiplicateurs, deux cartes analogiques, gérant chacune huit PM et une carte mère assurant le contrôle des paramètres. L'acquisition utilise la norme cPCI, avec un processeur sous Linux.

La construction de la première caméra de l'expérience HESS a débuté en 2001 et s'est poursuivie en 2002 au laboratoire; elle s'est achevée en avril et son installation a été effectuée avec succès, sur le site namibien, au mois de juin. En parallèle, la production des trois autres caméras a été entreprise au laboratoire.

Les difficultés rencontrées lors de la construction de la première caméra ont amené le groupe à optimiser l'architecture des bus de données. Un bruitage trop important, produit par l'environnement de la caméra, avait conduit à diminuer la vitesse d'acquisition. Afin d'éliminer cette nuisance, une nouvelle version des quatre BoxBus (bus privés) a été produite en 2002, nécessitant la conception de nouvelles cartes d'interface BoxBus-cPCI et le changement du câblage des caméras. Des modifications sur les cartes analogiques (ajout de câbles en kapton soudés directement sur la carte) ont été nécessaires pour pallier aux problèmes de synchronisation de certaines mémoires analogiques (environ 10 % des voies concernées), observés au terme de la construction de la première caméra. Enfin, bien que le cPCI, bus innovant à haut débit et haut niveau de configuration, autorise des transferts synchrones à un taux pouvant atteindre 264 Méga-octets par seconde (64 bits à 33 MHz en mode d'accès direct entre le bus et la mémoire [DMA]), les premiers processeurs commerciaux n'offraient généralement pas toutes ces facilités. L'arrivée sur les mar-

chés de nouvelles cartes nous a permis de développer le mode DMA qui apporte un gain d'un facteur 6 dans le transfert des données sur le bus cPCI et allège considérablement la charge des programmes d'acquisition.

La deuxième caméra a été installée en février 2003. Dans le même temps, une mise à niveau a été opérée sur la première unité, portant la vitesse d'acquisition globale des données de 400 Hz à 1,3 kHz. La mise en fonction des fonctionnalités du DMA de la nouvelle carte processeur deux mois plus tard a permis d'obtenir un gain supplémentaire de 30 %.

En mai 2003, le groupe a mis au point et produit les interfaces électroniques avec le système de déclenchement multi-télescopes conçu par le MPIK de Heidelberg. Les tests de ce système ont été réalisés au laboratoire à l'aide de deux caméras en construction et les premiers événements stéréoscopiques de HESS ont été enregistrés dès la période d'observation suivante, en juin.

Le temps mort étant un point critique dans ce type d'expérience, les efforts pour augmenter la rapidité de l'électronique se sont poursuivis en 2003. Ils nous ont amené à multiplier le nombre de BoxBus par deux afin de diminuer la quantité totale de données à transférer sur chaque bus et ainsi augmenter la vitesse d'acquisition. La troisième caméra a donc été équipée de deux interfaces BoxBus-cPCI (huit BoxBus). Les tests effectués au laboratoire au cours de la construction ont montré un gain de 70 %. La vitesse d'acquisition actuelle est de 2,5 kHz ce qui représente un gain d'un facteur 5 par rapport à la première caméra pour un temps mort de 8 %.

La troisième caméra a été installée en septembre 2003, suivie par la quatrième en décembre. Cette dernière installation a été l'occasion

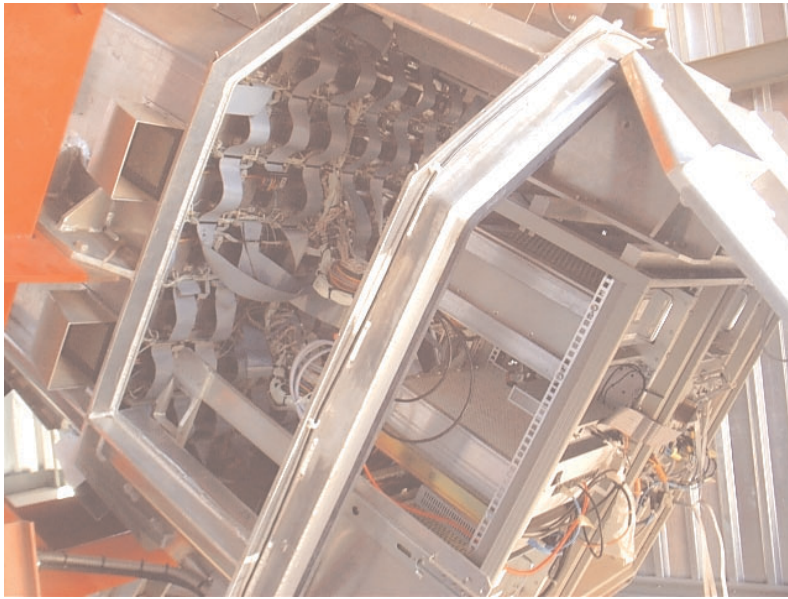


Figure 2 : vue de l'électronique d'une caméra de HESS

d'effectuer une remise à niveau des quatre caméras. Une modification, sur le site, des 360 cartes analogiques des trois premières caméras a été effectuée pour éliminer des bruits parasites observés dans les voies de déclenchement. A cette occasion, de nouvelles cartes de puissance gérant la ventilation de la caméra et la commande de son capot ont été construites et installées. Les premiers événements du système complet ont été acquis le 10 décembre 2003 par le groupe.

Ainsi, pendant les années 2002 et 2003, le groupe a qualifié environ 2000 mémoires analogiques et testé près de 600 cartes d'électronique. Il a installé quatre caméras sur le site dont trois ont été construites et testées en un temps record de 10 mois. Le groupe a également amélioré les performances de l'électronique d'un facteur 5 tout en assurant la maintenance des caméras déjà en opération sur le site.

P. Nayman, P. Vincent

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 embarqué dans l'espace pour l'expérience SuperNovae Acceleration Probe (SNAP/JDEM), en collaboration avec le Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL Berkeley).

Un système de tests 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, un contrôleur de lecture qui fournit les signaux de contrôle et numérise les signaux bas bruit amplifiés et un ordinateur PC.

Le but est de réaliser une chaîne de lecture complète sous la forme d'un jeu de circuits intégrés capables de fonctionner dans l'environnement SNAP ($-10^{\circ}\pm 20^{\circ}\text{C}$, tenue à 30 kRad sur trois ans), depuis le traitement analogique, jusqu'à la numérisation des données.

Dans cet esprit, un circuit intégré réalisant une lecture par double corrélation en technologie durcie DMILL a été développé et réalisé.

Un second circuit intégré comportant quatre voies de lecture comprenant chacune deux gains permettant une résolution de 17 bit en deux échelles de 12 bit et fonctionnant sous le mode de « clamp and sample » a été conçu et envoyé en fabrication en août 2003. Il est actuellement en cours de test. Une seconde version intégrant le choix de gain et la numérisation sur 12 bit est prévue pour 2004.

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

H. Lebbolo

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, 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, M. Ba Trung,
P. Corona, M.-M. Cloarec,
J.-P. Denance, M. Dhellot,
J.-F. Genat, C. Goffin,
A. Guimard, O. Le Dortz,
D. Martin, P. Nayman,
J.-M. Parraud, F. Rossel,
A. Sefri, R. Sefri,
F. Toussnel, A. Vallereau.

Mécanique

Le Service de mécanique comprend deux 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 (EUCLID, CATIA, Solid Edge, Autocad) et de calcul (Acord, SAMCEF) et à son atelier de fabrication équipé depuis fin 2001 d'un centre d'usinage en commande numérique et de la FAO (logiciel AlphaCam), il peut répondre aux demandes exprimées par les physiciens 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.

ATLAS

Les détecteurs qui seront mis en œuvre auprès du futur collisionneur LHC du CERN vont permettre d'explorer de nombreux domaines de la physique des particules. Qu'il s'agisse de la physique $t\bar{t}$ ou de celle des mésons B, de l'étude des paires de W et de Z⁰, de la recherche du boson de Higgs ou de la supersymétrie, la calorimétrie y joue un rôle prépondérant.

Le laboratoire est impliqué, au sein d'une collaboration internationale, dans l'étude et la réalisation du calorimètre électromagnétique à argon liquide. Ce dernier est constitué de deux cylindres de 3,2 m de long et de 2,6 m de diamètre. Il est divisé en modules de grandes dimensions, succession d'électrodes recueillant le signal et d'absorbeurs qui sont des composites de plomb et d'acier inoxydable pliés en accordéon.

La contribution du Service de méca-

nique dans la métrologie de ces constituants, dans l'étude de la table support-positionnement des modules du bouchon, dans l'étude du bâti d'insertion du calorimètre central, dans le cryostat et dans l'intégration des détecteurs a constitué une partie majeure de notre activité pendant plusieurs années avant de décroître progressivement en 2003.

Le calorimètre électromagnétique central

Ce calorimètre doit mesurer l'énergie des photons et électrons avec une très bonne précision. L'homogénéité de l'épaisseur du plomb utilisé pour fabriquer les absorbeurs est un des points les plus délicats. Le but, lors de la construction du détecteur, est de maintenir sa contribution propre au terme constant de la résolution en énergie en dessous de 0,3 %. Dans ce cadre, nous avons eu la responsabilité de la métrologie à chaud du plomb et des absorbeurs. Les dernières mesures ont été terminées avec succès au début 2003.

Le laboratoire a mis au point un système de suivi et de mesure des plaques de plomb. Les épaisseurs des quelques 4500 plaques de plomb ont été mesurées avec une grande précision (3 microns par point - 500 points par plaque) à l'aide d'une table automatisée équipée d'une tête de mesure ultrasons. Ces mesures ont été effectuées dans le hall IN2P3 à Orsay et se sont terminées début 2003. Toutes les mesures concernant le plomb ont été réalisées, y compris celles pour un module de rechange, si besoin était.

Après pliage et assemblage des différents éléments constituant un absorbeur, le service a eu en charge le contrôle de la géométrie du produit fini, réalisé à l'aide d'une machine de mesure tridimensionnelle. L'ensemble des 2048 absorbeurs a été mesuré.

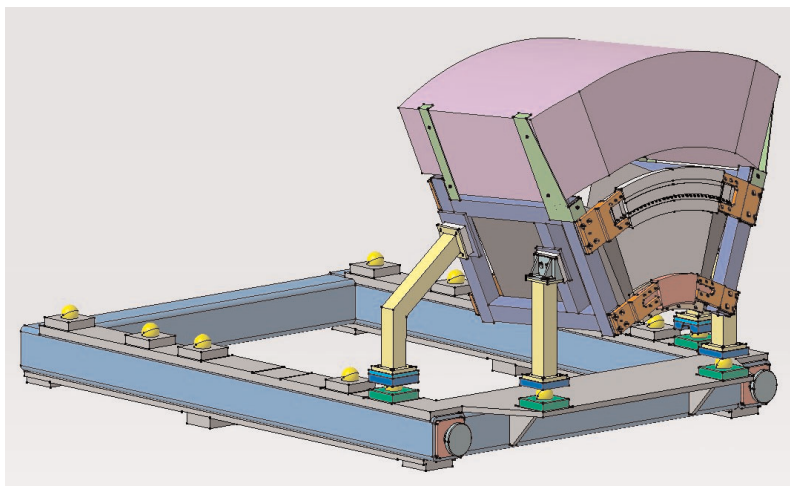


Figure 1 : représentation CATIA du module de test en faisceau pour ATLAS, avec son support.

Intégration

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

Ce travail conséquent consistait plus particulièrement en l'analyse de la cohérence des différents scénarios donnés par les laboratoires impliqués dans cette collaboration, dans le recensement de toutes les tâches, l'étude d'outillages et dans la définition de l'implantation des différentes opérations d'assemblage, de stockage et de test des détecteurs et des cryostats. Nous avons eu en charge la définition de toutes les salles propres (ISO 8) de montages et de tests.

A partir du recensement des tâches à effectuer dans le hall et de l'évaluation des besoins associés (stockage, déplacements...), un scénario général et les dessins 3D correspondants ont été élaborés et approuvés par la collaboration.

Outre cette étude globale et la définition, la fabrication et la mise en place d'outillages spécifiques de manutention ou de stockage, la conception d'un outillage complexe de grandes dimensions, le bâti d'insertion du détecteur central (70

tonnes) dans le cryostat, a été menée à terme en 2002. Le suivi des réalisations, de l'installation, puis de l'utilisation de cet outillage a été de notre responsabilité. L'introduction des détecteurs dans le cryostat a été réalisée conformément à notre engagement, en 2002 et 2003.

Un AI du service est actuellement détaché au CERN pour poursuivre l'étude des opérations se déroulant dans le puits. Enfin, le service a réalisé les outillages et les supports permettant la construction d'un module « bouchon » destiné aux tests en faisceau de 2004.

La « table EMEC »

L'étude de l'outillage de grande dimension (la table EMEC de 4,2 m de diamètre) supportant les huit modules, pour les deux bouchons électromagnétiques d'ATLAS de 25 tonnes chacun, permettant leur positionnement précis (0,1 mm), l'assemblage puis le retournement en vue de l'introduction dans le cryostat, a été menée à terme. Pour permettre la mise en place du dernier module, du fait de la forme des absorbeurs en accordéon, cette table est séparée en deux éléments dont l'un peut translater après chargement par rapport à l'autre et revenir en place avec une grande précision. Après sa fabrication en Russie, son utilisation au CERN à partir de début 2003 a totalement répondu à ce qui avait été prévu lors de l'étude.

Supernovae/SNAP

Nous avons étudié en 2001, puis fait réaliser, un cryostat de test permettant la mesure sous vide et à 80 °K des CCD pour l'expérience embarquée SNAP/JDEM (télescope spatial destiné à la mesure des paramètres cosmologiques à l'aide des

supernovae de type Ia). Une amélioration du système de refroidissement a été réalisée.

Le cahier des charges pour un second cryostat, permettant l'étude des détecteurs travaillant dans l'infrarouge, a été approuvé et la pré-étude est en cours.

Un ingénieur a pris la responsabilité importante en fin 2001 de chef de projet pour la participation française au satellite.

Un spectromètre intégral de champ (SNIFS) a été construit en collaboration avec l'IPNL et le CRAL de Lyon. Il permettra, monté sur un télescope à Hawaï, de mesurer à la fois le flux et le spectre de plusieurs centaines de supernovae (SNIa), pour comprendre la dispersion de leur luminosité. Nous avons eu en charge la conception et la réalisation de la mécanique des voies « bleue » et « rouge » (supports de grismes, de caméras, de collimateurs, de micro-lentilles, de dichroïques). Plus de 200 pièces, souvent de grande précision, ont été conçues puis réalisées sur la machine à commande numérique et les sous-ensembles montés en moins de cinq mois. Outre la coordination technique de la mécanique qui était de notre ressort, le Service a étudié et fait réaliser une table de test et un système de retournement de la platine support équipée de l'ensemble du spectromètre afin de vérifier sa stabilité en fonction de l'inclinaison. Nos réalisations ont répondu aux délais et spécifications techniques.

Collisionneur linéaire

Le collisionneur linéaire permettra l'étude, à partir de collisions e^+e^- dans les énergies allant de 90 GeV à 1 TeV, du Higgs, du top, du W...

Il est nécessaire, outre les mesures fournies par le trajectographe central,

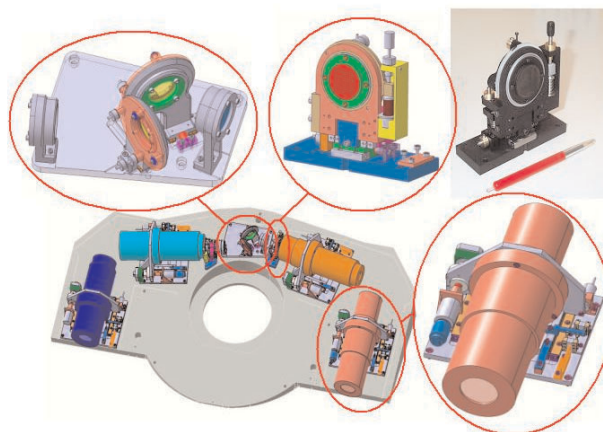


Figure 2 : ensemble de pièces réalisées pour l'expérience SNIFS.

d'avoir des points très précis des trajectoires. L'une des possibilités est d'utiliser des détecteurs en silicium.

Les études préliminaires d'une enveloppe complète de détecteurs de traces en silicium pour la partie centrale (structure alvéolaire en fibre de carbone de diamètre 1,7 m, de longueur 5 m) et les bouchons ont débuté à l'automne 2001. De nombreux problèmes restent à résoudre. Ils concernent les matériaux, la thermique et le positionnement de ces détecteurs. Des bancs de test ont été réalisés et un système de refroidissement des détecteurs a pu être validé. Des stagiaires (DUT, école d'ingénieur) nous ont aidé dans ce travail. D'autres bancs pour les tests de l'électronique de lecture ont été ou seront fabriqués. A partir de février 2004, notre effort portera prioritairement sur la conception et les tests concernant les bouchons

HESS

Afin d'améliorer le système d'éta-lonnage des photomultiplicateurs des caméras de HESS, un stagiaire a étudié un nouveau système basé sur une diode électroluminescente. Ce dispositif permet l'utilisation de plusieurs filtres. Un cône réfléchissant a ensuite été adjoint à ce boîtier

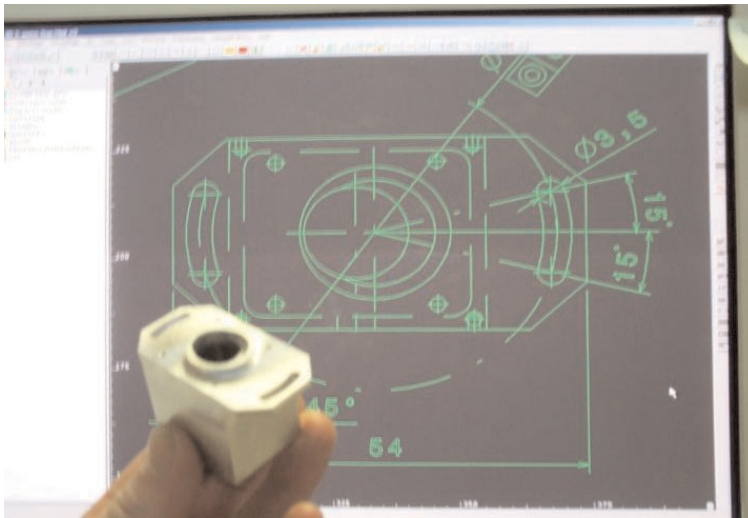


Figure 3 : pièce réalisée en FAO pour l'expérience PLANCK.

et cinq ensembles ont été fabriqués. Ils ont été utilisés lors de l'assemblage des quatre caméras dont le laboratoire avait la responsabilité.

PLANCK, GLAST

Dans le cadre de la mutualisation des services de mécanique du PCC Collège de France et du laboratoire, le Service a réalisé des études et surtout des fabrications de pièces en commande numérique pour les expériences embarquées PLANCK (calibrage au sol du dispositif optique) et GLAST (validation de la liaison optique du calorimètre entre les cristaux de CsI et les diodes). La première pièce réalisée au laboratoire par FAO a été un capot de moteur fonctionnant à 4 K dans le vide pour PLANCK. 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, qualité, FAO) et dans le réseau des mécaniciens. Un ingénieur est ACMO du labora-

toire et responsable des Services Généraux.

Un manuel qualité des services de mécanique, répondant à l'approche processus définie dans la norme ISO 9000 version 2000, a été écrit conjointement avec le PCC Collège de France. Après son approbation par la direction du laboratoire, il est progressivement appliqué.

D. Imbault

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

Informatique

Le Service informatique du laboratoire a pour mission d'assurer le bon fonctionnement du réseau local et des équipements qui y sont connectés (plus de 300 numéros IP attribués en janvier 2002 sur deux réseaux de classe C).

Le travail informatique de la discipline se répartit entre les lieux d'expériences, le Centre de Calcul de l'IN2P3 à Lyon et les moyens locaux. Il est donc naturel que les activités du groupe local s'organisent de façon complémentaire à celles de Lyon. Sont effectués sur les matériels du laboratoire : les analyses fines, la production des documents graphiques, certains types de simulations. La répartition peut évoluer au gré du temps, des impératifs techniques ou des contraintes financières, mais il est important de conserver au système la plus grande souplesse possible.

Les serveurs d'expérience et les postes de travail

En ce qui concerne le stockage, le service maîtrise à présent l'installation et la maintenance des disques Raid +5 avec différentes cartes contrôleurs telles que Mylex ou 3Ware. Ainsi, les serveurs des expériences Supernovae, HESS et ATLAS sont équipés de tels disques. Le Raid IDE avec une interface SCSI ne nous a pas donné entière satisfaction et actuellement un nouveau type de Raid – Sata est en cours d'installation sur le nouveau serveur de l'expérience Supernovae. La mémoire des serveurs, tous des biprocesseurs, est de 2 ou de 4 Go.

En 2002, 35 nouveaux postes de travail dont 11 portables ont pu être financés. En 2003, ce nombre s'est élevé à 25 postes dont 13 portables. En ce qui concerne les portables,

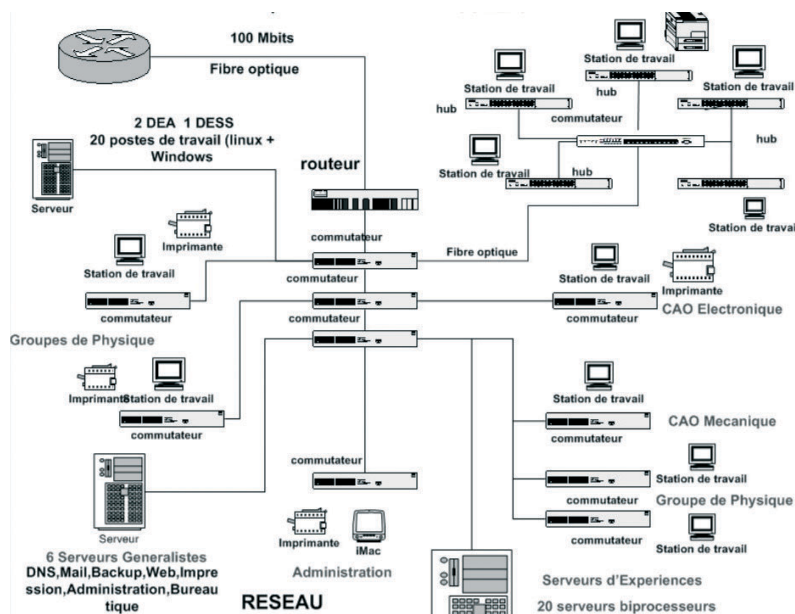


Schéma du réseau informatique du LPNHE.

divers modèles sont en exploitation, de l'ultra léger pesant 1,6 kg au poste standard de 3,5 kg. Les postes fixes sont installés soit avec un système Linux Red Hat, soit avec Windows 2000. En revanche, les portables devant assurer le travail nomade, sont installés soit en double boot (Linux pour la partie scientifique et Windows pour la bureautique), soit avec le logiciel VmWare qui permet une installation virtuelle de l'un des deux systèmes.

La sauvegarde

L'espace disque sauvegardé dépasse le Téraoctet : les espaces sauvegardés quotidiennement en mode incrémental sont les espaces HOME des différents serveurs ainsi que certaines partitions système. Une fois par mois, on procède à une sauvegarde complète des serveurs. Pour faire face à l'augmentation du volume de disques à sauvegarder, l'ancien robot utilisant des exabytes de 40 Go compressés a été remplacé par un robot équipé de 14 emplacements utilisant des Super DLT de 320 Go compressés. Le deuxième lecteur installé en 2001 a été conservé sur le serveur pour assurer la transition des supports.

Le réseau local et la vidéoconférence

En 2000, une refonte complète du réseau local coaxial à 10 Mbits/s en un réseau à architecture en étoile basé sur des paires torsadées à 100 Mbit/s a été entreprise. Cet important travail a été poursuivi en 2002-2003 (barre 33-43 - RC) et est pratiquement achevé (restent certaines salles de montage d'expériences). D'autre part, les nouveaux locaux du rez-de-chaussée de la barre 32-42 ont été raccordés au réseau local via un commutateur 100 Mbits/1Gbits. Par ailleurs, le service a pu obtenir du CCIN2P3 une plage de 2000 adresses IP contiguës en échange des deux réseaux de classe C qui étaient saturés et qui obligeaient le passage par le routeur pour aller d'un brin à l'autre. Il a donc fallu modifier les adresses IP de toutes les machines: cette opération est encore en cours. A présent, il est possible de se connecter au DHCP filaire ou Wi-Fi (une première borne est en service à la coupole), de n'importe quel endroit du laboratoire.

En ce qui concerne les entrées sorties, le CCIN2P3 a remplacé l'ancien routeur CISCO par un routeur CISCO 3550 qui permet maintenant le transfert des données à 100 Mbit/s de bout en bout et à court terme à 1 Gbit/s.

Le laboratoire est équipé d'une station de vidéoconférence connectée en IP et ISDN qui nous permet d'organiser des vidéoconférences avec le monde entier.

La CAO mécanique

En 2002-2003, le logiciel CATIA version V5R7 (comprenant à la fois CATIA, EUCLID, SmarTeam et le connecteur entre CATIA et EUCLID), a été installé sur tous les PC du parc de CAO mécanique: cette installation a nécessité une mise à jour du système de certains postes de travail en Windows 2000. Actuellement, il y a neuf postes CATIA. Le Service mécanique a acquis une machine à commande numérique pour la fabrication de

pièces. Cette machine est pilotée par le logiciel AlphaCam installé sur un des postes de travail du service. Un disque supplémentaire de 73 Go a été ajouté au serveur en place.

La CAO électronique

Un nouveau serveur (Sun Entreprise 250 avec processeur UltraSparc II) avec quatre disques SCSI de 36 Go a été installé: ce serveur est dépositaire des licences et permet également l'exploitation du logiciel CADENCE et de ses dérivés. Cinq machines clientes complètent cette installation. Par ailleurs, les postes de travail, des terminaux X, ont été remplacés par des PC sous Windows 2000.

Le Service administratif

Pour assurer la persistance des informations gérées par le logiciel X-lab, un serveur Windows 2000 équipé d'un disque Raid +1 de 18 Go a été installé. Les neuf postes clients, dont trois ont été renouvelés, restent des Macintosh sous MAC OS 8 ou 9. Cependant, la gestion des missions et des factures de l'Université Paris 6 a imposé l'introduction de deux postes Windows 2000.

Le Service de courrier et la sécurité

Le laboratoire a choisi d'utiliser l'antivirus en entrée de site mis en place par le Centre de Calcul de Lyon.

En cours d'année 2002, l'accès TELNET a été fermé au niveau du routeur et les connexions via SSH ont été généralisées sur tous les serveurs et postes de travail.

La participation au projet DATAGRID

Dans le cadre du projet DATAGRID, un groupe de travail avec les membres de l'Institut Pierre Simon Laplace s'est constitué sur le Campus de Jussieu. Un des ingénieurs du service a développé un logiciel permettant de trouver les coïncidences en position et temps entre les mesures de profils d'ozone effectuées par satellite

et par Lidar. «Visualisation de la couche d'ozone» (Sciences de l'observation de la terre) a été l'une des applications retenues pour la démonstration de présentation de DATA-GRID à l'Union Européenne.

La participation au service d'enseignement des DEA et DESS

Le laboratoire continue d'assurer l'administration du parc informatique des étudiants de DEA MIP et GI et maintenant aussi du DESS « Physique des capteurs et systèmes de mesures ». Il s'agit de deux serveurs Linux et Windows et d'une vingtaine de postes de travail double boot. En outre, en début d'année académique, le cours Unix dispensé aux étudiants est assuré par un ingénieur du service.

La formation permanente

Lorsque les étudiants partent en stage, leurs équipements sont disponibles pour le laboratoire de mars à septembre. Durant cette période, des formations avec travaux pratiques sont organisées, comme LabVieW, C++ et Root en 2003.

L'accueil des stagiaires

Une collaboration entre l'enseignement en DEA d'informatique de l'Université de Bogota (Colombie) et le LPNHE, en place depuis 2001, permet au laboratoire d'accueillir un stagiaire par an pour une durée d'environ dix mois.

En 2002, ce stagiaire a travaillé à temps plein dans le service général d'administration systèmes-réseaux. En revanche, en 2003, la stagiaire a travaillé exclusivement pour le groupe SNIFS de l'expérience Supernovae qui a proposé le développement d'un programme pour le contrôle et la maintenance du détecteur.

Par ailleurs, les ingénieurs du service général ont encadré le stage de fin d'année d'un étudiant du DESS Capteurs et de deux étudiants de l'IUT d'informatique de Paris 5. Ces

stagiaires ont permis le développement d'une base de données du matériel informatique, d'un logiciel de réservation de voitures et l'installation d'un programme de surveillance des entrées-sorties sur le réseau du laboratoire et son exploitation.

Organisation du Service et assistance aux utilisateurs

Une nouvelle répartition du travail entre administration, systèmes, réseaux et développement dans les expériences s'est mise en place au cours des années 2002-2003. Ainsi, un ingénieur du groupe « Administration, Systèmes, Réseaux » a pris la responsabilité de la base de données de construction des éléments du calorimètre électromagnétique de l'expérience ATLAS, après le départ à la retraite de l'ingénieur qui assurait ce travail jusqu'alors. De même, le groupe SNAP/JDEM de l'expérience Supernovae bénéficie d'un support pour l'installation des PC des bancs de tests et pour une part de développement. D'autre part, l'administration des serveurs des expériences BABAR, ATLAS, AUGER et Collisionneur linéaire est assuré, en collaboration avec le service général, par les ingénieurs impliqués dans des développements logiciels au sein des expériences.

L'assistance aux utilisateurs, en ce qui concerne le matériel et les problèmes d'exploitation courante, est assurée à tour de rôle par une personne du service informatique.

Les développements informatiques réalisés par les informaticiens liés aux expériences sont décrits dans les chapitres traitant de celles-ci.

E. Lebreton

F. Astesan, M. Berggren,
M. Belkacem, M. Detournay
J.-L. Gorrard, J.-F. Huppert, L. Martin,
A. Paraiso, R Randriatoamanana,
P. Warin-Charpentier, Z. Strachman.

Service administratif

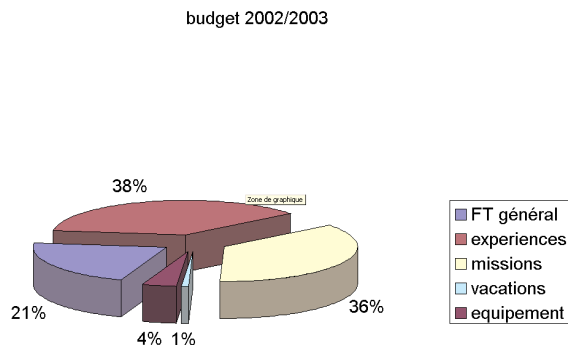


Figure 1 : répartition du budget du LPNHE

Le Service administratif du LPNHE regroupe huit personnes. Il travaille en étroite relation avec les services administratifs de l'IN2P3, des Universités Paris 6 et 7 et de la délégation Paris B du CNRS. Il est placé sous la responsabilité de l'administrateur qui apporte par ailleurs son assistance à la Direction du laboratoire et effectue l'analyse financière. Les différentes fonctions du service au sein de l'unité sont résumées ci-après.

- 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.
- La gestion financière est assurée par le Bureau des achats et le Bureau des missions en liaison avec un responsable scientifique.
- Les crédits globaux du laboratoire, provenant des Universités Paris 6/Paris 7 et du CNRS – IN2P3 sont gérés sur X-lab. Le logiciel NABUCO est également utilisé pour engager les crédits provenant des universités.
- En ce qui concerne le budget, l'arborescence du système établie 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.

- Le Bureau des missions a en charge environ 1 800 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. En revanche, 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 dû s'adapter aux nouvelles évolutions réglementaires concernant les missions et les marchés.
- La gestion de la bibliothèque est assurée sous la responsabilité d'un physicien. En 2003, la bibliothèque a dû entreprendre l'intégration de très nombreux volumes de l'ancienne bibliothèque de l'équipe « Théorie » parmi ceux de la bibliothèque du LPNHE. Cela représente un gros travail sur le moyen terme.
- Un soutien administratif est accordé au DEA « Modélisation et Instrumentation en Physique » et, dans une moindre mesure, au DEA « Grands Instruments » et au DESS « Capteurs ».
- Enfin, l'administration contribue au bon fonctionnement du laboratoire en assurant un soutien logistique à l'organisation des séminaires et aux autres manifestations, l'édition de rapports internes, l'accueil ainsi que 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, J. Meurgey.

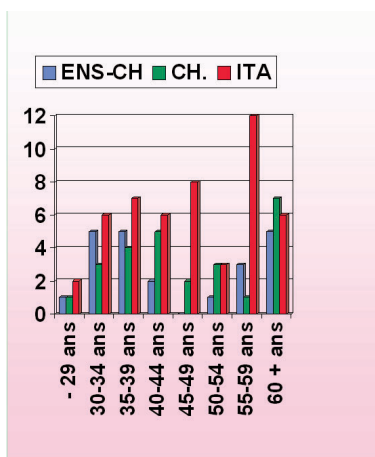


Figure 2 : pyramide des âges du personnel du LPNHE

Services généraux

Les Services généraux comprennent pour l'entretien deux techniciens. Un ingénieur en assure la responsabilité. Leurs tâches sont multiples :

- assurer le bon fonctionnement des installations techniques : installations de climatisation, de sécurité (alarme incendie...), téléphoniques, électriques et sanitaires ;
- assurer un service de navette courrier une à deux fois par semaine avec le CNRS/IN2P3 Michel-Ange, le PCC Collège de France, les services administratifs de l'Université Paris 6 à la Cité Voltaire ;
- assurer des transports de matériels en Île-de-France ; gérer le parc automobile du LPNHE et sur le site du CERN à Genève ; un programme de réservation mis en place par le Service informatique à l'été 2003 permet un suivi amélioré ; assurer l'aménagement des salles de réunions (projection, sonorisation) ;
- assurer des réaménagements de pièces (électricité, peinture, revêtement de sol) ;
- rénover le mobilier.

Le service a terminé la rénovation des bureaux (électricité, peinture, revêtement de sol) de la barre 33/43 - RC qui se déroulait depuis plusieurs années. L'aide d'un technicien en CDD a permis de mener à bien cette opération.

Le service a été mis à forte contribution mi-2003 lors du déménagement des équipes qui se trouvaient dans les locaux de la barre 23/33 - RC et de la barre 12/13, 3^e étage. Bien que le déménagement ait été réalisé par une entreprise privée, des aménagements ont été réalisés par le personnel du service ainsi que le tri et le stockage du matériel temporairement inutilisé.

B. Canton

N. Pavel, M. Roynet.

Travaux d'aménagement

Après des pré-études d'aménagements des locaux de l'ancien laboratoire du professeur Zagury (barre 32/42) faites fin 2001, l'Université Paris 6 et l'EPA ont décidé de l'attribution de la demi-barre 32/42 RC au LPNHE, après désamiantage et rénovation. Un ingénieur d'études et un physicien du LPNHE ont été chargés par la Direction d'établir un cahier des charges de l'aménagement des locaux avec, en particulier, la création d'une communication avec les locaux contigus existants. Celui-ci a été remis à l'EPA en juillet 2002. Un groupe de travail a aidé à l'établissement des choix. L'EPA a assuré le désamiantage pendant le mois d'août. L'avant-projet sommaire a été étudié pendant l'été 2002 et l'appel d'offre lancé par l'EPA en octobre. Les travaux de réaménagement pilotés par l'EPA ont été réalisés de janvier à juin 2003. L'ingénieur d'études a assuré le suivi du chantier. Les locaux ont été livrés le 16 juin 2003, avec quinze jours d'avance sur le planning initial et l'emménagement a démarré immédiatement.

La mise en service de ces locaux a permis un regroupement du laboratoire sur un seul secteur du Campus Jussieu (32/33/43/42). Les locaux occupés précédemment dans la barre 23/33 RC et dans la barre 12/13 3^e étage ont été remis à l'EPA dès début juillet 2003 après déménagement.

Le Campus Jussieu entre dans la phase de désamiantage et de rénovation du secteur « ouest », le laboratoire se trouvant à la lisière de ce secteur. Une option d'implantation définitive du laboratoire dans ce secteur a été réservée. Les études pour l'APS sont actuellement en cours. Parallèlement, des études ont



Figure 1 : vue d'un des bureaux de l'aile 32-42 avant rénovation.



Figure 2 : vue d'un des bureaux de l'aile 32-42 après rénovation.

été entamées fin 2003 pour le désamiantage et la rénovation des locaux actuel du laboratoire suivant l'option de base et préférée par le conseil du laboratoire, de son maintien à l'emplacement actuel. Un ingénieur d'études et un physicien ont été chargés par la Direction d'établir les contacts avec les Bureaux d'études chargés des deux secteurs et d'établir des cahiers des charges.

Les deux options sont étudiées simultanément avant une décision finale devant intervenir en 2004.

B. Canton, Ph. Schwemling

Hygiène et Sécurité

La charge d'ACMO (Agent Chargé de la Mise en Œuvre de l'hygiène et la sécurité) est assurée par un ingénieur d'études du laboratoire. 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.

Des contrôles bactériologiques réguliers sont effectués sur l'échangeur de l'installation de climatisation afin de s'assurer de son bon état sanitaire. Les services de la Préfecture peuvent nous demander des analyses supplémentaires à tout moment.

En 2001, devant les dysfonctionnements répétés de notre installation d'alarme incendie et son incompatibilité avec les installations du nouveau poste de sécurité du campus Jussieu, une étude de remplacement a été menée par l'ACMO avec l'aide du conseiller sécurité auprès du président de l'Université Paris 6. L'installation du nouveau système d'alarme incendie sur l'ensemble

du laboratoire a démarré au début de l'année 2003. Il doit remplacer à court terme l'ancienne installation. La connexion de notre équipement avec le poste de sécurité du Campus Jussieu doit être réalisée par l'EPA en début 2004.

Un organisme agréé (APAVE) a effectué en février 2002 un contrôle des installations électriques et de sécurité sur l'ensemble du laboratoire dans le cadre du contrôle complet du Campus Jussieu à la demande de la Commission de sécurité de la Préfecture de Police. Les Services généraux du laboratoire ont assuré une partie des mises en conformité demandées dans le rapport (éclairage de sécurité, électricité dans les pièces). L'EPA a effectué en 2003 la mise en sécurité, en particulier la mise à la terre des chemins de câbles, le remplacement d'une armoire de distribution, et le remplacement de porte-fusible par des disjoncteurs.

B. Canton

Vie du laboratoire

Enseignement et formation

L'enseignement supérieur et le LPNHE

Formation permanente

Stages

Activités internes

Réunions du vendredi

Biennale 2003

Séminaires au LPNHE

Colloque de Cosmologie

Journées et manifestations diverses

Enseignement et formation

L'Enseignement Supérieur et le LPNHE

Le LPNHE est une unité mixte de recherche du CNRS et des Universités Paris 6 (Pierre et Marie Curie) et Paris 7 (Denis Diderot). Une trentaine de ses membres participent à des titres divers à l'enseignement supérieur dans ces universités: professeurs et maîtres de conférence titulaires, post-docs sur postes d'ATER, doctorants moniteurs, chercheurs et ingénieurs CNRS. Ces derniers enseignent essentiellement en 3^e cycle, mais aussi dans des Écoles d'Ingénieurs (École Polytechnique entre autres). Les enseignants chercheurs (EC) du laboratoire interviennent, quant à eux, à tous les niveaux (du 1^{er} au 3^e cycle). Les fonctions de responsabilité assurées par des EC du LPNHE sont nombreuses et vont très au-delà de leurs charges statutaires. Parmi les postes de responsabilité assurés auprès des deux universités, on trouve: la direction du Service de Physique dans la filière du DEUG SCM de P6 (J. Chauveau); les responsables pour Paris6 et Paris7 de la future spécialité « Noyaux, Particules, Astroparticules » (J. Chauveau, P. Schwemling) en 2^e année de Master; le Magistère de Physique de Paris 6 PhyTEM, en commun avec l'ENS Cachan, (M. Boratav, responsable de la 2^e année et des stages); la direction de DEA et DESS (voir ci-dessous). Enfin, plusieurs EC du LPNHE prennent actuellement une part active à la mise en place des futurs cursus de Master, tout particulièrement dans certaines spécialités du niveau m² qui remplaceront à la rentrée 2004 les formations de 3^e cycle.

Le laboratoire est un site d'accueil pour un DESS de sceau principal Paris 7 (DESS « Capteurs », responsable Paris 6 M. Baubillier) et trois DEA:

- Le DEA « Champs, Particules, Matière », essentiellement orienté vers la formation de futurs chercheurs. Son programme couvre la physique des particules,

la physique nucléaire, et des domaines collatéraux liés à la physique subatomique traditionnelle, soit par des techniques expérimentales (astrophysique des particules), soit par les convergences conceptuelles des méthodes théoriques (physique de la matière condensée).

- Le DEA « Modélisation et Instrumentation en Physique » (Paris 6, Paris 7, Paris11, INSTN/CEA), créé en 1995 à l'initiative de M. Baubillier et actuellement dirigé par M. Boratav, tous deux membres du LPNHE et professeurs à Paris 6. Ce DEA assure une formation dans les domaines de l'instrumentation, des capteurs et de l'informatique de haut niveau. Il assure à une quinzaine d'étudiants par an des débouchés soit en thèse dans des laboratoires de recherche publique ou privée (plus des deux-tiers des étudiants), soit par insertion directe dans des entreprises de haute technologie.

- Le DEA « Physique et Technologie des Grands Instruments » (Paris 6, Paris 11, École Polytechnique) lui aussi créé à l'initiative d'un Professeur du LPNHE (Bernard Grossetête, Paris 7). Il a pour vocation de former les jeunes aux technologies relevant des accélérateurs, lasers de puissance, générateurs de rayonnement synchrotron, tokamaks etc. F. Vannucci est le professeur responsable de ce DEA pour Paris 7.

Le LPNHE met à la disposition des étudiants de ces formations de 3^e cycle deux salles de cours équipées d'une vingtaine de postes de travail (PC mis en réseau), une salle de conférences où sont organisés en particulier des séminaires hebdomadaires, l'encadrement informatique par un ingénieur-système (P. Warin-Charpentier), ainsi qu'un secrétariat et des infrastructures (bibliothèque, reprographie...).

[M. Boratav](#)

Formation permanente

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 2002 et 2003 vont des stages, écoles ou cours organisés par l'IN2P3, les délégations du CNRS, les universités, à des formations plus ou moins individuelles, dispensées par des organismes extérieurs et rendues nécessaires par des situations ponctuelles. 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 :

- seize agents du LPNHE ont participé à neuf écoles thématiques,
- un ingénieur informaticien suit les stages consacrés à la sécurité informatique (quatre jours par an),
- trois ingénieurs mécaniciens ont suivi les formations avancées aux nouveaux logiciels CATIA chez MATRA,
- neuf électroniciens ont assisté à 41 jours de formations liées à la conception de circuits et CAO,
- un ingénieur participe aux formations ACMO.

Les stages de formation

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

Mécanique (CAO, matériaux)

Cinq personnes ont effectué 21 jours de stages CATIA organisés par la délégation du CNRS de Gif-sur-Yvette.

Celle-ci est également à la source des stages suivants : soudure et collage (quatre agents, deux jours), soudage à l'arc (un technicien, 2,5 jours), ultra vide des grands instruments (un agent, trois jours).

Une formation ponctuelle audit qualité (deux jours) réunissant des agents du LPNHE et du PCC-Collège de France a été organisée au LPNHE et financée par les délégations Paris B et Paris Michel-Ange. C'est aussi le cas pour deux des trois formations liées à la machine à commande numérique (utilisation de la machine, usinage et utilisation d'un logiciel de transfert de données de bureau d'étude). Celle concernant l'usinage est due à la délégation Rhône-Alpes et s'est tenue à Grenoble. Ces formations ont été suivies par trois personnes du LPNHE ce qui représente 20 jours de formation au total.

Enfin, les mécaniciens du LPNHE suivent de façon assidue toutes les rencontres organisées par les différents réseaux des mécaniciens (cinq personnes, 14 jours sur deux ans).

Informatique

En ce qui concerne les réseaux et systèmes, trois personnes ont suivi dix jours de stages liés à Linux et organisés par la délégation de Gif-sur-Yvette.

Pour ce qui est du domaine des logiciels et des langages, la délégation Paris B du CNRS et le service de formation permanente de l'Université Paris 6 nous ont permis de mettre sur pied un cours de C++ (cinq jours, huit personnes) et un cours de Root (cinq jours, onze personnes).

Malgré une demande importante, et à cause de sessions pleines, seuls deux ingénieurs ont pu bénéficier de formation en micro-informatique (neuf jours en tout pour Word, Power Point, pages Web).

Électronique

A notre initiative, deux sessions de formation LabView ont été organisées conjointement par le service de formation permanente de Paris 6 et la délégation Paris B et ont été suivies par des membres de différents laboratoires de Paris 6 : la première (quatre jours) a eu lieu au LPNHE et a été suivie par sept de ses membres ; la seconde (cinq jours) a été suivie par trois agents du LPNHE.

La délégation Paris B a pris en charge le financement de la participation d'un ingénieur à l'école de Lausanne consacrée aux aspects pratiques en conception de circuits intégrés analogiques et mixtes.

Un ingénieur a suivi une formation organisée par la délégation Paris B : SIMULINK (cinq jours) dans le cadre des outils MATLAB.

Enfin, un ingénieur a suivi un module du DESS de micro-informatique dont le financement a été assuré par l'expérience SNAP/JDEM.

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

Neuf personnes ont assisté à 34 jours de stage.

Hygiène et sécurité

Le stage de formation à l'habilitation électrique (deux personnes, deux jours) a été organisé par la délégation Paris B qui a également pris en charge le financement du stage lié aux nouvelles réglementations électriques, indispensable au responsable sécurité.

Trois personnes ont suivi les stages de sécurité (incendie, accident) organisés par l'Université Paris 7.

Langues

Notre délégation du CNRS a fait l'effort de mettre en place plusieurs cours d'anglais, soit sous forme de sessions intensives, soit à l'année avec des objectifs ciblés. Huit agents du LPNHE suivent régulièrement ces cours. Pour des raisons budgétaires,

il semble toutefois que le nombre de cours est en diminution en 2002-2003 par rapport à 2001-2002.

Nous accueillons chaque année des stagiaires et visiteurs étrangers. Au cours de ces deux dernières années, quatre d'entre eux ont suivi des cours de français (32 heures par personne). Seules deux sessions ont pu être financées par notre délégation CNRS, les deux autres l'ont été par le laboratoire.

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 de 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 de P. Nayman 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. P. Nayman et C. de la Vaissière interviennent dans les cours de cette école.

D. Imbault, ancien responsable scientifique de l'école de technologie de l'IN2P3 continue à faire partie du comité de pilotage de la formation permanente pour l'IN2P3. Il s'agit là d'élargir et d'actualiser les compétences des personnels mécaniciens.

Pour la première fois en 2000, l'école « du détecteur à la mesure » a vu le jour sous la direction d'A. Castera. Elle continue d'avoir lieu avec deux intervenants du laboratoire, P. Astier et P. Nayman.

Enfin, P. Warin-Charpentier a participé en 2003 à la mise en place des travaux pratiques de l'école d'informatique franco-maghrébine.

O. Hamon

Stages

De par sa situation géographique et son partenariat avec deux universités scientifiques parisiennes, le LPNHE est chaque année le lieu d'accueil de plus d'une vingtaine de stagiaires (24 en 2002 et 33 en 2003) d'horizons très variés. La prise de conscience grandissante dans le milieu universitaire de la nécessité de prendre des contacts le plus tôt possible avec le milieu industriel ou celui de la recherche fait que le nombre de candidats pour de telles formations augmente chaque année et, malheureusement, dépasse bien souvent les capacités d'accueil du laboratoire.

Ces stages s'adressent pour une majorité aux étudiants de 3^e cycle universitaire ou de dernière année d'écoles d'ingénieur et de 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 les aspects expérimentaux à travers leur participation à de grandes expériences internationales, suscitent l'intérêt d'étudiants de formations diverses. Les stagiaires sont issus des DEA de physique appliquée tel que « Modélisation et Instrumentation pour la Physique », « Grands Instruments » ou encore « Champs, Particules, Matière » mais également, de plus en plus, de DEA de physique théorique pour lesquels ces formations complètent leur acquis. On notera également une part de plus en plus importante d'étudiants provenant de toute la France.

D'autres étudiants séjournent dans notre laboratoire pour des durées plus courtes. Il s'agit d'étudiants de 1^{er} et 2^e cycle universitaire 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

Activités internes

Réunions du Vendredi

La réunion du vendredi est un cadre spécifique dont le laboratoire s'est doté depuis de nombreuses années pour assurer 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. Il en résulte parfois des discussions sur l'avenir de la discipline et de ses institutions, d'autant que les membres du laboratoire appartenant à différents conseils ou commissions viennent aussi rendre compte de leurs activités et des réunions auxquelles ils ont assisté. Ce début de réunion est aussi l'occasion de brèves interventions sur l'état d'avancement d'une expérience ainsi que sur les dernières nouvelles scientifiques.

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 y ont

l'occasion de présenter leurs travaux devant un public extérieur à leur équipe. En outre, quelques séances sont consacrées chaque année à des présentations 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, près de soixante exposés ont ainsi été effectués. Pour l'essentiel (près de cinquante), il s'agit d'exposés de physique dont presque la moitié provient d'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.

[S. Dagoret-Campagne](#)

[F. Derue](#)

Biennale 2003

Pour la première fois la Biennale 2003 du laboratoire s'est déroulée à l'étranger, à Saig près du lac de Titisee dans la Forêt-Noire, du 8 au 10 septembre 2003. Le rôle de la Biennale est de réunir l'ensemble du personnel pendant quelques jours afin de faciliter les échanges et les discussions sur les programmes engagés et à venir,



Figure 1: vue sur Saig lors des pauses café.



Figure 2: les préparations aux présentations.

ainsi que d'évoquer plus généralement des aspects de la vie au laboratoire. Avec 70 inscrits, dont près de la moitié des ITA, la participation a été plus élevée que les années précédentes.

Plusieurs grands axes thématiques ont été abordés, en particulier les perspectives à court et à long terme en physique et dans les domaines technologiques connexes, les répercussions de la diminution des ressources humaines et matérielles à l'IN2P3 sur le travail des services techniques ainsi que les relations avec les universités.

Deux groupes de travail avaient été constitués au préalable. Le premier groupe avait été animé par Jacques Chauveau et Jacques Dumarchez pour l'élaboration des perspectives scientifiques à l'horizon 2010. Parmi les nouveaux projets discutés, la question sur l'implication du laboratoire dans la physique des neutrinos et dans l'expérience LHCb s'est posée en particulier. Une proposition de participation à LHCb a été présentée par la suite au conseil scientifique du laboratoire.

Un deuxième groupe avait réuni des représentants et les responsables des services techniques et administratifs pour aborder le fonctionnement des institutions au laboratoire ainsi que la mutualisation des services techniques et l'évolution des méthodes de travail. Une des conclusions a été un suivi des décisions prises lors de la Biennale par le conseil du laboratoire, qui a déjà mis en place un certain nombre de mesures, telles que la mise en place d'un comité d'utilisateurs de la bibliothèque et la réorganisation de l'affichage au laboratoire.

Guy Wormser, directeur adjoint scientifique pour la physique des particules à l'IN2P3, a exposé les

perspectives de l'IN2P3 et a participé à la discussion des futures expériences possibles au laboratoire. L'intervention de Stavros Katsanevas, directeur adjoint scientifique pour les astroparticules et les neutrinos, initialement prévue à la Biennale, a finalement eu lieu lors d'un séminaire ultérieur, au LPNHE

[U. Bassler](#)

Séminaires au LPNHE

Des séminaires scientifiques et techniques pluridisciplinaires sont organisés de façon hebdomadaire conjointement par le LPC (Collège de France) et le LPNHE. La liste des séminaires tenus au LPNHE est présentée ci-dessous.

Année 2002

Jeudi 17 janvier 2002 - Bruno Machet (LPTHE Paris):

- Comportement asymptotique des angles de mélange et hiérarchies de masses des quarks dans le modèle standard.

Jeudi 31 janvier 2002 - Yuri Dokshitzer (LPTHE Paris):

- QCD Modelling versus QCD Theory.

Jeudi 14 février 2002 - Margarete Muhlleitner (LPM Montpellier):

- Higgs physics at e^+e^- colliders.

Jeudi 14 mars 2002 - Greg Landsberg (Brown University):

- Black Holes At Future Colliders and Beyond.

Mercredi 27 mars 2002 - Nabil Ghodbane (DESY Forschung mit Lepton Collidern [FLC]):

- Des diamants pour TESLA ?

Mercredi 10 avril 2002 - Yuri Dokshitzer (LPTHE Paris):

- Non-perturbative effects in jet shape observables.

Vendredi 12 avril 2002 - Yves Gallant (Service d'Astrophysique, CEA Saclay):

- Accélération des rayons cosmiques dans les vestiges de supernovae et les sursauts gamma.

Mercredi 17 avril 2002 - Ilya Ginzburg (Novosibirsk State University):

- Two-doublets Higgs Model.

Jeudi 18 avril 2002 - Heiko Lacker (LAL, Orsay):

- CKMfitter - Un ajustement global de la matrice CKM.
- Implications des nouvelles mesures de *BABAR* et Belle.

Mercredi 15 mai 2002 - François Charles (IreS):

- Études de physique sur l'expérience Compact Muon Solenoid auprès du Large Hadron Collider.

Jeudi 30 mai 2002 - Ariella Cattai (CERN):

- The Silicon Tracker of CMS.

Jeudi 27 juin 2002 - Marc Knecht (CPT, Marseille):

- Les contributions du modèle standard au moment magnétique anormal de l'électron et du muon.

Jean-Loic Kneur (LPMT, Montpellier):

- Contraintes expérimentales et théoriques sur le Modèle Minimal Supersymétrique et perspectives pour la production de particules SUSY aux futurs collisionneurs.

Jeudi 21 novembre 2002 - Yves Schutz (SUBATECH, Nantes):

- Transitions de phase vers la matière nucléaire déconfinée.

Année 2003

Mardi 14 janvier 2003 - Joey Huston (Michigan State University):

- New results from the Tevatron...and the tools needed to exploit them.

Jeudi 30 janvier 2003 - Harris Kagan (Ohio State University) :

- Recent Developments in Diamond Detectors.

Jeudi 27 février 2003 - Serge Reynaud (Laboratoire Kastler Brossel, Paris) :

- Énergie du vide et force de Casimir.

Jeudi 27/03/03 - Giovanni Ambrosi (INFN Perugia, Italy) :

- The AMS experiment on the International Space Station.

Jeudi 17 avril 2003 - Marumi Kado :

- Résultats récents de DØ.

Jeudi 22 mai 2003 - Allen Caldwell (Max Planck Institute for Physics , Munich):

- A New Round of Experiments with HERA.

Jeudi 5 juin 2003 - Yuri Kurilenkov (Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences, Moscow):

- Hard-rays, fast ions and DD microfusion neutrons from complex plasmas of vacuum discharge.

Jeudi 19 juin 2003 - Alain Coc (CSNSM, Orsay) .

Mardi 24 juin 2003 - Valeri Telnov (INP, Novosibirsk, Russie) :

- Prospects of e^+e^- , $\gamma\text{-}\gamma$, γe linear colliders.

Jeudi 9 octobre 2003 - Gaëlle Boudoul (Max Planck Institute for Physics , Munich):

- A New Round of Experiments with HERA.

Jeudi 23 octobre 2003 - Stavros Katsanevas (IN2P3, CNRS) :

- Se préparer une feuille de route pour l'astroparticule et le neutrino.

Jeudi 6 novembre 2003 - Fuster Verdu (IFIC, Valencia) :

- Mass effects in multi-jet final states in e^+e^- at LEP energies.

Jeudi 4 décembre 2003 - Stéphane Colombi (IAP, Paris) :

- La théorie de Morse et le squelette de l'univers.

• *Jeudi 18 décembre 2003* - Abdelhak Djouadi (LPM, Montpellier) :

La recherche du Higgs aux futurs collisionneurs : développements théoriques récents.

[F. Kapusta, B. Andrieu](#)

Colloque de Cosmologie

La fin de l'année 2003 a vu la naissance du Colloque de Cosmologie. Celui-ci se tient une fois par mois sur le Campus de Jussieu, le mercredi à 14 heures. Son objectif est de présenter des séminaires pédagogiques d'intérêt général sur des thèmes d'actualité en cosmologie et dans les domaines connexes, aussi bien théoriques qu'observationnels. Tous les chercheurs du campus Jussieu y sont conviés ainsi que ceux des campus voisins : Collège de France, ENS, IAP-Observatoire de Paris. Ce Colloque est organisé conjointement par le LPNHE, le LPTHE et le GreCo/IAP.

[M. Joyce](#)

Journées et manifestations diverses

Le LPNHE, bien implanté au sein du campus des Universités Pierre et Marie Curie (Paris 6) et Denis Diderot (Paris 7), a vu de nombreuses manifestations se dérouler dans son amphithéâtre « Bernard Grossetête », toujours très apprécié par les utilisateurs nationaux et internationaux.

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

- « Ateliers du forum UPMC destinés aux IATOS » qui ont eu lieu le 7 février 2002;
- « Ateliers d'histoire et de philosophie des sciences » sur le thème « Science et efficacité » qui ont eu lieu les 13 février, 20 mars et 10 avril 2002; ces ateliers se sont poursuivis au cours de l'année 2003;
- « Atelier astroparticules et atmosphère » organisé les 26, 27 et 28 mai 2003;
- une Journée de réflexion et de prospective sur le thème « Physique non linéaire et matière molle » organisée à l'initiative de l'UFR de Physique de l'université Paris 6 s'est déroulée au LPNHE le 3 avril 2002;
- la « Matinale de l'École doctorale interbio » ayant pour sujet les tests de sélection s'est déroulée le 5 mai 2002.

Nous pouvons noter également l'organisation des Premières rencontres du GDR 2611 « Spectrométrie de masse et protéines membranaires » le 21 octobre 2003. Pour ce qui est des universités du campus de Jussieu, le LPNHE a accueilli, en dehors de sa discipline, plusieurs conférences organisées dans le cadre de « l'Université dans la Cité », les 23 et 28 janvier 2003. Par ailleurs, la Conférence des Doyens des UFR scientifiques s'est déroulée dans notre amphithéâtre le 15 mai 2003.

On retiendra également la conférence sur la « Catalyse supramoléculaire par agrégats organométalliques : faits et problèmes », donnée par le Pr Georg

Süss-Fink de l'Institut de chimie-université de Neuchâtel (Suisse) le 10 mars 2003.

Divers comités, conseils, et réunions de travail ont eu lieu dans l'amphithéâtre Bernard Grossetête en 2002 et 2003. Nous en citerons quelques uns:

- réunion du réseau européen « Détecteur de particules à très basse température » le 25 mars 2002;
- conseil scientifique du GDR PCHE le 28 janvier 2003 (séance ouverte);
- réunion de travail pour le Pôle M.S.C de l'UFR de Physique de l'université Paris 7, le 24 mars 2003;
- conseils scientifiques de l'IN2P3 les 13 mars et 4 juin 2003;
- réunions APPEC organisées par l'IN2P3 le 21 février 2003 et le 5 septembre 2003;
- réunion des médecins de prévention de l'IN2P3 le 16 septembre 2003;
- comité d'évaluation du Laboratoire de Physique Théorique des Liquides les 8 et 9 décembre 2003.

Comme chaque année, de nombreuses soutenances de thèses, d'habilitations à diriger des recherches (HDR), se sont tenues dans l'amphithéâtre Bernard Grossetête, ainsi que diverses réunions de collaboration internationales dans lesquelles sont impliqués les chercheurs du LPNHE. Les séminaires conjoints LPNHE-PCC (Collège de France) s'y tiennent environ deux fois par mois et de nombreux séminaires extérieurs y sont également organisés.

Lors des journées de la « Fête de la Science » qui se tiennent habituellement au mois d'octobre, des conférences destinées au grand public et aux classes de lycée en visite au laboratoire y sont données par des chercheurs et enseignants-chercheurs du LPNHE

[J. Jos](#)

Diffusion de l'information scientifique

Communication

Vulgarisation :

« Monsieur Tout-le-monde rencontre la radioactivité »

Les relations avec l'industrie, valorisation

Séminaires donnés à l'extérieur

Communications à des conférences
et interventions dans des écoles scientifiques

Habilitations et Thèses

Communication

La diffusion des connaissances vers le grand public, et en particulier en direction des jeunes, fait partie intégrante des missions d'un laboratoire de recherche. En ce qui concerne le LPNHE, elle s'exerce non seulement à travers des actions récurrentes, mais aussi à travers des actions ponctuelles souvent issues d'initiatives individuelles soutenues ou relayées par le laboratoire.

Fête de la Science

Les thèmes choisis ont été, en 2002 « La Physique des particules, fenêtre sur l'Univers », et en 2003 « l'Univers des particules ». Tout en recouvrant l'ensemble des activités du laboratoire, ces thèmes ont pour but de faire percevoir au public les rapports entre l'infiniment petit et l'infiniment grand, entre les connaissances portant sur la structure intime de la matière acquises auprès des accélérateurs de particules et celles qui ont trait à la structure de l'univers, à son évolution et particulièrement à sa naissance, qui sont elles, issues des expériences d'astroparticules et de la cosmologie observationnelle. Les visiteurs (grand public, scolaires, universitaires) sont guidés 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). Des ateliers techniques ont d'ailleurs permis d'en apporter une illustration pédagogique pour des groupes scolaires, et un cycle de conférences a permis d'approfondir certains sujets (neutrinos, origine de la masse, conceptions de l'univers...). Enfin, le partenariat maintenu avec le Groupe de Physique des Solides de Jussieu et la visite de

son petit accélérateur ont permis d'aborder plus concrètement la technique expérimentale à la base de notre discipline.

Plus de quatre cents personnes (dont 160 scolaires) en 2002 et six cent cinquante personnes (dont 230 scolaires) en 2003 ont ainsi visité le laboratoire en trois jours, mobilisant près de trente chercheurs et ITA, coordonnés par I. Cossin. Notre insistance à toucher plus particulièrement un public scolaire et universitaire vise à combattre la désaffection des études scientifiques. En 2003, nous avons de plus fait un effort particulier pour accueillir des enfants handicapés, dans le cadre de l'Année Internationale des Personnes Handicapées.

Action dans les lycées

L'IN2P3 coordonne l'intervention de physiciens dans les lycées (conférences NEPAL) et plusieurs chercheurs du laboratoire sont régulièrement sollicités pour des exposés introductifs à certains aspects de la physique des particules ou des astroparticules dans les lycées de la région parisienne : physique des neutrinos, problème de la masse et physique au LHC, supernovae, etc.

Un certain nombre de physiciens sont également sollicités par des étudiants des classes préparatoires aux grandes écoles devant préparer des TIPE (Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés) sur des sujets touchant à nos domaines de recherche. Ces interactions s'accompagnent parfois d'une visite au laboratoire et d'une sensibilisation aux professions de la recherche.

Un autre exemple d'intervention en milieu scolaire est la participation à des « Passion-Recherche » : il s'agit de mener avec une classe entière et tout au long de l'année scolaire un projet qui permette d'aborder les méthodes et les outils de la recherche. C'est dans ce cadre qu'une initiative

a été lancée avec un lycée de Maubeuge pour la construction d'un dispositif simple d'étude des rayons cosmiques. Ce site pilote est appelé à valider l'idée d'un réseau de lycées auquel l'expérience serait étendue (RELYC: REseau de LYcées pour Cosmiques).

Divers

Le laboratoire participe pleinement à l'organisation (comité, secrétariat et communication) des journées Physique et Interrogations Fondamentales de la SFP. En 2002, PIF7 avait pour thème « causalité et finalité » et en 2003, PIF8 portait sur « le réel et ses dimensions ». Ces manifestations rassemblent à chaque fois plus de quatre cents personnes au grand auditorium de la Bibliothèque Nationale, pour moitié physiciens et pour moitié public averti.

Enfin, plusieurs physiciens sont régulièrement sollicités pour des participations à des émissions de radio ou de télévision, à des « bars des sciences », ou pour répondre aux interrogations des journalistes spécialisés alertés par un communiqué de presse diffusé à l'occasion de la publication d'un résultat marquant.

I. Cossin

J. Dumarchez

Michel Crozon est par ailleurs organisateur des Rencontres du Café des Techniques qui ont lieu tous les troisièmes jeudis du mois au musée du Centre National des Arts et Métiers. Bertrand Laforge est correspondant scientifique du point sciences de la Société Française de Physique (http://sfp.in2p3.fr/Point_Science/).



Figure 1: visite guidée d'un aveugle par un physicien dans le cadre de l'année internationale des personnes handicapées

Conférences grand public, émissions scientifiques

- Michel Crozon : « Les Cosmologies », Rencontres Sciences et Citoyens, Poitiers, octobre 2002.
- Michel Crozon : « Cabaret des Sciences », Paris, 1^{er} avril 2003.
- Michel Crozon : « La Science et l'État en France depuis 1940 », colloque de culture scientifique de Brest, juin 2003.
- Michel Crozon : « Cabaret des Sciences », Montigny, 13 octobre 2003.
- Michel Crozon : « L'univers des particules », LPNHE-Paris, Fête de la Science, 16 octobre 2003.
- Michel Crozon : « L'univers des particules », Bibliothèque de Fresnes, Fête de la Science, 18 octobre 2003.
- Michel Crozon : « Science et Mythes », Rencontres Sciences et Citoyens, Poitiers, 25 octobre 2003.
- Frédéric Derue : « La masse des particules élémentaires », Lycée Fragonard, L'Isle-Adam (conférence NEPAL), 25 novembre 2003.
- Samir Ferrag : « Comprendre l'univers des particules élémentaires par la symétrie », LPNHE-Paris, Fête de la Science, 17 octobre 2002.
- Samir Ferrag : « La folie des particules », LPNHE-Paris, Fête de la Science, 17 octobre 2002.
- Mélissa Ridet : « Peut-on remonter jusqu'au Big-Bang ? », Lycée Molière Paris 16^e (Conférence NEPAL), 10 novembre 2003.
- François Vannucci : « Les mystérieux neutrinos », Radio Suisse Romande, mai 2002.
- François Vannucci : « Les mystérieux neutrinos », Radio Bleue Pays de Savoie, juin 2002.
- François Vannucci : « Les astroparticules », Université de Reims, mars 2003.
- François Vannucci : « Les Rayons Cosmiques », Lycée de Saint-Omer, avril 2003.
- François Vannucci : « Les astroparticules », Lycée de Blois, juin 2003.
- François Vannucci : « Le miroir aux neutrinos », Europe-1, émission d'Alain Cirou, octobre 2003.
- François Vannucci : « Les Neutrinos », Envie d'Amphi, Université Paris 7, novembre 2003.

Vulgarisation :

« Monsieur Tout-le-Monde rencontre la radioactivité »

Le laboratoire est à l'origine d'un site d'information grand public sur la radioactivité et l'énergie nucléaire (<http://www.laradioactive.com>). Il s'agit de répondre sur ces sujets sensibles à une demande de notre société en lui offrant une information aussi objective et accessible que possible.

L'idée d'un document grand public consacré à la radioactivité et ses applications remonte à 1998, alors que l'on finissait les célébrations du centenaire de cette découverte. Rapidement, l'option d'un site web apparut la seule capable d'assurer une bonne diffusion. Le site est hébergé par les « Éditions de Physique ». Un soutien initial de l'IN2P3 et du CNRS a contribué à son lancement en octobre 2001. Depuis, les Éditions de Physique ont procédé à quatre mises à jour qui ont permis des améliorations majeures mais qui représentent un travail considérable.

Le thème du site est « Monsieur Tout-le-Monde rencontre la radioactivité ». Il comprend deux chapitres décrivant le phénomène de la radioactivité dans l'environnement, un chapitre sur les doses et la radioprotection, et cinq consacrés aux applications : médecine, culture, recherche, industrie et énergie nucléaire. Quatre niveaux de lecture permettent à la fois une grande accessibilité aux moins avertis et l'obtention d'informations scientifiques plus approfondies pour ceux qui désirent aller plus loin.

Le chapitre sur l'énergie nucléaire constitue à lui seul environ 40 % de l'ensemble, suivi en importance par la description du phénomène de la radioactivité. Dans la version mise en service en octobre 2003, le site comprend 322 pages, un glossaire, des

notes et de nombreuses illustrations. Un gros effort a été fait pour illustrer les pages (en moyenne chaque page est maintenant enrichie de deux illustrations) et pour faciliter la navigation. Notre site continue aujourd'hui d'être visité activement avec environ dix mille consultations par mois. Cependant, pour continuer d'être consulté, un site web doit paraître vivant et évoluer constamment. Le principal projet pour 2004 consiste à mettre en place un nouveau chapitre consacré à l'importante question des déchets radioactifs. Ce projet implique une refonte majeure du chapitre sur l'énergie nucléaire qui se fera en étroite collaboration avec les chercheurs du CNRS/IN2P3, du CEA et de l'ANDRA qui travaillent sur la question dans le cadre de la loi de 1991.

[Ch. de la Vaissière](#)

[J. Laberrigie-Frolow](#)

[F. Hubaut](#)

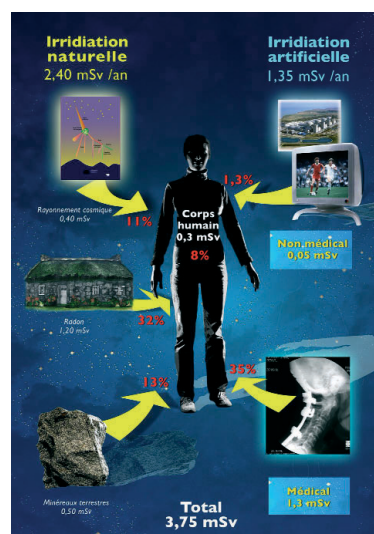


Figure 1 : image réalisée par le CNRS/Images-Média pour le compte du site web de la radioactivité montrant les composantes de l'exposition naturelle et artificielle à la radioactivité. Cette image est également disponible sous format poster.

Relations avec l'industrie, valorisation

Depuis environ deux ans, le LNHE s'est inscrit dans le projet de valorisation mis en place au CNRS et à l'IN2P3, sous l'égide de J. Doremus. Le développement de relations de collaboration avec l'industrie se fait dans ce cadre.

Les activités de notre laboratoire sont toutes axées sur la physique des particules à travers la participation à des expériences en accélérateur (DELPHI au LEP, HARP au PS-CERN, ATLAS au LHC, *BABAR* à SLAC, $DØ$ au Tevatron et la préparation pour le futur collisionneur linéaire), ou sur les astroparticules (CAT suivi maintenant par HESS, AUGER et Supernovae). C'est donc dans la participation à la conception et à la construction de ces expériences que les groupes techniques ont développé un savoir-faire avec de possibles retombées ou relations avec l'industrie.

Un ensemble de compétences a été ainsi acquis tant en électronique qu'en mécanique en collaboration avec les physiciens du laboratoire qui se sont pleinement impliqués dans ces développements.

Compétences du laboratoire en mécanique

- conception, étude et dossier de fabrication sur CAO (CATIA) ainsi que, lorsque les dimensions le permettent réalisation, ajustage et montage de petits systèmes de mesures (table optique pour SNIFS-Supernovae) ou de grands instruments (par exemple: contribution à la conception de la calorimétrie électromagnétique centrale et des bouchons de ATLAS-LHC, conception d'un système de détecteurs de traces en silicium pour un futur collisionneur linéaire), et gestion de problèmes d'intégration dans

des expériences complexes (travail d'intégration sur ATLAS).

- réalisation de pièces complexes sur centre d'usinage (capacité 760 x 510 x 510) à commande numérique. Maîtrise complète de la chaîne CAO-FAO de la conception à la réalisation.
- contrôle de pièces sur machine à mesurer tridimensionnelle (1000 x 800 x 800)
- 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.
- conception et construction de système d'étalonnage pour alignement ou mesure précise de position, impliquant de l'optique (laser).
- conception et construction de banc de test pour surveillance de critères de qualité suivant un cahier de charge, lors de la production de pièces dans l'industrie (par exemple: vérification de l'épaisseur des plaques de plomb pour le calorimètre d'ATLAS ou système de contrôle électrique d'électrodes chez CICOREL pour ATLAS).

Compétences du laboratoire en électronique

- conception et simulation de circuits électroniques ou micro-électroniques à la fois en analogique et numérique basés sur CADENCE et sur le langage VHDL dont l'expertise acquise grâce à la collaboration avec l'ESIEE dans le cadre du projet de R&D, RD-16 pour le LHC.
 - conception et réalisation de banc de test pouvant servir à tester des prototypes ou à suivre des productions en industrie. Ces bancs sont en général pilotés par LabView.
- Les actions de valorisation actuellement poursuivies le sont autour des projets suivants:
- projet de capteur infrarouge (Supernovae) avec pour objet un contrat de recherche avec une filiale spécialisée de THALES.

- études sur des nouveaux détecteurs à micropistes en silicium dans le cadre du projet de R&D SiLC (Silicium tracking for the Linear Collider). Actuellement le laboratoire a établi des contacts avec Hamamatsu qui doivent être formalisés par un contrat de collaboration pour la caractérisation de capteurs. Ceci pourrait aussi s'étendre à d'autres firmes.

- carte TDC (Time to Digital Converter) développée par le groupe électronique pour l'expérience *BABAR*. Un contrat de licence avec CAEN est en vue pour la commercialisation de cette carte.

- d'autres contacts avec l'industrie sont en cours d'établissement dans le cadre de la R&D SiLC qui pourraient se développer dans les prochaines années. D'un côté des contacts sont pris avec des compagnies de matériaux composites pour la charpente du détecteur de traces en silicium pour le futur collisionneur linéaire. D'un autre côté, le développement sur l'électronique de lecture dans SiLC peut aussi amener à des collaborations de recherche avec l'industrie.

Le LPNHE va très certainement poursuivre et approfondir ces contacts avec l'industrie en mettant à profit ses compétences existantes et en en acquérant de nouvelles. Notons pour conclure que les périodes de R&D en vue de futures expériences sont souvent très fructueuses pour des applications quelquefois indirectes vis-à-vis de leur but initial et parfois même porteuses seulement à beaucoup plus long terme.

[A. Savoy-Navarro](#)

Séminaires donnés à l'extérieur

- Eli Ben Haïm: « The b-quark fragmentation function, from LEP to Tevatron », Université de Chicago, octobre 2002.
- Eli Ben Haïm: « The b-quark fragmentation function, from LEP to Tevatron », Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL), novembre 2002.
- Grégorio Bernardi: « Premiers résultats de $D\bar{0}$ au Run II du Tevatron », LLR, Palaiseau, France, mai 2002.
- Grégorio Bernardi: « Status of $D\bar{0}$ », Enrico Fermi Institute, University of Chicago, États-Unis, septembre 2002.
- Grégorio Bernardi: « Recent CDF and $D\bar{0}$ Results », DESY, Hambourg, Allemagne, septembre 2003.
- Jacques Chauveau: « Désintégrations des mésons B et violation de CP à $BABAR$ », IRES Strasbourg, 26 juin 2002.
- Frédéric Derue: « A status on the ATLAS Calorimetry », Institute of Nuclear Physics, Cracovie, Pologne, 20 février 2003.
- Samir Ferrag: « Recherche des dimensions supplémentaires en utilisant la section efficace de production de dijets au LHC », Institut de Physique Nucléaire de Lyon, 28 avril 2003.
- Julien Guy: « HESS & matière noire supersymétrique », SPP-DAPNIA-CEA, 3 novembre 2003.
- Jean-Christophe Hamilton: « Le rayonnement Fossile: Un outil de choix pour la cosmologie », École Normale Supérieure de Lyon, 20 février 2003.
- Mieczyslaw Witold Krasny: « Joint LPNHE-Cracow projects in the domain of trigger and in the domain of analysis », Institute of Nuclear Physics, Cracovie, Pologne, avril 2003.
- Benoît Loiseau: « Mesonic cloud effect in the antiproton-proton annihilation into two pions », H. Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Cracovie, Pologne, 3 avril 2003.
- Muriel Pivk: « La violation de CP dans le canal $B^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ de l'expérience $BABAR$ », LAPP Annecy, 25 avril 2003.
- Julien Raux: « L'accélération de l'univers confirmée par le télescope Hubble », Collège de France, Paris, octobre 2003.
- Lydia Roos: « Charmless B Decays and CP violation in $BABAR$ », DESY-Zeuthen, juin 2003.
- Aurore Savoy-Navarro: « The Future Linear Collider and SiLC (Addendum-PRC-DESY-03-02) », Institut de Physique de Pise (Italie), 9 juillet 2003.
- Philippe Schwemling: « État d'avancement d'ATLAS et son programme de physique », IReS, Strasbourg, 25 avril 2003.
- Philippe Schwemling: « The ATLAS Detector at LHC and its Physics Program », Institute for Studies in Theoretical Physics and Mathematics, Tehran, Iran, 16 juillet 2003.
- Jan Stark: « Measurement of the B^0 and B^+ lifetimes at $BABAR$ », CEA Saclay, 11 février 2002.
- Jan Stark: « Measurement of the B^0 and B^+ lifetimes at $BABAR$ », IPN Lyon, 15 mars 2002.
- Jan Stark: « Measurement of the B^0 and B^+ lifetimes at $BABAR$ », LPSC Grenoble, 21 mars 2002.
- Jan Stark: « Measurement of the B^0 and B^+ lifetimes at $BABAR$ », LAPP Annecy, 5 avril 2002.
- Jan Stark: « Bestimmung von $\sin(2\beta)$ bei $BABAR$ », ETH Zürich, 18 mai 2002.
- Stéphane t'Jampens: « Mesure des amplitudes de transversité du canal $B \rightarrow J/\psi K^*$ dans $BABAR$ », LAPP Annecy, 25 avril 2003.
- François Vannucci: « Neutrino astronomy with EUSO », National Tsinghua University, Taipei, mars 2002.
- François Vannucci: « EUSO et les rayons cosmiques », LPSC Grenoble, mai 2002.
- François Vannucci: « L'astronomie des neutrinos », CPPM, Marseille, juin 2002.

- François Vannucci : « Neutrino astronomy with EUSO », Academia Sinica, Taipei, août 2002.
- François Vannucci : « Neutrino astronomy with EUSO », Targa Piazzi, Palerme, novembre 2002.
- François Vannucci : « EUSO et les rayons cosmiques », Université de Montpellier, décembre 2002.
- François Vannucci : « L'astronomie des neutrinos », Université de Nantes, janvier 2003.
- François Vannucci : « L'astronomie des neutrinos », Université Paris-Sud, octobre 2003.
- François Vannucci : « L'astronomie des neutrinos », Laboratoire de Physique Corpusculaire, Clermont-Ferrand, novembre 2003.
- François Vannucci : « L'astronomie des neutrinos », Observatoire de Meudon, décembre 2003.

Communications à des conférences et interventions dans des écoles scientifiques

- Bernard Andrieu : « Inclusive jet photo-production at HERA », XIth Int. Workshop on Deep Inelastic Scattering (DIS 03), St-Petersburg, Russie, 23 au 27 avril 2003.
- Pierre Antilogus : « Cosmologie, distance & Supernovae », École de Gif, IreS, Strasbourg, septembre 2002.
- Pierre Antilogus : « Integral Field Unit: How it works », Workshop of the ERTN « The Physics of Type Ia Supernova Explosions », Winter School Ringberg 2003, Ringberg, Allemagne, 10 au 15 mars 2003.
- Pierre Antilogus : « Supernovae: perspectives », XVth Rencontres de Blois, Blois, France, 15 au 20 juin 2003.
- Pierre Antilogus : « Supernovae de type Ia/Energie Noire », Congrès de la Société Française de Physique, Lyon, France, 7 au 10 juillet 2003.
- Jean-Eudes Augustin : « The Future Linear Collider », Workshop Inaugural du Réseau Européen, Probe For New Physics, La Sapienza, Rome, Italie, décembre 2002.
- Jean-Eudes Augustin : « Advocate Devil's », en session plénière, Workshop de l'ECFA on Future Linear Collider, Montpellier, 18 novembre 2003.
- Ursula Bassler : « DØ Calorimeter Calibration », Calor 2002, Pasadena, États-Unis, mars 2002, publié dans « Calorimetry in particle physics: Proceedings », Ed. R.-Y. Zhu World Scientific (2002) 413-420.
- Ursula Bassler : « DØ Calibration for Electrons », ATLAS Workshop on Calorimetry, Ringberg, Allemagne, juillet 2002.
- Ursula Bassler : « DØ Calibration for Jets », ATLAS Workshop on Calorimetry, Ringberg, Allemagne, juillet 2002.
- Ursula Bassler : « Jet Measurements at DØ using a k_T Algorithm », ICHEP 2002, Amsterdam, Pays-Bas, juillet 2002, publié dans Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 117 (2003) 316-318.
- Eli Ben Haïm : « The b-quark fragmentation function, from LEP to Tevatron », Workshop inaugural du Réseau Européen, Probe for New Physics, Rome, décembre 2002.
- Eli Ben Haïm : « Hadronization at LEP (b fragmentation, rates and multiplicities) », conférence invitée en session parallèle, International conference on HEP of the serie « Les Rencontres de Moriond », Les Arcs, France, 23 au 29 mars 2003.
- Eli Ben Haïm : « Extraction of the x-dependence of the non-perturbative QCD b-quark fragmentation », Second Workshop du Réseau Européen, Probe for New Physics, Bratislava, 4 au 6 juillet 2003.
- Eli Ben Haïm : « Extraction of the x-dependence of the Non-perturbative QCD b-quark Fragmentation Distribution Component », conférence invitée en session parallèle, HEP2003-International Europhysics Conference on High Energy Physics, Aix-La-Chapelle, 17 au 23 juillet 2003.
- Mikael Berggren : « SGV: A fast simulation

- for the Linear Collider », Second Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Saint-Malo, 12 au 15 avril 2002.
- Mikael Berggren: « SGV: A fast simulation for the Linear Collider », Troisième Workshop ECFA-DESY Extended Studies, NIKHEF, Amsterdam, 1^{er} au 4 avril 2003.
 - Mikael Berggren: « The SGV: A fast simulation », Workshop de l'ECFA on Future Linear Collider, Montpellier, 18 novembre 2003.
 - Grégorio Bernardi: « Low Scale Gravity and Extra Dimensions at HERA, LEP and Tevatron », ICHEP 2002, Amsterdam, Pays-Bas, juillet 2002, publié dans Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 117 (2003) 759-763.
 - Jacques Chauveau: « B decays and CP violation at *BABAR* », International Symposium on High Energy Physics, Quark 2002, Novgorod la Grande, Russie, 1 au 7 juin 2002.
 - Wilfrid Da Silva: « Luminosity Measurement at the Future photon-photon Collider », Second Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Saint-Malo, 12 au 15 avril 2002.
 - Wilfrid Da Silva: « Beauty production in two photon collisions at LEP with DELPHI », Photon 2003, Frascati, Italie, avril 2003.
 - Wilfrid Da Silva: « Bottom and Charm Quark production in Two-Photon collisions at LEP », HEP2003-International Europhysics Conference on High Energy Physics, Aix-La-Chapelle, Allemagne, juillet 2003.
 - Olivier Deligny: « Auger Status report », Semaine de l'Astrophysique Française (SF2A), Paris, 24 au 29 juin 2002.
 - Olivier Deligny: « Pierre Auger Observatory: Status and prospects », Semaine de l'Astrophysique Française (SF2A), Bordeaux, 16 au 20 juin 2003.
 - Jacques Dumarchez: « The HARP experiment at CERN », Workshop on Neutrino Physics, JINR, Dubna, janvier 2002.
 - Jacques Dumarchez: « What experiment to measure Θ_{13} », Workshop on Neutrino Physics, JINR, Dubna, janvier 2003.
 - Marc Escalier: « Testing Extra-dimensions using Renormalization Group Equations », GDR SUSY, Montpellier, 18 novembre 2002.
 - Marc Escalier: « Higgs to $\gamma\gamma$ in ATLAS », La physique du TeV aux collisionneurs, Higgs Working group, Les Houches, 26 mai au 6 juin 2003.
 - Marc Escalier: « Kaluza-Klein excitations of W, Z », Physics at LHC 2003, Prague, République Tchèque, 6 au 12 juillet 2003.
 - Marc Escalier: « NLO Signal and Background for Higgs to $\gamma\gamma$ at ATLAS », Journées Jeunes Chercheurs 2003, La Roche-en-Ardenne, Belgique, 30 novembre au 5 décembre 2003.
 - Samir Ferrag: « Sensitivity to Extra-dimensions using dijets cross section at the LHC », Rencontres de Moriond, QCD 2003, Les Arcs, 28 mars 2003.
 - Samir Ferrag: « Uncertainties in the Higgs production at LHC », La physique du TeV aux collisionneurs, Higgs Working group, Les Houches, 26 mai-6 juin 2003.
 - Samir Ferrag: « Parton densities with errors: comparisons between various schools », La physique du TeV aux collisionneurs, QCD Working group, Les Houches, 26 mai-6 juin 2003.
 - Samir Ferrag: « PDF uncertainties in Higgs production at hadron colliders », CERN Monte-Carlo Workshop, CERN, 7 juillet-1^{er} août 2003.
 - Jean-François Genat: « SiLC Front-End readout electronics », Workshop de l'ECFA on Future Linear Collider, Montpellier, 16 novembre 2003.
 - Julien Guy: « Prospects for the search of supersymmetric dark matter with HESS », International Dark Matter 2002, York, Royaume Uni, septembre 2002.
 - Julien Guy: « Recherche de matière noire supersymétrique avec HESS », Semaine de l'Astrophysique Française (SF2A), Paris, juin 2002.
 - Julien Guy: « Search of Supersymmetric Dark Matter with HESS at the galactic center », Semaine de l'Astrophysique Française (SF2A), Bordeaux, 16 au 20 juin 2003.
 - Malcolm John: « Branching fractions of exclusive hadronic $B \rightarrow$ charm decays », Flavor Physics and CP violation, FPCP2003, Paris, 3-6 juin 2003.
 - Michael Joyce: « Cosmological Structure Formation », deux cours invités, Quantum Field Theory in and out of equilibrium, Summer School, Bielefeld, Allemagne, septembre 2003.
 - Frédéric Kapusta: « Too much Beauty in $\gamma\gamma$

- collisions at LEP II », Photon 2003, Frascati, Italie, avril 2003.
- Mieczyslaw Witold Krasny : « Design of the Interaction Region for the EIC Collider », conférence invitée en session plénière, EIC Accelerator Workshop, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, février 2002.
 - Mieczyslaw Witold Krasny : « IP Issues: Workshop Summary », conférence en session plénière, EIC Accelerator Workshop, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, février 2002.
 - Mieczyslaw Witold Krasny : « Collider and Detector Design for a Future Dedicated QCD Facility », PANIC Conference, Osaka, octobre 2002.
 - Mieczyslaw Witold Krasny : « Research Program and Detector for the Future ep and eA Collider », HERA III Workshop, München, Allemagne, décembre 2002.
 - Didier Lacour : « Status of the ATLAS Detector Construction », conférence invitée en session plénière, Hadron Structure 2002, Kosice, Slovaquie, septembre 2002.
 - Bertrand Laforge : « Search for extra dimensions at the LHC », XXXVIIth Rencontres de Moriond QCD 2002, Les Arcs, 17 au 24 mars 2002.
 - Bertrand Laforge : « Simulation informatique de différentiation cellulaire », École doctorale B2M, Paris 7, mars 2002.
 - Bertrand Laforge : « The Liquid Argon TTC system », ATLAS TTC Workshop, CERN, 15 mai 2002.
 - Bertrand Laforge : « Simulation informatique de modèle de hasard-sélection », Live Symposium interdisciplinaire, Précarité-instabilité, Concept actif dans les renouvellements paradigmatiques, Paris, décembre 2002.
 - Bertrand Laforge : « α_s measurement in 2 jet channel », Exotic Signals At Hadron Colliders Workshop, Durham, 26 au 28 mars 2003.
 - Bertrand Laforge : « Simulation informatique de hasard-sélection », Ecole doctorale B2M, Paris 7, mars 2003.
 - Antoine Letessier-Selvon : « Air Shower Arrays as Neutrino Detectors », XXth International Conference on Neutrino Physics and Astronomy (Neutrino 2002), München, Allemagne, 25 au 30 mai 2002.
 - Antoine Letessier-Selvon : « Status and Neutrino Detection Prospects of the Auger Observatory », Eighth International Workshop on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP 2003), University of Washington, Seattle, 5 au 9 septembre 2003.
 - Mathieu de Naurois, pour la collaboration HESS : « Application of an analysis method based on a semianalytical shower model to the first HESS telescope », 28th ICRC, Tsukuba, Japon, août 2003.
 - Mathieu de Naurois : « Use of ROOT on the HESS DAQ software », The Fourth ROOT Users Workshop, CERN, 14 au 16 octobre 2002.
 - Basarab Nicolescu : « Analytic Amplitudes for Hadronic Forward Scattering and the Heisenberg \log^2 s Behaviour of Total Cross-Section », 10th International QCD Conference (QCD03), Montpellier, France, 2 au 9 juillet 2003.
 - Basarab Nicolescu : « Analytic Amplitudes for Hadronic Forward Scattering: COMPETE Update », 31st International Conference on High Energy Physics (ICHEP 2002), Amsterdam, juillet 1924-31, 2002.
 - Basarab Nicolescu : « Features of High-Energy pp and pA Elastic Scattering at small t », 10th International Conference on Elastic and Diffractive Scattering (10th Blois Workshop), Hanasaari, Finlande, 23 au 28 juin 2003.
 - José Ocariz : « Charmless B final states in $B\bar{A}B\bar{A}$: branching fractions, direct CP violation », HEP2003-International Europhysics Conference on High Energy Physics, Aix la Chapelle, 17 au 23 juillet 2003, publié dans Eur. Phys. J C (à paraître).
 - José Ocariz : « The rare kaon decays $K \rightarrow \pi\nu\bar{\nu}$: constraints on the CKM matrix », Workshop on the CKM Unitarity Triangle (I), CERN, 13 au 16 février 2002, publié dans rapport jaune CERN-EP/2003-002-rev.
 - Reynald Pain : « The supernova program of the CFHT Legacy Survey », From Twilight to Highlight, ESO Garching, Germany, juillet 2002, publié dans Ed. W. Hillebrandt and B. Leibundgut Springer, p. 408.
 - Reynald Pain : « The supernova program of the CFHT Legacy Survey », American Astronomical Society Meeting, Seattle,

- Washington USA, janvier 2003, publié dans AAS 201 201.
- Reynald Pain: « The SuperNova Legacy Survey program », Workshop of the ERTN « The Physics of Type Ia Supernova Explosions », Winter School Ringberg 2003, Ringberg, Allemagne, 10 au 15 mars 2003.
 - Reynald Pain: « Recent Results from Supernovae », XVth Rencontres de Blois, Blois, France, 15 au 20 juin 2003.
 - Muriel Pivk: « Rare charmless B decays in *BABAR* », XXXVIII Rencontres de Moriond (QCD), Les Arcs, 22 au 29 mars 2003.
 - Loïc Rolland: « Particle Physics and Cosmology: the Interface », Ecole d'été de Cargèse, Cargèse, 4 au 16 août 2003.
 - Lydia Roos: « Interpreting CP Asymmetries in $B \rightarrow \pi^+\pi^-$ Decays », Workshop on the CKM Unitarity Triangle (II), IPPP Durham, avril 2003, publié dans eConf C0304052 (2003) WG418.
 - Aurore Savoy-Navarro: « The Silicon Envelope », First American Workshop on the Future Linear Collider, Chicago (USA), 6 au 13 janvier 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « The Silicon Envelope », Second Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Saint-Malo, 12 au 15 avril 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Preliminary ideas on the Front-End and DAQ for the Silicon Trackers », Second Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Saint-Malo, 12 au 15 avril 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Métrologie au LEP », Journée Métrologie de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris, mai 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Simulated versus Real and Undiscovered Worlds », cours invité, ICFA Instrumentation Center, First Regional ICFA Instrumentation School, Istanbul, Turquie, 17 au 28 juin 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Crossing the Energy Frontier at the checkpoint CDF II », Workshop « Across the Energy Frontier », École Polytechnique, Palaiseau, France, 12 décembre 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Lepton Plus Track Trigger at CDF II », Workshop Inaugural du Réseau Européen, Probe For New Physics, La Sapienza, Rome, décembre 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Silicon tracking for the Linear Collider », Troisième Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Prague, (République Tchèque), 15 au 18 novembre 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « The SiLC R&D Project », Workshop Inaugural du Réseau Européen, Probe For New Physics, La Sapienza, Rome, décembre 2002.
 - Aurore Savoy-Navarro: « SiLC, Silicon tracking for the Linear Collider: and international collaboration to develop a new generation of Si-Trackers », First Worldwide Meeting on Tracking for the Future Linear Collider, NIKHEF, Amsterdam, (Pays-Bas), 31 mars 2003.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Readout and DAQ for the Si-tracking system », Quatrième Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Amsterdam (Pays-Bas), 1 au 4 avril 2003.
 - Aurore Savoy-Navarro: « New Advances on the Si Tracking », Quatrième Workshop ECFA-DESY Extended Studies, Amsterdam, (Pays-Bas), 1 au 4 avril 2003.
 - Aurore Savoy-Navarro: « An R&D proposal for Silicon tracking at the Linear Collider », Physics Research Committee (PRC) de DESY (PRC-DESY-03-02), Hamburg, (Allemagne), 7 au 8 mai 2003.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Addendum to the SiLC Proposal (Addendum-PRC-DESY-03-02) », Physics Research Committee (PRC) de DESY, Hamburg, (Allemagne), 31 octobre 2003.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Front-End Electronics and Readout », ECFA Workshop on Future Linear Collider, Montpellier, 16 novembre 2003.
 - Aurore Savoy-Navarro: « Report on SiLC: Si-Tracking for the Linear Collider », ECFA Workshop on Future Linear Collider, Montpellier, 16 novembre 2003.
 - Philippe Schwemling: « ATLAS: Electromagnetic Calorimetry and e/γ Performance », IV International Symposium on LHC Physics and Detectors, Fermilab, Batavia, Illinois, 1^{er} au 3 mai 2003.
 - Jan Stark: « B^{\pm}/B^0 lifetimes and $\Delta\Gamma(B_d)$ from b-factories and perspectives », Workshop on the CKM Unitarity Triangle (I), CERN, 13 au 16 février 2002, publié dans le rapport jaune CERN-EP/2003-002-rev.

- Jan Stark: « Measurement of $\sin 2\beta$ by *BABAR* », 18th International Workshop On Weak Interactions and Neutrinos (WIN02), Christchurch, Nouvelle Zélande, 21 au 26 janvier 2002, publié dans CERN-EP/2003-002-rev.

- Sophie Trincaz-Duvoid: « La Physique au Tevatron », Congrès général de la SFP 2003, Lyon, France, juillet 2003.

- Pascal Vincent: « HESS Status report », Scientific Highlights 2002 (SF2A), Paris, 24 au 29 juin 2002.

- Pascal Vincent, pour la collaboration H.E.S.S.: « Performance of the H.E.S.S. cameras », 28th ICRC, Tsukuba, Japon, août 2003.

- Robert Vinh Mau: « Quarks in the NN interaction », International School of nuclear Physics: 24th Course: Quarks in Hadrons and Nuclei, Erice, Sicile, Italy, 16 au 24 septembre 2002.

Habilitation à diriger des recherches (HDR)

- Frédéric Fleuret: « Optimisation du calorimètre électromagnétique de l'expérience ATLAS; identification et reconstruction des électrons auprès de l'expérience $D\bar{D}$ », 8 février 2002.

- Philippe Schwemling: « Construction du calorimètre électromagnétique d'ATLAS et minimisation du terme constant de sa résolution », 6 novembre 2002.

- Jean-François Genat: « Électronique et traitement du signal pour l'instrumentation en physique des particules et en astrophysique », 25 juin 2003.

- Ursula Bassler: « Aspects de la physique hadronique: de la structure du proton au quark top », 28 novembre 2003.

Thèses

- Olivier Deligny, « Observatoire Pierre Auger: analyse des gerbes inclinées, observation de neutrinos d'ultra haute énergie et signature d'une origine locale pour les rayons cosmiques chargés », 4 avril 2003.

- Muriel Pivk, « Étude de violation de CP dans la désintégration $B^0 \rightarrow h^+ h^- (h = \pi, K)$ auprès du détecteur *BABAR* à SLAC », 5 mai 2003

- Julien Guy, « Premiers résultats de l'expérience HESS et étude du potentiel de détection de matière noire supersymétrique », 20 mai 2003.

- Sébastien Troquereau, « Performances des chambres à dérive dans l'expérience HARP au CERN », 18 juin 2003.

- Laurent Le Guillou, « Recherche de matière noire galactique par détection de microlentilles gravitationnelles en photométrie différentielle », 24 septembre 2003.

- Julien Raux, « Photométrie différentielle de supernovae de type Ia lointaines ($0,5 < z < 1,2$) mesurées avec le télescope spatial Hubble et estimation des paramètres cosmologiques », 9 octobre 2003.

- Jalal Abdallah, « Recherche des squarks quasi-dégénérés en masse avec la LSP dans l'expérience DELPHI au LEP », 12 décembre 2003.

Liste des publications

BABAR

DØ

HARP/NOMAD

DELPHI

ATLAS

AUGER

SUPERNOVAE ET COSMOLOGIE

HESS/CAT

THÉORIE

OUVRAGES ET ARTICLES DE VULGARISATION

BABAR

- « Observation of a significant excess of $\pi^0\pi^0$ events in B meson decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 241801,2003.
- « Evidence for the rare decay $B \rightarrow K^*l^+l^-$ and measurement of the $B \rightarrow Kl^+l^-$ branching fraction », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 221802,2003.
- « Rates, polarizations, and asymmetries in charmless vector-vector B meson decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 171802,2003.
- « Limits on $D^0-\bar{D}^0$ mixing and CP violation from the ratio of lifetimes for decay to $K\pi^+$, KK^+ and $\pi\pi^+$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 121801,2003.
- « Measurements of branching fractions and CP-violating asymmetries in $B^0 \rightarrow \rho^+\pi^0$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 201802,2003.
- « Measurement of time dependent CP asymmetries and the CP-odd fraction in the decay $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 131801,2003.
- « Measurement of the branching fractions for the exclusive decays of B^0 and B^+ to $D^{(*)}D^{(*)}K$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D68 : 092001,2003.
- « Measurements of CP-violating asymmetries and branching fractions in B meson decays to $\eta'K$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 161801,2003.
- « Search for $D^0-\bar{D}^0$ mixing and a measurement of the doubly Cabibbo suppressed decay rate in $D^0 \rightarrow K\pi$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 171801,2003.
- « Rare B decays into states containing a J/ψ meson and a meson with $s\bar{s}$ quark content », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 071801,2003.
- « Observation of a narrow meson decaying to $D_s^+\pi^0$ at a mass of 2.32 GeV/c² », B. Aubert et al. Press Release from SLAC. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 90 : 242001,2003.
- « Measurement of the branching fraction and CP-violating asymmetries in neutral B decays to $D^{*+}D^{\mp}$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 90 : 221801,2003.
- « Study of time dependent CP asymmetry in neutral B decays to $J/\psi\pi^0$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 061802,2003.
- « Observation of the decay $B^{\pm} \rightarrow \pi^+\pi^0$, study of $B^{\pm} \rightarrow K^+\pi^0$, and search for $B^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 021801,2003.
- « Evidence for $B^+ \rightarrow J/\psi p\bar{\Lambda}$ and search for $B^0 \rightarrow J/\psi p\bar{p}$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 90 : 231801,2003.
- « Measurements of the branching fractions and charge asymmetries of charmless three body charged B decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 91 : 051801,2003.
- « Measurement of the CKM matrix element $|V_{ub}|$ with $B \rightarrow \rho e\nu$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 90 : 181801,2003.
- « Measurement of the B^0 meson lifetime with partial reconstruction of $B^0 \rightarrow D^{*+}\pi^+$ and $B^0 \rightarrow D^{*+}\rho^+$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D67 : 091101,2003.
- « Simultaneous measurement of the B^0 meson lifetime and mixing frequency with $B \rightarrow D^{*+}v_l$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D67 : 072002,2003.
- « A study of the rare decays $B^0 \rightarrow D_s^{*+}\pi^-$ and $B^0 \rightarrow D_s^{*-}K^+$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 90 : 181803,2003.
- « A measurement of the $B^0 \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^-$ branching fraction », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 90 : 091801,2003.
- « Measurement of the branching fraction for inclusive semileptonic B meson decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D67 : 031101,2003.
- « Measurement of the CP-violating asymmetry amplitude $\sin 2\beta$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 89 : 201802,2002.
- « Measurements of branching fractions and CP-violating asymmetries in $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-, K^+\pi^-, K^+K^-$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 89 : 281802,2002.
- « Study of inclusive production of charmonium mesons in B decay », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D67 : 032002,2003.
- « Measurement of the branching fraction and CP content for the decay $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 89 : 061801,2002.
- « Measurement of the B^0 lifetime with partially reconstructed $B^0 \rightarrow D^{*+}l^+v_l$ decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 89 : 011802,2002, Erratum-ibid.89 : 169903,2002.
- « Search for T and CP violation in $B^0-\bar{B}^0$ mixing with inclusive dilepton events », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 88 : 231801,2002.
- « Search for the rare decays $B \rightarrow Kl^+l^-$ and $B \rightarrow K^*l^+l^-$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 88 : 241801,2002.
- « A study of time dependent CP-violating asymmetries and flavor oscillations in neutral B decays at the $\gamma(4S)$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D66 : 032003,2002.
- « Measurement of D_s^+ and D_s^{*+} production in B meson decays and from continuum e^+e^- annihilation at $\sqrt{s}=10.6$ GeV », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D65 : 091104,2002.
- « Measurement of the branching fractions for $\psi(2S) \rightarrow e^+e^-$ and $\psi(2S) \rightarrow \mu^+\mu^-$ », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D65 : 031101,2002.
- « Measurement of $B^0-\bar{B}^0$ flavor oscillations in hadronic B^0 decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 88 : 221802,2002.
- « Measurement of the $B^0-\bar{B}^0$ oscillation frequency with inclusive dilepton events », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev.Lett. 88 : 221803,2002.
- « Direct CP violation searches in charmless hadronic B meson decays », B. Aubert et al. [*BABAR* Collab.], Phys.Rev. D65 : 051101,2002.

- « Study of CP-violating asymmetries in $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-, K^+\pi^-$ decays », B. Aubert *et al.* [BABAR Collab.], Phys.Rev. D65: 051502,2002.
- « Measurement of $B \rightarrow K^*\gamma$ branching fractions and charge asymmetries », B. Aubert *et al.* [BABAR Collab.], Phys.Rev.Lett. 88: 101805,2002.
- « A 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-violating charge asymmetries », B. Aubert *et al.* [BABAR Collab.], Phys.Rev. D65: 091101,2002.
- « Measurement of branching fractions for exclusive B decays to charmonium final states », B. Aubert *et al.* [BABAR Collab.], Phys.Rev. D65: 032001,2002.

DØ

- « Observation of diffractively produced W and Z bosons in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Lett. B574 (2003) 169.
- « Search for large extra dimensions in the monojet + E_T channel with the DØ detector », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. Lett. 90 (2003) 251802.
- « Multiple jet production at low transverse energies in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. D67 (2003) 052001.
- « $t\bar{t}$ production cross section in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. D67 (2003) 012004.
- « Search for Production of Single Sleptons Through R-Parity Violation in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 261801.
- « Search for mSUGRA in single-electron events with jets and large missing transverse energy in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. D66 (2002) 112001.
- « Improved W boson mass measurement with the DØ detector », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. D66 (2002) 032008.
- « A direct measurement of W boson decay width », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. D66 (2002) 032008.
- « Search for leptoquark pairs decaying to $\nu\nu$ +jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 191801.
- « A search for the scalar top quark in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV », V.M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 171802.
- « Search for R-parity violating supersymmetry in dimuon and four-jets channels », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 171801.
- « The inclusive jet cross-section in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.8$ TeV using the h_T algorithm », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Lett. B525 (2002) 211.
- « Subjet multiplicity of gluon and quark jets reconstructed with the $k(T)$ algorithm in $p\bar{p}$ collisions », V. M. Abazov *et al.* [DØ

Collab.], Phys. Rev. D65 (2002) 052008.

- « Direct Search for Charged Higgs Bosons in Decays of Top Quarks », V. M. Abazov *et al.* [DØ Collab.], Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 151803.

HARP/NOMAD

- « Prediction of neutrino fluxes in the NOMAD experiment », P. Astier *et al.* [NOMAD Collab.], Nucl. Instrum. Meth. A 515 (2003) 800.
- « Search for $\nu_{\mu}-\nu_e$ oscillations in the NOMAD experiment », P. Astier *et al.* [NOMAD Collab.], Phys. Lett B 570 (2003) 19.
- « The drift chambers of the NOMAD experiment », M. Anfreville *et al.* [NOMAD Collab.], Nucl. Instrum. Meth. A 481 (2002) 339.
- « New results on a search for a $33.9\text{Mev}/c^2$ neutral particle from π^+ decay in the NOMAD experiment », P. Astier *et al.* [NOMAD Collab.], Phys. Lett B 527 (2002) 23.
- « Study of D^{*+} production in ν_{μ} charged current interactions in the NOMAD experiment », P. Astier *et al.* [NOMAD Collab.], Phys. Lett. B 526 (2002) 278.
- « A study of strange particle production in ν_{μ} charged current interactions in the NOMAD experiment », P. Astier *et al.* [NOMAD Collab.], Nucl. Phys. B 621 (2002) 3.

DELPHI

- « A measurement of the branching fractions of the b -quark into charged and neutral b -hadrons », The DELPHI collab., Phys. Lett. B 576 (2003) 29-42.
- « Measurement of the $e^+e^- \rightarrow W^+W^-\gamma$ Cross-section and Limits on Anomalous Quartic Gauge Couplings with DELPHI », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 31 (2003) 139-147.
- « Search for resonant $\tilde{\nu}$ production $\sqrt{s}=183$ to 208 GeV », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 28 (2003) 15-26.
- « ZZ production in e^+e^- interactions at $\sqrt{s}=183$ -209 GeV », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 30 (2003) 447-466.
- « Four-fermion simulation at LEP2 in DELPHI », The DELPHI collab., Comp. Phys. Commun. 152 (2003) 175-190.
- « Study of Inclusive J/ψ Production in Two-Photon Collisions at LEP II with the DELPHI Detector », The DELPHI collab., Phys. Lett. B 565 (2003) 76-86.
- « Search for $B_s^0-\bar{B}_s^0$ oscillations and a measurement of $B_d^0-\bar{B}_d^0$ oscillations using events with an inclusively reconstructed vertex », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 28 (2003) 155-173.
- « Search for Doubly Charged Higgs Bosons at LEP2 », The DELPHI collab., Phys. Lett. B 552 (2003) 127-137.
- « Measurement of Inclusive $f_1(1285)$ and $f_1(1420)$ Production in Z Decays with the DELPHI Detector », The DELPHI collab., Phys. Lett. B 569 (2003) 129-139.
- « Search for supersymmetric particles in light gravitino scenarios

and sleptons NLSP », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 27 (2003) 153-172.

- « A study of the energy evolution of event shape distributions and their means with the DELPHI detector at LEP », The DELPHI collab., Eur. Phys.J.C 29 (2003) 285-312.

- « Inclusive b Decays to Wrong Sign Charmed Mesons », The DELPHI collab., Phys. Lett. B 561 (2003) 26-40.

- « Search for an LSP gluino at LEP with the DELPHI detector », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 26 (2003) 505-525.

- « The DELPHI Trigger System at LEP2 Energies », The DELPHI collab., Nucl. Instr. and Meth. A 515 (2003) 782-799.

- « The η_c (2980) formation in two-photon collisions at LEP energies », The DELPHI collab., Eur. Phys. J. C 31 (2003) 481-489.

- « Rapidity-Alignment and p_T Compensation of Particle Pairs in Hadronic Z^0 Decays », The DELPHI collab., Phys. Lett. B 533 (2002) 243-252.

ATLAS

- « Hadron energy reconstruction for the ATLAS calorimetry in the framework of the nonparametrical method », S. Z. Akhmadaliev *et al.* [ATLAS Collab.], Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A 480 (2002) 508-23.

- « Performance of the ATLAS Electromagnetic Calorimeter End-Cap Module 0 », B. Aubert *et al.* [ATLAS Electromagnetic Liquid Argon Calorimeter Group Collab.], Nucl. Instrum. Meth. A 500: 178-201,2003.

- « Performance of the ATLAS Electromagnetic Calorimeter Barrel Module 0 », B. Aubert *et al.* [ATLAS Electromagnetic Liquid Argon Calorimeter Group Collab.], Nucl. Instrum. Meth. A 500: 202-231,2003.

AUGER

- « Auger: A large air shower array and neutrino telescope », A. Letessier-Selvon, Nucl. Phys. Proc. Suppl. 118 (2003) 399.

- « Probing The Gzk Barrier With UHE τ neutrinos », C. Lachaud, X. Bertou, P. Billoir, O. Deligny and A. Letessier-Selvon, Nucl. Phys. Proc. Suppl. 110 (2002) 525.

- « Site Survey For The Pierre Auger Observatory », I. Allekotte *et al.* [Pierre Auger Collab.], J. Phys. G 28 (2002) 1499.

Supernovae et cosmologie

- « The Distant Type Ia Supernova Rate », R. Pain *et al.* [Supernova Cosmology Project Collab.], ApJ 577 (2003), 120.

- « The Nearby Supernova Factory search Pipeline », M. Wood-Wasey *et al.* [Supernova Factory Collab.], AAS 202 (2003) 1304.

- « Supernovae 2003fe, 2003ff, 2003fg, 2003fh, 2003fi, 2003fk », P. Astier *et al.* [SuperNova Legacy Survey Collab.], IAUC 8147 (2003) 2.

- « New constraints on Ω_M , Ω_Λ , and w from an independent Set

of Eleven High-Redshift Supernovae Observed with HST », R. Knob *et al.* [Supernova Cosmology Project Collab.], ApJ 597 (2003) 2.

- « Overview of the SuperNova/Acceleration Probe (SNAP) », G. Aldering *et al.* [SNAP Collab.], SPIE Proceedings 4835 (2003) 146.

- « Hubble diagram of Type Ia Supernovae as a function of Host Galaxy Morphology », M. Sullivan *et al.* [Supernova Cosmology Project Collab.], MNRAS 340 (2002), 1057.

- « Generation of primordial cosmological perturbations from statistical mechanical models », A. Gabrielli, B. Jancovici, M. Joyce, J.-L. Lebowitz, L. Pietronero, F. Sylos Labini, Phys. Rev. D (2003) 043506.

- « Bias and the power spectrum beyond the turn-over », R. Durrer, A. Gabrielli, M. Joyce and F. Sylos Labini, Astrophys.J.Letters (2003) 585 L1.

- « The Glass-Like Universe: Real-space correlation properties of standard cosmological models », A. Gabrielli, M. Joyce and F. Sylos Labini, Phys. Rev. D (2002) 083 523.

- « Power-law correlation and discreteness in cosmological N-body simulation », T. Baertschiger, M. Joyce and F. Sylos Labini, Astrophys.J.Letters (2002) 581 L63.

HESS/CAT

- « Comparison of simulated longitudinal profiles of hadronic air showers with MASS2 ballon data », J. Guy, P. Vincent, J.-P. Tavernet, M. Rivoal, Astroparticule Physics 17 (2002) 409-414.

- « Detection of the BL Lac object 1ES1426+428 in the very high-energy x-ray band by the CAT telescope from 1998-2000. », A. Djannati-Atai *et al.* [CAT Collab.], Astron. Astrophys 391 (2002) 25-28.

Théorie

- « Hadronic scattering amplitudes: medium-energy constraints on asymptotic behaviour », J. R. Cudell, V. V. Ezhela, P. Gauron, K. Kang, Yu. V. Kuyanov, S. B. Lugovsky, B. Nicolescu et N. P. Tkachenko, Phys. Rev. D65 (2002) 074024.

- « Benchmarks for the forward observables at RHIC, the Tevatron-run II, and the LHC », J. R. Cudell, V. V. Ezhela, P. Gauron, K. Kang, Yu. V. Kuyanov, S. B. Lugovsky, E. Martynov, B. Nicolescu, E. A. Razuvaev et N. P. Tkachenko, Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 201801.

- « Atlas of total cross sections », J. R. Cudell, V. V. Ezhela, P. Gauron, K. Kang, Yu. V. Kuyanov, S. B. Lugovsky, B. Nicolescu et N. P. Tkachenko, *in* K. Hagiwara *et al.*, Phys. Rev. D66 (2002) 010001, sect. 37.

- « Heisenberg's universal $\log^2 s$ increase of the total cross sections », H. G. Dosch, P. Gauron et B. Nicolescu, Phys. Rev. D67 (2003) 077501.

- « Electromagnetic couplings of the CHPT Lagrangian from the perturbative chiral quark model », V. E. Lyubovitskij, T. Gutsche, A. Faessler, R. Vinh Mau, Phys. Rev. C65 (2002) 025202.
- « Testing the quark cluster model in nucleon-nucleon scattering », M. Lacombe, B. Loiseau, R. Vinh Mau, P. Demetriou, J.P.B.C. de Melo, C. Semay, Phys. Rev. C65 (2002) 034004.
- « Annihilation range and final-state interaction in $p\bar{p}$ annihilation into $\pi^+\pi^-$ », B. El-Bennich, W.M. Kloet, B. Loiseau, Phys. Rev. C68 (2003) 014003.
- « Electromagnetic corrections to πp scattering length from pionic hydrogen », T. E. O. Ericson, B. Loiseau, S. Wycech, Nucl. Phys. A721 (2003) 653-656.
- « Elimination of ambiguities in $\pi\pi$ phase shifts using crossing symmetry », R. Kaminski, L. Lesniak, B. Loiseau, Phys. Lett. B551 (2003) 241-248.
- « Application of Roy's equations to analysis of $\pi\pi$ experimental data », B. Loiseau, R. Kaminski, L. Lesniak, pN Newslett. 16 (2002) 349-351.
- « Two pion exchange in proton proton scattering », W.R. Gibbs, B. Loiseau, π N Newslett. 16 (2002) 280-285.

Autres publications des membres du laboratoire

- « Archeops results », J.-Ch. Hamilton, A. Benoît *et al.* [the Archeops Collab.], C.R. Physique (Académie des Sciences) 4 (2003) 853-859.
- « CMB map-making and power spectrum estimation », J.-Ch. Hamilton, C.R. Physique (Académie des Sciences) 4 (2003).
- « The cosmic microwave background anisotropy power spectrum measured by Archeops », A. Benoît *et al.* [the Archeops Collab.], Astronomy & Astrophysics 399 (2003) L19.
- « Cosmological constraints from Archeops », A. Benoît *et al.* [the Archeops Collab.], Astronomy & Astrophysics 399 (2003) L25.
- « Annihilation At Rest Of Antiprotons And Protons Into Neutral Particles », C. Amsler *et al.* [Crystal Barrel Collab.], Nucl. Phys. A720 (2003) 357.
- « DIRAC: A high resolution spectrometer for poniumium detection », B. Adeva *et al.* [DIRAC Collab.], Nucl. Instrum. Meth A 515 (2003) 467.
- « Anomalous η/η' decays: The triangle and box anomalies », M. Benayoun, P. David, L. DelBuono, P. Leruste and H. B. O'Connell, Eur. Phys. J. C 31 (2003) 525.
- « The Dirac Experiment At Cern: Current Status And Future Perspectives », A. M. Rodriguez Fernandez *et al.* [DIRAC Collab.], π N Newslett. 16 (2002) 352.
- « Comment on [Protonium annihilation into $\pi^0 \pi^0$ at rest in a liquid hydrogen target] », C. Amsler *et al.* [Crystal Barrel Collab.], Phys. Rev. D 66 (2002) 058101.

- « Proton Anti-Proton Annihilation At 900-MeV/c Into $\pi^0 \pi^0 \pi^0$, $\pi^0 \pi^0 \eta$ And $\pi^0 \eta \eta$ », C. Amsler *et al.* [Crystal Barrel Collab.], Eur. Phys. J. C 23 (2002) 29.

- « Measurement of inclusive jet cross sections in photoproduction at HERA », C. Adloff *et al.* [H1 Collab.], Eur. Phys. J. C29, (2003) 497.

Ouvrages et articles de vulgarisation

- « Le vivant aime-t-il l'aléatoire ? », Bertrand Laforge, Sciences & Avenir Hors-série, L'empire des gènes, no. 136, octobre-novembre 2003.
- « Les neutrinos vont-ils au Paradis ? », François Vannucci, Éditeur EDP Sciences mars 2002.
- « Combien de particules dans un petit pois ? », François Vannucci, Éditions Le Pommier juin 2003.
- « Le miroir aux neutrinos », François Vannucci, Éditions Odile Jacob octobre 2003.
- « Nous, la particule et le monde (ouvrage couronné par l'Académie Française) », Basarab Nicolescu, Éditions du Rocher, Monaco 2002.
- « La violation de CP », J. Chauveau, R. Granier de Cassagnac, Images de la physique 2001-2002, p. 92.

Annexes

Chargés de mission

Membres du conseil du laboratoire

Membres du conseil scientifique

Membres de la commission paritaire ITA

Participation à des instances scientifiques externes

Chercheurs CNRS et enseignants chercheurs

Boursiers-thésards et visiteurs étrangers

ITA

• Chargés de Mission

Bernard Canton

ACMO

Jacques Dumarchez

Sécurité Radioprotection

Odile Hamon

Formation permanente

Evelyne Lebreton

Conseil utilisateurs CCIN2P3

Sylvie Dagoret-Campagne

Réunions du Vendredi

Frédéric Kapusta

Séminaires

Ursula Bassler

Biennale 2003

Jean-Michel Levy

Bibliothèque

Isabelle Cossin

Communication

Pascal Vincent

Stages

Pierre Billoir

Suivi des Doctorants

Jacques Dumarchez

Correspondant 3^e cycle CPM

François Vannucci

Correspondant 3^e cycle GI

Murat Boratav

Correspondant 3^e cycle MIP

Aurore Savoy-Navarro

Valorisation

Jacques Chauveau

Représentant ECFA

• Conseil du laboratoire

Jean-Eudes Augustin

Président

Collège chercheurs

Jacques Chauveau

Membre nommé

Jacques Dumarchez

Membre élu

Frédéric Kapusta

Membre élu

Mathieu Jacobe de Naurois

Membre élu

Pascal Vincent

Membre nommé

Collège ITA

Didier Imbault

Membre nommé

Hervé Lebbolo

Membre élu

Patrick Nayman

Membre élu

Patricia Warin-Charpentier

Membre élu

• Conseil scientifique

Jean-Eudes Augustin

Président

Pierre Astier

Membre élu

Ursula Bassler

Membre élu

Pierre Billoir

Membre élu

Michel Buénerd

Membre invité

Jacques Chauveau

Membre élu

Christian de la Vaissière

Membre invité

Evelyne Lebreton

Ingenieur

Evelyne Méphane

Membre invité

Gilles Sauvage

Membre extérieur

Aurore Savoy-Navarro

Membre nommé

Philippe Schwemling

Membre nommé

Pascal Vincent

Membre nommé

• Commission paritaire ITA

Jean-Eudes Augustin

Membre nommé

Bernard Canton

Membre nommé

Andrée Guimard

Membre élu

Evelyne Lebreton

Membre nommé

Evelyne Méphane

Membre nommé

Adamou Paraiso

Membre élu

Nicolas Pavel

Membre élu

• Participation à des instances scientifiques externes

Pierre Astier

Membre du Groupe de Travail d'Astrophysique du CNES

Jean-Eudes Augustin

Membre de l'ITRP (ILCSC, ICFA).

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 11.

Membre du Conseil du LIP (Lisbonne).

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 7.

Membre du Conseil Scientifique de l'UFR de Physique de l'Université Paris 6.

Ursula Bassler

Membre du Comité d'évaluation interne (CVI) de l'INFN (Italie).

Michel Baubillier

Membre de la Commission 03 du Comité National du CNRS.

Membre de la Commission Interdisciplinaire 47 du Comité National du CNRS.

Membre du Conseil scientifique de l'IN2P3.

Membre du Comité National de la Recherche.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Pierre Billoir

Vice-président A de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Président de la Commission des Thèses (section Physique) à l'Université Paris 6.

Murat Boratav

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 11.

Membre du Conseil Scientifique du Groupement de Recherche (GDR) « Phénomènes Cosmiques des Hautes Energies ».

Membre du Groupe d'experts du Ministère de la Recherche.

Directeur du DEA MIP.

Responsable de la 2^e année du Magistère PhyTEM ENS-Cachan/Paris 6.

Christian Carimalo

Vice-Président B de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Jacques Chauveau

Membre de l'ECFA plénier.

Membre du Bureau de la division Champs et Particules de la SFP.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Michel Crozon

Membre du Conseil Scientifique du Comité « Science et citoyens » du CNRS.

Membre du Comité « Physique et Interrogations fondamentales » de la SFP.

Membre du comité de diffusion de « L'année Mondiale de la Physique » (2005) mis en place par la SFP.

Wilfrid Da Silva

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Jacques Dumarchez

Membre de la Commission 03 du Comité National du CNRS.

Membre du Conseil Scientifique de l'IN2P3.

Membre du Comité de Direction de l'IN2P3.

Membre du Comité d'Évaluation du laboratoire Leprince-Ringuet.

Frédéric Kapusta

Membre du Conseil d'Administration de l'Université Paris 6.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Bertrand Laforge

Membre du Conseil d'UFR de Physique de l'Université Paris 6.

Mathieu de Naurois

Correspondant de la SF2A au laboratoire.

Aurore Savoy-Navarro

Membre du Conseil de Groupement du GDR de Supersymétrie.

Membre du Panel de l'ICFA sur Innovation, Instrumentation and Development.

Coordinateur Principal du Réseau Européen HPRN-CT-2002-00292, Probe for New Physics.

Irena Nikolic-Audit

Membre de la 29^e section du Conseil National des Universités.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 11.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Bordeaux 1.

José Ocariz

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 7.

Représentant de l'IN2P3 au « Cern-Europe-Latinamerica Steering Committee » depuis février 2003.

Reynald Pain

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Claude Bernard (Lyon 1).

Membre du Conseil scientifique de l'UFR de Physique de l'Université Paris 7.

Kyan Schamaneche

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 7.

Membre du Conseil de l'UFR de Physique de l'Université Paris 7.

Philippe Schwemling

Asseur de la 29^e section du Conseil National des Universités.

Directeur Adjoint de l'UFR de Physique de Paris 7.

Membre du Conseil de l'UFR de Physique de Paris 7.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 7.

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Blaise-Pascal (Clermont –Ferrand 2).

Membre du Bureau de la division Champs et Particules de la SFP.

Jean-Paul Tavernet

Asseur de la Commission de Spécialistes de la 29^e Section de l'Université Paris 6.

Sophie Trincaz-Duvoid

Membre du Comité d'Organisation de l'exposition grand public LCWS04 au Palais de la Découverte.

Christian De la Vaissière

Membre du Conseil de l'UFR de Physique de l'Université Paris 6.

François Vannucci

Membre du Conseil de l'UFR de Physique de l'Université Paris 7.

Membre du Conseil Scientifique de l'UFR de Physique de l'Université Paris 7.

Président de la Commission aux thèses pour la Physique à Paris 7.

Vice-président A de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 7.

Membre du Conseil de Fédération d'APC.

Rapporteur pour les Sciences auprès de la Chancellerie pour les dons et legs aux Universités Parisiennes.

Pascal Vincent

Membre de la Commission de Spécialistes de la 29^e section de l'Université Paris 6.

Chercheurs CNRS

ANTILOGUS Pierre

Chargé de Recherche

ANDRIEU Bernard

Chargé 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

DEL BUONO Luigi

Chargé de Recherche

DERUE Frédéric

Chargé de Recherche

DUMARCHEZ Jacques

Directeur de Recherche

GUY Julien

Chargé de Recherche

HAMILTON Jean-Christophe

Chargé de Recherche

HUBAUT Fabrice

Chargé de Recherche (mutation 01/03/2002)

JACOBÉ DE NAUROIS Mathieu

Chargé de Recherche

KAPUSTA Frédéric,

Chargé de Recherche

KRASNY Mieczyslaw Witold

Directeur de Recherche

LABERRIGUE Jeanne

Directeur de Recherche Emérite

LACOUR Didier

Chargé de Recherche

(CERN 01/06/2001-30/11/2003)

LALOUM Maurice

Chargé de Recherche

LERUSTE Philippe

Chargé de Recherche bénévole

LETESSIER-SELVON Antoine

Directeur de Recherche

LEVY Jean-Michel

Chargé de Recherche

NARJOUX Jean-Louis

Chargé de Recherche (retraite 01/11/2002)

PAIN Reynald

Directeur de Recherche

RIVOAL Monique

Directeur de Recherche (retraite 01/09/2002)

ROOS Lydia

Chargée de Recherche

SAVOY-NAVARRO Aurore

Directeur de Recherche

Enseignants chercheurs

BAUBILLIER Michel

Professeur Paris 6

BILLOIR Pierre

Professeur Paris 6

BLANC Guillaume

ATER Paris 7 (départ 01/09/2003)

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

FATTON Jacques

Maître de Conférence Paris 7 (retraite 01/09/2002)

HAMON Odile

Professeur Paris 6

HARDIN Delphine

Maître de Conférence Paris 6

JOYCE Michael

Professeur Paris 6

LAFORGE Bertrand

Maître de Conférence Paris 6

LE DIBERDER François

Professeur Paris 7 (mutation 01/04/2003)

LE GUILLOU Laurent

ATER Paris 6 (départ 01/09/2003)

NIKOLIC-AUDIT Irena

Maître de Conférence Paris 7

OCARIZ José,

Maître de Conférence Paris 7

PONS Yvette

Maître de Conférence Paris 7

RAUX Julien

ATER Paris 6

RIDEL Mélissa

Maître de Conférence Paris 7

SCHAMANECHÉ Kyan

Maître de Conférence Paris 7

SCHWEMLING Philippe

Professeur Paris 7

SECROUN Aurélie

ATER Paris 6 (départ 01/09/2002)

TAILLET Richard

Maître de Conférence U. de Savoie

TAVERNET Jean-Paul

Maître de Conférence Paris 6

T'JAMPENS Stéphane

ATER Paris 6 (départ 01/09/2003)

TRINCAZ-DUVOID Sophie

Maître de Conférence Paris 6

VANNUCCI François

Professeur Paris 7

VINCENT Pascal

Maître de Conférence Paris 6

Boursiers- Thésards

ABDALLAH Jalal

CNRS-Liban

BEAUCERON Stéphanie

MENRT

BEN-HAÏM Eli

RTN

BOUAISSI Saïd

MENRT

BUSATO Emmanuel

MENRT

CAMARD Arnaud

MENRT

DA SILVA Pierre

MENRT

DELIGNY Olivier

MENRT

ESCALIER Marc

BDI

GILLES Sébastien

MENRT

GUIDE Delphine

MENRT

GUY Julien

BDI

JURAMY Claire

MENRT

MALCLÈS Julie

MENRT

PIVK Muriel

MENRT

RAUX Julien

MENRT

ROUCELLE Cécile

MENRT

SAINTON Grégory

MENRT

STARK Jan

MENRT

THERIN Guillaume

MENRT

TOURNEUR Stéphane

MENRT

TROQUEREAU Sébastien

MENRT

VLIMANT Jean-Roch

MENRT

Visiteurs étrangers

BALAZS Csaba

Professeur invité, Paris VII

BERGGREN Mikael

Visiteur IN2P3

CERNICCHIARO Géraldo

Visiteur IN2P3

DA SILVA Eduardo

Boursier CIES

DOUARI Abdellatif

Professeur invité Paris VI

GOLIATH Martin

Visiteur IN2P3

KURCA Tibor

Visiteur IN2P3

LINARES Edgard

Visiteur IN2P3

PETERSEN Troels

Visiteur IN2P3

POPOV Boris

Visiteur IN2P3

SERBO Valeri

Professeur invité Paris VI

Théoriciens hébergés**GAURON Pierre**

Chargé de Recherche bénévole

LACOMBE Michel

Professeur bénévole U. de Reims

LOISEAU Benoît

Directeur de Recherche

NICOLESCU Basarab

Chargé de Recherche

VINH-MAU Robert

Professeur bénévole Paris 6

Ingénieurs, Techniciens et Administratifs**ASTESAN Françoise**

Ingénieur d'Etudes (retraite 02/12/2002)

BAILLY Philippe

Technicien de la Recherche

BASSAVA Swarna Latha

Adjoint Technique de la Recherche

BA TRUNG MichèleTechnicien de la Recherche (mutation
01/09/2003)**BELKACEM Madjid**

Ingénieur d'Etudes

BERGGREN Mikael

Ingénieur (CDD)

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

COMMERCON Arnaud

Assistant Ingénieur

COSSIN Isabelle

Technicien de la Recherche

DENANCE Jean-Pierre

Ingénieur d'Etudes (retraite 01/12/2002)

DETOURNAY Michèle

Ingénieur de Recherche

DHELLOT Marc

Assistant Ingénieur

DORESTE Claudie

Adjoint Technique (mutation 01/11/2002)

DURIN Josette

Ingénieur d'Etudes

ÉTIENNE Philippe

Ingénieur d'Etudes

EVARD Christophe

Assistant Ingénieur

FON Christian

Adjoint Technique (CDD, départ 31/12/2002)

FRUA-BERNARD Anna

Technicien de la Recherche

GENAT Jean-François

Ingénieur de Recherche

GHISLAIN Patrick

Technicien de la Recherche

GIL QUIJANO Javier

Stagiaire EGIDE (01/02/2002-31/12/2002)

GOFFIN Colette

Assistant Ingénieur

GORRAND Jean-Louis

Assistant Ingénieur

GORRAND Sylviane

Technicien de la Recherche

GUEVARA Luz Angela

Stagiaire EGIDE (01/02/2003-31/12/2003)

GUIMARD Andrée

Technicien de la Recherche

HUPPERT Jean-François

Ingénieur d'Etudes

IMBAULT Didier

Ingénieur de Recherche

JOS Jeanne

Assistant Ingénieur

LALOUX Philippe

Assistant Ingénieur (mutation 01/02/2002)

LAPORTE Didier

Assistant Ingénieur

LEBBOLO Hervé

Ingénieur de Recherche

LEBRETON Evelyne

Ingénieur de Recherche

LE DORTZ Olivier

Ingénieur de Recherche

MARTIN David

Ingénieur d'Etudes

MARTIN Liliana

Ingénieur de Recherche

MÉPHANE Evelyne

Ingénieur de Recherche

MEURGEY Jocelyne

Adjoint Technique de la Recherche

NAYMAN Patrick

Ingénieur de Recherche

PARAISO Adamou

Technicien de la Recherche

PARRAUD Jean-Marc

Assistant Ingénieur

PAVEL Nicolas

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 Aïcha

Adjoint Technique (CDD, départ 31/12/2003)

SEFRI Rachid

Ingénieur d'Etudes

STEYAERT DidierAssistant Ingénieur (disponibilité 01/06/2003-
31/05/2004)**STRACHMAN Zaharia**

Ingénieur de Recherche (retraite 16/08/2003)

TOUSSENEL François

Ingénieur d'Etudes

VALLEREAU Alain

Ingénieur d'Etudes

VINCENT Daniel

Ingénieur Principal

WARIN-CHARPENTIER Patricia

Ingénieur de Recherche

