

**RAPPORT
D'ACTIVITÉ**

1 9 9 8



1 9 9 9

Responsabilité de la rédaction :

Christian de la Vaissière, Marcel Banner

Mise en page sur Macintosh avec Quark Xpress :

Maria Faivre, Marguerite Moine

Crédits photographiques :

LPNHE (sauf pages 13,23,28,35, et 39).

Logo : M. C. Escher "Anneaux concentriques" © by SPADEM, 1983

Couverture :

En haut : photo de la coupole du LPNHE

En bas : Détection de la supernova 1998ba.

Conception graphique :

MIST : Jean-Marc Dumas

Collaboration et assistance :

Jeanne Jos

Impression :

N.R.J.B.

Avant-propos	5
Expériences de physique	7
Physique au LHC : ATLAS	9
Recherche d'une nouvelle physique au LEP : DELPHI	13
Expérience DIRAC	16
Oscillations de neutrinos : NOMAD	17
Expérience TONIC	20
L'expérience H1 à HERA	21
Violation de CP : expérience BABAR	23
Expérience DØ au Tévatron	27
Astronomie Gamma des très hautes énergies : CAT	31
Supernovae	35
L'Observatoire «Pierre Auger»	39
Activités et moyens techniques	43
Vie du laboratoire	55
Enseignement et formations	57
Informations générales et administration	61
Activités internes et externes	65
Diffusion de l'information scientifique	69
Liste des publications	79
Liste du personnel	89

Le Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Energies est une unité mixte de recherche, l'UMR 7585, dont les partenaires sont le CNRS-IN2P3, l'Université Paris 6 et l'Université Paris 7. Il est situé sur le campus Jussieu dans des locaux de Paris 6.

Le LPNHE a pour domaine de recherches la physique expérimentale des particules et des astro-particules. Ce dernier terme désigne les phénomènes cosmiques et cosmologiques de très hautes énergies. Il s'agit dans tous les cas de participations à de grandes collaborations internationales. Les expériences ont lieu auprès des accélérateurs de particules, et sur les sites observationnels.

Le présent rapport d'activité couvre la période 1998-1999 durant laquelle le laboratoire a été dirigé par Marcel BANNER.

En physique des particules, le "Modèle Standard", théorie de champs de jauge unifiant les interactions faible, électromagnétique et forte est le cadre des études en cours. Son succès a été établi par l'étude détaillée des bosons de jauge W et Z dans les collisions électron-positron et les collisions électron-proton et positron-proton. Dans ces domaines, le LPNHE a participé aux expériences DELPHI et H1. Cette étude se poursuit par celle des aspects les plus cruciaux du modèle : la violation de la symétrie CP (expérience BABAR), et la génération des masses par le mécanisme de Higgs (expériences DELPHI, puis D0 et ATLAS). En particulier l'existence d'une masse non nulle des neutrinos imposerait une modification du modèle (expérience NOMAD) Enfin ces études permettent de mesurer avec précision des paramètres de la matière que la théorie ne permet pas encore de prédire, comme les fonctions de structure du proton (H1) ou l'interaction pion-pion (DIRAC). Le laboratoire héberge temporairement une équipe de théoriciens spécialistes de la phénoménologie dans ce domaine.

En physique des astro-particules, domaine nouveau et en pleine expansion, le LPNHE participe à l'étude des photons cosmiques de hautes énergies (télescopes CAT puis HESS), à celle des très grandes gerbes cosmiques (détecteurs AUGER), et à la mesure de paramètres cosmologiques au moyen des supernovæ à grand décalage vers le rouge (Supernova Cosmology Project).

Les activités techniques pour la construction des détecteurs sont des contributions à la mécanique, à l'électronique et à l'informatique temps réel et hors ligne. Le laboratoire a par exemple une capacité de mesures très précises en 3-D, les moyens de conception et réalisation de circuits intégrés, la mise en ligne complète d'expériences, ainsi que l'installation et le fonctionnement de chaînes complètes de traitement de données.

L'expérience DELPHI étudie les collisions électron-positron aux énergies les plus hautes (jusqu'à 208 GeV) fournies par le LEP au CERN à Genève. Outre la maintenance et le traitement des données du "Détecteur Extérieur" construit en son temps au LPNHE, l'équipe a pris en charge la recherche du Higgs et celle de particules super-symétriques, ainsi que la mesure des oscillations des mésons B neutres par une méthode originale et l'étude de la fonction de structure du photon.

L'expérience H1 étudie les collisions électron-proton et positron-proton au collisionneurs HERA à Hambourg. Ici, l'amélioration spectaculaire a été l'accroissement de la luminosité de plus d'un facteur 10, ce qui a permis la recherche de leptoquarks, la mesure précise des fonctions de structures et des études phénoménologiques de la Chromo-dynamique quantique.

La construction de l'expérience BABAR auprès du collisionneur PEP II à SLAC, Stanford (USA) a donné lieu à l'élaboration d'un circuit TDC VLSI original pour la lecture des données du compteur Cherenkov à barreaux de quartz DIRC, ainsi qu'à la préparation de l'analyse

des données pour la violation de CP. Les contributions du groupe LPNHE ont aussi concerné le traitement des données du Cherenkov DIRC, la reconstruction précise des vertex déplacés, ainsi que la mise en place de la chaîne d'analyse globale.

L'expérience NOMAD au CERN à Genève a terminé ses prises de données. Le groupe LPNHE y a étudié la neutrino-production des particules charmées, la recherche d'oscillations de neutrinos électrons en neutrinos-tau par détection du tau décroissant en trois pions ou en électron.

Le grand domaine d'avenir pour la physique des particules est l'exploitation des collisions proton-proton à 14 TeV qui seront produites au collisionneur LHC du CERN. Ceci ouvrira une nouvelle fenêtre d'exploration de la physique au-delà du modèle standard. Le LPNHE participe dans l'expérience ATLAS à la construction du calorimètre électromagnétique à argon liquide. Les contributions concernent la construction mécanique des électrodes détectant le signal dans le détecteur, la conception et la réalisation d'une partie de l'électronique, ainsi que la responsabilité de l'intégration mécanique de l'ensemble. La préparation de l'analyse des données et de l'extraction de la physique se fera ensuite.

La participation à D0 est une préparation à la physique du LHC. L'expérience D0 étudie les collisions proton-antiproton à 2 TeV au collisionneur Tévatron du Fermilab, Chicago (USA), en particulier la physique du quark top et de la beauté. La contribution du LPNHE concerne la calibration continue de ce calorimètre à argon liquide ainsi que la préparation de l'analyse des données, qui commenceront à être enregistrées en 2001.

En astronomie gamma à très hautes énergies, l'expérience CAT sur le site de la centrale Thémis (66) a fourni des données extrêmement originales sur des sources variables et se poursuit par une étude systématique des sources possibles et de leur variabilité. L'avenir de ce domaine demande plusieurs télescopes, dans un site à ciel clair donnant accès au centre galactique. La Collaboration HESS va construire un tel observatoire en Namibie. Le LPNHE a en charge la construction de l'électronique de lecture des caméras photoélectriques de ces télescopes.

La grande collaboration internationale AUGER s'est créée autour du projet de détecter les rayons cosmiques d'énergies extrêmes. Elle construit des détecteurs répartis sur de très grandes surfaces et accompagnés de détec-

teurs de la lumière de fluorescence émise par la gerbe dans la haute atmosphère. Le premier sera placé dans la pampa argentine, le second dans l'Utah. Le LPNHE a été une des chevilles ouvrières de cette collaboration. Il participe à la construction des systèmes de communication entre les détecteurs individuels, de déclenchement et de formatage des données. Les premières sont attendues en 2002.

La collaboration internationale Supernova Cosmology Project bâtie autour du Laboratoire de Berkeley (USA) recherche et mesure les paramètres des Supernovæ de type Ia observées dans les galaxies éloignées. La contribution du LPNHE a consisté en la découverte d'un nouvel ensemble de candidats et la caractérisation et la mesure de plusieurs d'entre eux. Ces recherches utilisent des techniques de traitement d'images provenant de la physique des particules. Cette collaboration va s'orienter vers une étude systématique des biais possibles dans la détermination d'une constante cosmologique non nulle.

L'ensemble de ce programme va se poursuivre et se développer. Plusieurs projets vont arriver à leur terme : NOMAD, DELPHI, H1. CAT se prolongera par HESS. Une ou deux nouvelles initiatives seront rendues progressivement possibles au cours des prochaines années. Elles devront affermir les choix en physique des particules et astro-particules.

Tous ces programmes se réalisent dans le cadre de l'IN2P3, institut du CNRS, et toutes les expériences ont lieu au sein de collaborations internationales, où sont aussi représentés d'autres laboratoires français, de l'IN2P3, du CNRS (INSU), du CEA(DAPNIA), et même parfois du CNET ou du CNES.

Enfin, ces activités expérimentales sont transmises dans plusieurs formations doctorales auxquelles le LPNHE participe. Il s'agit en particulier des DEA "Champs Particules Matière" (CPM), "Grands Instruments" (GI) et "Modélisation et Instrumentation en Physique" (MIP). Le LPNHE héberge au moins partiellement ces trois DEA et l'un de ses enseignants-chercheurs a la responsabilité du DEA MIP : cette activité sera maintenue et si nécessaire amplifiée.

[Jean Eudes AUGUSTIN](#)

Directeur du LPNHE

Expériences de physique

Physique au LHC : ATLAS

Recherche d'une nouvelle physique au LEP : DELPHI

Expérience DIRAC

Oscillations de neutrinos : expérience NOMAD

Expérience TONIC

L'expérience H1 à HERA

Violation de CP : expérience BABAR

Expérience DØ au Tévatron

Astronomie Gamma des très hautes énergies

Supernovae

L'Observatoire «Pierre Auger»

Physique au LHC : 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 du quark top, de l'étude des paires de bosons W ou Z, de la recherche du boson de Higgs, de la Supersymétrie, la calorimétrie y joue un rôle déterminant, tant du point de vue de la mesure de l'énergie des particules individuelles, de leur identification que de la mesure du flot total d'énergie à travers le détecteur. La taille de la collaboration (de l'ordre de 2000 physiciens et ingénieurs) et la complexité du détecteur ATLAS (plusieurs millions de canaux au total), le fort taux de radiations dans lequel il sera amené à fonctionner, la nécessité de réduire le plus possible la quantité de matière morte imposent de repousser le plus loin possible les limites des technologies actuelles en terme de qualité et de fiabilité.

Le LPNHE est impliqué dans la réalisation du calorimètre électromagnétique du détecteur Atlas, et les années 1998 et 1999 ont été consacrées à la validation des solutions techniques choisies à la suite de la période de recherche et développement. Pour ce faire, la colla-

boration a construit un module de détecteur, dit module 0, correspondant à un trente-deuxième du détecteur final, et implémentant autant que possible les solutions techniques choisies pour le détecteur complet, aussi bien d'un point de vue de la construction mécanique que de l'électronique de lecture. Le module 0 a été testé en faisceau afin d'évaluer ses performances, et le laboratoire participe à ces tests.

Électronique

Le laboratoire est chargé de la réalisation du système de synchronisation et de contrôle des châssis d'électronique de lecture de la calorimétrie. Le système de lecture comporte environ 60 châssis "Front-End" situés près du détecteur dans une zone "chaude" au point de vue des radiations : 20 Gray par an. Toutes les composantes situées à ce niveau doivent être développées dans des technologies résistantes aux radiations.

Les châssis "Front-End" sont reliés par des liaisons optiques, d'une part à la logique de déclenchement de "premier niveau" située à 70 m, d'autre part à l'acquisition de données, située à 300 m. Le laboratoire est responsable de la conception et de la fabrication des contrôleurs de

ces châssis. Chaque contrôleur remplit deux tâches principales : la répartition précise des signaux de déclenchement et d'horloge, et le contrôle des paramètres de fonctionnement des cartes d'acquisition.

Les informations temporelles arrivent par fibre optique au contrôleur. Elles sont converties en signaux électriques envoyés à chaque carte "Front-End". Chaque carte possède (de même que le contrôleur) un circuit TTCRx qui décode les signaux d'horloge, les ajuste en temps en ajoutant un délai programmable par pas de 104 picosecondes, et décode les signaux d'acceptation de niveau 1, de croisement des faisceaux, d'initialisation et de calibration.

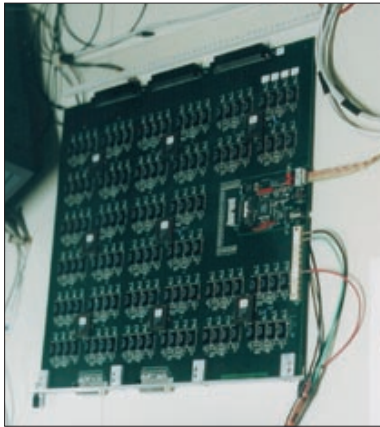


Fig. 1 : Carte «tower-builder» (CEA-SACLAY) équipée de la carte fille implémentant le lien série.

Le contrôle des paramètres des cartes du châssis "Front-End" implique un "bus" de terrain fiable et performant. Ce bus est composé de deux brins. Le premier, optique, assure la liaison avec le châssis maître VME, le second, électrique, permet la liaison avec les cartes d'acquisition. L'interface vers la carte autorise le chargement de registres et de mémoires ainsi que la programmation des circuits de retards des horloges. Dans le châssis "Front-End", les signaux électriques nécessaires au fonctionnement du lien série sont distribués à chaque carte par l'intermédiaire d'un "bus" rigide, disposé sur un circuit imprimé.

L'architecture du système de distribution des signaux de déclenchement et de la communication série a été affinée et orientée vers la recherche d'une fiabilité et d'une souplesse maximale. Ainsi, la plupart des lignes de communication sont doublées et dans une certaine mesure, le TTC peut se substituer à un lien série défaillant pour réinitialiser certains composants et récipro-

quement. Un prototype de lien série a été conçu en langage VHDL sous forme de composant programmable et testé en faisceau avec succès. Les caractéristiques définitives ont été documentées et approuvées par la collaboration fin 1999, l'étape suivante étant de passer à la réalisation d'un ASIC résistant aux radiations (en technologie DMILL) pour la partie du lien série située dans les châssis Front-End. Par ailleurs, un prototype de contrôleur de châssis est en cours de réalisation au laboratoire et sera testé en faisceau au premier semestre de l'an 2000.

Géométrie et tests des électrodes.

Le LPNHE a participé à la conception des électrodes, en collaboration avec le CERN et le LAPP. En 1998 et 1999, ceci a consisté surtout à finaliser les dessins. Les tests reposent sur la nécessité de qualifier le produit à la sortie de l'entreprise (les électrodes sont encore plates) ainsi que d'en vérifier la qualité avant l'assemblage des modules du calorimètre (les électrodes sont alors pliées). Deux types de tests sont effectués : des tests de tenue en haute tension, et des mesures de résistances et de capacités.

Les bancs de test définitifs dont le laboratoire a la charge de la construction sont décrits dans les contributions des services électroniques et mécaniques. En outre, le groupe a la responsabilité de l'analyse des tests des électrodes A pliées, des tests à plat de type RC pour toutes les électrodes, et participe également à l'analyse des données des tests des électrodes C et D pliées, les mesures étant effectuées par l'équipe du Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire, à Orsay.

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) sont effectués au laboratoire, dans une salle aménagée afin d'obtenir une ambiance "propre".

Durant les deux dernières années, Atlas a cherché à résoudre les problèmes rencontrés sur les prototypes. Le LPNHE a pris part à cette activité, collaborant avec les industriels, en testant régulièrement les productions délivrées par ceux-ci et en contribuant aux discussions et études, en vue de l'amélioration des techniques de fabrication. En outre, les premiers lots d'électrodes (imparfaites) utilisées pour la construction des modules 0 du baril et des bouchons ont été testés par le laboratoire. La production des électrodes de série doit démarrer au premier trimestre 2000.

Métrieologie des absorbeurs

Le laboratoire assure la métrologie des plaques de plomb et des absorbeurs du calorimètre. Un contrôle précis de ces éléments est indispensable pour assurer une bonne homogénéité de la réponse du calorimètre (terme constant de la résolution en énergie inférieur à 1%). L'ensemble du plomb nécessaire à la construction du détecteur a été laminé début 1998, le contrôle étant effectué par radiographie par le laboratoire sur le lieu même de production.

Un second contrôle par ultrasons est effectué durant la construction, à l'aide d'une table de mesure conçue et réalisée par le laboratoire. Les résultats de ce contrôle sont utilisés pour déterminer l'emplacement des plaques de plomb dans le détecteur, de manière à assurer une réponse la plus homogène possible. Toute la chaîne de mesure a été validée pour le module 0 en 1998, et a déjà été utilisée pour les cinq premiers

modules de série, dont les absorbeurs ont été produits en 1999. D'autre part, le LPNHE est chargé du contrôle du produit fini, obtenu après pliage et assemblage des différents éléments constituant un absorbeur.

Les absorbeurs du module 0 ainsi que les premiers absorbeurs de série ont été contrôlés géométriquement sur la machine de mesure tridimensionnelle du laboratoire, achetée spécifiquement pour cette utilisation. Cette activité va se poursuivre au cours des deux ans de produc-



Fig. 2 : Banc de tests des électrodes ATLAS

tion restant à effectuer pour le calorimètre.

Intégration

Le laboratoire s'est impliqué début 1999 dans une activité de CAO mécanique dite «d'intégration». Il s'agit d'assurer la cohérence des scénarios de montage et de vérifier que l'espace alloué ainsi que l'infrastructure technique des halls de montage du CERN sont compatibles avec le montage des détecteurs et leur intégration dans les cryostats, et éventuellement de proposer des modifications lorsque des compromis s'avèrent nécessaires. Cette étude a débouché sur la conception des salles propres

nécessaires au montage des détecteurs. Le cahier des charges des salles propres doit être finalisé pour le début de l'année 2000, l'ensemble des études d'intégration devant se poursuivre au cours de l'année 2000.

Base de données de production

Depuis 1999, le laboratoire a pris la responsabilité de la base de données de production de la calorimétrie à argon liquide. Outre la coordination de cette activité au niveau de la collaboration, le groupe a en charge la mise en place de la base de données pour la partie électromagnétique du détecteur. La réalisation d'une base de données ORACLE a été entreprise en 1999 par un ingénieur du laboratoire en collaboration avec le CERN. De plus, le LPNHE a en charge la représentation de la "Calorimétrie à Argon Liquide" au sein du groupe "Base de données de reconstruction" de la collaboration ATLAS. Cette responsabilité s'inscrit dans le cadre de l'assurance qualité pour la mise en place de la base de données centrale de production, en liaison avec le groupe "base de données de reconstruction".

Tests en faisceau, performances

Le groupe a participé en plus à divers tests en faisceau du module 0, en 1998-99, aux prises de données et à l'analyse de celles-ci. Le LPNHE s'est intéressé à la mesure de la diaphonie dans les électrodes du baril et a pu corrélérer la part résistive de la diaphonie et les mesures de résistances obtenues lors des tests des électrodes. Il s'est également impliqué dans la mesure de l'uniformité de la réponse du module 0, caractéristique déterminante liée au terme constant global du calorimètre. Il a contribué à identifier les sources des non-uniformités qu'il faut comprendre et apprendre à

les corriger pour le détecteur final.

Le travail effectué dans les années 1998 et 1999 sur la compréhension des non-uniformités du plomb et des absorbeurs a permis de caractériser le terme constant de la résolution en énergie. Par ailleurs, une étude de faisabilité de la calibration du détecteur à basse énergie a été menée, en utilisant les désintégrations de J/psi en paires d'électrons. Elle va s'étendre à l'étude des électrons de basse énergie dans le calorimètre électromagnétique. Ces deux études font partie du «TDR de Physique» de la collaboration Atlas.

Enfin, le groupe a entamé à la fin de l'année 1999 une première étude en collaboration avec d'autres expérimentateurs ainsi que des théoriciens, concernant la recherche de nouvelle physique (prédisant notamment une unification de toutes les interactions, y compris la gravitation), susceptible d'être découverte au LHC.

Ph. Schwemling

S. Fichet, F. Fleuret, F. Hubaut,
D. Lacour, B. Laforge, F. Orsini.

Mécanique :

P. Beauchet, W. Bertoli, B. Canton,
A. Commerçon, Ph. Etienne,
D. Imbault, Ph. Laloux, Ph. Repain,
D. Steyaert.

Électronique :

M.M. Cloarec, J. David, O. Le Dortz,
C. Goffin, A. Guimard, D. Martin,
J.M. Parraud, F. Rossel,
L. Serot

Informatique :

F. Astesan.

Recherche d'une nouvelle physique au LEP : DELPHI

DELPHI, un des quatre détecteurs installés auprès du collisionneur LEP entame actuellement sa dernière campagne de prises de données, après avoir recueilli 158 pb^{-1} à 189 GeV en 1998 et 232 pb^{-1} en 1999. Durant cette dernière année, 125 pb^{-1} ont été accumulés à 200 et 202 GeV avec une excursion à 204 GeV et le reste à 192 et 196 GeV, grâce à un fonctionnement exceptionnel du LEP, propice aux recherches de nouvelles particules.

L'activité du groupe comprend l'analyse des données et la participation aux prises de données, avec une responsabilité plus marquée pour la maintenance du détecteur externe (OD) en liaison avec nos collègues de Liverpool et, à un degré moindre, du détecteur de Vertex (VD).

Les analyses de physique s'articulent autour de la recherche de nouvelles particules super-symétriques et des interactions photon-photon.

Recherche de squarks de troisième génération au LEP 200

Depuis la mi-1998, un nouvel axe de recherche sur la Supersymétrie s'est développé au laboratoire. Il s'agit de la recherche des squarks de troisième génération, le *stop*, et le *sbottom*, qui devraient être les *squarks* les plus légers.

Les processus étudiés le sont, dans le cadre du Modèle Minimal Standard Supersymétrique (MSSM), où les particules décroissent de manière prédominante en quark ordinaire et neutralino χ^0_1 , la particule supersymétrique la plus légère (dans ce modèle) : $stop \rightarrow c + \chi^0_1$ et $sbottom \rightarrow b + \chi^0_1$, dans le domaine en masse accessible avec LEP200. La Fig.1 représente un candidat *stop* visualisé dans une vue transverse du détecteur DELPHI.

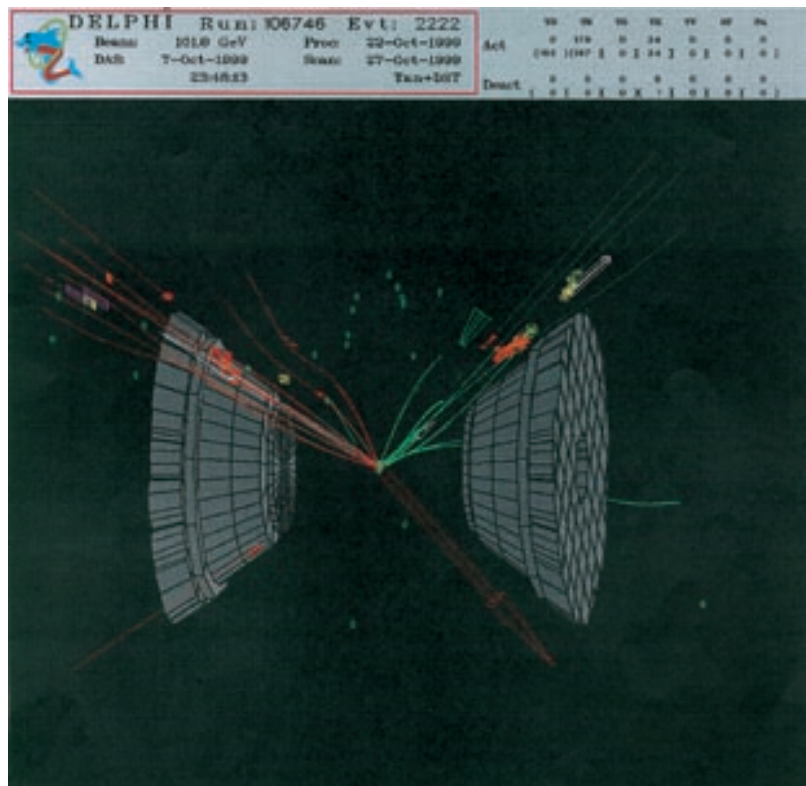


Fig. 1 : Vue transverse, dans le détecteur DELPHI, d'un événement, candidat *stop*

La fig.2 montre les résultats obtenus en additionnant toutes les données qui ont été obtenues entre 133 et 189 GeV. Ces résultats sont comparés avec ceux de CDF au Tevatron (FNAL), pour le Run I. Le Tevatron permet d'atteindre des masses plus élevées et donc les limites obtenues par CDF surpassent celles accessibles au LEP 200. Cependant il est clair d'après cette figure qu'une machine e^+e^- permet d'atteindre la région où la différence en masse ΔM entre le squark et le neutralino est plus faible.

L'étude de ce cas a été initiée par notre groupe. Elle met à profit l'expertise existant au laboratoire sur l'étude des processus $\gamma\gamma$, qui constituent le fond dominant dans ce cas. Contrairement aux gauginos, la dégénérescence en masse des squarks avec le neutralino ne nécessite pas à priori, d'hypothèses théoriques particulières dans le MSSM.

Le couloir où ΔM est inférieur à 10 GeV est étudié avec soin. Les événements y sont caractérisés par le fait que la plus grande partie de l'énergie est emportée par les neutralinos c'est à dire de l'énergie manquante et deux jets de quark c , relativement mous. En outre, l'étiquetage du photon émis dans l'état initial peut servir à renforcer cette signature.

Ce travail sur les squarks va se poursuivre jusqu'à la fin des prises de données de LEP200. Notre groupe va participer activement à la combinaison des résultats sur tous les canaux recherchés: $stop \rightarrow c + \chi^0_1$, $stop \rightarrow b+l+sneutrino$, ainsi que $stop \rightarrow b + \chi^0_1 + \text{fermion-antifermion}$

Ce travail donnera lieu à une thèse de doctorat. Il se fait en collaboration avec les groupes de l'IPNL de Lyon, du DAPNIA, du CERN, des Universités de Bologne (Italie) et de Vienne (Autriche); Il bénéficie en outre de la participation de certains des membres du groupe LPNHE au GDR de Supersymétrie.

Recherche de leptons scalaires

Les accroissements successifs des énergies des collisions au LEP ont permis d'étendre la recherche des particules supersymétriques à des domaines de masses inexplorés. Le groupe DELPHI du laboratoire, associé à l'Université de Liverpool, est en charge de la recherche de partenaires supersymétriques des leptons, les sleptons.

Les processus étudiés sont : $slepton \rightarrow lepton + \chi^0_1$ pour les trois types de leptons (e, μ, τ) mais aussi $slepton \rightarrow lepton + \chi^0_2 \rightarrow lepton + \chi^0_1 + \gamma$.

Les événements observés sont compatibles avec les prédictions du

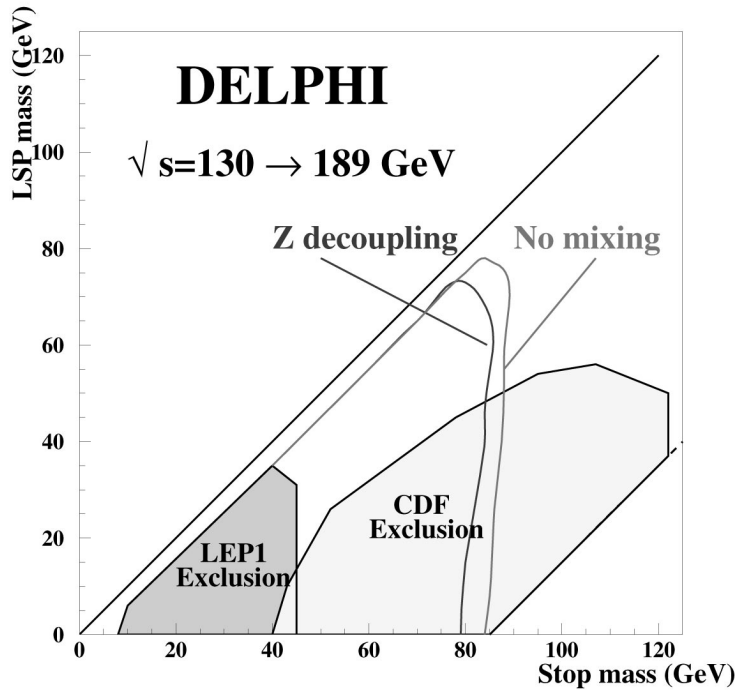


Fig. 2 : Domaines d'exclusion à 95% de niveau de confiance dans l'espace ($stop, \chi^0_1$), en supposant un rapport de branchement de 100 % en $c + \chi^0_1$;

modèle standard et ont permis de mettre de nouvelles limites inférieures sur la masse de partenaires supersymétriques éventuels des leptons. La figure 3 montre les résultats obtenus dans le cas des *staus*, partenaires supersymétriques du lepton tau. Les *staus* droits de masse inférieure à 76 GeV sont exclus si la différence de masse entre le *stau* et le χ^0_1 est supérieure à 10 GeV. Ces travaux ont été présentés aux conférences et seront prochainement publiés. Le travail sur les sleptons va se poursuivre jusqu'à la fin de l'année 2000 qui verra le LEP atteindre son énergie maximum aux environs de 105 GeV par faisceau.

Physique des interactions $\gamma\gamma$ à LEP200

L'activité du groupe photon-photon du LPNHE avait été centrée en 97 sur l'analyse de la production inclusive de K^0_s et l'utilisation d'un générateur nouveau PHOJET, avec comme objectif l'étude de la production de charme.

L'analyse du flot d'énergie dans les événements simplement étiquetés s'est poursuivie dans le cadre du «LEP wide $\gamma\gamma$ Working Group» pour la comparaison entre expériences. Ceci bien entendu pour préciser les générateurs utilisés ainsi que les systématiques de la procédure de déconvolution. Il est nécessaire d'étudier les fonctions de structure QED du photon avant de passer à l'étude de sa structure hadronique.

Pour les années à venir nous avons à réanalyser toutes les données LEP1 et LEP2, pour extraire de manière cohérente les densités partoniques d'un photon réel ou virtuel. Le soutien de la collaboration DELPHI est fondamental en ce qui concerne la production de données

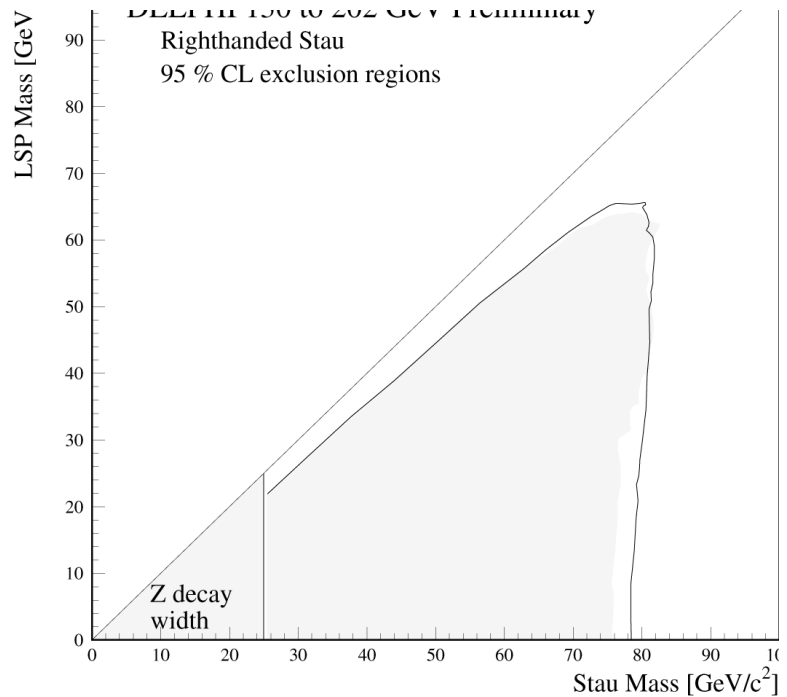


Fig. 3: Domaine d'exclusion à 95% de niveau de confiance dans l'espace des masses ($stau, \chi^0_1$) le $stau$ se désintégrant en $\tau + \chi^0_1$

simulées. L'étude des événements doublement étiquetés à bas Q^2 donnera des informations intéressantes

Par ailleurs le groupe est impliqué dans la physique auprès des futurs collisionneurs linéaires à électrons et photons, et a déjà contribué à l'estimation du bruit de fond photon-photon hadronique issu du beamstrahlung, ainsi qu'au calcul de la production de 4 leptons dans les collisions photon-photon.

Les analyses en cours auprès du LEP sont fondamentales pour la préparation de la physique et la construction de détecteurs auprès d'un futur collisionneur linéaire.

M. Baubillier

M. Berggren, Ch. Carimalo, W. da Silva, J. Fayot, S. Fichet, F. Kapusta, R. Pain, A. Savoy-Navarro, Ph. Schwemling, P. Vincent.

Expérience Dirac

Les particules soumises aux interactions fortes, les hadrons, se subdivisent en deux catégories, les mésons constitués essentiellement d'une paire quark-antiquark et les baryons (triplets de quarks). La description de leurs interactions fait intervenir la Chromodynamique Quantique (QCD) en régime non-perturbatif. Ce régime complexe est l'objet de la Théorie Perturbative Chirale (ChPT) qui incorpore de façon cohérente toutes les propriétés de symétrie de QCD. Une violation de ses prédictions serait une violation des principes de base de QCD. Ceci motive des recherches dans le domaine d'énergie de ces prédictions, quelques centaines de MeV au plus. C'est donc une physique de basses énergies.

Parmi les prédictions de ChPT, une des plus précises est l'existence d'atomes $\pi^+\pi^-$ liés par la force électromagnétique, comme les atomes ordinaires (nucléons et électrons) dont la durée de vie prévue est de $3.7 \cdot 10^{-15}$ seconde. La précision sur ce chiffre est de 10 %. L'objet de l'expérience DIRAC au CERN est de faire la mesure avec cette précision.

Le seul mode de désintégration possible de ces atomes $\pi^+\pi^-$ est en une paire de mésons π^0 . Les atomes $\pi^+\pi^-$ ne peuvent être produits en quantité mesurables que dans des expériences de collisions hadroniques où le nombre de hadrons produits est grand. Dans un tel environnement, identifier les quelques paires de π^0 qui proviendraient de la désintégration d'atomes $\pi^+\pi^-$ est désespéré. L'idée qui sous-tend l'expérience DIRAC, est d'ioniser ces atomes dans la cible, peu après leur production, et d'identifier les paires $\pi^+\pi^-$ qui émergent. Pour cela

on utilise leur particularité principale: les impulsions de ces deux particules sont parallèles et de valeurs (absolues) voisines.

Pour se garantir d'interprétations erronées, l'expérience est faite sur différentes cibles (Titane, Platine, Molybdène, Béryllium) pour lesquelles la probabilité d'ionisation peut être calculée précisément.

Le dispositif expérimental est un spectromètre classique à deux bras d'analyse situés en aval d'un aimant de courbure. En amont, juste après la cible, un dispositif de fibres et de chambres à microstrips gazeux (MSGC) donnent un grand bras de levier pour les mesures d'angles. D'autre part, le dispositif de fibres donne une mesure de perte d'énergie qui permet de contrôler le passage en temps de deux particules chargées. Enfin, entre ces parties amont et aval du spectromètre, une grande chambre à vide qui traverse l'aimant permet de minimiser les effets de la diffusion des particules sur un parcours de plusieurs mètres.

La participation du Laboratoire concerne essentiellement la prise de données, leur analyse et les différents problèmes de modélisation. L'expérience a démarré en 1999 par des runs de calibration qui ont permis de comprendre et de maîtriser les problèmes de bruit de fond et de précision (un bon indicateur est le signal du baryon Λ^0). Le run de 2000 aura pour but de mettre en évidence le signal des atomes $\pi^+\pi^-$ et une mesure à 20% de leur durée de vie. La mesure de cette durée de vie à la précision de 10% sera obtenue avec le run de 2001.

[M. Benayoun](#)

Ph. Leruste, J-L. Narjoux

Oscillations de neutrinos : expérience NOMAD

L'expérience NOMAD a pris des données dans le faisceau de neutrinos du CERN de 1995 à 1998. Son but était la recherche des oscillations du ν_μ vers le ν_τ c'est-à-dire un effet de neutrinos massifs. Le modèle standard des constituants élémentaires de la matière se satisfait de neutrinos sans masse. Découvrir des neutrinos massifs reviendrait donc à poser les premiers jalons de la théorie nouvelle qui, un jour ou l'autre, devra dépasser le modèle présent. La recherche de masse de neutrinos est également fondamentale quant à ses conséquences sur la cosmologie. Les neutrinos étant tellement plus abondants dans l'Univers que les autres particules de matière, une masse même très faible pourrait

affecter notablement l'équilibre gravitationnel de l'Univers et son expansion présente. L'oscillation de neutrinos, c'est à dire la transformation spontanée d'un neutrino d'une saveur donnée en un neutrino d'une autre saveur, est un phénomène très sensible à la masse des neutrinos impliqués.

L'expérience Superkamiokande au Japon a fait la une des journaux à l'été 98, en annonçant un signal pouvant s'interpréter comme provenant de l'oscillation $\nu_\mu \nu_\tau$, précisément le canal recherché dans NOMAD, où l'oscillation semble exclue. Les deux résultats ne sont pas contradictoires car NOMAD se concentrait sur la région des masses pouvant expliquer tout ou partie de la masse manquante dans l'univers ;

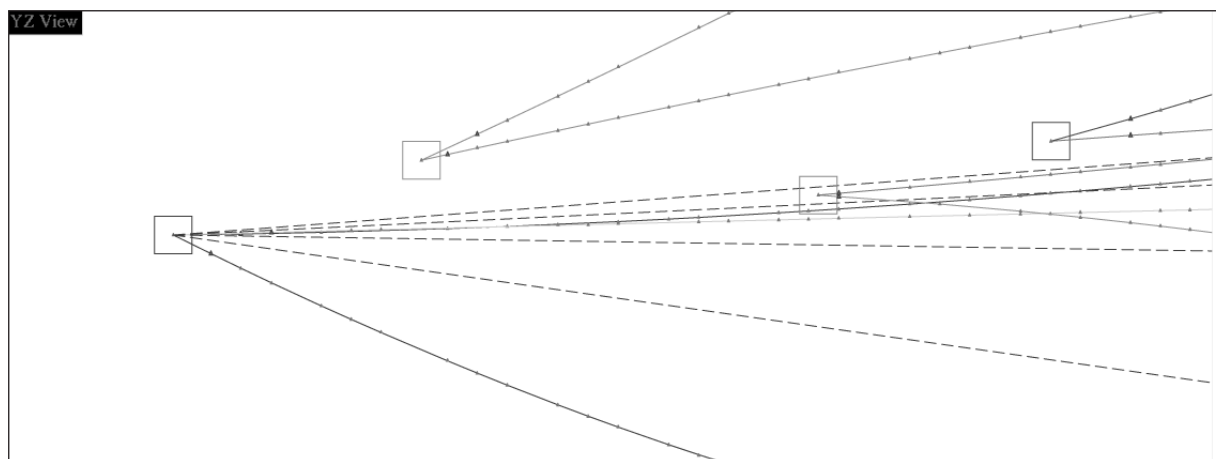


Photo CERN

Fig.1 : Visualisation d'une interaction ν dans NOMAD complètement reconstruite montrant la qualité du détecteur.

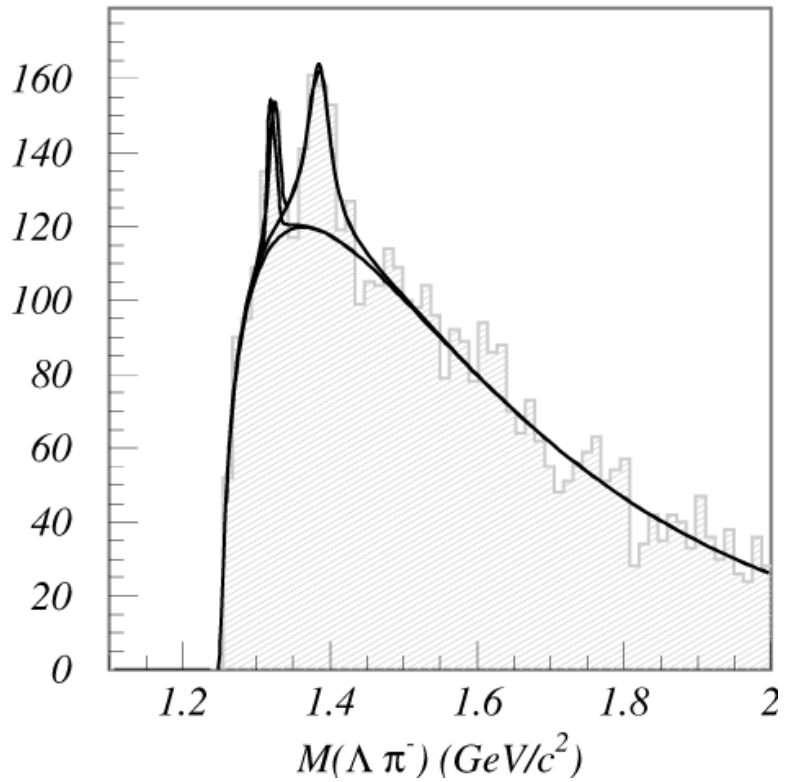


Fig. 2: Masse invariante $\Lambda\pi^-$ montrant les pics correspondants aux désintégrations du Σ^{*-} et du Ξ^-

ce que ne fait pas la solution proposée par Superkamiokande.

La technique de recherche d'interactions du ν_τ était basée sur des critères purement cinématiques et demandait donc un détecteur mesurant et identifiant précisément toutes les particules produites dans les interactions. Pour ce faire le détecteur était doté d'une cible totalement active, constituée de 132 plans de chambres à dérives de grandes dimensions dont les parois formaient la matière où interagissaient les neutrinos. Ainsi il y avait moins de 1% de longueur de rayonnement entre deux mesures successives des traces, ce qui permettait de limiter la diffusion multiple des particules chargées et de minimiser la conversion des photons et les réinteractions. Chaque particule était suivie de manière très précise. Ces chambres à dérive ont demandé un développement tech-

nique spécial effectué à Saclay et le laboratoire a pris en charge la lecture électronique des 6000 fils mettant en œuvre des convertisseurs en temps (TDC) de grande précision.

La cible, assemblée à l'intérieur d'un aimant de grande dimension (l'ancien aimant de UA1) était suivie de détecteurs spécialisés servant à l'identification de la nature des particules produites : détecteur à rayonnement de transition, puis calorimètre électromagnétique suivi d'un calorimètre hadronique, enfin chambres à muons placées derrière la culasse de l'aimant. Le détecteur NOMAD constituait une véritable chambre à bulles électronique permettant la mesure précise de toutes les particules créées et leur identification. La figure 1 montre une interaction de neutrinos complètement reconstruite.

En amont du détecteur lui-même le

laboratoire a participé au logiciel d'acquisition en temps réel des données. Il est en particulier à l'origine de la lecture uniformisée des différents modules d'acquisition et de l'architecture du système de surveillance de l'expérience (slow control). La responsabilité "soft" du laboratoire a résidé dès le début dans la reconstruction des traces à partir de l'information des chambres à dérive. Il a d'abord fallu évaluer la précision spatiale des chambres (alignement) où une résolution de 150 μm par fil a été trouvée. L'étude s'est ensuite attachée à la reconstruction des traces, basée sur des techniques sophistiquées (filtre de Kalman) qui donnent des résultats remarquables même dans le cas d'événements compliqués montrant des conversions de photons ou des réinteractions.

L'expérience est maintenant finie après avoir accumulé plus d'un million d'interactions. La recherche d'oscillations a permis de mettre des limites très sévères sur les paramètres de masse et de mélange entre neutrinos. La solution de Superkamiokande tombe hors de la région ici explorée

En parallèle, d'autres analyses sont toujours en cours, par exemple la recherche de particules étranges. Un lot important de K^0 et Λ^0 a été reconstruit permettant de mettre en évidence jusqu'au Ξ , ce qui n'avait pas encore été réalisé. L'indication est représentée sur la figure 2.

NOMAD a donné lieu à la soutenance de cinq thèses dans notre seul laboratoire.

L'expérience est maintenant terminée, mais la physique neutrinos reste toujours aussi énigmatique. La confirmation du résultat de Superkamiokande est la priorité des

recherches à venir, et elle devrait être réalisée dans la série d'expériences "long base-line" aujourd'hui démarrée. À plus long terme une étude systématique des masses et mélanges de neutrinos demande des sources beaucoup plus intenses et mieux connues, c'est le but d'une usine à neutrinos, étape vers un collisionneur à muons. Il s'agit d'une entreprise de longue haleine et quelques physiciens du laboratoire s'impliquent dans la première phase qui consiste à mesurer avec précision la production hadronique aux énergies de quelques GeV à 20 GeV dans l'expérience HARP.

F. Vannucci

P. Astier, M. Banner,
J. Dumarchez, E. Gangler,
C. Lachaud, A. Letessier-Selvon,
J. M. Lévy, K. Schahmanèche,
A. M. Touchard, V. Uros.

Équipe technique :

A. Castera, J.F. Huppert.

expérience TONIC

Depuis longtemps on se demande si la masse des neutrinos est vraiment nulle et de nombreuses recherches, en particulier d'oscillations, sont mises en œuvre à ce sujet. On peut également se demander si la charge des neutrinos est totalement nulle. En fait, par leurs interactions faibles, les neutrinos polarisent la matière qu'ils traversent, ce qui résulte en une charge électrique induite. Les calculs du modèle standard donnent des charges extrêmement faibles, mais, comme pour les oscillations

nos, d'abord ν_e auprès du réacteur du Bugey, puis ν_μ de haute énergie dans le faisceau du CERN. L'expérience a nécessité une électronique intégrant le courant pouvant résulter d'une telle interaction pendant le passage des neutrinos (4ms dans le cas du faisceau du CERN). Le fond c'est-à-dire le courant de fuite du cristal est mesuré pendant des intervalles de temps où l'on sait qu'il n'y a pas de passage de neutrinos.

Le résultat de l'expérience effectuée dans le faisceau de haute énergie du CERN peut s'exprimer en une limite sur la perte d'énergie due à un neutrino muonique inférieure à 10^{-12} fois celle d'une particule au minimum d'ionisation. Ce résultat publié exclut la possibilité d'une perte anormale d'énergie comme explication du déficit de neutrinos atmosphériques dans l'expérience Superkamiokande.

La prise de données au Bugey s'est effectuée au moment d'un arrêt, quand le réacteur ne produit plus que des ν_e dus à l'activation de la cuve. La figure 1 montre le spectre d'énergie mesuré dans le cristal. L'expérience met une limite sur les désintégrations radiatives de ν_e qui élimine une explication possible du déficit des neutrinos solaires.

[F. Vannucci](#)

J. Dumarchez, C. Lachaud.

Équipe technique :

F. Blouzon, A. Castera
H. Lebbolo, Ph. Repain.

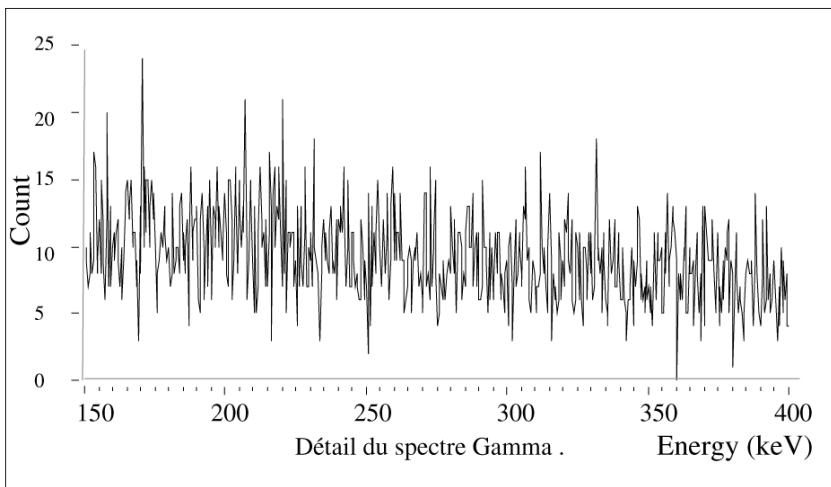


Fig 1: Portion du spectre de l'énergie déposée dans le Germanium ; le signal recherché se manifesterait par une marche d'escalier.

on peut tenter de mettre des limites sur des charges éventuelles.

Des interactions électromagnétiques de neutrinos donnent lieu à des désintégrations radiatives très amplifiées dans la matière, ce qui résulte en un dépôt d'énergie éventuellement détectable dans des instruments sensibles.

C'est la motivation de l'expérience TONIC (Test of Neutrino Interaction in Crystals). Un cristal de germanium de haute pureté a été exposé à des faisceaux de neutri-

Expérience H1 à HERA

En 1998 s'est déroulé un important programme d'amélioration du collisionneur HERA à Hambourg. D'une part l'anneau de positrons a été modifié pour stocker efficacement des électrons et d'autre part l'énergie communiquée aux protons est passée de 820 à 920 GeV. Du redémarrage de la machine en fin 98 jusqu'à la mi-99, l'expérience H1 a accumulé une statistique d'événements e^-p représentant environ la moitié de celle des e^+p des années antérieures (35pb^{-1}). Ensuite, le retour aux positrons a permis à HERA d'atteindre une luminosité optimale voisine de sa valeur théorique de 100pb^{-1} par an.

En parallèle H1 a préparé en collaboration avec HERA le programme d'augmentation de luminosité, prévu pour 2000-2001, qui nécessite des modifications importantes du détecteur et une remise à niveau de l'appareillage. Le groupe du LPNHE a joué un rôle important dans l'élaboration de ce projet.

Du point de vue de la physique, les résultats de la période 98-99 ont porté essentiellement sur le domaine de la structure du proton à grande impulsion transférée, qui s'est ouvert grâce aux premières statistiques importantes d'interactions e^+p à HERA. De plus, complétées par les premières données e^-p , ces résultats ont permis un test

du modèle électrofaible dans le nouveau domaine cinématique d'HERA qui fait apparaître l'échange du Z^0 aux côtés du photon. Les anomalies présentes dans les données antérieures n'ont pas été confirmées.

Analyse des données de H1 au LPNHE

L'activité traditionnelle " fonction de structure " du groupe H1 de Paris s'est concentrée sur la mesure des sections efficaces courant neutre et courant chargé e^+p à grand moment transféré. Cette étude nécessite une meilleure connaissance du détecteur provenant des contraintes cinématiques sur les événements électron + jet à grand angle. Les résultats complets ont été publiés dans " European Journal of Physics ". La fig.1 résume les sections efficaces de diffusion profondément inélastique et citons la détermination de la masse du boson W qui est : $M_W = 80.9 \pm 3.3(\text{stat.}) \pm 1.7(\text{syst.}) \pm 3.7(\text{théor.})$

L'intérêt de cette détermination vient de ce qu'elle s'effectue sur le propagateur du W virtuel, contrairement aux mesures de masses précédentes faites sur des W réels. A Paris, l'analyse de la fonction de structure F_2 du proton, a commencé au début de l'expérience H1 par la mise en évidence de sa croissance à petit x Bjorken (10^{-4}) et

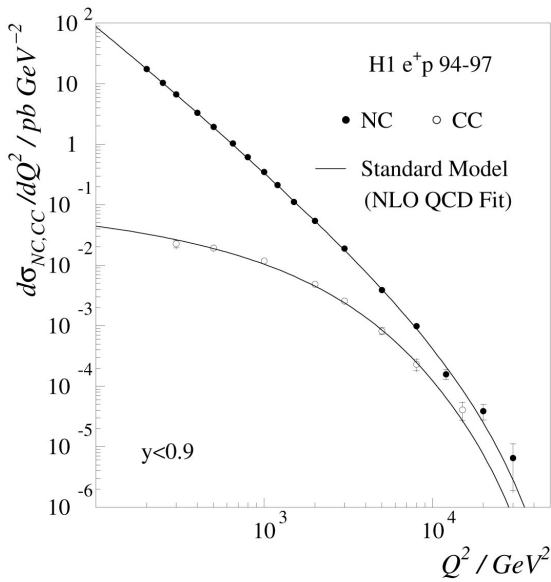


Fig 1: Les sections efficaces différentielles courant neutre (NC) et courant chargé (CC) mesurées par H1. Le comportement de la composante $d\sigma_{NC}/dQ^2$ purement électromagnétique à bas Q^2 devient progressivement électrofaible à grand Q^2 .

petit Q^2 . Elle se termine donc à l’opposé en allant jusqu’à $x = 0.65$ et $Q^2 = 3.10^4$. Il n’y aura plus guère de domaines à découvrir jusqu’à la mise en route en 2001 des faisceaux d’électrons et de positrons polarisés longitudinalement, après transformation de HERA.

Le groupe a mené en parallèle une activité prospective dans deux domaines. D’une part celui de QCD, à petit x notamment, en étudiant les perspectives offertes par les collisions électron-noyaux à HERA, aussi bien sur le plan de l’analyse que de la conception du détecteur. Cette étude a été étendue à un projet similaire, «e-RHIC», entrepris à Brookhaven. D’autre part l’analyse «générique» des événements rares à grand moment transverse : il s’agit de corrélérer entre eux des états finaux simples, dont les processus de création peuvent être analogues et sont actuellement mal connus théoriquement. (Seuls les modes «leptons isolés» ont été publiés par H1)

Enfin le groupe a mené deux analyses concernant les performances fines d’appareils construits par le LPNHE (effet d’impuretés et de température dans le calorimètre à Argon liquide et résolution temporelle du calorimètre à fibres scintillantes). Elles ont abouti à des résultats originaux publiés.

Transformation pour HERA 2000

Notre groupe a fait trois propositions, qui ont été retenues : Premièrement, avec le CPPM de Marseille, le renouvellement de l’acquisition de données des cali-

mètres de H1 (Argon liquide, Fer instrumenté, Fibres scintillantes). Rappelons que le système actuel, basé sur des cartes DSP Motorola 56001 et des “ event builders ” AMD 29K, a été réalisé initialement par le LPNHE. Notre participation à ce projet a été arrêtée en 99 après le départ de l’ingénieur responsable technique du projet.

Deuxièmement, avec le LPNHE de Palaiseau, un nouveau luminomètre (tungstène et fibre de quartz). Il apporte une grande résistance aux radiations, une excellente résolution spatiale et permet d’analyser les spectres à plus d’un photon «Bethe-Heitler» par croisement de faisceau avec une précision maximale.

Troisièmement, avec le LAL d’Orsay, une refonte du polarimètre transverse d’HERA. L’ensemble repose sur une même chaîne d’acquisition de données à haut débit (plus de 2.10^6 événement/s), dont le groupe d’électronique du LPNHE réalise les nouvelles cartes ADC et TDC.

Enfin l’étude, avec le LAL d’Orsay, d’un nouveau polarimètre longitudinal avec cavité Fabry-Perot dans l’anneau d’HERA a bien progressé. Le but de cet instrument est de gagner un ordre de grandeur sur la précision systématique et statistique de la mesure de la polarisation des e^+/e^- d’HERA.

E. Barrelet

I. Ayyaz, G. Bernardi, U. Bassler, M. Goldberg, W. Krasny, H.K. Nguyen, P. Zini.

Équipe technique :

H. Lebbolo, Ph. Bailly, O. Durant, J.F. Huppert, A. Vallereau.

Violation de CP, expérience BABAR

L'expérience BABAR a enregistré ses premières collisions le 27 mai 1999. Les progrès dans la construction et la mise au point du détecteur et de la machine ont permis d'atteindre l'objectif prévu en temps et en heure et dans le cadre du budget imparti. De premiers résultats ont pu être présentés aux conférences de l'été 1999. Un premier run technique s'est terminé en octobre après qu'une luminosité instantanée dépassant $10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ait été observée. En octobre, le compteur Cerenkov DIRC complet a été installé. Le record de luminosité instantanée au 8 mai 2000 est de $2,0 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (record du monde) et la luminosité intégrée par jour a dépassé 100 pb^{-1} . Les prévisions à court terme se basent sur 10 fb^{-1} sur bande à la fin du mois d'août 2000.

Le DIRC

Le circuit intégré

Les TDC construits au LPNHE et livrés à l'automne 1997 ont fonctionné comme prévu. Toutefois, le taux d'occupation des voies d'électronique est, à haute luminosité, supérieur aux prévisions initiales les plus prudentes. Il est donc envisagé que le LPNHE se lance l'été prochain dans la fabrication d'une nouvelle version du circuit. Le TDC a fait l'objet de plusieurs communi-

cations à des conférences et d'une publication complète dans NIM

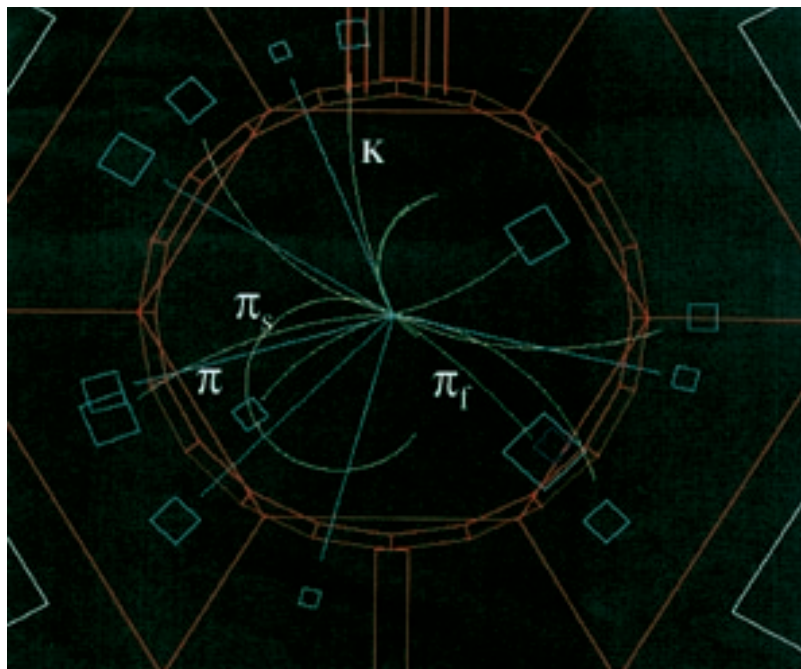
Installation

Au cours de l'assemblage du DIRC et de l'installation du détecteur sur le faisceau, le groupe du LPNHE a contribué à la mise au point de l'électronique frontale et à la prise des données de rayons cosmiques ainsi qu'à leur exploitation.

Calibrage et monitoring

Pour ce qui concerne le suivi du DIRC, le groupe du LPNHE s'est spécialisé, à partir de l'été 1998, sur les programmes de monitoring

Fig. 1: Représentation graphique de l'un des premiers événements de l'expérience BABAR comprenant la désintégration hadronique complètement reconstruite d'un B^0 : $B^0 \rightarrow D^{+} \pi_f^+$, $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi_s$ avec l'anti- D^0 se désintégrant en $K^+ \pi$*



Cliché SLAC

et de calibrage qui s'exécutent dans le premier passage en quasi temps réel de la chaîne de reconstruction (Online Prompt Reconstruction ou OPR).

Le monitoring consiste à fabriquer des histogrammes pour comprendre le fonctionnement du détecteur et mettre en évidence des anomalies. Au niveau de l'OPR, les informations de la reconstruction d'autres sous-détecteurs que le DIRC sont disponibles et des quantités proches de la physique, comme l'angle Cerenkov sont accessibles. Ce travail est de longue haleine, car les programmes doivent non seulement s'adapter aux connaissances qui s'acquièrent petit à petit mais aussi se conformer aux contraintes de rapidité d'exécution dans un cadre proche du temps réel, de place disponible sur disque et d'architecture informatique propres à la ferme de quelques 200 microprocesseurs.

Le calibrage dans le cadre de l'OPR consiste à déterminer l'origine des temps de chaque voie d'électronique en n'utilisant que les photoélectrons associés aux trajectoires mesurées des particules chargées.

La reconstruction des événements dans le DIRC et son impact pour l'identification des particules chargées dans BABAR a aussi été poursuivie au laboratoire. L'étude en simulation d'une méthode originale a fait l'objet d'une publication dans NIM.

Traitement informatique des données

Dans BABAR le calcul hors ligne est plus complexe que dans des expériences antérieures. La raison essentielle en est le volume de données à traiter (environ 50 Téraoctets par an) qui a conduit à

l'emploi de technologies OO (orientation objet) tant pour la programmation (langage C++) que pour les bases de données. La partie française de la collaboration a massivement investi au Centre de calcul de l'IN2P3 (CCIN2P3) pour en faire un site informatique miroir de celui de SLAC. Notre groupe a été impliqué dans la mise à disposition des versions successives du code au CCIN2P3. Depuis le début, le LPNHE a eu la charge de la production des données de simulation. La contribution actuelle venant du CCIN2P3 est d'environ 20% de toutes les données simulées produites. Le rythme devrait se situer au minimum en régime permanent au niveau de 1 million d'événements à produire par mois. Enfin, le groupe est impliqué dans le travail d'importation au CCIN2P3 des données expérimentales et simulées depuis SLAC.

La physique

Au rythme actuel de prise des données, il est estimé qu'une luminosité intégrée de 10 fb^{-1} aura été enregistrée à la fin du mois d'août 2000. Cette statistique est comparable à celle de l'expérience CLEO qui dispose encore du plus grand nombre de mésons B au monde. Les performances du détecteur BABAR permettent d'espérer des résultats sur la violation de CP avec environ deux fois plus de données. Aussi, la Collaboration s'est organisée pour aboutir à des analyses de physique présentables l'été prochain sur des sujets à même de valider les futurs résultats sur la violation de CP.

Outils logiciels

La mesure initiale de la violation de CP dans les désintégrations de mésons B est la détermination de

l'asymétrie de CP associée au mode $B^0 \rightarrow J/\Psi K_S^0$. Pour effectuer cette mesure, il est nécessaire d'isoler un échantillon aussi grand que possible d'événements comprenant ce mode, ii) d'étiqueter la saveur de l'autre méson B dans un tel événement (étiquetage ou tagging), iii) de mesurer avec une précision suffisante la durée séparant les instants de désintégration des 2 mésons B dans l'événement. Le groupe du LPNHE a participé à la mise au point de deux outils logiciels essentiels pour l'analyse.

- «Vertexing and composition tools»: GEOKIN, le logiciel officiel de la collaboration pour la reconstruction de vertex de désintégrations en cascades à l'aide d'ajustements cinématiques et/ou géométriques est issu du LPNHE. Ce logiciel est employé comme brique de base dans les algorithmes de reconnaissance des résonances («composition tools») dont l'architecture a été définie par une collaboration comprenant des membres du laboratoire.

- «Tagging»: Un effort issu de notre groupe et rassemblant plusieurs laboratoires a développé CORNELIUS, un logiciel général à même de mettre en œuvre les différentes méthodes d'étiquetage imaginables. Ce travail a fait l'objet d'une partie de la thèse de Sophie Versillé, soutenue le 15 avril 1999.

Analyses en vue de l'été 2000

La Collaboration a également mis sur pied des groupes de travail afin de publier des mesures de physique à court (été 2000) ou moyen termes. Un embryon de cette organisation existait dès l'époque du livre BABAR, préparé au cours des années 1996-98. Les sujets rédigés pour partie par des membres de

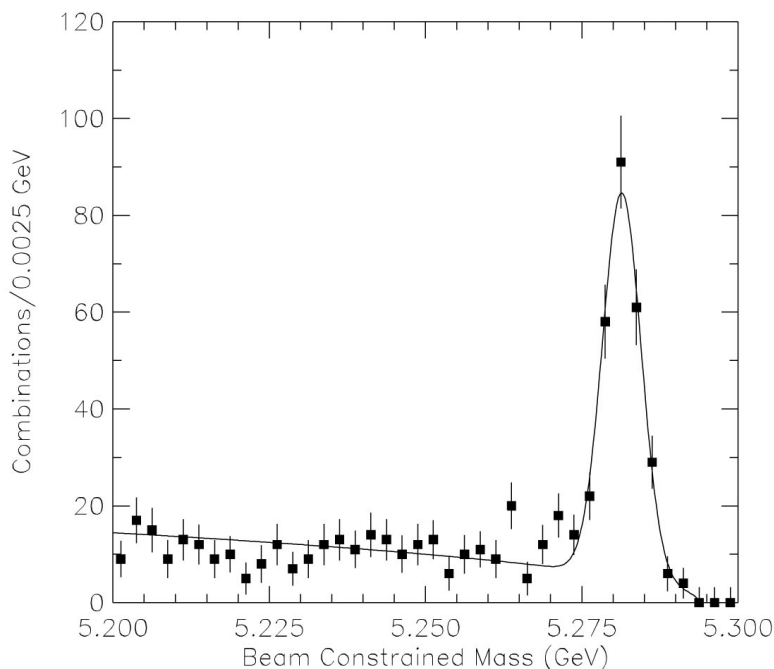


Fig. 2: Distribution de la masse invariante des candidats de mésons B neutres obtenus dans des modes hadroniques exclusifs comprenant un D^* chargé et des pions chargés pour une luminosité de $1,1 \text{ fb}^{-1}$. La reconstruction des mésons B^0 est effectuée grâce aux outils logiciels «composition tools» développés en grande partie au LPNHE

notre groupe dans le livre concernaient les outils d'étiquetage, les possibilités de mesurer les durées de vie des mésons B neutres et chargés et la reconstruction de modes de désintégrations de mésons B^0 porteurs d'information sur la violation de CP. Le chapitre consacré à la détermination de l'angle α du triangle d'unitarité associé à la matrice de Cabibbo, Kobayashi et Maskawa est en particulier le fruit du travail de Sophie Versillé pour sa thèse.

Les sujets de physique définis comme prioritaires à l'horizon de juillet 2000 sont :

1. La durée de vie des mésons B à partir des canaux exclusifs de désintégration. Les canaux semi-leptoniques et hadroniques doivent être utilisés. Cette mesure à partir des modes hadroniques constitue le sujet de la thèse de Jan Stark.
2. Mesure des oscillations des B neutres à l'aide d'un étiquetage provenant de la reconstruction de

modes hadroniques exclusifs.

3. Reconstructions partielles de mésons B (contenant par exemple un D_s) et extraction des durées de vie de tels échantillons.

4. Durées de vie des mésons charmés.

5. Durées de vie des leptons τ .

Un groupe de travail sur les désintégrations hadroniques exclusives de mésons B, fondé à l'initiative du LPNHE poursuit le premier sujet. Grâce aux physiciens du LPNHE appartenant à ce groupe, les composition tools ont récemment été incorporés dans l'OPR, de sorte qu'un préfiltrage sélectionne directement sur les données, les candidats B avec un facteur de réjection allant de 100 à 1000 selon les modes.

Le second sujet, essentiel pour comprendre les erreurs systématiques associées à l'étiquetage dans les mesures de violation de CP a été conceptuellement inventé au LPNHE et s'y poursuit. Il est clair que la méthode repose sur les reconstructions hadroniques exclusives que les outils mentionnés au paragraphe précédent permettent de reconstruire.

Le dernier sujet devrait bénéficier des travaux effectués au LPNHE sur la physique du τ .

Perspectives

L'expérience BABAR et l'accélérateur PEP2 ont pris un excellent départ au printemps de 1999. Les extrapolations de luminosité donnent $3 \cdot 10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ pour l'automne 2000 et $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ pour les années suivantes avant toute modification de l'optique de la zone

d'interaction.

Avec une telle intensité, l'expérience sera bientôt sensible à la violation de CP dans les canaux les plus simples à un niveau d'erreur permettant de préciser significativement la connaissance de la position du sommet du triangle d'unitarité. Toutefois, le but ultime des expériences auprès des usines à mésons B est de surcontraindre ce triangle par autant de mesures indépendantes que possible. Le détecteur devra s'adapter au rythme de l'accélérateur en se remettant à neuf périodiquement. Une des premières opérations de ce genre pourrait être le remplacement des circuits TDC du DIRC à la charge du LPNHE.

C'est ainsi que l'ensemble des phénomènes liés à la violation de CP (parmi lesquels la mesure de l'angle α et la violation de CP directe ont été abordés au LPNHE) se produisant à l'énergie de la résonance $Y(4S)$ devraient pouvoir être étudiés à PEP2 d'ici quelques années. Mais quelles surprises nous réservent les désintégrations rares des hadrons beaux, charmés et des leptons τ ?

J. Chauveau

M. Benayoun, H. Briand,
P. David, C. de la Vaissière,
L. Del Buono, O. Hamon,
F. Le Diberder, Ph. Leruste, J. Lory,
J.-L. Narjoux, L. Roos, S. Versille,
Zhang Bo., J. Stark, F. Martinez-
Vidal., J-F. Genat, H. Lebbolo.

Support technique :

L.. Martin

Expérience DØ au Tévatron

La deuxième phase du Tévatron et des expériences DØ et CDF, est actuellement en préparation. Le Run II offrira une opportunité unique pour la physique avant le démarrage du LHC : de nouveaux résultats sont attendus particulièrement pour la recherche de nouvelles particules et du boson de Higgs, ainsi que dans le domaine du quark top, découvert par CDF et DØ en 1995.

DØ et le Tévatron au Run II

Les améliorations du Tévatron permettront une augmentation de la luminosité d'un facteur dix à vingt, ainsi qu'une augmentation en énergie de 10% pour atteindre 1 TeV par faisceau. La première étape de ce projet a été achevée par la mise en service du "Main Injector" en juin 1999. Le début de la prise de données de physique est prévu pour mars 2001 avec une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} par an.

L'amélioration essentielle de l'expérience DØ est un nouveau système de mesure des traces chargées. Les composantes principales en sont un détecteur de vertex et un détecteur de traces à fibres scintillantes en cours de production. DØ sera également équipé d'un champ magnétique de 2 T fourni par un solénoïde (achevé en 1997) à l'intérieur du cryostat, qui permettra la mesure de l'impulsion des

particules chargées. L'installation d'un détecteur de pied de gerbes entre le solénoïde et le cryostat pallie la présence de matériaux non-instrumentés en amont du calorimètre. Pour ce dernier, seule l'électronique a été adaptée aux nouveaux paramètres temporels de l'accélérateur.

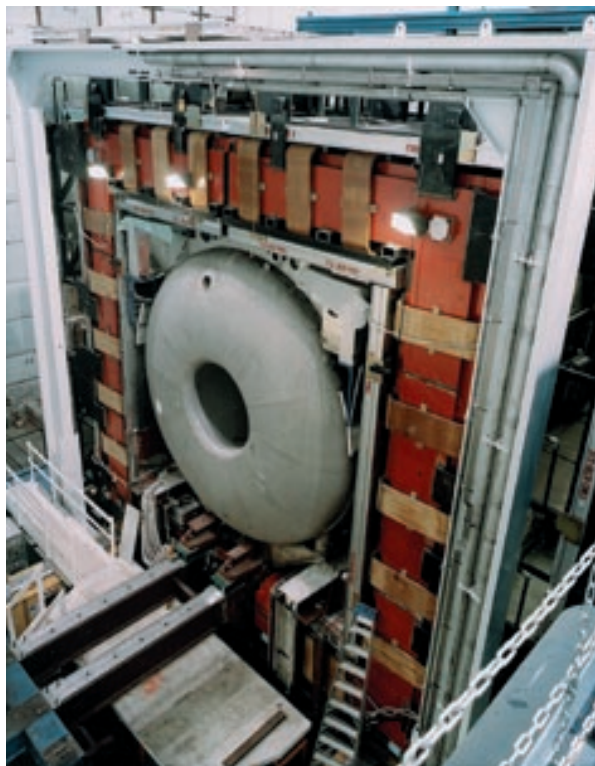


Fig. 1: Le calorimètre central de DØ entouré par les toroïdes du système de mesure des muons

La participation à DØ au Run II a été recommandée par les conseils scientifiques du LPNHE et de l'IN2P3 en septembre 1997.

L'entrée officielle dans la collaboration des laboratoires de l'IN2P3, le CPPM (Marseille), l'ISN (Grenoble), le LAL (Orsay) et le LPNHE a eu lieu en janvier 1998 et a été conclue par la signature d'un «Memorandum of Understanding» (MOU) entre l'IN2P3 et FNAL. En avril 2000 une équipe de l'IPNL (Lyon) viendra renforcer la participation française, qui comprend, en outre, une équipe du DAPNIA.

L'équipe du LPNHE a concentré ses activités sur la calorimétrie, un élément essentiel pour la recherche de nouvelle physique et des mesures de précision. Les efforts dans ce domaine s'étendent de la réalisation du système de calibration en-ligne au développement des algorithmes de reconstructions. Des études de physique sur les données du Run I permettent d'apprendre les spécificités d'une analyse auprès d'un collisionneur hadronique.

La calibration du calorimètre

Les nouveaux paramètres du Tevatron nécessitent non seulement une nouvelle électronique d'acquisition mais aussi un nouveau système de calibration électronique. La conception et la construction ont fait partie des activités principales du groupe du laboratoire, qui en a la responsabilité en collaboration avec le LAL. Le système de calibration est décrit plus en détail dans la chapitre dédié à l'électronique.

Logiciels de calibration

L'intégration de la calibration électronique dans le système en-ligne nécessite le développement des logiciels spécifiques qui gèrent les diverses tâches de communication à partir de la salle de contrôle jusqu'aux pulsers, la détermination des

constantes de calibration et leur acheminement jusqu'aux bases de données pour la reconstruction. Ils permettront une intercalibration des 55000 canaux du calorimètre et un premier facteur de conversion des coups ADC mesurés en énergie sont déterminés. La grande flexibilité du système de calibration permettra également son utilisation intensive lors de la qualification de l'électronique du calorimètre. Une calibration «off-line» complétera la calibration en-ligne. Une réflexion est en cours sur les stratégies à adopter pour la calibration à l'aide des résonances comme le J/Ψ , le Upsilon et le Z^0 , ainsi que pour la calibration hadronique qui peut-être obtenue avec des événements γ -jet

Les algorithmes de reconstruction

Dans la mouvance actuelle d'une programmation orientée objet, DØ a décidé une réécriture en C++ de l'ensemble des logiciels utilisés par l'expérience. Le développement des algorithmes pour la reconstruction calorimétrique s'inscrit dans cet effort.

Énergie transverse manquante

Une quantité cruciale dans la recherche de nouvelles particules est l'énergie transverse manquante. En collaboration avec une équipe du LBL, différentes sources de détériorations sont à l'étude, comme la réjection des "cellules de bruit", i.e. des cellules du calorimètre qui ne contiennent pas d'énergie issue de l'événement. En tenant compte de l'énergie mesurée dans les cellules voisines d'une éventuelle cellule de bruit, un nouvel algorithme a été développé, qui garde une bonne efficacité de réjection tout en diminuant le taux de mauvaises identifications par rapport au Run I.

Électrons dans les interstices en ϕ

L'identification et la reconstruction des électrons est l'une des activités principales des groupes de l'IN2P3. Une contribution est le développement d'un algorithme de reconstruction des électrons dans les interstices en ϕ du calorimètre.

Le calorimètre central est constitué de 32 modules dans le plan azimutal. Les interstices non instrumentés entraînent une perte d'énergie considérable, et la réjection de 10 à 20% des électrons. Les corrélations entre l'énergie mesurée dans la partie électromagnétique et hadronique du calorimètre permettent de restaurer l'énergie de la plupart des électrons proches des interstices avec une résolution meilleure que celle obtenue en utilisant le système de mesure des traces, pour des énergies supérieures à 20-30 GeV.

Électrons à basse énergie

Le nouveau système de mesure des traces ouvre la possibilité de mesurer les électrons d'énergie ≤ 10 GeV issus, par exemple, des désintégrations semi-leptoniques des mésons b, avec une résolution meilleure qu'avec le calorimètre. L'identification des candidats électrons à partir du système de mesure des traces, est validée par le détecteur de pied de gerbes et le calorimètre. Le développement et l'implémentation d'un algorithme d'identification des électrons de basse énergie est actuellement en cours par un jeune physicien du laboratoire, effectuant un séjour au LBL.

La production des événements simulés.

La préparation du Run II demande une simulation précise des processus physiques dans le détecteur. Assurer la production d'événements

Monte Carlo constitue un engagement important de l'IN2P3. Le LPNHE a fourni une contribution essentielle, en collaboration avec le LAL, pour la première production de 200 000 événements sur une ferme LINUX mise en place au CCIN2P3 de Lyon. L'adaptation des outils utilisés à FNAL à l'architecture du Centre de Calcul est d'une grande importance, afin d'assurer la production des données et leur transmission efficace entre Lyon et les Etats-Unis. Le succès de cette participation à la production d'événements simulés a consolidé le statut de précurseur du CCIN2P3 parmi les sites de production en dehors de Fermilab et a entraîné un grand intérêt pour les possibilités de calcul à distance.

Études des données du Run I

Avant le redémarrage de l'expérience, l'étude des données du Run I, prises entre 1992 et 1996, permet de se familiariser avec les contraintes et l'analyse des événements proton-antiproton et constitue un premier test pour des stratégies d'analyse au Run II.

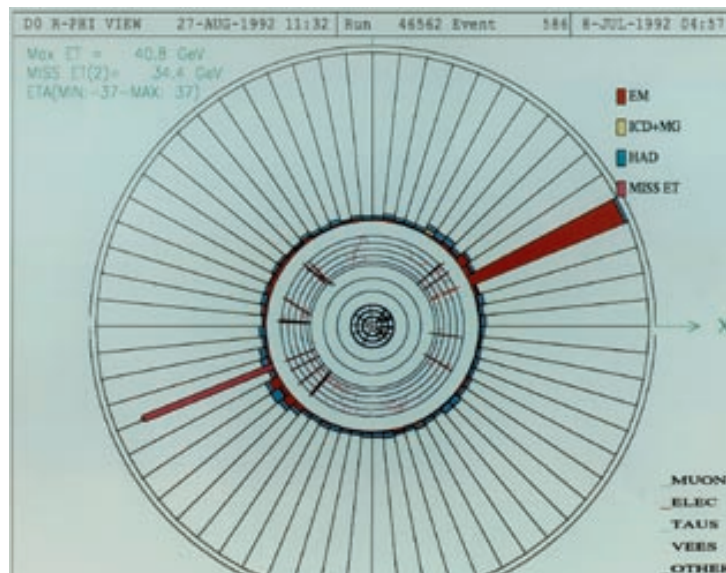


Fig. 2 : Événement $W \rightarrow e\nu$ vu dans $DØ$. L'électron est identifié par le dépôt électromagnétique et la présence d'une trace, le neutrino par l'énergie manquante dans la direction opposée.

La masse du boson W

Les analyses de précision, comme la mesure de la masse W, ont été restreintes durant le Run I à $\eta < 1$, c'est à dire à la partie centrale du détecteur. Une extension du domaine cinématique et un accroissement du nombre d'événements W et Z sont obtenus grâce à l'identification des électrons dans les calorimètres bouchons. Afin de déterminer la masse du boson W avec ces événements, ces calorimètres ont été intercalibrés avec le calorimètre central en ajustant la masse du Z à la valeur obtenue par le LEP. Cette mesure a réduit les erreurs sur la mesure de la masse du W de 120 à 91 MeV. Actuellement le nombre limité de Z^0 représente la principale contribution à cette erreur. Avec une luminosité intégrée de 2 fb^{-1} , après deux ans de prises de données, une erreur ΔM_W de 20-40 MeV peut être espérée.

La recherche du *stop*

Suite au calcul de la désintégration en quatre corps du *stop*, publié par Djouadi et al. en juillet 1999, un nouveau champ de recherche s'est ouvert pour ce partenaire supersymétrique du quark top. Cette voie de désintégration se distingue par ses signatures leptoniques et peut être dominant dans la région des faibles masses, accessible au Tévatron. Néanmoins, l'identification des électrons aux plus basses énergies possibles et une bonne reconstruction de $E_{t,miss}$ sont primordiales pour obtenir les sensibilités nécessaires.

Après adaptation du générateur PYTHIA, l'évaluation d'une recherche du *stop* dans cette voie avec les données du Run I et ses perspectives pour le Run II sont en cours. Le développement des tech-

niques d'analyse multidimensionnelle, telles que les réseaux de neurones ou les minima de vraisemblance, est indispensable pour obtenir un rapport signal/bruit optimal.

Une autre voie à explorer sont les désintégrations rares du top, où la production d'un seul *stop* conduit à des signatures expérimentales prometteuses. Ce processus peut être d'un grand intérêt avec les données du Run II, où environ 1000 événements top sont attendus.

Perspectives

La mise en fonction du système de calibration et son utilisation lors de la qualification de l'électronique du calorimètre continuera d'être une des activités importantes du groupe à court terme. Le but est d'assurer une calibration du calorimètre dès le début de la prise de données d'abord par la calibration en-ligne, mais également par l'exploitation des premières données pour la calibration in situ.

Notre intérêt est surtout porté sur la physique du top qui, par sa grande masse de 175 GeV peut jouer un rôle particulier dans les manifestations d'une physique au-delà du Modèle Standard. L'augmentation de la statistique devrait permettre la réduction de l'erreur ΔM_{top} à 2-3 GeV et contraindre davantage le domaine de masse prédit pour un boson de Higgs dans le Modèle Standard.

U. Bassler

G. Bernardi, F. Fleuret,
F. Machefert, B. Olivier.

Equipe technique :

Ph. Bailly, J.F. Huppert, H. Lebbolo,
E. Lebreton, A. Vallereau.

Astronomie Gamma des très hautes énergies

Depuis 1989 le LPNHE s'est intéressé à la recherche de sources ponctuelles galactiques ou extragalactiques de photons gamma de très haute énergie. Il a utilisé pour mener ses expériences le site de l'ancienne centrale solaire Thémis dans les Pyrénées Orientales. Le laboratoire est impliqué depuis 1996 dans l'expérience CAT (Cerenkov Array at Themis) qui continue de prendre des données après une première expérience, THEMISTOCLE sur le site.

Depuis fin 1997 nous participons à la mise en place de la collaboration HESS et à la définition des caractéristiques d'un nouveau détecteur. Cette expérience a été approuvée par le Conseil Scientifique de l'IN2P3 en décembre 1998.

CAT

Les techniques de détection au sol de la lumière Cerenkov ont prouvé leur capacité à séparer les cascades électromagnétiques dues aux gammas au milieu d'un flux mille fois supérieur de cascades hadroniques. Parmi les enjeux nous citerons: l'identification des sources de rayons cosmiques et des mécanismes d'accélération dans les jets relativistes des objets extragalactiques ; l'estimation du fond infra-

rouge intergalactique par l'étude de l'absorption des gammas de très haute énergie; l'observation du Centre Galactique pour la recherche de particules supersymétriques.

L'objectif scientifique de l'expérience CAT est l'observation et la compréhension des sources astrophysiques de photons de très haute énergie (typiquement de 250 GeV à 20 TeV). Ces sources sont essentiellement : des restes de supernovae (galactiques) supposés être à l'origine des rayons cosmiques et des noyaux actifs de galaxie (extragalactiques). Les sources régulièrement détectées de ce type sont, Mkn (Markarian) 421 et Mkn501. Après une période d'activité très intense en 1997, le flux de Mkn 501 est resté assez faible les années suivantes. En revanche Mkn421 a présenté une activité importante en 1998, moyenne en 1999. À ces objets s'ajoutent des sources potentielles de photons gamma : les micro-quasars, les sursauts gamma, les amas de galaxies et l'évaporation de trous noirs primordiaux.

Les membres du laboratoire sont impliqués dans le suivi des performances de la caméra et sa maintenance, l'amélioration de l'analyse, le suivi multilongueurs-d'onde de

Mkn 421 et Mkn 501 et l'étude du fond infra-rouge cosmique par détection indirecte. Construite essentiellement au LPNHE-Paris, la caméra composée de 600 photomultiplicateurs fonctionnera jusqu'en 2002-2003, jusqu'au démarrage de l'expérience HESS. Un démontage de la caméra est prévu vers juin 2000 afin de remplacer les photo-multiplicateurs défectueux.

Par ailleurs, une nouvelle stratégie de prise de données permet à présent d'observer en permanence la source, sans devoir alterner avec des observations sur un champ témoin, et d'optimiser ainsi le nombre d'heures d'observations tout en améliorant la mesure du bruit de fond. Le signal généré par les muons dans la caméra a été soigneusement analysé. Il permet un suivi de la stabilité de l'optique, de la caméra ou encore des conditions météorologiques.

La compréhension des noyaux actifs de galaxie nécessite l'étude simultanée de leur émission sur l'ensemble du spectre électromagnétique. C'est pourquoi, outre la participation à des campagnes centrées sur la disponibilité d'un satellite X, les noyaux actifs de galaxie Mkn 421 et Mkn 501 sont régulièrement observés en radio et en visible. Le but est l'étude de leur variabilité à l'échelle de quelques années. La Fig. 1 présente la courbe de lumière de Mkn 421 en 1998-1999 en radio, visible, rayons X et γ avec des intervalles de temps de 24h.

Enfin l'étude du spectre gamma d'une source extra-galactique (ici Mkn 501) peut conduire à l'estimation, ou à l'obtention de limites, sur la densité de fond infra-rouge cosmique. Il est très délicat de mesurer directement cette densité de fond infra-rouge en raison des pollutions interplanétaire et galactique conséquentes. Une mesure indirecte est donc a priori très utile ; pour ce faire, il "suffit" de connaître le spectre intrinsèque de la source. En effet les photons γ sont "absorbés" par les photons infra-rouge par création de paire e^+e^- , ce qui induit une déformation de ce spectre. La différence entre spectre observé et spectre intrinsèque - moyennant quelques connaissances sur les distributions en énergie du fond infra-rouge - conduit directement à la mesure du flux de ce fond. L'exploitation de données simultanées en X (satellite BeppoSAX) et en γ (expériences CAT et HEGRA) permet de contraindre notablement la densité de photons infra-rouge, y compris dans l'infra-rouge proche. La Fig. 2 présente les données utilisées pour cette étude ainsi que le spectre intrinsèque de la source.

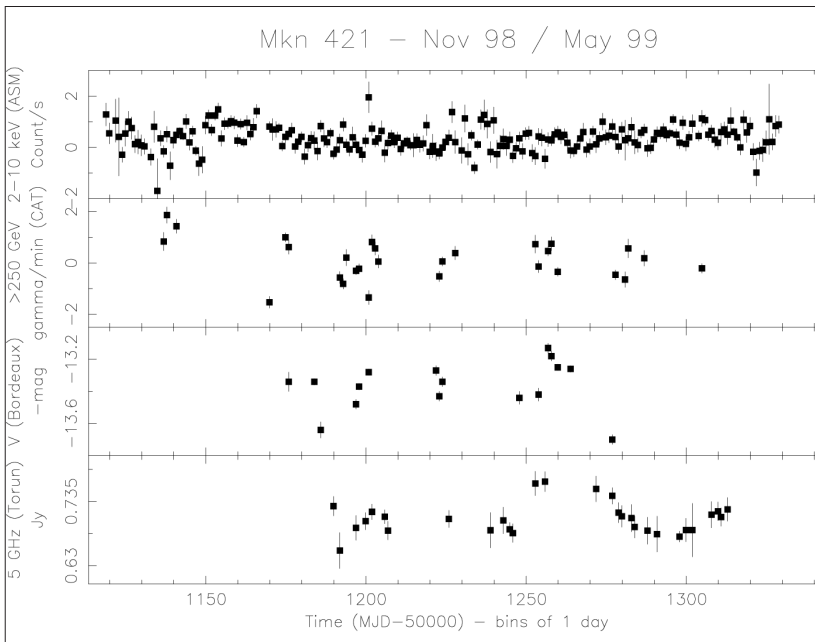


Fig. 1 : Courbe de lumière (flux en fonction du temps) de Mkn 421 en 1998-1999. De bas en haut, émission radio (radio télescope de Torun), visible (instrument méridien de Bordeaux), gamma (CAT) et rayons X (ASM/RXTE). Le temps est exprimé en jour avec des intervalles de temps de 24h.

Les succès de l'Astronomie Gamma des très hautes énergies nous ont motivés pour poursuivre dans cette voie avec des moyens accrus. À la fin de 1997 l'idée d'une collaboration européenne sur un projet multi-télescopes s'est concrétisée avec les physiciens du Max Planck Institut für Kernphysik (MPIK) de Heidelberg, travaillant sur HEGRA. Ce groupe avait engagé depuis quelques mois une étude sur un réseau multi-télescopes de seconde génération.

Il nous a paru important d'implanter le détecteur dans l'hémisphère Sud, permettant ainsi des observations complémentaires au projet VERITAS, formé de 7 télescopes installés sur le mont Hopkins dans l'Arizona. Un atout supplémentaire à l'hémisphère Sud est la visibilité du Centre Galactique. Ce projet doit être réalisé en deux phases : la phase 1 avec 4 télescopes, dont la construction s'étalera de 2000 à 2003 ; la phase 2 qui prévoit un réseau de plus de 10 télescopes. Le détecteur HESS sera installé sur le plateau du Gamsberg en Namibie. Ce site offre des conditions climatiques exceptionnelles ; situé à environ 23° de latitude, il permettra d'observer de nouvelles régions du ciel dans une gamme d'énergie située au-delà de 50 GeV. La visibilité d'une source bien connue telle que la Nébuleuse du Crabe, située à 45° du zénith, permettra à partir de 2005 une intercalibration avec son homologue dans l'hémisphère nord, le projet VERITAS.

Les télescopes de HESS sont composés de miroirs de grandes dimensions (80 m²), de caméras de fine granularité et d'une électronique rapide. La caméra composée de

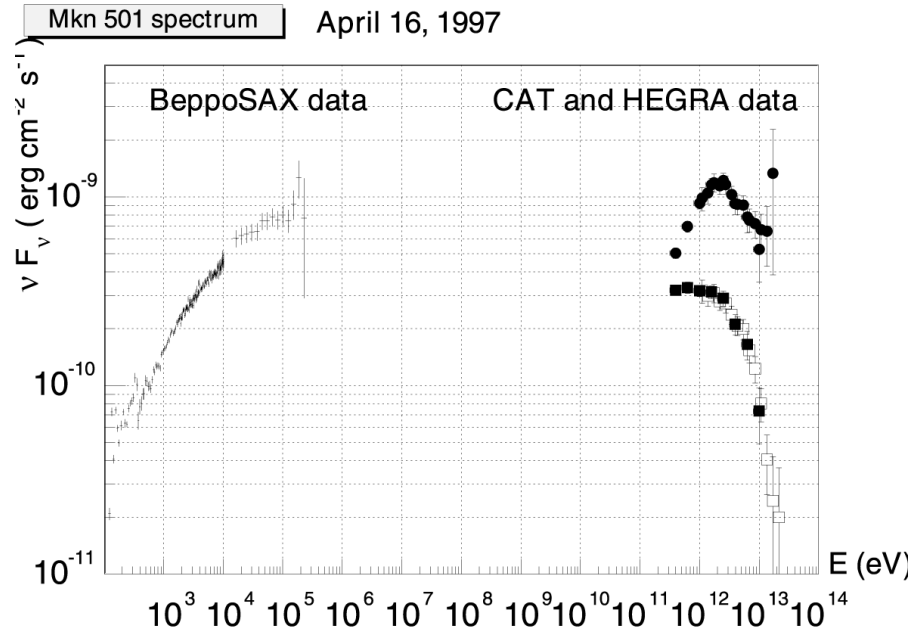


Fig. 2 : Distribution d'énergie spectrale de Mkn 501 le 16 avril 1997. À gauche données en X du satellite RXTE-ASM ; à droite, combinaison des observations de CAT (carrés pleins), HEGRA (carrés vides) et spectre intrinsèque après déconvolution par l'absorption infrarouge (cercles).

960 photomultiplicateurs (pixel de 0.1°) couvre un champ de vue de 5 degrés. Cette expérience représente une avancée majeure dans l'étude des rayonnements électromagnétiques de très haute énergie; En combinant les avantages de la technique stéréoscopique utilisée par le groupe HEGRA et ceux de l'imagerie fine et de l'électronique rapide démontrés par CAT, ce nouvel ensemble de détecteurs permettra d'atteindre une grande sensibilité en flux dès 10⁻¹² photon/cm²/s.

Au sein de cette collaboration, principalement franco-allemande, le LPNHE est responsable de la conception, de la réalisation de l'électronique de traitement du signal, de la stratégie de déclenchement au niveau de chaque caméra et du transfert de données vers l'ordinateur central ; il est également impliqué dans la simulation de l'expérience et le développement des techniques d'analyse des données.

Electronique et Acquisition

Le cahier des charges de l'électronique a été défini pour satisfaire aux impératifs de la physique : a) une grande gamme dynamique sur la mesure de la charge de 1 à 1500 photoélectrons (*p.e*); il faut extraire le spectre du photoélectron pour avoir un bon étalonnage du détecteur et obtenir une mesure correcte du fond de ciel. L'élaboration du trigger nécessite de stocker temporairement l'information analogique. La solution retenue utilise des circuits ASIC, mémoires analogiques développées au DAPNIA pour l'expérience Antarès ; b) la logique de déclenchement de la caméra doit avoir un seuil très bas ($\sim 5p.e$) et être rapide (résolution temporelle $\sim 2,5ns$).

Le laboratoire a conçu la chaîne de traitement des signaux partant de la base de chaque photomultiplicateur, qui se répartit en deux branches pour le déclenchement et la mesure de l'énergie. Une voie indépendante de lecture sert au monitoring de la caméra (suivi des H.T., courants, températures, taux de comptage).

Grâce à une dotation en 1999 d'un «Bonus Qualité Recherche» de l'Université Paris 6, nous avons mis en œuvre un banc d'essai pour contrôler diverses cartes prototypes et caractériser le fonctionnement des mémoires analogiques. Un tiroir prototype de 16 photomultiplicateurs, identique à ceux de la caméra définitive est en cours de réalisation. Le système d'acquisition est basé sur l'architecture d'un châssis mixte compact PCI/VME qui sera positionné sur la partie arrière de la caméra.

Simulations et analyses.

Le choix des caractéristiques des caméras repose largement sur les simulations réalisées au LPNHE

ainsi qu'au MPIK de Heidelberg. Le laboratoire a développé un programme reproduisant les détails du dispositif expérimental. Ce programme est construit en langage orienté objet, approprié pour la description d'une expérience en réseau avec le même appareillage pour tous les télescopes. Ce type de langage offre une grande souplesse pour modéliser les options possibles pour le miroir et la caméra. Cela nous a permis également de simuler l'expérience CAT et ainsi de confronter nos prédictions avec des données expérimentales.

Cette simulation décrit fidèlement la structure des 25 000 objets nécessaires à la modélisation des 16 télescopes (miroirs élémentaires, grappes de miroirs élémentaires, photomultiplicateurs, secteurs de caméra, etc...). Elle est dotée d'une visualisation tri-dimensionnelle des télescopes et d'une visualisation bi-dimensionnelle des images des caméras.

Un photon Cerenkov est propagé à travers l'optique d'un télescope puis converti en charges électriques au niveau des photomultiplicateurs. Le signal est mis en forme, numérisé puis stocké dans l'attente de la logique du déclenchement local et global. Les paramètres d'efficacité intrinsèque et géométrique du détecteur sont pris en compte ainsi que les contaminations aléatoires comme le "bruit du fond de ciel" ou les "impulsions retardées" dans les photomultiplicateurs. Le programme et les données simulées sont basés sur le système ROOT, depuis adopté par la collaboration pour la gestion de l'ensemble des données

M.Rivoal

CAT :

A.Barreau, K.Schamanèche,
X.Moreau, X.Renault, J-P. Tavernet.

Hess :

C.Renault, J-P. Tavernet, P.Vincent.

Équipe Technique CAT :

J-P. Denance, H. Delchini,
F. Toussanel

Équipe Technique Hess:

J-P. Denance, J.F. Huppert,
P. Nayman, F. Toussanel

Supernovae

Le conseil scientifique du LPNHE a approuvé, en décembre 1997, la participation du laboratoire à un programme de «Cosmologie Observationnelle»: le "Supernova Cosmology Project" (SCP). Il s'agit d'une expérience de mesure de la densité de masse de l'Univers Ω_M et de la densité de constante cosmologique Ω_Λ à l'aide de supernovae de type I-a, appelées encore "SNe I-a".

Le "Supernova Cosmology Project" réunit une collaboration internationale de physiciens et d'astronomes basés principalement au Lawrence Berkeley National Laboratory aux USA et à l'Institut of Astronomy de Cambridge en Angleterre. Un groupe français regroupant des physiciens du LPNHE, du DAPNIA/SPP et des astronomes, s'est constitué autour de l'idée d'utiliser le télescope "Canada-France-Hawaii" pour détecter des supernovae très lointaines et a choisi de rejoindre cette collaboration.

Le but de l'expérience est de détecter une cinquantaine de supernovae de type I-a avec des "décalages vers le rouge" - ou redshift z - situés entre 0.5 et 1. Les "SNe I-a", qui sont les plus lumineuses parmi les supernovae, peuvent en effet être détectées à ces distances (cf. figure ci-contre) et constituent une classe très homogène d'objets astrophysiques. De plus, des techniques récentes permettent de les intercaler, rendant extrêmement prometteuse leur utilisation pour mesurer les paramètres cosmologiques.

La mesure des paramètres Ω_M et Ω_Λ est basée sur la relation entre la luminosité apparente et le redshift. Ceci est illustré sur la figure ci-dessous qui montre le diagramme de Hubble des supernovae de type I-a, c'est à dire la magnitude apparente

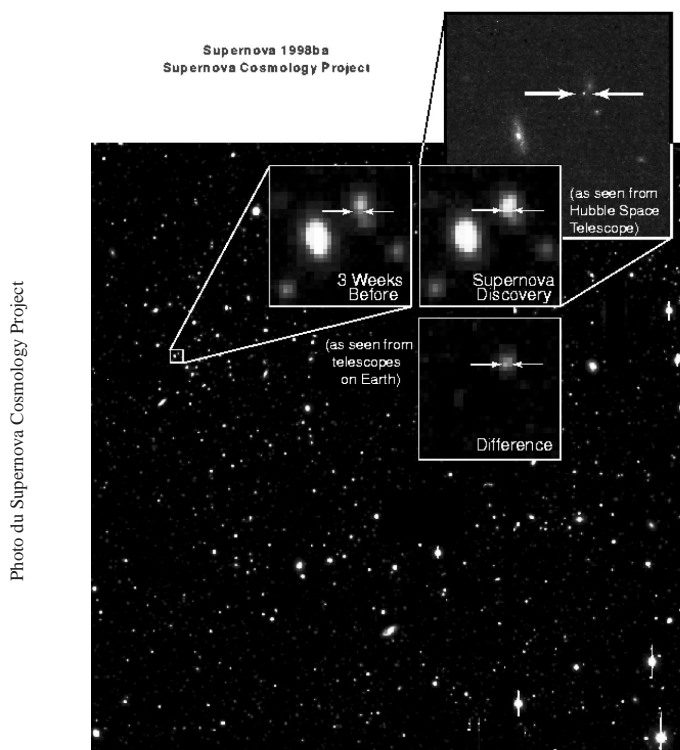


Fig. 1 : Détection d'une supernova. En haut : agrandissement de la région voisine avant l'apparition de la supernova. En bas, agrandissement de cette même région pendant l'explosion.

Photo du Supernova Cosmology Project

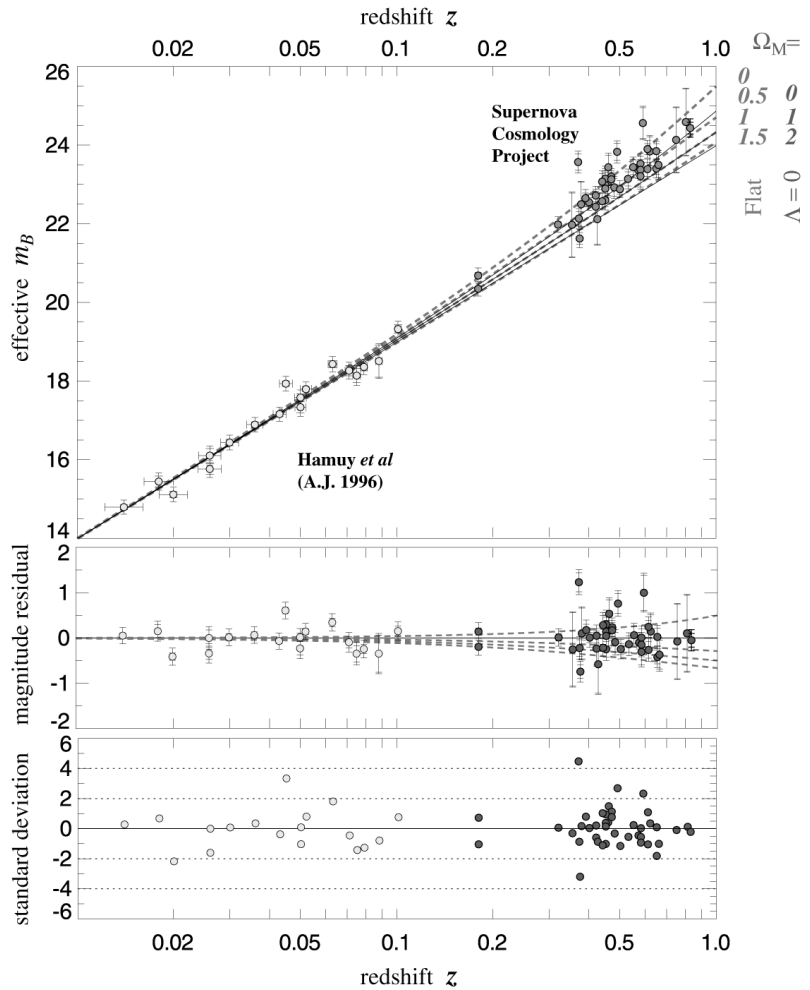


Fig. 2 : Diagramme de Hubble des supernovae. Les points représentent les données. En traits pleins, les modèles d'Univers pour $(\Omega_M, \Omega_\Lambda) = (0,0)$ en haut, $(1,0)$ au milieu et $(2,0)$ en bas. En traits pointillés, les modèles d'Univers pour $(\Omega_M, \Omega_\Lambda) = (0.5,0.5)$ en haut, $(1,0)$ au milieu et $(1.5,-0.5)$ en bas.

de celles-ci en fonction du décalage vers le rouge, pour différentes valeurs des paramètres cosmologiques. Sont également reportées sur cette figure, les observations récentes réalisées par le "Supernova Cosmology Project" de 42 supernovae situées à grand décalage vers le rouge.

Activités en cours

Notre objectif premier est la mise en place d'une recherche de supernovae à grand décalage vers le rouge sur le télescope Canada-France-Hawaii. Nous travaillons également avec le groupe de

Cambridge du SCP à la détection de SNe sur le télescope Isaac Newton aux Canaries (INT).

De fait, nous avons profité de l'opportunité d'un run test de la nouvelle caméra à grand champ de l'INT en Septembre et Octobre 1998 pour y installer une station de travail et effectuer une recherche en vraie grandeur. Aucune supernova n'a été détectée lors de cette campagne mais ce run nous a permis d'évaluer les logiciels de recherche que nous avons utilisés et qui étaient dérivés des programmes du SCP et du groupe ÉROS.

En 1999, nous avons effectué deux campagnes de recherche de supernovæ sur ce télescope. La première en Mars-Avril, a permis de détecter une dizaine de supernovæ dont deux ont pu être identifiées comme type Ia à des décalages vers le rouge de 0.360 et 0.432. Durant la seconde campagne, en Août-Septembre, 10 supernovæ ayant des redshifts compris entre $z=0.15$ et $z=0.35$ ont été spectroscopiquement identifiées. De plus, cinq d'entre-elles, situées à des décalages vers le rouge $z\sim 0.2$ ont été suivies photométriquement pendant les deux mois suivants. C'est la première fois que des SNe sont découvertes lors d'une recherche systématique dans ce domaine de redshift. Ces détections permettront d'obtenir une première mesure du taux de SNe à $z=0.2-0.3$. De plus, l'analyse des 5 supernovæ à $z\sim 0.2$ permettra de contraindre plus avant la mesure des paramètres cosmologiques. En effet, dans ce domaine de redshift, le diagramme de Hubble des SNe Ia ne comporte aujourd'hui qu'une seule supernova. Il est essentiel de confirmer puis de contraindre, avec plus de statistiques, les résultats basés sur des détections de supernovæ à plus grand décalage vers le rouge. L'analyse de ces données est en cours.

Sur le front des grands redshifts, nous sommes allés en octobre 1998 observer au CFHT pour un suivi de supernovæ détectées avec le télescope Keck par le groupe de Berkeley. Lors de cette campagne, une supernova située à un décalage vers le rouge de $z=1.2$ a été détectée. Il s'agissait de la première supernova détectée au delà de $z=1$. Ce résultat a confirmé la faisabilité d'une recherche à ces redshifts, indispensable pour obtenir une mesure indépendante des paramètres cosmologiques Ω_M et Ω_Λ .

Notre première recherche de supernovæ distantes sur le CFHT a eu lieu en Septembre et 1999. L'objectif de ce run était la détection de SNe à $z\sim 1$. Le taux attendu est d'environ 2 par degré carré. Nous avons observé 2/3 de degré carré et traité les données dans les 48h suivant les observations sur les machines locales. Une douzaine de candidats ont été détectés et 5 identifiés dont 2 à des décalages vers le rouge très voisins de $z=1$, avec le télescope Keck. L'un de ces candidats a été suivi sur le VLT au Chili. Ce run a permis de tester avec succès notre nouveau software de détection développé au LPNHE et dont les performances sont très supérieures au software utilisé précédemment. Contrairement à la méthode employée habituellement pour soustraire les images et qui consiste à aligner puis convoluer les images avant soustraction, un ajustement global des images est effectué en une seule étape. L'analyse de ces données est en cours. Un premier résultat de mesure des taux de supernovæ à $z\sim 1$ pourrait être obtenu avec ces données et une supernova très distante ajoutée au diagramme de Hubble dans une région où il n'y a aujourd'hui que deux supernovæ observées. Nous poursuivrons et amplifierons la recherche et le suivi de SNe dans ce domaine de décalage vers le rouge dans les prochaines années

Futurs proches et lointains

Au printemps 1999, le groupe de Berkeley a piloté une campagne de recherche de supernovæ proches ($z\sim 0.1$). Cette campagne à laquelle participaient plusieurs groupes européens et en particulier la collaboration ÉROS, a permis de détecter et de suivre de façon très précise une vingtaine de supernovæ proches. Le but était d'étudier en

détail ces supernovæ et leur environnement astrophysique afin de mieux comprendre les incertitudes systématiques sur la mesure des paramètres cosmologiques.

L'analyse de ces données est en cours. Mais une augmentation substantielle de la statistique (par un facteur ~ 10) exigera pour le suivi comme pour la détection, la mise en place de moyens d'observation dédiés à ce projet. C'est dans ce but que nous projetons aujourd'hui d'associer à notre groupe des chercheurs de l'IPNL et du CRAL. La contribution française à ce projet d'"usine à supernovæ" lancé par le groupe de Berkeley est la construction et l'exploitation d'un instrument dédié au suivi spectro-photométrique de supernovæ proches. Notre groupe prendra en charge le système d'acquisition des données. Le détecteur devrait être opérationnel à la fin de 2001 et collecter ensuite des données pendant 3 années.

A plus long terme, l'approche géométrique poursuivie avec les supernovæ est, par sa simplicité, la plus à même d'obtenir une mesure très précise des paramètres cosmologiques Ω_M et Ω_Λ , à condition toutefois de valider l'utilisation des SNe-Ia et d'augmenter sensiblement la précision des mesures. De plus, s'il est avéré que la constante cosmologique est non nulle, comprendre sa nature devient un enjeu important. La mesure basée sur la distance de luminosité permet d'étudier la dépendance en redshift, et donc en temps, de cette "constante". Cette approche est indispensable pour discriminer les modèles. Réaliser ce programme extrêmement intéressant nécessite d'aller dans l'espace, à la fois pour obtenir les précisions de mesure nécessaires et pour aller à moins grands redshifts. Nous travaillons sur cette

idée. Une lettre d'intention a été soumise au DOE en décembre 1999 et une première présentation du projet sera faite au printemps 2000 devant le comité américain SAGENAP pour la physique hors accélérateur commun au DOE et à la NSF. Notre groupe s'implique plus directement dans la R&D du système de lecture CCD de la caméra à grand champ. Nous travaillons à la mise en place d'un groupe français de physiciens et d'astronomes pour participer à ce projet.

R. Pain

P. Astier, S. Fabbro
D. Hardin, J. M. Levy,
K. Schahmanèche.

Équipe Technique :

J.F. Genat, D. Imbault, Ph. Laloux.

Observatoire "Pierre Auger"

L'origine et la nature des particules les plus énergétiques jamais observées par l'homme sous la forme de rayons cosmiques (énergies pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de joules) sont considérées comme une des questions ouvertes les plus "chaudes" de l'astrophysique moderne. En l'absence de toute explication actuelle satisfaisant à l'ensemble des faits observés dans ce domaine, une expérience accumulant suffisamment de données de grande qualité sur ces rayons cosmiques devrait ouvrir de nouvelles fenêtres dans les domaines de l'astrophysique (mécanismes accélérateurs les plus puissants de l'univers?), de la cosmologie (signatures d'un état de l'univers primordial très proche du Big-Bang?) et/ou des interactions fondamentales (Supersymétrie, Grande Unification, neutrinos au-delà du Modèle Standard ?), si on en croit quelques unes des multiples voies explorées par les théoriciens au cours des dix dernières années.

L'Observatoire Pierre Auger est la solution apportée à cette problématique par une communauté réunissant des institutions de 19 pays autour d'un projet dont la construction a commencé au début de l'an 2000, après une période de gestation et de préparation de huit ans.

La détection des rayons cosmiques de très haute énergie consiste à observer les effets secondaires des "grandes gerbes atmosphériques" créées par l'interaction de ces rayons cosmiques primaires avec l'atmosphère. L'Observatoire Auger associe (en les améliorant et

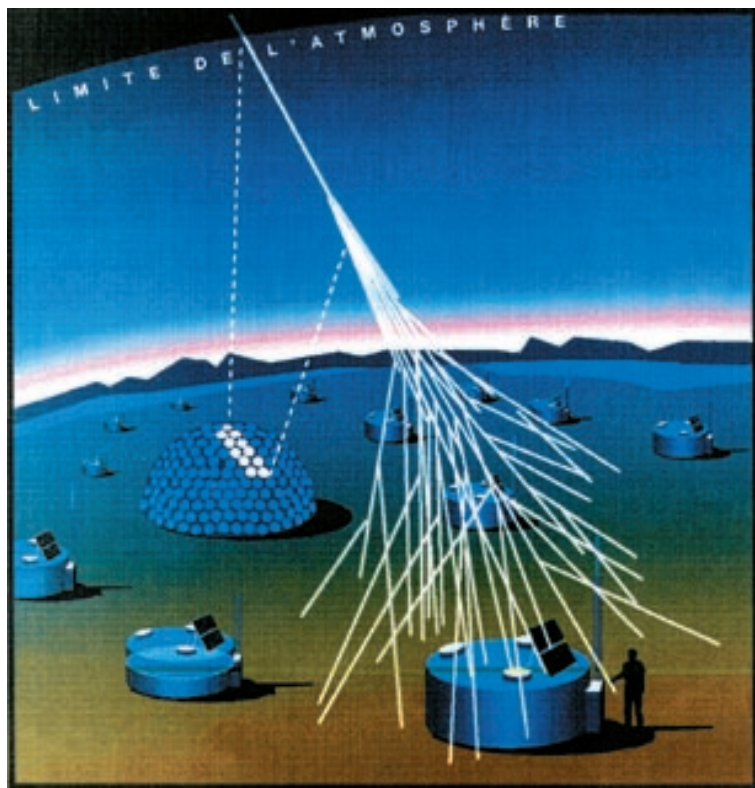


Fig. 1 : Dessin d'artiste montrant le principe de la détection «hybride» d'une gerbe atmosphérique. Le milliard de particules secondaires créées dans le développement de la gerbe produit une lumière de fluorescence dans l'atmosphère détectable par un télescope de capteurs opto-électroniques. Les particules qui atteignent le sol et pénètrent dans les cuves sont observées par la lumière Cerenkov qu'elles produisent dans l'eau contenue dans celles-ci. On a ainsi une information simultanée sur les développements longitudinal et transverse de la gerbe.

Crédit image Le Monde

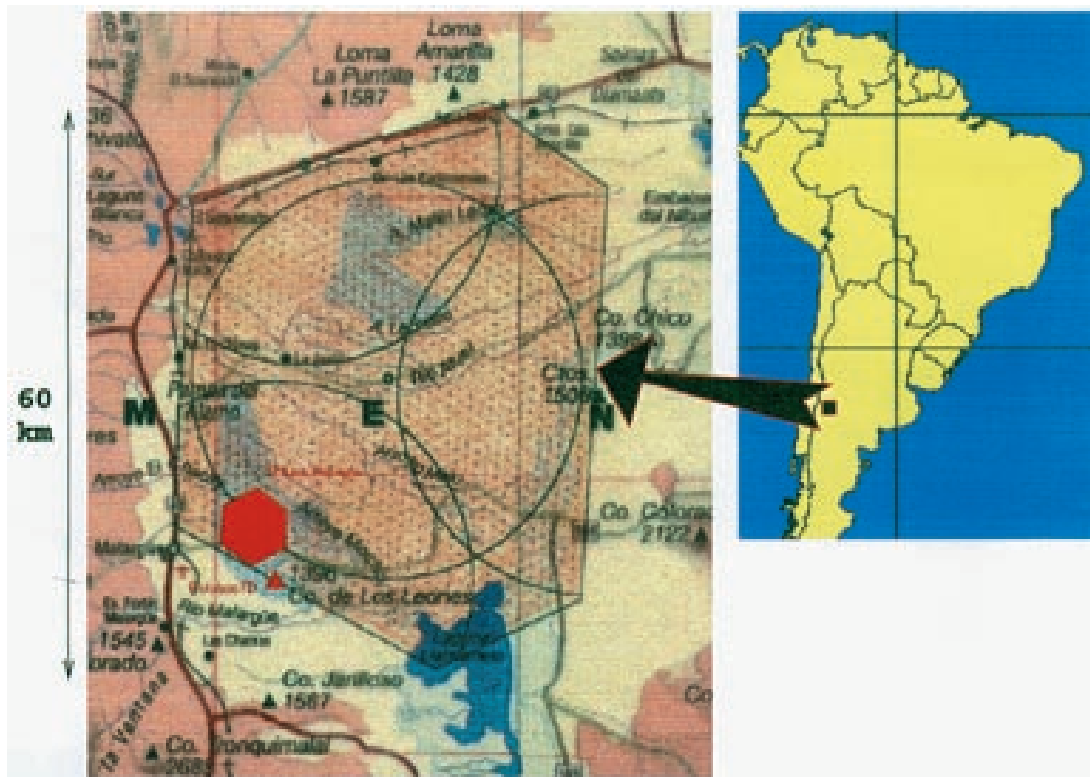


Fig. 2 : Emplacements géographiques des deux sites et détails du site sud. L'hexagone rouge indique la position du mini-réseau qui servira à tester (en 2000-2001) toutes les options techniques. Le triangle rouge représente le télescope prototype qui sera installé en même temps que le mini-réseau.

en les adaptant au domaine d'énergie exploré) les deux techniques de base développées dans le passé qui utilisent l'atmosphère terrestre comme un calorimètre: l'échantillonnage des milliards de particules secondaires de la queue de la gerbe au niveau du sol et l'observation du développement longitudinal de cette gerbe par la lumière de fluorescence qu'elle provoque dans l'air.

La première technique fait appel à un réseau de capteurs de très grande surface à cause de la rareté des événements cherchés (environ un par km^2 et par siècle dans la partie extrême du spectre). L'Observatoire aura une surface totale d'environ 6000 km^2 sur deux sites (un dans chaque hémisphère pour avoir une couverture aussi complète que possible du ciel). Les capteurs ou sta-

tions détectrices, au nombre de 1600 par site et espacés de 1,5 km, sont des cuves remplies de 12 tonnes d'eau chacune (dans lesquelles les particules secondaires sont détectées par la lumière Cerenkov qu'elles provoquent). Les stations sont opérationnelles en permanence. La seconde méthode fait appel à des "Télescopes à Fluorescence" basés sur le principe du "Fly's Eye" initialement développé à l'université de Salt Lake City. Ces détecteurs optiques ne peuvent opérer que 10% du temps (nuits claires et sans lune), mais apportent des informations précieuses permettant d'améliorer les performances globales de l'Observatoire.

Enfin, des techniques inhabituelles en physique des hautes énergies seront nécessaires pour le bon fonc-

tionnement de l'Observatoire (télécommunications pour le transfert de données, énergie solaire pour l'alimentation des compteurs, les satellites GPS pour leur synchronisation, etc.)

Un certain nombre de domaines importants pourront également être explorés par cette expérience, même s'ils ne sont pas le but principal du projet. Citons la possibilité d'étudier les champs magnétiques extragalactiques (très mal connus) avec des rayons cosmiques chargés (dont la rigidité magnétique à ces énergies est telle que l'astronomie proton, par exemple, devient possible), ou de détecter des neutrinos d'ultra-haute énergie, si leur flux est accessible. Les résultats (30000 événements attendus en cinq ans au-dessus de 10^{19} eV, 300 au-dessus de 10^{20} eV) devraient commencer à être disponibles dès l'an 2001.

Le site Sud de l'Observatoire est déjà financé pour l'essentiel par plusieurs des 19 pays y participant. Les activités en France sont couvertes actuellement par sept laboratoires, issus de quatre départements du CNRS : IN2P3 (PCC-Collège de France, LPNHE, LAL et IPN de l'Université Paris Sud-Orsay), INSU (Observatoire de Besançon), SPI (Ecole Supérieure de Télécommunications de Paris) et SPM (DARC de l'Observatoire de Meudon).

Les responsabilités du LPNHE dans ce projet sont: la conception et la réalisation du système d'acquisition central (y compris le système de déclenchement faisant intervenir l'ensemble des détecteurs du réseau et les télescopes à fluorescence), la couche supérieure (faisceaux micro-ondes) du système de transfert de données par télécommunications, les programmes de recons-

truction des gerbes atmosphériques à partir des données du réseau de surface et l'étude de la physique des canaux dits "exotiques" (conduisant à la production éventuelle de photons et de neutrinos dans le domaine d'énergie étudié).

M. Boratav

X. Bertou, P. Billoir, M. Boratav,
S. Dagoret-Campagne,
A. Letessier-Selvon

Équipe Technique :

A. Castera, Z. Strachman.

Activités et moyens techniques

L'électronique

La mécanique

L'informatique

Relations avec l'industrie

Activités et moyens techniques

Électronique

Le service électronique comprend 15 ingénieurs et techniciens, impliqués dans les différentes expériences de physique auprès des accélérateurs (CERN, SLAC, DESY, FNAL), ou hors accélérateurs (Supernovæ, CAT, Hess). 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.

Les systèmes réalisés font appel à différents types d'électronique : analogique rapide faible bruit, numérique rapide, et différentes 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 hauts niveaux, et le

dessin de circuit intégrés y compris au niveau du transistor.

Expérience ATLAS

Le laboratoire est en charge de la réalisation du système de synchronisation et de contrôle des châssis d'électronique de lecture des signaux de calorimétrie. Cette tâche inclut la réalisation d'une carte contrôleur pour chacun des 60 châssis de lecture. Chaque carte contrôleur remplit 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'une communication. Le laboratoire se charge aussi de la réalisation de ce protocole de communication série : les modules maîtres (format VME, présents au niveau de la salle de contrôle), la communication optique entre ces modules maîtres et les cartes contrôleurs dans les châssis de lecture, un bus rigide reliant la carte contrôleur aux autres modules du châssis, et les circuits intégrés (ASICS : Application Specific Integrated Circuits) esclaves, présents sur chaque carte du châssis de lecture.

Les électrodes du calorimètre électromagnétique à argon liquide du

détecteur ATLAS sont des circuits à trois couches séparées par un isolant en kapton. La polarisation haute tension (couches externes des électrodes) est effectuée à travers des résistances sérigraphiées. La charge est collectée par effet capacitif sur la couche interne de l'électrode (couche signal). Ces deux paramètres (résistances et capacités) ainsi que la tenue à la haute tension (2000 volts nominal) doivent être vérifiés et analysés d'une part pour l'acceptation du produit à la sortie de l'entreprise, et d'autre part avant le montage dans les modules du détecteur. La précision de ces grandeurs électriques doit être de l'ordre du pour-cent. L'ensemble de la fonctionnalité de chaque électrode doit être vérifié (absence de court-circuit entre cellules, détection des résistances endommagées, vérification de la continuité des pistes de masses etc...).

La réalisation de neuf bancs de tests, conçus par un ingénieur électronique du LPNHE, a été menée à bien grâce à la bonne coordination des services de mécanique et d'électronique. En outre, le groupe a la responsabilité de l'analyse des tests des électrodes pliées de la par-

tie centrale (type A), des tests à plat de type RC pour toutes les électrodes. .

L'ensemble de ces installations a été utilisé au cours de la fabrication du module zéro du calorimètre. Elles ont apporté des améliorations importantes, dans le dessin final des électrodes, et ont contribué à définir les procédés de fabrication devant être mis en œuvre pour la fabrication en série des modules.

Les données enregistrées sur ces bancs sont utilisées, d'une part pour analyser finement le détecteur avant son utilisation, et d'autre part pour corréler ces paramètres aux mesures faites durant les tests en faisceaux.

Expérience DØ :

Dans le cadre de la préparation au FNAL (États-Unis) du Run II de l'expérience DØ, l'équipe électronique du groupe a la responsabilité de la calibration électronique du calorimètre à Argon liquide. Une mise à jour de cette calibration est rendue nécessaire par la diminution du temps entre deux croisements de faisceaux qui passe de 3.56µs à 396ns et du temps de mise en forme du signal qui passe de 2.2µs à 300ns. La calibration électronique consiste à envoyer une quantité de charge connue avec une précision de l'ordre du pour mille à l'entrée de la chaîne d'acquisition du détecteur afin de connaître les caractéristiques de celle-ci et leur évolution dans le temps. Le temps de mise en forme du signal étant du même ordre de grandeur que le temps de collection des charges sur les électrodes, la forme du signal est d'une extrême importance, ce qui n'était pas le cas lors du Run I. Le système est constitué de douze générateurs situés sous le calorimètre, program-

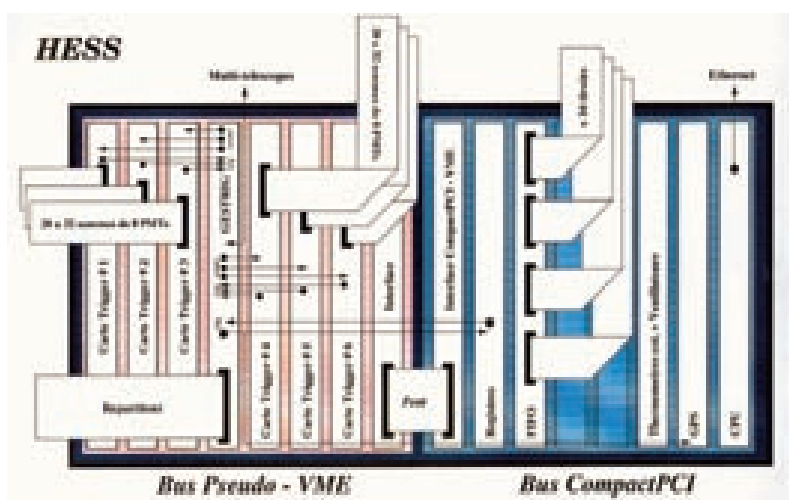


Fig. 1 : Synoptique de l'acquisition de Hess

més via un bus série contrôlé par un module VME. Chaque générateur envoie 96 courants continus contrôlés par un convertisseur numérique analogique et des signaux de commandes vers deux répartiteurs actifs conçus par le LAL, situés dans les boîtes de préamplificateurs. A la réception d'un signal de commande, un circuit situé sur le répartiteur convertit le courant continu en un signal dont la forme est donnée par des composants passifs. Les signaux sont ensuite injectés par des câbles très courts à l'entrée des préamplificateurs. Les générateurs ont été produits testés et installés sur site durant l'année 1999, leurs alimentations seront installées au début de l'année 2000. L'interface entre le système d'acquisition et les générateurs est en fin de caractérisation.

Expérience H1 :

Le LPNHE est impliqué dans la réalisation de l'électronique pour les projets de luminomètre et polarimètre de l'expérience H1 à DESY. L'équipe a en charge la conception et la réalisation de deux cartes au format VME de la chaîne d'acquisition de ces deux détecteurs. Cette chaîne d'acquisition devra lire jusqu'à 2 millions d'événements par seconde devant être histogrammés. La première carte est destinée à numériser les signaux issus des préamplificateurs sur 12 bits à raison d'un échantillon toutes les 24 ns. Les données sont ensuite stockées dans deux mémoires circulaires, l'une lue par l'acquisition de H1 l'autre par une acquisition dédiée au détecteur. Un prototype de ce module a été produit et est en cours de test.

La seconde carte est destinée à enregistrer les temps d'arrivée des signaux avec une précision de

500ps et de les stocker dans une mémoire circulaire lisible par l'acquisition locale. Cette carte utilisera le chip TDC développé au laboratoire pour le détecteur DIRC de l'expérience BABAR à SLAC.

Expérience SUPERNOVÆ :

Dans le cadre de la recherche de supernovæ, le LPNHE s'implique depuis 1999 dans l'étude de deux systèmes de lecture de circuits à charge couplée (CCD) en collaboration avec le LBNL (Berkeley) et le DAPNIA (Saclay).

La lecture des circuits CCD destinés à la spectroscopie au sol (projet SNIF), est réalisée sur un banc test en cours d'étude au laboratoire. Le circuit capteur sensible à quelques photoélectrons est refroidi à une température de 130°K dans un vide de 10^{-7} Torr. L'électronique de tête ne doit pas dégrader les performances du capteur.

Le second système de lecture doit être embarqué sur un satellite mis en orbite par la NASA (projet SNAP) et doit supporter une dose de radiations de 10kRad. Une intégration en technologie durcie de l'électronique de tête pour laquelle le processus français DMILL est envisagé doit garantir la tenue aux rayonnements ionisants du dispositif et sa fiabilité. L'ensemble comprend un système de traitement d'images en ligne destiné à réduire le flot de données envoyé sur terre. Il exploite un jeu de processeurs de traitement du signal (DSP). Il a été évalué en collaboration avec le LBNL en terme d'encombrement, de poids, et surtout de puissance dissipée.

Expérience HESS :

L'équipe HESS du LPNHE a élaboré un schéma de traitement des

signaux avec une électronique rapide et une sectorisation de la caméra, deux idées qui ont fait leur preuve dans l'expérience CAT. En 1999, une carte prototype a été développée afin de valider l'utilisation de mémoires analogiques qui stockeront l'information pendant le temps de formation du déclenchement. La mise en œuvre de ces circuits intégrés spécifiques ASIC a demandé un travail de caractérisation et d'implantation dans l'environnement de l'expérience. Chaque carte contiendra 4 mémoires pouvant traiter les signaux provenant de deux photomultiplicateurs (PM), chaque signal de PM étant dédoublé vers deux voies de gains différents. La première couvre la gamme dynamique de 1 à 100 photoélectrons (γ_e) avec un gain de 50 ; la seconde couvre la gamme de 16 à 1600 γ_e avec un gain de 3. La sortie de la mémoire analogique est numérisée sur 12 bits. La lecture des mémoires est programmable en mode d'échantillonnage ou d'intégration de charge dans une fenêtre paramétrable. Les données numérisées sont lues et transmises par un bus BOXBUS et stockées dans une carte FIFO (First In First Out) VME tous deux conçus au laboratoire. L'ensemble déclenchement + acquisition est intégré dans une carte analogique, qui a été validée à la fin de l'année 1999 ; 480 exemplaires devront être produits pour équiper les quatre premières caméras.

Une deuxième carte de contrôle gère le dialogue entre les cartes analogiques et FIFO, transmet les paramètres nécessaires aux mémoires analogiques et contrôle les paramètres de la caméra (température, courant, haute tension, comptage). Une première version produite est en cours de test.

Une troisième carte dite de trigger reçoit l'information de 20 à 32 sommes partielles de 8 PM. Six de ces cartes sont nécessaires pour former le trigger final de la caméra qui est transmis à un module répartiteurs qui gère le déclenchement et retransmet la décision finale aux cartes analogiques.

Une interface entre les parties VME et PCI est en cours de test. Le contrôle du refroidissement sera intégré dans une dernière carte CompactPCI.

Formation

Le service contribue à la formation d'électroniciens au niveau des premiers, 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 ainsi qu'aux revues scientifiques 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 perfectionné. 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

Équipe d'électronique :

P. Bailly, M. Ba-Trung,
M.M. Cloarec, J.P. Denance,
J.F. Genat, C. Goffin,
A. Guimard, O. Le Dortz,
H. Lebbolo, D. Martin
P. Nayman, J.M. Parraud,
F. Rossel, F. Toussenet,
A. Vallereau

Mécanique

Le service de mécanique du LPNHE comprend un ingénieur de recherche, trois ingénieurs d'étude (IE), deux assistants ingénieur (AI) et trois techniciens, dont deux sont mécaniciens d'atelier. Il dispose de logiciels modernes de CAO : Euclid et Prelude ; et des logiciels de calcul par éléments finis : Systus et Acord.

Le groupe est fortement impliqué dans la construction de calorimètre d'ATLAS, une des futures expériences majeures du LHC.

Cette expérience utilise 90% du potentiel du service. Le laboratoire participe, avec d'autres instituts de l'IN2P3 et le CEA à la construction du calorimètre électromagnétique à

argon liquide. Les modules de ce calorimètre de grandes dimensions sont formés d'une succession d'absorbeurs et d'électrodes immergés dans l'argon liquide et regroupés en modules. Le calorimètre est constitué de deux ensembles cylindriques de 2,6 m de diamètre et de 3,2m de longueur qui comprennent chacun 1024 absorbeurs.

Le laboratoire a la responsabilité de la métrologie à chaud des plaques de plomb et des absorbeurs

Métrologie du plomb et des absorbeurs

Les absorbeurs sont des sandwichs de plomb, de fibres de verre imprégnées de colle et d'acier inoxydable. Le tout est plié en accordéon.

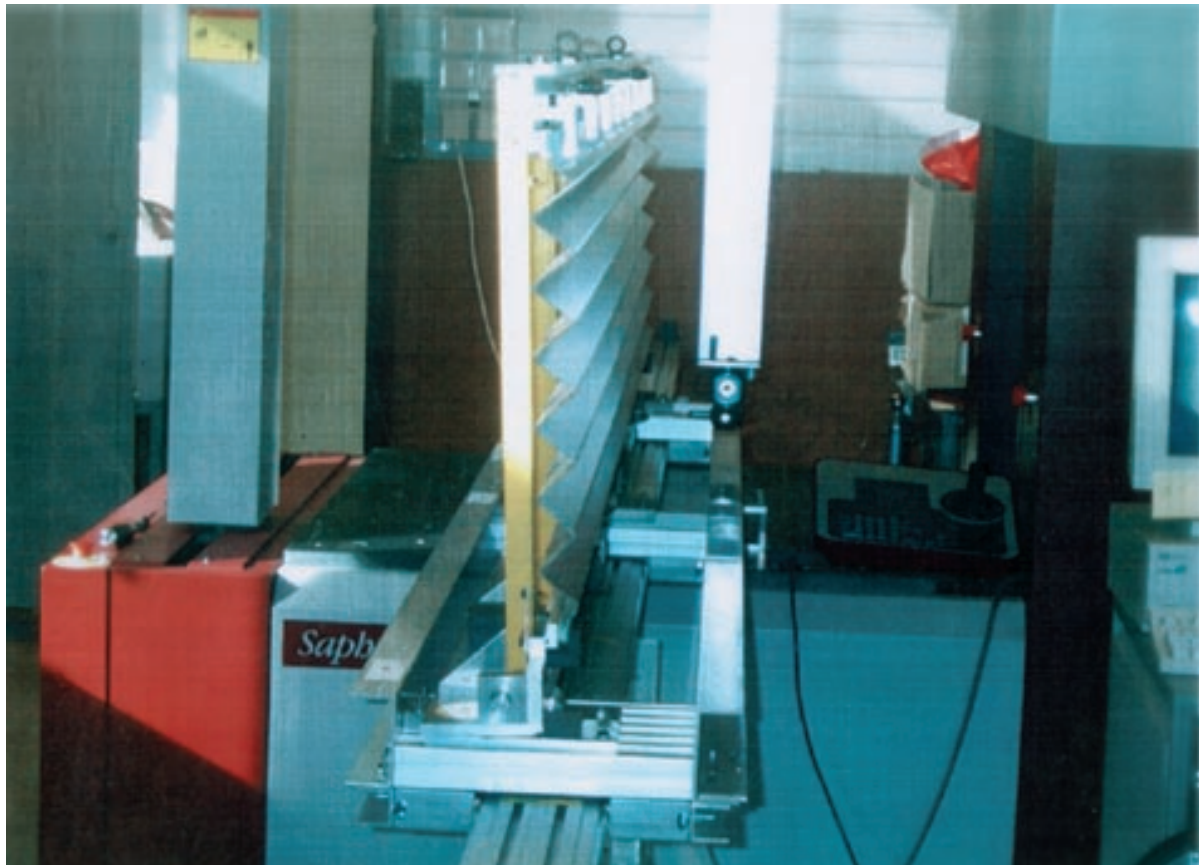


Fig. 1 : Mesure d'un absorbeur du calorimètre de ATLAS sur une machine tri-dimensionnelle

Un des objectifs du calorimètre est une mesure précise des électrons et photons de très haute énergie. Il faut en conséquence réduire le terme constant qui intervient dans la formule donnant l'erreur sur la mesure de l'énergie des gerbes électromagnétiques. Une bonne reproductibilité de la géométrie est indispensable pour minimiser ce facteur critique. Ce terme doit être inférieur à 1% pour répondre aux objectifs de physique d'ATLAS. L'épaisseur des plaques de plomb influe significativement sur cette valeur. Le LPNHE a donc assuré la conception, la fabrication puis l'utilisation de dispositifs de mesure des épaisseurs des plaques de plomb.

Un appareil de mesure par rayons X de l'épaisseur des bandes de plomb sur le laminoir, réalisé en collaboration avec le CEA (générateur de rayons X), a été mis en place lors des productions des 80 tonnes nécessaires dans une entreprise en Allemagne (Rohr). Le système permettait de marquer les plaques et de rejeter les parties hors tolérance. La totalité de la produc-

tion a été réalisée avec succès en 1998.

Une table automatisée de mesure par ultrasons des épaisseurs des plaques, après découpe et usinage, a été mise au point. Elle a une précision de mesure par point de 2 microns. Cette précision a été obtenue après modification complète d'une tête achetée dans l'industrie. Le traitement des mesures (500 points environ par plaque) permet le tri des plaques afin d'optimiser la réponse du calorimètre. La production de série a commencé et le tiers des 5000 plaques a été mesuré sans problème.

Cette table automatisée est complétée par un ensemble de manipulation par ventouses qui évite, de par sa conception, la déformation des plaques. La géométrie des absorbeurs, réalisés à partir de ces plaques comme décrit plus haut, est vérifiée à l'aide d'une machine tridimensionnelle de grande capacité. Les mesures permettent de s'assurer qu'il n'y aura pas de dérive de la géométrie lors de la série (2500 absorbeurs fabriqués par le labora-

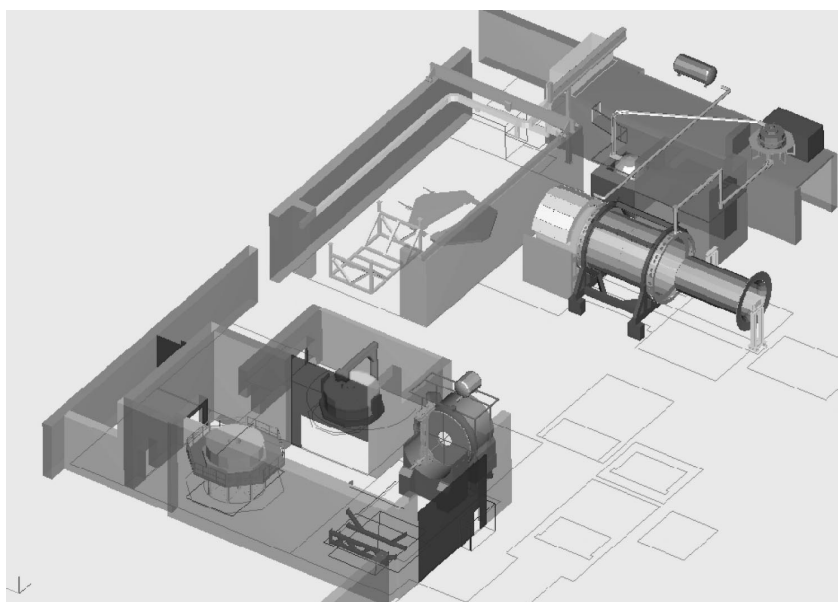


Fig. 2: Vue des zones d'intégration des calorimètres dans le bâtiment 180 du CERN.

toire de l'Accélérateur Linéaire d'Orsay sont à mesurer). Les absorbeurs du module prototype (module zéro) et des absorbeurs de série ont été ainsi mesurés.

Le dessin des électrodes : Les électrodes constituent la partie instrumentée du calorimètre. Les dessins ont été réalisés au laboratoire en collaboration avec le CERN et le LAPP et finalisés en 1998 et 1999. Le suivi des réalisations est assuré chez les industriels. Les machines automatisées de mesure des résistances sérigraphiées, des capacités et des courants de fuite en haute tension ont été réalisées. Huit machines ont été fournies, pour les mesures des électrodes à plat, afin de qualifier le produit dans les entreprises, ou après pliage tant pour le détecteur central que pour les parties bouchons. Ces réalisations sont effectuées en étroite collaboration avec des électroniciens du laboratoire.

Intégration : Depuis le début de 1999, des ingénieurs et AI du bureau d'études ont pris en charge l'intégration du calorimètre central et calorimètres «bouchons» à argon liquide. L'intégration consiste à vérifier les scénarios de montage, à proposer les modifications nécessaires, à allouer les espaces de stockage et de tests. Il s'agit aussi de vérifier que les infrastructures du Hall 180 du CERN et les outillages utilisés permettent le montage des détecteurs dans les cryostats. Ces études se prolongent par l'écriture des cahiers des charges de salles propres complexes et de grandes dimensions, nécessaires lors des montages et tests. L'ensemble de ces études se poursuivra plusieurs années. Ce travail significatif de la mécanique est reconnu par la collaboration au CERN..

Activités annexes

Le service participe à la formation permanente. Un de nos ingénieurs est responsable scientifique de l'école de technologie de l'IN2P3 et intervient dans des formations organisées par le CNRS (calcul de résistance des matériaux et éléments finis, capteurs). Un AI est intervenant dans l'école de technologie. Le service est enfin impliqué dans les tâches d'intérêt général du laboratoire. Un IE est responsable des services généraux et nommé comme ACMO, agent chargé de la mise en œuvre de la sécurité.

D. Imbault

Équipe de mécanique :

P. Beauchet, W. Bertoli,
B. Canton, M. Commerçon,
P. Etienne, P. Laloux,
P. Repain, D. Steyaert.

Informatique

Le groupe informatique du laboratoire a pour mission le bon fonctionnement du réseau local et des équipements qui y sont connectés (300 numéros IP attribués en décembre 1999 sur 2 réseaux de classe C)

L'IN2P3 dispose à Lyon d'une importante infrastructure informatique. Il paraît naturel que localement, les activités du groupe s'organisent de façon complémentaire. Sont effectués sur les matériels du laboratoire les analyses fines, la production des documents graphiques, certains types de simulations. 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. La répartition peut évoluer au gré du temps, des impératifs techniques ou financiers mais il est important de conserver au système la plus grande souplesse possible.

L'équipement du LPNHE est en transformation. Il passe de serveurs Unix traditionnels(HP, Alpha) à une douzaine de serveurs Linux bi-processeurs. Cela correspond à des machines attribuées aux différentes expériences.

La configuration type est de 2 processeurs 400-500 Mhz, avec 256 à 1 Go de mémoire, 40 à 200 Go de disques SCSI

Le but recherché a été d'attribuer un espace disque important aux utilisateurs, espace faisant défaut sur les centres traditionnels de traitement.

Durant l'an 2000 l'équipement classique sera peu à peu abandonné.

L'espace disque approche le Téraoctet et une partie des espaces(HOME) est sauvegardée chaque nuit par un nouveau robot de 200 Go (sans compression). Une des difficultés de cette nouvelle approche réside dans le coté parfois " expérimental " de Linux alors que les utilisateurs souhaitent une certaine stabilité.

L'impératif économique ne laisse guère d'autre choix que de s'adapter.

Les postes de travail évoluent vers des PC Linux pour des raisons de coût, le principal inconvénient étant le temps passé à l'administration de ces machines et le manque de fiabilité des disques. Ces postes ne sont pas sauvegardés.

La situation de la CAO électronique a été stable durant cette période avec la disparition pour cause d'an 2000 de Sun OS. La CAO Mécanique a vu son potentiel de machines augmenter avec une station PWS 500 supplémentaire sous Unix, 2 PC NT et un traceur A0 .

Le laboratoire continue d'offrir aux deux DEA présents(MIP et Grands Instruments) un support informatique dans une partie de la gestion du parc. Le groupe participe également aux enseignements informatiques de ces formations.

Dans les années 1997-1999 le laboratoire a été raccordé à l'Internet via le réseau Jussieu à cause de la disparition du réseau propre de l'IN2P3. Le début de l'année 2000 verra la reconstruction d'un réseau privé virtuel qui profitera de la souplesse de la technologie ATM utilisée par Renater II. Ceci présente l'avantage d'une plus grande qua-

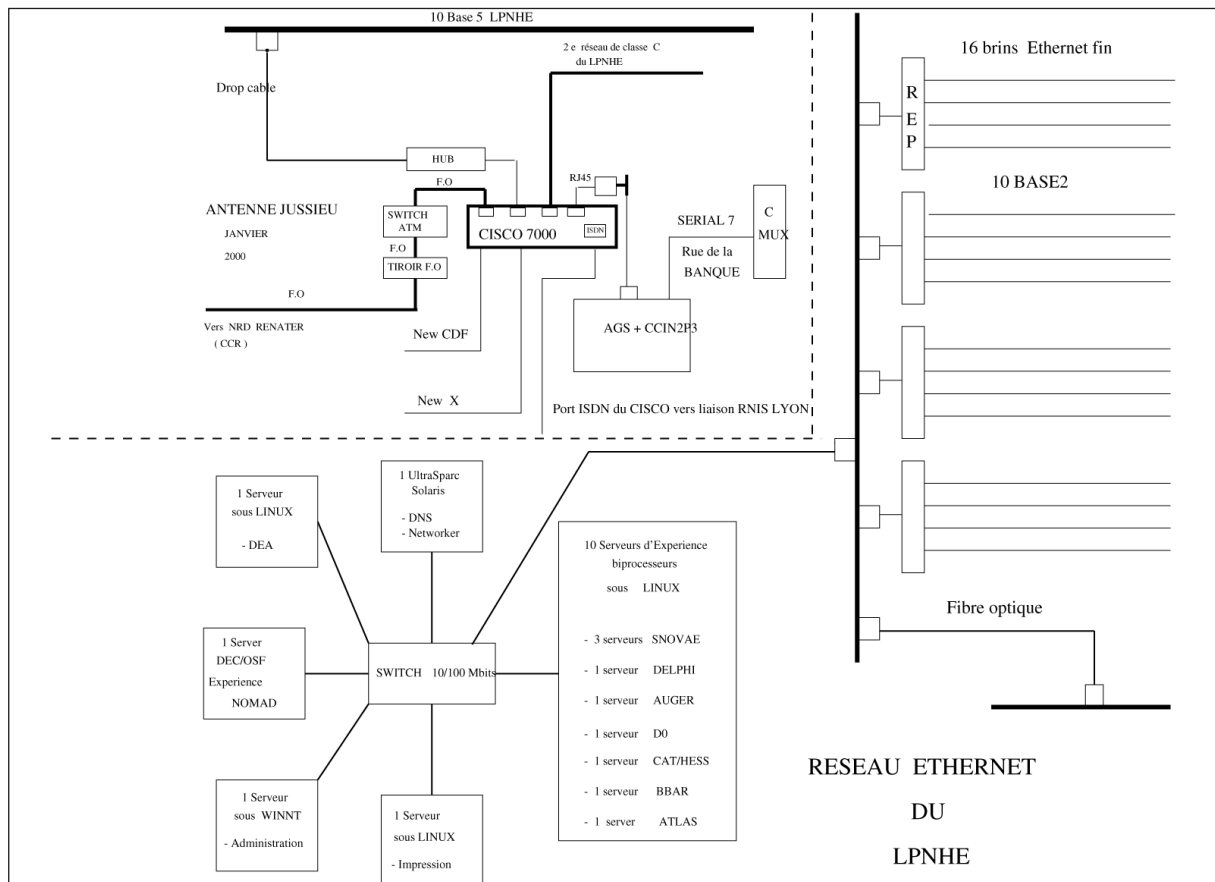


Fig. 1: Réseau du LPNHE

lité de service et d'une bande passante dédiée.

Cette nouvelle situation place le LPNHE au centre du réseau de l'IN2P3 dont, bien entendu, le contrôle reste entièrement sous la responsabilité du Centre de Lyon.

Réseau local

Le réseau local est utilisé à la limite des ses possibilités (backbone Ethernet) et son évolution vers une fédération d'étoiles est impérative compte tenu de la croissance du nombre d'équipement. Ce sera un des objectifs prioritaires de l'an 2000.

Le développement d'applications et l'activité de programmation des informaticiens du laboratoire sont traités dans chacune des expériences présentes.

L'Administration a maintenant une structure moderne à base de serveur NT et de clients mac-intosh, Ne subsistent plus que des power-mac, Imac et un serveur G3.

J. Portès

Informatique générale :

N. Bouhaddad, J-L. Gorrard, A. Paraiso, P. Warin-Charpentier, A. Berrouachédi

Soutien aux expériences :

F. Astesan, H. Delchini, O. Durant, J-F. Huppert, E. Lebreton, L.. Martin, Z.. Strachman.

Relations avec l'industrie

Les détecteurs nécessaires à la physique des particules poussent la technologie à ses limites. Pour le LHC, la saisie des informations provenant des capteurs implique une électronique compacte dont les performances sont parmi les meilleures actuellement disponibles. Cette électronique doit pouvoir résister au fort taux de radiations qui seront présents au LHC. Un chercheur du laboratoire (A. Savoy-Navarro) s'est engagé dans un projet ESPRIT de la Communauté Européenne pour aborder une partie du problème. Ce projet ESPRIT, appelé SUMMIT (Silicon Substrate Multichip Modules for Innovative products), associe le LPNHE et l'IPN de Lyon à des centres de recherche en micro-électronique: CNM (Espagne), NMRC (Irlande) et l'ETH-Zurich et des industriels THOMSON-CSF/DETEXIS, DICRYL (Espagne), SIBET GbmH (Allemagne).

La contribution de l'IN2P3 s'est portée sur la conception d'un démonstrateur, son dessin et les tests de fonctionnalité. Ce prototype de lecture numérique rapide comprend le circuit LNCP-VFE52, développé par M. Goyot à l'IPN de Lyon, préamplificateur rapide, bas bruit à très faible dissipation et bonne tenue aux radiations en technologie bipolaire UHF1 Harris, et un convertisseur A/N rapide de 12 bits, AD9042 de ANALOG DEVICE. Réalisée pour la première fois, cette mise en technologie MCM d'un prototype de lecture rapide, s'avère prometteuse quant à ses performances, y compris en matière de bruit. Les applications de cette technologie pour les futures expériences de hautes énergies, l'in-

dustrie ou l'imagerie médicale sont à l'étude.

Incubation d'entreprises :

La compréhension des détecteurs pour l'astronomie gamma de très haute énergie nécessite la simulation du développement des gerbes dans la haute atmosphère. Il faut une grande puissance de calcul. Un ingénieur du laboratoire (H. Delchini) a conçu un système de calcul parallèle relativement bon marché. Cela l'a conduit, en association avec MOTOROLA, à lancer INUP une START-UP pour exploiter industriellement son idée. Le laboratoire a mis son infrastructure à la disposition de cet ingénieur et a obtenu un soutien financier de la part de l'IN2P3.

INUP (<http://www.inup.com>) est un distributeur de systèmes informatiques destinés aux fournisseurs d'accès Internet (provider) et également aux entreprises qui souhaitent construire un Intranet (réseau d'informations internes utilisant les protocoles TCP/IP pour le transport d'informations et les Navigateurs Netscape ou Internet Explorer) comme moyens de visualisation.

Ces deux programmes ont obtenu un fort soutien des autorités de tutelles. La direction du laboratoire, plus orientée ancienne économie, y a apporté un soutien plus modéré.

M. Banner

Vie du laboratoire

Enseignement, formation scientifique et technique

Enseignement supérieur

Formation permanente

Stages

Visiteurs étrangers et échanges

Informations générales et administration

Services administratifs

Travaux d'aménagement

Activités internes et externes

Réunions du vendredi

Biennale du LPNHE

Journées et manifestations diverses

Enseignement, formation scientifique et technique

L'Enseignement Supérieur et le LPNHE

Unité de Recherche mixte CNRS-Universités Paris 6 et Paris 7, notre laboratoire est fortement impliqué dans l'Enseignement Supérieur à tous les niveaux. D'abord plus de la moitié des chercheurs permanents (une vingtaine) sont Professeurs ou Maîtres de Conférences dans l'une des deux Universités. Ces dernières années ont vu un apport de sang neuf appréciable grâce au recrutement de jeunes Maîtres de Conférences. Nous avons accueilli en outre plusieurs ATER, et plusieurs thésards étaient moniteurs.

En plus des enseignements de Physique Générale en 1er et 2e Cycle, notre laboratoire est fortement impliqué dans trois DEA cohabilités par Paris 6 et Paris 7 et d'autres établissements.

- "Physique et Technologie des Grands Instruments" (avec l'École Polytechnique et Versailles), dont B. Grossetête a été l'un des fondateurs. Ce DEA porte sur les technologies liées aux faisceaux de particules et d'ions : accélérateurs mais aussi lasers de puissance, générateurs de rayonnement synchrotron, tokamaks. Il a pour but de former des physiciens-ingénieurs. Certains

des cours sont donnés dans les locaux du LPNHE.

- "Champs, Particules, Matière" (avec Orsay et l'INSTN du CEA). Ce DEA, orienté essentiellement vers la formation de chercheurs, donne une formation en physique des particules, physique nucléaire et dans des domaines collatéraux liés à la physique subatomique "traditionnelle" soit par des techniques expérimentales (astrophysique des particules) soit par des convergences conceptuelles des méthodes théoriques (physique de la matière condensée).

- "Modélisation et Instrumentation en Physique" (créé en 1995) par Paris 6 et Paris 7, Orsay et le CEA de Saclay, sous la responsabilité de M. Baubillier. Le laboratoire y joue un rôle pilote : participation d'enseignants-chercheurs et d'ingénieurs, travaux pratiques, salle de micro-ordinateurs en réseau, séminaire hebdomadaire d'intérêt général. Ce DEA est orienté vers l'insertion professionnelle dans le domaine des capteurs, lasers et des détecteurs (y compris ceux de physique nucléaire et corpusculaire). Sur une quinzaine d'étudiants par an, une bonne moitié prépare une thèse dans divers laboratoires dont le CERN. Le DEA MIP fait partie de deux écoles doctorales, "De la particule au Noyau, modélisation et expé-

rience" (Paris 6) et "Rayonnement et Environnement" (Paris 11).

Notons que des chercheurs et ingénieurs du CNRS enseignent à l'Université (dans les DEA) , ainsi que dans des Écoles d'Ingénieurs (dont Polytechnique).

La Direction de l'UFR 925 (regroupant l'ensemble de la Physique) est actuellement assurée par un Professeur du laboratoire, M. Baubillier.

[P. Billoir](#)

Formation permanente

Le laboratoire accorde une grande importance à la formation de ses personnels. Indépendamment des bénéficiaires individuels que chacun peut en retirer, il s'agit d'une nécessité pour maintenir le bon niveau technologique indispensable à l'avenir de la communauté.

Les formations suivies pendant les années 1998 et 1999 vont des stages, écoles ou cours organisés par l'IN2P3, les délégations du CNRS ou les universités, à des formations plus ou moins individuelles, dispensées par des organismes extérieurs et nécessitées par des situations ponctuelles auxquelles il faut faire face.

Le nombre de formations x nombre d'agents formés a été de l'ordre de 150 pendant les deux années (1998-1999).

Stages de formation :

Les stages de formation ont concerné tous les domaines d'activité du laboratoire.

Informatique : En ce qui concerne les réseaux et systèmes, 3 per-

sonnes ont suivi 30 jours de stage. En outre, la délégation Paris B du CNRS a financé, pour 4 personnes, pendant 3 jours, une formation spécifique liée à l'utilisation d'une machine pour les sauvegardes de fichiers

Pour ce qui est du domaine des logiciels et des langages, la délégation Paris B du CNRS a permis, d'une part, l'initiation pour 3 personnes, pendant 5 jours, aux bases de données Orientées Objet, d'autre part, l'organisation conjointe avec le Collège de France d'une formation au C++ qui a accueilli 2 fois 15 personnes durant 5 jours. 2 personnes ont, de plus, participé à un stage JAVA, de 5 jours, organisé par la délégation Ile-de-France sud à Gif.

Mécanique (CAO, matériaux) : 7 personnes ont bénéficié de 85 jours de formation auxquels il faut ajouter un stage pour 2 personnes pendant 5 jours, financé par la délégation Paris B du CNRS, dédié au travaux en salles hors contamination. Un mécanicien a également profité, dans le cadre de la formation des personnels IATOS des établissements d'enseignement supérieur, de 42 h de découverte de l'électronique et de l'informatique.

Electronique (conception de circuits, CAO) : 8 personnes ont assisté à 35 jours de formation

Administration (gestion, communication, management, préparation aux concours.) : 9 personnes ont assisté à 45 jours de formation.

Au titre de l'hygiène et la sécurité, 3 personnes ont assisté à 5 jours de formation

Langues : 3 personnes ont suivi des cours d'anglais et 6 des cours d'espagnol.

Écoles thématiques :

24 agents du LPNHE ont participé à 14 écoles thématiques organisées par l' IN2P3. Un ingénieur a poursuivi, durant ces deux années, une formation longue en informatique au CNAM.

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 Patrick 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. Patrick Nayman et Christian de la Vaissière interviennent dans les cours de cette école.

Didier Imbault est, quant à lui, responsable scientifique de *l'école de technologie* de l' IN2P3 qui a eu lieu pour la première fois en 1997 et qui elle aussi a été reconduite chaque année. Il s'agit dans cette école d'élargir et d'actualiser les connaissances en technologie, en organisation de la conception et de la planification des ingénieurs et projeteurs de bureau d'étude dans les domaines des matériaux et de la mécanique, des assemblages, de la productique, de la cryogénie et des salles blanches.

Par ailleurs, trois stages de mécanique ont été montés sous la direction de Didier Imbault: l'un organisé par l' IN2P3 en novembre 1999 (*Mise en œuvre des capteurs mécaniques*) ; les deux autres orga-



nisés par la délégation de Gif du CNRS (*Calcul de base en résistance des matériaux, utilisation du logiciel ACORD*).

Fig 1 : Photo de groupe de l'école de technique de base des détecteurs (Aussois, décembre 1999)

En 1999, à l'initiative du laboratoire, L' IN2P3 a décidé de lancer une école thématique d' instrumentation en physique subatomique intitulée «*du détecteur à la mesure*». La première session de cette école est prévue en décembre 2000 sous la responsabilité scientifique d' Alain Castera.

[O. Hamon](#)

Stages

De part sa situation centrale dans Paris et dans un campus scientifique, le laboratoire attire de nombreux jeunes en formation. C'est au total 25 en 1998 et 30 en 1999 qui ont passé chez nous au moins quelques semaines. La plupart sont des étudiants : pour ceux qui sont en DEA, c'est le plus souvent le début d'un travail de thèse, ou une initiation à la recherche expérimentale (jugée utile par le DEA de Physique Théorique, par exemple) ; les plus

nombreux (il n'a pas été possible de satisfaire tout le monde !) viennent d'une licence ou d'une maîtrise, le plus souvent à Paris VI ou Paris VII, dans le cadre d'un stage intégré au cursus ou simplement conseillé. Il y a enfin les techniciens ou ingénieurs en formation, en Électronique, Informatique ou Mécanique, qui effectuent une tâche utile à la fois au laboratoire et à leur propre formation professionnelle.

Nous contribuons ainsi à une diffusion de notre savoir-faire scientifique, à la fois sur le plan des connaissances dans notre domaine, et celui du savoir-faire technologique qui permet de les construire

[P. Billoir](#)

Visiteurs étrangers et échanges

Le LPNHE possède une tradition d'accueil de visiteurs étrangers. Il a accueilli durant les années 1998-99, 7 visiteurs étrangers - 3 russes, un canadien, un américain, un arménien, un suédois, pour un total de 24 mois-chercheurs et professeurs invités. Outre ces visiteurs étrangers, un jeune doctorant d'origine pakistanaise, a soutenu sa thèse en 1999.

Par ailleurs un jeune physicien espagnol bénéficie depuis septembre 1998 d'une bourse européenne Marie Curie pour travailler dans le groupe BABAR du LPNHE.

[Conventions d'échange avec des laboratoires étrangers](#)

Le LPNHE a bénéficié de conventions d'échange avec des laboratoires étrangers, dans le cadre d'accords organisés par l'IN2P3.

- Dubna (NOMAD) : Cette convention implique du côté français le LAPP d'Annecy et le LPNHE. Elle a permis de recevoir un physicien russe 80 jours en 1998 et 90 en 1999. Le responsable au laboratoire est F. Vannucci.

- PICS-399 avec Dubna (DELPHI):

En 1999 s'est terminée une convention de Programmes Internationaux de Coopération Scientifique (PICS). Cette convention a permis à deux physiciens russes de Dubna de contribuer à l'analyse de la physique $\gamma\gamma$ à LEP200 dans le cadre de l'expérience DELPHI (3 mois en 98 et 15 jours en 99). Le responsable au laboratoire est F. Kapusta.

- Valencia (DELPHI) :

Les échanges avec l'Université de Valencia qui avaient débuté en 1991 se sont terminés en 1998 avec la fin des analyses LEP100. En 1998 ils ont porté sur 7 jours-chercheurs du côté espagnol et 5 du côté français. La collaboration a permis à un jeune doctorant valencien de soutenir une thèse portant sur le rapport de désintégrations semileptoniques des quarks b, mesure dont l'intérêt est d'être peu dépendante de simulations Monte-Carlo. Le responsable au laboratoire est Ch. de la Vaissière.

C'est à cette collaboration que nous devons d'avoir accueilli le jeune physicien espagnol mentionné plus haut, après une thèse portant sur une mesure très précise du taux de désintégration du Z^0 en quarks b.

[Ch. de la Vaissière](#)

Informations générales et administration

Le laboratoire comprend 26 chercheurs CNRS, 22 enseignants-chercheurs appartenant aux Universités Paris-VI et VII, 6 boursiers et 2 visiteurs étrangers, soit au total 55 personnes au 1er janvier 2000. L'administration et les services généraux sont composés de 12 personnes. Le service technique est formé de 14 ingénieurs et techniciens en électronique, 11 informaticiens et 9 mécaniciens, et un ingénieur en instrumentation. Le directeur est assisté d'une secrétaire de direction qui assure également la gestion scientifique des chercheurs, ainsi que la gestion administrative des visiteurs étrangers.

De 1998 à 1999, neuf ITA ont quitté le laboratoire, trois ont fait valoir leur droit à la retraite et cinq

ont été recrutés. Dans le corps des physiciens, trois départs à la retraite, un changement de laboratoire ont été compensés, en sens inverse, par l'intégration de 2 chercheurs CNRS et de trois enseignants-chercheurs.

Durant cette période, sept thèses ont été soutenues et actuellement, le laboratoire accueille six doctorants. Les principaux postes budgétaires sont représentés sur la fig.1.

On trouvera sur la fig. 2 l'organigramme résumant le fonctionnement du laboratoire. Le laboratoire est doté depuis 1994 d'un conseil scientifique de sept physiciens (3 nommés et 4 élus), d'un ingénieur nommé et d'un membre extérieur. Ce conseil scientifique a pour fonc-

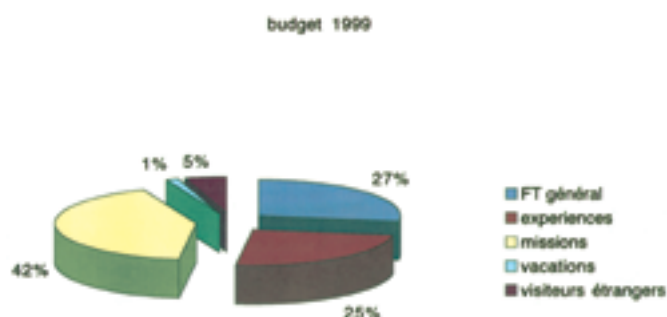


Fig 1 : Répartition des principaux postes budgétaires.

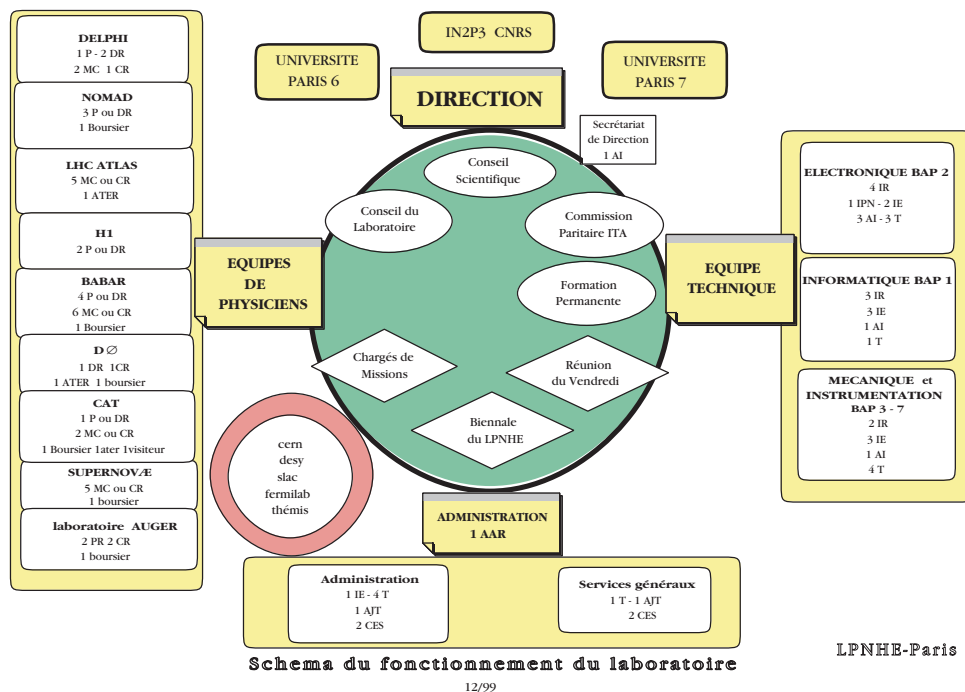


Fig. 2 : Organisation générale du laboratoire

tion d'examiner les nouveaux projets et d'assurer le suivi du programme scientifique.

tion d'un groupe de théoriciens plus axés sur la phénoménologie.

[M. Banner](#)

En 1998, la réorganisation de la physique Théorique sur le campus d'Orsay a entraîné le fait qu'un certain nombre de théoriciens du laboratoire LPNHE de Jussieu se sont retrouvés sans affectation. La majorité d'entre eux sont des phénoménologues. Sous la direction de Monsieur Vautherin, ils ont souhaité créer un groupe de phénoménologues sur le campus de Jussieu. Le laboratoire a encouragé cette initiative. A cet effet, en accord avec la direction de SPM et de l'Université Paris VI, le LPNHE a intégré, jusqu'au prochain plan quadriennal les 6 théoriciens concernés dans son laboratoire. En parallèle, L'Université Paris VI a constitué en 1999, un groupe d'expert pour essayer de trouver une solution au problème de la constitu-

Services administratifs

L'administration, au service du laboratoire, assure les tâches suivantes :

- la gestion des missions avec un responsable scientifique ;
- la gestion des commandes, factures, marchés, importation et exportation de matériel ;
- la gestion administrative des personnels ITA titulaires et temporaires;
- la gestion de la bibliothèque sous la responsabilité d'un physicien ;
- le soutien administratif au DEA «Modélisation et Instrumentation en Physique».

Le service contribue au bon fonctionnement du laboratoire en assurant : le soutien logistique de l'organisation des séminaires et autres manifestations, l'édition de rapports internes et la reprographie de documents, une assistance aux relations extérieures et à la communication. Pour effectuer toutes ces tâches dans de bonnes conditions, chaque membre du personnel administratif est doté d'un micro-ordinateur relié au réseau ETHERNET du laboratoire.

Gestion du budget

L'interface avec les services centraux de l'IN2P3 a été réalisée et fonctionne maintenant de façon satisfaisante.

La «Nouvelle Approche Budgétaire et Comptable» de gestion universitaire (système NABUCO) devra être mise en place dès l'an 2000 pour les unités dépendant de l'Université Paris VII. Le personnel devra fournir un effort d'adaptation à ce nouveau logiciel de gestion.

Le problème de l'inexistence d'une passerelle entre XLAB et NABUCO, mérite d'être souligné. En effet, si aucune solution satisfaisante n'est trouvée et adoptée, les unités se trouveront dans l'obligation d'effectuer des doubles saisies dans XLAB et NABUCO.

Services généraux

Ils assurent la poursuite de la réfection des bureaux et pallient à tout problème rencontré dans les locaux.

Par contre, le nettoyage des locaux n'est plus assuré par des CES. En effet, un marché a été passé avec une société qui, désormais, assure l'entretien ménager des locaux de l'unité.

E. Méphane

RÉPARTITION DU PERSONNEL ADMINISTRATIF :

Accueil : A. Frua-Bernard

Assistante de direction : J. Jos

Bibliothèque et édition : M.Foiret, N.Boniface puis M.Faivre

Commandes et factures: A. Depauw, S. Gorrand

Missions : M. Brissard

Relations extérieures , DEA : I.Cossin

Secrétariat : C. Vinet

Travaux d'aménagement

Après le réaménagement d'une partie des locaux du LPNHE réalisé de 1991 à 1993, il était indispensable de moderniser les parties n'ayant pas été traitées. Au cours des années 1998 et 1999 des travaux de réfections de bureaux et d'installation électrique ont été effectués. En particulier la distribution électrique de l'atelier mécanique et des pièces attenantes a été entièrement refaite en 1999 grâce à un budget spécifique attribué par l'IN2P3. Dans le même temps, un atelier pour le personnel de l'entretien a pu être créé dans des locaux précédemment utilisés en réserve. Des travaux d'électricité, de peinture et de ventilation ont été effectués pour permettre cette nouvelle utilisation. La réfection de bureaux a été continuée au cours des années 1998 et 1999. Elle concerne l'électricité, le téléphone, le câblage informatique, la peinture et le revêtement de sol. Ces travaux ont été réalisés par le personnel du Laboratoire.

En 1998 un accord entre l'Université Pierre et Marie Curie, le Centre de Calcul de l'IN2P3 (CCIN2P3) et le LPNHE a permis que le Laboratoire utilise une partie des locaux que le CCIN2P3 conservait sur le Campus depuis son déménagement à Lyon. Les locaux de cette Antenne étaient contigus à ceux du Laboratoire. Un réaménagement léger y a été réalisé avant cette nouvelle utilisation.

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.

Au cours de ces deux années

l'accent a été mis sur la mise en conformité des machines-outils et de l'installation électrique de l'atelier mécanique. Les machines outils de la mécanique, de l'électronique et de l'entretien ont été rendues conformes en 1998 suivant le Plan de Mise en Conformité établi en 1996. La distribution électrique de l'atelier mécanique a été refaite entièrement en 1999 permettant d'assurer un travail sur machines-outils suivant les règles de sécurité requises.

Un travail de conseil a été apporté au groupe Atlas pour que les appareillages conçus par le Laboratoire soient conformes aux Directives Européennes en matière de sécurité. Ces appareils de mesure de l'épaisseur du plomb, de contrôle des absorbeurs, de contrôle des électrodes et les appareils de maintenance correspondant ont tous fait l'objet d'un contrôle de mise en service effectué par un organisme agréé (APPAVE).

L'onduleur des locaux de l'Antenne du CCIN2P3, assurant une autonomie électrique en cas de coupure, a été transféré dans le local de distribution électrique (TGBT) du LPNHE après avoir effectué les modifications de la ventilation permettant de satisfaire les règlements de sécurité.

B. Canton

N. Pavel, S. Machecourt .

Réunions du Vendredi

Les réunions du vendredi sont un élément unique de la vie du laboratoire. Depuis leurs débuts, ces réunions hebdomadaires, auxquelles est invité tout le personnel, permettent une communication directe entre les différentes expériences, les chercheurs, les ITA ainsi que la direction.

Le début de chaque réunion est consacré à des questions diverses et à des informations d'intérêt général.

Dans le cadre de ce forum, la direction fait part au personnel des décisions prises au CNRS et à l'IN2P3, aux Universités. Des discussions ont lieu sur l'avenir de la discipline ou des institutions, comme récemment sur la constitution d'un GIP et d'une réforme du CNRS. De même les membres du laboratoire appartenant à différents conseils et commissions dressent un compte-rendu de leurs activités lors des séances auxquelles ils ont assisté. En sens inverse, ils peuvent faire part à ces organismes des opinions exprimées au sein du laboratoire. Parmi les sujets concernant la vie interne du laboratoire, figure par exemple le déménagement prévu de l'Université Paris VII à Tolbiac avec la création d'un laboratoire d'Astroparticules.

Cette première partie est suivie, d'un exposé soit sur un thème de physique, un compte-rendu d'une conférence, une réalisation technique ou le bilan d'activité d'un service.

Finalement la réunion du vendredi est aussi un forum pour les «jeunes», puisque les doctorants y ont l'occasion de présenter leur travail devant un public extérieur à leur expérience. Leurs exposés contribuent à un suivi des travaux de thèse. De même chaque année, des séances de présentation sont organisées pour des candidats (extérieurs au LPNHE) à un poste de chercheur ou d'enseignant. Ces présentations permettent d'établir un premier contact avec le laboratoire pour lequel ils postulent.

[U. Bassler](#)

Biennale du LPNHE

Selon une tradition maintenant bien établie, la plupart des chercheurs, enseignants et I.T.A du laboratoire se sont retrouvés pour trois jours (du 15 au 18 septembre 1998) de rencontres organisées ou informelles, dans un cadre très convivial : l'Eurovillage VVF d'Obernai situé entre la route des vins d'Alsace et le chemin des pèlerins du Mont Sainte Odile. Il s'agissait de passer en revue aussi bien les expériences en cours et en projet que tous aspects de la vie du laboratoire, en prenant plus de recul qu'à nos réunions hebdomadaires. Des pages vont être tournées (LEP, HERA), d'autres s'ouvrent (BABAR, DØ) ; l'effort de longue haleine continue sur le LHC (ATLAS) ; l'astrophysique des particules s'affirme (CAT, Supernovae, AUGER) ; les neutrinos continuent



Fig 1 : Biennale du laboratoire de Obernai, septembre 1998. Une assistance attentive.

à nous concerner (NOMAD et projets futurs). L'avenir plus lointain des collisionneurs est aussi envisagé.

Le premier jour, après les nouvelles de l'été apportées par le Directeur, on a parlé de projets en astroparticules (HESS pour l'astronomie gamma, par P. Vincent, et AUGER pour les rayons cosmiques d'énergie ultime par M. Boratav et P. Billoir). Le lendemain, on a fait le point sur différents aspects de la Physique au LEP (oscillations de B0 par X. Moreau), interactions photon-photon par J. Fayot, avenir des "searches" par M. Baubillier) ; on a parlé des projets sur les collisionneurs hadroniques existants (H1 2000 par E. Barrelet, DØ au Tevatron par U. Bassler) puis de l'état des lieux dans BABAR (J. Chauveau, S. Versillé, L. Martin) et dans ATLAS (Ph. Schwemling). D. Vautherin a présenté le groupe "phénoménologie" qui souhaitait être hébergé administrativement par le laboratoire en attendant un point de chute définitif. L'après-midi du mercredi et la matinée du jeudi, ont permis de passer en revue les aspects plus techniques de la vie de la maison comme la nôtre, exposés

par un responsable de l'activité mais aussi par une personne extérieure : l'informatique (J. Portès, P. Astier), la mécanique (P. Schuh, D. Imbault), l'Administration (D. Imbault, P. Schuh), l'électronique (H. Lebbolo). Ceci nous a amené à une journée-débat animée par M. Crozon, où les atouts et les difficultés du laboratoire ont été débattus librement et constructivement. Le dernier jour, après les derniers exposés sur NOMAD et les autres expériences neutrinos (J. Dumarchez, F. Vannucci), et les futurs accélérateurs (F. Kapusta), M. Banner a fait le bilan de ces journées et proposé une prospective.

Notons aussi une soirée instructive sur notre milieu, à propos de l'histoire et de la sociologie de la physique des Particules (M. Crozon), ainsi que l'émergence des thésards en tant que groupe ayant ses propres préoccupations et souhaits.

[P. Billoir](#)

Journées et manifestations diverses

L'Amphithéâtre «Bernard Grossetête» situé dans les locaux du LPNHE des universités Pierre et Marie Curie (Paris 6) et Denis Diderot (Paris 7), a accueilli de plus en plus de visiteurs au cours des années 1998 et 1999.

De nombreuses manifestations s'y sont déroulées. Parmi elles, nous pouvons signaler la «Rencontre entre les théoriciens et les expérimentateurs sur le thème de la Physique des Hautes Energies» qui s'est déroulée au LPNHE du 14 au 16 janvier 1998, en collaboration avec le LPTHE de l'Université Paris 6.

Un atelier sur «l'Avenir de la physique du neutrino» pour les équipes françaises a été organisé les 22, 23 et 24 avril 1998 avec des physiciens du LPNHE, du LPC (Collège de France), du CEA (Saclay) et du LAL (Orsay).

En 1999, le LPNHE a été chargé de l'organisation d'un colloque sur le GDR (Groupement de Recherche) SUSY regroupant les laboratoires de l'IN2P3, du SPM et de l'INSU) qui s'est tenu du 29 novembre au 1er décembre 1999, en collaboration avec le LPTHE de l'Université Paris 6.

Au cours des années 1998 et 1999, de nombreuses réunions de collaboration (nationales et internationales) concernant les expériences dans lesquelles est impliqué le LPNHE se sont tenues dans l'amphithéâtre Bernard Grossetête. Nous pouvons signaler la réunion de collaboration internationale sur "l'Analyse de tests en faisceaux" en 1998 à laquelle participaient l'équipe

ATLAS du LPNHE, le CERN, le LAPP et le BNL (USA). L'IN2P3 et le CNRS y ont également organisé de nombreuses réunions (Conseils Scientifiques, réunions d'Administratifs, concours).

Le LPNHE accueille des laboratoires des Universités Paris 6 et Paris 7 organisant des colloques ou conférences ou débats ne concernant pas forcément notre discipline. Le 13 janvier 1999, l'Université Paris 7 a organisé un colloque dont le sujet était : Samuel Beckett, «l'écriture et la Scène»... Une journée d'étude sur l'Interface «Biologie Structurale» organisée par les UFR de Sciences de la Vie, de Physique, de Chimie et de Médecine s'est tenue au LPNHE le mardi 18 mai 1999.

Nous avons eu l'honneur d'accueillir Madame Marie-George BUFFET, Ministre de la Jeunesse et des Sports, qui a présidé le 4 mai 1999 un débat sur le " Dopage " en milieu sportif, organisé par le service des Sports de l'Université Paris 7 en présence d'athlètes français de haut niveau.

Pour conclure, de nombreuses thèses et habilitations à diriger des recherches ont été soutenues dans l'amphithéâtre Bernard Grossetête.

Les séminaires conjoints LPNHE-LPCC-Collège de France s'y tiennent régulièrement, ainsi que la réunion hebdomadaire du laboratoire.

L'amphithéâtre Bernard Grossetête est très apprécié pour sa situation géographique, pour son confort et l'accueil qui est réservé à ses utilisateurs.

J.Jos

Diffusion de l'information scientifique

Diffusion des connaissances

Séminaires PCC/LPNHE

Séminaires donnés à l'extérieur

Communications à des conférences

écoles

Thèses

Diffusion des connaissances

Diffuser les connaissances acquises grâce aux recherches effectuées constitue une des missions de l'IN2P3. Les physiciens du laboratoire ont toujours été actifs pour essayer de rendre accessible au plus grand nombre les avancées qui ont marqué la discipline : participation à des expositions et commémorations, articles dans des revues de vulgarisation, conférences, actions auprès de l'Éducation Nationale, films de Télévision.

Semaine de la Science

Le laboratoire participe depuis plusieurs années aux journées de la «Science en Fête», intitulées depuis 1998 «Semaine de la Science». Les journées du 10 et 11 octobre 1997 avaient déjà accueilli près de 300 visiteurs. En 1998 des partenariats ont été développés avec le tissu éducatif (enseignement secondaire, IUFM, et écoles d'ingénieurs) et culturel (Société Française de Physique, Centre de Vulgarisation de la Connaissance, Mairie de Paris). Grâce à ces contacts et au label «Semaine de la Science Ile-de-France», le nombre de nos visiteurs a doublé (600 personnes). Du côté scolaire, 140 élèves en 1998 et 430 élèves en 1999 sont venus pour visiter le laboratoire. Le nombre de visites de collégiens au LPNHE-Paris a ainsi augmenté de 75% depuis 4 ans.

Nous abordons au fil des années différents aspects de la discipline. Le titre des journées portes ouvertes 1998 était «Comment remonter à la Naissance de l'Univers? ». Les journées de 1999, « Sur les traces de l'infiniment petit », portaient

sur les méthodes de détection anciennes et actuelles. Grâce à la collaboration du DAPNIA, nous avons pu remonter une table de scanning et ainsi montrer des clichés historiques de la chambre à bulles GARGAMELLE. Ceci a constitué un des clous de la manifestation. Par ailleurs, des ateliers de mécanique, électronique, robotique animés par des ingénieurs du laboratoire ont été proposés. Des panneaux explicatifs des différentes expériences du laboratoire, un logiciel éducatif ainsi que les visualisations graphiques de collisions de particules ont servi de support aux visites guidées conduites par les physiciens. Enfin diverses conférences ont attiré un public important.

Le succès de cette manifestation doit beaucoup à l'esprit d'initiative de Mme. I. Cossin et à une implication importante de l'ensemble du laboratoire pour l'installation, l'accueil et la présentation pédagogique.

Actions dans les lycées et conférences

L'IN2P3 a mis en place en 1997 le programme de conférences NEPAL destiné aux terminales et classes de première. Plusieurs conférences ont



Fig. 1 : Semaine de la Science 1999 : à gauche, mise au point de la projection de clichés de la chambre à bulles GARGAMELLE ; à droite, la relève vient s'initier à l'infiniment petit.



été données en 1998-1999 grâce au concours non seulement de physiciens seniors (F.Vannucci, J. Dumarchez, Ch. de la Vaissière), mais de jeunes docteurs ou doctorants (B. Laforge, X. Moreau, S.Fichet, C.Lachaud, X.Bertou). D'après les échos recueillis, nos jeunes conférenciers ont su faire passer leur passion pour la recherche.

[Articles, Livres, films et médias](#)

L'astroparticule a été à l'honneur avec en particulier les résultats de l'expérience Supernovæ qui suggèrent que l'univers le plus lointain s'éloigne plus vite que prévu. M.Boratav, R.Pain, F.Vannucci et de jeunes chercheurs (S.Fabbro, D.Hardin) sont intervenus lors d'émissions à la radio et à la télévision.

P. Billoir, professeur à Paris-VI, a collaboré jusqu'en février 1999 à «La Recherche» où il tenait la rubrique «neurologies»

Deux de nos Directeurs de Recherche maintenant émérites au CNRS continuent de faire bénéficier le LPNHE de leurs multiples activités. Michel Crozon a été chargé par le président de la Cité des Sciences et de l'Industrie de mettre en place un Comité International d'évaluation des productions de la Cité. Il est par ailleurs membre du Comité d'administration de CNRS-éditions et du comité «Science et Citoyen» du CNRS. Il a encore publié plusieurs ouvrages et articles très appréciés.

Jeanne Laberrigue-Frolow continue de contribuer à l'écriture et à la réalisation de films pour la télévision. Après «Surprise de la matière», film diffusé sur la 5ème chaîne en 1998, elle vient de terminer «Virgo

et la sentinelle» (réalisateur J.N. Cristiani) film sur l'interféromètre destiné à détecter les ondes gravitationnelles. En décembre 99, elle a participé à une prise de vues de «Sur les traces de Marie Curie» film japonais du producteur Takao Sunagawa. Elle travaille à la préparation d'un colloque sur Frédéric-Joliot Curie.

Enfin, à la suite des célébrations du Centenaire de la découverte, Ch. de la Vaissière, J.Laberrigue-Frolow et Y.Sacquin du DAPNIA travaillent à la mise en place d'un site internet consacré à la radioactivité. Une première version serait présentée lors d'une exposition qui se tiendra au Palais de la Découverte, à Milan et Wiesbaden en novembre 2000, avec pour titre «La Radioactivité dans l'Univers»

Il s'agit d'un sujet sensible dont dépend l'image de nos disciplines auprès de l'opinion et notre avenir. La crédibilité requiert une indépendance qui peut être assurée par de grands organismes de recherche comme le CNRS mais impose de renoncer au patronage de partenaires comme EDF ou la COGEMA, ce qui brouillerait l'image de transparence.

«Internet» est un moyen de communication dont le succès tient au fait qu'il soit gratuit. Comment rétribuer dans ces conditions un éditeur, sans oublier les auteurs, si l'on veut assurer la qualité d'un contenu ? La communication a un coût. Ceci n'est pas toujours réalisé par les autorités de tutelles alors que l'importance de la communication sur la «Radioactivité» est reconnue au niveau des principes.

[Ch. de la Vaissière](#)

Séminaires LPC/LPNHE

Organisés conjointement par le LPC (Collège de France) et le LPNHE.

Année 1998

Jeudi 8 janvier 1998 - Laurent DUFLOT (LAL, Orsay).
- «Limite sur la masse du neutralino le plus léger dans ALEPH».

Jeudi 15 janvier 1998 - Christian GLATTLI (CEA, Saclay).
- «Détection de quasiparticules de charge fractionnaire $e/3$ ».

Jeudi 29 janvier 1998 (séminaire commun, LPNHE, LPTENS, LPTHE, PCC) - Pierre BINÉTRUY (Université Paris XI et LPTHE (Orsay)).
- «Hiérarchies de masse en physique des particules».

Jeudi 5 février 1998 - Alain BOUQUET (PCC, Collège de France).
- «Recherche de Supernovae à distance intermédiaire».

Jeudi 12 février 1998 - François COUCHOT (LAL, Orsay).
- «Le satellite Plank Surveyor, un outil exceptionnel pour la cosmologie».

Jeudi 25 février 1998 (séminaire commun, LPNHE, LPTENS, LPTHE, PCC) - Patrick JANOT (CERN-EP).
- «Anneaux et collisionneurs à muons».

Jeudi 5 mars 1998 - Gilles ZALAMANSKI (Université de Metz)
- «Application de l'Analyse Bayésienne à l'Etude du Chronométrage des Pulsars».

Jeudi 12 mars 1998 - Ion STANC (Riverside University, California).
- «Neutrino Oscillations at LSND after 5 years of running».

Jeudi 19 mars 1998 - Sheldon L. GLASHOW (Nobel Laureate, Harvard University).
- «Particle physics tests of special relativity».

Jeudi 26 mars 1998 - Kris GORSKI (TAC, Copenhague).
- «Knocking on heaven's door-cosmic microwave background phenomenology in satellite missions Cobe, Map, and plank surveyor».

Jeudi 2 avril 1998 - Un-Ki YANG (University of Rochester).
- «Results on the structure functions from CCFR».

Vendredi 3 avril 1998 - Dave HITLIN CALTECH, porte-parole de l'expérience BABAR.

- «Status of the BABAR experiment».

Jeudi 9 avril 1998 - Guenter SIGL (University of Chicago).
- «Some prospects of future ultra-high energy cosmic ray experiments».

Jeudi 30 avril 1998 - Michel GONI (LPNHE-X).
- «Empreintes du plasma de quarks et de gluons dans les collisions d'ions lourds au CERN».

Jeudi 7 mai 1998 - Frédéric MACHEFERT (LPNHE-Polytechnique).
- «Détermination de la masse du boson W à LEP II par la méthode de reconstruction directe avec le détecteur ALEPH».

Jeudi 14 mai 1998 - Thomas PATZ (LPCC Collège de France).
- «L'expérience HELLAZ et la physique des neutrinos».

Jeudi 28 mai 1998 - Holger Bech NIELSEN (Niels Bohr Institute).
- «Quark and lepton masses, mixing angles and the neutrino mixing problem in an anti-GUT model».

Jeudi 4 juin 1998 - Anne PALLARES (Université de Karlsruhe).
- «Développement de chambres gazeuses à micropistes pour l'expérience CMS au LHC».

Jeudi 11 juin 1998 - Robert THORNE (Université d'Oxford).
- «New Results on Parton Distributions».

Jeudi 18 juin 1998 - Ulrich NIERS (DESY).
- «New theory results on B-mesons : Inclusive CP-asymmetries, the branching ratio $Br(B \rightarrow \text{no charm})$ and lifetime differences».

Mercredi 24 juin 1998 - François VANNUCCI (LPNHE - Paris 6 et 7).
- «L'après Takayama des neutrinos».

Jeudi 25 juin 1998 - Alvaro De RÚJULA (CERN).
- «Matter and antimatter in the universe».

Mardi 21 juillet 1998 - Greg LANDSBER (Brown University, USA).
«Search for new particles at the Tevatron».

Mardi 22 septembre 1998 - Jean-Etienne DUBOSCQ (The Ohio State University USA).
- «Limites sur la masse du neutrino tau par CLEO».

Jeudi 1er octobre 1998 - Martin LEMOINE (DARC, CNRS, Observatoire de Paris-Meudon).

- «Rayonnement cosmique de ultra-haute énergie et champs magnétiques extra-galactiques».

Jeudi 8 octobre 1998 - Jean-Noël CAPDEVIELLE (PCC, Collège de France).

- «Interprétation des gerbes cosmiques en fonction des apports récents de la physique des Hautes Énergies».

Lundi 12 Octobre 1998 (Séminaire exceptionnel) - Enrico PREDAZZI (Turin Univ. and INFN, Turin)

- «Diffraction : past (mostly) and a little bit of present and future».

Jeudi 22 octobre 1998 - Paolo GONDOLO (MPI Munich).

- «Explaining the galactic gamma-ray halo with dark matter annihilations».

Jeudi 29 octobre 1998 (séminaire commun, LPNHE, LPTENS, LPTHE, PCC) - Michel SPIRO (CEN, Saclay).

- «Où en est-on avec la masse des neutrinos ? ».

Jeudi 5 novembre 1998 - Jean Pierre BRIAND (Université Paris 6).

- «Les atomes creux».

Jeudi 12 novembre 1998 - Reynald PAIN (LPNHE).

- «Mesure des paramètres cosmologiques WM et WL à l'aide de supernovae de Type Ia».

Mardi 17 novembre 1998 - Michael B. GREEN DAMTP, Cambridge (UK).

- «String theory and the unification of physical forces».

Jeudi 19 novembre 1998 - Damien NEYRET (DAPNIA, Saclay).

- «L'expérience HAPPEX à CEBAF, ou comment utiliser l'interaction faible pour mesurer les facteurs de forme étranges du proton».

Jeudi 3 décembre 1998 - Thibault DAMOUR (IHES)

- «Une nouvelle population de matière noire non-baryonique (WIMPs) dans le système solaire»

Année 1999

Jeudi 14 janvier 1999 - Vincent LEMAITRE (CERN)

- «Résultats récents de l'expérience H1 présentés dans le contexte du système d'acquisition des données»

Jeudi 28 janvier 1999 - Gabriel CHARDIN (CEA)

- «Peut-on définir l'antimatière en Relativité Générale ? ».

Jeudi 4 février 1999 - Gianluigi FOGLI (INFN, Bari).

- «Neutrinos oscillations : a phenomenological overview».

Jeudi 11 février 1999 - Ignatios ANTONIADIS (CPhT (École Polytechnique).

- «Dimensions nouvelles et Physique des cordes à l'échelle du TeV».

Jeudi 18 février 1999 - Sachio KOMAMIYA (Université de Tokyo).

- «Linear Collider Project JLC (accelerator and experiment)».

Jeudi 04 mars 1999 - Jean-Marie FRÈRE (Université Libre de Bruxelles).

- «La défaite de l'antimatière nous entraîne au-delà du modèle standard».

Jeudi 11 Mars 1999 (séminaire commun, LPNHE, LPTENS, LPTHE, PCC) - Guenter SIGL (University of Chicago & DARC, Observatoire de Paris-Meudon).

- «Probing Particle Physics and Astrophysics with Extragalactic Cosmic-Rays, Gamma-Rays and Neutrinos».

Jeudi 18 mars 1999 - Frédérique MARION (L.A.P.P).

«Détection interférométrique des ondes gravitationnelles : où en sont VIRGO et les autres projets ? ».

Jeudi 1er avril 1999 - Adam LYON (University of Rochester)

- «Recent Rare B Results from CLEO»

Mardi 6 avril 1999 - Benoît REVENU (PCC, Collège de France).

- «Mesure de la polarisation du rayonnement de fond à 2.7 K (CMB) avec le satellite Plank : optimisation instrumentale et traitement du bruit basse fréquence».

Mardi 13 avril 1999 - Robert CAHN (L.B.L)

«KamLAND: a Terrestrial Test for Solar Neutrinos»

Jeudi 22 avril 1999 - Daniel DENEGRI (CEA, Saclay/Dapnia).

- «L'expérience CMS et possibilités de recherche de la matière noire supersymétrique au LHC».

jeudi 6 mai 1999 - P. ENCRENAZ (Laboratoire de Radioastronomie millimétrique).

- «FIRST».

Lundi 10 mai 1999 - Maurice BENAYOUN (LPNHE)

«Les Désintégrations Radiatives des Mésons Légers, VMD et la Théorie Perturbative Chirale»

Jeudi 27 mai 1999 - Felix AHARONIAN (Max-Planck Institut für kernphysik, Heidelberg, Germany).

- « A Dream : 5@5 - 5 GeV Energy Threshold Array of Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes on 5 km Altitude in Northern Chile»

Jeudi 3 juin 1999 - Jean-Pierre REVOL (CERN)
- «La physique des particules appliquée au problème de l'élimination des déchets nucléaires»

Jeudi 10 juin 1999 - Alain BLANCHARD (Observatoire astronomique de Strasbourg).
- « Connaître la densité de l'Univers»

Jeudi 17 juin 1999 - K. SCHUBERT (Institut für Kern und Teilchenphysik, Dresde).
- «Standard Model Expectations for CP and T Violation in Neutrino Oscillations».

Vendredi 18 juin 1999 - V.G. SERBO (Novosibirsk State University, RUSSIA)
- «Gamma Gamma Colliders and Gamma Gamma Physics»

Lundi 5 juillet 1999 - Yee Bob HSIUNG (Fermilab).
- «First \mathcal{E}/\mathcal{E}' Result from KTeV - the Quest for Direct CP Violation».

Mardi 6 juillet 1999 - Buford PRICE (L.B.L.)
- «High-Energy Neutrino Astrophysics and Other Forefront Science at the DeepIce Center».

Jeudi 7 octobre 1999 - André TILQUIN (C.P.P.M.).
- «Peut-on rater les Higgs ? ».

Mardi 26 octobre 1999 - Michael RONAN LBNL (Berkeley)
- «Java-based Linear Collider Detector Simulations».

Jeudi 4 novembre 1999 - Massimo CACCIA (INFN Milano).
- «High Resolution Pixel Detectors for an Experiment at Future e^+e^- Linear Colliders».

Jeudi 18 novembre 1999 - Aurélien BARRAU (I.S.N. Grenoble).
- «Premiers résultats et potentiel scientifique du spectromètre spatial AMS».

Jeudi 25 novembre 1999 - Chris QUIGG (Theoretical Physics Department, FNAL).
- «Les avènements en physique des particules vus de Fermilab».

Séminaires donnés à l'extérieur

G. BERNARDI.

- «H1 NC/CC Cross-Measurement», Desy Seminar (avr. 1998), Hambourg, Allemagne.
- «Structure Functions at HERA», Séminaire au LBL (août 1998), Bekeley, Etas-Unis.

M. BORATAV.

- «Workshop on Cosmic Accelerators», Burg-Liebenzell (Allemagne), 1-5/04/1998.
- Atelier «Radiosources extragalactiques et noyaux actifs de galaxies», Institut d'Astrophysique de Paris, 1/12/1998.
- «UHE Cosmic Rays, The Auger Project», Fermilab Colloquium, 20/01/1999.

M-W. KRASNY.

- «Space-time studies of QCD using nuclei as femto-detectors», Manchester University (1999).
- «Comments on the present HERA program and future challenges», University College (London 1999).
- «The Heart of the Matter», general audience seminar on the known and unknown forms of matter in the universe, Oxford University (1999).

R. PAIN.

- «Mesure des paramètres cosmologiques Ω_M et Ω_Λ à l'aide de supernovae de Type Ia » : Institut des Sciences Nucléaires de Grenoble, (08/01/98 ; Université de Aachen (10/02/98) ; Laboratoire de Gravitation de l'Université ParisVI (17/03/98) ; IRES Strasbourg (01/04/98) ; Service Astrophysique du DAPNIA, Saclay (28/04/98) ; IPN Orsay (04/05/98) ; Institut d'Astrophysique Spatiale (29/10/98) ; Université de Udine(05/05/99) ; Université de Montpellier (16/11/99).
- «Constante Cosmologique et Supersymétrie » : Réunion générale du GDR SUSY(24-27/11/98), Saclay.
- «Recent results from the Supernova Cosmology Project», Département de Physique de l'Université de Karlsruhe(18/11 1999)

C. RENAULT.

- «L'astronomie gamma de très haute énergie et Markarian 501», Observatoire de Grenoble, juin 1998.- «L'astronomie gamma de très haute énergie : une nouvelle fenêtre pour l'étude des noyaux actifs de galaxie», DARC, Observatoire de Paris Meudon, octobre 1998.- «Le fond extragalactique infrarouge déduit des observations gamma» - IAS, Orsay, novembre 1999.

L. ROOS.

- «Le Detecteur BABAR : premières prises de données et perspectives», ISN, Grenoble (25/11/1999).

Communications à des conférences

U. BASSLER.

- «High Q^2 Measurement at H1, Low x Physics at HERA» (juin 1998), Zeuthen, Allemagne.
- «Parton Distributions at HERA, QCD and Weak Boson Physics in Preparation for Run II at the Fermilab, Tevatron» (fév. 1999), Batavia, États-Unis.
- «Introduction à la QCD et aux interactions fortes», Journées Jeunes Chercheurs (déc. 1999), Balaruc-les-Bains.

M. BENAYOUN.

- «A VMD based, nonet and SU(3) symmetry broken model for radiative decays of light mesons», hep-ph/9906372, Novosibirsk, Russie (1999).

G. BERNARDI.

- «QCD at HERA», SLAC Topical Conference (1998), Palo Alto, États-Unis.
- «L'expérience $D\bar{D}$ au Tevatron», Les journées de Giens (sep. 98), Giens.
- « $D\bar{D}$ Calorimeter Upgrade», Calor'99 (juin 1999), Lisbon, Portugal.
- «High Q^2 NC, CC Cross Sections», IECHEP'99 (juin 1999), Tampere, Finlande.

P. BILLOIR.

- «Neutrino capabilities of the AUGER detector», 8th Neutrino Conference on Neutrino Telescopes, Venise 23-26 février 99.

C. CARIMALO.

- «Signals of Lepton Number Violation», 6eme Symposium International PASCOS98 (1998).

J. CHAUVEAU.

- «Hadronic B physics at BABAR», compte-rendu des 33ièmes Rencontres de Moriond, Les Arcs (Mars 1998).

S. DAGORET.

- «Status of Pierre Auger Observatory», présentation à la Conférence Inner Outer Space», S. Schramm memorial Symposium, Fermilab (mai 1999).

W. DA SILVA.

- «Energy flow of single tagged $\gamma\gamma^*$ events at TESLA», Linear Collider Workshop de Lund, 28-30 juin 1998
- «Hadronic Backgrounds from gg interactions at the NLC», International Workshop on Linear Colliders, Sitgès, 28 avril- 5 mai 1999
- «Production of two $\mu^+\mu^-$ pairs in $\gamma\gamma$ events at TESLA», contribution au Linear Collider Workshop de Frascati, 8-10 novembre 1998
- «Towards a complete $\gamma\gamma \rightarrow 4$ leptons Monte Carlo»,

Linear Collider Workshop d'Oxford, mars 1999

F. KAPUSTA.

- «Charm Production in $\gamma\gamma$ collisions at LEP», contribution invitée à la conférence internationale ICHEP'98, 23-29 juillet 98, Vancouver
- «DELPHI with a touch of GRACE and CompHep» Computing Particle Physics Meeting, Tokyo, 27 novembre 1998
- «towards a complete $\gamma\gamma \rightarrow 4$ leptons Monte Carlo», conférence internationale Photon'99, 23-27 mai 99, Freiburg, Allemagne.

M-W. KRASNY.

- «High E_T exotic and rare processes», Convener summary talk of the working group on high E_T processes at the "Workshop on HERA physics", Durham, (September, 1998).
- «Jets at HERA», Invited plenary talk at the Workshop on Hard Parton Physics in High Energy Nuclear Collisions, Brookhaven National Lab., (March 1999).
- «Challenges in physics of strong interactions - Future experimental program on ep and eA scattering», Talk at the 34ièmes Rencontres de Moriond, Les Arcs (March 1999).
- «Summary of the experimental part», Invited talk summarizing the 34th Rencontres de Moriond, Les Arcs, (March 1999).
- «Electron-Nucleus scattering at HERA», Invited plenary talk opening the «HERA Workshop on eA Physics», Hamburg, (May 1999).
- «Electron-Deuteron scattering», Invited plenary talk at the "HERA Workshop on eA Physics", Hamburg, (May 1999).
- «Particle and Nuclear Physics with high energy lepton», Invited plenary talk at the "PANIC" conference, Uppsala, June 1999 and at the "Paris Workshop on Low-x Physics", Paris (June 1999).
- «The heart of the matter», Invited general public talk at the "Physics and its Applications" conference Cracow (June 1999).
- «Hidden flavor production in ep and eA collisions», Invited talk at the "Workshop on Flavor Production", Santorini (October 1999).
- «Future acilities for high energy Lepton-Nucleus scattering: HERA and eRHIC», Invited talk presented at the Conference on electromagnetic interaction with nucleon and nuclei, Santorini (October 1999).
- «Perspectives for eA collisions at HERA and eRHIC», Invited plenary talk presented at the workshop on «The role of nuclear medium in deep inelastic scattering», Trento (October 1999).
- «High partonic densities frontier of QCD», Summary of one of the three the working groups of the "First eRHIC workshop", Brookhaven (December 1999).

F. MARTINEZ-VIDAL.

- «Heavy quark production at the Z», Talk given in the DPF'99, American Physical Society, Division of Particles

and Fields, University of California, Los Angeles, (January 5-9, 1999). Proceedings by the Library of the University of California at Los Angeles, edited by Katsuschi Arisaka and Zvi Bern.

R. PAIN.

- «Measurement of cosmological parameters using Type Ia Supernovæ», and «Search for squarks and sleptons at $\sqrt{s}=183$ GeV (DELPHI Collaboration)», International Conference on High Energy Physics, ICHEP98 (24-29/07 1998), Vancouver, Canada
- «Measurement of cosmological parameters using Type Ia Supernovæ» : New World in Astroparticle Physics (01-05/09 1998), Algarve, Portugal. Proceedings of New World in Astroparticle Physics, Faro, Portugal, Eds. A.M. Mourao, M. Pimenta, World Scientific, 1998, p90.
- «Recent results from the Supernova Cosmology Project» and «Search for sleptons at LEP2 (DELPHI Collaboration)», International Conference on High Energy Physics, EPS-HEP99 (15-21/07 1999), Tampere, Finland, à paraître dans les proceedings.

C. RENAULT

- «Intensity correlation between observations at different wavelengths for Mkn 501 in 1997», CAT collaboration, 19th Texas Symposium, Paris 1998.
- «Constraints on the CIRB and derived physical parameters based on BeppoSAX and CAT spectra of Mkn 501», Joint and National Astronomical Meeting, Toulouse 1999.

L. ROOS

- «Results with the BABAR particle identification system», International Europhysics Conference on High Energy Physics, July 14-21, Tampere, Finland (1999).

A. SAVOY-NAVARRO

- «Of the use of interconnects and packaging new technologies in H.E.P. Experiments», Invited plenary talk at the Sixth International Conference on Advanced Technology and Particle Physics, October 5-9, Como, Italy (1998).
- «Susy three leptons with one, two, three τ 's», FERMI-LAB workshop on «SUSY/HIGGS at Tevatron RUN II», November 18, Fermilab, USA (1998).
- «On line Monitoring and Calibrations for TDC Readout», CDF online workshop for RUN II, March 26, Fermilab, USA (1999).
- «COT DAQ, Monitoring and calibrations for RUN II», Annual workshop on central tracking, 16-17 avril 1999, Université de Pennsylvanie.
- «SUSY searches at CDF and D0 in RUN I and II, at the Tevatron», International Europhysics Conference on High Energy Physics, July 15-21, Tampere, Finland (1999).
- «A demonstrator DE2, what for in High Energy Physics?», Réunion annuelle avec la commission CEE pour le projet SUMMIT, 28 juin 1998, Cork, Irlande

- «Demonstrator DE2: conceptual design and motivations, real life tests and perspectives» , Réunion finale avec la commission CEE pour le projet ESPRIT SUMMIT, 15-16 décembre 1999, Valladolid, Espagne.

J-P. TAVERNET

- «TeV observations of the variability of Markarian 421 by the CAT Cherenkov imaging telescope» et « Variability and Spectrum of TeV gamma-rays from Mrk 501 by CAT Cherenkov imaging», 16 ECRS, Alcalá de Henares, Espagne (1998).
- « Variability and Spectrum of TeV gamma-rays from Mrk 501 by CAT Cherenkov imaging», 16 ECRS, Alcalá de Henares (Espagne 1998).
- «VHE Spectral Properties of Mrk 501 with the CAT telescope», 26th International Cosmic Ray Conference, Salt Lake City, Etats Unis (1999).

F. VANNUCCI

- «Neutrino Oscillations», Rencontres de Blois, (juin 1998).
- «Neutrinos after Takayama», Texas Symposium, Paris (14-18 décembre 1998).
- «A limit on radiative decays of ν_e 's in matter», Neutrino Telescope, Venise (février 1999).
- «Search for stimulated ν conversion with an RF cavity», Rencontres de Blois, (28 juin-3 juillet 1999).

Conférences grand public

A. BARRAU

- «Astrophysique de l'extrême et rayons cosmiques», Semaine de la Science.

S. DAGORET

- « Instrumentation en physique des hautes énergies».

J. LABERRIGUE-FROLOW

- «Marie Curie et le concept moderne de l'atome», New-York, Académie des Sciences, 10 octobre 1998, Londres, Ambassade de Pologne Institut français, décembre 1998 ; «Chercheurs toujours», Villejuif (jan. 1999), Université de Kaiserlauten (nov. 1999).

C. LACHAUD

- «Les sources de neutrinos dans l'Univers» , Semaine de la Science.

J-M. LEVY.

- «Sur les traces du Big Bang ...», Semaine de la Science.

F. VANNUCCI.

- «100 ans de particules élémentaires», Semaine de la Science.

Ch. de la VAISSIERE

- «Histoire de la Physique des Particules», Semaine de la Science 98 et 99.

J-F. GENAT

- «La mesure électronique du temps», Institut Culturel Franco-Allemand et Physikalisches Institut, Tübingen, le 1er juillet 1998.

Émissions scientifiques télévisées ou radio :

M. BORATAV.

- «Émission d'Alain CIROU, Europe 1 (novembre 99)

S. FABBRO,

- Participation à la réalisation de 7 émissions scientifiques «Les pourquoi d'Archimède», ARTE (de mai 99 à juin 2000).

D. HARDIN.

- «Émission E = M6, sur le thème : L'avenir de l'Univers», M6 (octobre 99).

R. PAIN, M. CROZON.

- «Emission sur le Boson de Higgs, une particules très attendue» dans la série «le front des sciences», France Culture (décembre 98).

F. VANNUCCI.

- «Émission de François de Closets : Le soleil Roi », France (2 15 mai 1999).

Ecoles

M-W. KRASNY.

- «Deep Inelastic Lepton Scattering, Lectures given at the CERN SUMMER SCHOOL» (July 1998).

- « Series of Seminars on Particle, Nuclear, Solid-State physics and Quantum Optics», Balliol College (Oxford 1998/1999).

A. LETESSIER-SELVON.

- «Les rayons cosmiques d'énergie ultime», cours destiné au troisième cycle de physique et publié sous forme de compte-rendu par l'Université de Lausanne, printemps, été 1999.

P. NAYMAN.

- «La compatibilité électromagnétique», École de technique des Détecteurs, La Londe les Maures (février 1998) et Aussois (décembre 1998).

R. PAIN.

- «Measurement of cosmological parameters using Type Ia Supernovæ», École de de Physique de Cargèse, Observational Cosmology, Cargèse (août 1998).

A. SAVOY-NAVARRO.

- «Confronting new technological challenges in HEP», École Internationale d'instrumentation de l'ICFA, Istanbul (août 1998).

Ch. de la VAISSIERE.

- «Introduction à la physique des particules», École de technique des Détecteurs, La Londe les Maures (février 1998) et Aussois (28 juin-10 juillet 1999).

Thèses

Aurélien BARREAU

- «Astrophysique gamma de très haute énergie : étude du noyau actif de galaxie Mrk 501 et implications cosmologiques», 19 février 1998.

Stéphane FICHET

- «Recherche des bosons de Higgs dans les topologies tt+q-qbar avec le détecteur DELPHI au LEP», 13 mars 1998.

Xavier MOREAU

- « Étude des oscillations des mésons beaux neutres avec le détecteur DELPHI, au LEP», 27 mai 1998.

Boris A. POPOV

- «Search for $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ neutrino oscillations in the $\tau^- \rightarrow e^- \nu_e \nu_\tau$ decay channel in the NOMAD experiment at CERN. 12 mai 1998.

Pascal ZINI

- «Qualification du calorimètre SpaCal de H1 et étude des événements de très grande énergie transverse», 28 avril 1998.

Ijaz AYYAZ

- «Measurement of the Proton Structure Function $F_2(x, Q^2)$ at low x and low Q^2 with the H1 Detector at HERA», 24 juin 1999.

Sophie VERSILLÉ

- «La violation de CP dans BABAR : étiquetage des mésons B et étude du Canal $B \rightarrow 3\pi$ », 15 avril 1999.

Liste des publications

Physique au LHC : ATLAS

Recherche d'une nouvelle physique au LEP : DELPHI

Oscillations de neutrinos : NOMAD

Expérience TONIC

L'expérience H1 à HERA

Violation de CP : expérience BABAR

Expérience $D\bar{D}$ au Tévatron

Astronomie Gamma des très hautes Énergies : CAT

Supernovæ

L'Observatoire «Pierre Auger»

Publications diverses

Audiovisuel et multimédia

ATLAS et physique au LHC

B. CANTON, D. IMBAULT, P. SCHWEMLING.

- «Automatic thickness control system for the ATLAS electromagnetic calorimeter absorber plates», Collaboration ATLAS, Nuclear instruments and Methods in Physics Research 418A ; 2,3 (1998).

A. CASTERA, J. DAVID, P. SCHWEMLING.

-«Evaluation of FERMI read-out of the ATLAS tilecal prototype», CERN-PPE-97-144, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 403A ; 1 (1998).

DELPHI et physique au LEP

M. BAUBILLIER, W. DA SILVA, J. FAYOT, S. FICHET, F. KAPUSTA, X. MOREAU, R. PAIN, P. SCHWEMLING, et pour les publications LEP 1 : **P. BILLOIR, C. DE LA VAISSIÈRE, F. FERNANDEZ-VIDAL, L. ROOS, F. ROSSEL, P. VINCENT. [ABREU., et al., DELPHI COLL.]**.

- «Measurement of Trilinear Gauge Couplings in e^+e^- Collisions at 161 GeV and 172 GeV», Physics Letters 423B (1998).
- «Search for neutral and charged Higgs bosons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 161$ GeV and 172 GeV», European Physical Journal C2 (1998).
- «Investigation of the splitting of quark and gluon jets European Physical Journal C4 (1998).
- «A study of the hadronic resonance structure in the decay $\tau \rightarrow 3 \pi \nu_\tau$ », Physics Letters 426B ; 3, 4 (1998).
- «Measurement of the charged particle multiplicity of weakly decaying B hadrons», Physics Letters 425B ; 3, 4 (1998).
- «Search for charginos, neutralinos and gravitinos at LEP», European Physical Journal C1 (1998).
- « m_b at $M(Z^0)$ », Physics Letters 418B ; 3, 4 (1998).
- «Measurement of the W-pair cross-section and of the W mass in e^+e^- interactions at 172 GeV», European Journal C2 (1998).
- « π^\pm, K^\pm, p and antiproton production in $Z^0 \rightarrow qq, Z^0 \rightarrow bb, Z^0 \rightarrow uu, dd, ss$ », European Physical Journal C5 ; 4 (1998).
- « Measurement of the e^+e^- to $\gamma\gamma$ cross section at the LEP energies», Physics Letters 433B (1998).
- «Search for charged Higgs bosons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 172$ GeV», Physics Letters 420B (1998).
- «Measurement of the inclusive charmless and double-charm B branching ratios», Physics Letters 426B, 1998
«A Search for Heavy Stable and Long-Lived Squarks and Sleptons in e^+e^- Collisions at Energies from 130 to 183 GeV», Physics Letters 444B ; 3, 4 (1998).
- «A Search for η'_c Production in Photon-Photon Fusion at

LEP», Physics Letters 441B ; 1, 4 (1998).

- «The DELPHI silicon tracker at LEP2», Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 412A (1998).
- « Two-particle angular correlations in e^+e^- interactions compared with QCD predictions, Physics Letters 440B ; 1, 2 (1998).
- «Rapidity Correlations in Λ Baryon and Proton Production in Hadronic Z^0 Decays», Physics Letters 416B (1998).
- «Charged Particle Multiplicity in $e^+e^- \rightarrow qq$ events at 161 and 172 GeV and from the Decay of the W Boson», Physics Letters 416B (1998).
- «First evidence for a charm radial excitation, $D^{*'} \rangle$ », Physics Letters 426B (1998).
- «Measurement of $|V_{cs}|$ using W decays at LEP2», Physics Letters 439B (1998).
- «Search for fermions at $\sqrt{s} = 130$ to 183 GeV», DELPHI 98-92, CONF 160, submitted to Proceedings ICHEP'98, Vancouver, Canada 1998.
- «Search for pair-produced neutralinos in events with photons and missing energy from e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 130$ -183 GeV», European Physical Journal C6 (1999).
- «Search for supersymmetric partners of top and bottom quarks at $\sqrt{s} = 189$ GeV», DELPHI 99-74, CONF 261, submitted to HEP'99 Conference, Tampere (Finlande 1999).
- «Searches for Sleptons using the DELPHI detector at LEP», DELPHI 99-78, CONF 265, submitted to HEP'99 Conference, Tampere (Finlande 1999).
- «Search for composite and exotic fermions at LEP 2», European Physical Journal C8 (1999).
«Search for lightest neutralino and stau pair production in light gravitino scenarios with stau NLSP», European Physical Journal C7 ; 4 (1999).
- «Measurement of A_{FB}^{bb} in Hadronic Z Decays using a Jet Charge Technique», European Physical Journal C9 (1999).
- «Measurement of Inclusive $\rho^0, f^0(980), f_2(1270), K^{*0}_2(1430)$ and $f'_2(1525)$ Production in Z^0 Decays», Physics Letters 449B ; 1, 2 (1999).
- «The Scale Dependence of the Hadron Multiplicity in Quark and Gluon Jets and a Precise Determination of $\{C_A/C_F\}$ », Physics Letters 449B ; 1,2 (1999).
- «Study of the four-jet anomaly observed at LEP centre-of-mass energies of 130 and 136 GeV», Physics Letters 448B (1999).
- «Measurement of the Quark and Gluon Fragmentation Functions in Z^0 Hadronic Decays», European Physical Journal C6 (1999).
- «Search for charginos, neutralinos and gravitinos in e^+e^- interactions at $\sqrt{s} = 183$ eV», Physics Letters 446B ; 1 (1999).
- «Search for Leptoquarks and FCNC in e^+e^- annihilations at $\sqrt{s} = 183$ GeV», Physics Letters 446B ; 1 (1999).
- «A precise measurement of the partial decay width ratio $R_b^0 = \Gamma_b^0 / \Gamma_{had}^0$ », European Physical Journal C10 (1999).
- «W pair production cross-section and W branching fractions in e^+e^- interactions at 183 GeV», Physics Letters

456B (1999).

- «Search for charginos nearly mass-degenerate with the lightest neutralino», European Physical Journal C11 (1999).
- «Measurement of the Lifetime of b-baryons», European Physical Journal C10 (1999).
- «Measurement and Interpretation of Fermion-Pair Production at LEP energies from 130 to 172 GeV», European Physical Journal C11 (1999).
- «Search for neutral Higgs bosons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 183$ GeV», European Physical Journal C10 (1999).
- «Measurement of the forward backward asymmetry of c and b quarks at the Z pole using reconstructed D mesons», European Physical Journal C10 (1999).
- «Search for chargino pair production in scenarios with gravitino LSP and stau NLSP at $\sqrt{s} \approx 183$ GeV at LEP», Physics Letters 446B (1999).
- «Measurement of the rate of bb events in hadronic Z decays and the extraction of the gluon splitting into bb», Physics Letters 462B (1999).
- «Measurement of the mass of the W boson using direct reconstruction at $\sqrt{s} = 183$ GeV», Physics Letters 462B (1999).
- «Search for charged Higgs bosons at LEP 2», Physics Letters 460B (1999).
- «A search for invisible Higgs bosons produced in e^+e^- interactions at LEP2 energies», Physics Letters 459B (1999).
- «Search for the Higgs boson in events with isolated photons at LEP II», Physics Letters 458B (1999).
- «Energy dependence of inclusive spectra in e^+e^- annihilation», Physics Letters 459B (1999).
- «Measurements of the trilinear gauge boson couplings WWV ($V = \gamma Z^0$) in e^+e^- collisions at 183 GeV», Physics Letters 459B (1999).
- «Multiplicity fluctuations in one- and two-dimensional angular intervals compared with analytic QCD calculations», Physics Letters 457 B (1999).
- «Energy dependence of event shapes and of α_s at LEP 2», Physics Letters 456B (1999).
- «Measurements of the leptonic branching fractions of the τ », European Physical Journal C10 (1999).
- «Search for Scalar Fermions and Long-Lived Scalar Leptons at Centre-of-Mass Energies of 130 GeV to 172 GeV», European Physical Journal C6 (1999).
- «Consistent measurements of α_s from precise oriented event shape distributions», CERN-EP-99-133, submitted to European Journal C (1999).
- «Measurement of the strange quark forward-backward-asymmetry around the Z^0 peak», CERN-EP-99-134, submitted to European Journal C (1999).

L. ROOS.

- «Commissioning of the DELPHI pixel detector», 6th International Workshop on Vertex Detectors, VERTEX'97, Rio De Janeiro, Brésil 1997, Nuclear Instruments and

Methods in Physics Research 418A (1998).

- « First results from the DELPHI pixel detector», 7th Pisa Meeting on Advanced Detectors, La Biodola, Isola D'Elba, Italie 1997, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 409A (1998).

NOMAD et Oscillations de Neutrinos

P. ASTIER, M. BANNER, A. CASTERA, A. LETESSIER-SELVON, J-M. LÉVY, B. POPOV, K. SCHAMANECHÉ, M. SERRANO, F. VANNUCCI, V. UROS, E. GANGLER, A-M. TOUCHARD. [J. Altoeger et al. the NOMAD COLL.]

- «The NOMAD Experiment at the CERN SPS», Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 404 ; 1, 1998.

P. ASTIER, M. BANNER, A. CASTERA, J. DUMARCHEZ, E. GANGLER, A. LETESSIER-SELVON, J-M. LÉVY, B. POPOV, K. SCHAMANECHÉ, M. SERRANO, A-M. TOUCHARD, V. UROS, F. VANNUCCI.

- «Search for a new gauge boson in π^0 decays», Physics Letters 428 (1998).

P. ASTIER, M. BANNER, A. CASTERA, J-M. LÉVY, B. POPOV, K. SCHAMANECHÉ, M. SERRANO, F. VANNUCCI, V. UROS, E. GANGLER, A-M. TOUCHARD.

- «A search for $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ oscillations using the NOMAD detector», CERN-EP-98-057, Physics Letters 431B, (1998).

M. BANNER, A. LETESSIER-SELVON, J-M. LÉVY, B. POPOV, K. SCHAMANECHÉ, M. SERRANO, F. VANNUCCI, V. UROS, E. GANGLER, A-M. TOUCHARD.

- «Precision measurement of scaled momentum, charge multiplicity and thrust in $\nu_\mu N$ and anti- $\nu_\mu N$ Interactions», CERN-EP-98-179, Physics Letters 445B ; 3,4 (1999).

P. ASTIER, M. BANNER, J. DUMARCHEZ, C. LACHAUD, B POPOV, K. SCHAMANECHÉ, F. VANNUCCI, E. GANGLER, A-M. TOUCHARD.

- «A more sensitive search for ν_μ to ν_τ oscillations in NOMAD», CERN-EP-99-032, Physics Letters 453B ; 1,2 (1999).

Expérience Tonic

A. CASTERA, J. DUMARCHEZ, C. LACHAUD, F. VANNUCCI.

- « A search for energy deposition by neutrinos in matter», Physics Letters 452B ; 1,2 (1999).
- «A Search for energy deposition by neutrinos in matter», Physics Letters B452 ; 1,2 (1999).

F. VANNUCCI.

- « An experimental test of e.m. neutrinos interactions», Nuclear Physics 70B, Proceedings Supplementss, TAUP 97 (1999).

H1 et physique électron-proton

M.I. AYYAZ, E. BARRELET, U. BASSLER, G. BERNARDI, B. LAFORGE, H.K. NGUYEN, M. GOLDBERG, M.W. KRASNY, A. ROSTOVTSEV . [S. AID et al., H1 COLL.].

- «Measurement of the Inclusive Di-Jet Cross Section in Photoproduction and Determination of an Effective Parton Distribution in the Photon», European Physical Journal C1 (1998).
- «Observation of Events with an Isolated High Energy Lepton and Missing Transverse Momentum at HERA», DESY-98-063, LAL 98-119, European Physical Journal C5 (1998).
- «Thrust Jet Analysis of Deep-Inelastic Large-Rapidity-Gap Events», DESY-97-210, European Physical Journal C1 (1998).
- «Differential (2+1) Jet Event Rates and Determination of α_s in Deep Inelastic Scattering at HERA», DESY-98-075, LAL 98-116, European Physical Journal C5 (1998).
- «Hadron Production in Diffractive Deep-Inelastic Scattering», DESY-98-029, Physics Letters 428B (1998).
- «Dijet event rates in deep inelastic scattering at HERA», LAL 98-117, DESY 98-076, submitted to European Physical Journal AP (1998).
- «Multijet event rates in deep inelastic scattering and determination of the strong coupling constant», DESY-98-087, LAL 98-118, European Physical Journal C6 ; 4 (1999).
- «Charged Particle Cross Sections in Photoproduction and Extraction of the Gluon Density in the Photon», DESY-98-1485, LAL 98-105, European Physical Journal C10 ; 3 (1999).
- «Measurement of Internal Jet Structure in Dijet Production in Deep-Inelastic Scattering at HERA», LAL 98-03, DESY-98-210, Nuclear Physics 545B (1999).
- «Diffractive dijet production at HERA, DESY-98-092, LAL 98-115, European Physical Journal C6 (1999).
- «Forward Jet and Particle Production at HERA», LAL 98-54 DESY-98-143, Nuclear Physics 538B ; 1,2 (1999).

E. BARRELET, U. BASSLER, G. BERNARDI, D. MARTIN, M. GOLDBERG, M.W. KRASNY, B. LAFORGE, H.K. NGUYEN, P. ZINI. [S. AID et al., H1 COLL.].

- «Multiplicity Structure of the Hadronic Final State in Diffractive Deep-Inelastic Scattering at HERA», DESY-98-044, LAL 98-79, European Physical Journal C5 (1998).
- «Photoproduction of Upsilon(2S) Mesons at HERA», DESY-97-228, LAL 98-3, Physics Letters 421B (1998).

M.I. AYYAZ, E. BARRELET, U. BASSLER, G. BERNARDI, H.K. NGUYEN, M. GOLDBERG, M.W. KRASNY, A. ROSTOVTSEV, P. ZINI [S. AID et al., H1 COLL.].

- «Measurement of Dijet Cross-Sections at Low Q² and the Extraction of an Effective Parton density for the Virtual Photon», LAL 98-22, DESY 98-205, submitted to European Physical Journal C (1998).
- «Measurement of leading proton and neutron production in deep inelastic scattering at HERA», LAL 98-100 DESY-98-169, European Physical Journal C6 (1999).
- «Measurement of D* meson cross-sections at her a and determination of the gluon density in the proton using nlo qcd», Nuclear Physics 545B (1999).
- «Measurement of Open Beauty Production at HERA», DESY-99-126, Physics Letters 467B(1999).
- «Forward pi0 meson production at Hera», DESY-99-094 Physics Letters 462B(1999).
- «Measurements of transverse energy flow in deep inelastic scattering at, HERA», DESY-99-091, LAL 99-8, European Physical Journal C12 (1999).
- «A Search for Leptoquark Bosons and Lepton Flavor Violation in e+p Collisions at HERA», DESY-99-081, European Physical Journal C11 (1999).
- «Charmonium Production in Deep Inelastic Scattering at HERA», DESY-99-026, LAL 99-59, European Physical Journal C10 (1999).
- « Elastic Electroproduction of r Mesons at HERA», DESY 99-010, submitted to European Physical Journal C (1999).

E. BARRELET, U. BASSLER, S. DAGORET-CAMPAGNE, B.LAFORGE, A. ROSTOVTSEV, P. ZINI, D. LACOUR. [R.H. Appunh et al. pour la Collaboration H1].

- «The Electronics of the H1 Lead/Scintillating-Fibre Calorimeters», DESY-98-054, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 426A ; 2,3 (1999).

U. BASSLER, G. BERNARDI.

- «Structure Function Measurements and Kinematic Reconstruction at HERA», NIM A426 ; 583-298 (1999).

BABAR et violation de CP

P. BAILLY, J. CHAUVEAU, J F. GENAT, J F. HUPPERT, H. LEBBOLO, L. ROOS, B. ZHANG, [and DIRC COLL.Group.].

- «A 16-channel digital TDC chip», LPNHE-99-02, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 432A ; 1 (1999).

M. BENAYOUN, H. BRIAND, J. CHAUVEAU, C. DE LA VAISSIÈRE, L. DEL BUONO, J-F. GENAT, O.HAMON, D. IMBAULT, F. LE DIBERDER, H. LEB-

BOLO, P. LERUSTE, L. ROOS, S. VERSILLÉ, P. DAVID, J-L. NARJOUX, B. ZHANG.

- «The DIRC detector at Babar», SLAC-PUB-8080, LAL 99-51, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 433A ; 1,2 (1999).

M. BENAYOUN, L. DEL BUONO, P. LERUSTE.

- «Reconstruction and particle identification for a DIRC system», Nucl. Instrum. Meth. 426A ; 283 (1999).

P. BAILLY, J. CHAUVEAU, L. DEL BUONO, J-F. GÉNAT, H. LEBBOLO, L. ROOS, B. ZHANG.

- «The Dirac front-end electronics chain for Babar», Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 433A ; 1,2 (1999).

J. CHAUVEAU, Ch. de la VAISSIERE, F. LEDIBERDER et S. VERSILLÉ.[P. F. Harrison, ed. et al.]

- Contributions to «The BABAR physics book. Physics at an asymmetric B factory», SLAC-R-0504, 1056pp (oct. 1998).

H. BRIAND , Ch. de la VAISSIERE, N.RIGNAULT.

- «Lifetimes with full B reconstructions», BABAR-note 436 (2 juillet 1998).

Expérience DØ

B. OLIVIER, U. BASSLER, F. FLEURET, G. BERNARDI et al,

- «p(met): The missing transverse energy resolution of an event», DØ-note 3629 4/1999.

G. BERNARDI, F. FLEURET, D. LACOUR, B. OLIVIER.

- «Calibration and W Boson Mass Measurements using Central and Forward, Detectors», DØ-note 3634 4/1999.

G. BERNARDI, B. OLIVIER et al..

- «NADA: A New Event by Event Hot Cell Killer», , DØ-note 3687 9/1999.

B. OLIVIER, U.BASSLER, G. BERNARDI, F. MACHEFERT et al..

- «Proposal for the Search of Four-Body Decays of the Stop», DØ-note 3691 9/1999.

Astronomie γ

A. BARRAU, H. DELCHINI, J-P. DENANCE, G. DESCOTES, A. DJANNATI-ATAI, R. GEORGE, Y. PONS, M. RIVOAL, J-P. TAVERNET, F. TOUSSENEL.

[Barrau et al., CAT COLL.].

- «The CAT Imaging Telescope for Very-High-Energy G-Ray Astronomy», PCC 98 07, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 416A ; 2,3 (1998).

- « Spectrum of TeV gamma-rays from the Crab Nebula by the CAT Cherenkov Imaging Telescope», PCC 9841/Conf, 16th European Symposium on Cosmic Rays, Alcala de Henares (Espagne 1998).

A. BARRAU, A. DJANNATI-ATAI, R. GEORGE, M. RIVOAL, J-P. TAVERNET, C. RENAULT.

- «A new analysis method for very high definition Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes as applied to the CAT telescope», PCC 98 08, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 416A ; 2,3 (1998)

A. BARRAU, Y. PONS, M. RIVOAL, C. RENAULT, J-P. TAVERNET pour CAT et CELESTE.

- «First results and future prospects for 30-gev gamma rays from celeste», 26th International Cosmic Ray Conference, Salt Lake City (Etats Unis 1999).

A. BARRAU, J-P. TAVERNET, M. RIVOAL, K. SCHAMANECHÉ, C. RENAULT

- «Very High Energy Gamma-ray spectral properties of Mrk 501 from CAT Cerenkov telescope observations in 1997», PCC 99 41, Astronomy and Astrophysics 350 (1999).

Supernovæ

R. PAIN, S. FABBRO [and the Supernova Cosmology Project Collaboration]

- «Measurement of WL and WM from 42 high-redshift supernova», S. Perlmutter et al., Ap. J. 517 (1999) 565

- «Discovery of a Supernova Explosion at Half the Age of the Universe and its Cosmological Implications», S. Perlmutter et al., Nature, 391 (1998) 51

- «Central Bureau for Astronomical Telegrams», S. Perlmutter et al., IAUC 6881 (1998).

- «Central Bureau for Astronomical Telegrams», S. G. Aldering et al., IAUC 7046 (1998).

R. PAIN, S. FABBRO, D. HARDIN, JM. LEVY, K. SCHAHMANECHE, [and the Supernova Cosmology Project Collaboration].

- «Central Bureau for Astronomical Telegrams, European Supernova Cosmology Consortium., IAUC 7182 (1999).

P. ASTIER et al. [and the Supernova Cosmology Project Collaboration].

- «Central Bureau for Astronomical Telegrams, European Supernova Cosmology Consortium., IAUC 7258 (1999).

- «Central Bureau for Astronomical Telegrams, Supernova Cosmology Project, S. Fabbro et al., IAUC 7311 (1999).

Publications diverses

U. BASSLER et al.

- «Summary of the Structure Function Working Group at DIS'99», Nucl. Phys. B (Proc.Suppl.) 79 (1999) 701-722.

M. BENAYOUN et al.

- «SU(3) Breaking and Hidden Local Symmetry», Physical Review D58 (1998).

- «Vector Meson dominance and the ρ meson», Physical Review D 59 (1999).

M. BENAYOUN (Crystal Barrel Collaboration, A. ABELE et al).

- «Study of $pp \rightarrow \eta\pi^0\pi^0$ at rest», Nuclear Physics 514B ; p.45 (1998).

- «Exotic $\eta\pi$ state in pd annihilation at rest into $\pi^-\pi^0\eta p$ (spectator)», Phys. Lett. 423B; 175 (1999)

- «Evidence for ph P-wave in pp annihilations at rest into $\pi^0\pi^0\eta$ », Phys. Lett. 446B ; 349 (1999).

- « pd annihilations at rest into $\pi^+\pi^-\pi^0 p$ (spectator)», Phys. Lett. 450B ; 275 (1999).

- «Observations of resonances in the reaction $pp \rightarrow \pi^0\eta$ at 1.94-GeV/c», Eur. Phys. J C8 ; 67 (1999).

M. BENAYOUN, DEL BUONO L., et al.

- «Radiative Decays, Nonet Symmetry and SU(3) Breaking», Physical Review D59 ; 11 (1999).

C. CARIMALO, N. ARTEAGA-ROMERO.

- «Exclusive photoproduction of F on proton in the quark-diquark model», European Physical Journal C11, (1998).

- «Production of Like Sign Di-Leptons in p-p Collisions Through Composite Majorana Neutrinos», hep-ph/990253, submitted to Physics Letters B (1999).

M-W. KRASNY.

(Oxford U. and Paris U., VI-VII)

- «Particle and Nuclear Physics with high-energy leptons», Jun 1999, Published in Nucl.Phys. A663-664 ; 56-63 (2000).

- «Summary of the experimental part of the 34th Rencontres de Moriond», OUNP-99-08, Mar 1999, and Proceedings of the 34th Rencontres de Moriond : QCD and Hadronic interactions, Les Arcs, France, 20-27 (Mar 1999).

- «Standard Model large E(T) processes and searches for new physics AT HERA», with H. Spiesberger, J.Phys.; G251428 (1999).

- «Is a Standard Model interpretation of the isolated high-energy lepton and missing transverse momentum HERA events disfavored?», OUNP-98-09 (Dec 1998).

F. VANNUCCI.

- «Joint Meeting of the CERN-SPS and Gran Sasso/Committees», CERN/SPSC 98-26, Université Denis Diderot Paris VII (1998).

- «An experimental test of e.m. neutrinos interactions», TAUP 97, Nuclear Physics B70, Proceedings Supplements (1999).

Livres et articles de vulgarisation

A. BARRAU, C. RENAULT.

- «Vers une nouvelle astronomie : traquer les rayons Gamma de très haute énergies», le Journal des Astronomes Français Vol. 112, p 4, (décembre 1998).

- «L'astronomie gamma, physique de l'extrême», Journal Fusion (mars 1998).

- «Vers une nouvelle astronomie : traquer les rayons gamma de très haute énergie», Journal l'Astronomie (janvier 1998).

M. BORATAV.

- «Les physiciens dans la Pampa», la Recherche n°325, p 46, (novembre 1999).

P. BILLOIR.

Rubrique «Neuro-logies» de la Recherche.

- «La double vie des molécules», janv. 98 ; «Trop de liberté enchaîne-t-il ?», mai 98 ; «En feuilletant les pages «détente» », juin 98 ; «Le naïf et le Big Bang», juillet 98 ; «Patience et longueur de temps font plus que force et courage», septembre 98 ; «Le hasard et les contraintes», oct. 1998 ; «Dis-moi comment tu roules, je te dirai ce que tu caches», Nov. 98 ; «Et pourtant il tourne (le gyroscope)», décembre 98 ; «Le froid qui nous vient du ciel», janv. 99 ; «L'âge du capitaine», février 99 ; «Comment le chat se penche», mars 99 ; «L'art de l'équilibriste», Avril 99.

M. CROZON.

- «L'univers des particules». Collection Points-Sciences. Ed du Seuil (1999).

- «analyse de l'ouvrage de L Hoddeson et al : «The Rise of the standard model : particle physics in the 1960s and 1970s» Cambridge University press, in Revue d'Histoire des Sciences, 52/3/4, p 520 (1999).

- «Les relations d'incertitude» in Science et Avenir, numéro Spécial «les grandes idées du XXe siècle» (décembre 1999).

R. PAIN.

- «L'Univers change d'avenir», La Recherche (Mai 1998).

- «La constante cosmologique pourrait être non nulle», CNRS-INFO (Février 99).

- «Cosmologie: Une nouvelle vision de l'Univers», P. Pajot (Mars 1999) Participation à la rédaction d'articles pour la revue Pour la Science (traduction et encadrés).

R. PAIN, S. FABBRO, D. HARDIN, J-M. LEVY, K. SCHAHMANECHE.

- Participation au hors-série «Les étoiles» de la revue Science et Vie Junior:

F. VANNUCCI.

- « Du poids des neutrinos dans l'avenir de l'univers», La Recherche 312, p42 (1998)
- « Le neutrino sur la balance», Images de la Physique 1999/CNRS p79.
- «The dark side of the moon», Courrier du CERN, mai 1998, p27.
- Hors série «Particules», Science et Vie Junior, Automne 98, p72.

AUDIOVISUEL et MULTIMEDIA

J. LABERRIGUE-FROLOW.

- Co-auteur de «Virgo la Sentinelle», film réalisé par J-N. Cristiani, coproduit par l'INA et la Cinq, janvier 2000

Liste du personnel

Chercheurs CNRS

Enseignants chercheurs

Boursiers - Thésards

Visiteurs étrangers

Ingénieurs, Techniciens et Administratifs

Chercheurs CNRS

Astier Pierre

Chargé de Recherche

Augustin Jean-Eudes

Directeur de Recherche

Banner Marcel

Directeur du LPNHE (retraite le 01/11/99)

Barrelet Etienne

Directeur de Recherche

Bassler Ursula

Chargé de Recherche

Benayoun Maurice

Directeur de Recherche

Bernardi Grégorio

Chargé de Recherche

Cohen-Ganouna Jacques

Directeur de Recherche Émérite

Crozon Michel

Directeur de Recherche Émérite

Dagoret-Campagne Sylvie

Chargé de Recherche

Del Buono Luigi

Chargé de Recherche

de la Vaissière Christian

Directeur de Recherche

Jean Duboc

Directeur de Recherche (retraite le 17/01/99)

Dumarchez Jacques

Directeur de Recherche

Fleuret Frédéric

Chargé de Recherche

Goldberg Marcel

Directeur de Recherche

Hubaut Fabrice

Chargé de Recherche

Kapusta Frédéric

Chargé de Recherche

Kovacs Francis

Chargé de Recherche (mis à disposition Centre de recherche de GRAMAT)

Krasny Mieczyslaw

Directeur de Recherche

Laberrigue-Frolow Jeanne

Directeur de Recherche Émérite

Lacour Didier

Chargé de Recherche

Leruste Philippe

Chargé de Recherche bénévole

Letessier-Selvon Antoine

Chargé de Recherche

Lévy Jean-Michel

Chargé de Recherche

Narjoux Jean-Louis

Chargé de Recherche

Nguyen Huu-Khanh

Directeur de Recherche (retraite le 01/01/99)

Pain Reynald

Chargé de Recherche

Poggioli Luc

Chargé de Recherche (mutation 01/10/89)

Renault Cécile

Chargé de Recherche

Rivoal Monique

Directeur de Recherche

Roos Lydia

Chargé de Recherche

Savoy-Navarro Aurore

Directeur de Recherche

Touchard Anne-Marie

Directeur de Recherche (retraite le 10/04/98)

Enseignants chercheurs

Baubillier Michel

Professeur Paris VI

Billoir Pierre

Professeur Paris VI

Boratav Murat

Professeur Paris VI

Briand Hélène

Maître de Conférences Paris VI

Carimalo Christian

Maître de Conférence Paris VI

Chauveau Jacques

Professeur Paris VI

Da Silva Wilfrid

Maître de Conférences Paris VI

David Pascal

Maître de Conférences Paris VII

Fatton Jacques

Maître de Conférences Paris VII

Fichet Stéphane

ATER Paris VI

Hamon Odile

Maître de Conférences Paris VI

Hardin Delphine

Maître de Conférences Paris VI

Laforge Bertrand

Maître de Conférence Paris VI

Le Diberder François

Professeur Paris VII

Machefert Frédéric

ATER Paris VI

Moreau Xavier

ATER Paris VI

Orsini Fabienne

ATER Paris VII

Pons Yvette

Maître de Conférences Paris VII

Schahmaneche Kyan

Maître de Conférence Paris VII

Schwemling Philippe

Maître de Conférences Paris VII

Schune Denise

Maître de Conférences Paris VI

Tavernet Jean-Paul

Maître de Conférences Paris VI

Vannucci François

Professeur Paris VII

Vincent Pascal

Maître de Conférences Paris VI

Boursiers- Thésards

Ayyaz Ijaz

bourse du gouvernement Pakistanais

Barrau Aurélien

MENRT

Bertou Xavier

MRT

Fabbro Sébastien

Co-tutelle

Fichet Stéphane

MENESR

Lachaud Cyril

MENRT

Moreau Xavier

MENESR

Olivier Bob

MRT

Stark Jan

MRT

Versillé Sophie

MENRT

Troquereau Sébastien

MENRT

Zini Pascal

MENESR

Visiteurs étrangers

Aharonian Félix

Professeur invité, Paris VII

Berggren Mikael

Visiteur IN2P3

Cahn Robert

Professeur invité Paris VII

Eidelman Simon

Professeur invité Paris VII

Ivanchenko Vladimir

Professeur invité Paris VII

Martinez-Vidal Fernando

Boursier Marie Curie, IN2P3

Popov Boris

Boursier CIES

Ragan Keneth

Professeur invité Paris VII

Théoriciens hébergés

Borghini Nicolas

ATER Paris VI

Gauron Pierre

Chargé de Recherche

Heineman Christine

Thésard, boursier MENRT

Loiseau Benoît

Directeur de Recherche

Nicolescu Basarab

Chargé de Recherche

Risler Roman

Thésard, boursier MENRT

Vautherin Dominique

Directeur de Recherche

Vinh-Mau Robert

PRHC Paris VI

Wallon Samuel

MC 2 Paris VI

Ingénieurs, Techniciens et Administratifs

Acounis Stéphane

ITA Assistant-Ingénieur (mutation le 01/10/98)

Astesan Françoise

ITA Ingénieur d'Etudes

Bailly Philippe

ITA Technicien de la Recherche

Beauchet Philippe

ITA Technicien de la Recherche

Bertoli Walter

ITA Ingénieur d'Étude

Boniface Nicole

ITA Technicienne de la Recherche

Bouhaddad Nacéra

ITA Ingénieur d'Etudes

Brissard Monique

ITA Technicienne de la Recherche

Canton Bernard

ITA Ingénieur d'Etudes

Caraco Bernard

ITA Adjoint d'Administration Principale

Castera Alain

ITA Ingénieur de Recherche

Cloarec Marie-Madeleine

ITA Technicienne de la Recherche

Commerçon Michel Arnauld

ITA Technicien de la Recherche

Cossin Isabelle

ITA Technicienne de la Recherche

David Jacques

ITA Ingénieur d'Etudes (mutation le 01/10/98)

Delchini Hugo

ITA Ingénieur d'Etudes

Denance Jean-Pierre

TPN Ingénieur de Physique Nucléaire

Depauw Annie

ITA Technicienne de la Recherche

Drapeau Claude

ITA Technicienne de la Recherche

Durant Olivier

ITA Assistant Ingénieur (mutation le 01/10/98)

Durin Josette

Ingénieur d'Étude, rattachée LPNHE

Etienne Philippe

ITA Ingénieur d'Etudes

Faivre Maria

ITA Technicienne de la Recherche

Foiret Martine

Technicienne de la Recherche (mutation 03/98)

Frua-Bernard Anna

ITA Technicienne de la recherche

Ganouna James

ITA Ingénieur d'Étude (retraite le 11/09/99)

Genat Jean-François

ITA Ingénieur de Recherche

Goffin Colette

ITA Assistante Ingénieur

Gorrand Jean-Louis

ITA Assistant Ingénieur

Gorrand Sylviane

ITA Technicienne de la Recherche

Guimard Andrée

ITA Technicienne de la Recherche

Herluison Odette

IATOS Technicienne Paris VI (retraite 10/99)

Huppert Jean-François

ITA Ingénieur d'Etudes

Imbault Didier

ITA Ingénieur de Recherche

Jos Jeanne

ITA Assistant Ingénieur

Laloux Philippe

ITA Technicien de la Recherche

Lebbolo Hervé

ITA Ingénieur de Recherche

Lebreton Evelyne

ITA Ingénieur de Recherche

Le Dortz Olivier

ITA Ingénieur de Recherche

Machecourt Simon

ITA Adjoint Technique de la Recherche

Martin David

ITA Ingénieur d'Etudes

Martin Liliana

Ingénieur d'Étude

Nayman Patrick

ITA Ingénieur de Recherche

Paraiso Adamou

ITA Technicien de la Recherche

Parraud Jean-Marc

(cdd, électronique)

Pavel Nicolas

ITA Technicien de la Recherche

Portès Jacques

ITA Ingénieur de Recherche

Repain Philippe

ITA Technicien de la Recherche

Rossel François

ITA Ingénieur d'Etudes

Schuh Patricia

ITA Attachée d'Administration de la Recherche

Sérot Luc

ITA Technicien de la Recherche (mutation le 01/10/98)

Steyaert Didier

ITA Assistant Ingénieur

Strachman Zacharia

ITA Ingénieur de Recherche

Tréguier Yves

ITA Assistant Ingénieur (mutation le 0107/98)

Toussnel François

ITA Assistant Ingénieur

Vallereau Alain

ITA Assistant Ingénieur

Vinet Claudie

ITA Adjoint Technique

Warin-Charpentier Patricia

ITA Ingénieur d'Etudes