

## Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

### Le neutrino dans tous ses états

**Les particules de masse nulle.** Si l'on a à comparer des particules de masse faible avec des particules de masse rigoureusement nulle, il faut voir que ces deux types de particules sont de nature bien différente, comme les représentations du groupe de Poincaré qui y correspondent. Un argument intuitif montre la différence : une particule de masse non-nulle peut être considérée dans son système au repos, où elle est une représentation du groupe des rotations. Ceci est impossible pour une particule de masse nulle, dont l'hélicité restera constante : chacune des représentations est de dimension 1.

Les antiparticules d'une particule d'hélicité  $\lambda$  ont l'hélicité  $-\lambda$ . On peut, pour  $|\lambda| = 1/2$ , fabriquer un champ en identifiant particules et antiparticules. Un terme de masse dans le Lagrangien couplera alors les antiparticules aux particules dans l'espace des saveurs. On obtiendra des particules de Dirac ou des particules de Majorana, ou un hybride, selon le couplage.

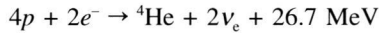
**Le mécanisme de bascule.** Si l'on n'observe pas de neutrino d'hélicité droite en raison de l'existence d'un mécanisme de Higgs donnant une masse de Majorana très importante à ce neutrino droit, l'équation aux masses observées a approximativement pour solutions la masse de Majorana  $C$  pour le neutrino droit et le rapport  $m^2/C$  pour le neutrino gauche où  $m$  est une masse de Dirac.

On suppose que les valeurs de  $C$  sont du même ordre et que les masses de Dirac des neutrinos sont équivalentes à celles de leurs homologues chargés. Les masses de neutrinos sont alors proportionnelles au carré des masses des leptons chargés de même saveur.

**Les oscillations de neutrinos dans le vide.** Si les neutrinos n'ont pas la même masse, et si les états propres de masse sont différents des états propres de saveur, la saveur d'un neutrino dans le vide oscille entre la saveur de création et un extrême, donné par une combinaison linéaire de l'ensemble des saveurs. On désigne par  $\cos 2\theta$  le produit scalaire entre les deux valeurs extrêmes.

$\theta$  caractérise l'amplitude de l'oscillation, sa fréquence dépend de  $\gamma = E/m$  et de la différence de masse  $\delta m^2$ . Les gammes d'énergies et de distances varient considérablement, on peut faire des expériences de disparition d'une saveur ou d'apparition d'une nouvelle saveur, et explorer ainsi des régions bien différentes dans l'espace des paramètres  $(\theta, \delta m^2)$ .

**Le problème des neutrinos solaires.** Trois types d'expériences ont jusqu'à présent tenté de détecter l'énorme flux de neutrinos que produit le Soleil dans les réactions de fusion qui l'alimentent en énergie, et que l'on peut écrire globalement



Par ordre de seuil décroissant en énergie : par Čerenkov dans l'eau, par réaction  $\beta$  inverse sur le chlore et sur le gallium.

Ces 3 types d'expériences détectent un flux *inférieur* au flux calculé. Le déficit est plus grand pour les expériences sur chlore, et n'est donc pas monotone dans l'énergie.

La distribution en énergie des neutrinos est complexe, et dépend de 4 voies de réactions principales. Trois passent par le deutérium et le tritium, avec fusion directe, ou via le  ${}^7\text{Be}$ , par le  ${}^7\text{Li}$  ou le  ${}^8\text{B}$  ; le cycle de Bethe est indépendant, catalysé par des noyaux C, N et O.

On peut expliquer le déficit par des oscillations dans le vide entre le Soleil et la Terre, avec  $\sin^2 2\theta$  grand,  $\delta m^2$  très faible ( $10^{-10} \text{eV}^2$ ) et une phase finement ajustée, ce qui est peu naturel.

La possibilité proposée par Mikheev, Smirnov et Wolfenstein (MSW) est de considérer que les neutrinos dans le Soleil ont une matrice densité de saveur qui suit adiabatiquement la polarisation imposée par la matière dans l'espace des saveurs. Il peut y avoir ainsi retournement complet, c'est-à-dire que les neutrinos sortent du soleil dans un état orthogonal à la saveur électron. On ne pourra alors pas les détecter comme  $\nu_e$ .

Les conditions pour que ce retournement ait lieu sont assez lâches, et sont réalisées pour une énergie de neutrino dans un triangle du plan  $\ln \sin^2 2\theta$ ,  $\ln \delta m^2$ . Les limites du triangle sont données par :

- $\delta m^2$  assez faible pour permettre la variation de polarisation,
- un couplage  $\delta m^2 \sin^2 2\theta$  suffisant,
- $\sin^2 2\theta$  pas trop voisin de 1, pour obtenir un retournement.

Au centre du triangle MSW, l'effet d'atténuation serait beaucoup plus grand que ce que l'on observe. On est donc sur une des franges du triangle, et ceci pour les trois types d'expériences, dont les triangles sont décalés en  $(\ln \delta m^2)$  en raison des sensibilités en énergie différentes. On localise ainsi deux régions possibles.

**Les variations dans le temps du déficit en neutrinos solaires.** Le défaut d'observations de variations annuelles, malgré l'excentricité de l'orbite terrestre favorise une solution stable.

La solution d'oscillations dans le vide finement ajustée est ainsi défavorisée.

Les variations diurnes dues à la traversée de la Terre pendant la nuit iraient en sens inverse, l'effet étant plus marqué pour les paramètres MSW que pour l'oscillation dans le vide.

**Et au-delà ?** Pour raffiner les résultats, il faudrait avoir : des résultats plus détaillés en fonction de l'énergie, des informations sur le flux de neutrinos *stériles* (de saveur non-électronique) par courant neutre. Un bilan global permettrait de séparer les problèmes de structure solaire de ceux liés à la physique des oscillations.

Pour l'instant, tout ce que l'on peut faire est de perturber les modèles solaires pour essayer de les rendre compatibles avec les résultats observés, dans le plan des flux de neutrinos de  ${}^7\text{Be}$  et  ${}^8\text{B}$ . On n'arrive pas à atteindre d'accord sans oscillations, et on est tout juste à la lisière de ce que permet d'atteindre l'effet MSW.

**Le spectre de désintégration du tritium.** Si le neutrino a une masse, on doit pouvoir l'observer comme une coupure sur la fin du spectre d'électrons de désintégrations du tritium. Des expériences de très haute précision (Troitsk) ont été entreprises. Malheureusement, des anomalies dans cette fin de spectre rendent leur interprétation délicate.

**Les oscillations de neutrinos d'accélérateurs.** Les neutrinos provenant de la désintégration de pions d'accélérateurs ont une énergie de quelques GeV, et les zones de  $\delta m^2$  explorées sont donc très hautes (1 eV<sup>2</sup>). Par contre, on peut explorer d'autres saveurs, puisque l'on part essentiellement de  $\nu_\mu$ , en particulier les  $\nu_\tau$ .

**Les neutrinos du tau.** On n'a jamais observé de  $\nu_\tau$ . L'oscillation  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  pourrait à la fois permettre une observation du  $\nu_\tau$  et la détermination des paramètres d'oscillation. Plusieurs expériences sont en cours dans ce domaine.

**Les neutrinos de gerbes atmosphériques.** Le rapport entre  $\nu_\mu$  et  $\nu_e$  dans les grandes gerbes cosmiques n'est pas conforme à ce que l'on attend des calculs Monte-Carlo sur ces gerbes. Tout un ensemble de questions demande des réponses encore inexistantes, d'autant que les déviations semblent dépendre du type de détecteur utilisé, que la haute énergie des neutrinos suffit parfois à faire sortir les produits d'interaction du détecteur, et que la nécessité de travailler en laboratoire souterrain introduit des bruits mal contrôlés en provenance des parois.

**La double désintégration  $\beta$  sans neutrino.** Paradoxalement, la double désintégration  $\beta$  sans neutrino fournit une information sur le neutrino, car elle suppose qu'un neutrino virtuel émis est réabsorbé en tant qu'antineutrino. Elle met donc des limites sur le mécanisme par lequel le premier se transforme dans l'autre. Plusieurs expériences recherchant la désintégration du  ${}^{76}\text{Ge}$  sans neutrino ont déjà

mis des limites supérieures à ce processus de plusieurs ordres de grandeur plus faibles que le taux de désintégration avec 2 neutrinos.

**Les neutrinos de la supernova SN1987A.** Les neutrinos de la supernova SN1987A sont arrivés du petit nuage de Magellan dans l'espace de quelques secondes. Ceci met des limites sur leur masse, sur l'absence de neutrinos droits légers, sur la stabilité des neutrinos, sur leur charge ( $Q_\nu < 10^{-17} Q_e$ ), sur leur équivalence gravitationnelle avec les photons.

## ACTIVITÉS DU LABORATOIRE

### 1. Introduction

L'année universitaire 1995-96 a vu la mise en œuvre des nouvelles orientations marquées dès l'année dernière. Le Directeur du Laboratoire a rédigé un schéma de principe d'organisation et d'évolution scientifique et technique du Laboratoire, sur la ligne qui avait été tracée précédemment.

Ce schéma a été adopté par les directions des organismes de tutelle, ainsi que par la Commission compétente du Comité National du CNRS, et enfin par le Comité Scientifique du Laboratoire, qui a fixé définitivement les orientations à suivre.

Les trois axes de recherche retenus l'an dernier ont été confirmés :

- Étude des grandes gerbes cosmiques par la poursuite de la participation aux expériences entreprises à Thémis (Cf. section 4, p....), ainsi que par la préparation du projet, bien plus ambitieux, d'Observatoire Auger qui se donne pour but l'étude de ces phénomènes rares que sont les gerbes développant une énergie totale de  $10^{19}$  eV, soit environ un Joule (Cf. section 4.2, p....).

- Étude des neutrinos, dans une première phase par la conduite et l'exploitation de l'expérience souterraine menée à 1 km de la centrale nucléaire de Chooz (Cf. section 7, p....), puis, ultérieurement, par la participation à l'expérience Hellaz qui se donne pour but la mesure du spectre des neutrinos solaires à partir de 100 keV, tant en  $\nu_e$  qu'en autres combinaisons possibles de neutrinos (Cf. section 7.2, p....). La construction du détecteur, dont nous étudions déjà les premiers prototypes, devra rassembler une collaboration internationale importante.

- Étude de la matière noire cosmologique. Dans ce domaine très vaste, le Laboratoire a dû effectuer des choix parfois douloureux pour aboutir à un rassemblement des physiciens sur un petit nombre de thèmes, condition nécessaire d'efficacité. Nous sommes donc en cours de désengagement des programmes de recherche de matière noire non-baryonique (Cf. section 6, p....), pour nous concentrer sur les aspects observationnels de la gravitation relativiste : détection d'amas denses de matière ordinaire froide par la méthode des microlentilles gravitationnelles, étude de la structure globale de l'Univers (Cf. section 5, p....).

Bien sûr, ce regroupement des efforts ne se conçoit pas sans une volonté de mobilité, intellectuelle ou géographique. C'est ainsi que les engagements pris par le Laboratoire dans les programmes en cours : DELPHI (Cf. section 2, p....), les Ions lourds relativistes (Cf. section 3, p....), doivent être tenus, sans pour autant empêcher les physiciens qui le souhaitent de s'engager dans les programmes nouveaux.

Par ailleurs, certaines activités, d'un intérêt indéniable, ne trouveront plus leur place dans les nouveaux programmes du Laboratoire, et gagneront à s'insérer dans des environnements plus propices : le calcul parallèle (Cf. section 10, p....), ou la théorie (Cf. section 9, p....).

Ce resserrement des activités autour d'axes mieux précisés, qui conforte l'avenir du Laboratoire, se manifeste déjà par un pouvoir d'attraction accru : 4 chercheurs seniors sont venus ou vont prochainement venir au Laboratoire, et la vie scientifique, mieux centrée, avec notamment la participation de *P. Bareyre*, physicien au CEA, qui a accepté de tenir le rôle de Directeur Adjoint Scientifique, est mieux partagée. L'ambition du Laboratoire serait de servir de pôle, au sein de l'IN2P3, des activités de cette nouvelle branche que sont les « astroparticules ».

Une ossature technique solide est nécessaire pour tenir ce rôle, et notamment pour être en état d'accomplir les recherches et développements nécessaires, qui constituent une condition essentielle pour que le Laboratoire garde son autonomie scientifique. Elle devra sans aucun doute évoluer, et sa structure future est à l'étude au Laboratoire actuellement, pour l'informatique (Cf. section 11, p....), l'électronique (Cf. section 12, p....) et la mécanique (Cf. section 13, p....).

## 2. *Expérience DELPHI au LEP*

Sur le collisionneur LEP au CERN, le Laboratoire participe à la collaboration DELPHI constituée de 500 physiciens provenant de 45 laboratoires européens, russes et américains. La 6<sup>e</sup> année de fonctionnement du LEP a été consacrée à la mise au point de la technique des trains de paquets permettant de fonctionner avec une intensité de faisceaux plus élevée. Dans un premier temps, un nouveau balayage de la zone de masse du  $Z^0$  a permis d'enregistrer plus de 750 000 désintégrations, puis après l'installation et la mise en service de cavités radio-fréquence supraconductrices, d'augmenter l'énergie à 65 GeV par faisceau pour commencer la recherche de charginos dans un domaine de masse encore inexploré.

Après la mise en place de nouvelles cavités au printemps 1996, les premières prises de données se feront à une énergie de 80 GeV par faisceau pour atteindre plus de 87 GeV en fin d'année.

Parmi les nombreux sujets abordés par DELPHI, notre activité s'est portée plus particulièrement sur les points suivants.

### 2.1. *Physique des particules de beauté*

Les performances du détecteur de vertex au silicium et du compteur Čerenkov RICH ont permis, grâce à une signature efficace de la réaction  $Z^0 \rightarrow b\bar{b}$ , une étude approfondie des propriétés des mésons B. Dans un premier temps, on a pu mesurer les temps de vie des différents types de mésons B (chargé, neutre et étrange) et déterminer avec précision les éléments de la matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa faisant intervenir la beauté. Le nombre de  $Z^0$  hadroniques obtenus depuis 1990 (4,1 millions) a permis l'observation et la mesure des oscillations du  $B_d$  durant son vol. Tous les efforts se portent maintenant sur l'étude du  $B_s$  mais, du fait d'une fréquence d'oscillation plus grande, cette statistique sera probablement insuffisante pour obtenir une détermination précise des différents paramètres.

(P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, G. Tristram)

### 2.2. *Recherche de nouvelles particules*

Depuis octobre 1995, le collisionneur LEP fonctionne à une énergie d'environ 135 GeV, la plus grande énergie jamais atteinte par un collisionneur à électrons, ouvrant un nouveau champ de recherches de particules (Higgs, particules supersymétriques).

Avec le faible nombre d'événements obtenus il n'a pas été possible de mettre en évidence de nouveaux phénomènes, mais un travail intensif a été effectué sur la préparation des chaînes d'analyses qui devrait aboutir avec les plus hautes énergies et les meilleures statistiques des prochaines années.

(A. Djannati-Ataï, J. Dolbeau)

### 2.3. *Construction du détecteur de vertex*

L'installation dans DELPHI du nouveau du détecteur de vertex au silicium a eu lieu au printemps 1996. Les détecteurs unidirectionnels ont été remplacés par des détecteurs bidirectionnels (microbandes croisées à 90°), capables de mesurer simultanément deux coordonnées.

(Y. Dufour, A. Guimard, J.-P. Turlot)

La première couche du détecteur à « pixels » (damiers de  $330 \mu\text{m} \times 330 \mu\text{m}$ ) conçu et réalisé par une collaboration entre le Laboratoire, le CPP de Marseille et les Universités de Karlsruhe, Milan et Wuppertal a été mis en place et sera opérationnelle dès le début des prises de données. La deuxième couche est en construction et sera installée au début de l'année prochaine.

Ce détecteur, en améliorant sensiblement la reconnaissance des traces partant vers l'avant (entre 10° et 25°), donne à DELPHI une couverture angulaire homogène, indispensable à la recherche de nouvelles particules.

(C. Aubret, C. Boutonnet, B. Courty, G. Desplanques, L. Guglielmi, A. Guimard, J.-J. Jaeger, C. Poutot, Ph. Tardy, G. Tristram, J.-P. Turlot, J. Vergne, J.-P. Villain, J. Waisbard)

#### 2.4. Les performances des détecteurs

Après 5 ans de fonctionnement sans problème majeur et à la moitié de la durée d'utilisation prévue, la TPC de DELPHI, principal détecteur de traces chargées, a été démontée et contrôlée au cours de l'arrêt hivernal. L'étude pour l'amélioration du système de contrôle des paramètres de fonctionnement (remplacement du processeur d'acquisition MC6809 et du système d'exploitation par un processeur MC68340 et le système OS9), se poursuit.

(C. Boutonnet, P. Courty, J. Dolbeau, A. Guimard, J. Mas, J.-P. Turlot)

Le système d'acquisition de données du grand détecteur de rayonnement Čerenkov à imagerie annulaire (barrel RICH) ainsi que le système de calibration automatique, réalisés au Laboratoire ont parfaitement fonctionné tout au long de l'année.

La mise au point du bi-processeur d'acquisition qui remplacera les processeurs contrôlant le flux de données de DELPHI a été retardée par des problèmes de matériel. L'installation sur le site commencera à la fin de l'été.

(L. Guglielmi)

#### 2.5. Fonctionnement général de DELPHI

S. Lantz et C. Poutot assurent l'installation, la production et la gestion des simulations effectuées sur la ferme de stations de travail Basta à Lyon, et la mise à jour de la base de données correspondant aux simulations effectuées par l'ensemble de la collaboration.

D. Levaillant assure la diffusion de la documentation de DELPHI au sein du Laboratoire.

### 3. Recherche du plasma de Quark-Gluons (QGP)

#### 3.1. Expérience WA85 (début des prises de données : 1987)

Cette expérience-test nous a permis de mettre au point les méthodes d'analyse utilisables pour les expériences soufre-soufre et plomb-plomb. Elle nous a aussi permis d'étudier et de construire les appareillages nécessaires pour la détection des particules étranges.

Les K chargés se désintégrant en 3 corps ont été présentés à Monterey (Quark Matter'95) puis ont fait l'objet d'une publication à Physics Letters.

Analyses et thèses se succèdent sur cette base de données très complète, portant sur les productions de particules étranges et anti-étranges ( $K$ ,  $\Lambda$ ,  $\Xi$ ,  $\Omega$ ). (*M. Sené, R. Sené, A. Volte*).

### 3.2. Expérience WA94 (début des prises de données : 1992)

La production d'antibaryons est plus importante en S-W et S-S qu'en p-W. Le rapport  $\bar{\Xi}^-/\Xi^-$  a une valeur de  $.6 \pm .05$  en S-W et S-S au lieu de  $.27 \pm .06$  en p-W.

Ces valeurs sont en bon accord avec les hypothèses dérivées de QCD mais ne permettent pas de conclure à la présence du plasma de quarks et de gluons. (*M. Sené, R. Sené, S. Szafran, A. Volte*).

### 3.3. Expérience WA97 (début des prises de données : 1994)

Le faisceau d'ions plomb est exactement arrivé à la date prévue, novembre 1994. En 1994 ont été enregistrés 60 millions de triggers, que nous sommes en train d'étudier. Les premiers résultats ont été présentés au début de 1995. Cette expérience a ensuite recueilli 100 millions de triggers en 1995 et terminera sa prise de données en 1996 sur la même statistique, ce qui donnera un lot de 2 à 3 000  $\Omega$ .

Cette expérience a pour but de mesurer la production des particules étranges et anti-étranges dans les collisions centrales plomb-plomb à 160 GeV/c par nucléon. Cette mesure devrait nous permettre de signer la présence d'un plasma de quark et de gluons lors de l'interaction. Les résultats préliminaires (2,5 % de la statistique finale) en  $\Lambda$  et  $\bar{\Lambda}$  nous donnent un rapport plus petit que dans les expériences WA85 et WA94.

$$\bar{\Lambda}/\Lambda = 0,18 \pm 0,03 \text{ (WA97)} \text{ et } \bar{\Lambda}/\Lambda = 0,31 \pm 0,01 \text{ (WA85 et WA94)}.$$

Le groupe a la charge des 4 chambres à damiers étudiées et construites au Laboratoire. Nous les avons calibrées sur faisceau de protons en 1995.

Elles s'avèrent indispensables pour faire le suivi des traces. La mesure de l'impulsion avec les points des chambres est sensiblement améliorée. De plus la présence des points dans les chambres augmente également la précision de reconstruction et le nombre de bonnes traces reconstruites.

Nous avons aussi mis au point la chaîne d'acquisition des chambres à damiers, les programmes de surveillance en ligne ainsi que les programmes de reconstruction. Des améliorations sont en cours pour les runs de 1996.

Le groupe assure la réalisation des cibles (soufre, aluminium, plomb, étain, cuivre, tungstène) ainsi que celles des compteurs de faisceau (scintillateurs et Čerenkov). Bien que l'expérience se termine en 1997, nous avons en cours de réalisation une chambre de faisceau qui permettra un meilleur tuning du faisceau d'ions, plus de sensibilité et moins de matière. Il est également probable que nous



allons réaliser d'autres cibles pour améliorer leur positionnement. Nous finissons aussi quelques améliorations sur le système de haute tension des chambres à damiers.

L'exploitation des données est en cours et nous participons à la mise en place des bases de données et à l'analyse. Les premiers résultats seront présentés à Quark Matter'96 (Heidelberg). (A. Diaczek, M. Pairat, S. Szafran, S. Selmane, M. Sené, R. Sené, A. Volte).

#### 4. Physique des cosmiques

##### 4.1. *Gammas cosmiques : expériences en cours*

La physique des particules cosmiques est maintenant implantée dans le Laboratoire depuis de nombreuses années. C'est en effet en 1987 qu'a débuté l'expérience THEMISTOCLE visant la détection des rayons gamma de haute énergie ( $> 1$  TeV) sur le site de l'ancienne centrale solaire E.d.F. : Thémis, à Targassonne (PO).

Ce site s'avère particulièrement favorable à la détection des gerbes par leur rayonnement Čerenkov dans l'atmosphère de par son altitude (1 650 m), et les conditions de transparence de son atmosphère, souvent favorables. De plus une partie du matériel et des infrastructures laissées à disposition par l'E.d.F. ont été réutilisées par les expériences.

Le site de Thémis a été le théâtre de développements successifs, tous orientés vers la détection Čerenkov. Ainsi l'activité en 1996 s'est portée sur trois ensembles expérimentaux intimement liés :

**THEMISTOCLE** : Cette expérience comprenant 18 petits télescopes répartis sur une surface de 4 ha est en fonctionnement depuis 1989. Cette année a été consacrée à une remise en état de l'appareillage en vue de son exploitation couplée avec les autres expériences. En particulier le changement des photomultiplicateurs devrait permettre d'abaisser le seuil de déclenchement de 2 TeV à 1 TeV.

L'analyse du spectre de la nébuleuse du Crabe a été complétée jusqu'à une énergie de 15 TeV. L'effort a surtout porté sur le calibrage de la mesure de l'énergie des gerbes, rendu difficile par l'absence de particules d'énergie de référence. Nous avons pu atteindre une erreur systématique sur l'évaluation de l'énergie de 20 %, limite difficile à abaisser.

**CAT** : Cette expérience adjoint sur le site un miroir parabolique de 15 m<sup>2</sup> de surface à une caméra de 525 pixels, sensible au photo-électron, qui jusqu'à ce jour n'avait jamais été réalisée. L'installation en est terminée en juin et les premières observations suivront dans les mois suivants.

Le seuil en énergie devrait se situer entre 150 et 200 GeV. Le but de l'expérience est de détecter les sources gamma de faible intensité, en particulier les

AGN (Noyaux Actifs de Galaxie) dont les composantes d'énergie élevée sont absorbées par le rayonnement intergalactique.

La contribution du Laboratoire y a été de fournir deux compteurs Čerenkov additionnels isolant les muons cosmiques avec une grande précision angulaire, qui permettront le calibrage de la réponse du détecteur aux photons Čerenkov et donc son étalonnage en énergie.

Le Laboratoire a également aménagé les réseaux de communications, en particulier par fibres optiques, entre les différentes expériences réparties sur le site.

**CÉLESTE** : Ce projet ambitieux est en période de montage pour un essai à échelle réduite. Il vise à réutiliser dans une phase ultime l'ensemble des héliostats de Thémis en concentrateur sur la tour de support de chaudière. Au sommet de cette tour serait disposée une optique secondaire formant une image des gerbes Čerenkov tombant dans le champ d'héliostats, image alors détectée par des photomultiplicateurs.

Dans le courant de 1996, un test aura lieu avec 20 héliostats. Avec l'ensemble des 160 héliostats disponibles, on atteindrait un seuil de détection de 20 GeV, qui correspond à la coupure haute de détection des rayons gamma par les satellites actuels. La sensibilité nettement supérieure permettrait un recouvrement des mesures des spectres d'émission et l'étude de sources beaucoup plus lointaines.

L'ensemble de ces expériences, que le Laboratoire soutient activement, constituera un entité unique couvrant des gammes d'énergie complémentaires et apportera une contribution de poids dans l'étude des sources gamma et des processus d'accélération et de production des cosmiques.

#### 4.2. *Observatoire Auger*

Durant les trois dernières décennies, plusieurs rayons cosmiques d'énergie supérieure à  $10^{19}$  eV ont été observés par divers détecteurs. Aussi rare qu'elle soit, l'arrivée dans l'atmosphère terrestre de particules ou de noyaux ayant une énergie aussi énorme reste inexpliquée, et il est nécessaire, pour comprendre ce phénomène, de mesurer avec précision la distribution en énergie des particules, leur direction et de déterminer leur nature.

Le flux de ces particules est extrêmement faible, et estimé à  $0,02/\text{km}^2/\text{an}$ . L'obtention d'une centaine d'événements par an exige donc un détecteur couvrant une surface au sol de  $5\,000\text{ km}^2$  et composé, si l'on tient compte de la taille des gerbes engendrées par ces rayons cosmiques, de stations de  $10\text{ m}^2$  espacées d'environ  $1,5\text{ km}$ .

Une équipe internationale s'est mise en place depuis moins de 3 ans, à l'initiative de James W. Cronin, pour étudier la faisabilité d'un tel réseau et sa capacité à répondre aux questions soulevées ci-dessus. Cette étude a abouti en

novembre dernier à un rapport technique, auquel notre laboratoire a contribué, décrivant en détail ce réseau baptisé « Observatoire Auger », également connu sous son sigle anglophone ACRO<sup>1</sup>.

Nous avons participé à l'organisation de la dernière réunion de collaboration qui s'est tenue en novembre 1995 à Paris, dans les locaux de l'UNESCO. Lors de ce colloque, qui réunissait 60 physiciens appartenant à 15 nationalités, les principales conclusions du rapport technique ont été présentées et discutées. Il a été décidé de construire l'observatoire sur 2 sites, un dans chaque hémisphère. L'Argentine a été choisie pour abriter le site austral (le site boréal devant être sélectionné lors de la prochaine réunion de collaboration).

Chacun des 2 détecteurs sera hybride (réseau de 3 000 km<sup>2</sup> muni d'un détecteur de fluorescence central), permettant ainsi une mesure indépendante des paramètres de la gerbe.

Les années 96 et 97 sont consacrées à un programme de recherches et développement auquel notre Laboratoire prend une part importante, au renforcement de la collaboration et à la recherche du financement de ce projet.

Participent à l'activité sur les cosmiques au Laboratoire : *J.-M. Brunet, J.-N. Capdevielle, A. Djannati-Ataï, M.-G. Espigat, P. Espigat, C. Ghesquière, L. Guglielmi, C. Lamy, L. Martin, C. Robert, P. Frenkiel, Ph. Tardy, G. Tristram, J. Waisbard.*

## 5. Cosmologie Observationnelle

Le groupe de cosmologie observationnelle du Laboratoire, même s'il ne s'est identifié comme tel que récemment, a un passé relativement ancien dans ce domaine de la physique à la frontière entre Physique des Particules et Astrophysique. Nous avons été obligés de nous retirer de certains champs d'étude (Cf. section 6, p....), mais sommes toujours actifs dans d'autres (Cf. section 4, p....).

Avec l'arrivée au Laboratoire de physiciens du LPTHE des Universités de Paris 6 et 7, avec qui nous collaborions depuis quelques années, cette identité s'est raffermie.

Les sujets de recherche de notre groupe sont axés sur la description macroscopique de l'Univers, et la détection de la matière, en grande partie invisible, qui le constitue.

### 5.1. Recherche de matière noire baryonique

L'identification de la matière noire des halos des galaxies est un des problèmes cosmologiques majeurs : même si la quantité de matière noire dans ces halos est assez bien déterminée, sa nature est encore incertaine.

---

1. Auger Cosmic Ray Observatory.

**Effet de microlentille.** L'une des hypothèses possibles est que cette matière noire soit de la matière ordinaire, dite baryonique, qui doit être alors organisée de façon non dissipative pour ne pas s'effondrer dans le disque galactique. Un mode d'organisation possible serait qu'elle se présente sous forme d'objets compacts sombres, par exemple des « naines brunes », étoiles trop petites pour que les réactions nucléaires s'allument.

Pour détecter de tels objets, il est possible d'utiliser l'effet de lentille gravitationnelle qu'ils produisent lorsqu'ils passent devant des étoiles d'arrière plan. L'image de l'étoile est trop petite pour qu'on puisse en voir la déformation (c'est pour cette raison qu'on les appelle « microlentilles »), mais on peut détecter l'amplification du flux lumineux. Cependant de tels effets sont très rares et il faut surveiller des millions d'étoiles pour avoir une chance d'en observer. Un groupe français et un groupe américano-australien ont recherché et trouvé de tels effets en direction du Grand Nuage de Magellan.

**La méthode des pixels.** Il nous a semblé naturel d'effectuer le même type de recherche en direction de la grande galaxie d'Andromède (M31), qui contient un très grand nombre d'étoiles. Mais la plupart des étoiles de M31 ne sont pas résolues depuis le sol, c'est pourquoi notre groupe a imaginé, et mis en œuvre au sein de la collaboration Agape, une méthode qui permet de détecter des variations de luminosité d'objets non résolus dans des galaxies éloignées. Nous constituons un élément central de cette collaboration qui réunit des physiciens et astrophysiciens du SPM, de l'IN2P3 et de l'INSU au CNRS, du CEA et du CERN.

Notre programme d'observation s'étend sur trois années (1994-1996) au TBL (Télescope Bernard Lyot) de 2 m du Pic du Midi. Les campagnes de 1994 (60 nuits de septembre à novembre) et 1995 (95 nuits de août à décembre) ont permis d'obtenir des images du centre de M31 sur environ 70 nuits. Les premiers résultats obtenus montrent que nous atteignons les stabilités nécessaires à notre approche, ce qui devrait nous rendre sensible à des effets de microlentille gravitationnelle sur des étoiles de faible luminosité apparente.

**L'avenir : Megacam ?** La collaboration réfléchit maintenant à la manière de continuer l'expérience d'une façon qui permettra d'accumuler une statistique suffisante pour étudier avec précision le halo de M31.

Nous étudions la possibilité prometteuse de participer au projet Megacam, qui serait une caméra CCD couvrant un degré carré, installée sur le télescope franco-canadien de 3,60 m de Hawaï (CFHT). Des observations suffisamment régulières (une pose par nuit d'août à septembre) sur cet instrument permettraient d'observer environ un événement de microlentille par nuit.

Nous explorons aussi d'autres solutions sur d'autres instruments.

## 5.2. Détermination des paramètres cosmologiques et recherche de supernovæ

**La structure macroscopique de l'Univers.** La détermination des paramètres de l'Univers  $H_0$ ,  $\Omega_0$  et  $q_0$  caractérisant respectivement sa vitesse d'expansion, sa densité et le ralentissement de son expansion, demande de mesurer la distance d'objets lointains, et de la comparer avec leur décalage vers le rouge  $z$ . En première approximation,  $z$  est proportionnel à la distance, et le coefficient de proportionnalité est la constante de Hubble  $H_0$ . En seconde approximation, l'écart avec une loi linéaire est caractérisé par le paramètre de décélération  $q_0$ .

**Une mesure de distance par les supernovæ de type Ia.** La mesure des distances des objets lointains est un problème majeur de la cosmologie car une mesure directe par parallaxe n'est possible que jusqu'à quelques milliers d'années lumière, et ne peut donc pas servir pour des objets extra-galactiques.

Il semble que certaines supernovæ, celles « de type Ia » (SNIa), puissent être considérées comme des « chandelles standards », c'est-à-dire qu'elles ont toujours à peu près la même luminosité intrinsèque. Si cela est vrai, leur luminosité apparente permet d'évaluer leur « distance de luminosité ».

**Accumuler des informations statistiques sur les SNIa.** Nous voulons intervenir à deux niveaux. D'abord, la dispersion des luminosités intrinsèques des SNIa est cruciale pour pouvoir réellement déterminer le paramètre  $q_0$ . Or on ne sait pas si elle est inférieure à 20 % qui est tout à fait insuffisant. Des études ont montré qu'on peut diminuer cette dispersion par des corrections dépendant d'autres caractéristiques de la SNIa, comme la vitesse de décroissance de la luminosité et le spectre.

Pour progresser sur cette question en étudiant un grand nombre de supernovæ proches, nous équipons un télescope de 55 cm au Pic du Midi, avec l'aide d'astronomes du Bureau des longitudes et du DESPA de Meudon, d'une caméra couvrant 1/8 de degré carré au foyer primaire, ce qui assure une grande luminosité. Le correcteur de champ a été étudié par les ingénieurs de l'Observatoire de Marseille et la réalisation (notamment le dispositif de positionnement des filtres) a été faite au Laboratoire.

Nous voulons intervenir aussi au niveau de la recherche de SNIa plus lointaines. Pour cela nous allons dans un premier temps participer au Programme EROS II dans sa partie consacrée à la recherche de supernovæ autour d'un décalage vers le rouge de 0,2, qui va commencer dès l'automne 1996. D'ores et déjà, nous participons activement à la mise en place du programme d'observation. Dans un deuxième temps, à l'horizon 2000, nous pensons utiliser Mégacam (Cf. section 5.1, p....) pour chercher des SNIa vers  $z \approx 0,5$ , le grand champ prévu pour cette caméra, placée sur un télescope de 3,60 mètres dans un site de très bon seeing en fait un instrument idéal pour cette recherche.

L'ensemble de nos travaux se poursuit en collaboration avec des physiciens du Bureau des Longitudes, du CERN, du CEA (DAPNIA), du DESPA (Observatoire Paris-Meudon), du LAL (Orsay), et de l'Observatoire Midi-Pyrénées.

Collaborent à ces programmes au laboratoire : *A. Bouquet, M.-G. Espigat, C. Fritsch, G. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, J. Kaplan, C. Lamy, Y. Le Du, F. Lelong, D. Marchand, A.-L. Melchior, J. Waisbard*, ainsi qu'un stagiaire, *J.-C. Hamilton*

## 6. R & D sur des détecteurs pour la matière noire

### 6.1. Détection bolométrique de matière noire, expérience Edelweiss

Dans le cadre général de la recherche de matière noire dans l'univers, nous sommes, au Laboratoire, impliqués dans la détection directe de particules qui pourraient constituer une partie importante de cette matière sous une forme exotique.

La collaboration Edelweiss regroupe des laboratoires du CNRS (INSU, IN2P3) et du CEA (DSM/Dapnia, DSM/Drecam), en vue d'installer au LSM (Laboratoire Souterrain de Modane) une expérience de détection directe de Wimps avec des cristaux montés en bolomètre et portés à très basse température. Depuis janvier 1995 une série de mesures a été réalisée, suivie aussitôt d'une première analyse qui nous a permis d'annoncer un seuil de détection de 3 keV (énergie de recul de noyau) et un taux de bruit d'environ 15 événements par kg par jour et par keV au-dessus de 10 keV.

Le Conseil Scientifique de l'IN2P3, a apprécié ces mesures et encouragé la collaboration à poursuivre ses efforts.

La poursuite des mesures nécessite de gagner un ordre de grandeur sur le bruit de fond. Dans ce but nous avons installé un germanium semiconducteur de 500 g à la place du bolomètre de saphir de façon à reconnaître l'origine du bruit de fond résiduel.

Cette opération, menée par les laboratoires de l'IN2P3, est en cours d'analyse.

Le Laboratoire a lancé cette expérience et a contribué significativement à la première étape.

L'année 1996 est un tournant pour Edelweiss, désormais orientée vers une collaboration plus large.

Cependant, même, si certains d'entre nous peuvent, s'ils le souhaitent pour une partie de leur temps, participer à l'analyse, l'équipe du Laboratoire se désengage pour regrouper les forces du Laboratoire sur les axes principaux définis.

*A. de Bellefon, D. Broszkiewicz* ont participé à ces développements.

### 6.2. Détection de matière noire par cristaux scintillants

Parmi les expériences de détection de Matière Noire, celles avec des cristaux scintillants se sont révélées particulièrement prometteuses, pour les candidats neutralinos supersymétriques.

La cristallisation est en soi un processus de purification et la recherche de matériaux de faible radioactivité s'en trouve donc facilitée. En outre, la simplicité de la mise en œuvre de masses importantes permet d'envisager la détection de particules dont le taux d'interaction est plus faible que celui des neutrinos. L'expérience BPRS (Beijing, Paris, Rome, Saclay) a lancé les travaux dans ce domaine et demeure encore la plus compétitive, bien que 3 autres groupes dans le monde tentent des expériences similaires (Britanniques, Espagnols, Japonais). Nous venons d'installer 9 cristaux de 10 kg et 4 cristaux de 7 kg, soit 118 kg, dans le tunnel souterrain du Gran Sasso. Avec ce système, nous espérons mesurer une éventuelle modulation annuelle. En effet, le mouvement orbital de la Terre module sa vitesse dans un repère galactique, ce qui doit introduire une différence de quelques pour cent entre les taux mesurés en juillet et en janvier. Pour mesurer cet effet, il nous faut d'une part de la statistique (d'où l'intérêt de détecteurs massifs) et d'autre part démontrer la stabilité de nos mesures au %. Cette expérience est en cours et devrait se terminer fin 1996.

Nous avons assuré l'analyse des données des runs de test pris au Gran Sasso, la réception et la qualification des cristaux avant leur installation. Nous avons étudié les erreurs systématiques et recherché des moyens pour les réduire. Un splitter passif a été dessiné pour permettre la lecture en parallèle de données de haute énergie (jusqu'à 1 MeV) et basse énergie (jusqu'à 20 keV).

Nous avons aussi fait une étude pour remplacer, par un système de FADC sur chacune des voies, le système actuel de lecture des données par multiplexage de toutes les voies.

Cette électronique nouvelle ne sera développée que dans la perspective d'une extension du programme NaI qui dépend des R & D de purification de cristaux se poursuivant en parallèle au LSM. Si celles-ci débouchent sur de bien meilleurs cristaux, il sera possible d'envisager de plus gros détecteurs.

*M. Abbès et C. Tao* ont participé à ces recherches.

### 6.3. *R & D sur les détecteurs à très basses températures*

#### 6.3.1. *Jonctions tunnels*

Une partie importante de ces recherches et développements ont eu lieu au Laboratoire. Le cryostat Orange a été utilisé cette année en collaboration avec Jean-Paul Maneval (ENS) et l'IPN de Lyon pour faire fonctionner et caractériser des jonctions tunnels (réalisées à l'ENS) à très basse température (20 mK).

Ce programme de travail s'est achevé en juin 96 pour sa composante au Laboratoire et sera vraisemblablement poursuivi par l'équipe de l'IPN de Lyon à laquelle nous devons alors confier l'ensemble cryogénique.

*A. de Bellefon, Y. Giraud-Héraud et D. Broszkiewicz* ont participé, au Laboratoire, à ces développements.

### 6.3.2. Bolomètres rapides

Dans le cadre du projet Ultimatech, la collaboration avec le groupe de Physique du Solide de Paris 7 a été poursuivie pour étudier les bolomètres rapides.

Les bolomètres étudiés cette année (senseur en couche mince de NbSi déposée sur un substrat de saphir) ont été réalisés par *L. Dumoulin* au CSNSM.

Les caractéristiques courant-tension pour diverses températures du cryostat ont été mesurées automatiquement. Les résultats sont en bon accord avec les théories, ce qui montre que les bruits parasites ont été fortement diminués, et qui valide notre installation.

Ces bolomètres ont été irradiés par des particules  $\alpha$ . Les temps de montée des signaux sont de l'ordre de  $50 \mu\text{s}$ , et l'incertitude à mi-hauteur sur l'énergie de l'ordre de 1 %. Le bruit de l'électronique développée au Laboratoire étant de quelques eV, il faut maintenant faire une étude plus fine du bolomètre pour atteindre cette incertitude limite. Grâce au montage utilisé, la mesure d'énergie est peu sensible aux petites variations de température du cryostat, ce qui évite la difficulté d'avoir à réaliser une stabilisation très précise.

Parallèlement, la mise au point d'un amplificateur à bas bruit construit autour d'un TEGFET développé au L2M de Bagnex a été poursuivie. Un prototype (40Hz-2MHz, gain 20 000, bruit d'entrée  $50 \text{ pV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ) fonctionne. Un amplificateur permettant de travailler entre 4 et 300 K sans modifications de caractéristiques pourrait être réalisé dans cette technologie.

Enfin, un travail sur des bandes supraconductrices sous champ magnétique a été démarré, et pourrait déboucher sur des senseurs très rapides.

Participent à ces activités : *P. Bonierbale, R. Bruère-Dawson, P. Espigat, C. Finetin, Ph. Tardy.*

## 7. Expériences sur les neutrinos

### 7.1. Recherche d'oscillations sur 1 km (centrale de Chooz)

Une collaboration s'est formée pour rechercher les oscillations sur une plus grande distance du point de départ des neutrinos, malgré les difficultés que suscite l'affaiblissement corrélatif du flux d'antineutrinos.

Cela est nécessaire pour leur laisser éventuellement le temps d'osciller, c'est-à-dire de passer d'une espèce à l'autre. Un tel phénomène, s'il existe, permettrait de connaître la masse des neutrinos. Le Laboratoire a participé à plusieurs expériences auprès du réacteur nucléaire du Bugey, à des distances allant de 15 à 100 m du réacteur.

La collaboration de Chooz réunit 3 universités américaines (Philadelphie, New-Mexico et Irvine), 2 universités italiennes (Pise et Trieste), l'Institut Kourchatov à Moscou et 2 laboratoires français (le LAPP à Annecy et le Collège de France).



L'expérience a été construite sur le site franco-belge de Chooz (Ardennes), qui offre l'avantage de comporter un tunnel susceptible d'abriter l'expérience du rayonnement cosmique (300 m d'équivalent-eau). L'expérience prendra des données au début de l'été 1996, et mesurera le bruit de fond, avant le démarrage des réacteurs nucléaires ( $2 \times 4\ 200\ \text{MW}_{\text{th}}$ ) en septembre 1996.

Le détecteur comporte une cible de 6 t de scintillateur liquide dopé au Gd, entourée de 120 t de scintillateur liquide non dopé. La cible est regardée à distance par 192 photomultiplicateurs. Cette expérience sera un prototype pour une expérience encore plus ambitieuse prévue ensuite aux USA, à 13 km du réacteur de Perry, et à 500 m sous terre.

**La contribution du Laboratoire.** La construction du laboratoire d'étude des neutrinos dans le tunnel a été financée par EdF, et suivie par ses bureaux d'études. Le Laboratoire a pris en charge la liaison avec ces bureaux d'études, et le suivi du chantier (*D. Marchand*). Cette construction s'est avérée plus longue, difficile et coûteuse que prévu, notamment pour des problèmes de dureté de la roche. Le Laboratoire a également pris en charge la cuve principale du détecteur. Les peintures réfléchissantes internes ont été sélectionnées au Laboratoire (*P. Guillouet*).

Le remplissage du détecteur est également sous la responsabilité d'une équipe du Laboratoire (*P. Salin, M. Obolensky, V. Vyrodiv, P. Guillouet*).

Les liquides scintillants, de grande transparence et délicats, sont acheminés depuis des réservoirs situés à l'extérieur jusqu'au détecteur, avec une différence de niveau de 15 m, et 200 m de longueur de galerie. La fragilité du détecteur impose un remplissage simultané des différents éléments, avec une précision de l'ordre du centimètre.

Le Laboratoire a développé un système pour échantillonner des données à 200 MHz, en vue de mesurer à la fois la charge, le temps et la forme des impulsions (*P. Courty, G. Desplancques, H. de Kerret, D. Kryn, S. Soukhotine, J. Vergne*). Une carte Fastbus a été développée pour cela au Laboratoire, et fabriquée en collaboration avec la société CAEN à Pise. Une version destinée à être commercialisée est à l'étude.

Comme dans les expériences précédentes, la base de données (*J. Boucher*), l'acquisition (*D. Kryn*), la simulation (*H. de Kerret, B. Lefèvre*), et l'analyse des données (*M. Obolensky*) seront un des axes importants de l'activité du groupe. Un étudiant (*D. Véron*) fait une thèse sur la reconstruction et l'analyse des données, notamment celles des échantillonneurs à 200 MHz.

**Vers des masses encore plus petites.** L'expérience de Chooz, puis celle de Perry, sont la réunion d'expériences actuellement existantes : Savannah River aux États-Unis, Rovno et Krasnoïarsk en Russie, Bugey en France. L'exécution de ce programme mènera à l'exploration des masses du neutrino jusqu'à 0,01 eV. En dessous, seuls les neutrinos issus du Soleil seraient peut-être susceptibles de

fournir des indications, d'où l'intérêt témoigné par le groupe pour l'avenir au projet Hellaz (Cf. section 7.2, p....).

Participent à cette expérience au Laboratoire : *H. Ahamada, J. Boucher, B. Courty, G. Desplancques, E. Duverney, P. Guillouet, A. Guimard, H. de Kerret, D. Kryn, B. Lefèvre, F. Lelong, D. Marchand, D. Monnot, M. Obolensky, J.-P. Rény, C. Robert, P. Salin, S. Selmane, O. Sokolsky, S. Soukhotine, Ph. Tardy, J. Vergne, D. Véron, V. Vyrodov*, ainsi que de nombreux visiteurs russes rémunérés, en partie, sur le PICS 209 du CNRS.

### 7.2. Le projet Hellaz sur les neutrinos solaires

Ce projet de très grande TPC refroidie et sous pression, pour détecter les neutrinos solaires et mesurer leur énergie avec un très bas seuil ( $E > 100$  keV) a été présenté dans le rapport d'activité précédent. Un nouveau rapport a été publié sur le détecteur TPC rempli d'hélium et d'hydrogène, ainsi qu'un autre concernant une nouvelle méthode pour déterminer la saveur du neutrino par diffusion élastique  $\nu_e$  à basse énergie.

Le projet a été présenté à la réunion du Gran Sasso sur les Expériences Futures, le 22/3/95, et a reçu un accueil généralement favorable. Le comité a demandé de présenter une proposition d'expérience détaillée. Le projet a également été présenté au Comité Scientifique du LSM à Paris le 29/6/95.

En accord avec le laboratoire de Bologne qui l'a construite, des tests importants ont commencé au Laboratoire et au CERN avec un prototype, Hellaz-0, TPC de 20 cm de longueur de dérive, avec un détecteur multifils de  $3 \times 3$  cm<sup>2</sup>. Nous avons obtenu une bonne sensibilité à l'électron unique jusqu'à des pressions de 10 bars. Les résultats de Hellaz-0 sont maintenant publiés.

Nous installons au Laboratoire une nouvelle TPC, Hellaz-1, disposant d'une longueur de dérive de 50 cm et d'un détecteur multifils de  $10 \times 10$  cm<sup>2</sup>. Ceci implique  $100 \times 100$  sorties d'acquisition numérisées par des TDC toutes les 20 ns.

Cette réalisation a pour but de mesurer l'incertitude de la mesure d'énergie de la TPC, par diffusion Compton de  $\gamma$  de 200 à 500 keV, qui simulent exactement la cinématique de diffusion élastique  $\nu_e$ .

La conception de Hellaz-2 a débuté. Ce sera une TPC d'environ 2 m de longueur de dérive, et de surface de détection  $1 \times 1$  m<sup>2</sup>, donc d'un volume de 2 m<sup>3</sup>. Ce devrait être un test pour tous les composants qui seront autant que possible grandeurs nature avant la conception et la construction de Hellaz-Prototype, une TPC de 40 m<sup>3</sup> qui devrait être installée au Gran Sasso avec blindage.

Ce projet implique au Laboratoire *A. de Bellefon, A. Diaczek, J.-P. Jobez, J. Séguinot, S. Selmane, R. Sené, S. Szafran, C. Tao, G. Tristram* et *T. Ypsilantis*.

## 8. Instrumentation<sup>2</sup>

### 8.1. RICH rapide

Nous avons tenté de modifier le RICH rapide pour pouvoir l'utiliser dans l'intervalle cinématique des usines à B asymétriques, en utilisant le gaz photosensible TMAE, avec des cloisons 2D. Ces cloisons ont été portées à un potentiel gradué afin d'obtenir pour l'essentiel un champ électrique uniforme. Le détecteur, conçu, construit et assemblé l'année dernière a été brièvement testé. Nous n'avons pas obtenu de signal, très probablement parce que le potentiel n'a pu être suffisamment bien ajusté. Les choix de détecteurs de photons auprès de toutes les usines à B étant maintenant fixés, nous avons cessé ce développement.

### 8.2. Le détecteur à photons HPD

L'année précédente, nous avons entrepris de fabriquer des Photodiodes Hybrides (HPD) prototypes pour détecter la lumière des Čerenkov. Ces appareils travaillent comme des PM, dans le vide avec une photocathode bialcaline, mais les photoélectrons sont accélérés jusqu'à 15-25 kV et reçus sur une tranche de silicium pixelisée, donnant un signal/bruit de 10 à 20.

Cette année, le développement du HPD a continué. Nous avons produit 12 tranches de silicium de 90 mm de diamètre, avec 256 pixels de  $4 \times 4 \text{ mm}^2$ . Le bruit mesuré correspond aux prévisions. Une enceinte de test avec une photocathode de CsI est prête pour les tests d'accélération et de détection de photoélectrons dans les tranches de silicium, pour déterminer les caractéristiques du signal.

Nous avons conçu, dans le cadre de la collaboration LHC-B (Cf. ci-après), un dispositif pour la fabrication de HPD : dépôt sous vide de la photocathode, puis fixation de l'embase du HPD, comprenant les pixels et la puce de lecture, et scellement avec un joint torique d'indium par une presse de 2 t. Les détecteurs ainsi obtenus sont très rapides ( $\sigma_t \approx 1 \text{ ns}$ ), et peuvent être utilisés pour les expériences LHC-B, pour le RICH à longue base (Cf. section 8.4, p....), et peut-être pour Hellaz (Cf. section 7.2, p....).

### 8.3. L'expérience LHC-B au CERN

L'année dernière, nous avons conçu une série de 3 RICH pour l'expérience LHC-B au CERN.

Cette année, le dessin des 2 RICH à grand angle a été modifié, en sortant les détecteurs des RICH de l'ouverture du spectromètre, doublant le chemin optique dans le gaz, et diminuant d'un facteur 3 celui dans l'aérogel, aboutissant à des comptages de photoélectrons respectivement de 20 et 60 dans l'aérogel et le  $\text{C}_4\text{F}_{10}$ .

---

2. Ces développements ne s'inscrivent pas directement dans le cadre des programmes du Laboratoire, et sont faits dans le cadre des recherches personnelles de J. Séguinot et T. Ypsilantis.

Au mois de mai, nous avons testé de nouveaux échantillons d'aérogel, qui permettront une identification  $\pi/K$  de 1 à 17 GeV/c, ce qui est suffisant pour les besoins de LHC-B.

#### 8.4. L'expérience RICH à longue base

L'utilisation de RICH pour la détection de neutrinos de haute énergie envoyés du CERN vers le Gran Sasso (760 km) a été décrite précédemment : une cible d'eau fonctionne comme Čerenkov, et est suivie d'un Čerenkov à gaz pour la mesure des particules à haut  $\gamma$ .

Il était prévu que le calorimètre Čerenkov à eau fonctionne par réflexion totale interne sur les faces latérales du cube, suivie par focalisation en taches par une optique axicon.

Au cours de l'année, le concept a été creusé et raffiné. Le principaux changements sont :

1. le remplacement de la focalisation en taches — d'acceptance angulaire restreinte — par une optique RICH standard, avec des miroirs focalisants sphériques, de grande acceptance ( $\approx 1$  rad).

2. La mesure des particules chargées dans l'eau aussi bien que des gerbes, avec des seuils pratiquement à  $\beta\gamma = 1$ .

3. La distinction entre la mesure de la vitesse à partir du rayon de l'anneau et celle du moment à partir de son épaisseur (quand la diffusion multiple domine) a été évaluée. Le résultat est que les images RICH peuvent déterminer avec précision la vitesse, le moment, la masse et la direction de la particule. Ceci permet l'étude des interactions par courant neutre au même titre que celles par courant chargé.

Ceci a abouti à un nouveau projet, plus grand, pour une expérience au Gran Sasso, avec une cible-radiateur d'eau de  $(30 \text{ m})^3$ , soit 27 kt, munie de 14 600 PM de  $\varnothing$  127 mm. Cette cible de grande masse est suivie d'un RICH à gaz de 20 m de long muni de 3 300 photodétecteurs HPD de  $\varnothing$  254 mm avec 128 pixels de  $20 \times 20 \text{ mm}^2$ , donnant une bonne mesure de moment pour les muons jusqu'à 40 GeV/c.

Le projet a été présenté au comité scientifique du LNGS les 15 et 16/2/96.

Depuis, nos efforts se sont concentrés sur une simulation complète, et sur l'analyse des interactions des neutrinos dans l'eau.

Une cible de  $27 \text{ m}^3$  doit être construite à l'échelle 1/10 pour des tests sur faisceau. Les tailles des pixels sont aussi à l'échelle (12,5 mm), le nombre de pixels restant le même (14 600). A cette fin, nous nous préparons à produire 147 HPD de  $\varnothing$  127 mm avec 100 pixels, pour couvrir 20 % de la surface focale. Il faut acquérir l'information digitale sur les pixels touchés, ainsi que les temps

d'arrivée de photons. Les tests concernent des électrons, muons et hadrons individuels dans l'eau, ainsi que les algorithmes de reconstruction.

*B. Didierjean, J.-P. Jobez, J. Séguinot et T. Ypsilantis* participent au Laboratoire à cet ensemble de développements.

## 9. Théorie

### 9.1. Structure du proton

— Étude de la photoproduction exclusive sur proton d'un méson  $\Phi$  ou de mésons charmés  $\Psi$  ou  $\eta_c$  en tant que moyen d'investigation de la structure du proton, ceci dans le cadre du projet d'accélérateur ELFE (faisceau d'électrons de 15 à 30 GeV). *N. Artega, C. Carimalo et S. Ong* participent actuellement aux réunions de travail concernant ce projet.

— Dans le cadre du projet TAU-CHARM nous étudions les voies de désintégration baryoniques du  $J/\Psi$  (*J. Parisi et J. Hansson*, de l'Université de Lulea).

— Nous organisons, avec nos collègues du Réseau Européen précité, le Workshop « Diquark III » qui aura lieu fin octobre 1996.

### 9.2. Physique des neutrinos et des muons

— Dans le cadre d'une collaboration européenne financée par le programme « Capital Humain et Mobilité » de la Communauté Européenne, nous participons à une étude sur la production de muons ou neutrinos excités par des neutrinos cosmiques de très haute énergie (40 TeV) via des processus du type  $\nu + N \rightarrow \nu^* (\mu^*) + X$  (projet Nestor) (*N. Artega, C. Carimalo, P. Kessler, et J. Parisi* en collaboration avec *A. Nicolaidis* de l'Université de Thessalonique).

— Étude de la production des paires de muons de très haute énergie dans les rayons cosmiques (*J. Parisi* en collaboration avec *A. Nicolaidis* de l'Université de Thessalonique et *S. Fredriksson* de l'Université de Lulea).

### 9.3. Étude de la physique photon-photon

Notre groupe a dans ce domaine une très longue expérience et une compétence reconnue. Il a notamment été l'initiateur, en 1973, de la série de conférences internationales sur les collisions photon-photon qui ont lieu tous les deux ou trois ans (il en a organisé lui-même quatre).

C'est donc tout naturellement que ce groupe s'intéresse aux développements de cette physique auprès de LEP 200, dont on sait que les mécanismes photon-photon y tiendront une place importante.

A ce titre, *J. Parisi* a participé en 1995 aux groupes de travail organisés au CERN, concernant la physique  $\gamma\gamma$  à LEP 200.

En outre, le groupe collabore avec des expérimentateurs du Laboratoire (*J. Maillard et J. Silva*) et du LPNHE de Paris VI (*F. Kapusta et W. Da Silva*), à l'étude des générateurs d'événements actuellement disponibles tel que TWO-GAM, PHOJET, RAF96D, etc.

Il organise des réunions hebdomadaires de travail sur ce sujet avec *J. Maillard*, *J. Silva* et *A. Malamant*. Il souhaite également participer, avec *J. Maillard* et *J. Silva*, à l'analyse de données à DELPHI LEP 200.

Il collabore également avec *A. Courau* (LAL) à l'étude des collisions photon-photon auprès de DAΦNE (étude des générateurs, corrections radiatives aux processus  $\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi$ ).

#### 9.4. QCD et physique du quark top

A présent que le top a été observé et en vue des prises de données à haute luminosité au Tevatron, il convient d'établir des résultats théoriques d'une précision correspondante. Nous avons obtenu des prédictions pour le nombre de tops produits dans le mode semifaible au premier ordre en QCD dans le schéma DIS.

En vue d'exploiter ce mode de production pour contraindre les fonctions de distribution du quark b, nous achevons le calcul des corrections QCD dans le schéma de soustraction minimale qui permet de tenir compte d'une façon rigoureuse du seuil de production du b.

Ces travaux sont menés par *G. Bordes* en collaboration avec *B. van Eijk* (NIKHEF).

#### 9.5. Top et nouvelle physique

L'étude de la production et de la désintégration du quark top fournit une voie d'accès à la physique au-delà du modèle standard. Dans le travail de stage de DEA de *S. Fichet*, nous avons étudié la désintégration du top en boson de Higgs chargé, incluant une étude détaillée des extensions du MS comportant ce boson.

Avec *S. Fichet* et *B. van Eijk*, *G. Bordes* a entrepris l'étude de l'exploitation de la polarisation du top (et du  $\tau$ ) pour mettre en évidence ce mode de désintégration.

Avec *A. Nicolaidis*, elle a étudié plus généralement les théories comportant des scalaires chargés. (Collaboration CNRS-NHRF).

### 10. Calcul Parallèle

#### 10.1. Activités de recherche

Ce travail s'effectue selon deux grandes directions.

### 10.1.1. *Mise en œuvre de simulations sur calculateurs parallèles*

5 types de simulations sont mises en œuvre sur nos machines parallèles.

**Canalisation d'électrons par un cristal.** Le travail de simulation pour la canalisation se fait dans le cadre de deux collaborations internationales :

— La première fait l'objet d'un PICS avec le LAL, l'IPN de Lyon, Novossibirsk, le Max-Planck Institut. Le groupe a participé non seulement à la simulation de l'expérience mais aussi à son analyse et à ses prises de données.

— La seconde fait l'objet d'un programme de collaboration bilatérale avec le KFTI de Kharkov.

Nous avons reçu dans ce cadre deux visiteurs de Kharkov, *S. Fomine* et *V. Lapko*.

**Simulation de l'incinération des actinides mineurs à l'aide d'accélérateurs.** Ce travail fait l'objet d'un contrat entre l'E.d.F. et le Collège de France.

Nous étudions différents systèmes d'incinération fondés sur le couplage d'un accélérateur avec un réacteur sous-critique.

Nous utilisons le logiciel GÉANT, dans lequel sont installés des sous-programmes écrits au Collège de France pour le suivi des neutrons de basse énergie (inférieure à 10 MeV). Nous avons ainsi simulé, grâce à ce logiciel, des systèmes proposés par d'autres groupes (JAERI et CERN), et fait les premières évaluations d'un système hybride original.

**Interaction faisceau-faisceau.** *A. Jęćic* est coordinateur d'un contrat Européen INTAS dont l'objet est l'étude de cet effet sur calculateur parallèle. Ce contrat implique notamment, en dehors du Laboratoire, le NIKHEF, Novossibirsk, et l'IPN d'Orsay.

**Médecine nucléaire.** Simulation d'un collimateur, simulations thérapeutiques, simulation de la scintillation, se font en étroite coopération avec le service de Médecine Nucléaire de l'Hôpital Saint-Antoine.

Le travail de validation expérimentale des simulations effectuées pour la médecine nucléaire a été poursuivi.

**Diffusion neutronique.** Le groupe accueille aussi un jour par semaine une équipe du CNAM qui étudie la parallélisation de programmes pour ce problème.

Ces travaux se sont appuyés sur la participation du Collège de France au projet européen Esprit « GPMIMD », auquel participent le CERN et diverses institutions européennes.

Il a aussi été, dans le cadre de ce dernier projet, réalisé une comparaison poussée entre les différents ordinateurs du laboratoire, le Vax, l'Alpha et le T-Node. Nous avons aussi procédé à l'évaluation de nouvelles procédures de parallélisation, « à l'intérieur de l'événement ».

### 10.1.2. *Physique sur accélérateurs*

Le groupe a orienté sa réflexion vers l'axe de la physique sur les collisionneurs électrons-positrons :

— Il participe à un groupe d'études de l'IN2P3 sur la physique auprès d'un accélérateur dédié à la production de  $\nu_\tau$  et de particules charmées.

— Suite au Conseil Scientifique de février 1995 un travail de mise en place d'outils d'analyse, de formation et de réflexion sur la physique sur LEP200 a été effectué par *J. Silva* et *J. Maillard* avec les autres physiciens du Laboratoire intéressés par la physique  $\gamma - \gamma$  (théoriciens, *A. Malamant*). Une première analyse des résultats a commencé.

### 10.2. *Moyens mis en œuvre par le groupe*

Le groupe dispose actuellement d'un système informatique performant, constitué de trois calculateurs parallèles : deux T-Nodes et un TN310.

Le T-Node est un ordinateur parallèle, issu du projet Européen Esprit Supernode, muni de 64 transputers T800. Les deux T-Nodes sont reliés chacun à deux stations de travail Telmat.

Nous disposons aussi d'un ordinateur TN310, issu du programme européen GPMIMD et acquis dans le cadre de ce programme, muni de 32 processeurs T9000. Ce système peut fournir une puissance de plusieurs centaines de mégaflops, soit plus de 10 stations modernes.

Il dispose également de deux processeurs Pentium qui peuvent être mis en ferme avec les autres processeurs du groupe et du Laboratoire grâce au logiciel PVM. Ce dernier permet d'avoir des codes compatibles avec les machines parallèles (dont la TN310) et des clusters de processeurs.

On peut souligner que la plus grande partie (plus de 70 %) des investissements spécifiques au groupe a été constitué de crédits extérieurs à l'IN2P3 et au Collège de France.

Le groupe est constitué de *F. Wolff-Bacha* (Boursière EDF), *R. Eschylle*, *F. Tembely*, *A. Jecic*, *J. Maillard*, *G. Maurel* et *J. Silva*

## 11. *Informatique*

En physique des particules, l'informatique est un outil indispensable à tous les stades d'avancement d'une expérience : simulation, conception et construction des détecteurs, acquisition et analyse des données. Une partie est fournie par les centres de l'IN2P3 et du CERN, mais tout un ensemble de fonctionnalités nouvelles a sa place au sein même du Laboratoire.



## 11.1. *Évolution des infrastructures*

### 11.1.1. *Le réseau local*

L'infrastructure de base est articulée autour d'un réseau local Ethernet, maintenant complet, et d'un réseau Apple-Talk entre MacIntosh. Ces réseaux assurent les communications et connexions internes au Laboratoire, ainsi que l'accès au réseau de l'IN2P3.

Le protocole de communication TCP/IP s'est imposé comme standard de fait dans notre environnement informatique fortement inhomogène.

### 11.1.2. *Les matériels et leurs systèmes d'exploitation*

Sont actuellement connectés au réseau local Ethernet :

— Un cluster général VAX/VMS en voie d'abandon, son coût de maintenance étant devenu prohibitif, et le contrat ayant été résilié. Dans un proche avenir, la CAO mécanique sera transférée sur des stations de travail sous UNIX.

— Un ensemble de machines de puissances et de marques diverses :

- Deux Alpha/OSF1 et un HP 7200/UNIX (dont le processeur va être transformé en PA8000), puissants et modernes, assurent les services généraux (infrastructure logicielle, bibliothèques générales, impressions diverses, sauvegarde des données et des programmes) ainsi que la mise au point des programmes d'analyse. Le dernier servira de support aux applications vidéo.

- 5 stations de travail SUN/UNIX sont dédiées à la CAO électronique (logiciels Cadence).

- 3 stations de travail HP/UNIX sont utilisées par certaines expériences pour des tâches spécifiques.

- 3 stations Apollo maintenant utilisées en terminaux X.

- 4 serveurs de terminaux permettant l'accès simultané, par TCP/IP, à plusieurs machines locales ou distantes.

- 4 serveurs d'impression spécialisés permettant l'accès direct aux imprimantes à partir de toutes les machines, locales ou distantes.

- Plusieurs machines sous système OS9 pour le développement de logiciels d'acquisition de données.

- Les calculateurs parallèles du groupe de calcul parallèle (Cf. section 10.2, p....) et leurs annexes.

### 11.1.3. *La politique d'équipement et les réalisations cette année*

L'installation du réseau local Ethernet est achevée. Ce réseau supporte, en moyenne, une trentaine d'utilisateurs simultanés. Nous poursuivons l'équipement en terminaux X-Window, solution confortable et efficace, et nettement moins onéreuse que les stations individuelles.

Le grand nombre d'appareils connectés à ce réseau (calculateurs, imprimantes, terminaux X) rendant sa fiabilité cruciale, nous nous sommes équipés d'un analyseur de réseau.

Abandonnant le système VAX/VMS, le Laboratoire a adopté pour toutes ses unités (DEC/Alpha, Apollo, SUN, HP et T-Node), le système UNIX, comme ailleurs dans notre discipline, aussi bien pour les calculateurs des expériences que pour ceux des grands centres de calcul (CERN et CCIN2P3 notamment).

Nous avons donc entrepris la reconversion vers UNIX des logiciels utilisés sous VMS, et une formation rapide des utilisateurs, à tous niveaux.

WWW (World Wide Web) est un ensemble de logiciels qui permet, au travers du réseau Internet, d'accéder à une base documentaire répartie dans un grand nombre d'instituts de par le monde. Nous avons installé, depuis déjà quelques années, cet ensemble de logiciels pour, à la fois, accéder et contribuer à cette base documentaire. Temporairement, et en attendant un équipement plus adéquat au niveau de l'ensemble du Collège de France, notre serveur accueille les pages d'information générale sur la maison, les chaires et les cours.

### 11.2. *Assistance aux utilisateurs*

Plus de la moitié des informaticiens est affectée directement à une ou plusieurs expériences, où leur rôle est de développer et d'exploiter les logiciels ou de gérer les données spécifiques à ces expériences : programmes de simulation et/ou d'analyse, acquisition et visualisation de données, mise en place et utilisation de bases de données et de programmes de service.

Les autres ont fort à faire pour maintenir les outils généraux, ce qui rend parfois difficile le développement d'applications originales d'usage commun. En outre, quelques informaticiens se sont portés volontaires pour donner, à l'intérieur du Laboratoire, quelques cours d'initiation et/ou de perfectionnement à des logiciels largement utilisés dans notre discipline (UNIX, C, X11, réseaux,...).

Les informaticiens du Laboratoire sont : *J. Boucher, R. Eschylle, M.-G. Espigat, A. Faye, C. Fritsch, L. Guglielmi, R. Guillao, C. Lamy, S. Lantz, L. Martin, J. Mas, R. Merzoug, C. Poutot, D. Poutot, L. Ramos, S. Szafran, F. Tembely, M. Touré, J. Valentin et J.-P. Villain.*

### 12. *Activités en électronique*

Incorporées de façon très étroite aux divers groupes du Laboratoire selon les besoins, de petites équipes apportent leurs contributions à la plupart des activités.

Globalement, hélas, le nombre d'électroniciens diminue. Certains postes vont faire défaut, certaines compétences vont être perdues si aucun recrutement n'a lieu à un niveau convenable, et ceci avant que les agents concernés ne partent en retraite.

### 12.1. *Réalisations récentes ou en cours*

#### **DELPHI — VFT :** (Cf. section 2, p....)

Fin des études du système d'acquisition de données. Réalisation de la carte mère Fastbus (MUM) et des cartes filles (Pirou) pour la lecture des raquettes. Tests et mise au point avec le logiciel d'acquisition (également conçu au Laboratoire).

Implantation en CAO d'une nouvelle version des répéteurs.

Montage et câblage (très délicats) sur site, et mise en route de 5/8 du détecteur sur l'expérience.

#### **Neutrinos à Chooz :** (Cf. section 7, p....)

Fabrication de 3 cartes Fastbus comportant 8 voies de « flash ADC » pour la digitisation des signaux à 200 MHz. Étude et réalisation de la carte « horloge » pour la commande des flash ADC. Réalisation de 8 cartes ADC en collaboration avec la société CAEN (valorisation).

Fin de l'équipement du site.

Installation de la régulation et du contrôle des fluides.

#### **Astro-particules :** (Cf. section 4, p....)

Quelques réalisations ou tests relativement ponctuels sont en cours.

#### **Hellaz :** (Cf. section 7.2, p....)

Étude comparative de deux préamplificateurs intégrés pour la chambre Hellaz-1, une douzaine de voies devant être équipées pour les premiers tests de cette année.

Réalisation et tests de la mise en haute tension (THT) de l'ensemble volume de dérive et chambre.

### 12.2. *Recherche et développement*

Le groupe qui a étudié et réalisé les puces de lecture du détecteur à pixels de silicium du VFT de DELPHI a été contacté par une équipe du CERN participant à WA97, en vue d'adapter cette puce à une configuration intermédiaire entre les réalisations actuelles de WA97 et un projet pour Alice. L'architecture de lecture « sparse » est toute indiquée pour l'application envisagée. Quelques études sont entreprises et des contacts établis régulièrement avec un groupe de travail au CERN.

### 12.3. *Activités d'intérêt général*

Un technicien (par ailleurs également « assistant micro »), assure à temps partagé avec le service d'informatique, pour l'ensemble du Laboratoire le fonctionnement et l'assistance logicielle, pour :

— Les 7 postes d'IAO/CAO : implantation et routage de circuits imprimés (Allegro) ; simulation logique et analogique ; PIC designer, Artist, etc.

— La mise à jour des versions de ces logiciels.

— Un électronicien a repris la gestion du magasin : stock courant, commandes, maintenance, documentation, etc., pour l'ensemble du groupe, tout en participant à l'installation de l'expérience de Chooz.

Les électroniciens du Laboratoire sont : *M. Abbès, C. Aubret, C. Boutonnet, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, B. Courty, P. Courty, G. Desplancques, C. Finetin, A. Guimard, J.-J. Jaeger, D. Monnot, S. Selmane, Ph. Tardy, J.-P. Turlot, J. Vergne* et *J. Waisbard*, assistés de *J.-P. Villain* pour la C.A.O.

### 13. *Activités en Mécanique*

Le groupe de Mécanique a participé aux activités de nombreuses expériences de physique, la principale en volume étant celle de Chooz, dans laquelle les responsabilités du Laboratoire étaient extrêmement étendues.

**THEMISTOCLE** : (Cf. section 4, p....)

Conception, études, réalisation, tests, mise au point et installation sur le site de Thémis de deux ensembles composés de deux héliostats jumelés.

*C. Robert*

**Agape** : (Cf. section 5, p....)

Réalisation, tests et mise au point d'un correcteur de champ, d'un dispositif de changement de filtres, et monture de la caméra CCD. Cet ensemble est prévu pour être installé sur le télescope de 55 cm du Pic du Midi.

*F. Lelong, D. Marchand*

**Bolomètres rapides** : (Cf. section 6.3.2, p....)

Conception, études, réalisation, tests et caractérisation de bolomètres

*P. Bonierbale*

**Ions lourds — WA97** : (Cf. section 3, p....)

Conception, études, réalisation, tests, mise au point et installation dans le hall Ouest du CERN de deux nouvelles chambres à damiers.

*A. Diaczek, B. Didierjean, M. Pairat*

**Neutrinos à Chooz** : (Cf. section 7.1, p....)

- Suivi et contrôle technique de l'installation du laboratoire dans la galerie souterraine de la centrale désaffectée de Chooz A, et du hall extérieur de stockage du liquide scintillant.
- Suivi et contrôle technique de la réalisation de la cuve et des structures externes du détecteur.
- Études et réalisation des deux groupes de pompage : l'un proche du détecteur, l'autre dans le hall de stockage. Installation des organes de stockage et de régulation du remplissage en fluides scintillants des deux enceintes du détecteur.

Installation et contrôle d'étanchéité sur l'ensemble des circuits de fluide, et notamment dans les 200 m de galerie qui séparent le laboratoire du hall extérieur.

*P. Guillouet, F. Lelong, D. Marchand, J.-P. Rény, C. Robert, P. Salin*

**Hellaz :** (Cf. section 7.2, p....)

Recherches et développement d'un prototype en vue de la réalisation du projet Hellaz-2.

*A. Diaczek, B. Didierjean, J.-P. Jobez*

14. *Services généraux*

Sans l'action efficace et discrète des services généraux du Laboratoire, celui-ci serait dans l'incapacité de fonctionner. La direction (*M. Froissart et Ph. Chavanon*), se fait un plaisir de citer :

**Secrétariat administratif et scientifique :**

*C. Bréon-Hussenot, E. Brochet, J. Brossaud, D. Cerverra, H. Le Bihan, C. Masson, V. Saïnz*

**Bibliothèque et Documentation :**

*J. Come-Garry, D. Levaillant, F. Ott, J. Weisz*

**Service intérieur et sécurité :**

*H. Ahamada, Y. Alger, D. Bilem, S. Doreste, S. Hellal, J. Le Fur, B. Marie Catherine, S. Néchal, Y. Ounich, D. Polard, O. Sokolsky, J.-A. Yoro*

**Imprimerie et photo :**

*G. Arbousse-Bastide, J.-C. Couillard, X. Le Tan, M. Soumana*

15. *Publications du Laboratoire*

15.1. *DELPHI*

(Cf. section 2, p....)

**LPC 95 22**

Operational Experience with the  $4\pi$  Ring Imaging Cherenkov Detector of DELPHI.

*W. Adam, et al., Coll. DELPHI (C. Aubret, J.-M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, P.-F. Honoré, D. Poutot, G. Tristram)*

NIM **A360** (1995) 416-422

**LPC 95 23 :** CERN-PPE/95 60

A Measurement of  $B^+$  and  $B^0$  Lifetimes using  $\bar{D}l^+$  events.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Zeit. Phys. **C68** (1995) 13-23

**LPC 95 25** : CERN-PPE/95 59

Lifetimes of charged and neutral B hadrons using Event Topology.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Zeit. f. Phys. **C68** (1995) 363-373

**LPC 95 30** : CERN-PPE/95 53

B\* Production in Z Decays.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Zeit. Phys. **C68** (1995) 353-362

**LPC 95 35** : CERN-PPE/95-77

Observation of Short range Three-particle Correlations in  $e^+ e^-$  Annihilations at LEP Energies.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

P.L. **B355** (1995) 415-424

**LPC 95 36** : CERN-PPE/95-86

The DELPHI Silicon Strip Microvertex Detector with Double-Sided Readout

*V. Chabaud, et al., Coll. DELPHI (Y. Dufour)*

Soumis à NIM

**LPC 95 37** : CERN-PPE/95-87

A Measurement of the Photon Structure Function  $F_{2\gamma}$  at an average  $q^2$  of  $12 \text{ GeV}^2/c^2$

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Z. Phys. **C69** (1996) 223-233

**LPC 95 38** : CERN-PPE/95-91

Search for exclusive Charmless B meson decays with the DELPHI Detector at LEP.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Phys. Lett. **B357** (1995) 255-266

**LPC 95 42** : CERN-PPE/95-115

Upper limits on the Branching Ratios  $\tau \rightarrow \mu\gamma$  and  $\tau \rightarrow e\gamma$  obtained with the DELPHI Detector at LEP.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Phys. Lett. **B359** (1995) 411-421

**LPC 95 43** : CERN-PPE/95-114

A Measurement of the  $\tau$  Leptonic branching fractions.

*P. Abreu, et al.*, Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Phys. Lett. **B357** (1995) 715-724

**LPC 95 44** : CERN-PPE/95-101

Study of prompt Photon production in Hadronic  $Z^0$  Decays.

*P. Abreu, et al.*, Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Zeit. f. Phys. **C69** (1995) 1-13

**LPC 95 48** : CERN-PPE/95-130

Measurement of  $\Delta^{++}$  (1232) Production in Hadronic Z Decays.

*P. Abreu, et al.*, Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Phys. Lett. **B361** (1995) 207-220

**LPC 95 / Conf 4** : DELPHI 95-35 RICH 68

Performance of the Ring Imaging Cherenkov Detector of DELPHI.

*W. Adam, et al.*, Coll. DELPHI (*C. Aubret, J.-M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, P.-F. Honoré, D. Poutot, G. Tristram*)

7th International Wire Chamber Conference, Vienne, Autriche, 13-17/2/1995.

NIM **A367** (1995) 233-239

**LPC 95 46S** : Test de modules électroniques du détecteur à pixels du VFT —  
Expérience DELPHI-CERN.

*I. Olory*, Rapport de stage pour obtenir le Diplôme Universitaire de Technologie  
— Génie électrique et informatique industrielle — IUT de Créteil

(Responsable de stage : *G. Tristram*)

**LPC 95 52** : CERN-PPE/95-145

Search for Promptly Produced Heavy Quarkonium States in Hadronic Z Decays.

*P. Abreu, et al.*, Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Zeit. f. Phys. **C69** (1996) 575-583

**LPC 95 53** : CERN-PPE/95-154

A Precise Measurement of the  $\tau$  Lepton Lifetime.

*P. Abreu, et al.*, Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Phys. Lett. **B365** (1996) 448-460

**LPC 95 54** : CERN-PPE/95-144

Measurement of inclusive  $\pi^0$  production in hadronic  $Z^0$  Decays.

*P. Abreu, et al.*, Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Z. Phys. **C69** (1996) 561-573

**LPC 95 56** : CERN-PPE/95-194

Performance of the DELPHI Detector.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Soumis à NIM

**LPC 95 57** : CERN-PPE/95-164

Energy Dependence of the Differences between the Quark and Gluon Jet Fragmentation.

*Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram)*

*Zeit. f. Phys. C70 (1996) 179-195*

**LPC 95 58** : CERN-PPE/95 54

Lifetime and Production rate of Beauty baryons from Z Decays.

*P. Abreu, et al., Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, G. Tristram)*

*Zeit. Phys. C68 (1995) 375-390*

**LPC 96 10** : CERN-PPE/96-12

Production of  $\Sigma^0$  and  $\Omega^-$  in Z decays.

*Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram)*

*Zeit. f. Phys. C70 (1996) 371-381*

**LPC 96 11** : CERN-PPE/96-05

Charged Particle Multiplicity in  $e^+ e^-$  Interactions at  $\sqrt{s} = 130$  GeV

*Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram)*

*Phys. Lett. B372 (1996) 172-180*

**LPC 96 12** : CERN-PPE/96-06

Measurement of the  $B_d^0$  Oscillation Frequency Using Kaons, Leptons and Jet Charge.

*Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram)*

A soumettre à *Zeit. f. Phys. C*

**LPC 96 14** : DELPHI 96-8 DAS 169

Panda : the programming tool for the new Pandora.

*J.-M. Brunet, G. Tristram, et al., Coll. DELPHI*

**LPC 96 15** : CERN-PPE/96-03

Search for New Phenomena Using Single Photon Events in the DELPHI Detector at LEP.

*Coll. DELPHI (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram)*

Soumis à *Zeit. f. Phys. C*



**LPC 96 16 : CERN-PPE/96-11**

Determination of  $|V_{cb}|$  from the Semileptonic Decay  $B^0 \rightarrow D^{*\mp} l^+ \nu$

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Zeit. f. Phys. **C**

**LPC 96 17 : CERN-PPE/96-13**

Updated Precision Measurement of the Average Lifetime of B Hadrons.

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Phys. Lett. **B**

**LPC 96 18 : CERN-PPE/96-15**

Measurement of the Partial Decay Width  $R_b^0 = \Gamma_{b\bar{b}}/\Gamma_{\text{had}}$  of the Z with the DELPHI Detector at LEP

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Zeit. f. Phys. **C**

**LPC 96 19 : CERN-PPE/96-16**

Search for Exclusive Decays of the  $\Lambda_b$  Baryon and Measurement of its Mass

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Phys. Lett. **B**

**LPC 96 20 : CERN-PPE/96-21**

Determination of the average lifetime of b-baryons.

Soumis à Zeit. f. Phys. **C**

**LPC 96 21 : CERN-PPE/96-26**

First Measurement of  $f_2^-(1525)$  Production in  $Z^0$  Hadronic Decays.

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Phys. Lett. **B**

**LPC 96 22 : CERN-PPE/96-32**

Mean Lifetime of the  $B_s^0$  Meson.

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Zeit. f. Phys. **C**

**LPC 96 24 : CERN-PPE/96-44**

First Study of the Interference between Initial and Final State Radiation at the Z Resonance.

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Zeit. f. Phys. **C**

**LPC 96 25 : CERN-PPE/96-54**

Kaon Interference in the Hadronic Decays of the  $Z^0$ .

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à Phys. Lett. **B**

**LPC 96 26 : DELPHI 95-121 RICH 70**

Current Achievements of the DELPHI Ring Imaging Cherenkov Detector.

*W. Adam, et al.*, Coll. DELPHI (*C. Aubret, J.-M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, D. Poutot, G. Tristram*)

NIM **A371** (1996) 12-15

**LPC 96 27 : CERN-PPE/96-017**

Combining Heavy Flavour Electroweak Measurements at LEP.

The LEP Experiments : Aleph, DELPHI, L3 and Opal

Soumis à NIM

**LPC 96 28 : CERN-PPE/96-60**

Study of Radiative Leptonic Events with Hard Photons and Search for Excited Charged Leptons at  $\sqrt{s} = 130-136$  GeV.

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à P.L. **B**

**LPC 96 29 : CERN-PPE/96-61**

Search for Anomalous Production of Single Photons at  $\sqrt{s} = 130$  and  $136$  GeV.

Coll. DELPHI (*P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel, G. Tristram*)

Soumis à P.L. **B**

15.2. *Ions lourds*

(Cf. section 3, p....)

**LPC 95 39 : CERN-PPE/95-74**

Charged Kaon Production in S-W Collisions at 200 GeV/c per Nucleon.

*S. Abatzis, et al.*, Coll. WA85 (*M. Benayoun, J. Kahane, Ph. Leruste, J.-L. Narjoux, M. Sené, R. Sené, A. Volte*)

Soumis à P. L. **B**

**LPC 95 40 : CERN-PPE/95-79**

Search for Higher Twists in Meson Resonance Production in Hadron Interactions at  $p_t \geq 2$  GeV/c.

*A. Bellogianni, et al.*, Coll. WA77 (*M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, A. Malamant, J.-L. Narjoux, M. Sené, R. Sené, A. Volte*)

15.3. *Rayons Cosmiques*

(Cf. section 4, p....)

**LPC 95 25 / Conf**

Abrasion-Evaporation Model and Cosmic Ray Nuclei Interactions.  
*R. Attallah, et al., (J.-N. Capdevielle)*  
 24th International Cosmic Ray Conference, Rome, 28/8-8/9/1995

**LPC 95 60**

The Crab Gamma-Ray Spectrum over 2 TeV.  
 Coll. THEMISTOCLE  
 C.R. 24th ICRC-Rome 1995-OG sessions, 2, 315

**LPC 95 61**

Methods to Reconstruct the Energy of Gamma-Ray Atmospheric Showers in the THEMISTOCLE experiment.  
 Coll. THEMISTOCLE  
 C.R. 24th ICRC-Rome 1995 Poster sessions.

15.4. *Étude des neutrinos*

(Cf. section 7, p....)

**LPC 96 05** : LAPP-EXP 96 02 Comparison of antineutrino reactor spectrum models with the Bugey 3 Measurement.  
*B. Lefèvre, et al.*

**LPC 96 03S**

Soleil, Matière, Neutrinos, Oscillations.  
*L. Coquart*, Stage de licence de Physique, Université de Paris VI  
 Sous la direction de *B. Lefèvre*.

**LPC 95 33**

Mesure de précision de la section efficace de la réaction  $\nu_e + p \rightarrow n + e^+$  auprès du réacteur du Bugey.  
*V. N. Vyrodov, et al., (H. de Kerret, Yu. V. Koslov, B. Lefèvre, V. P. Martemianov, I. N. Matchouline, L. A. Mikaelian, M. Obolensky, M. D. Skorokhvatov, S. V. Soukhotine)*  
 JETP Lett. **61** (1995) 161

**LPC 95 51** : LAPP-EXP 95 07

The Bugey 3 Neutrino Detector.  
*B. Lefèvre et al.*

15.5. *Hellaz*

(Cf. section 7.2, p....)

**LPC 96 31** : Tests of a TPC for Solar Neutrino Detection (Hellaz-0).  
*J. Séguinot, T. Ypsilantis et al.*

### 15.6. *Cosmologie Observationnelle*

(Cf. section 5, p....)

#### **LPC 95 T2 : PAR-LPTHE 95-39**

Recherche de naines brunes par effet de microlentille gravitationnelle par la méthode des pixels. Analyse des données des collaborations Agape et Eros.

*Anne-Laure Melchior*, Thèse de Docteur de l'Université de Paris VI, 12 Juin 1995

#### **LPC 95 47S**

Recherche de matière noire par effet de microlentille gravitationnelle.

*S. Godier*, Rapport de stage de Maîtrise de physique fondamentale sous la direction d'*A. Bouquet*.

#### **LPC 95 50 / Conf**

Agape, Andromeda Galaxy and Amplified Pixels Experiment.

*R. Ansari, et al., (C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud)*

N.P. **B43** (1995) 165-168

#### **LPC 96 02S**

De l'influence de la Lune sur la détection des supernovæ.

*C. Laroche*, stage dans le cadre du DEA de Physique Théorique de l'Université de Paris VI, sous la responsabilité de *J. Kaplan*.

#### **LPC 96 04 / Conf**

Agape, a microlensing search in the direction of M31 : status report.

*R. Ansari, et al., (A. Bouquet, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, J. Kaplan, Y. Le Du, A.-L. Melchior)*

Présentation à : Second Workshop — The Dark Side of the Universe : Experimental Efforts and Theoretical Framework, Rome, 13-14/11/1995

#### **LPC 96 13S**

Alignement photométrique des images d'Agape dans le cadre de la recherche de microlentilles gravitationnelles.

*J. Vidal*, stage dans le cadre du DEA de physique théorique, Université de Paris VI, sous la responsabilité de *J. Kaplan*

#### **LPC 96 23**

Les Microlentilles Gravitationnelles.

Cours d'Andrew Gould (Ohio State University),

Professeur Invité au Collège de France du 16 Avril 1996 au 14 Mai 1996.

### 15.7. *Recherche de Matière Noire*

(Cf. section 6, p....)

#### **LPC 95 / Conf 5**

Dark Matter Search with Thermal Detectors.

*A. de Bellefon*, Présentation à International Europhysics Conference on High Energy Physics, Bruxelles, 27/7-02/08/1995.

**LPC 95 / Conf 6**

First Results of the Edelweiss Experiment.

*A. de Bellefon, D. Broszkiewicz, Y. Giraud-Héraud, D. Marchand, M.-C. Perillo-Isaac, et al.*, Collaboration Edelweiss

Présentation à Moriond (1995)

**LPC 95 / Conf 7**

Results of the Gallium Experiments.

*M. Cribier, C. Tao*, Présentation invitée à Four Seas Conference, Juin 1995, Trieste, Italie.

**LPC 95 / Conf 8**

Recent Results from the Gallex Experiment.

*C. Tao*, Présentation invitée aux XXX<sup>es</sup> Rencontres de Moriond : Weak Interactions. Mars 1995.

**LPC 95 31 / Conf**

Dark Matter from an Experimental Point of View.

*C. Tao*, Présentation à SUSY 95 International Workshop, École Polytechnique, Palaiseau, France, Mai 1995.

**LPC 95 45**

Calibration of a Ge Crystal with Nuclear recoils for the Development of a Dark Matter detector.

*Y. Messous, et al.*, (*A. de Bellefon, Y. Giraud-Héraud, C. Tao*).

*Astrop. Phys.* **3** (1995) 361-366

**LPC 95 55**

Dark Matter Search with a Low Temperature Sapphire Bolometer.

*A. de Bellefon, D. Broszkiewicz, Y. Giraud-Héraud, D. Marchand, M.-C. Perillo-Isaac, et al.*, Collaboration Edelweiss.

A paraître dans *Astroparticle Physics*

**LPC 96 06 / Conf**

Future Solar Neutrino Experiments.

*C. Tao*, présenté aux 2<sup>es</sup> Rencontres du Vietnam : The Sun and Beyond — The High Energy Perspectives. Hô Chi Minh-ville (Saigon), Vietnam, 21-28/10/1995.

**LPC 96 32**

Dark Matter Search in the Fréjus Underground Laboratory : Edelweiss experiment.

*A. de Bellefon, et al.* (*D. Broszkiewicz, Y. Giraud-Héraud, M.-C. Perillo-Isaac*).

*NIM A370* (1996), 230

15.8. *Théorie*

(Cf. section 9, p....)

**LPC 95 20S**

Application de la production semi-faible du quark top à la recherche d'un higgs chargé aux collisionneurs hadroniques.

*S. Fichet*

Rapport de stage de DEA sous la direction de *G. Bordes*.

**LPC 95 24 : INFNCA — TH9514**

Glueball plus pion production in Hadron collisions.

*F. Murgia, P. Kessler, J. Parisi.*

**LPC 95 41**

Constraints on Composite-Model Effective Lagrangians from Neutrinoless Double Beta Decay.

*O. Panella.*

**LPC 95 59**

The Compton Background in Two-photon collisions.

*O. Panella et al., (J. Parisi, P. Kessler).*

Proc. of the workshop « Photon 95 », Sheffield (1995), 287-292

15.9. *Instrumentation*

(Cf. section 8, p....)

**LPC 96 01**

A Long Baseline RICH with a 27 kton Water Target and Radiator for Detection of Neutrino Oscillations. Lettre d'intention.

*T. Ypsilantis, J. Séguinot, et al.*

Nim **A371** (1996) 330

CERN—LAA 96 01

Letter of Intent for Long Baseline RICH: A 27 kton liquid water target and radiator with a RICH photon counter to detect oscillations in the CERN-Gran Sasso neutrino beam

*T. Ypsilantis, J. Séguinot, et al.*

**LPC 95 / Conf 3**

A TMAE Boxel Detector.

*T. Ypsilantis*, Présentation à RICH95 Workshop, Uppsala, Suède, 12-16/6/95.

15.10. *Calcul Parallèle*

(Cf. section 10, p....)

**LPC 95 02**

Multiple Scattering Effect on radiation of High energy Electrons in a thin Layer of Substance.

*S. P. Fomine, et al., (A. Jecic, J. Maillard, N. F. Shulga, J. Silva).*

**LPC 95 27**

Utilisation du code GÉANT pour l'étude d'un réacteur de type hybride —  
Présentation et qualification du code.

*J. Maillard, J. Vergnes, F. Wolff-Bacha.*

**LPC 96 30 S**

Étude et simulation du réacteur à sel fondu JAERI.

*E. Jullien*

Stage de DEA de physique théorique sous la direction de *J. Maillard*.

15.11. *Informatique*

(Cf. section 11, p....)

**LPC 95 49S**

Réalisation d'un système de traitement des données expérimentales de THEMIS-  
TOCLE.

*Th. Vals*, DESS d'ingénierie des systèmes informatiques — Université Pierre et  
Marie Curie, stage sous la responsabilité de *L. Martin*.

15.12. *Électronique*

(Cf. section 12, p....)

**LPC 96 08** LHC1 : A Semiconductor Pixel Detector Readout Chip with  
Internal, Tunable Delay Providing a Binary Pattern of Selected Events.

*E. H. M. Heijne, et al. (J.-J. Jaeger)*

**LPC 96 09** : CERN/LHCC 96-3

RD19 : Status Report on Activities in 1995 — Development of Hybrid and  
Monolithic Semiconductor Micropattern Pixel Detectors.

*S. Albergo, et al., (C. Boutonnet, J.J. Jaeger, J. Waisbard).*

15.13. *Divers***LPC 96 07**

A New Parallel Research on Glass with Ion Imaging and Electron Microprobe.  
*M. Spitzer-Aronson.*

16. *Ouverture du Laboratoire vers l'extérieur*16.1. *Participation à des conférences*

*J. Parisi*, « Study of  $J/\psi$  three body decay involving two baryons and one  
pseudoscalar meson », séminaire, Turin, 9/9/95.

*P. Frenkiel*, conférence INET'95, Honolulu, 25/6/95.

*A. Djannati-Ataï*, « L'Astronomie Gamma des très hautes énergies », séminaire  
donné au CPPM, Marseille, juillet 95.

- S. Fomine, J. Silva*, « Workshop on Channeling », Aarhus, 10/7/95.
- J. Maillard*, « International Conference on atomic Collisions », Linz, 17/7/95.
- A. de Bellefon*, présentation orale des premiers résultats d'Edelweiss, et *R. Sené*, « International Conference on High Energy Physics », Bruxelles, 27/7/95.
- A. Djannati-Ataï*, « The Crab Gamma ray Spectrum over 2 TeV », *P. Espigat*, « Methods to Reconstruct the Energy of Gamma Ray Atmospheric Showers in the THEMISTOCLE Experiment », *J.-N. Capdevielle*, 6 contributions, Rapport « Interactions de Haute Énergie dans les Rayons Cosmiques », et *J. Vrana, C. Ghesquière*, 24th International Cosmic Ray Conference, Rome, 28/8/95.
- C. Ghesquière*, Padova workshop on TeV gamma-ray astronomy, Padoue, 11/9/95.
- F. Wolff-Bacha*, « Global 95 », International Conference on Evaluation of Emerging Nuclear Fuel Cycle Systems, Versailles, 11/9/95.
- J. Maillard, J. Silva*, « CHEP'95 », Rio de Janeiro, 18/9/95.
- J. Kaplan*, organisateur, *C. Tao*, 2<sup>e</sup> Conférence du Vietnam de Physique des Particules et d'Astrophysique, Hô Chi Minh Ville, 21/10/95.
- A. Djannati-Ataï*, présentation invitée « Gamma Ray Detectors and Dark Matter », *C. Tao*, organisatrice, *J. Kaplan*, 2<sup>e</sup> atelier « The Dark Side of the Universe : experimental efforts and theoretical framework », Rome, 13/11/95.
- A. Djannati-Ataï*, « Very High Energy Gamma Ray Astronomy », séminaire au Gran Sasso (LNGS), 16/11/95.
- D. Levaillant, Y. Giraud-Héraud*, organisation, « Rencontres de Moriond », 20/1/96.
- A. Bouquet, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, J. Kaplan, C. Laroche, Y. Le Du, A.-L. Melchior, J. Vidal*, 2<sup>e</sup> Rencontre Internationale sur la Recherche d'Effets de Microlentille Gravitationnelle, Orsay, 29/1/96.
- L. Guglielmi*, Coordinateur et rapporteur de session, « Auger Electronics Development Meeting », FNAL, 22/2/96.
- A. de Bellefon*, présentation de Hellaz0, « 7th Workshop on neutrinos telescopes », Venise, 27/2/96.
- A. de Bellefon*, « Fermilab workshop on solar neutrinos experiments », FNAL, 26/4/96.
- J. Kaplan*, invité, « Uppsala Astroparticle Workshop », Uppsala, 11/5/96.
- J.-N. Capdevielle*, Colloque des États du Pacifique Sud, Assemblée Nationale, 24/5/96.
- L. Guglielmi*, Organisateur d'une session parallèle et rapporteur, « The Pierre Auger Project Development Meeting », Puebla (Mexique), 28/5/96.



16.2. *Fonctions d'intérêt scientifique général*

*J.-M. Brunet*, « European Committee on Future Accelerators », Hambourg, 8/6/96.

*D. Levailant, C. Tao*, organisatrices du colloque « Solar Neutrino Experiments after the Gallium Experiment », au Laboratoire, juin 1995.

*A. de Bellefon*, coresponsable de session, Congrès de la SFP, Marseille, 4/9/96.

*A. de Bellefon* (organisateur), *D. Véron*, Journées jeunes chercheurs (Mont Sainte-Odile), 17/12/95.

*A. de Bellefon* :

- comité de rédaction du Bulletin de la Société Française de Physique,
- préparation des conférences pour le centenaire de la découverte de la radioactivité.

*J. Dolbeau* :

- membre élu de la commission des spécialistes du Collège de France,
- du Comité d'établissement du Collège de France,
- de la Commission 03 du CNRS,
- Élu par cette commission au Conseil de Direction de l'IN2P3.

*P. Frenkiel*, nommé au Comité National des Universités en Octobre 1995.

*M. Froissart*, membre du bureau du « Computational Physics Group » de la Société Européenne de Physique.

*Y. Giraud-Héraud* :

- membre nommé de la Commission des Spécialistes à Paris 7 de la 29<sup>e</sup> section,
- Conseiller Scientifique pour les astroparticules de la responsable de la communication à l'IN2P3.

*M. Sené*, Vice-présidente de la Commission de La Hague.

*R. Sené* :

- membre du Conseil Supérieur de Sûreté et d'Information Nucléaire,
- du Comité Scientifique de l'Institut de Protection et Sûreté Nucléaire,
- membre nommé à la Commission Scientifique chargée d'évaluer les capacités de Superphénix comme outil de Recherche,
- à la Commission Scientifique d'Évaluation du Centre de Stockage de la Manche.

*C. Tao* :

- membre du Conseil Scientifique du Laboratoire Souterrain de Modane,
- membre du Conseil des Sages du SPP Saclay (instance de consultation pour le choix des jeunes entrants),
- « referee » auprès de la Commission Européenne DGXII : Science, Recherche et Développement.

### 16.3. Enseignements

*T. Ypsilantis*, Hellenic Summer School, Corfou, 17/9/95.

*M. Froissart*, École d'Été de Physique des Particules, Clermont-Ferrand, 18/9/95.

*C. Bréon*, « Connaître le CNRS pour agir », animation de stages et préparation des ITA aux concours internes et externes du CNRS (40 h).

*J. Maillard* :

— Rapporteur de la thèse de Monsieur Yacine Kadi.

— Exposé à l'Atelier EDF de Jouy en Josas, 13/6/95.

*J.-J. Jaeger*, « Technologies intégrées et CAO associée », Orléans, 25/9/95.

*J. Kaplan*, École d'été de Physique des Particules de Hô Chi Minh Ville, 1995.

*A.-L. Melchior*, Université de Paris VII, PCEM, 50 en 95-96.

*J.-J. Jaeger*, École d'électronique de l'IN2P3, Cargèse, 9/10/95.

*J.-N. Capdevielle* :

— Simulations d'effets Čerenkov et couche d'ozone, CEN Lodz, 3-30/7/95.

— Évolution du logiciel Corsika, Forschungszentrum Karlsruhe, 6-17/11/95.

— Cours de Physique des Particules, Université de Perpignan, 1<sup>er</sup> sem. 96.

— Préparation du 15<sup>e</sup> Symposium Européen des rayons cosmiques (Perpignan).

*M. Sené* :

— « Journées des déchets », participation à débat, La Baule, 18/9/95.

— « Le laboratoire souterrain : prospectives et géologie », préfecture de la Vienne, 7/10/95.

— « Déchets et environnement », École Supérieure d'Agriculture, Angers, 15/12/95.

— « Tchernobyl, 10 ans après », DESS d'environnement, U. Paris 11, 22/3/96.

### 16.4. L'effort de formation au Laboratoire

#### 16.4.1. Les efforts généraux de formation

L'objectif du Laboratoire étant de fournir de la bonne physique, appuyée sur des créneaux techniques porteurs, sans pour autant avoir recours à des recrutements dépassant le strict nécessaire, il lui est plus nécessaire que jamais de recourir à la formation professionnelle et à la reconversion de ses agents.

Il a déjà un actif tout à fait honorable dans ce domaine, étant, par exemple, sur la Délégation Régionale de Paris B, une des formations associées au CNRS qui a le plus la pratique de la formation, pour progression professionnelle, pour reconversion ou pour relocalisation dans d'autres laboratoires par voie de concours.

La formation s'intègre naturellement dans la programmation scientifique du Laboratoire. La grande mutation qui concerne tous les ITA, quelle que soit leur

spécialité, est évidemment le recours croissant à l'informatique, à tous les niveaux. On distinguera cependant la formation des utilisateurs de l'informatique et celle des informaticiens eux-mêmes, qui représentent des niveaux et des objectifs bien différents.

#### 16.4.2. *Reconversion*

Il s'agit d'une formation assez lourde qui débouchera sur un diplôme. Après une première année à l'ENSEA, École Nationale Supérieure d'Ingénieur en Formation continue, un jeune électronicien poursuit avec succès le processus de 3 ans (près de 600 h de cours par an). La prise en charge des frais de formation par le CNRS est de l'ordre de 90 kF.

#### 16.4.3. *Écoles thématiques et séminaires de l'IN2P3 et du CNRS*

Ils ont concerné 8 personnes, qui ont participé à une école d'une dizaine de jours sur les détecteurs de particules, et à des séminaires sur l'IAO/CAO en électronique.

#### 16.4.4. *Cours d'anglais*

Seul un cours de perfectionnement a été suivi, par une jeune post-doc. C'est une nette diminution par rapport aux années antérieures.

#### 16.4.5. *Formations individuelles*

Soutenant l'effort du CNRS et de l'IN2P3, le Collège de France a adopté à son tour une politique volontariste de formation pour ses personnels, qui recueille un succès grandissant. Pour l'ensemble du Laboratoire et de ses personnels, les formations se répartissent ainsi :

Informatique : En première ligne avec une vingtaine de stages de 20 à 40 heures à tous niveaux, depuis l'initiation à un logiciel directement utilisable, jusqu'aux séminaires sur les systèmes experts ou les réseaux.

Électronique : Un effort important a été réalisé ces dernières années dans ce domaine en pleine évolution. Plus récemment le développement d'un micro-détecteur à pixels et la conception de circuits intégrés, utilisant largement la CAO (Cadence), ont mobilisé ingénieurs et techniciens (26 hommes-jours).

Mécanique : Les membres du service sont formés aux techniques nouvelles : CAO légère sur micro-informatique et lourde (EUCLID) sur VAXstations, ultra-purification, enceintes propres, technique des détecteurs, etc.

Bibliothèque-Documentation : Avec l'extension de l'utilisation de WWW et l'adoption par les bibliothèques d'une gestion informatisée, une mutation profonde se poursuit dans ces domaines. L'IN2P3 a organisé deux écoles thématiques spécifiques au début de 1996 et 6 personnes ont pu y participer.

Administration : Pour suivre l'évolution des techniques de bureautique, des formations sont en cours sur les logiciels de gestion des missions et des finances. Une initiation aux Marchés Publics a également été organisée par l'IN2P3.

**Divers** : Le Laboratoire encourage également des stages sans finalité professionnelle directe comme ceux destinés à la préparation aux concours, ou ceux destinés à une formation d'ouverture comme : « La radioprotection », « Le travail en centrale nucléaire », ou « L'expression et la communication ».

Il est intéressant de souligner que presque tous les services sont concernés et que, en 1995/96, **38** agents dont 4 chercheurs ont suivi à l'extérieur **170** jours de stage ou école, pour un total de plus de **1 200** heures.

#### 16.4.6. *La formation spécifique des informaticiens*

Il est très difficile pour les informaticiens de se maintenir à flot dans un domaine en évolution constante. On distinguera dans les formations celles qui sont directement utilisables : formation à tel système, à tel langage, et celles qui sont destinées à préparer l'avenir, en ouvrant l'esprit à de nouvelles problématiques, à de nouveaux types d'outils (génie logiciel, systèmes experts, par exemple).

A brève échéance, la disparition des gros calculateurs universels de type IBM au profit de systèmes plus spécialisés, fermes de calculateurs, ou de stations, utilisant le système UNIX, ainsi que la place grandissante prise par les réseaux, nécessitent un très important effort de remise à niveau des connaissances dans ces deux domaines, aussi bien pour les informaticiens que pour les utilisateurs (Cf. section 11, p....).

Les informaticiens sont amenés à faire la formation des utilisateurs, et il leur est nécessaire de bénéficier de formations de fond par des professionnels bien expérimentés, tout en suivant l'évolution de leur discipline par la participation à des séminaires ou colloques, tels que *Computing in HEP*.

#### 16.5. *Activités diverses*

*C. Ghesquière*, Consultant scientifique de l'Hélio-parc de Cerdagne ; semaine d'animation scientifique du site de Thémis, 9-14/8/95.

*J.-N. Capdevielle*, « Les rayonnements nucléaires et l'environnement », Conférence avec projection de film — lycées de Lannemezan et de Lourdes, Science en Fête, 6/10/95.

*A. Djannati-Atai*, « Les rayons cosmiques, sondes du cosmos » Lettre des départements scientifiques du CNRS — IN2P3, Octobre 95.

*M. Froissart*, « Au commencement... Big Bang et autres récits », exposition présentée au Palais de la découverte, réalisée par le GLACS (président), 11/4/96.

*M. Sené*,

— Journée avec les lycéens, 20/4/96.

— « Qu'est-ce que la radioactivité ? », avec la Fondation 94, 21/5/96.

*A. de Bellefon, A.-L. Melchior*, Coordinateurs Français (collaboration avec Berkeley) du programme Hand's On Universe, conférences sur la physique des particules pour les lycées.

*C. Bréon*, Participation en qualité de Conseiller-Relais de la DRH du CNRS aux opérations d'extension des entretiens annuels d'activité.

*C. Bréon, J.-J. Jaeger*, Participation en qualité d'experts à l'opération-pilote de la DRH du CNRS : évaluation des ITA (5 j.).

## 16.6. *Accueil de chercheurs*

### 16.6.1. *Stagiaires*

*M. Ben Jaber* : Chooz, 13/12/93 — 15/12/95.

*C. Baert* : Chooz, 15/4 — 22/6/96.

*N. Caillavet* : Chooz, 18/4 — 18/8/95.

*L. Coquart* : Chooz, 28/8 — 30/9/95.

*H. D'Alençon* : Calcul Parallèle, 19/6 — 29/9/95.

*D. D'Amico* : Calcul Parallèle, 23/2 — 30/8/95.

*S. Fabbro* : Agape, 15/5 — 30/6/95.

*S. Ferron* : Hellaz, 10/3 — 30/6/96.

*N. Gagliardi* : Hellaz, 1/2 — 30/4/96.

*M. Gicquel* : Cosmologie Observationnelle, 1/7 — 31/8/95.

*S. Godier* : Cosmologie Observationnelle, 1/7 — 31/8/95.

*L. Gravereau* : Chooz, 15/1 — 15/4/96.

*J. Grivelet* : Calcul Parallèle, 19/6 — 29/9/95.

*J.-C. Hamilton* : Cosmologie Observationnelle, 13/5 — 21/6/96.

*L. Jounot* : DELPHI, 31/7 — 8/10/95.

*E. Jullien* : GDR GEDEON, 17/1 — 24/2/96.

*C. Laroche* : Cosmologie Observationnelle, 18/1 — 25/2/96.

*C. Le Gall* : Auger, 13/5 — 21/7/96.

*T. Maroutian* : Chooz, 1/6 — 31/8/95.

*P. Nistor* : Théorie, 8/1 — 6/3/96.

*I. Olory* : DELPHI, 31/7 — 8/10/95.

*L.-M. Puig* : Électronique, 15 — 19/1/96.

*S. Réveillé* : DELPHI, 22/3 — 13/7/96.

*T. Vals* : THEMISTOCLE, 9/5 — 1/9/95.

*J. Vidal* : Cosmologie Observationnelle, 18/1 — 25/2/96.

*F. Vinchon* : Mécanique, 6/11/95 — 26/3/96.

16.6.2. *Thésards*

*Y. Le Du*, Cosmologie Observationnelle.

*G. Maurel*, Calcul parallèle.

*D. Véron*, Chooz.

*F. Wolff-Bacha*, Calcul parallèle.

16.6.3. *Post-Doc*

*A. Djannati-Ataï*, DELPHI.

*A.L. Melchior*, Cosmologie Observationnelle.

*J. Soudée*, Astro-particules.

16.6.4. *Savants visiteurs*

*A. Etenko* : Chooz, 26/11/95 — 29/2/96.

*S. Fomine* : Calcul parallèle, 19/6 — 31/8/95.

*S. Fredriksson* : Théorie, 15 — 23/6/95.

*A. Gould* : Cosmologie Observationnelle, 15/4 — 15/5/96.

*J. Hansson* : Théorie, 6/5 — 30/6/96.

*S. Khaltourtsev* : Chooz, 14/6 — 13/9/95.

*V. Lapko* : Calcul parallèle, 14/9 — 13/10/95.

*A. Martemyanov* : Chooz, 15/6 — 14/9/95 et 15/2 — 15/6/96.

*V. Martemyanov* : Chooz, 11/7 — 11/8/95 et 6 — 15/3/96.

*L. Mikaelian* : Chooz, 6 — 15/3/96.

*O. Panella* : Théorie, 30/3/93 — 31/12/96.

*V. Sinev* : Chooz, 15/8 — 14/11/95.

*A. Sabelnikov* : Chooz, 15/11/95 — 15/3/96.

*M. Skorokhvatov* : Chooz, 15/2 — 14/5/96.

*S. Soukhotine* : Chooz, 6/8/93 — 31/12/95.

*E. Tourbine* : Chooz, 16/11 — 31/12/95 et 1 — 31/3/96.

*V. Vyrodov* : Chooz, 1/9/95 — 1/9/96.

*V. Tarassenkov* : Chooz, 11/7 — 10/8/95.

*R. Zukanovich* : Calcul parallèle, 18/12/95 — 20/2/96.

17. *Séminaires*

**05/10/95** — *Gilles Gerbier* (DAPNIA/SPP-CEA) : Comment détecter la matière cachée avec des scintillateurs ? Où en est BPRS ?

**12/10/95** — *Jean-Noël Capdevielle* (LPC-Collège de France) : Physique hadronique dans les rayons cosmiques.

**19/10/95** — *Denis Bernard* (LPNHE-X) : Accélération laser de particules.

**26/10/95** — *Fabienne Wolff-Bacha* (LPC-Collège de France) : Gestion des déchets nucléaires à vie longue.

**09/11/95** — *Catherine Thibault* (CSNSM-Orsay) : Étude de la violation de CP, CPT et T dans le système  $K^0 - \bar{K}^0$ . Résultats de CPLEAR.

**16/11/95** — *Henri Videau* (LPNHE-X) : La physique électrofaible et les tests précis du modèle standard (ALEPH).

**23/11/95** — *Eckart Lorenz* (MPI-Munich) : Recent results from the HEGRA Čerenkov detectors.

**30/11/95** — *Michel Maurette* (CSNSM-Orsay) : Micrométéorites antarctiques : vers l'exobiologie et la mission cométaire Rosetta.

**07/12/95** — *Serge Haroche* (ENS) : Atomes et photons dans une cavité : chats de Schrödinger, superpositions mésoscopiques et décohérence quantique.

**11/01/96** — *Philippe Jetzer* (Université de Zurich) : Is the galactic halo baryonic ?

**18/01/96** — *Denis Perret-Gallix* (LAPP-Annecy) : Méthodes et techniques de l'intelligence artificielle en physique des hautes énergies ; un cas particulier : le calcul des diagrammes de Feynman.

**25/01/96** — *Valérie de Lapparent* (IAP) : Les grandes structures de l'Univers : cartographie et contraintes cosmologiques.

**01/02/96** — *Yasushi Muraki* (STEL-Nagoya) : The puzzle of the particle acceleration mechanism at the solar surface : neutrons, gammas, electrons.

**08/02/96** — *Federico Antinori* (CERN) : Détecteur à pixels de silicium : une nouvelle technique pour l'étude des collisions des ions lourds.

**15/02/96** — *Xavier Artru* (IPN-Lyon) : Rayonnements électromagnétiques divers émis par des électrons relativistes traversant un milieu périodique.

**22/02/96** — *Heinigerd Rebel* (IK3-Karlsruhe) : Chemical composition of the high energy cosmic rays approached by the Kascade experiment.

**07/03/96** — *Kai Zuber* (Université d'Heidelberg) : A search for double beta decay and dark matter : the Heidelberg-Moscow experiment.