

FR9810212 - FR9810220



1530

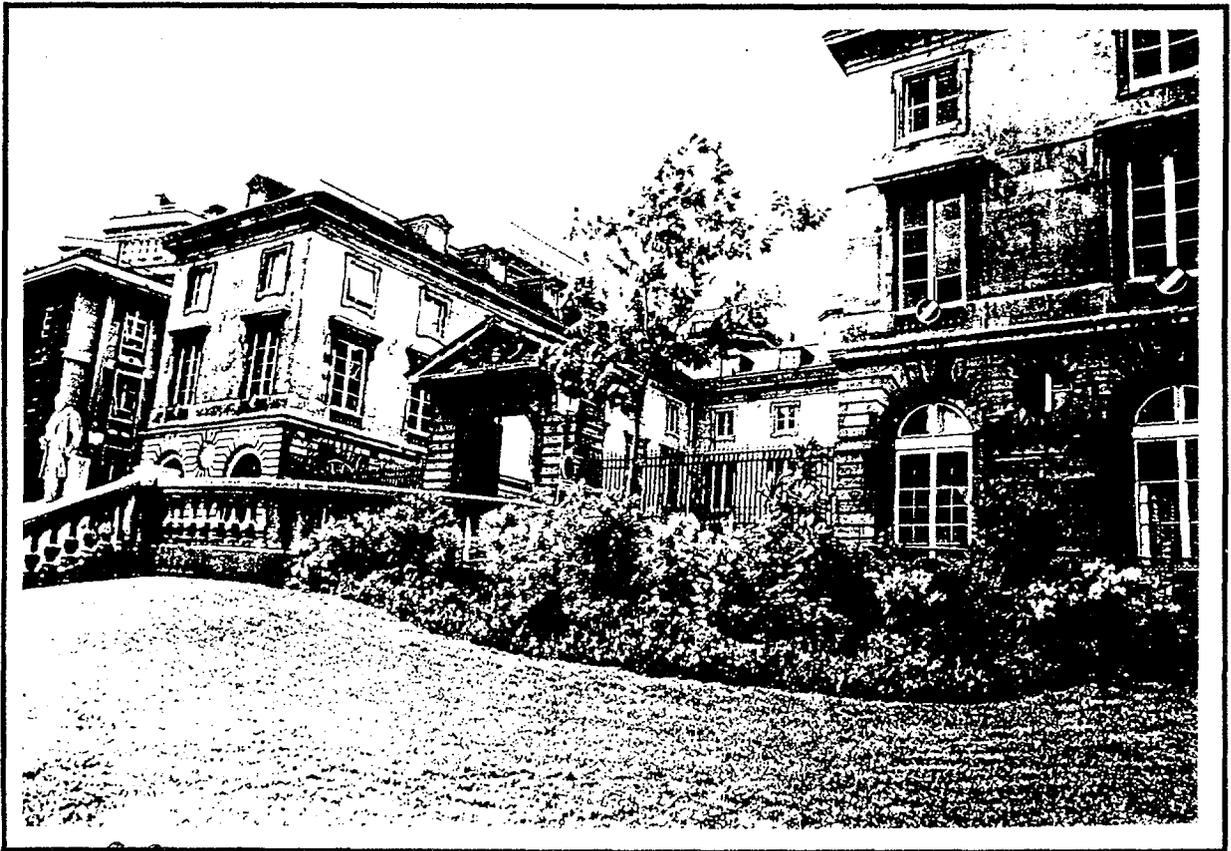
PCC-RA--1996-1997

Rapport d'activité du Laboratoire

Année 1996-1997



FR9810212



29-46

2



1530

COLLÈGE DE FRANCE
Physique Corpusculaire et Cosmologie

Rapport d'activité du Laboratoire

Année 1996–1997

Téléphone : 01 44 27 14 39
Standard : 01 44 27 12 11
Télécopie : 01 43 54 69 89

UMR 7553
IN2P3 – CNRS

<http://cdfinfo.in2p3.fr>
11, pl. Marcellin-Berthelot
75231 Paris Cedex 05

1 Introduction

Le rapport d'activité de l'année précédente était marqué par l'optimisme lié au démarrage des nouvelles options du Laboratoire dans les directions approuvées par le Comité Scientifique et le Comité National de la Recherche Scientifique.

La réalité des faits n'a pas suivi la ligne pourtant ainsi clairement tracée, un certain nombre de retards s'accumulant dans la procédure de création d'une UMR entre le Collège de France et l'IN2P3. C'est ainsi que le Laboratoire a vécu pratiquement la première moitié de l'année 1997 avec une structure partagée, en l'absence de convention d'association signée entre ces partenaires : théoriquement, le Laboratoire se composait d'une unité en réaffectation du CNRS/IN2P3, hébergée par la chaire de Physique Corpusculaire du Collège de France. Cette situation bancal a heureusement vu sa fin avec la signature, le 27 juin 1997, d'une convention d'Unité Mixte de Recherche (UMR) IN2P3 – Collège de France, sous le nom de « Physique Corpusculaire et Cosmologie » (PCC).

Les directeurs de ces deux formations se félicitent néanmoins de ce que cette division théorique n'ait pas eu de conséquence trop néfaste sur le fonctionnement du Laboratoire, et que les recherches selon les axes retenus aient pu être menées à bien, avec un effort de la part de nombreux chercheurs pour resserrer leurs activités vers les objectifs définis :

▷ Etude des rayons γ cosmiques, sur le site de Thémis au sein des 3 expériences conjointes Themistocle, Cat et Celeste, à des énergies allant de la dizaine de GeV à la dizaine de TeV (Cf. section 2.1, p. 3). Par ailleurs, préparation du projet Auger, bien plus ambitieux, qui se propose l'étude des cosmiques au-dessus du million de TeV (Cf. section 2.2, p. 4).

▷ Etude des neutrinos, pour l'instant avec l'expérience de Chooz qui commence à fournir des résultats (Cf. section 4, p. 8). Par ailleurs préparation intensive du projet HELLAZ, destiné à détecter les neutrinos solaires, leur spectre en énergie et leur nature, afin de fournir des réponses définitives au problème lancinant du déficit en neutrinos observés (Cf. section 5, p. 10).

▷ Etudes de cosmologie observationnelle, mettant largement à profit les compétences de notre discipline en acquisition, réduction et gestion de grandes masses de données. Ceci permet de surveiller le ciel avec une vigilance tout à fait nouvelle, afin de détecter des événements fugitifs et imprévisibles, tels que les effets de microlentilles gravitationnelles ou les supernovæ. Ces données sont indispensables à la résolution de problèmes sur la structure globale de notre univers (Cf. section 3, p. 5).

Nous devons, à côté de ces pôles, finir de nous acquitter de nos engagements vis-à-vis des activités dont nous nous retirons, et il est tout à fait clair que ceci se fait avec le plus grand scrupule (Cf. section 7, p. 14), (Cf. section 8, p. 16), (Cf. section 9, p. 17).

Les problèmes de renouvellement et de jouvence des effectifs sont cruciaux, et le Laboratoire, déjà soutenu par l'IN2P3 par l'apport récent d'un poste de chercheur et de 2 postes pour de jeunes ingénieurs, doit pouvoir compter sur une poursuite de cet appui :

nos équipes de recherche ont besoin d'un sang nouveau, et d'un soutien technique solide et rajeuni, qu'il s'agisse d'informatique (Cf. section 12, p. 21), d'électronique (Cf. section 13, p. 23) ou de mécanique (Cf. section 14, p. 25).

2 Physique des cosmiques

2.1 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 (P.O.).

Ce site s'avère particulièrement favorable à la détection des gerbes par leur rayonnement Čerenkov dans l'atmosphère de par son altitude (1650 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 1996–97 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. Au cours de l'année 1996 a été effectuée une remise en état de l'appareillage; en particulier le changement des photomultiplicateurs permet d'abaisser le seuil vers 1 TeV. Depuis l'automne 1996, le détecteur observe simultanément les mêmes sources que CAT et au cours de cette année des « sursauts » de 2 AGN (Noyaux Actifs de Galaxie) Mkr421 et Mkr501 ont été observés jusqu'à des énergies d'une dizaine de TeV. Cette observation simultanée par Themistocle et CAT devrait permettre une calibration croisée en énergie de ces deux détecteurs en profitant de l'effort fourni précédemment par Themistocle pour le calibrage des énergies (difficile dans ce genre d'expérience où n'existe aucun faisceau de référence).

CAT :

Cette expérience adjoint sur le site un miroir parabolique de 15 m^2 de surface faisant l'image des gerbes sur une caméra de 525 pixels, sensible au photo-électron, ce qui jusqu'à ce jour n'avait jamais été réalisé. Ce dispositif permet de rejeter efficacement les gerbes hadroniques, et d'obtenir un seuil en énergie (de l'ordre de 250 GeV) rendant visibles des sources beaucoup moins intenses que celles accessibles par Themistocle. Les premières observations ont débuté à l'automne 1996 sur la nébuleuse du Crabe (« chandelle standard » dans ce domaine d'énergies); elles ont montré que les performances attendues étaient atteintes, en particulier en ce qui concerne le seuil en énergie. L'observation de « sursauts » des 2 AGN Mkr421 et Mkr501 montre la richesse de ce nouveau champ de recherche.

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.

Celeste :

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 (dont l'ancienne chaudière a été démontée) sera installée une optique secondaire formant une image des gerbes Čerenkov tombant dans le champ d'héliostats, image alors détectée par des photomultiplicateurs.

Fin 1997 un premier test aura lieu avec 20 héliostats, auxquels seront adjoints 20 héliostats supplémentaires fin 1998. Avec l'ensemble des 160 héliostats disponibles, on devrait atteindre un seuil de détection de 20 GeV – qui correspond à la coupure haute de détection des rayons gamma par les satellites actuels – permettant l'observation de sources beaucoup plus lointaines.

La connaissance de la transparence de l'atmosphère est importante pour estimer correctement l'énergie des particules primaires. Pour mesurer cette transparence, un LIDAR (Light Detection And Ranging) va être installé sur le site. Dans cet appareil, un laser multifréquences émet vers le ciel, et un photomultiplicateur reçoit via un miroir la lumière rétrodiffusée, dont l'analyse donne des informations sur les propriétés optiques de l'atmosphère et des nuages de haute altitude.

Le Laboratoire a en charge le montage mécanique de l'appareil.

L'ensemble de ces expériences, que le Laboratoire soutient activement, constituera une 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 rayons cosmiques.

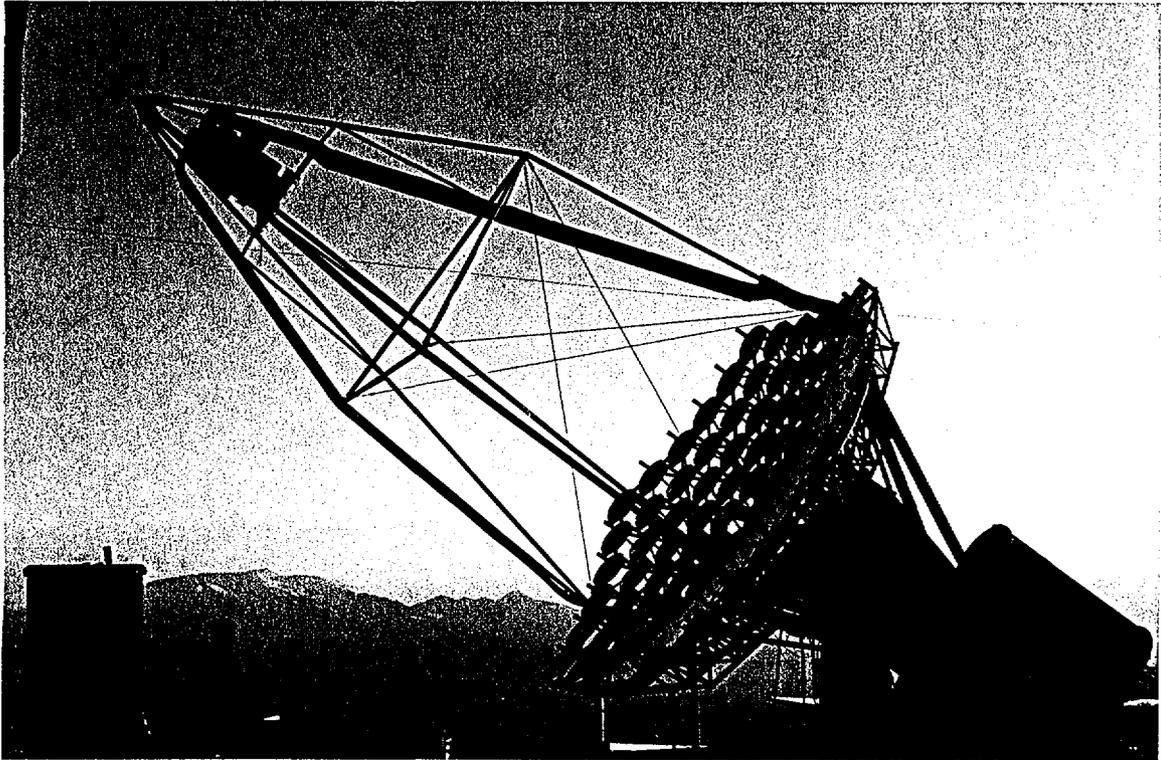
2.2 Observatoire AUGER

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.

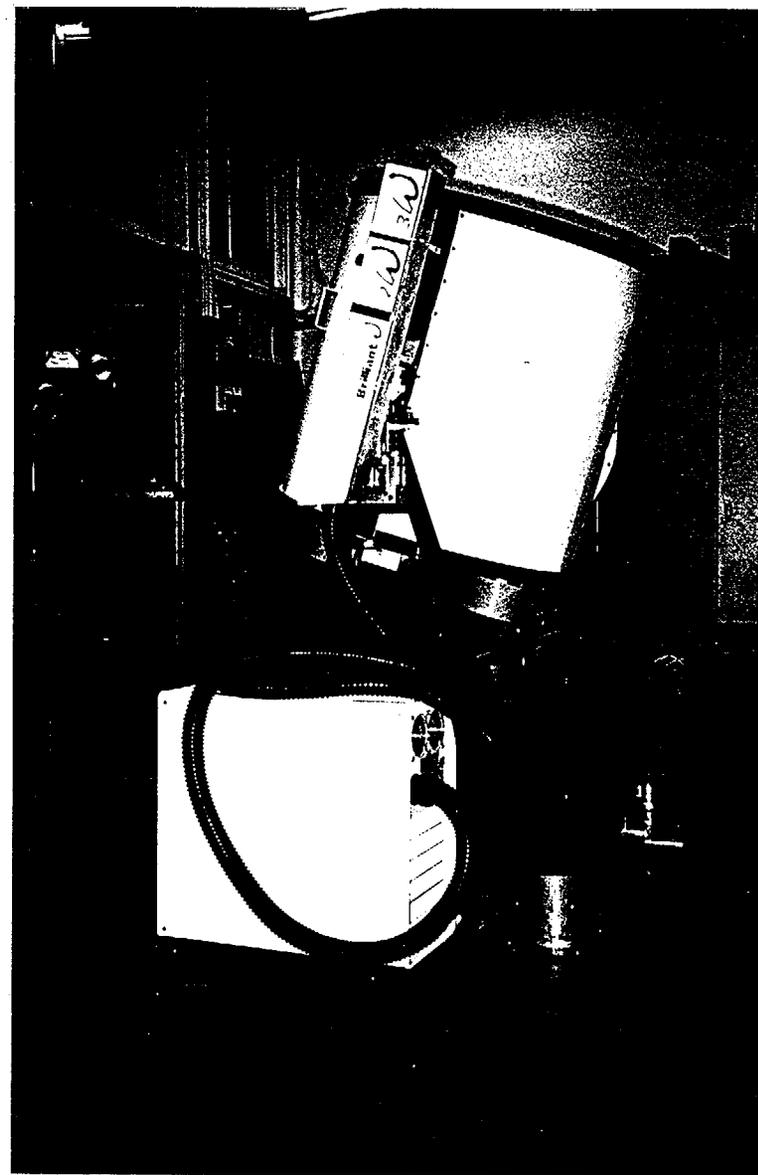
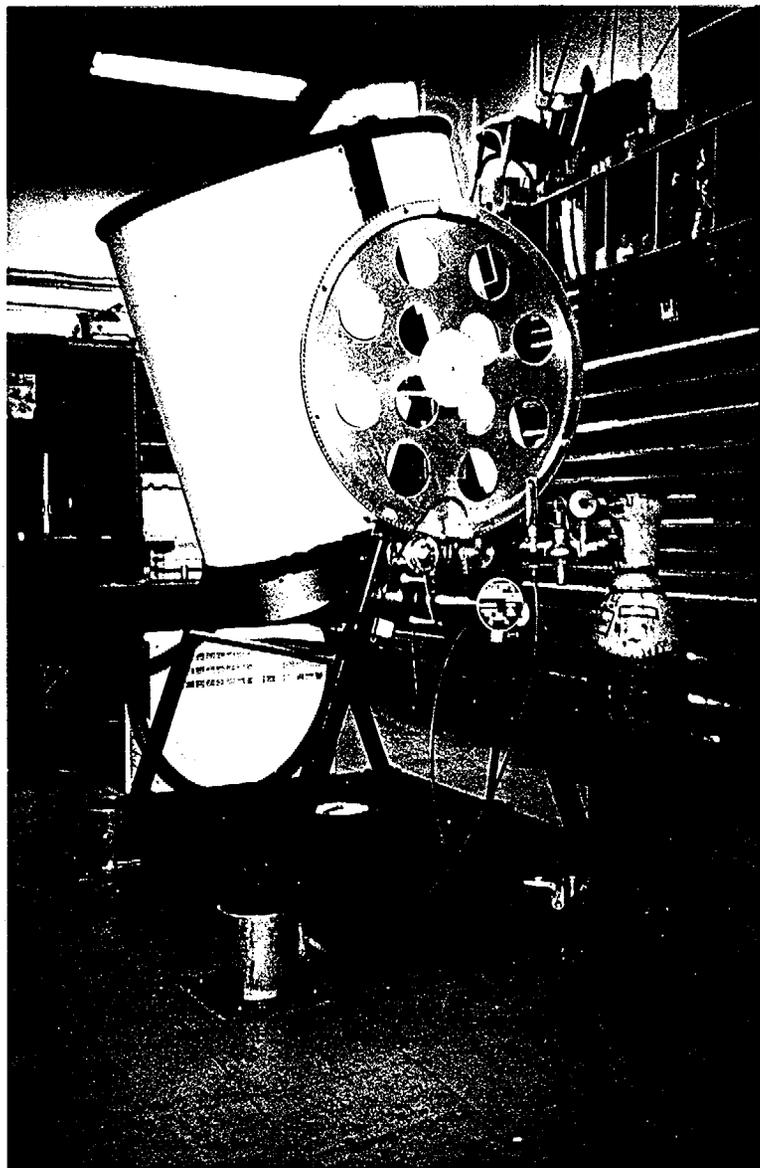
Le flux de ces particules est extrêmement faible, et estimé à $0,02/\text{km}^2/\text{an}$. L'obtention d'une centaine d'événements par an exige donc un détecteur couvrant une surface au sol de 5000 km^2 au moins, et composé, si l'on tient compte de la taille des gerbes engendrées par ces rayons cosmiques, de stations de 10 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 à un rapport technique auquel notre laboratoire a contribué, décrivant en détail ce réseau baptisé « Observatoire Pierre Auger ». Le Prof. Cronin a d'ailleurs bénéficié d'un mois de Professeur Invité au Collège de France, et a résumé en 4 cours brillants l'essentiel des motivations et des méthodes du projet.

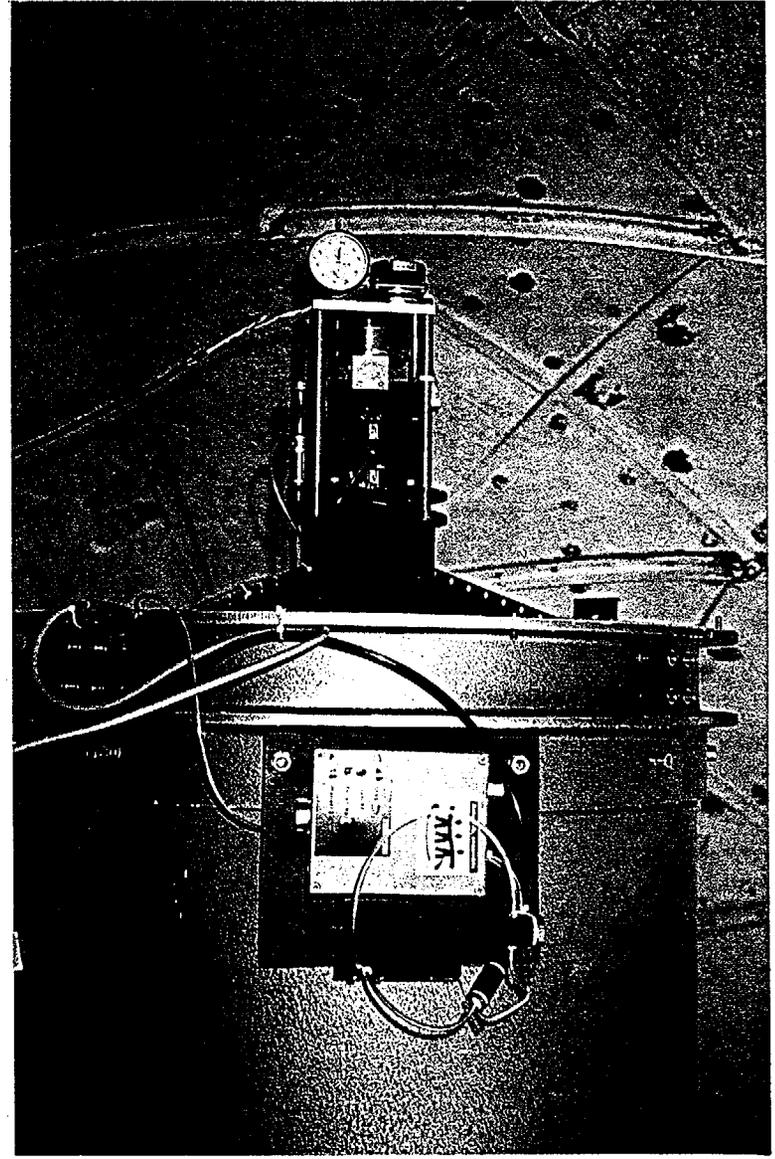
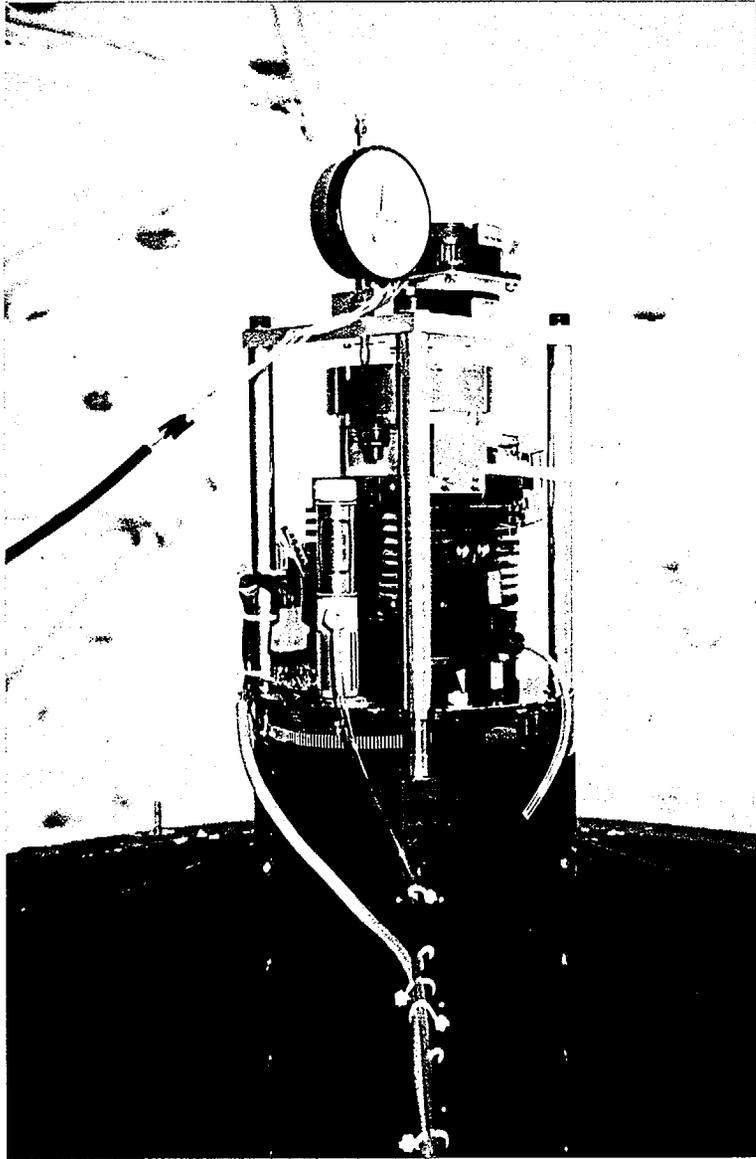
Dès novembre 1995, nous avons participé à l'organisation de la réunion de collaboration qui se tenait à Paris, dans les locaux de l'UNESCO. Lors de ce colloque, qui réunissait



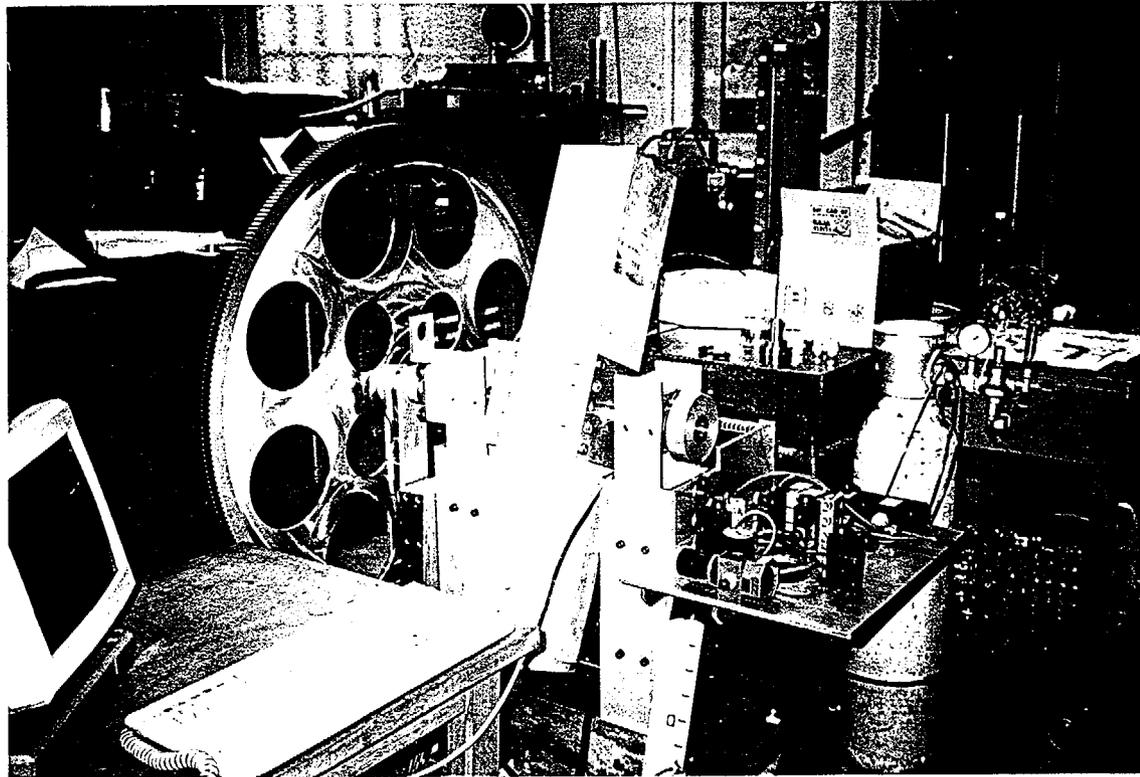
Physique des cosmiques
expérience CAT



Prototype du Lidar
pour l'expérience CAT - CELESTE



Dispositif de changement de filtres et de réglage en focal
pour l'expérience AGAPE



Prototype pour l'étude des mouvements en déclinaison
du télescope T55
dans le cadre de l'expérience AGAPE

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 alors été choisie pour abriter le site austral. Le site boréal, retenu en septembre 1996, a été le comté de Millard, dans l'Utah.

Chacun de ces 2 sites sera équipé d'un appareillage hybride (réseau de 3 000 km² comportant 3 000 détecteurs de particules chargées et 3 détecteurs du rayonnement de la fluorescence atmosphérique), permettant ainsi une mesure indépendante des paramètres de la gerbe.

Les années 96 et 97 sont consacrées à un programme de recherches et développement, au renforcement de la collaboration et à la recherche du financement de ce projet. Notre Laboratoire y prend une part importante, particulièrement en ce qui concerne l'acquisition et le transfert des données.

2.3 Simulations

En complément des simulations développées à l'aide de programmes antérieurement diffusés dans les diverses collaborations expérimentales (Sembrowski, Hillas...), des exploitations spécifiques de CORSIKA (dont le laboratoire compte un des auteurs) sont menées en parallèle avec les activités expérimentales.

Aux énergies intermédiaires: L'influence initiale de la diffraction des protons et de la fragmentation des noyaux sur la composante Čerenkov est étudiée dans toute la gamme d'énergie de l'astronomie gamma (en vue de mieux apprécier le bruit de fond hadronique et déterminer des critères plus sélectifs).

Aux énergies ultimes du spectre: Une méthode originale de simulation rapide des gerbes géantes, utilisant des générateurs Monte Carlo de collision basés sur le modèle dual des partons, a été élaborée pour calculer le développement électromagnétique et la composante fluorescente. Les comparaisons de gerbes engendrées par nucléons ou noyaux sont en cours, ainsi que l'extension de la procédure de calcul rapide aux autres composantes.

Ont participé cette année à l'activité sur les cosmiques au Laboratoire: *J.-M. Brunet, J.-N. Capdevielle, J. Cronin, P. Espigat, P. Frenkiel, C. Ghesquière, Huynh Dong Phong, L. Guglielmi, S. Le Bohec, C. Le Gall, M. Punch, G. Tristram, J. Vrana[†] et J. Waisbard.*

3 Cosmologie Observationnelle

Les sujets de recherche du groupe de Cosmologie Observationnelle sont axés sur la description macroscopique de l'Univers et la détection de la matière, en grande partie invisible, qui le constitue. L'année 1996-1997 a été marquée:

- ▷ par la fin des observations de la collaboration AGAPE sur le Télescope Bernard Lyot (TBL) du Pic du Midi et une première analyse prometteuse des données couvrant la période 1994-1996;

- ▷ par un renforcement de nos activités de recherches de supernovæ de type Ia, notamment par la mise en place d'un télescope de 55 cm au Pic du Midi et une participation effective au programme EROS II ;
- ▷ par la décision de participer au projet Planck-Surveyor de mesure des anisotropies du rayonnement à 3K (analyse de données et mise en place du banc de calibration avec l'Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay). Cette proposition a été approuvée par le Conseil scientifique de l'IN2P3.

3.1 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.

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.

Nous avons pu bénéficier du passage au Collège de France du Prof. A. Gould, spécialiste international de ces questions, qui a fait un ensemble d'exposés remarquables.

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 en un temps raisonnable. 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.

Un avantage de cette méthode est d'explorer non seulement le halo de notre Galaxie, mais celui de celle servant d'arrière-plan.

Nous constituons un élément central de cette collaboration qui réunit des physiciens et astrophysiciens des secteurs SPM, PNC et TOAE au CNRS, du CEA et du CERN.

Notre programme d'observation s'est étendu sur trois années (1994-1996) au Télescope Bernard Lyot (TBL) de 2 m du Pic du Midi. Nous avons obtenu environ 80 images de 6 champs de $4' \times 4'$ sur les régions centrales de M31 lors de 3 campagnes effectuées durant les périodes de visibilité d'Andromède. Les premiers résultats obtenus montrent que nous atteignons les stabilités nécessaires à notre approche, ce qui nous rend sensibles à des

effets de microlentille gravitationnelle sur des étoiles de faible luminosité apparente. Au cours de cette année, nous avons effectué un important travail de compréhension puis de correction des problèmes liés aux variations de *seeing*. Ce travail, qui constituera une partie importante de la thèse de Y. Le Du, nous a permis d'effectuer une première sélection d'événements. La phase que nous abordons consistera à travailler sur la trentaine de courbes de lumière de pixels présentant une seule bosse durant nos 3 années d'observation, et notamment étudier leur compatibilité avec la forme de Paczyński attendue pour un phénomène de microlentille gravitationnelle.

L'avenir La collaboration réfléchit à la manière de continuer l'expérience sur un télescope avec du temps d'observation disponible et une caméra à grand champ qui permette d'accumuler une statistique suffisante pour étudier avec précision les halos de notre Galaxie et de M31.

Parmi les possibilités explorées, il y a un télescope de 1,5 m à Calar-Alto au sud de l'Espagne, un télescope de 1,5 m à Castelgrande au sud de l'Italie (en collaboration avec l'observatoire de Capodimonte de Naples) et l'«Isaac Newton Telescope» de 2,5 m installé aux Canaries.

3.2 Recherche de supernovæ de type Ia

Structure de l'Univers La détermination des paramètres H_0 , Ω_0 et q_0 (caractérisant respectivement la vitesse d'expansion de l'Univers, sa densité et le ralentissement de son expansion) repose sur la comparaison de la distance d'objets lointains avec leur décalage Doppler 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 , fonction de la densité Ω_0 , et de la géométrie de l'univers.

Supernovæ de type Ia La mesure des distances des objets lointains est donc un problème majeur de la cosmologie. Les supernovæ de type Ia (SN Ia) sont pratiquement des « chandelles standard », c'est à dire qu'elles ont toujours à peu près la même luminosité intrinsèque, et leur luminosité apparente permet alors d'évaluer leur distance. Ce sont en outre des objets très lumineux, visibles à de très grandes distances.

Objectif Nous voulons accumuler des informations statistiques sur les SN Ia. En effet la dispersion des luminosités intrinsèques des SN Ia est aujourd'hui de l'ordre de 20 %, ce qui est insuffisant pour déterminer le paramètre q_0 . Des études ont montré qu'on peut diminuer cette dispersion par des corrections utilisant les corrélations entre la luminosité maximale et sa vitesse de décroissance, ou entre cette luminosité et le spectre de la supernova. Préciser ces corrélations requiert un grand nombre de supernovæ étudiées dans des conditions aussi voisines que possible.

Rénovation du T55 Pour découvrir un grand nombre de supernovæ proches, nous avons équipé un télescope de 55 cm au Pic du Midi d'une caméra couvrant 1/8 de degré carré, au foyer primaire ce qui assure une grande luminosité. Une partie de la mécanique

d'entraînement du télescope est refaite au Laboratoire, de même que le dispositif de positionnement des filtres. Nous comptons que l'ensemble sera opérationnel vers la fin de l'année, et que nous pourrions ainsi découvrir 3 à 10 supernovæ par mois (selon la météorologie).

Dans une seconde phase, il est envisagé de remplacer la caméra actuelle par une caméra couvrant $1/2$ degré carré, apportant un gain en efficacité d'un facteur 4.

EROS Nous participons également au programme EROS II qui recherche des supernovæ à distance intermédiaire ($z \simeq 0, 1$).

La campagne du printemps 1997 (en grande partie consacrée à la mise au point) a permis de découvrir 3 supernovæ, et on attend 3 à 5 supernovæ par mois en fonctionnement normal.

Parmi les retombées d'un tel programme figure l'étude du taux d'explosion des supernovæ, qui est encore très mal connu et fait l'objet de la thèse de *J.-C. Hamilton*.

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.

Les physiciens qui ont participé dans l'année aux travaux du groupe de cosmologie observationnelle du Laboratoire sont : *A. Bouquet, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, J.-C. Hamilton, J. Kaplan, Y. Le Du, A.-L. Melchior, et S. Réveillé*

4 Expériences sur les neutrinos



4.1 Recherche d'oscillations sur 1 km (centrale de Chooz)

Après avoir participé à plusieurs expériences auprès du réacteur nucléaire du Bugey, à des distances allant de 15 à 100 m du réacteur, le Laboratoire a participé à la formation d'une collaboration pour rechercher les oscillations sur une plus grande distance – 1 km – du point de départ des neutrinos, malgré les difficultés que suscite l'affaiblissement corrélatif de leur flux.

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. La zone couverte par l'expérience soulève un intérêt particulier, car les résultats de plusieurs expériences souterraines étudiant les neutrinos créés dans l'atmosphère indiquent qu'il pourrait y avoir une oscillation dans cette zone.

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).

Des données ont été prises à l'automne 1996, avant le démarrage des réacteurs nucléaires ($2 \times 4\,200 \text{ MW}_{\text{th}}$), ce qui a permis de mesurer le bruit de fond, qui s'est montré conforme aux prévisions, et plutôt inférieur à celles-ci.

Le premier réacteur est à 80 % de sa puissance nominale depuis mars 97, et le deuxième atteindra ce plateau au début de l'été.

Un premier résultat devrait être publié à la fin de l'année.

L'expérience Le détecteur comporte une cible de 6 t de scintillateur liquide dopé au Gd, plongée dans 120 t de scintillateur liquide non dopé, dont elle est séparée par une mince paroi transparente. La cible est regardée à distance par 192 photomultiplicateurs.

Les liquides scintillants, de grande transparence et délicats, sont acheminés jusqu'au détecteur, depuis des réservoirs situés à l'extérieur, par une galerie de 200 m de long, avec une différence de niveau de 15 m. La fragilité du détecteur impose un remplissage simultané des différents éléments, avec une précision de l'ordre du centimètre. Le liquide scintillant a dû être changé en mars 97, et cette opération s'est déroulée avec succès.

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*).

Les systèmes de remplissage et de vidange du détecteur et leur maniement sont également sous la responsabilité d'une équipe du Laboratoire (*P. Salin, M. Obolensky, V. Vyrodov, P. Guillouet*).

Le Laboratoire a développé un système pour échantillonner à 200 MHz les impulsions de photomultiplicateurs signant les interactions de neutrinos, en vue d'en mesurer à la fois l'amplitude, le temps et la forme.

(*P. Courty[†], G. Desplancques, H. de Kerret, D. Kryn, F. Roger, S. Soukhotine, J. Vergne*)

Une carte Fastbus a été développée pour cela au Laboratoire par *P. Courty*, qui, malgré une douloureuse maladie, l'a mise au point et mise en service, jusqu'à quelques semaines de son décès.

Elle a été fabriquée en collaboration avec la société CAEN à Pise. Une version destinée à être commercialisée est à l'étude (*F. Roger*).

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*) constituent un des axes importants de l'activité du groupe. Un étudiant (*D. Véron*) a soutenu en mars 1997 une thèse sur la reconstruction et la mesure du bruit de fond de l'expérience à l'aide des échantillonneurs à 200 MHz.

Vers des masses encore plus petites Cette expérience pourra servir de prototype pour une expérience plus lourde envisagée aux USA, à 13 km du réacteur de Perry, et à 500 m sous terre. Le Japon s'engage dans un projet plus ambitieux encore à Kamioka, à 160 km d'un réacteur.

La collaboration de Chooz est la réunion de collaborations actuellement existantes : Savannah River aux Etats-Unis, Rovno et Krasnoïarsk en Russie, Bugey en France. La poursuite de ce programme avec l'expérience de Perry mènera à l'exploration de 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 au projet HELLAZ pour l'avenir (Cf. section 5, p. 10).

Le groupe de physiciens menant cette expérience au Laboratoire est constitué de : *H. de Kerret, D. Kryn, B. Lefèvre, M. Obolensky, D. Véron et V. Vyrodoz*, ainsi que de nombreux visiteurs russes pour de courtes durées, en partie rémunérés sur le PICS 209 du CNRS, et dont l'activité présente un intérêt vital pour l'expérience.



FR9810214

5 Le projet HELLAZ sur les neutrinos solaires

Depuis 30 ans plusieurs expériences ont mis en évidence un déficit du flux des neutrinos solaires observés par rapport au flux calculé. Elles n'ont fourni cependant que des informations partielles.

L'expérience « HELLAZ » vise à fournir le spectre des ν_{\odot} ainsi que leur corrélation angulaire avec le soleil. Les électrons de recul de la collision $\nu_{\odot} - e$ sont détectés dans une chambre à projection temporelle (TPC) servant de cible. Le choix de l'hélium comme gaz abaisse le seuil en énergie pour les électrons à 100 keV, soit 200 keV pour l'énergie des neutrinos. HELLAZ sera donc sensible aux ν_{pp} , dont le flux ne dépend pratiquement pas du modèle de soleil, ainsi qu'aux neutrinos du ${}^7\text{Be}$.

Pour une bonne résolution en énergie des neutrinos, et notamment une bonne séparation entre neutrinos pp et neutrinos du ${}^7\text{Be}$, on fera une mesure précise de l'angle d'émission de l'électron de recul.

Dans ce but, la TPC fonctionnera en mode « digital », par mesure individuelle dans l'espace de chaque électron formant la trace de l'électron de recul et détermination précise des axes principaux de l'ellipsoïde d'inertie du nuage qu'ils forment au début de cette trace.

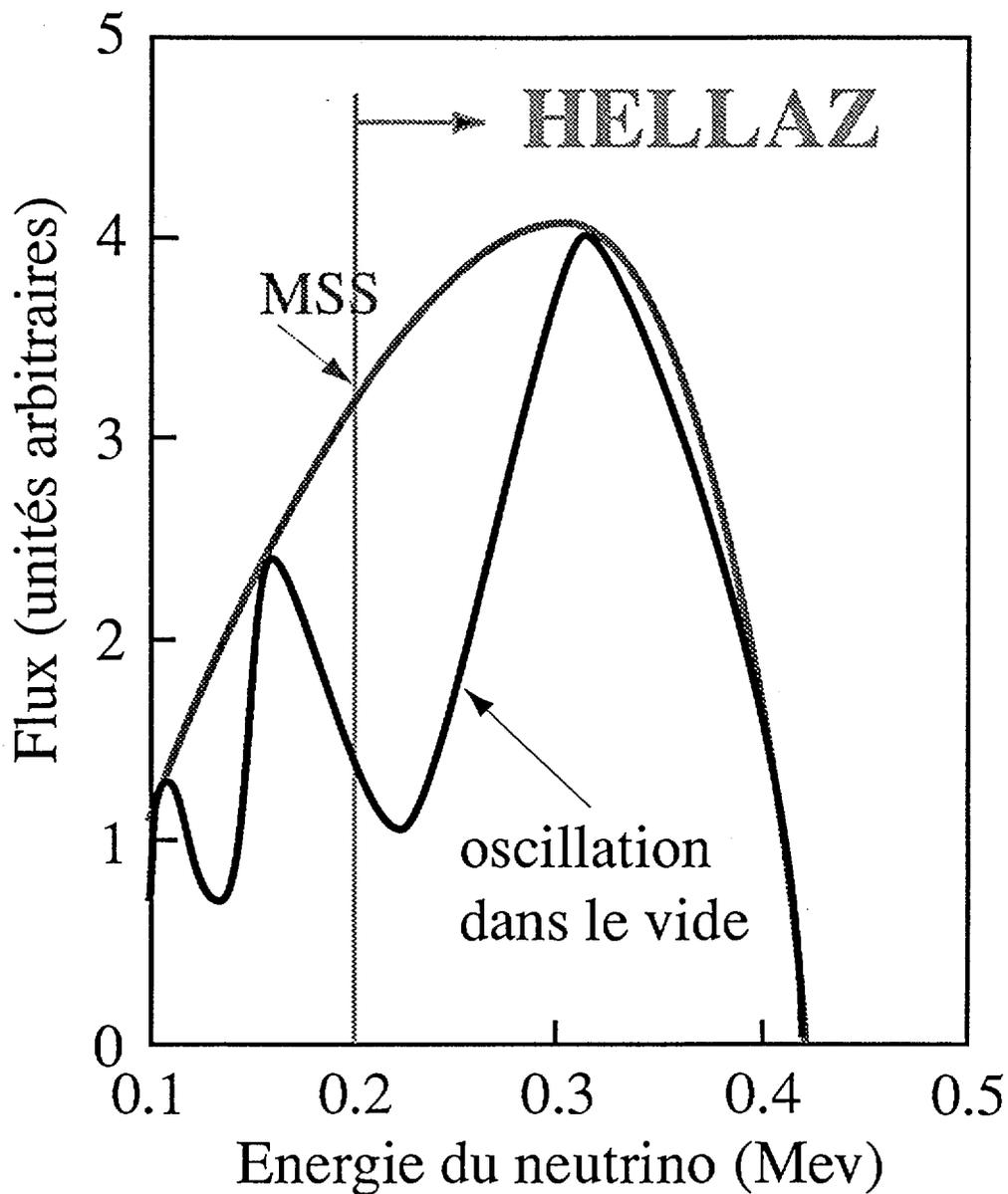
L'erreur de mesure de la direction de l'électron de recul est ainsi assez faible (~ 35 mrad) pour avoir une incertitude sur l'énergie des neutrinos inférieure à 10 %.

HELLAZ sera capable en outre d'identifier la saveur des neutrinos par la distribution angulaire de la collision $\nu - e$.

Physique avec HELLAZ HELLAZ mesurera avec précision le spectre des neutrinos pp , que l'on pense bien déterminé tant par la luminosité du soleil que par les mesures actuelles d'héliosismologie. Aussi, toute déformation de ce spectre doit être interprétée en termes physiques.

S. Petcov en a calculé la déformation dans le cas d'oscillation dans le vide. La figure jointe montre que la précision d'HELLAZ permet de mesurer cet effet.

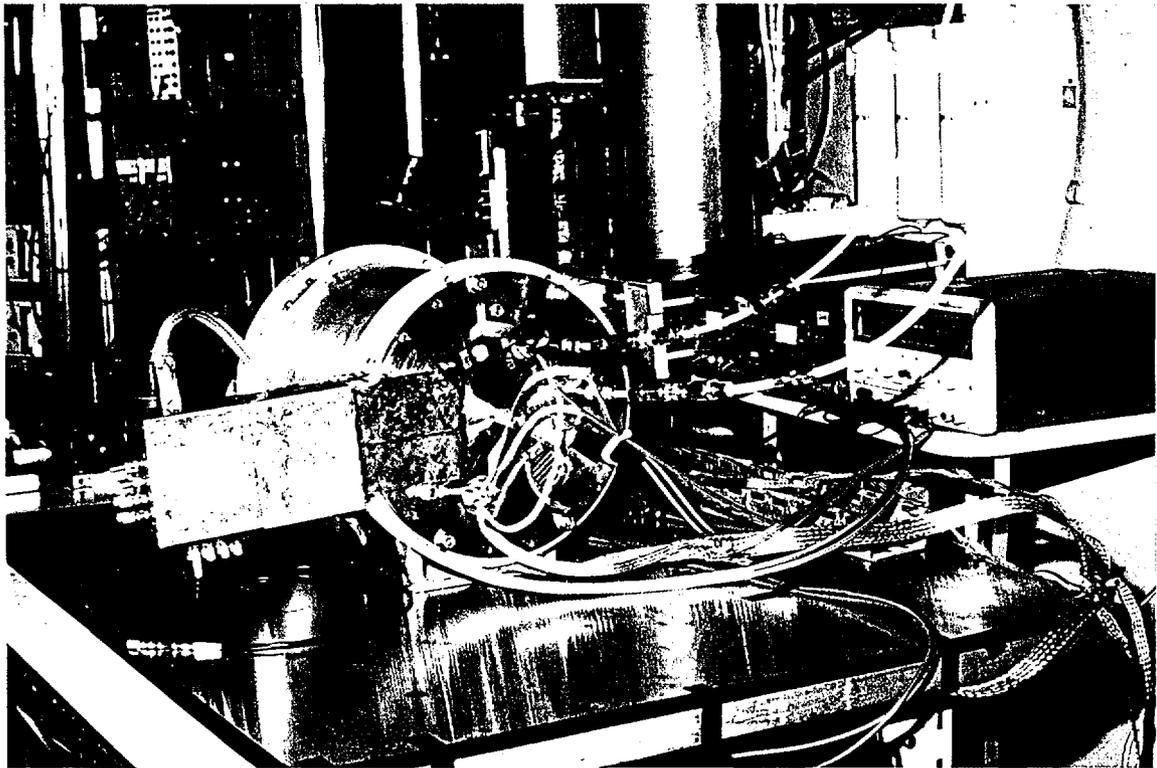
Le projet a été présenté, et favorablement accueilli, en 1995, au Comité Scientifique du Grand Sasso sur les Expériences Futures et au Comité Scientifique du LSM à Paris ; puis au Conseil Scientifique de l'IN2P3 en février 1997



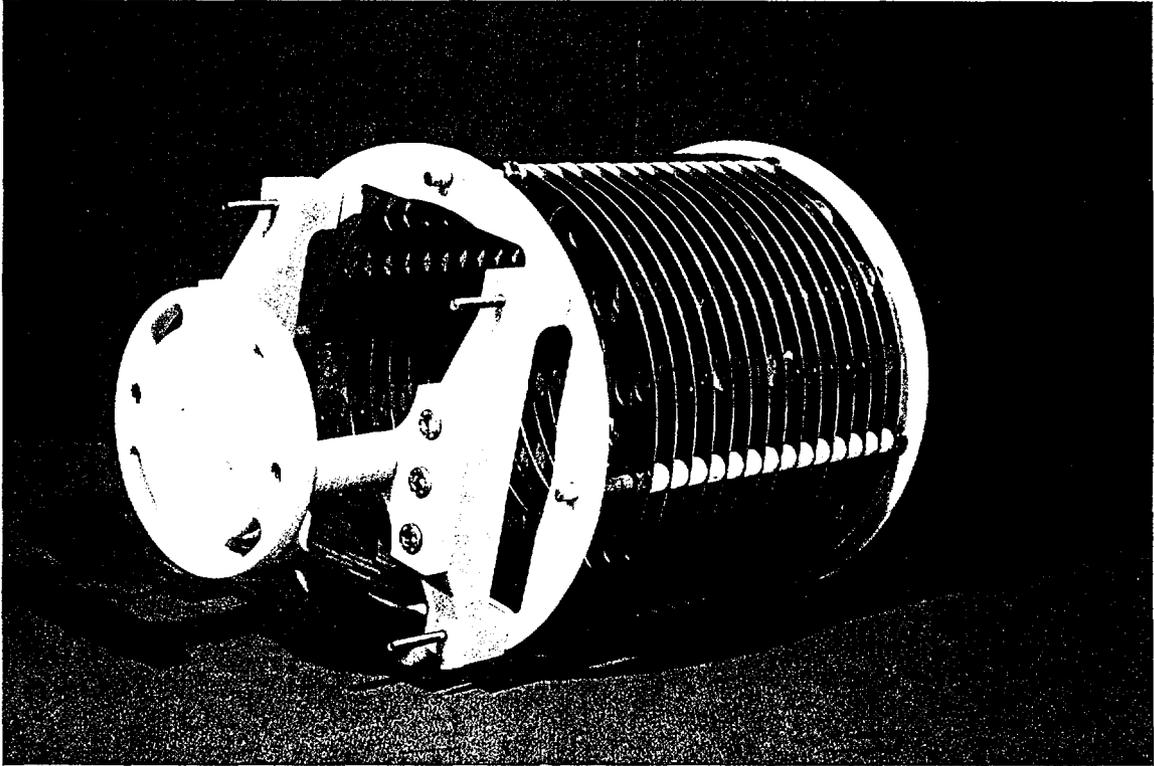
$$\Delta m^2 = 5.6 \cdot 10^{-12} \text{ eV}^2, \quad \sin^2 2\theta = 1$$

Ref. : Krastev et Petcov,
 Phys. Rev. D53 (1996)1665

Spectre neutrino p-p avec (oscillation dans le vide)
 et sans (MSS) déformations



Enceinte de tests pour la chambre
proportionnelle



Electrodes de dérivation

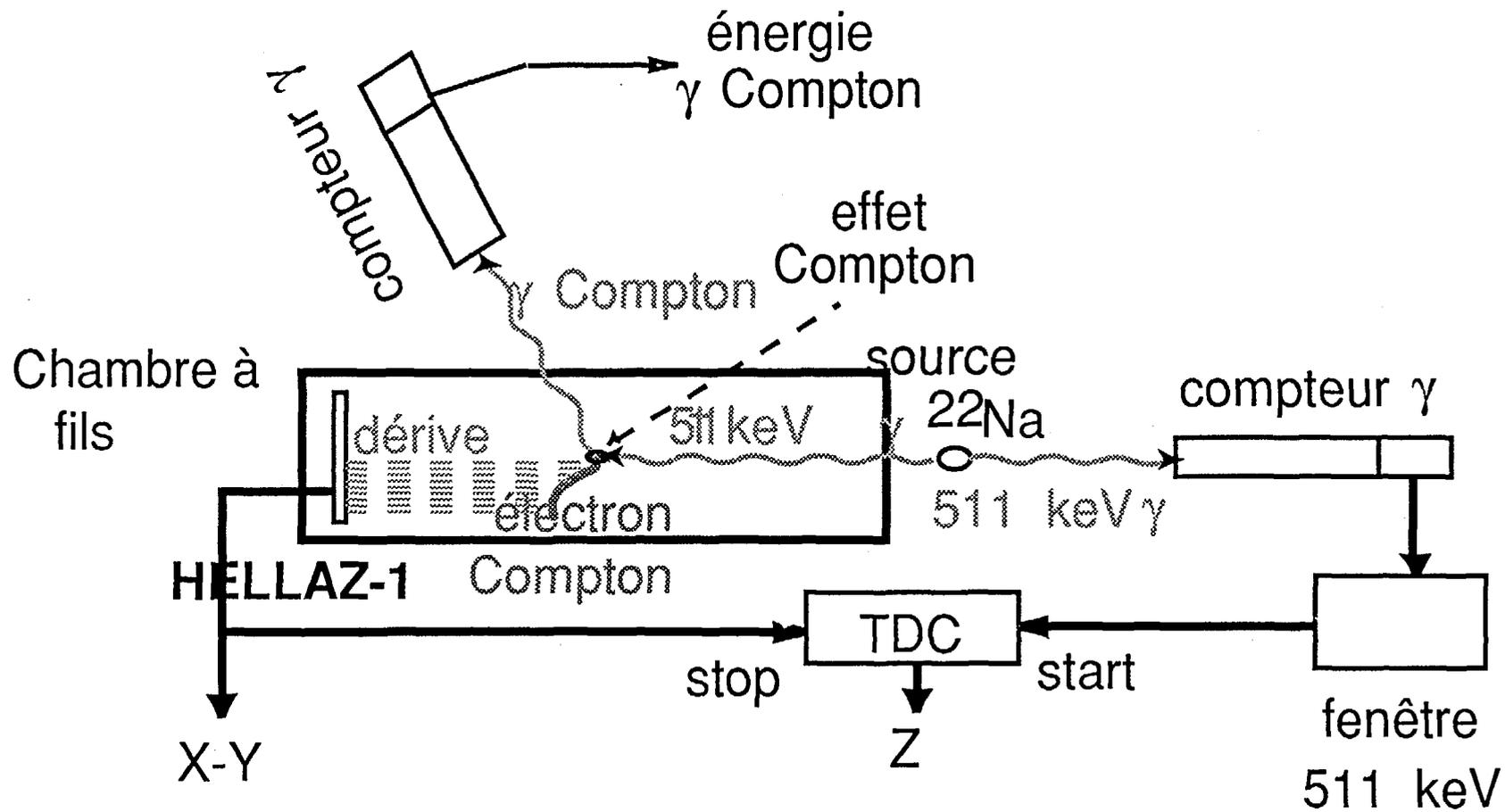
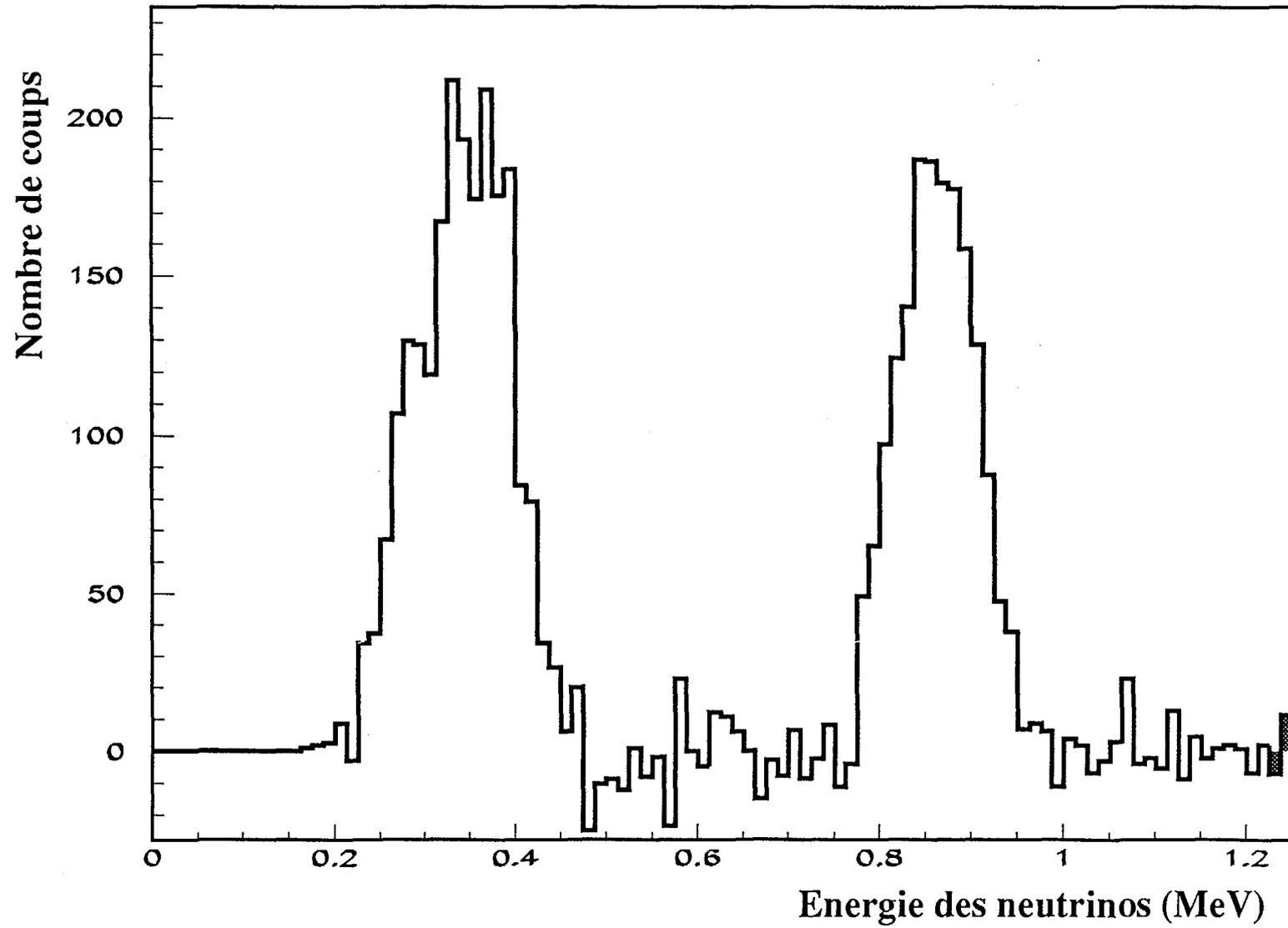
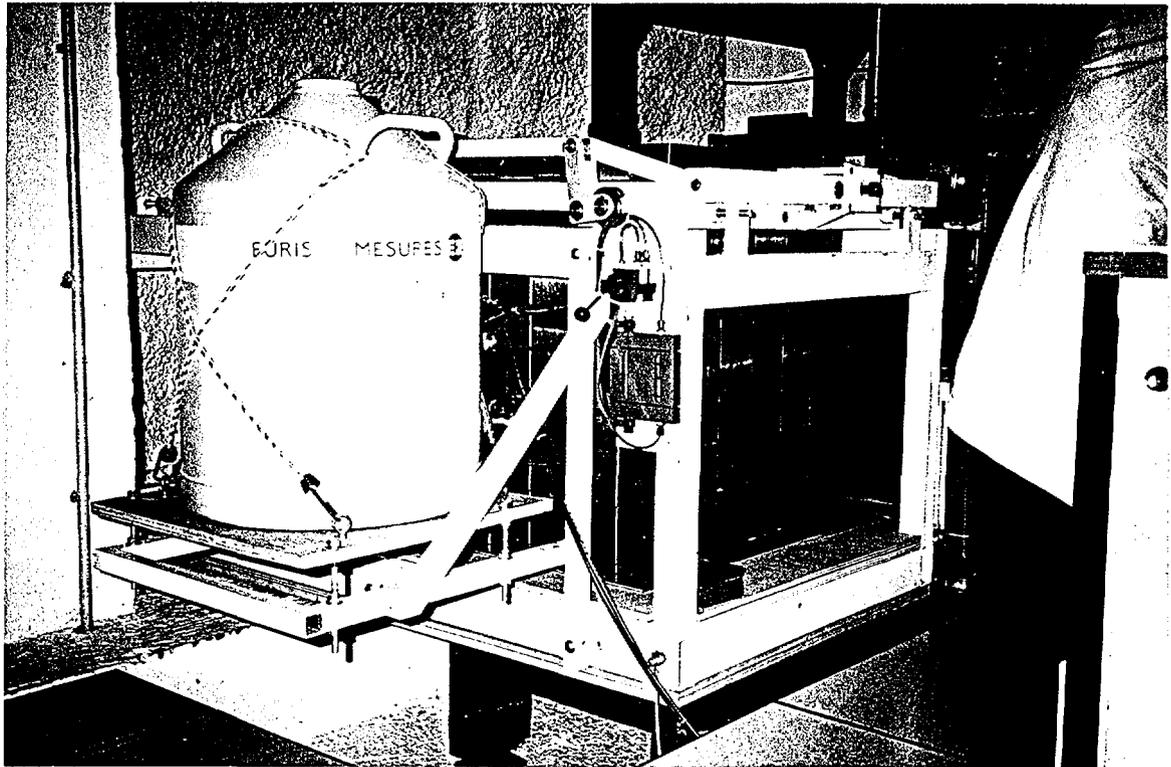


Schéma de création de traces contrôlées
 dans HELLAZ-1



Spectre d'un an après soustraction d'un
bruit de fond de 10 000 coups par jour



Château à bas bruit de fond pour la caractérisation
des matériaux dans l'expérience HELLAZ

Le programme de travail comporte un certain nombre d'étapes :

Nom	Vol.	But - lieu
- HELLAZ 0:	0,5l	Propriétés fondamentales des gaz et des chambres - CERN)
- HELLAZ 1:	5l	Tests de la reconstruction d'une trace - Collège de France
- HELLAZ 2:	2 m ³	Résolution des problèmes de longue dérive (absorption des électrons) et de grande surface de chambre (rapidité) - Collège de France.
- HELLAZ proto:	40 m ³	Test à grande échelle - souterrain.
- HELLAZ final:	2000 m ³	Mesure du spectre des ν_{\odot} - Gran Sasso

HELLAZ 1, programme de R & D Le mode digital implique des contraintes sévères sur le dispositif: faible vitesse de dérive, pour la détection individuelle des électrons, et faible diffusion multiple, afin de ne pas modifier la forme du nuage. HELLAZ 0 a montré que l'hélium est le meilleur compromis.

La chambre de détection doit avoir un pas fin (~ 1 mm), et une bonne résolution temporelle (~ 20 ns).

Pour essayer l'ensemble de dérive, deux chambres multifils proportionnelles classiques, mais très poussées, ont été conçues, réalisées et testées à part au Laboratoire: séparation entre fils de 1 mm, séparation entre anode et cathode de 0.8 mm, surface de 10×10 cm². Elles ont permis de comparer deux types de préamplificateurs de signaux sur une platine spécialement développée au Laboratoire.

La chambre à dérive a été dessinée en vue de garantir un minimum de contamination en oxygène dans le gaz.

L'ensemble, HELLAZ 1, est maintenant opérationnel. Nous calibrons l'appareil par éjection optique d'électrons uniques d'une photocathode en tête de la dérive.

L'étape suivante sera la création dans HELLAZ 1 de traces contrôlées par diffusion Compton d'un photons d'annihilation d'une source de ²²Na. Dès que la dérive sera complètement testée, nous remplacerons la chambre multifils proportionnelle par une chambre à microgap (15 μ m entre anode et cathode), permettant d'atteindre les 20 ns nécessaires.

Nous envisageons trois types de chambres à microgap ayant un gain de 10^5 à 10^6 , nécessaire pour détecter l'électron unique: microgap classique associée à des amplificateurs d'électrons GEM (testée avec succès dans HELLAZ 0 au CERN), microgap à fils développée à Strasbourg et micromegas développée à Saclay

Ce gain important nécessite un blindage électromagnétique particulièrement soigné. Le Laboratoire a réalisé notamment des connecteurs de traversée au moyen de circuits imprimés à quatre couches.

Enfin, nous avons équipé une salle propre de 7×7 m², de 4 m de haut, blindée sur les six côtés et équipée d'une grande hotte mobile et d'une potence de levage. Trois usines à gaz permettront d'utiliser des mélanges spécifiques jusqu'à des pressions de dix bars sur trois postes différents.

Simulation Monte-Carlo Deux programmes de simulation sont utilisés. Le premier simule la création et la dérive des électrons d'ionisation d'une trace. L'examen du nuage après dérive permet d'appréhender le comportement du système. Les fichiers de sortie de ce programme servent aussi de point de départ au programme d'analyse.

Le deuxième traite de la soustraction du bruit de fond radioactif spécifique à HELLAZ par extraction de la composante diurne : le bruit de fond est constant et fixe par rapport à l'appareillage, alors que le soleil tourne dans ce repère. Cette méthode, profitant de l'excellente cinématique, est extrêmement puissante : la figure jointe montre le spectre pp et ${}^7\text{Be}$ avec une résolution de 5 % (12 événements ν_{\odot} par jour) extrait d'un fond typique uranium-thorium (10 000 événements par jour, soit 10^4 fois les impuretés d'une expérience de deuxième génération comme Borexino).

Bruit de fond radioactif Il faudra cependant construire HELLAZ avec des matériaux sélectionnés à bas bruit radioactif. Nous avons installé au LSM un banc à germanium ultra-pur (photo) pour mesurer la radioactivité des composants. D'autre part, nous étudions au Laboratoire la possibilité de mettre en œuvre un banc de concentration, extraction et mesure du taux de radon dans une enceinte. Cette mesure permettra de calibrer la radio-pureté des matériaux.

Proposition HELLAZ 2 La conception du prototype HELLAZ 2, étape suivant HELLAZ 1 a débuté. Ce sera une TPC d'environ 2 m de longueur de dérive (pour étudier l'absorption des électrons) et de surface de détection environ 1 m^2 (pour étudier les problèmes de rapidité des grandes chambres).

Les composants seront déjà sélectionnés pour leur radio-pureté, mais HELLAZ 2 sera le meilleur sélecteur de matériaux pour le prototype suivant. La proposition est en cours d'écriture.

Le programme HELLAZ représente une activité majeure du Laboratoire. Il a fait l'objet de discussions avec des théoriciens (*G. Fiorentini*, INFN et *S. Petcov*, SISSA) et de nombreux contacts sont établis avec nos collaborateurs américains et italiens.

Il implique au Laboratoire les physiciens suivants : *A. de Bellefon*, *J. Dolbeau*, *S. Ferron*, *N. Gagliardi*, *P. Gorodetzky*, *T. Patzak*, *J. Schneps*, *J. Séguinot*, *R. Sené*, *C. Tao*, *G. Tristram* et *T. Ypsilantis*.



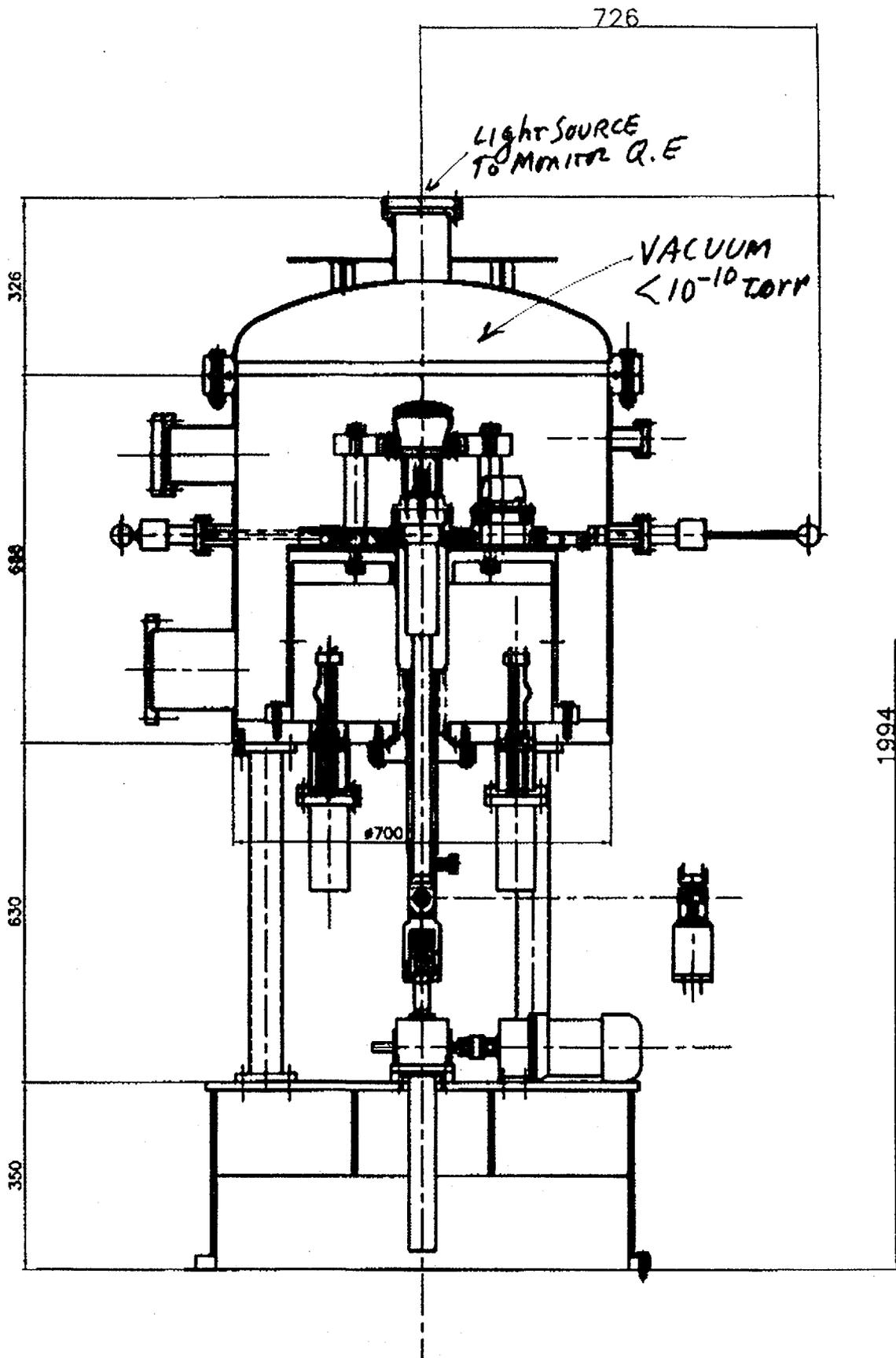
FR9810215

6 Instrumentation¹

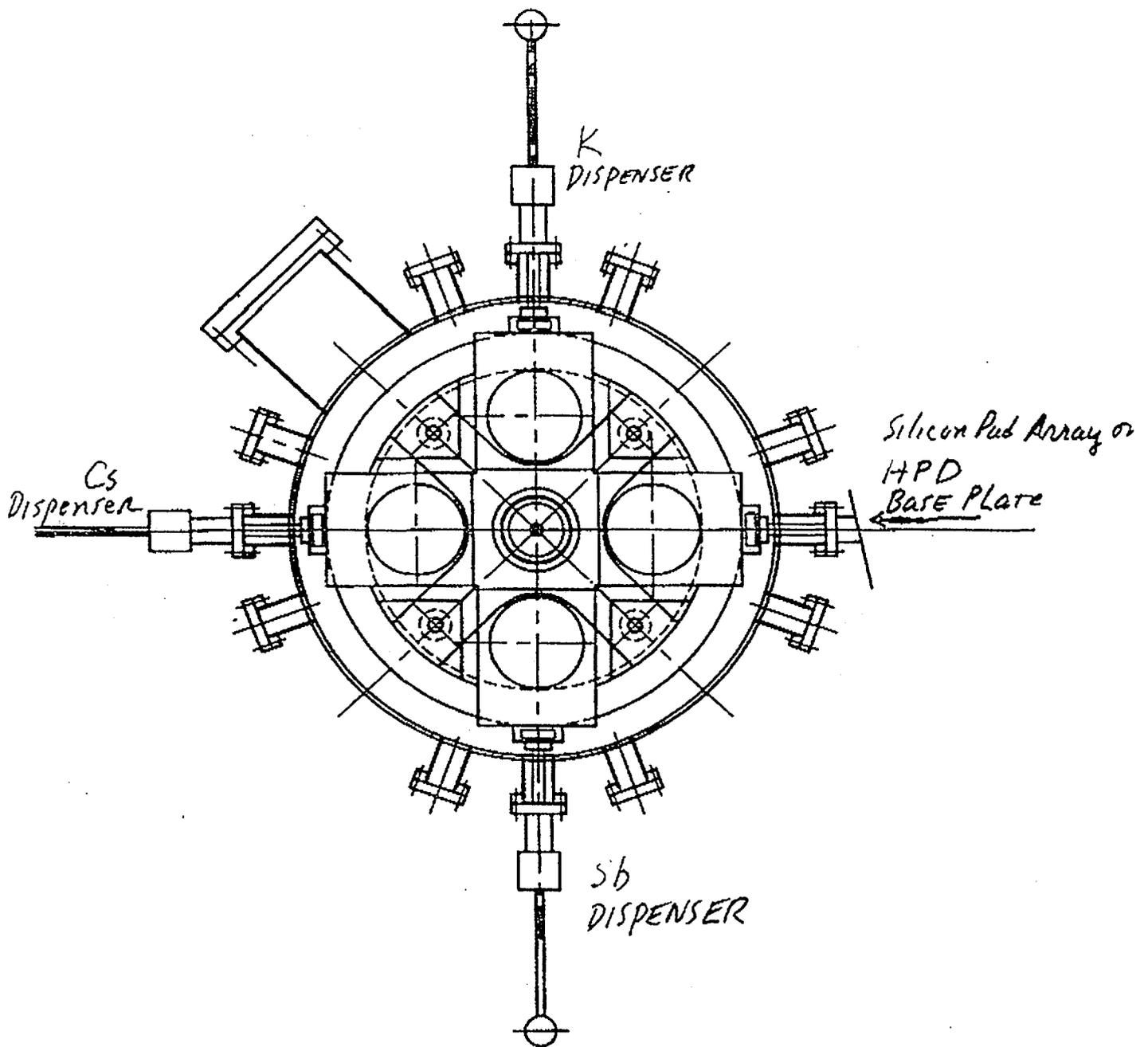
6.1 Le détecteur à photons HPD

Le Détecteur Hybride de Photons (HPD) est maintenant en production dans le cadre des essais de la collaboration LHC-B (Cf. section 6.2, p. 13). Ces détecteurs très rapides et sensibles (95 % d'efficacité et précision en temps de 1 ns pour un électron unique) pourront être utilisés dans beaucoup d'autres applications : expérience d'oscillation sur longue distance (Cf. section 6.3, p. 13), et peut-être Hellaz (Cf. section 5, p. 10).

¹. Ces développements ne s'inscrivent pas directement parmi les programmes du Laboratoire, et sont faits dans le cadre des recherches personnelles de *J. Séguinot* et *T. Ypsilantis*.

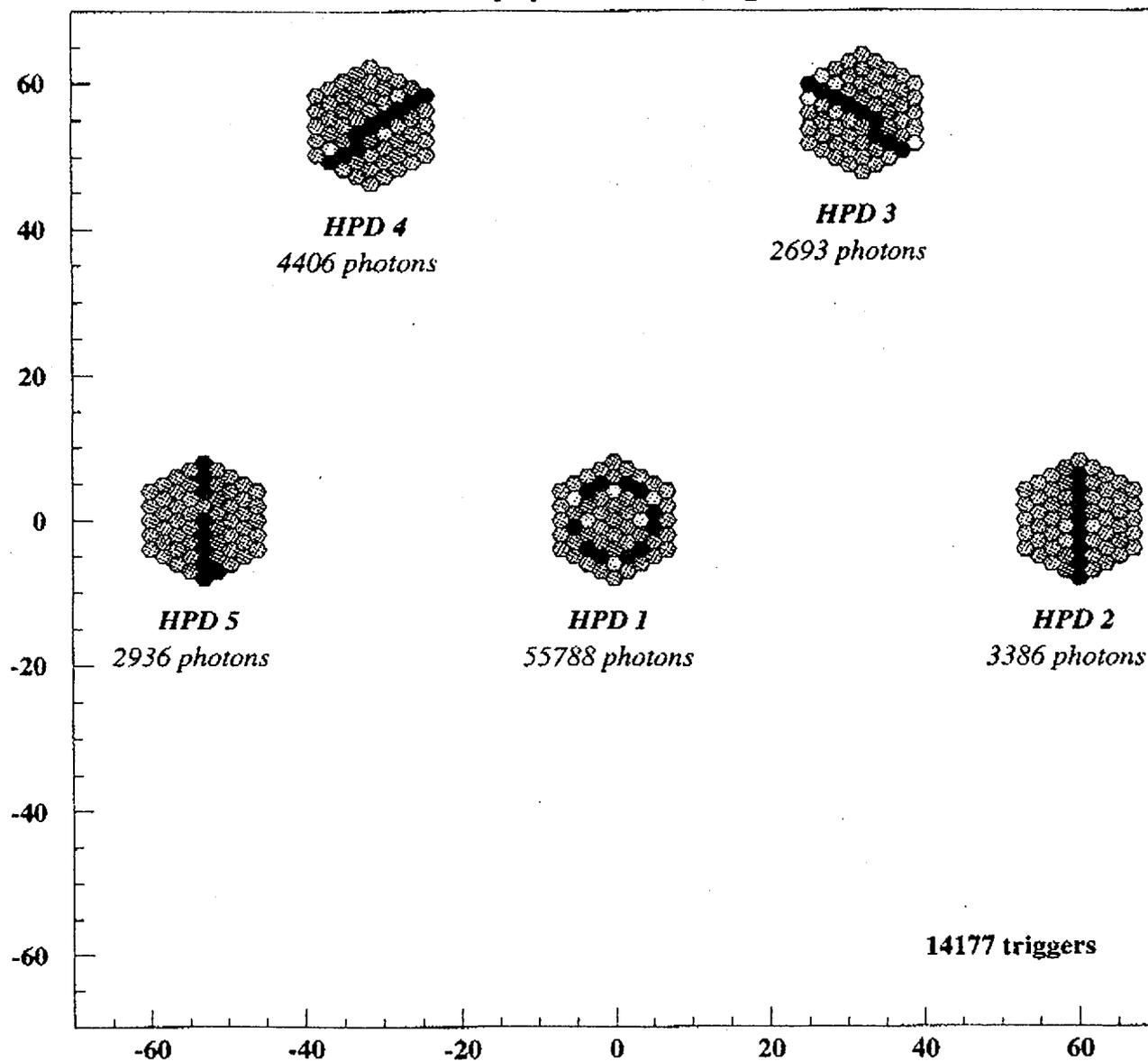


Dispositif pour fabrication photocathode HPD
Plan LHC-B

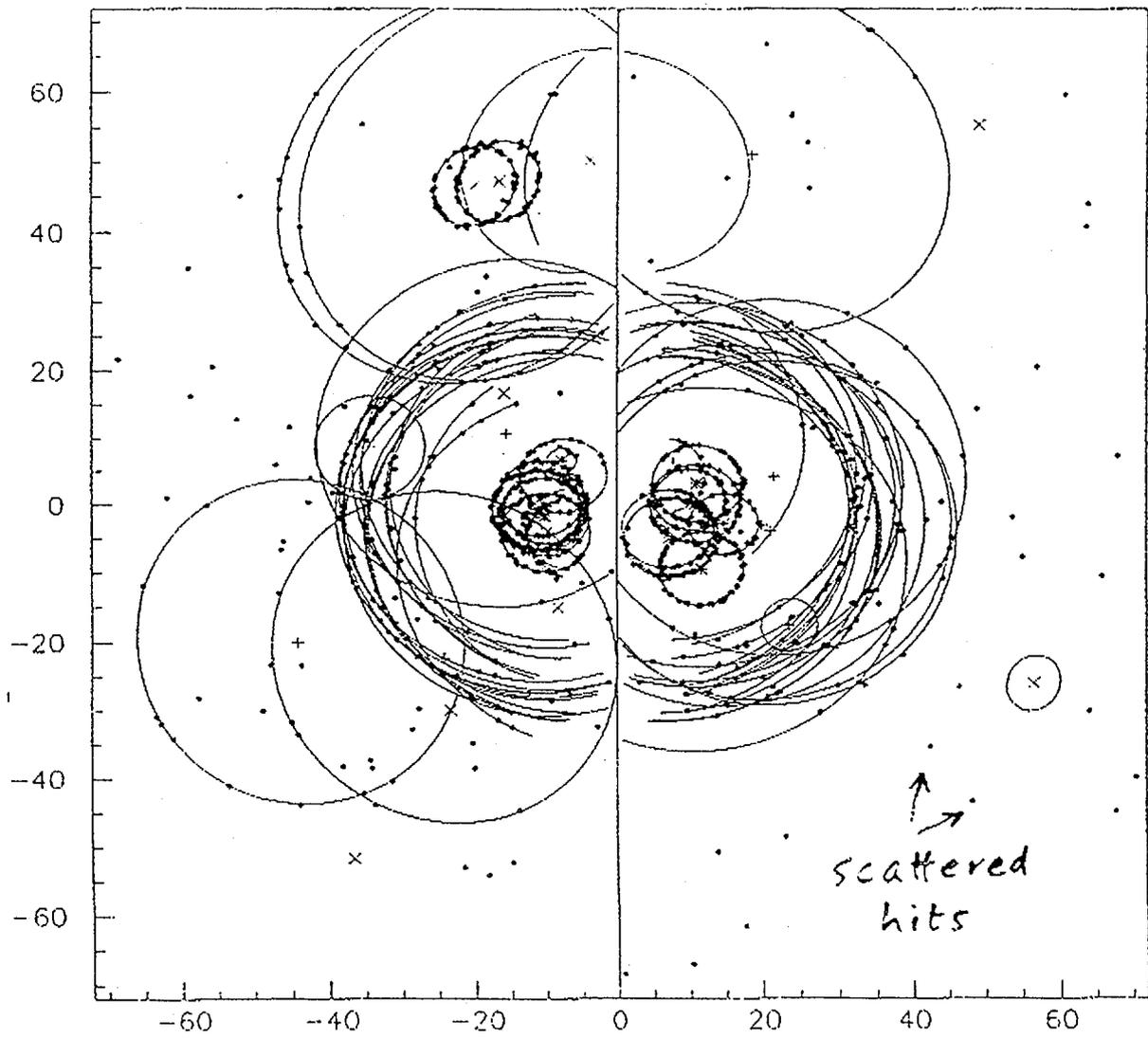


Dispositif pour fabrication photocathode HPD
Plan LHC-B (vue de dessus)

Event Display of Run 380. (4 sigma cut)



KEK Aérogel
Verre traité au silicate de brome



Quelques événements avec aérogel ajouté dans RICH 1

Le modèle mis en chantier pour LHC-B consiste en 2048 damiers de $1 \times 1 \text{ mm}^2$ sur des tranches de Si de $\varnothing 50 \text{ mm}$, logées dans des ampoules cylindriques de verre de $\varnothing 127 \text{ mm}$ munies de fenêtres de silice, et contenant les électrodes de focalisation. Ces modèles sont livrables en juin 97. Les circuits électroniques sur céramique de lecture des 16 puces VA3 (128 voies par puces) a été conçu, réalisé et testé. La plaque de base en inox munie de 40 trous à vide est conçue et livrable prochainement. Les premiers essais de production de photocathodes bialcalines en lumière visible, en vide poussé scellé pourraient avoir lieu dans le 2^{ème} semestre 97.

Des discussions sont en cours avec Hamamatsu, Matsusada, Philips et DEP pour la production de ces HPD.

6.2 L'expérience LHC-B au CERN

Nous avons modifié le dessin du compteur RICH2 (couvrant les angles polaires de 12 à 120 mrad), en tournant le miroir de 120 mrad pour dégager l'ouverture du spectromètre, accroissant ainsi la longueur de rayonnement dans le gaz d'un facteur 2. Ceci introduit quelques aberrations optiques mineures. Un deuxième miroir plan envoie l'image dans une région appropriée derrière le retour de champ magnétique, et donc bien abritée de la zone d'interaction du LHC. Ce dessin donnera environ 28 points pour une trace de $\beta = 1$, et une incertitude angulaire de 0,34 mrad par point. Pour couvrir toute l'image, il faudra 115 HPD du type décrit ci-dessus (Cf. section 6.1, p. 12).

La reconstruction de systèmes complexes d'anneaux a été récemment accomplie pour des événements typiques du RICH2 aval avec un radiateur à CF_4 discriminant les π des K entre 16 et 180 GeV/c. La simulation de 3068 traces a donné 19 identifications erronées, soit 0,6 %. Un bruit au hasard égal au signal (largement surestimé) donne une fraction d'erreurs de 3 %.

Une simulation a été faite de 1989 traces, avec le RICH amont, muni de C_4F_{10} , couvrant la région de 8 à 80 GeV/c, et d'aérogel à $n = 1,03$ couvrant la région de 2 à 20 GeV/c. Nous avons obtenu 39 fausses identifications π/K , soit 2 %, sans le compteur à aérogel. En incluant le compteur à aérogel, on en obtient 6 % en raison du grand nombre de points, et par suite d'ambiguïtés de reconstruction, ainsi que du bruit de fond Rayleigh dans l'aérogel.

Les tests sur faisceau de l'aérogel ont été continués au 2^{ème} semestre 96 avec un ensemble de 114 PM de $\varnothing 25 \text{ mm}$. Nous trouvons, pour un radiateur d'aérogel de 5 cm, 20 photons par anneau et 4 photons de bruit dû à la diffusion Rayleigh. Ceci confirme nos attentes pour l'aérogel, et montre qu'il peut être utilisé en mode image – et non pas seuil – pour discriminer entre π et K jusqu'à 20 GeV/c. Récemment, un groupe britannique de la collaboration LHC-B a étudié finement les anneaux d'aérogel avec des HPD commerciaux, avec des conclusions qui confirment nos travaux.

6.3 L'expérience RICH à longue base

Cette expérience, destinée à détecter les oscillations de neutrinos entre le CERN et le Laboratoire souterrain du Gran Sasso, a fait l'objet d'élaborations successives par le

groupe. Le projet présenté en février 96 se plaçait en dehors du tunnel. A la demande du comité de programme du Laboratoire National du Gran Sasso, une nouvelle version, de 100 m de long et 18,6 m de diamètre (27 kt d'eau) a été dessinée, pour tenir à l'intérieur du tunnel.

Les HPD choisis ont 250 mm de diamètre, avec 85 damiers de $6 \times 6 \text{ mm}^2$, soit $24 \times 24 \text{ mm}^2$ à la surface de la photocathode. Chaque signal sera sorti individuellement par un passage scellé vers un ampli rapide et un VLSI avec un FADC à 3 MHz. Ceci donnera l'information rapide en temps et en position nécessaires pour déterminer la position et la direction de la trace. Il en faudrait environ 50 pour les tests en faisceau à partir de l'été 98, et 5000 pour le détecteur au Gran Sasso en 2001.

La surface des miroirs sera utilisée de façon uniforme à 5 %, pour y placer des HPD afin de fournir l'information rapide en temps et en position nécessaire pour déterminer la position et la direction de la trace.

Une analyse détaillée des événements RICH de neutrino dans l'eau a été faite. Les données et les algorithmes nécessaires pour reconstruire avec précision les angles Čerenkov ont été identifiés et testés. Des événements ont été engendrés avec toutes les erreurs, et les problèmes de reconnaissance de forme font l'objet de recherches. De premières estimations du coût du programme ont été faites, et le programme de tests mis au point.

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



FR9810216

7 Expérience DELPHI au LEP

Sur le collisionneur LEP au CERN, le Laboratoire participe à la collaboration DELPHI constituée de 550 physiciens provenant de 56 laboratoires européens, russes et américains. Après 6 ans de fonctionnement à l'énergie du Z^0 et une première montée en énergie, 135 GeV fin 1995, le début de l'année 1996 a permis d'étudier la production de paires de W au seuil à une énergie de 161 GeV. La mise en place de 28 nouvelles cavités supraconductrices durant l'été a permis d'atteindre une sensibilité de 10 pb^{-1} à 172 GeV au cours d'un mois de prises de données en automne. Après une nouvelle augmentation du nombre de cavités, les prises de données 1997 se feront à une énergie de 92 GeV par faisceau.

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

7.1 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*)

7.2 Recherche de nouvelles particules

Chaque apport de cavités permettant d'obtenir la plus grande énergie jamais atteinte par un collisionneur à électrons, le champ de recherches de nouvelles particules (Higgs, particules supersymétriques) est sans cesse renouvelé. Le modèle standard n'a toujours pas été mis en défaut, mais le travail intensif qui a été effectué sur la préparation des chaînes d'analyse permet maintenant d'obtenir les premiers résultats quelques semaines après la prise des données.

(*A. Djannati-Ataï, J. Dolbeau*)

7.3 Les performances des détecteurs

Le nouveau détecteur de vertex au silicium installé au printemps 1996 a fonctionné correctement toute l'année. 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, après quelques problèmes de mise en route, a parfaitement rempli son rôle. L'étude de ces difficultés a conduit au développement de nouveaux circuits électroniques et à un nouveau système d'assemblage. Après démontage fin 1996, le détecteur, complété de sa deuxième couche de pixels été remis en place et sera opérationnel dès le début des prises de données 1997. 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. Boutonnet, B. Courty, G. Desplancques, L. Guglielmi, A. Guimard, J.-J. Jaeger, P. Tardy, G. Tristram, J.-P. Turlot, J. Vergne, J.-P. Villain, J. Waisbard*)

L'étude pour l'amélioration du système de contrôle des paramètres de fonctionnement de la TPC, principal détecteur de traces chargées de DELPHI, (remplacement du processeur d'acquisition MC6809 et du système d'exploitation par un processeur MC68340 et le système OS9), se poursuit.

(*C. Boutonnet, J. Dolbeau, 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*)

7.4 Fonctionnement général de DELPHI

S. Lantz et C. Poutot ont assuré l'installation, la production et la gestion des simula-



tions 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. Levaiant a assuré la diffusion de la documentation DELPHI au sein du Laboratoire.

Le groupe DELPHI du Laboratoire a impliqué comme physiciens: *P. Beillièrre, J.-M. Brunet, C. Defoix, A. Djannati-Ataï, J. Dolbeau, P. Lutz et G. Tristram.*

8 Recherche du plasma de Quark-Gluons (QGP)

Le spectromètre Oméga a été utilisé pour des expériences sur les collisions relativistes d'ions lourds de 1987 (expérience WA85) à 1996 (expérience WA97). L'expérience WA97 (plomb-plomb à 167 GeV/c par nucléon) a pu recueillir des données pendant 3 périodes (1994, 1995, 1996). Environ 300 millions de triggers ont été enregistrés.

Pour la recherche du plasma de quarks et gluons, nous avons analysé les particules étranges, et les données de 1995 ont fourni les résultats suivants :

Types de particules	Rapport des taux de production
$\bar{\Omega}/\Omega$	$0,54 \pm 0,13$
$(\Omega + \bar{\Omega})/(\Xi + \bar{\Xi})$	$0,16 \pm 0,1$

Le rapport antiétranges/étranges pour être la signature de la présence d'un plasma de quarks et de gluons devrait atteindre une valeur de l'ordre de 1. L'expérience WA85 avait obtenu des valeurs autour de 0,3 en interaction soufre-tungstène à 200 GeV/nucléon. Ces expériences du Hall Ouest ainsi que celle du Hall Nord – la suppression du J/ψ dans NA50 – donnent des résultats en faveur de la présence du QGP. Cependant elles ne le démontrent pas formellement même avec le faisceau de plomb à 160 GeV/nucléon.

Nous avons pris en charge le programme d'acquisition de données des chambres et mis en place le système de surveillance en ligne. Actuellement nous participons à l'analyse des triggers, mais la mise au point de la chaîne des programmes a pris du retard en raison du décès du responsable. La collaboration pense pouvoir présenter des résultats définitifs en 1998.

Le grand apport de l'expérience est le fait que, parmi 600 particules, on a réussi à mesurer quelques traces émises à grand moment transverse et à reconstruire des particules étranges.

Cette reconstruction fine est possible grâce aux plans de pixels successifs. Cependant l'apport du Laboratoire, à savoir les chambres à damiers (*A. Diaczek, M. Pairat*), est essentiel pour parfaire la reconstruction et améliorer les erreurs. La dernière, construite en 1996, a été financée sur les crédits de fonctionnement du Laboratoire.

Tant pour le faisceau de protons que pour celui d'ions Pb, le Laboratoire a également fourni l'ensemble des cibles et des compteurs de faisceau, en particulier les compteurs ultra-minces pour les ions Pb (Čerenkov à la silice).



Cette expérience se continuera en une autre configuration dans le hall Nord et elle servira en plus aux tests pour les expériences LHC.

Le Laboratoire a assuré une présence continue en 1996 pour assurer la prise de données aussi bien en proton qu'en ions.

Le groupe de physiciens qui a mené à bien ces expériences est : *M. Sené, R. Sené, A. Volte*, avec la participation majeure de *S. Szafran* pour les systèmes informatiques.

9 R & D sur des détecteurs pour la matière noire

9.1 Détection bolométrique de matière noire, expérience EDELWEISS

Dans le cadre général de la recherche de matière noire dans l'univers, nous avons été, au Laboratoire, initiateurs de recherche et développements en vue de la détection directe de particules qui pourraient constituer une partie importante de cette matière sous une forme exotique.

Ces études se sont concrétisées au sein de la collaboration EDELWEISS qui regroupe des laboratoires du CNRS (INSU, IN2P3) et du CEA (DSM/DAPNIA, DSM/DRECAM). Notre équipe a réalisé l'installation de l'expérience au L.S.M. 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. Depuis 1996 nous avons publié nos premiers résultats dans la revue *Astroparticle Physics*.

Cela étant l'équipe du Laboratoire a dû se désengager pour regrouper les forces du Laboratoire sur les axes principaux définis.

Ce désengagement s'est effectué progressivement et l'un d'entre nous (*D. Broszkiewicz*) a poursuivi avec l'équipe du CEA des études liées à la mise en fonctionnement d'un cryostat à dilution à 10 mK.

D'autre part nous avons gardé des liens étroits avec le LSM et la communauté des physiciens et techniciens concernés par ce type d'expérience en site protégé des rayons cosmiques.

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

9.2 Détection de matière noire par cristaux scintillants

L'expérience BPRS (Beijing, Paris, Rome, Saclay) de recherche des WIMPSs s'est officiellement arrêtée en 1996 après la signature d'un accord entre l'INFN et le DAPNIA. Le groupe de Rome continue au Gran Sasso avec les 120 kg de cristaux scintillants et les Français reçoivent à Modane 2 cristaux payés par l'INFN à Crismatec.



Nous avons mesuré les 2 cristaux qui sont de qualité équivalente à ceux livrés au Gran Sasso. Les analyses avec PSD (Discrimination sur la forme du signal) montrent l'existence d'une troisième population non clairement identifiée, ne consistant pas de neutrons. La recherche des WIMPs avec les cristaux scintillants est limitée par cette troisième population.

L'équipe de Saclay des cristaux scintillants a rejoint la collaboration Edelweiss (Cf. section 9.1, p. 17) tout en continuant pour le moment une analyse sur les cristaux scintillants. Le Laboratoire a décidé d'interrompre cette voie de recherche sur le plan expérimental.

En phénoménologie, nous gardons cependant un intérêt dans le cadre du GDR SUSY. (*G. Bordes, P. Beillière, P. Espigat et C. Tao*)

C. Tao a un rôle de coanimatrice du groupe « stratégie » et un rôle d'experte dans la recherche du LSP (Lightest Supersymmetric Particle).

9.3 R & D sur les détecteurs à très basses températures

Le Laboratoire n'a plus poursuivi cette année qu'une partie de ces recherches, celle sur les jonctions tunnels. Le cryostat Orange a été utilisé cette année en collaboration avec J.-P. Maneval (ENS) et l'IPN de Lyon pour faire fonctionner et caractériser à très basse température (20 mK) des jonctions tunnels réalisées à l'ENS.

Ce programme de travail s'est achevé en juin 1996 en ce qui concerne la physique au Laboratoire, et est poursuivi par l'équipe de l'IPN de Lyon à laquelle nous avons remis l'ensemble cryogénique.

Le transfert a été effectué en octobre et les premières mises à froid ont eu lieu en décembre avec notre collaboration.

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

10 Théorie

10.1 Structure des particules

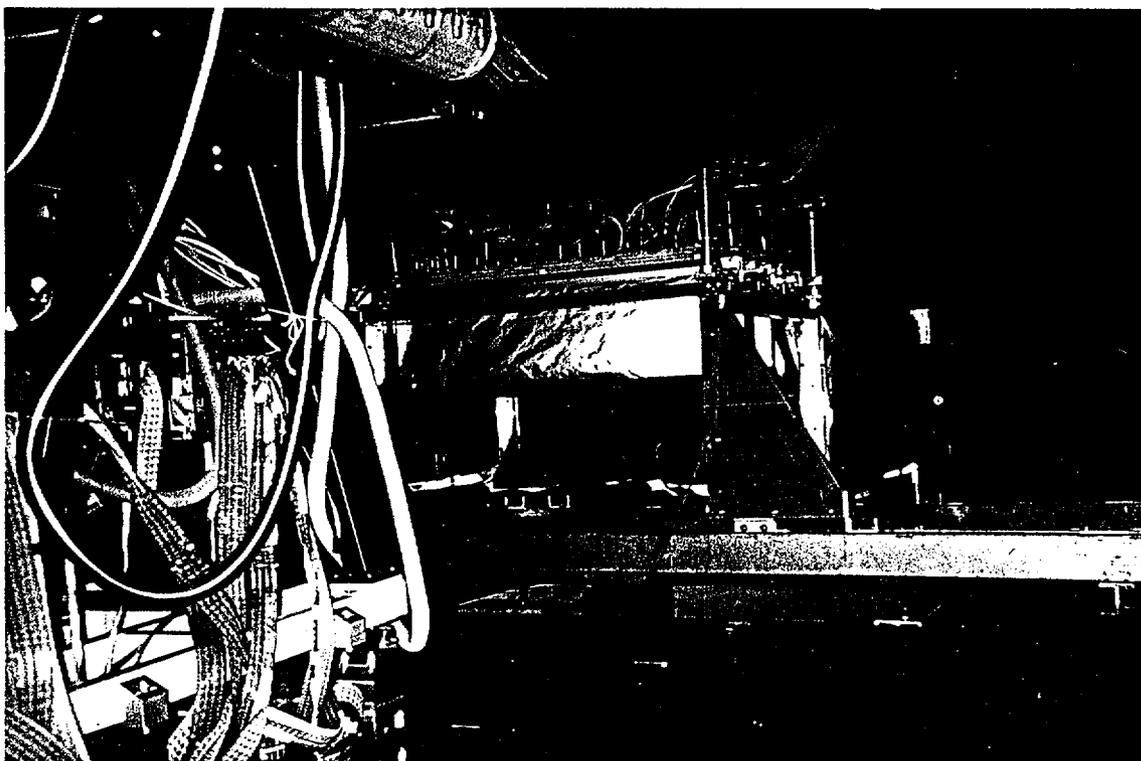
10.1.1 Structure du proton

N. Arteaga-Romero, C. Carimalo, S. Ong sont en voie d'achever une étude de la photoproduction exclusive d'un méson ϕ sur proton en tant que moyen d'investigation de la structure du proton

10.1.2 Collisions photon-photon

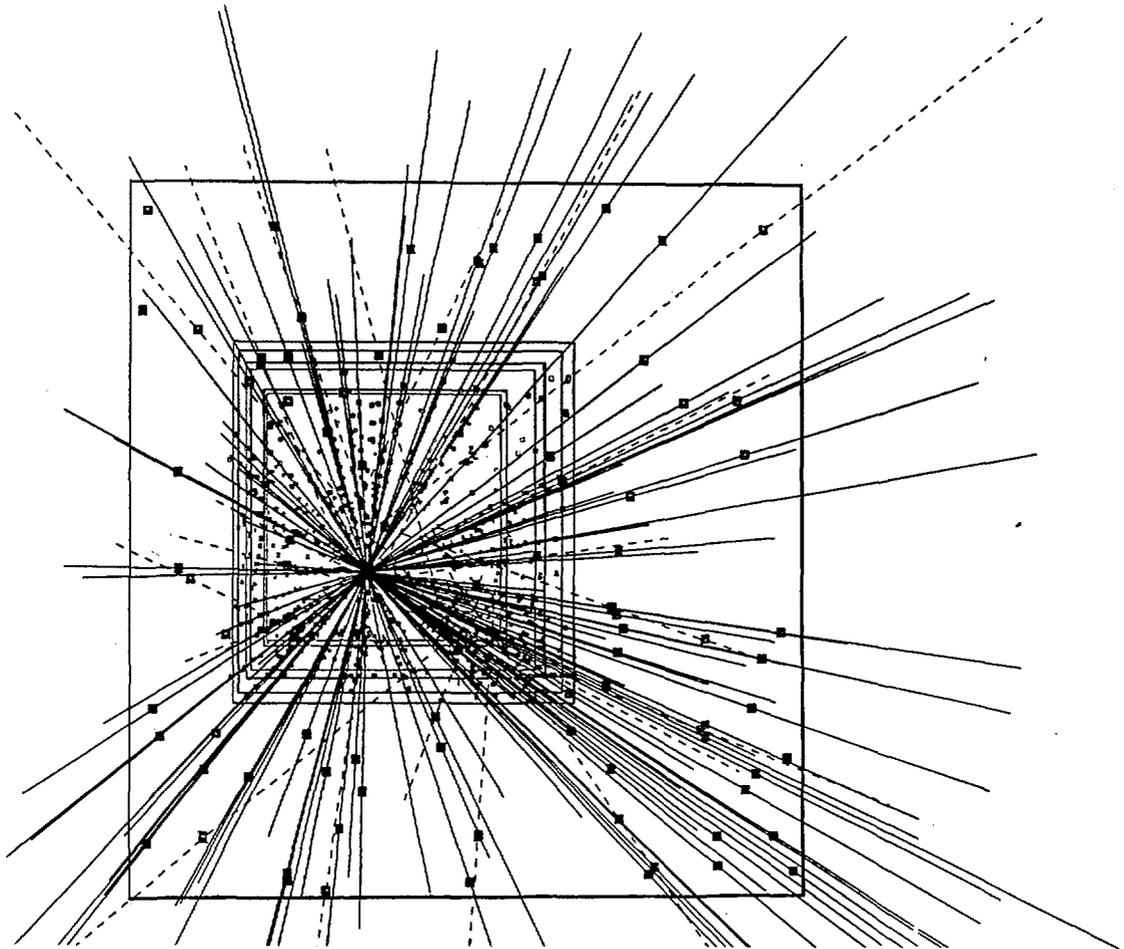
Le groupe du Laboratoire a dans ce domaine une très longue expérience et une compétence reconnue. Il s'intéresse tout naturellement aux développements de cette physique, notamment auprès de DAPHNE et LEP200.

Il a collaboré avec d'autres physiciens, au Laboratoire (*J. Maillard et J. Silva*), au LPNHE (Paris VI) et au LAL (Orsay) à l'étude de générateurs d'événements photon-photon.



Chambres à damiers
expérience WA97

153 tracks through the Si Pixel Telescope



Expérience WA97

10.1.3 Physique des leptons excités

J. Parisi, avec les autres membres du groupe, participe au réseau européen « The Structure of Matter » financé par le programme européen « Capital Humain et Mobilité », avec des physiciens de Clermont-Ferrand, Lulea (Suède), Salonique (Grèce), Turin (Italie), Cagliari (Italie), dont certains sont passés par le Laboratoire.

- ▷ Dans le cadre de ce réseau, ils ont étudié la neutrino-production de neutrinos ou de muons excités, via des processus du type $\nu + \text{Noyau} \rightarrow \nu^* + X$, à partir de neutrinos de très haute énergie (de l'ordre de 10 TeV) issus de noyaux galactiques actifs (AGN).
- ▷ Dans ce même contexte, le réseau examine la possibilité de production de leptons excités dans des collisions d'ions lourds à très haute énergie.
- ▷ En collaboration avec O. Panella, Y.-N. Srivastava (Pérouse) et A. Widom (Boston), *C. Carimalo* a étudié la contribution d'un neutrino de Majorana lourd à la double désintégration β sans neutrino.
- ▷ En collaboration avec A. Nicolaïdis (Salonique) et S. Fredriksson (Lulea), *J. Parisi* étudie la production de paires de muons de très haute énergie dans les rayons cosmiques.

10.1.4 Etude des étoiles à neutrons

En collaboration avec S. Fredriksson (Lulea), *J. Parisi* utilise le modèle des diquarks pour l'étude des étoiles à neutrons.

Les physiciens suivants ont, dans l'année, participé aux travaux de ce groupe au Laboratoire : *N. Arteaga-Romero*, *C. Carimalo*, *A. Ichola*, *P. Kessler*, *S. Ong* et *J. Parisi*.

10.2 QCD et physique du quark top

Au cours de l'année 96-97, une partie du temps a été consacrée à tenter de résoudre, pour la production semi faible d'un quark top aux collisionneurs hadroniques, le désaccord numérique entre le résultat de notre calcul dans le schéma de soustraction « deep inelastic » DIS et un calcul simplifié utilisant un schéma proche du schéma \overline{MS} .

Le calcul a donc été refait dans le schéma \overline{MS} , ce qui a en effet confirmé le désaccord.

Une discussion avec J. Stirling, membre de l'une des collaborations (MRS) qui construisent les fonctions de distribution, a confirmé que les difficultés proviennent de la définition des fonctions de distribution pour les quarks lourds : l'une d'elles concerne la prise en compte des effets de seuil.

Très récemment Willenbrock et collaborateurs se sont aussi attaqués à ce problème : refaisant le calcul dans les deux schémas ils ont observé le même désaccord et concluent qu'en fait les fonctions de distribution pour les quarks lourds (CTEQ) nominalement présentées dans le schéma DIS ne satisfont pas à cette définition.

Par ailleurs dans le cadre du GDR SUSY, l'extension à la supersymétrie du générateur d'événements Eurojet a été entreprise. Cette extension existe pour Isajet et Pythia ;

cependant il paraît utile d'une part de construire une entrée à la supersymétrie qui permette de s'affranchir au besoin des simplifications, par exemple, des modèles inspirés de la supergravité, d'autre part de poser la question de l'inclusion de la violation de la R-parité, dont il existe une indication expérimentale. Cette possibilité, pour le cas d'une violation explicite de la R-parité, est en cours d'introduction.

G. Bordes poursuit ces travaux dans le cadre de collaborations internationales.

11 Calcul Parallèle



FR9810220

11.1 Activités de recherche

Le groupe développe un programme de recherche fondé sur la simulation numérique Monte-Carlo et touchant divers problèmes fondamentaux ou appliqués et reliés à la physique nucléaire ou corpusculaire.

Il a dû développer ou améliorer, pour les applications utilisant le code GEANT, les parties simulant les phénomènes physiques de basse énergie: rayonnement, transport, interaction.

Incinération des actinides au moyen d'accélérateurs L'étude de processus est faite par simulation avec le logiciel GEANT. Ceci se fait dans le cadre d'un contrat avec EDF et une thèse doit être soutenue au cours de l'été 1997.

Le groupe développe, sur la base de ce qui avait été mis au point pour les détecteurs de neutrinos du Bugey, un programme de suivi des neutrons pour les basses énergies, jusqu'au domaine thermique. Ce programme est couplé à GEANT et permet donc de faire en une seule passe la simulation du cœur d'un réacteur hybride recevant une bouffée de protons.

Une participation du groupe à l'audition parlementaire du 21 novembre 1996 concernant le projet de réacteur hybride proposé par le Professeur Carlo Rubbia a fait suite au prolongement pour 1996 du contrat avec EDF en vue de la simulation avec GEANT de ce projet de réacteur.

Simulation pour des applications en médecine nucléaire Ce travail se fait en collaboration avec le CHU Saint Antoine (département de Biophysique). Il concerne la mise au point de sondes, l'évaluation des performances des caméras à gammas (collimateurs, épaisseur du cristal) et les méthodes de calcul dosimétrique. Ces derniers calculs se prêtent à une approche par parallélisation géométrique particulièrement adaptée aux machines parallèles du type TN310.

Simulation de la canalisation des électrons par un cristal Cette activité s'est effectuée d'une part dans le cadre d'un Programme International de Collaboration Scientifique (PICS), impliquant l'IPN (Lyon), Novossibirsk et le LAL (Orsay), et d'autre part par un contrat de collaboration internationale avec l'Institut des techniques physiques de Kharkov (KFTI), portant aussi sur la simulation de la propagation des particules chargées dans les solides.

Simulation de l'effet faisceau-faisceau dans les collisionneurs Ceci fait l'objet d'un contrat INTAS avec l'Union Européenne, intégrant Novossibirsk, DESY et l'Université d'Amsterdam. *A. Jejcic* est le coordinateur de la collaboration.

Radioactivité naturelle et artificielle de l'environnement *J. Silva* a été invité par l'Université de Salonique dans le cadre d'un contrat TMR pour simuler avec GEANT des détecteurs en germanium conçus dans ce but.

11.2 Moyens mis en œuvre par le groupe

Le groupe dispose de 2 T_Nodes, une machine TN310 GPMIMD et de plusieurs PC reliés entre eux par le réseau Ethernet, sur lesquels sont installés les logiciels standard (PVM, GEANT...).

Les machines ont été acquises grâce à divers contrats avec l'EDF, l'Union Européenne, la DRET et des crédits propres de l'IN2P3 et du Collège de France. Les frais de maintenance sont supportés par les crédits de fonctionnement IN2P3 du Laboratoire.

Les physiciens du groupe dans l'année ont été : *A. Jejcic, J. Maillard, G. Maurel, J. Silva* et *F. Wolff-Bacha* (Boursière EDF)

12 Activités en 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.

12.1 Evolution des infrastructures

12.1.1 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.

12.1.2 Les matériels et leurs systèmes d'exploitation

Sont actuellement connectés au réseau local Ethernet :

- Les restes d'un *cluster* général VAX/VMS maintenant abandonné, le contrat, très onéreux, ayant été résilié en 1996, et la VAX principale du cluster étant tombée en panne. Le transfert de la CAO mécanique sur des stations de travail UNIX est largement entamé et sera terminé avant la rentrée 1997.

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

- Deux ALPHA/OSF1, une HP-9000/780/UNIX et une HP-9000/715/UNIX puissants et modernes, assurent les services généraux (service aux terminaux X, 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).

- 2 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 imprimantes laser directement connectées au réseau Ethernet.

- des serveurs d'impression spécialisés permettant l'accès aux imprimantes non directement connectées.

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

- les calculateurs parallèles du groupe de calcul parallèle (Cf. section 11, p.20) et leurs annexes.

12.1.3 La politique d'équipement et les réalisations cette année

En raison d'un déménagement du laboratoire dans d'autres locaux du CdF, et pour être compatible avec le câblage en « paires twistées » des nouveaux locaux, une partie du réseau (Rez de Chaussée) a été recâblée en paires twistées.

L'ensemble du 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).

La reconversion vers UNIX des logiciels utilisés sous VMS, et la formation rapide des utilisateurs est maintenant chose faite.

Le domaine de l'acquisition de données prenant de plus en plus d'importance, nous avons acquis cette année une chaîne de développement croisé (FasTrak) pour microprocesseurs PowerPC sous OS9, utilisé pour plusieurs expériences au laboratoire (Chooz, Auger, Hellaz).

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.

Le laboratoire apporte un soutien important à l'installation au Collège de France d'un serveur Web, temporairement accueilli sur le serveur du Laboratoire.

12.2 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 liens entre les informaticiens ont été renforcés avec la création d'un véritable service informatique en début de l'année 1997. Cette nouvelle organisation facilitera le maintien des outils généraux et permettra de consacrer davantage d'efforts au développement d'applications originales d'usage commun.

C'est en particulier le cas dans le domaine de l'acquisition de données, où de nombreux développements, regroupant plusieurs informaticiens et physiciens, sont en cours pour les expériences dans lesquelles le laboratoire est engagé.

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, Temps Réel, C, X11, réseaux, ...).

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

13 Activités en électronique

Récemment restructuré en service, le groupe d'électronique contribue de façon très étroite aux diverses expériences du Laboratoire selon les besoins. Des petites équipes, ou des individualités, apportent leurs contributions à la plupart des activités.

Globalement, hélas, le nombre d'électroniciens diminue. Certains postes font défaut, certaines compétences vont être perdues si aucun recrutement n'a lieu à un niveau convenable, ceci avant que les agents concernés ne partent en retraite. Le manque de jeunes formés aux nouvelles techniques et technologies, apportant le souffle des enseignements récents des écoles d'ingénieurs est à présent dramatique. La présence momentanée d'un jeune ingénieur en CDD nous fait bien sentir ce manque, et apprécier ce que pourrait être ce groupe avec seulement deux jeunes embauchés.

13.1 Réalisations récentes ou en cours

DELPHI – VFT : (Cf. section 7, p.14)

Montage, installation et mise au point sur site de la totalité du détecteur VFT dans le puits de Delphi (1,2 millions de pixels). Test du système d'acquisition

Neutrinos à Chooz : (Cf. section 4, p.8)

Fabrication de 6 cartes Fastbus comportant 8 voies de « flash ADC » pour la digitisation des signaux à 200 MHz, en collaboration avec la société CAEN (valorisation).

Mise au point des 6 cartes et équipement sur site.

Installation de la régulation et du contrôle des fluides

Astro-particules : (Cf. section 2.1, p. 3)

Motorisation d'un porte-filtres pour le T55 du Pic du Midi

Ecriture et mise au point d'un pilote pour une caméra CCD

Hellaz : (Cf. section 5, p. 10)

Etude comparative de deux préamplificateurs intégrés pour la chambre HELLAZ 1.

Installation de 200 voies de préamplificateurs sur la chambre actuelle; R&D sur l'électronique de lecture de chambres type MGWC (en collaboration avec l'IREs de Strasbourg)

Auger : (Cf. section 2.2, p. 4)

Etude et réalisation d'une carte d'acquisition et de dialogue à base de micro-contrôleur Power PC, pour le contrôleur de station locale (3 200 exemplaires envisagés).

Etude, en collaboration avec l'ENST, et dans le cadre d'un stage de fin d'études, du système de communication entre stations

13.2 Activités d'intérêt général

Un AI électronicien/informaticien, (par ailleurs également « assistant micro »), assure pour l'ensemble du Laboratoire :

- le fonctionnement et l'assistance logicielle des 7 postes d'IAO/CAO électronique : implantation de circuits imprimés, simulation logique et analogique, PIC designer, Artist, etc.

- la mise à jour de leurs logiciels.

Un électronicien assure 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, F. Roger, S. Selmane, P. Tardy, J.-P. Turlot, J. Vergne, J. Waisbard*, assistés de *J.-P. Villain* pour la CAO : ceci accuse une diminution de trois par rapport à l'année dernière (une mutation, un départ à la retraite et un décès).

14 Activités en Mécanique

Le groupe de Mécanique est une base essentielle de la construction des expériences du Laboratoire, et il contribue à ce titre à la plupart d'entre elles.

Themistocle – Cat – Celeste : (Cf. section 2.1, p. 3)

- ▷ Réalisation, tests et installation sur le site de Thémis d'un ensemble composé de deux héliostats jumelés pour l'étude des gammas cosmiques.

(C. Robert)

- ▷ * Réalisation d'un lidar pour l'étude de la transparence atmosphérique sur le site de Thémis.
- * Montage et réglage du faisceau laser.
- * Etude et réalisation des mouvements à commande électropneumatique des déplacements en coordonnées équatoriales.

(D. Marchand, J.-P. Rény)

AGAPE : (Cf. section 3, p. 5)

- ▷ Montage d'une caméra CCD sur le télescope de 55 cm du Pic du Midi.
- ▷ Réalisation d'un dispositif de changement de filtres, et de réglage en profondeur de champ à commande électropneumatique.
- ▷ Etude d'amélioration des déplacements du télescope T55 en coordonnées équatoriales.

(F. Lelong, D. Marchand)

Neutrinos à Chooz : (Cf. section 4, p. 8)

- ▷ Remplissage synchronisé des deux enceintes du détecteur en liquide scintillant.
- ▷ Vidange et remplissage partiel.
- ▷ Installation d'un système de prélèvements pour l'échantillonnage des liquides.
- ▷ Développement d'un système de contrôle par microcontrôleur.
- ▷ Suivi et contrôle technique des installations du détecteur.

(P. Guillouet, P. Salin)

Hellaz : (Cf. section 5, p. 10)

- ▷ Prototype Hellaz-1
 - * Etudes et réalisation d'anodes pour la chambre à fils du détecteur TPC.
 - * Etudes et réalisation d'une cage de dérive pour la TPC.
 - * Etudes d'un ensemble pour la réalisation d'un banc-test de mesures angulaires à compteurs au CsI.

(M. Pairat)

- * Développements et modifications du prototype, support de la TPC, modifications de l'enceinte à gaz.

(*A. Diaczek*)

▷ Prototype Hellaz-2

- * Développements, études et réalisation d'un HPD (Détecteur de Photons Hybride).

(*J.-P. Jobez*)

- * Réalisation et installation d'un château de protection à bas bruit de fond au Laboratoire Souterrain de Modane, pour la caractérisation des matériaux.

(*J.-P. Rény, B. Yoffo*)

Les mécaniciens du Laboratoire pendant l'année ont été: *P. Bonierbale, A. Diaczek, B. Didierjean, P. Guillouet, J.-P. Jobez, F. Lelong, M. Pairat, J.-P. Rény, C. Robert, P. Salin* et *B. Yoffo*

15 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 *P. Bareyre*, aidée par *P. Chavanon*) se fait un plaisir de citer :

Secrétariat administratif et scientifique :

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

Bibliothèque et Documentation :

J. Come-Garry, S. Lantz, D. Levailant, F. Ott.

Service intérieur :

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

Imprimerie et photo :

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

Sécurité: *O. Sokolsky*

16 Publications du Laboratoire

16.1 Physique des Cosmiques

16.1.1 Expériences sur le site de Thémis

LPC 97 16/Conf Present and foreseeable future ACTs (Atmospheric Čerenkov Techniques)

M. Punch

Présenté aux XXXII^{èmes} Rencontres de Moriond (Les Arcs), 18-25/1/197

LPC 97 14/Conf First Results from the CAT experiment*S. Le Bohec*Présenté aux XXXII^{èmes} Rencontres de Moriond (Les Arcs), 18-25/1/97**16.1.2 Projet Pierre Auger****LPC 96 49S** Etude d'une stratégie de trigger dans le cadre du projet Pierre Auger*C. Le Gall*Rapport de stage sous la direction de *J.-M. Brunet***16.1.3 Simulations****LPC 97 22** The new correlation $\langle P_t \rangle - \frac{dN}{dy}$ and the lateral spread of cosmic ray cascades.*J.-N. Capdevielle*Nuclear Physics (Proc. Suppl.) **52B** (1997) 146**16.2 Cosmologie Observationnelle****LPC 96 78** On the possibility to measure neutrino magnetic moment down to $10^{-11} \mu_B$ *I.R. Barabanov et al., (Y. Giraud-Héraud, C. Tao)*

Astroparticle Physics 5 (1996) 159-166

LPC 96 71/Conf AGAPE: Recherche de matière noire par effet de microlentille sur les étoiles non résolues du bulbe de la galaxie M31 d'Andromède*Y. Le Du*Présenté aux 3^{èmes} Journées Jeunes Chercheurs, Autrans, 15-19/12/96**LPC 96 45S** Identification et classement des étoiles variables des données EROS 91-92*L. Bensmina et F. Shindo*Rapport de stage sous la direction d'*A.-L. Melchior***LPC 96 36S** Détermination des taux d'explosion de supernovæ*J.-C. Hamilton*Rapport de stage sous la direction d'*A. Bouquet***LPC 96 33** AGAPE: a Search for Dark Matter Towards M31 by Microlensing Effects on Unresolved Stars*R. Ansari, et al., (A. Bouquet, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, J. Kaplan, Y. Le Du, A.-L. Melchior)*A paraître dans *Astronomy and Astrophysics*.**16.3 Physique des Neutrinos****LPC 97 T1** Utilisation des flash ADC de 200 MHz pour la reconstruction et l'analyse des données de bruit de fond dans l'expérience neutrino de Chooz*D. Véron*

Thèse de l'Université Claude-Bernard de Lyon, 25/3/97.

LPC 97 03S Expérience neutrino – Gestion des liquides.

C. Baert

Rapport de stage de licence (E.E.A.) sous la direction de *P. Salin*

LPC 96 34S Expérience neutrino – Gestion des liquides

C. Baert

Rapport de stage de DUT (G.E.I.I.) sous la direction de *P. Salin*

16.4 Hellaz

LPC 97 04S HELLAZ (DéTECTEUR de neutrinos solaires à basses énergies) Simulation pour le prototype HELLAZ1

Stéphane Ferron

Rapport de stage sous la direction d'*A. de Bellefon*

LPC 97 08/Conf Status Report on HELLAZ

Charling Tao

Présenté à Fourth international solar neutrino Conference, Heidelberg, Allemagne, 8-11/4/97

LPC 96 76 The Hellaz neutrino detector

T. Ypsilantis

Europhysics News **27** (1996) 97

LPC 96 70/Conf HELLAZ (DéTECTEUR de neutrinos solaires) – Étude du prototype HELLAZ1

N. Gagliardi

Présenté aux 3^{èmes} Journées Jeunes Chercheurs, Autrans, 15-19/12/96

LPC 96 43S Contrôle de l'enceinte à vide d'une TPC pour HELLAZ1

N. Gagliardi

Rapport de stage de DEA sous la direction d'*A. de Bellefon*

16.5 Expérience Delphi au CERN

Ont signé dans l'expérience Delphi les physiciens suivants du groupe: *P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P. Frenkiel et G. Tristram*

LPC 97 18 (CERN-PPE/97-55) Measurement of the spin density matrix for the $\rho^0, K^{*0}(892)$ and ϕ produced in Z^0 decays.

P. Abreu et al., DELPHI Coll.

Soumis à Phys. Lett. **B**

LPC 97 15 (CERN-PPE/97-51) Measurement of $B_d^0 - \bar{B}_d^0$ oscillations.

P. Abreu et al., DELPHI Coll.

Soumis à Zeit. f. Phys. **C**

- LPC 97 11 (CERN-PPE/97-45)** A study of the reaction $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma_{\text{ISR}}$ at LEP and search for new physics at annihilation energies near 80 GeV
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Soumis à Zeit. f. Phys. **C**
- LPC 97 10 (CERN-PPE/97-39)** Measurement of the multiplicity of gluons splitting to bottom quark pairs in hadronic Z^0 decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Soumis à Phys. Lett. **B**
- LPC 97 07 (CERN-PPE/97-30)** Measurement of correlations between pions from different W's in $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ events
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Physics Letters **B401** (1997) 181
- LPC 97 06 (CERN-PPE/97-34)** Measurement of the transverse spin correlation in $Z \rightarrow \tau^+\tau^-$ decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Soumis à Phys. Lett. **B**
- LPC 97 05 (CERN-PPE/97-27)** Rapidity correlations in Λ baryon and proton production in hadronic Z^0 decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
A soum. à Phys. Lett. **B**
- LPC 97 02 (CERN-PPE/97-09)** Measurement and interpretation of W-pair cross-section in e^+e^- interactions at 161 GeV
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B397** (1997) 158-170.
- LPC 96 66 (DELPHI 96-173 PHYS 662)** Multijets at LEP
P. Lutz
- LPC 96 65 (CERN-PPE/96-194)** Search for the B_c meson
DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B398** (1997) 207
- LPC 96 64 (CERN-PPE/96-195)** Search for neutral heavy leptons produced in Z decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C74** (1997) 57.
- LPC 96 63 (CERN-PPE/96-193)** Identified particles in quark and gluon jets
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B398** (1997) 207.
- LPC 96 62 (CERN-PPE/96-188)** Search for stable heavy charged particles in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 130, 136, 161$ and 172 GeV
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B396** (1997) 315

- LPC 96 61 (CERN-PPE/96-185)** A measurement of α_s from scaling violation in e^+e^- annihilation
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B398** (1997) 194
- LPC 96 55 (CERN-PPE/96-169)** Search for excited leptons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 161$ GeV
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Physics Letters **B393** (1997) 245
- LPC 96 54 (CERN-PPE/96-139)** A precise measurement of the B_d^0 meson lifetime using a new technique
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C74** (1997) 19
- LPC 96 52 (CERN-PPE/96-131)** An upper limit for $\text{Br}(Z^0 \rightarrow ggg)$ from symmetric 3-jet Z^0 hadronic decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B389** (1996) 405
- LPC 96 51 (CERN-PPE/96-130)** Measurement of event shape and inclusive distributions at $\sqrt{s} = 130$ and 136 GeV
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C73** (1997) 229
- LPC 96 50 (CERN-PPE/96-129)** Search for lepton flavour number violating Z^0 -decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C73** (1997) 243
- LPC 96 48 (CERN-PPE/96-119)** Search for pair production of heavy objects in 4-jet events at $\sqrt{s} = 130$ –136 GeV
W. Adam et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C73** (1996) 1
- LPC 96 47 (CERN-PPE/96-120)** Tuning and test of fragmentation models based on identified particles and precision event shape data
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C73** (1996) 11
- LPC 96 46/Conf (DELPHI 96-56 MVX 14)** Progress in the construction of the DELPHI pixel detector
K. H. Becks, et al., (*B. Courty, L. Guglielmi, J.-J. Jaeger, G. Tristram, J.-P. Turlot*)
Prés. au III International Workshop on Semi-Conductor pixel detectors for particles and X-Rays. 24-27/3/96, Bari, Italie.
- LPC 96 44 (CERN-PPE/96-110)** Search for neutralinos, scalar leptons and scalar quarks in e^+e^- interactions at $\sqrt{s} = 130$ GeV and 136 GeV
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B387** (1996) 651

- LPC 96 42 (CERN-PPE/96 67)** Study of rare b decays with the DELPHI detector at LEP
W. Adam et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C72** (1996) 207
- LPC 96 41 (DELPHI 96-62 PHYS 623)** Search for pair production of heavy objects in 4-jet events with the DELPHI detector at LEP
W. Adam, et al., (*A. Djannati-Atai*)
- LPC 96 40 (CERN-PPE/96-77)** Measurement of inclusive $K^{*0}(892)$, $\Phi(1020)$ and $K_2^{*0}(1430)$ production in hadronic Z decays
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C73** (1996) 61
- LPC 96 39 (CERN-PPE/96-76)** Search for a high mass $\gamma - \gamma$ resonance in $e^+e^- \rightarrow \ell^+\ell^-\gamma\gamma$, $\nu\bar{\nu}\gamma\gamma$ and $q\bar{q}\gamma\gamma$ at LEP 1
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Zeit. f. Phys. **C72** (1996) 179
- LPC 96 38 (CERN-PPE/96-75)** Search for the lightest chargino at $\sqrt{s} = 130$ and 136 GeV in DELPHI
P. Abreu et al., DELPHI Coll.
Phys. Lett. **B382** (1996) 323

16.6 Ions lourds relativistes

- LPC 97 09** Charged particle production in S-S collisions at 200 GeV/c per nucleon
S. Abatzis et al., WA94 Coll. (*M. Sené, R. Sené, A. Volte*)
Soumis à Phys. Lett. **B**
- LPC 96 77** Hyperon production in proton-tungsten interactions at 200 GeV/c
S. Abatzis et al., WA85 Coll. (*J. Kahane, P. Leruste, M. Sené, R. Sené, A. Volte*)
Phys. Lett. **B393** (1997) 210
- LPC 96 73** Study of charged particle production using Omega RICH in WA94 experiment
S. Abatzis et al., WA94 Coll. (*M. Sené, R. Sené, A. Volte*)
N.I.M. **A371** (1996) 22
- LPC 96 72** WA97 results on strangeness production in lead-lead collisions at 158 A GeV/c
E. Andersen et al., WA97 Coll. (*M. Sené, R. Sené, A. Volte*)
Nuclear Physics **A610** (1996) 165c
- LPC 96 59 (CERN-PPE/96-128)** Observation of vertex factorisation breaking in central pp interactions.
D. Barberis et al., WA91 Coll. (*M. Sené, R. Sené*)
Soumis à Phys. Lett. **B**.

LPC 96 58 (CERN-PPE/96-165) Hyperon production in proton-sulphur collisions at 200 GeV/c

S. Abatzis et al., The WA 94 Coll. (*J. Kahane, Ph. Leruste, M. Sené, R. Sené, A. Volte*)

Phys. Lett. **B400** (1997) 239

LPC 96 56 (CERN-PPE/96-36) Study of K_s^0 , Λ and $\bar{\Lambda}$ production in S-W collisions at 200 GeV/c per nucleon

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

Phys. Lett. **B376** (1996) 251

16.7 Recherche de matière noire

LPC 97 01 Hot electrons effect in a ^{23}Ge sample

J. Soudée, et al., (D. Broszkiewicz, Y. Giraud-Héraud)

Soumis à Journal of Low Temperature Physics

LPC 96 75 Dark matter search with a low-temperature sapphire bolometer

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

Astroparticle Physics **6** (1996) 35

LPC 96 74/Conf Dark matter from an experimental point of view

C. Tao

Présenté à New Worlds in Physics, Faro, Portugal, Septembre 1996

16.8 Théorie

LPC 96 60 Production of excited leptons by ultra high-energy neutrinos from active galactic nuclei

N. Arteaga-Romero, et al., (C. Carimalo, A. Ichola, S. Ong, J. Parisi)

LPC 96 57 Neutrinoless double beta decay with composite neutrinos

O. Panella, et al., (C. Carimalo)

Contribution au Joint Particle Physics Meeting d'Ouranopolis, Grèce, mai 1997.

LPC 96 53 INFNCA-TH 9620 Production of meson pairs, involving tensor and pseudotensor mesons, in photon-photon collisions

P. Kessler, J. Parisi et al.

A paraître dans Zeits. f. Phys. C

16.9 Calcul parallèle

LPC 97 13 (RT LAL 97/2) Positron sources using channeling: a comparison with conventional targets

X. Artru et al., (A. Jecic, J. Silva)

Soumis à Particle Accelerators

- LPC 97 12** Investigation of the Electron Channeling by Means of Induced Electronuclear Reactions
S. P. Fomin et al., (*A. Jecic, J. Maillard, J. Silva*)
N.I.M. **B129** (1997) 1
- LPC 96 82/Conf** Simulation of hybrid systems with a GEANT based program
F. Bacha, E. Jullien, J. Maillard, J. Silva
Présenté au Workshop « Nuclear Methods for Transmutation of Waste », Dubna, (Russie), Mai 1996
- LPC 96 81S** Simulation d'un réacteur hybride sur des machines parallèles
A. Goudou, F. Rondy
Rapport de stage sous la direction de J.Maillard
- LPC 96 80** Suppression effect of high energy electron radiation in a thin crystal
S. P. Fomin et al., (*A. Jecic, J. Maillard, J. Silva*)
N.I.M. **B119** (1996) 59
- LPC 96 79/conf** Monte Carlo simulation of hybrid systems: An example
F. Bacha et al., (A. Jecic, E. Jullien, J. Maillard, J. Silva)
International Conference on Accelerator Driven Transmutation Technologies Kalmar, Suède, Juin 1996.
- LPC 96 69** Effective positron source based on coherent radiation of relativistic electrons in crystal
V. P. Lapko, et al., (*A. Jecic, J. Maillard, J. Silva*)
N.I.M. **B115** (1996) 393
- LPC 96 68** Suppression effect of ultrarelativistic electron radiation in a thin layer of substance
S. P. Fomin, et al., (*A. Jecic, J. Maillard, J. Silva*)
N.I.M. **B115** (1996) 375
- LPC 96 67** Axial channeling of relativistic electrons in crystals as a source for positron production
X. Artru, et al., (*A. Jecic, J. Maillard, J. Silva*)
N.I.M. **B119** (1996) 246

16.10 Développements techniques et instrumentaux

- LPC 97 17** Performance of a 256-pad hybrid photon detector for ring imaging
E. Chesi et al., (*J.-P. Jobez, J. Séguinot, T. Ypsilantis*)
N.I.M. **A387** (1997) 122
- LPC 96 37S** Apprentissage du logiciel Labview et programmation virtuelle
L. Gravereau
Rapport de stage sous la direction de *R. Merzoug*

LPC 96 35S Interfaces graphiques – Compression de données*S. Réveillé*Rapport de stage de maîtrise d'informatique sous la direction de *J.-M. Brunet***LPC 96/Conf1** Tunable timing in the Omega3/LHC1 silicon pixel detector arrayE. H. M. Heijne et al., (*J.-J. Jaeger, J. Waisbard*)

IEEE 1996, Nuclear Symposium and Medical Imaging Conference, Los Angeles, USA, 3-9/11/96

LPC 96/Conf2 (CERN-PPE/96-202) Performance of Si pad sensors for a RICH detectorE. Chesi et al., (*J.-P. Jobez, J. Séguinot, T. Ypsilantis*)

Présenté au 6th International Workshop on B physics at hadron machines, Rome, Italie, 17-21/6/96

17 Ouverture du Laboratoire vers l'extérieur

17.1 Participation à des conférences

J.-N. Capdevielle:

- Conférencier invité à l'Ecole de Cosmologie de Cracovie (juillet 1996)
- Président du 15^{ème} Symposium Européen des rayons cosmiques (Perpignan, 25-30/8/96).
- Conférencier invité à la conférence de Catane (Sicile)

S. Le Bohec: « First Results from the CAT experiment », XXXII^{èmes} Rencontres de Moriond (Les Arcs).*M. Punch:*

- « Present and foreseeable future ACTs (Atmospheric Čerenkov Techniques) », XXXII^{èmes} Rencontres de Moriond (Les Arcs).
- « Latest Results from CAT », IIIrd Magic Workshop, Sitges (Espagne).

A. Bouquet: Intervention au colloque de l'Institut d'Astrophysique (juillet 1996).*Y. Giraud-Héraud:*

- Membre du Comité d'organisation de la session de janvier des Rencontres de Moriond, et éditeur des Comptes-rendus des sessions de janvier 1996 et 1997 (avec Tran Thanh Van).
- Intervention aux 3^{èmes} Rencontres sur les lentilles gravitationnelles (Notre-Dame, Indiana, USA)

J. Kaplan:

- Présentation de l'expérience AGAPE à l'Atelier sur « Microlensing, Dark Matter and Galactic Structure » (Aspen, Colorado, USA, mai-juin 1997)
- participation à la conférence « Particle Physics and the Early Universe » (Cambridge)

A. de Bellefon:

- organise l'atelier « Expériences nécessitant un très bas bruit » à Neuchâtel en juin 1997.
- est responsable du colloque de spécialité (14) au Congrès de la SFP sur la physique « moderne » dans l'enseignement secondaire.

- « Hellaz et les neutrinos solaires », séminaire au CSNSM (mai 1997).
- A. de Bellefon* et *T. Ypsilantis* ont participé à la réunion NUPECC « Present and future of neutrino physics in Europe » (Frascati, novembre 1996) au titre de Hellaz.
- C. Tao*: présentation invitée au 4th Workshop on solar neutrino experiments (Heidelberg, avril 1997)
- P. Gorodetzky*:
 - fait partie du comité d'organisation du colloque 14 du congrès de la SFP (enseignement des sciences).
 - a présenté Hellaz au Conseil Scientifique de l'IN2P3 en février 1997.
- T. Patzak* présentera :
 - Hellaz-1 au Colloque 2 de la SFP (juillet 1997)
 - Hellaz à l'atelier « Neutrinos », Capri (juin 1997)
 - Hellaz à la Conférence internationale de Jérusalem (juillet 1997)
- P. Frenkiel*: conférence INET'97, Kuala Lumpur, 25/6/95.
- M. Sené*:
 - ICHEP Varsovie, juillet 1996.
 - « Frontier Detectors », Biodola, Ile d'Elbe, mai 1997.
- R. Sené*: « Frontier Detectors », Biodola, Ile d'Elbe, mai 1997.
- T. Ypsilantis*:
 - Hellaz, Bordeaux, 20/10/96.
 - Le LBL-RICH, Réunion Neutrino Europe, Frascati, Italie, 5/11/96.
 - Hellaz, Institut Demokritos, Athènes, 5/12/96.
 - Le LBL-RICH, Institut Demokritos, Athènes, 5/12/96.
 - Le RICH, théorie et expérience, Ecole sur les détecteurs, Turin, Italie, février 1997.
 - FNAL, (USA), LBL-RICH, 1-4/5/97.
 - « Frontier Detectors », présidence de la session RICH, Biodola, Ile d'Elbe, mai 1997.
- J. Parisi*:
 - avec *A. Ichola* et *S. Ong*: Diquark III, Turin, Italie, 29/10-1/11/96
 - Photon 97, Egmond aan Zee, Pays-Bas, 10-15/5/97
 - Joint Particle Physics Meeting, Ouranopolis, Grèce, 27/5-1/6/97

17.2 Fonctions d'intérêt scientifique général

- J.-M. Brunet*: « European Committee on Future Accelerators », Hambourg, 8/6/96.
- J.-N. Capdevielle* a été reçu membre de l'Académie des Sciences d'Outre-Mer (6/12/96)
- A. Bouquet*: membre du Conseil scientifique du Laboratoire Scientifique de Modane.
- Y. Giraud-Héraud*:
 - membre de la Commission des spécialistes de Paris 7 de la 29^{ème} section du CNU.
 - membre du Conseil scientifique du Programme National de Cosmologie.
 - conseiller scientifique pour les Astroparticules auprès du Chargé de Communication de l'IN2P3 (G. Edelheit).
- P. Gorodetzky* est consultant auprès de l'équipe de RHIC à Brookhaven (US) pour la construction de calorimètres à neutrons destinés à calibrer la luminosité à chaque intersection.

R. Sené :

- Membre du Comité technique de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN).
- Membre du Conseil Supérieur de Sûreté et d'Information Nucléaire.

J. Silva : membre élu de la 29^{ème} section du CNU.

N. Arteaga-Romero : membre élu de la 29^{ème} CSE de Paris VI.

C. Carimalo :

- membre élu de la 29^{ème} CSE de Paris VI, membre du bureau.
- membre nommé de la 29^{ème} section du CNU.

17.3 Enseignements

M. Abbès : « Enseignement sur les micro-processeurs DSP », Université de Paris VI (50 h).

C. Bréon : « Connaître le CNRS pour agir », animation de stages et préparation des ITA aux concours internes et externes du CNRS (30 h).

J.-N. Capdevielle : cours de Physique des Particules en Maîtrise de Physique à l'Université de Perpignan (2^{ème} semestre universitaire).

A. Diaczek : « Ecole sur les techniques de base des détecteurs », cours à l'usage des techniciens (30 h, La Londe les Maures, 9-16/10/96).

L. Guglielmi : « Le système OS9 », animation d'un stage pour la Formation Permanente du CNRS-Paris Sud (24 h, 11/96).

17.4 Traductions de livres

A. Bouquet et J. Kaplan : « Trous noirs et distorsion du temps » de K.-S. Thorne, éd. Flammarion (1997)

A. Bouquet : « L'origine de l'Univers » de J.-D. Barrow, éd. Hachette (1997)

17.5 L'effort de formation au Laboratoire

17.5.1 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 cepen-

dant la formation des utilisateurs de l'informatique et celle des informaticiens eux-mêmes, qui représentent des niveaux et des objectifs bien différents.

17.5.2 Reconversions et formations qualifiantes

Il s'agit de cinq formations assez lourdes qui déboucheront sur un diplôme et/ou un changement de poste. A l'ENSEA, Ecole 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) et doit obtenir son diplôme en juin. La prise en charge des frais de formation par le CNRS a été de l'ordre de 90 kF.

Deux autres formations portent sur l'Administration des Réseaux et des Systèmes et deux enfin sur des remises à niveau : français et mathématiques d'une part, mathématiques et électronique d'autre part.

17.5.3 Ecoles thématiques et séminaires de l'IN2P3 et du CNRS

Ils ont concerné 10 personnes, qui ont participé à des écoles de 3 à 10 jours sur les techniques de base des détecteurs de particules, l'apprentissage des outils informatiques du CCIN2P3, à des séminaires sur l'IAO/CAO en électronique mais aussi à une école franco-tunisienne d'informatique sur le Web et à une formation à la Conduite de projet scientifique.

3 chercheurs (*Y. Le Du*, *C. Le Gall* et *N. Gagliardi*) ont participé aux 3^{èmes} Journées Jeunes Chercheurs à Autrans (décembre 1996) sur le thème « Théorie des Champs et Physique des Particules »

Y. Le Du a en outre participé à l'Ecole Internationale d'Astrophysique de Casablanca (Maroc) 1-10/12/96.

17.5.4 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 vingt-six stages de 1 à 8 jours concernant 17 agents de tous niveaux. Les sujets vont de l'initiation à un logiciel directement utilisable, aux séminaires d'ouverture sur l'avenir (systèmes experts, réseaux, génie logiciel).

En particulier, 3 personnes ont assisté à l'école de Tunis sur le Web (mai 97) ; et une a suivi un stage de formation Système HP.

Le domaine est en évolution constante : disparition des gros calculateurs universels, remplacés par des « fermes » spécialisées de stations, place grandissante prise par les réseaux.

Amenés à faire à leur tour la formation des utilisateurs, les informaticiens (Cf. section 12, p. 21) ont besoin tant des formations de fond par des professionnels bien expérimentés, que de la participation à des séminaires ou colloques, tels que *Computing in HEP*.

Electronique:

Cette année a connu des formations de nature plus fondamentale que pratique : Introduction au langage comportemental VHDL (Cadence).

Modélisation et simulation des circuits MOS (EPFL-comport).

Mécanique : Les membres du service sont formés aux techniques nouvelles : CAO légère sur micro-informatique et lourde (EUCLID), ultra-purification, enceintes propres, technique des détecteurs, cryogénie, 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 continue à organiser des écoles thématiques spécifiques et des séminaires pour « Créer et Gérer un serveur WWW », 6 personnes ont pu y participer.

Administration : Une école thématique organisée par l'IN2P3 pour les administratifs de niveau SAR/T/AI a reçu un accueil enthousiaste et déjà deux des secrétaires-gestionnaires ont pu y participer. En outre, pour répondre à la demande du CNRS, la gestion des crédits se fait maintenant avec le logiciel XLAB ; des formations ont été suivies pour pouvoir utiliser ce logiciel, ainsi que LABINTEL, logiciel de suivi des carrières des agents, également produit par la DSI du CNRS.

Divers : Le Laboratoire encourage également des stages sans finalité professionnelle directe comme ceux de préparation aux concours du CNRS, ou ceux destinés à une formation d'ouverture comme : « La radioprotection », « Le travail en centrale nucléaire », ou « L'expression et la communication » et même « La restauration d'ouvrages anciens » qui pourrait entraîner une reconversion totale ou partielle de certains agents.

Il est intéressant de souligner que presque tous les services sont concernés et que, en 1996/97, **35** agents dont 1 chercheur ont suivi à l'extérieur **150** jours de stage ou école, pour un total de plus de **1 100** heures.

17.6 Activités diverses

17.6.1 Projet « Hands On Universe » (H.O.U.)

1 – Le projet américain Le projet « Hands on Universe » met les élèves du secondaire en contact avec des images prises sur télescopes professionnels via les ordinateurs de leur école, au moyen de logiciels interactifs et pédagogiques, développés dans ce but.

Depuis deux ans, aidés par le DOE, IBM et le LBL, ce réseau associe enseignants, spécialistes et chercheurs, avec un grand succès auprès des élèves.

2 – Le projet français : Du côté français, il existe des expériences similaires depuis une dizaine d'années, formant des enseignants questions à des universités d'été ou par des projets pédagogiques. Mais l'absence d'infrastructure informatique a empêché les contacts directs avec les observatoires.

3 – Intérêt de la collaboration : Le vaste réseau américain prospecte en Europe (Suède, ...) en vue d'une collaboration internationale, pour l'amélioration et l'adaptation locale des logiciels.

Certains observateurs déjà formés peuvent envoyer des images via les réseaux de la recherche.

Nos collaborations (Cf. section 3, p.5) et (Cf. section 2.1, p.3) avec Berkeley, sur des programmes liés à l'astrophysique, nous donnent un rôle naturel en cette matière : modification et adaptation de logiciels, réalisation de fiches pédagogiques de soutien aux enseignants sur des aspects les plus modernes de la physique de l'univers.

L'initiateur du projet (C. Pennypacker) a fait au Laboratoire un séminaire où sont venues des enseignantes du lycée Jacques Decour.

A. de Bellefon et A.-L. Melchior participent à ce projet en collaboration avec R. Pain (Paris VI).

17.6.2 La physique en marche

Sous l'impulsion du Directeur de l'IN2P3 un groupe de travail s'est constitué à l'IN2P3 et a préparé 5 conférences sur des thèmes de physique « en marche ». Ces conférences sont destinées à être présentées massivement dans le plus grand nombre de lycées de France avec le soutien du CNRS et du ministère de l'éducation nationale.

A. de Bellefon participe à ce groupe de travail.

17.6.3 Autres activités

Sans attendre la formalisation de programmes à grande échelle, certains chercheurs contribuent à la diffusion d'une réflexion sur la science :

A. de Bellefon : « Voyage avec un physicien des particules », La Science et les Hommes, France-Culture, 5/3/97.

M. Froissart : participation à l'exposition « Au Commencement, Big Bang et autres récits », Palais de la Découverte, avril-octobre 96.

M. Sené :

- Intervention dans le film télévisé sur le centenaire de la radioactivité (production CNRS-J. Laberrigue)
- Intervention à la télévision dans « La marche du Siècle »
- « Déchets et environnements », ENSA, décembre 1996.
- « Déchets très faiblement radioactifs », Les assises de La Baule, septembre 1996.
- Conférence aux lycées dans le cadre de la Fondation 93.

R. Sené : Conférence à la Fondation Jeunes Reporters.

17.7 Accueil de chercheurs

17.7.1 Stagiaires

M.-A. Aylon : Informatique, 2/12 – 31/12/96

J. Baby : Agape, 14/4 – 20/6/97

C. Baert : Chooz, 15/4 – 22/6/97 et 3/2 – 28/2/97

L. Bensmina : Cosmologie, 17/6 – 31/7/96

V. Bourdaraud : Chooz, 14/4 – 20/6/97

K. Errahmane : Hellaz, 12/5 – 15/8/97

D. Gillieron : Cosmologie, 10/7 – 30/8/96

A. Goudou : Calcul Parallèle, 17/6 – 27/9/96

E. Jullien : Informatique, 4/11/96 – 31/12/96

C. Le Gall: Auger, 13/5 – 21/7/96
J.-C. Hamilton: Cosmologie, 13/5 – 21/6/96
F. Pierron: Chooz, 14/4 – 20/6/97
F. Rondy: Calcul Parallèle, 17/6 – 27/9/96
S. Réveillé: Delphi, 22/3 – 13/7/96 et Cosmologie, 1/4 – 30/9/97
F. Shindo: Cosmologie, 17/6 – 31/7/96

17.7.2 Thésards

N. Gagliardi: Hellaz.
J.-C. Hamilton: Cosmologie Observationnelle.
Y. Le Du: Cosmologie Observationnelle.
C. Le Gall: Auger.
G. Maurel: Calcul parallèle.
D. Véron: Chooz. Thèse soutenue le 25/3/97.
F. Wolff-Bacha: Calcul Parallèle. Thèse à soutenir le 9/7/97.

17.7.3 Post-Doctorants

A. Djannati-Ataï: Delphi, jusqu'au 31/12/96.
S. Le Bohec: CAT, 4/11/96 – 30/3/97.
A.-L. Melchior: Cosmologie Observationnelle, jusqu'au 30/9/96.
T. Patzak: Hellaz, à partir du 1/7/96.

17.7.4 Savants visiteurs

J. Cronin: Cosmologie, 6/3/97 – 17/4/97
S. Fomine: Calcul parallèle, 6/6 – 6/7/96
S. Karpova: CAT, 6/12 – 20/12/96
H. Kuang: Hellaz, 18/11 – 16/1/97
A. Martemyanov: Chooz, 5/5 – 3/6/97
K. Sanosyan: Auger, 8/5 – 7/7/97
D. Sobczynska: CAT, 25 – 30/11/96
Z. Tao: Hellaz, 20/9 – 20/12/96
V. Truten: Calcul Parallèle, 1/11 – 1/12/96
V. Vyrodiv: Chooz, 1/9/95 – 30/9/97
T. Wibig: CAT, 25 au 30/11/96

18 Séminaires

17/10/96 – *Jean-Noël CAPDEVIELLE* (LPC):

Compte-rendu du 15ème Symposium Européen des Rayons Cosmiques de Perpignan.

24/10/96 – *Jean-Yves OLLITRAULT* (CEN-Saclay):

A-t-on vu le plasma de quarks et de gluons au CERN?

7/11/96 – *HOANG NGOC LONG* (Hanoï):

Experimental prospects in $SU(3)_{\text{color}} \otimes SU(3)_{\text{left}} \otimes U(1)_N$ models.

- 14/11/96 – *Paul COLAS* (DAPNIA):
Nouvelles mesures de R_b et R_c dans ALEPH.
- 21/11/96 – *Robert MOCHKOVITCH* (IAP):
Les explosions de supernovæ.
- 28/11/96 – *Pilar RUIZ-LAPUENTE* (MPI, Garching & U. de Barcelone):
Type Ia supernovæ – nature and cosmological uses.
- 5/12/96 – *Daniel FROIDEVAUX* (CERN):
Mesures de précision en supersymétrie avec l'expérience Atlas au LHC.
- 12/12/96 – *Dimitri NANOPOULOS* (Texas A & M University):
Radiative Decay Signatures of Supersymmetry, Enlightening Supergravity
- 19/12/96 – *Maria-Celia PERILLO-ISAAC* (LBL-INPA):
Perspectives de l'ONS (Observatoire de Neutrinos de Sudbury)
- 9/1/97 – *Arthur SCHAFFER* (LAL Orsay):
Les développements de l'Orientation – Objet en HEP
- 16/1/97 – *Jean-Yves GROSSIORD* (IPN Lyon):
Le surplus de suppression du J/Ψ en réaction Pb-Pb à 158 GeV par nucléon.
- 23/1/97 – *Kerstin HOEPFNER* (Technion-Haïfa):
Search for Neutrino Oscillations at Accelerators.
- 30/1/97 – *Adel BILAL* (ENS):
Dualité en théories de jauge supersymétriques.
- 6/2/97 – *Didier VILANOVA* (DAPNIA-SPP):
Recherche de Bosons de Higgs au LEP dans l'expérience Delphi.
- 13/2/97 – *Arache DJANNATI-ATAÏ* (LPNHE):
Les premiers résultats de l'expérience CAT pour l'astronomie gamma de très haute énergie.
- 20/2/97 – *Michael PUNCH* (LPC):
Compte-rendu de la XXXII^{ème} rencontre de Moriond « Very High Energy Phenomena in the Universe ».
- 27/2/97 – *Giovanni FIORENTINI* (INFN, Ferrara):
Where we are and what's next?

19 Collaborateurs du Laboratoire

La liste des personnes ayant contribué aux activités du Laboratoire pour tout ou partie de l'année – entre le 1/6/96 et le 1/6/97 – est la suivante :

M. Mohamed Abbès	Electronique	M. Claude Aubret	Electronique
M. Hadji Ahamada	Service Intérieur	M. Jérôme Baby	Stagiaire
Mme Yolaude Alger	Service Intérieur	M. Christophe Baert	Recherche
M. Daniel Arbousse-Bastide	Publications	M. Pierre Bareyre	Direction
M. Napoléon Arteaga-Romero	Recherche	M. Pierre Beillièr	Recherche

M. Alain Méric de Bellefon	Recherche	M. Jean-Christophe Hamilton	Recherche
M. Lakhdar Bensmina	Recherche	M. Johan Hansson	Recherche
M. Dominique Bilem	Service Intérieur	M. Ladonne Houra Yaou	Recherche
M. Patrick Bonierbale	Mécanique	M. Phuong Huynh Dong	Recherche
Ms Gisèle Bordes	Recherche	M. Alimi Ichola	Recherche
Mme Janine Boucher	Informatique	M. Jean-Jacques Jaeger	Electronique
M. Alain Bouquet	Recherche	M. Alain Jejcic	Recherche
M. Vincent Bourdaraud	Mécanique	M. Jean-Pierre Jobez	Mécanique
M. Claude Boutonnet	Electronique	M. Eric Jullien	Recherche
Mme Chantal Bréon-Hussenot	Administration	M. Jean Kaplan	Recherche
Mme Elisabeth Brochet	Administration	M. Hervé de Kerret	Recherche
M. Dominique Broszkiewicz	Electronique	M. Paul Kessler	Recherche
M. Roger Bruère-Dawson	Electronique	M. Didier Kryn	Recherche
M. Jean-Michel Brunet	Recherche	M. Haohuai Kuang	Recherche
M. Jean-Noël Capdevielle	Recherche	M. Maurice Laloum	Recherche
M. Christian Carimalo	Recherche	Mme Claude Lamy	Informatique
Mme Danielle Cerverra	Administration	Mme Simone Lantz	Publications
M. Philippe Chavanon	Direction	Mme Hélène Le Bihan	Administration
Mme Josette Come-Garry	Publications	M. Stéphane Le Bohec	Recherche
M. Bruno Coppolani	Service Intérieur	M. Yann Le Du	Recherche
M. Jean-Claude Couillard	Publications	M. Jean Le Fur	Service Intérieur
M. Bernard Courty	Electronique	M. Corentin Le Gall	Recherche
M. Pierre Courty	Electronique	M. Xuan Le Tan	Publications
M. James W. Cronin	Recherche	M. Bernard Lefèvre	Recherche
M. Michel Crozon	Recherche	M. François Lelong	Mécanique
M. Christian Defoix	Recherche	Mme Danièle Levaillant	Publications
M. Gilles Desplancques	Electronique	M. Pierre Lutz	Recherche
M. Albert Diaczek	Mécanique	M. Jacques Maillard	Recherche
M. Bernard Didierjean	Mécanique	M. Alexandre Malamant	Recherche
M. Arache Djannati-Ataï	Recherche	M. Daniel Marchand	Mécanique
M. Jean Dolbeau	Recherche	M. Bernard Marie Catherine	Service Intérieur
M. Karim Errhamane	Recherche	M. Andréï Martemyanov	Recherche
M. Robert Eschylle	Informatique	Mme Liliana Martin	Informatique
Mme Marie-Geneviève Espigat	Informatique	Mlle Jeanne Mas	Informatique
M. Pierre Espigat	Recherche	Mme Claudine Masson	Administration
M. Alexandre Etenko	Recherche	M. Gérard Maurel	Recherche
M. Alain Faye	Informatique	Mlle Anne-Laure Melchior	Recherche
M. Stéphane Ferron	Recherche	M. Raymond Merzoug	Informatique
Mme Catherine Finetin	Electronique	M. Daniel Monnot	Electronique
M. Pierre Frenkiel	Recherche	M. Serge Néchal	Service Intérieur
Mme Catherine Fritsch	Informatique	M. Michel Obolensky	Recherche
M. Marcel Froissart	Direction	M. Saro Ong	Recherche
Mlle Nadine Gagliardi	Recherche	Mme Françoise Ott	Publications
M. Christian Gaunet	Stagiaire	M. Michel Pairat	Mécanique
M. Jeszy Gawin	Recherche	M. Joseph Parisi	Recherche
M. Claude Ghesquière	Recherche	M. Thomas Patzak	Recherche
M. Dominique Gillieron	Stagiaire	M. Franck Pierron	Mécanique
M. Yannick Giraud-Héraud	Recherche	Mlle Danièle Polard	Service Intérieur
M. Philippe Gorodetzky	Recherche	Mme Claude Poutot	Informatique
M. Alexandre Goudou	Recherche	M. Daniel Poutot	Informatique
M. Lionel Gravereau	Informatique	M. Michael Punch	Recherche
M. Laurent Guglielmi	Informatique	M. Lincoln Ramos	Informatique
M. Raymond Guillao	Informatique	M. Jean-Paul Rény	Mécanique
M. Patrick Guillouet	Mécanique	M. Stéphane Réveillé	Recherche
Mme Andrée Guimard	Electronique	M. Claude Robert	Mécanique

M. Frédéric Roger	Electronique	M. Philippe Tardy	Electronique
M. Frédéric Rondy	Recherche	Mme Fanta Tembely	Informatique
M. Andrei Sabelnikov	Recherche	M. M'Bemba Touré	Informatique
Mme Véronique Saïnz	Administration	M. Gérard Tristram	Recherche
M. Pierre Salin	Mécanique	M. Valentin Truten	Recherche
M. Jacob Schneps	Recherche	M. Jean-Pierre Turlot	Electronique
M Jacques Séguinot	Recherche	M. Jean Valentin	Recherche
M. Sahbi Selmane	Electronique	M. Jean Vergne	Electronique
Mme Monique Sené	Recherche	M. Didier Véron	Recherche
M. Raymond Sené	Recherche	M. Jean-Pierre Villain	Informatique
M. François Shindo	Recherche	M. Albin Volte	Recherche
M. Jorge Silva	Recherche	M. Jiri Vrana	Recherche
M. Mikhail Skorokhvatov	Recherche	M. Vladimir Vyrodov	Recherche
Mlle Dorota Sobczynska	Recherche	M. Jack Waisbard	Electronique
M. Oleg Sokolsky	Sécurité	M. Tadeusz Wibig	Recherche
M. Mamoudou Soumana	Publications	Mme Fabienne Wolff-Bacha	Recherche
Mme Martha Spitzer	Recherche	Mlle Béatrice Yoffo	Mécanique
Mme Sylviane Szafran	Informatique	M. Jean Auguste Yoro	Service Intérieur
Mme Charling Tao	Recherche	M. Thomas Ypsilantis	Recherche
M. Zhijian Tao	Recherche		

20 Table des matières

Table des matières

1	Introduction	1
2	Cosmiques	3
2.1	Gammas cosmiques	3
2.2	Observatoire AUGER	4
2.3	Simulations	5
3	Cosmologie	5
3.1	Naines brunes	6
3.2	Supernovæ Ia	7
4	Neutrinos	8
4.1	Expérience de Chooz	8
5	Le projet HELLAZ	10
6	Instrumentation	12
6.1	Détecteur HPD	12
6.2	L'expérience LHC-B	13
6.3	Neutrinos à grande distance	13
7	DELPHI	14
7.1	Beauté	14
7.2	Nouvelles particules	15

7.3	Détecteurs	15
7.4	Fonctionnement général	15
8	Plasma Quarks-Gluons	16
9	Matière Noire	17
9.1	Détection bolométrique: EDELWEISS	17
9.2	Cristaux scintillants	17
9.3	Détecteurs cryogéniques	18
10	Théorie	18
10.1	Structure des particules	18
10.2	QCD et top	19
11	Calcul Parallèle	20
11.1	Recherche	20
11.2	Moyens	21
12	Informatique	21
12.1	Infrastructures	21
12.2	Assistance	23
13	Electronique	23
13.1	Réalisations	23
13.2	Activités générales	24
14	Mécanique	25
15	Services généraux	26
16	Publications	26
16.1	Cosmiques	26
16.2	Cosmologie	27
16.3	Neutrinos	27
16.4	Hellaz	28
16.5	DELPHI	28
16.6	Ions lourds	31
16.7	Matière noire	32
16.8	Théorie	32
16.9	Calcul parallèle	32
16.10	Développements	33
17	Ouverture du Laboratoire	34
17.1	Conférences	34
17.2	Intérêt général	35
17.3	Enseignements	36
17.4	Traductions	36
17.5	Formation	36

17.6 Divers	38
17.7 Visiteurs	39
18 Séminaires	40
19 Collaborateurs du Laboratoire	41
20 Table des matières	43