

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

Conséquences de QCD à basse énergie

La Chromodynamique Quantique, ou QCD, est une bonne théorie pour décrire les interactions à haute énergie entre constituants des particules, quarks et gluons. Le couplage effectif de cette théorie décroissant avec l'énergie, la haute énergie est son domaine d'application privilégié, car on peut y pratiquer avec une bonne confiance le développement en perturbations. A basse énergie, typiquement dans la zone des énergies de masses des particules, le couplage effectif devient par contre très fort, et le développement en perturbations perd tout son sens. Seuls des calculs numériques sur réseaux peuvent venir à bout de la non-linéarité de la théorie, mais ils en masquent très largement la structure.

A ces basses énergies, on voit plus clair en pratiquant la technique de la théorie de la matrice S , notamment sous l'aspect des pôles de Regge et du *bootstrap*, qui ne se clôt pas sur lui-même comme on avait pu l'espérer un temps, mais qui donne une structure lisible aux phénomènes de basse énergie, en reliant spectres et comportements asymptotiques — dans un sens limité certes — via les propriétés d'analyticité.

Une frange entre ces deux domaines émerge avec des caractères hybrides, c'est l'ensemble des régions cinématiques où une partie des énergies mises en jeu est élevée, ressortissant donc à la QCD perturbative, tandis que d'autres restent basses, et appellent le recours à la phénoménologie de basse énergie. Le cas le plus manifeste est évidemment celui de la région diffractive, où, par le jeu de l'unitarité, l'amplitude de diffusion élastique donne un écho à toutes les voies inélastiques ouvertes.

Il existe cependant des situations plus subtiles, où par exemple, dans les événements tout-venants de collision inélastique, il se crée dans l'état final toute une suite de particules qui ont successivement des impulsions relatives faibles, même si les particules extrêmes ont des impulsions voisines de celles des particules initiales de la collision, c'est-à-dire fort différentes.

C'est pour aborder ce genre de problème que Gribov *et al.* ont mis au point ce que l'on appelle le "Calcul des reggeons à la Gribov", extension du modèle multipériphérique de jadis. La question qui se pose de façon cruciale est de savoir cependant comment faire le lien entre ce formalisme et celui de QCD. t'Hooft et Veneziano ont proposé d'aborder ce problème par des passages à la limite infinie du nombre de couleurs et/ou de saveurs, et par des développements en fonction de l'inverse de ces nombres, en ajustant convenablement la constante de couplage fort pour garder une même interaction effective à l'ordre dominant. Il se trouve alors qu'on peut classer de façon topologique les graphes selon leur comportement en puissances de ce nombre de couleurs infini.

On peut notamment caractériser le poméron, pôle de Regge dominant associé à la diffraction, comme l'ensemble des graphes d'échange de gluons entre les particules — identiques dans l'état initial et final — traçables sur un cylindre. Cette description aboutit en fait à une phénoménologie de la diffraction en désaccord avec les faits, qui conduit à faire intervenir, en plus de ce poméron idéalisé, des corrections d'ordre supérieur en nombre croissant avec l'énergie.

Une théorie plus proche de QCD est le Modèle Dual des Partons, de Capella *et al.*, qui essaie de s'appuyer sur la vision obtenue par les théories précédentes, pour donner une description phénoménologique fondée sur l'échelle des partons. Les ingrédients essentiels en sont les quarks et les gluons, et en outre, pour pouvoir traiter raisonnablement les baryons, des diquarks, traités comme états fortement liés. Tous ces objets sont colorés, donc confinés, et les tentatives pour les séparer conduisent à polariser le vide en une corde de couleur, qui se fragmente en parties incolores. On obtient ainsi, moyennant une description fondée sur les concepts de QCD, mais largement ouverte à des paramétrisations phénoménologiques, un ensemble impressionnant de résultats qui s'ajustent à l'expérience dans les domaines dont nous parlons, où certains invariants sont grands tandis que d'autres restent petits.

Ce formalisme reste suffisamment abordable pour qu'avec lui, il soit possible d'aborder avec des résultats souvent corrects des problèmes tels que la diffusion nucléon-noyau, voire noyau-noyau.

M. F.

Rapport d'activité du laboratoire (1994-1995)

1. Introduction

L'année 1994-1995 a été marquée par une révision fondamentale des perspectives du Laboratoire, dont l'horizon était précédemment limité au terme de la chaire de Physique Corpusculaire actuelle, soit 2005, sauf accident.

Un accord entre la Direction de l'IN2P3 et celle du Collège de France a abouti à un assouplissement de cette perspective négative. Comme on le sait, une des originalités du Collège de France est la mutabilité des chaires, qui n'assure pas la succession en ligne directe des thèmes de recherche des laboratoires. Il a donc été décidé de préparer le Laboratoire à une reconversion dans le cadre d'une discipline éventuellement voisine, en en faisant un petit noyau attrayant, et dirigé surtout sur des disciplines douées d'un potentiel de développement dans des directions multiples. Parmi celles-ci, la nouvelle spécialité dénommée astro-particules, à la charnière entre l'astrophysique et la physique des particules, paraît particulièrement prometteuse (Cf. sect. 4).

Une réorientation affirmée du Laboratoire dans cette direction a donc été mise à l'étude, et peut s'esquisser à l'heure actuelle en une articulation sur trois pôles :

— Etude des grandes gerbes cosmiques. Nous avons déjà attiré un chercheur de Bordeaux de renommée internationale dans ce domaine *J.-N. Capdevielle*. Dans l'immédiat, nous travaillons sur le programme THEMISTOCLE — CAT, et nous pourrions ultérieurement nous orienter sur des programmes internationaux plus vastes, comme l'Observatoire Auger (Cf. sect. 4.2.1).

— Etude des neutrinos à basse énergie. Ce thème ne se raccroche pas directement aux astro-particules dans la mesure où nous travaillons actuellement sur les neutrinos de la centrale nucléaire de Chooz, mais on sait que le problème des neutrinos, de leur masse et de leurs oscillations éventuelles s'est posé de façon cruciale à propos des neutrinos du Soleil. Une orientation tout à fait vraisemblable de ce groupe à la suite de l'expérience de Chooz serait de reprendre le projet HELLAZ (Cf. sect. 8.5)

— Cosmologie observationnelle. Il s'agit ici d'une discipline somme toute assez traditionnelle en astrophysique, mais à laquelle les chercheurs de physique des particules ont apporté du nouveau en termes de méthodes, notamment de traitement de grandes masses de données. En outre, on se propose d'approfondir des questions cruciales, comme la structure gravitationnelle de l'Univers, qui peut trouver des solutions aussi bien dans l'existence de particules de caractéristiques encore inédites (WIMPS, neutrinos de masse non nulle), que dans celle de masses macroscopiques d'échelles quasi-stellaires. Et il ne nous faut pas oublier que la gravitation reste encore une énigme dans le tableau des interactions fondamentales au niveau microscopique, à des énergies tout à fait hors d'atteinte actuellement. Il n'est donc pas souhaitable de négliger aucune information à son sujet.

Deux chercheurs des Universités de Paris 6 et 7 ont officiellement exprimé leur souhait de venir renforcer notre groupe de travail sur ce sujet.

La décision conjointe des administrations de tutelle du Laboratoire de le tourner résolument vers un avenir viable et passionnant a donné le coup d'envoi à une dynamique nouvelle. Cette dynamique s'est déjà concrétisée par un attrait

nouveau du Laboratoire à l'égard de chercheurs extérieurs. Nous ne ménagerons pas nos efforts pour entretenir cet élan, notamment pour attirer de jeunes chercheurs par des programmes de qualité.

2. *Expérience DELPHI au LEP*

Sur le collisionneur LEP au CERN, le Laboratoire participe à la collaboration DELPHI constituée de 500 physiciens provenant de 45 laboratoires européens, russes et américains. La 5^e année de fonctionnement du LEP a permis d'enregistrer plus de 1.5 millions de désintégrations du boson Z^0 . En 1995, le LEP fonctionnera avec une intensité de faisceaux plus élevée grâce à la technique des trains de paquets (4 trains de 4 paquets), doublant ainsi le nombre de paquets permis par la technique classique. Un nouveau balayage de la zone de masse du Z^0 permettra une amélioration de la détermination de la masse et de la largeur de celui-ci pour atteindre une précision d'environ 2 MeV.

Le démarrage du programme LEP200 permettant d'atteindre des énergies plus élevées dans l'anneau du LEP est maintenant prévu pour la fin de l'année 1995. L'installation et la mise en service d'un nombre de cavités radiofréquence supraconductrices suffisant pour atteindre une énergie de 70 GeV par faisceau permettra de commencer la recherche de charginos dans un domaine de masse encore inexploré.

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

2.1. *Physique des particules de beauté*

Les performances du détecteur de vertex au silicium et du compteur Čerenkov RICH ont permis, grâce à une signature efficace de la réaction $Z^0 \rightarrow b\bar{b}$, une étude approfondie des propriétés des mésons B. Dans un premier temps, on a pu mesurer les temps de vie des différents types de mésons B (chargé, neutre et étrange) et déterminer avec précision les éléments de la matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa faisant intervenir la beauté. Le nombre de Z^0 hadroniques obtenus depuis 1990 (3,4 millions) permet, dès maintenant, l'observation et la mesure des oscillations du B_d durant son vol, mais une statistique encore plus importante (1,5 millions de Z^0 de plus en 1995) sera nécessaire pour étudier les oscillations du B_s (P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, G. Tristram).

2.2. *Recherche de nouvelles particules*

A partir de 1996, le collisionneur LEP fonctionnera à une énergie d'environ 180 GeV, suffisamment au-dessus du seuil de création de paires de bosons W, ouvrant un nouveau champ de mesures (détermination précise de la masse et largeur du W, afin de poursuivre une détermination plus étroite du domaine de

masse du boson de Higgs, extensions possibles du modèle standard, étude directe du couplage à trois bosons) et de recherches de particules (Higgs, particules supersymétriques). Le groupe du Laboratoire entend bien participer à cette physique et a décidé de se focaliser sur la recherche du boson de Higgs. *J. Dolbeau* participe à un groupe de travail sur ce sujet.

2.3. Les performances des détecteurs

2.3.1. Le RICH

Les problèmes de fuite sur le radiateur liquide C_6F_{14} du grand détecteur de rayonnement Čerenkov à imagerie annulaire (barrel RICH) ont été résolus et l'appareillage a parfaitement fonctionné cette année, fournissant des informations pour les 1,5 millions d'événements enregistrés. Un évaporateur a été installé sur l'alimentation du radiateur liquide pour extraire le C_3F_{12} dissous ainsi qu'un condenseur sur l'alimentation du radiateur gazeux pour récupérer le C_6F_{14} évaporé, permettant de travailler avec des proportions de mélange constantes dans les deux radiateurs. Les premières analyses montrent la bonne qualité des données prises depuis la remise en route de mai 1995. Rappelons que le Laboratoire a réalisé le système d'acquisition de données de ce détecteur et le système de calibration automatique permettant d'obtenir en ligne et avec une grande précision (mieux que 1/1000) les paramètres de fonctionnement (vitesse de dérive, temps de référence initial), et qu'il doit en assumer la responsabilité. (*C. Aubret, J.-M. Brunet, J. Dolbeau, D. Poutot, G. Tristram*).

2.3.2. Le détecteur de vertex

Le Laboratoire participe au perfectionnement du détecteur de vertex au silicium. Les détecteurs unidirectionnels sont progressivement remplacés par des détecteurs bidirectionnels (microbandes croisées à 90°), capables de mesurer simultanément deux coordonnées (*Y. Dufour, A. Guimard, J.-P. Turlot*). Parallèlement, la collaboration DELPHI a étudié les possibilités d'améliorer la reconnaissance des traces dans la zone angulaire de 15° à 25° . Le projet de détecteur à "pixels" (damiers de $330 \mu\text{m} \times 330 \mu\text{m}$) proposé par le Laboratoire en collaboration avec le CPP de Marseille et l'Université de Milan a été accepté. Le groupe qui travaille sur ce développement a conçu et fabriqué le prototype d'un système de lecture sélective des canaux touchés, développé l'électronique de contrôle proche des détecteurs et construit les cartes FASTBUS d'acquisition. La fabrication est en cours et l'installation sur le site est prévue pour le début 96. (*C. Aubret, C. Boutonnet, B. Courty, L. Guglielmi, J.-J. Jaeger, C. Poutot, G. Tristram, J.-P. Turlot, J.-P. Villain, J. Waisbard*).

2.3.3. La chambre à projection temporelle (TPC)

La TPC de DELPHI, principal détecteur de traces chargées, donne toute satisfaction et les différents matériels sous la responsabilité du Laboratoire ne néces-

sitent que peu de maintenance. Toutefois, une étude pour l'amélioration du système de contrôle des paramètres de fonctionnement (remplacement du processeur d'acquisition MC6809 et du système d'exploitation par un processeur MC68340 et le système OS9), est en cours. (C. Boutonnet, P. Courty, J. Dolbeau, A. Guimard, J. Mas).

2.3.4. *Fonctionnement général de DELPHI*

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

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

3. *Expériences sur le Spectromètre Oméga*

3.1. *Etude des Higher Twists*

3.1.1. *Expérience WA77*

Cette expérience¹ de collisions π -N est consacrée à la mise en évidence des effets de production directe de mésons prévues par QCD. Les dernières analyses des données prises à 300 et à 150 GeV/c ont donné lieu à 2 publications.

(M. Benayoun, J.-L. Narjoux, A. Malamant)

3.2. *Recherche au plasma de quarks et gluons (QGP)*

3.2.1. *Expérience WA85*

Cette expérience-test² nous a permis de mettre au point les méthodes d'analyse utilisables pour les expériences soufre-soufre et plomb-plomb. Elle nous a aussi permis d'étudier et de construire les appareillages nécessaires pour la détection des particules étranges.

Les dernières analyses ont porté sur les K chargés se désintégrant en 3 corps. Les premières estimations ont été présentées à Monterey (Quark Matter '95).

(M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, J.-L. Narjoux, M. Sené, R. Sené, A. Volte)

3.2.2. *Expérience WA94*

Cette expérience³ soufre-soufre à 170 GeV/c par nucléon a permis à la collaboration de mieux cerner les problèmes d'appareillage. Elle a, aussi, confirmé les résultats de l'expérience WA85.

1. Début des prises de données en 1982.

2. Début des prises de données en 1987.

3. Début des prises de données en 1992.

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

Ces valeurs sont en bon accord avec les hypothèses dérivées de QCD mais ne permettent pas de conclure à la présence du plasma de quarks et de gluons.

(*M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, J.-L. Narjoux, M. Sené, R. Sené, A. Volte*)

3.2.3. Expérience WA97

Le faisceau d'ions plomb est exactement arrivé à la date prévue, novembre 1994. Nous avons pu recueillir ⁴ 60 millions de triggers que nous sommes en train d'étudier. Les premiers résultats ont été présentés en janvier 1995 à la conférence Quark Matter '95 (Monterey, USA) puis à Moriond (France) en mars 1995.

Cette expérience a pour but la mesure des particules étranges et anti-étranges dans les collisions centrales plomb-plomb à 160 GeV/c par nucléon. Cette mesure devrait nous permettre de signer la présence d'un plasma de quarks et de gluons lors de l'interaction. Les résultats préliminaires (2,5 % de la statistique finale) en Λ et $\bar{\Lambda}$ nous donnent un rapport plus petit que dans les expériences WA 85 et WA 94 :

$$\bar{\Lambda}/\Lambda = 0,18 \pm 0,03 \quad (\text{WA97})$$

$$\text{alors que } \bar{\Lambda}/\Lambda = 0,31 \pm 0,01 \quad (\text{WA85 et WA94})$$

mais il faut attendre les autres mesures des rapports pour conclure à la présence ou non d'un plasma de quarks et de gluons.

Le groupe a mis en service et testé les 4 chambres à damiers étudiées et construites par l'équipe technique rattachée à l'expérience. Il n'a pas été possible de les calibrer sur le faisceau de protons disponible en octobre 1994. Par contre ce test sera mené en août 1995.

Les chambres ont été mises en service lors du run de plomb de novembre et ont donné satisfaction. Elle s'avèrent indispensables pour faire le suivi des traces. La mesure de l'impulsion avec les points des chambres est sensiblement améliorée. De plus la présence des points dans les chambres augmente également la précision de reconstruction et le nombre de bonnes traces reconstruites.

Nous avons aussi mis au point la chaîne d'acquisition des chambres à damiers, les programmes de surveillance en ligne ainsi que les programmes de reconstruction. Des améliorations sont en cours pour les runs de 1995.

Le groupe assure la réalisation des cibles (soufre, aluminium, plomb, étain, cuivre, tungstène) ainsi que celle des compteurs de faisceau (scintillateurs et Čerenkov).

(*M. Benayoun, A. Diaczek, J. Kahane, P. Leruste, J.-L. Narjoux, M. Pairat, S. Szafran, M. Sené, R. Sené, A. Volte*)

4. Début des prises de données en 1994.

4. *Astro-particules*

Le néologisme « Astro-particules » dénomme maintenant ce champ où astrophysique et physique des particules se rejoignent. Concepts et méthodes de ces deux disciplines s'y complètent et se fécondent mutuellement, et on peut réellement parler actuellement de l'émergence d'un champ nouveau de l'étude des phénomènes.

L'activité du Laboratoire dans ce domaine a débuté par des expériences dites prototypes visant, soit à développer des techniques particulières à ce genre de recherches, soit à mettre en évidence certains phénomènes mais sans avoir les capacités nécessaires à une mesure de précision. Actuellement des expériences plus ambitieuses sont mises à l'étude, elles feront l'objet des activités futures du Laboratoire.

On peut regrouper les activités présentes dans ce domaine des astro-particules sous trois rubriques :

- L'étude des rayons cosmiques de très haute énergie : rayons gamma et cosmiques chargés.
- La recherche de matière cachée : recherche indirecte par la mesure de la constante de Hubble et du paramètre de décélération, indicateur de la densité moyenne de l'univers ; recherche directe soit sous forme de matière cachée baryonique, soit sous forme de WIMPS (Weakly Interacting Massive Particles).
- La mesure du spectre des neutrinos solaires.

4.1. *Etude des sources de rayons gamma cosmiques, expérience THEMISTOCLE*

Cette expérience prototype destinée principalement à tester une technique nouvelle d'identification des gerbes provoquées par des γ de très haute énergie a donné les résultats et la précision escomptés. L'expérience est particulièrement adaptée à la mesure précise de l'énergie des gerbes.

Elle a permis la détermination du spectre d'émission de la nébuleuse du Crabe dans le domaine inexploré de 2 à 20 TeV, particulièrement intéressant pour la connaissance des processus d'accélération et de production de cosmiques.

Cette dernière année l'expérience était en cours de refonte et de perfectionnement : changement de photo-multiplicateurs, addition de détecteurs nouveaux destinés à améliorer le rejet des gerbes hadroniques, en vue de son introduction dans le complexe expérimental CAT, en cours de montage sur le même site d'observation, de l'ancienne centrale solaire THEMIS d'EDF à Targassonne (P.O.).

Les prises de données communes aux trois détecteurs du site reprendront en fin de 1995. Elles permettront de couvrir une gamme d'énergie plus large, de 200 GeV à 30 TeV. Il deviendra alors possible de rechercher et identifier d'autres sources de flux faible, en particulier des sources extra-galactiques identifiées aux noyaux actifs de galaxies.

Les laboratoires impliqués dans le projet avec le Laboratoire sont le LAL (Orsay), le LPNHE (Universités de Paris 6 et 7), le LPNHE (Ecole Polytechnique), les Universités de Bordeaux et de Perpignan, et le CERN

Participent à ce programme au Laboratoire : *A. Djannati-Ataï, M.-G. Espigat, P. Espigat, C. Ghesquière, C. Lamy, L. Martin, C. Robert, P. Tardy et J. Waisbard.*

4.2. Rayons cosmiques d'ultra-haute énergie

4.2.1. 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 inexplicée, 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 l'estimation de leur détection au niveau du sol est d'environ $0,02/\text{km}^2/\text{an}$. L'obtention d'une centaine d'événements par an exige donc un détecteur couvrant une surface au sol de $5\,000\text{ km}^2$ et composé, si l'on tient compte de la taille des gerbes engendrées par ces rayons cosmiques, de stations de 10 m^2 espacées d'environ $1,5\text{ km}$. Une équipe internationale s'est mise en place depuis moins de 2 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. Notre Laboratoire contribue à cette étude qui devrait, fin juillet, aboutir à un rapport technique décrivant en détail ce réseau baptisé « Observatoire Auger », également connu sous son sigle anglophone ACRO⁵.

Collaborent à ce programme au Laboratoire : *J.-M. Brunet, J.-N. Capdevielle, L. Guglielmi et G. Tristram.*

4.2.2. Phénoménologie des gerbes cosmiques

De nouveaux générateurs Monte-Carlo de collisions ont été conçus, puis adaptés à la modélisation des interactions nucléon-noyau et noyau-noyau des rayons cosmiques. Insérés dans les programmes de simulation des cascades hadroniques, puis couplés avec les simulations de cascades électromagnétiques ils ont conduit à la mise à disposition de la communauté du logiciel CORSIKA, diffusé dans le cadre de notre collaboration avec l'Institut de Recherches Nucléaires de Karlsruhe dans PROCOPE. Aux 3 laboratoires de l'IN2P3 utilisateurs s'ajoutent 4 allemands, 2 russes, 2 italiens, 2 espagnols, 1 arménien, 2 polonais, 1 roumain, 1 japonais, 1 américain et 1 brésilien.

Des applications concernant le rayonnement Čerenkov des gerbes ont été développées avec l'Université de Perpignan dans le cadre de la collaboration

5. Auger Cosmic Ray Observatory.

THEMISTOCLE/CAT. Les autres applications concernent l'expérience KASCADE à Karlsruhe, les limitations sur le flux de matière hyper-étrange (expériences sur Concorde avec les Universités de Huntsville, Tokyo et Hiroshima), l'expérience du Pamir (avec l'Académie des Sciences de Moscou), les expériences japonaises sur les muons et les neutrons solaires (avec l'Université de Nagoya). Dans la perspective du projet Auger, l'exploration des propriétés des gerbes géantes est réalisée en insérant dans les générateurs l'influence des gluons et des quarks de la mer.

Ces activités ont été menées par *J.N. Capdevielle*.

4.3. Recherche de naines brunes par effet de microlentilles gravitationnelles sur M31, collaboration AGAPE

La matière noire contenue dans le halo de notre Galaxie peut être hadronique, par exemple sous forme d'étoiles trop petites pour s'allumer (naines brunes). Si une de ces naines brunes passe près de la ligne de visée d'une étoile lointaine, elle peut, par effet de lentille gravitationnelle, provoquer un sursaut caractéristique de la luminosité de cette étoile. En septembre 1993, deux groupes (EROS et MACHO) ont observé 5 candidats à un tel phénomène en surveillant plusieurs millions d'étoiles résolues du Grand Nuage de Magellan.

Après avoir développé une nouvelle méthode de recherche basée sur la surveillance d'étoiles non résolues par les pixels individuels d'une caméra à CCD, la collaboration Agape (avec deux physiciens du Laboratoire, *C. Ghesquière et Y. Giraud-Héraud*) a mis en place à l'automne 1994 l'observation d'une galaxie plus lointaine — M31 (Andromède) — sur le TBL (Télescope Bernard Lyot) de 2 m au Pic du Midi.

Cette approche, si elle s'avère efficace, pourra permettre d'obtenir des statistiques plus importantes, parce qu'elle sera sensible à des effets de microlentille gravitationnelle sur des étoiles de faible luminosité apparente.

La campagne de 60 nuits, de septembre à novembre 1994, a permis, malgré une météo peu clémente, d'obtenir des images du centre de M31 sur une vingtaine de jours. Les premières indications obtenues grâce à l'analyse en cours montrent que nous devrions pouvoir atteindre les stabilités nécessaires. Satisfaits de ces résultats, nous avons, en conséquence, demandé et obtenu 90 jours d'observation supplémentaire d'août à décembre 1995.

Cette étude se poursuit en collaboration avec des physiciens du CERN, du CEA (DAPNIA), du LPTHE (Universités de Paris 6 & 7 et SPM/CNRS), du LAL (Orsay), et de l'Observatoire Midi-Pyrénées.

Collaborent à ce programme au Laboratoire : *M.-G. Espigat, C. Fritsch, G. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, C. Lamy, L. Martin*, ainsi qu'un stagiaire, *Y. Le Du* (Université de Paris 6).

4.4. Recherche de WIMPS

Les WIMPS ⁶, particules lourdes, produisent par diffusion élastique sur un noyau de détecteur des énergies de recul de quelques keV.

L'énergie de recul peut être détectée soit par échauffement du détecteur, à très basse température pour profiter de la très faible chaleur spécifique, c'est la méthode bolométrique, soit convertie en lumière par scintillation et mesurée par des photomultiplicateurs.

4.4.1. Détection bolométrique de matière noire, expérience EDELWEISS

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

Depuis 1993 une collaboration existe sous le nom d'EDELWEISS, regroupant des laboratoires du CNRS (INSU, IN2P3) et du CEA (DSM/DAPNIA, DSM/DRECAM) et ayant pour vocation d'installer au LSM ⁷ une expérience de détection directe de WIMPS avec des cristaux montés en bolomètre et portés à très basse température. Une étape, cruciale pour l'expérience, est franchie depuis la fin de l'année 1994 : le cryostat protégé contre les γ externes, et comportant un bolomètre de 25 g de saphir fonctionne au LSM.

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 evt/kg/keV/jour, au dessus de 10 keV.

Ces résultats ont été présentés au Conseil Scientifique de l'IN2P3 qui a reconnu le bien fondé de ces mesures et a encouragé la collaboration à poursuivre ses efforts.

Le Laboratoire a réalisé l'implantation de l'expérience au LSM et a contribué de manière importante à l'analyse des données prises au premier trimestre 1995.

La poursuite de nos mesures et, par conséquent, l'étape suivante consiste à gagner un ordre de grandeur sur le bruit de fond. Dans ce but nous avons installé un germanium semiconducteur de 500 g à la place du bolomètre de saphir de façon à identifier l'origine du bruit de fond résiduel. Cette opération est entre les mains de l'IN2P3 et a démarré au printemps 1995.

Le Laboratoire a pris l'initiative de cette expérience et a contribué significativement à la première étape. L'année 1996 sera désormais orientée vers une collaboration européenne pour la recherche-développement et vers une collaboration avec le Cf PA (NSF/Université de Berkeley) en vue de réaliser les futures étapes à partir de 1996.

6. Weakly Interacting Massive Particles.

7. Laboratoire Souterrain de Modane.

Dans ce nouveau contexte, et même si certains d'entre nous pourront consacrer une fraction de leur temps à l'analyse, il est vraisemblable que le Laboratoire se désengagera en tant que tel, pour regrouper ses forces sur un plus petit nombre de voies dans le domaine des astro-particules, n'ayant pas pour axe principal la recherche de WIMPS.

4.4.2. Détection de matière noire par cristaux scintillants

Un groupe du Laboratoire (*Y. Giraud-Héraud, C. Tao*) participe à une expérience-pilote de détection directe de WIMPS par cette voie.

Depuis 1992 des mesures sont effectuées au LSM et au Laboratoire National italien du Gran-Sasso (LNGS), en collaboration avec le CEA (DAPNIA), l'Université de Rome et l'IHEP de Beijing, en utilisant des cristaux de NaI (Tl) et de CaF₂ (Eu).

Les résultats obtenus avec des cristaux de NaI (Tl) à faible taux de radioactivité donnent un bruit de fond de 2 à 3 evt/kg/keV/jour à 4 keV, permettant d'une part de mettre les meilleures limites en détection directe pour les couplages axiaux, et d'autre part de donner des limites intéressantes pour des particules à couplage vectoriel, préférées encore dans les modèles supersymétriques.

En 1995, l'installation au LNGS d'une expérience portant sur 9×9 kg de NaI permettra de tester la stabilité des mesures faites au LNGS. Une précision et une stabilité au pourcent est en effet indispensable pour permettre une mesure de l'effet de modulation annuelle des taux de comptage (de quelques %). En effet, le Soleil se déplace autour du centre de la Galaxie parmi des WIMPS statistiquement au repos, et la vitesse relative moyenne du laboratoire par rapport aux WIMPS est modulée par le mouvement de la Terre autour du Soleil, ce qui donne une différence de 7 % entre l'été et l'hiver. Les seuils différents des détecteurs ainsi que le temps nécessaire pour obtenir une statistique suffisante autour du pic (juin) et du creux (décembre), réduisent l'effet selon les conditions.

Les recherches sur la purification radioactive des cristaux et l'étalonnage de ces cristaux se poursuivent en parallèle.

Par ailleurs, *J. Rich et C. Tao* ont souligné la complémentarité des méthodes de détection indirecte (type Kamioka) avec la détection directe.

En ce qui concerne les couplages axiaux, Kamioka possède une sensibilité que la détection directe est loin d'atteindre (par plus de 4 ordres de grandeur). Par contre pour les couplages vectoriels, les limites actuelles se valent, et la détection directe peut mieux faire, puisque le bruit de fond des neutrinos atmosphériques ne peut être éliminé tandis qu'il n'existe pour le moment aucune limite de principe pour réduire les fonds radioactifs de détection directe.

Comme les prédictions supersymétriques ne sont guère contraignantes, l'exploration commence. Si la chance sourit aux chercheurs de matière noire, les

neutralinos pourraient être détectés rapidement (si leur section efficace est 10 fois plus faible que la section efficace des neutrinos). Si les sections efficaces de neutralinos se révèlent plus de 100 fois plus faibles que les sections efficaces de neutrinos de Dirac, alors il faudra investir dans la purification radioactive des détecteurs, qu'ils soient cristaux scintillants ou bolomètres.

Participant à ces programmes au Laboratoire : *A. de Bellefon, D. Broszkiewicz, G. Calvayrac, Y. Giraud-Héraud, F. Lelong, D. Marchand, J.-P. Rény et C. Tao*

4.5. Recherches et développements sur les détecteurs à très basses températures

Une collaboration avec le GPS ⁸ se poursuit sur l'étude de la physique de base des bolomètres en vue d'obtenir des bolomètres rapides, dont le temps de réponse n'excède pas 10 μ s.

Le cryostat est maintenant équipé et atteint la température de 50 mK. Un premier bolomètre fournis par N. Coron a permis de tester le bon fonctionnement du cryostat ainsi que son niveau de bruit électromagnétique (correspondant à une résolution inférieure à 1 keV). Un système automatique de relevé du réseau $I = F(V)$ du senseur a été développé et testé, donnant entière satisfaction. Ce système a notamment permis de mesurer les différentes caractéristiques du bolomètre, à savoir :

- L'évolution de la résistance du senseur en fonction de la température.
- La conductance thermique du bolomètre.

Les résultats obtenus sont en conformité avec la théorie.

Un système de mesure et contrôle de la température du cryostat est actuellement mis au point, afin de s'affranchir de tous les bruits électromagnétiques induits par le montage utilisé actuellement.

Dans le même temps, et dans ce cadre du projet ULTIMATECH, en collaboration avec un chercheur du L2M-CNRS de Bagneux, un TEGFET fonctionnant à basse température ($< 4^\circ\text{K}$) a été développé, présentant des caractéristiques intéressantes et reproductibles : bruit total ramené à l'entrée $0,3 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ et transconductance 50 mS.

Un amplificateur de tension ayant un facteur de mérite de 20 GHz a été développé autour de ce TEGFET Il reste à diminuer le courant de grille, qui reste égal à quelques nA à 4°K , valeur qui peut être gênante dans l'amplification des signaux issus de bolomètres ayant une très forte résistance.

Le travail sur les senseurs à transition métal-isolant, en couches minces NbSi, fabriqués par L. Dumoulin du CSNSM, vient de débiter. Outre la mesure de l'évolution de la résistance en fonction de la température, une étude expérimentale des fuites thermiques a été entreprise en vue de réaliser des bolomètres rapides.

8. Groupe de physique du solide de l'Université de Paris 7.

Participent à ces activités au Laboratoire : *Th. Belinguiet, P. Bonierbale, R. Bruère-Dawson, P. Espigat, C. Finetin et Ph. Tardy.*

4.6. *Mesure de la constante de Hubble et du paramètre de décélération*

A l'échelle cosmologique, la matière noire se manifeste par son effet sur la géométrie de l'univers, en particulier dans la façon dont le décalage vers le rouge d'un objet est relié à sa distance. Si la spectroscopie permet de mesurer le décalage vers le rouge, la mesure de la distance d'objets lointains est un problème difficile. Les supernovæ de type Ia (SNIa) offrent une voie séduisante dans cette direction : d'une part elles semblent être des chandelles standard de luminosité bien déterminée, et d'autre part leur brillance intrinsèque permet de les détecter dans des galaxies très lointaines.

Cependant, il n'existe pas de chandelles standard parfaites et il est important d'en observer un grand nombre pour pouvoir préciser leur dispersion.

Un effort important est en train de se mettre en place pour la recherche de SNIa proches et lointains. Cet effort regroupe des membres des deux expériences françaises de recherche de naines brunes, EROS et AGAPE (avec deux physiciens du Laboratoire *C. Ghesquière et Y. Giraud-Héraud*). Dès cet automne, nous allons tester la possibilité d'utiliser un télescope de 55 cm au Pic du Midi (T55) pour détecter et suivre des SNIa proches. Nous pourrions profiter du télescope de 2 m pour en faire la spectroscopie (indispensable pour décider du type de la supernova), puisque nous en disposerons pour l'observation Agape. Là encore le résultat des observations décidera de la suite : soit continuer avec le T55 en utilisant une caméra CCD plus grande, soit nous joindre aux membres de la collaboration Eros qui utilisent un télescope de 1 m situé à La Silla, au Chili.

Participent à cette activité : *M.-G. Espigat, G. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, D. Marchand*, ainsi qu'un stagiaire, *S. Fabbro* (Université de Paris 7).

4.7. *Spectre en énergie et mesure du flux de neutrinos solaires : projet HELLAZ*

Le groupe d'instrumentation du Laboratoire étudie un projet de détecteur sensible à tous les neutrinos provenant du soleil au-dessus d'un seuil de détection actuellement situé à 160 keV. (Voir section Hellaz).

Ce projet HELLAZ pourrait être une suite intéressante pour l'axe de physique des neutrinos après Chooz, tant en ce qui concerne la physique des neutrinos proprement dite qu'en ce qui concerne la dynamique stellaire, regroupant ainsi les intérêts du Laboratoire vers une direction de physique des astro-particules.

5. Etude des neutrinos de basse énergie auprès de réacteurs nucléaires

5.1. Recherches faites à la centrale du Bugey

5.1.1. Détermination de flux relatifs

Une série d'expériences a eu lieu auprès du réacteur nucléaire d'EDF au Bugey, utilisant pour la première fois du scintillateur au lithium en grande quantité. Le flux d'antineutrinos a été mesuré à différentes distances du réacteur (15 m, 40 m, 90 m) pour étudier une éventuelle disparition. Les résultats sont publiés.

Ils constituent actuellement une référence internationale en la matière.

5.1.2. Mesure de section efficace totale

Pour compléter les résultats précédents, une mesure absolue de la section efficace totale a eu lieu au Bugey.

Les résultats en sont également publiés. Ils démontrent que l'on connaît à quelques % près la distribution en énergie du faisceau de neutrinos d'une centrale nucléaire, ce qui a tout son intérêt pour l'expérience à plus longue portée de Chooz.

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

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

Pour cela, le site franco-belge de Chooz (Ardennes) a été choisi, car il comporte un tunnel susceptible d'abriter l'expérience du rayonnement cosmique 300 m d'équivalent-eau). L'expérience doit démarrer en 1995 et mesurera le bruit de fond, avant le démarrage des réacteurs nucléaires ($2 \times 4200 \text{ MW}_{\text{th}}$) prévu pour le début de 1996.

Electricité de France a accepté de prendre en charge la construction du laboratoire sur les neutrinos, ce qui constitue la moitié du coût de l'expérience. Le financement de l'expérience est complètement défini, et la construction est en cours.

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

Dans cette expérience, le Laboratoire a pris en charge plusieurs responsabilités importantes :

— la supervision des bureaux d'études d'EDF et l'étude de la cuve principale du détecteur (*D. Marchand*). Une étude a été conduite pour définir le revêtement réfléchissant de cette cuve (*P. Guillouet*)

— le remplissage du détecteur et son contrôle (*P. Salin, M. Ben Jaber, P. Guillouet.*)

— l'échantillonnage des signaux des P. M. à 200 MHz, pour mesurer à la fois la charge, le temps et la forme des impulsions (*P. Courty, G. Desplancques, D. Kryn, S. Soukhotine, J. Vergne*) . Les tests du prototype sont en cours, et une **commercialisation de cette carte** est en discussion avec CAEN à Pise.

Comme dans les expériences précédentes, la base de données (*J. Boucher*), la simulation (*H. De Kerret, B. Lefèvre*), et l'analyse des données (*M. Obolensky*) seront des axes importants de l'activité du groupe. Un étudiant (*D. Véron*) a commencé sa thèse sur cette expérience à la rentrée 94.

L'expérience de Chooz, puis celle de Perry, sont la réunion d'expériences actuellement existantes : Savannah River aux Etats-Unis, Rovno et Krasnoïarsk en Russie, Bugey en France. L'exécution de ce programme mènera à l'exploration des masses du neutrino jusqu'à 0,01 eV. En-dessous, seuls les neutrinos issus du Soleil seraient peut-être susceptibles de fournir des indications, d'où l'intérêt témoigné par le groupe pour l'avenir au projet HELLAZ.

Participent à cette expérience au Laboratoire : *H. Ahameda, M. Ben Jaber, J. Boucher, G. Calvayrac, B. Courty, G. Desplancques, P. Guillouet, A. Guimard, H. de Kerret, B. Lefèvre, F. Lelong, D. Marchand, D. Monnot, M. Obolensky, J.-P. Rény, C. Robert, P. Salin, S. Selmane, S. Soukhotine, P. Tardy, J. Vergne, D. Véron*, ainsi que de nombreux visiteurs russes rémunérés, en partie, sur le PICS209 du CNRS.

6. Travaux de Théorie

Les thèmes de recherche actuels du groupe de théoriciens sont principalement axés sur la phénoménologie des interactions fortes et la chromodynamique quantique perturbative.

Une partie du groupe prend part, en outre, à des études menées dans le cadre du projet de machine « Tau-Charme ».

Le groupe est engagé aussi dans diverses collaborations internationales. Il fait partie d'un réseau européen (Human Capital and Mobility) avec des physiciens de Lulea (Suède), Salonique, Turin et Clermont-Ferrand. Il a également des contacts suivis avec des physiciens d'Amsterdam, Kharkov (Ukraine) et Tel-Aviv (Israël).

6.1. *Collisions photon-photon*

Ces travaux sont menés en étroite collaboration avec les expérimentateurs du Laboratoire se préparant à exploiter DELPHI sur LEP200.

6.1.1. *Production exclusive de paires de mésons dans les collisions photon-photon*

Plusieurs calculs, fondés sur une généralisation du modèle de Brodsky-Lepage et portant sur la production de deux mésons (tensoriels, tensoriel plus vectoriel, tensoriel plus pseudoscalaire, etc.) dans les collisions photon-photon sont en voie d'achèvement (*L. Houra-Yaou, P. Kessler, J. Parisi et al.*).

6.1.2. *Bruit de fond théorique dans les collisions photon-photon*

Une étude sur la contribution du bruit de fond théorique dû au diagramme de type « effet Compton virtuel », dans divers processus $\gamma\text{-}\gamma$ est poursuivie actuellement (*P. Kessler, O. Panella, J. Parisi*).

6.1.3. *Corrélations azimutales dans les collisions photon-photon*

Diverses configurations, dans les réactions du type $ee' \rightarrow ee' ab$, ont été étudiées du point de vue des corrélations azimutales. Des résultats numériques ont été présentés, montrant que ces corrélations constituent un bon moyen de discriminer entre différents modèles dynamiques (*N. Arteaga, C. Carimalo, P. Kessler, S. Ong et O. Panella*).

6.2. *Chromodynamique quantique à énergie modérée*

6.2.1. *Production de gluonia («glueballs »)*

Un calcul sur la production d'un gluonium plus un pion dans les collisions hadroniques, fondé sur le modèle d'état lié de gluons non-relativistes, a été achevé (*P. Kessler et J. Parisi*, en collaboration avec F. Murgia, Cagliari).

6.2.2. *Applications du modèle de Brodsky-Lepage à l'annihilation électron-positron*

Les calculs portant sur l'application du modèle de Brodsky-Lepage à l'annihilation e^+e^- en deux ou trois mésons sont en cours d'achèvement (*C. Carimalo, P. Kessler et al.*).

6.2.3. *Effet Sudakov*

Une étude de l'effet Sudakov, appliqué au calcul du facteur de forme de transition pion-photon, a été menée à bien (*S. Ong*).

6.3. *Production hadronique du quark top aux collisionneurs hadroniques*

Une étude sur les corrections QCD à la production semifaible du top est terminée. En utilisant la régularisation de masse pour les divergences IR, UV et

colinéaires, la section efficace totale a été obtenue au 1^{er} ordre en α_s , donc moins dépendante des arbitraires de ce type de calcul, levant ainsi certaines polémiques sur ce processus (*G. Bordes* et *B. van Eijk*, NIKHEF-H, Amsterdam).

A la suite de la confirmation de l'observation du quark top par les expériences à Fermilab, deux études sont entreprises :

- une étude systématique de la sensibilité du résultat aux choix de la paramétrisation des fonctions de distribution des partons, en construisant une interface entre le progiciel EUROJET et la librairie PDFLIB du CERN, et en faisant aussi varier l'échelle de régularisation,

- une étude des distributions cinématiques des jets et des particules finales de l'événement de production semifaible d'un top.

En outre, l'étude des possibilités offertes par ce processus pour accéder à un nouveau domaine a été entamée. En effet, après la découverte du top, le but majeur de la physique observationnelle des particules est l'étude du secteur scalaire qui brise la symétrie électrofaible. Les grands problèmes qui se posent, unification des forces, origine de la masse, violation de CP, mais aussi origine de l'Univers ont conduit à l'élaboration de théories qui introduisent des secteurs de Higgs étendus. C'est pourquoi la première étude porte sur ce sujet. Les higgs chargés étant préférentiellement couplés aux fermions lourds (donc au top) la contribution de la production semifaible du top au LHC (ou à un possible accélérateur futur) mérite une étude approfondie pour laquelle notre programme (EUROJET) constitue un outil parfait. Le travail dans cette voie fait l'objet d'un stage de DEA, et devrait constituer le point de départ d'une thèse. (*G. Bordes*, *S. Fichet*, *et al.*).

Ces derniers travaux se font en liaison avec des expérimentateurs préparant l'exploitation de LEP200.

7. Calcul Parallèle

Le groupe dispose actuellement d'un système informatique performant, constitué de trois calculateurs parallèles : deux T_Nodes et un TN310.

Les deux T_Nodes sont reliés à deux stations de travail Telmat. Le T_Node est un calculateur parallèle, issu du projet Européen ESPRIT SUPERNODE, muni de 66 transputers T800. Le calculateur TN310 est issu du programme européen GPMIMD et acquis dans le cadre de ce programme, muni de 32 processeurs T9000. Ce système peut fournir une puissance de plusieurs centaines de mégaflops.

Le travail du groupe s'effectue essentiellement vers 4 directions :

7.1. Canalisation d'électrons par un cristal

Le travail de simulation pour la canalisation se fait dans le cadre de deux collaborations internationales :

— La première fait l'objet d'un PICS avec le LAL d'Orsay, l'IPN de Lyon, l'Institut Budker de Physique Nucléaire de Novosibirsk (Russie), le Max-Planck Institut à Darmstadt (Allemagne). Le groupe a participé non seulement à la simulation de l'expérience mais aussi à son analyse et à ses prises de données.
— La seconde fait l'objet d'un programme de collaboration bilatérale avec le KFTI de Kharkov.

7.2. Simulation de l'incinération des actinides mineurs à l'aide d'accélérateurs

Ce travail fait l'objet d'un contrat entre l'EDF (Direction des Etudes et Recherches de Clamart) et le Laboratoire. Le groupe participe au programme d'intercomparaison (« benchmark ») des programmes de simulation, lancé par l'Agence pour l'Energie Nucléaire (NEA) de l'OCDE. Il collabore sur ce sujet plus particulièrement avec la Direction des réacteurs nucléaires du Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache et le Paul Scherrer Institut de Villigen (Suisse).

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

Nous avons présenté nos résultats à l'atelier de l'OCDE à Issy les Moulineaux, ainsi qu'à la conférence de Las Vegas sur ce sujet.

7.3. Médecine nucléaire

Un gros travail de simulation d'un collimateur, simulations thérapeutiques, simulation de la scintillation, se fait en étroite coopération avec le Service de Médecine Nucléaire de l'Hôpital Saint-Antoine.

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

7.4. Collaborations diverses

Un jour par semaine, le groupe accueille aussi une équipe de physique du Conservatoire National des Arts et Métiers de Paris ; celle-ci étudie la parallélisation de programmes de diffusion neutronique.

Le groupe participe aux études lancées par l'IN2P3 sur la physique auprès d'un accélérateur dédié à la production de t et de particules charmées.

Récemment une étude a commencé en collaboration avec l'IPN d'Orsay sur la simulation de l'effet faisceau-faisceau. Elle fait l'objet d'un contrat avec l'INTAS.

Le groupe participe à un projet de la Communauté Européenne pour la mise en œuvre de la nouvelle machine dont le processeur est le Transputer T9000 (projet GPMIMD). Cette machine possèdera à la fois une puissance nettement supérieure et des fonctionnalités qui devraient y rendre beaucoup plus aisée l'installation des programmes de simulation ou d'analyse des grandes expériences du CERN (DELPHI pour le Laboratoire).

Dans le cadre de ce dernier projet, une comparaison poussée entre les différents ordinateurs du Laboratoire, le VAX, l'ALPHA et le T_Node a été effectuée.

Le groupe est constitué par *R. Eschylle, A. Jecic, J. Maillard, G. Maurel, J. Silva, F. Tembely, F. Wolff-Bacha* (Boursière de l'EDF), et a accueilli trois visiteurs étrangers : *A. Kulakov* (BINP de Novosibirsk), *S. Fomin* et *V. Lapko* (KFTI de Kharkov, Ukraine).

Deux thèses sont en cours, par *F. Wolff-Bacha* et *G. Maurel*.

Le groupe a de plus accueilli 4 stagiaires : *M. Cherrière* et *K. Richert* (Ecole Navale), *S. Dhuime* (Maîtrise), et *D. D'Amico* (DEA).

8. Développements en instrumentation

8.1. Développement du RICH rapide

Nous avons fini de tester la première version de RICH rapide avec un radiateur en LiF et un détecteur multifils à TEA. Ceci a donné lieu à 3 publications et le détecteur a été adopté par l'expérience CLEO3 à l'usine à B symétrique de Cornell. Il donne une identification positive entre π et K jusqu'à 2,8 GeV/c, ce qui suffit dans ce cas, mais est encore insuffisant pour les usines à B asymétriques (SLAC et KEK).

Dans ce but, nous avons équipé le RICH rapide avec une photocathode réfléchissante au CsI et mesuré sa séparation π/K sur le faisceau de test T9 du CERN. Même si nous avons obtenu la discrimination angulaire attendue ($\sigma_\theta \approx 8$ mrad/photon), le nombre de photoélectrons de l'image est d'un facteur 2 inférieur à ce qui était attendu.

De plus, nous observons un débit de courant continu qui empêche l'utilisation du détecteur dans un haut flux. Nous avons conclu que le photosenseur au CsI n'est pas utilisable dans le cadre d'un détecteur de type RICH rapide en haute luminosité, et avons déplacé nos recherches vers d'autres techniques (Cf. sect. 8.2).

Pour obtenir un RICH capable de satisfaire les besoins des usines à B asymétriques, nous avons modifié le RICH rapide afin de travailler avec le gaz photosensible TMAE dans un mode semi-rapide. Nous avons ajouté des cloisons à 2 dimensions pour supprimer la rétroaction des photons et la parallaxe. Le potentiel des cloisons est réparti de façon à établir un champ électrique uniforme parallèle à leur surface, permettant ainsi la collecte et l'amplification des photoélectrons produits. En outre, les cloisons sont rendues réfléchissantes par un mince film de silicium (qui est suffisamment résistif pour permettre un gradient de potentiel à la surface). Ce détecteur a été conçu, produit et assemblé, et sera testé à partir de l'été 1995.

8.2. Développement du détecteur de photons HPD

Nous avons lancé un projet de production de photodiodes hybrides HPD comme détecteurs de lumière Čerenkov. Ces systèmes travaillent dans le vide avec une photocathode trialcaline standard de photomultiplicateur, mais le mécanisme d'amplification est simplement une accélération des photoélectrons à 15 kV, et la charge produite par l'impact sur une lame de silicium pixelisée est détectée. Un signal d'environ 4 000 électrons a été obtenu, avec un bruit inférieur à 100 électrons. Ce système peut être rendu sensible à la lumière visible et UV par un choix convenable de la fenêtre d'entrée (verre ou quartz).

Jusqu'à présent, un cylindre de quartz de 100 mm de diamètre a été réalisé, avec une fenêtre d'entrée en quartz fondu de haute qualité, pour abriter le détecteur de 90 mm de diamètre en silicium, avec 256 pixels de $4 \times 4 \text{ mm}^2$. Il fonctionnera d'abord avec une photocathode en CsI transmissive (réalisable en laboratoire, sans équipement à ultra-vidé), mais nous demanderons ultérieurement à l'industrie de produire des photocathodes transmissives trialcalines en technologie d'ultra-vidé). Ce système est très rapide ($\sigma_t \approx 1 \text{ ns}$) et peut être utilisé au LHC (Cf. sections 8.3 et 8.5).

8.3. Les détecteurs RICH pour l'expérience LHC-B au CERN

Nous avons conçu une série de 3 compteurs RICH à focalisation par miroirs pour la lettre d'intention LHC-B au CERN.

Leurs caractéristiques comparées sont les suivantes :

Acceptance (mrad)	50 - 400	50 - 400	10 - 150
Radiateur	Aérogel	C ₅ F ₁₂	CF ₄
Long. (cm)	5	50	200
Indice	1.06	1.001 75	1.000 46
Disc. π/K (GeV/c)	< 10	8 - 65	16 - 150
Lumière	Vis.	Vis.+ Uv	Vis.+ Uv
Ph.-élect./anneau	10 - 16	15 - 37	17 - 37
Pixels : nombre	105 000	160 000	170 000
côté (mm)	3	2	4

8.4. Détecteurs RICH de grande surface pour les expériences de neutrinos à longue portée

La technique RICH pour détecter les interactions de neutrinos de haute énergie sur les faisceaux envoyés du CERN au Gran Sasso (760 km) a été publiée et

présentée à plusieurs réunions sur les expériences futures au Gran Sasso (Gran Sasso, 16/12/94, CERN, 1/3/95 et Gran Sasso 23/8/95). Le radiateur d'argon (15 bar, 293°K, 50 m de long, 20 m de diamètre, 400 tonnes) permet de mesurer des images RICH de tous les secondaires de $\gamma > 10$ provenant des interactions de neutrinos. Ce système permet de mesurer la vitesse, l'impulsion, la masse et la direction avec d'excellentes précisions ($\sigma_\beta/\beta \approx 10^{-6}$, $\sigma_p/p^2 \approx .4 \%/GeV$, $\sigma_m/m \approx 2 \%$ et $\sigma_\theta \approx 100 \mu rad$).

Les photodétecteurs peuvent être soit des HPD en lumière visible, soit des chambres multifils avec le gaz TMAE photosensible dans l'UV.

Le principal inconvénient de ce système est sa masse assez faible (400 t), qui ne donnerait que 200 evts/an de haute qualité au Gran Sasso. Cet inconvénient pourrait être pallié par l'installation d'un réservoir de 8 000 t d'eau (20 m)³, comme cible pour les interactions du faisceau de neutrinos. On s'attend à ce que ce réservoir serve de calorimètre électromagnétique précis pour la détection de la lumière Čerenkov produite par les électrons de haute énergie des réactions $\nu_e X \rightarrow eX'$. Une mesure de la direction et de l'énergie de ces électrons permet de connaître les p et p_T de l'interaction. Des coupures dans le plan (p, p_T) permettrait d'isoler les interactions de ν_e par rapport à celles de ν_μ ou de ν_τ . Des coupures semblables effectuées sur les muons détectés dans le RICH permettent d'identifier des interactions de ν_μ ou de ν_τ . Le calorimètre Čerenkov fonctionne par réflexion totale interne, suivie de focalisation en utilisant une optique axicon. Toute la lumière Čerenkov d'une gerbe électromagnétique dans l'eau ($X_0 = 36$ cm) serait focalisée sur une tache, à une position déterminée par la direction de la gerbe et sur une dimension contrôlée par la diffusion multiple. Il apparaît que 20 m d'eau ($\approx 60 X_0$) donnerait une excellente détermination de l'énergie et de la direction de l'électron, et donc du (p, p_T) de ses secondaires.

La cible de 8 000 t d'eau donnerait 4 000 evts/an au Gran Sasso. Elle devrait être placée au centre de courbure du miroir du RICH ($r_m = 100$ m), de sorte que tous les muons sortant de la cible d'eau aient leur vitesse, impulsion, masse et direction mesurées. La combinaison de ce détecteur RICH à gaz avec le calorimètre à focalisation RICH par taches ferait un système détecteur complet capable de mesurer la saveur de tous les neutrinos interagissant à longue portée.

8.5. *Projet HELLAZ pour les neutrinos solaires*

Ce projet de détection et de mesure de l'énergie des neutrinos solaires ($E_\nu > 160$ keV) a été présenté dans le rapport d'activité précédent. Un nouvel article a été publié sur le détecteur TPC à hélium et hydrogène, ainsi qu'un autre concernant une nouvelle méthode pour déterminer la saveur du neutrino par la diffusion élastique $\nu - e$ à basse énergie.

Ce projet a été présenté au *Gran Sasso Future Experiments Meeting* le 22/3/95, et a reçu un accueil généralement favorable. Il sera incessamment présenté au Comité Scientifique du LSM à Paris, le 29/6/95.

Sur le plan expérimental, nous avons fait les tests initiaux de mélanges He + CH₄ dans HELLAZ-0 (dérive de 20 cm, détecteur à fils de 3 × 3 cm²) au CERN. Nous avons obtenu une sensibilité à l'électron unique jusqu'à une pression de 10 bar. Nous n'avons pas pu aller au-delà pour des raisons de sécurité, et nous n'avons pas pu refroidir à 77°K comme prévu, en raison d'une fuite qui s'est produite à cette température. Après réparation, les tests reprennent.

Nous avons installé au Collège de France pour test une nouvelle TPC, HELLAZ-1, avec une longueur de dérive de 50 cm et un détecteur multifils de 10 × 10 cm². Nous allons disposer 100 circuits de lecture en x et 100 en y , avec des analyseurs TDC à intervalles de 20 ns actuellement en développement au Laboratoire. Ceci permettra de mesurer la précision en temps de la TPC pour des gammas de 200-500 keV, qui, par diffusion Compton, simulent exactement la cinématique des diffusions élastiques $\nu - e$.

La conception de HELLAZ-2 a commencé. Ce sera une TPC de 2,5 m de dérive, avec une surface de détecteur de 1 × 1 m², soit un volume de 2,5 m³. Ce devrait être une maquette de test du détecteur pour presque tous les composants en grandeur réelle, avant la conception et la construction de HELLAZ-Prototype, une TPC de 40 m³ qui devrait être installée, avec ses écrans, au Gran Sasso.

J. Séguinot et T. Ypsilantis collaborent sur ce projet avec CERN/LAA et INFN/Bologna.

9. 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.

9.1. Evolution des infrastructures

9.1.1. Le réseau local

L'infrastructure de base est articulée autour d'un réseau local Ethernet, qui dessert maintenant tous les bureaux des utilisateurs, et d'un réseau AppleTalk, qui relie les micro-ordinateurs MacIntosh. Ces réseaux assurent :

— les communications entre les machines, stations et micro-ordinateurs installés au Laboratoire,

- l'accès au réseau Phynet de l'IN2P3,
- la connexion des consoles, terminaux X ou alphanumériques.

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

9.1.2. *Les matériels et leurs systèmes d'exploitation*

Sont actuellement connectés au réseau local Ethernet :

- un *cluster* général VAX/VMS (un VAX 6310, une VS 4000-60 pour l'analyse des données et une VS 3100 dédiée à la CAO mécanique sous logiciel EUCLID) muni d'un lecteur de cartouches magnétiques au standard IBM-3480.

Ce *cluster* assure les services généraux (infrastructure logicielle, bibliothèques générales, impressions diverses, sauvegarde des données et des programmes) ainsi que la mise au point des programmes d'analyse.

- deux ALPHA/OSF1, dont le second vient d'être mis en service, et qui reprennent progressivement les tâches d'intérêt général du cluster VMS qui doit être arrêté dans un proche avenir.

- 2 calculateurs parallèles T_Node de la S¹⁶ Telmat et leurs frontaux (stations UNIX STE30), ainsi qu'un TN310 et son frontal (UNIX SPARC 20) délivrant une puissance de calcul importante destinée d'abord aux calculs de simulation (GEANT et DELSIM).

- 3 stations de travail APOLLO utilisées à la fois comme : stations de développement UNIX, stations d'analyse des données, machines-hôtes des terminaux X, et serveurs d'impression. Malgré des efforts continus (augmentation de leur mémoire), ces stations sont au bord de la saturation, et devront être renforcées ou remplacées prochainement.

- 5 stations de travail SUN (sous UNIX) dédiées à la CAO électronique (logiciels CADENCE).

- 3 stations de travail HP, également sous le système UNIX, utilisées par certaines expériences pour des tâches spécifiques.

- 4 serveurs de terminaux permettant l'accès simultané, par TCP/IP, à plusieurs machines locales ou distantes. Ces serveurs ont remplacé l'autocommutateur qui permettait ces dernières années la connexion des terminaux aux différentes machines, et dont la technologie est dépassée.

- 4 serveurs d'impression spécialisés. Les imprimantes connectées sur ces serveurs sont ainsi accessibles directement à partir de toutes les machines, locales ou distantes.

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

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

L'installation du réseau local ETHERNET, qui constitue l'épine dorsale de notre Laboratoire, est achevée. Ce réseau supporte, en moyenne, une trentaine d'utilisateurs simultanés. Nous poursuivons l'équipement en terminaux X-Window, solution confortable et efficace pour un coût nettement moindre que celle qui consisterait à affecter une station de travail à chaque utilisateur. Le grand nombre d'appareils connectés à ce réseau (calculateurs, imprimantes, terminaux X) rendant sa fiabilité cruciale, nous devons prochainement nous équiper d'un analyseur de réseau.

Nous nous étions efforcés jusqu'à présent de conserver le cluster VAX/VMS pour des raisons de compatibilité avec les laboratoires avec lesquels nous collaborons. Le coût de maintenance de ces machines devenant prohibitif, cette politique n'est plus raisonnable. Pour tous les autres calculateurs du Laboratoire (DEC/ALPHA, APOLLO, SUN, HP et T-NODE), le système UNIX s'est imposé, comme ailleurs dans notre discipline, aussi bien pour les calculateurs des expériences que pour ceux des grands centres de calcul (CERN et CCIN2P3 notamment).

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

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

9.2. *Assistance aux utilisateurs*

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

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

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

10. Activités en électronique

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

Globalement, hélas, le nombre d'électroniciens diminue. Certains postes font défaut, des solutions palliatives (CES ou self-service) ne comblent que très approximativement les vides, et amènent à des surcoûts. Certaines compétences vont être perdues, en outre, si aucun recrutement n'a lieu à un niveau convenable.

10.1. Réalisations récentes ou en cours

DELPHI — VFT : Etude et réalisation de l'interface avec le détecteur à pixels. Etude du système d'acquisition de données FASTBUS correspondant. Réalisation d'un second prototype de la carte « répéteur » et de la carte « acquisition » avec la CAO ALLEGRO. Mise en œuvre avec des circuits de logique programmable.

Ions lourds (WA97) : Etude et réalisation d'un système de lecture et d'acquisition pour la chambre à damiers (lecture « pads » et lecture « fils »). Réalisation d'un système de sécurité HT pour ces chambres. Montage sur site et suivi.

Neutrinos à Chooz : Etude d'un système de digitisation des signaux à 200 MHz (« flash ADC »), et réalisation en circuit imprimé FASTBUS multicouche avec la CAO ALLEGRO. Industrialisation du produit (CAEN, Pise).

Astro-particules :

- Maintenance de l'installation existante, sur le site de THEMISTOCLE.
- Etude d'amplificateurs de tension et de courant pour les signaux issus des bolomètres ; réalisation en diverses technologies, dont CMS, avec le système ORCAD.

10.2. Recherche et développement

Pour réaliser un micro-détecteur de vertex de deuxième génération pour DELPHI, ainsi qu'un télescope destiné à étudier les corrélations dans les expériences avec les ions lourds, le Laboratoire a étudié la partie logique d'un détecteur au silicium à *pixels* (points de détection de $85 \times 280 \mu\text{m}^2$, équipés chacun d'une électronique de lecture). Cette activité s'inscrit également dans le cadre d'un programme de recherche et développement pour le LHC, approuvé par le DRDC du CERN (RD19), et reconduit en 1995.

Après l'approbation du projet VFT (Very Forward Tracker) de DELPHI en novembre 1993, l'équipe du Laboratoire a réalisé un circuit intégré *full-custom* définitif, adapté à présent à des pixels plus grands, de $330 \mu\text{m} \times 330 \mu\text{m}$, parachevant ainsi le développement des prototypes précédents. Elle a participé aux

tests des circuits, à la recherche avec l'industrie de nouveaux procédés de *bonding* pour relier pixel par pixel le circuit détecteur étudié par le CPPM au circuit logique que nous avons développé, ainsi qu'à la recherche d'architectures nouvelles, adaptées à LHC.

A l'heure actuelle, la phase de production des circuits est lancée, et la construction du VFT démarre.

10.3. *Activités d'intérêt général*

Quelques agents assurent, pour l'ensemble du Laboratoire, le fonctionnement et l'assistance en logiciel, pour :

- Les postes d'IAO/CAO : implantation et routage de circuits imprimés (ALLEGRO) ; simulation logique et analogique ; PIC designer, ARTIST, etc. (CADENCE).

- La mise à jour des versions de ces logiciels.

- La gestion du magasin : stock courant, commandes, maintenance, documentation.

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

11. *Mécanique : études et réalisations*

Le service de mécanique apporte son soutien à toutes les activités du Laboratoire, dans la mesure de moyens trop limités.

Citons les tâches actuelles, qui gardent pour l'essentiel une même orientation que dans les années passées :

- OMEGA/Ions lourds :

- Modifications et amélioration des chambres à damiers, simples et doubles,

- Modifications et amélioration du système de positionnement des chambres à damiers dans l'aimant.

- Essais et tests sur le site.

- Chooz :

- Suivi et contrôle technique de l'installation du laboratoire dans la galerie souterraine de la centrale désaffectée de Chooz A, et à l'extérieur.

- Maîtrise d'ouvrage des divers intervenants sur le site.

- Installation des organes de stockage et régulation du remplissage en fluides scintillants des deux enceintes du détecteur,

- Tests des divers capteurs de contrôle du fluide scintillant.

- Astro-particules :

— Mise au point sur le site de 10 nouveaux miroirs échangés sur les montures d'héliostats existantes à Thémis pour THEMISTOCLE.

— Lancement et étude de 2 ensembles de 4 miroirs pour le détecteur à muons.

— Au L.S. de Modane : Achèvement des enceintes d'isolement radioactif et antivibratoire, infrastructures, raccordements de fluides, accès et potence de manipulation pour EDELWEISS.

- Instrumentation :

— Etudes, développements et montages sur le prototype HELLAZ-1

Les mécaniciens du Laboratoire sont : *P. Bonierbale, R. Cachi Mamani, G. Calvayrac, A. Diaczek, B. Didierjean, E. Duverney, P. Guillouet, J.-P. Jobez, F. Lelong, D. Marchand, M. Pairat, J.-P. Rény, C. Robert, P. Salin.*

12. Services généraux

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

- Secrétariat administratif et scientifique :

C. Bréon-Hussenot, E. Brochet, J. Brossaud, D. Cerverra, H. Le Bihan, G. Masséï, C. Masson, V. Sainz

- Bibliothèque et Documentation :

G. Bakhtia, J. Come-Garry, A. Damais, D. Levailant, M. Naah, F. Ott, I. Portebois, J. Weisz.

- Service intérieur :

H. Ahamada, Y. Alger, J. Le Fur, S. Néchal, Y. Ounich, D. Polard, C. Rodaro, J.-A. Yoro.

- Imprimerie et photo :

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

13. Ouverture du Laboratoire

13.1. Participation à la vie d'organismes extérieurs

A. de Bellefon : correspondant au Laboratoire de la Division de physique des particules de la Société Française de Physique. A ce titre il sera dès le mois de juillet 95 membre du comité de rédaction du bulletin de la SFP,

— membre du GDR de Cosmologie.

J.-N. Capdevielle : membre de l'IUPAP (Union Internationale de Physique Pure et Appliquée), chargé de la liaison entre les commissions internationales C4 (cosmiques) et C11 (particules),

— rapporteur pour le Journal of Physics G.

Y. Giraud-Héraud : correspondant scientifique de G. Edelheit, chargée de communication à l'IN2P3.

M. Sené : vice-présidente de la Commission de La Hague. A ce titre, elle a participé au voyage d'études au Japon, avec visite des installations de retraitement et d'entreposage de déchets, du 5 au 15/5/94,

— chargée de mission d'expertise en Suisse, avec exposé sur les déchets nucléaires et l'entreposage en Suisse, auprès de la Commission fédérale de l'énergie, Berne, 28/6/94.

R. Sené : membre du CSSIN et du Comité Scientifique de l'IPSN.

13.2. Organisation de manifestations scientifiques

A. de Bellefon : Session « Hors accélérateurs » des journées jeunes chercheurs de la SFP, Carry le Rouet (déc. 94),

— membre du comité d'organisation du colloque « Réalité et Virtualité en physique », Ministère de la Recherche, 21/6/95,

— membre du Comité scientifique du Congrès général de la SFP où il organise le Colloque interdisciplinaire Astro-particules. Marseille, 4-8/9/95.

J.-N. Capdevielle : 8^e Symposium international des interactions cosmiques (Tokyo-Waseda 94).

Y. Giraud-Héraud : Dark Matter in Cosmology, Clocks, and Tests of Fundamental Laws, (Ecole de Moriond), Villars-sur-Ollon, Suisse, 21-28/1/95.

Y. Giraud-Héraud, D. Levaillant : 1^{re} Journée Supernovæ, Collège de France, 17/5/95.

D. Levaillant : Préparation de la 3^e école interdisciplinaire « Détection de rayonnements à très basse température », Lyon, 22-23/11/94.

— Journées de réflexion « Evolution des bases de données des publications de l'IN2P3 », Lyon, 9-10/5/95.

— Journée d'études « Archivage scientifique dans les laboratoires de l'IN2P3 », Paris, 23/5/95.

M. Sené : Journées sur l'énergie avec les lycéens, Fondation 94, 10/4/95.

13.3. Enseignements à l'extérieur du Laboratoire

M. Abbès : Électronique, Microprocesseurs, Université de Paris 6 (40 h).

A. de Bellefon et G. Tristram : Les détecteurs en physique des particules, Orsay, nov. 94 (6 h).

C. Bréon : « Connaître le CNRS pour agir », animation de stages et préparation aux concours dans diverses délégations régionales (50 h).

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

— Participation en qualité d'expert de la BAP 5 à l'opération-pilote de la DRH : évaluation des ITA (5 jours).

J.-N. Capdevielle : Cours de Physique des particules en Maîtrise à l'Université de Perpignan.

A. Djannati-Ataï : Moniteur pour la mécanique classique en 1^{re} année (travaux dirigés et pratiques), Université de Paris 7.

L. Guglielmi : « Les microcontrôleurs et leurs applications », Paris 6, janvier 95 (3 h).

J.J. Jaeger : Ecole d'électronique de l'IN2P3 à Sfax (Tunisie) en juin 1994.

— « Journée des jeunes entrants » à l'IN2P3 le 9/2/95.

— Participation en qualité d'expert de la BAP 2 à l'opération-pilote de la DRH : « évaluation des ITA ».

M. Sené : DESS environnement : « Le cycle nucléaire », Paris 11, 27/3/95.

T. Ypsilantis : « Development of Rich counters », Ecole d'Erice, Erice, Sicile, 3/8/94.

13.4. Séminaires ou présentations donnés à l'extérieur

A. de Bellefon : « Premiers résultats d'Edelweiss », conférence de l'EPS à Bruxelles.

J.-N. Capdevielle : « Extensive air shower behaviour as predicted from dual parton model », Univ. de Nagoya, Solar Terrestrial Environment Laboratory, 4/7/94.

— « Solar flares and high energy neutrons interactions in high atmosphere, consequences on muon component », Institute of Nuclear Studies, Lodz, 24/8/94.

— « Disoriented chiral condensates and high-energy cosmic ray phenomena », IK3, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 18/5/95.

A. Djannati-Ataï : Séminaire de cosmologie pour les étudiants de DEUG de 1^{re} année à l'Université de Paris 7, Mai 95.

— « Astronomie gamma des très hautes énergies », Lapp (Annecy), 7/4/95.

P. Kessler et J. Parisi : « Overview on photon-photon collisions », Université de Bir-Zeit (Cisjordanie), et discussions diverses dans la région, 10-18/12/94.

S. Ong : « Progrès récent dans l'analyse du facteur de forme de transition pion-photon », DAPNIA/SPHN — Saclay, 10/5/95.

J. Parisi : « Study of J/Ψ three body decay involving two baryons and one pseudoscalar meson », Turin, 9/6/95.

M. Sené : « Apport d'un laboratoire au problème des déchets », exposé dans le cadre de la commission locale de concertation sur les déchets, Préfecture de la Haute-Marne, 5/12/94.

— « La radioactivité et le vivant », exposé dans le cadre de la commission locale sur les déchets, Préfecture du Gard, 18/1/95.

— « La radioactivité : effets sur le vivant », Préfecture de la Meuse, 26/1/95.

— « Les déchets très faiblement actifs », Entretiens de Ségur au Ministère de l'Environnement, 21/2/95

— Participation à la Table Ronde « Les experts sont formels ». Journée des journalistes scientifiques, Cité des sciences de La Villette, avec le soutien du Ministère de la Recherche, 24/3/95.

R. Sené : Participation à la Table Ronde sur Superphénix organisée à Zurich par l'Office Fédéral de l'Energie, 31/5/95.

T. Ypsilantis : « Hellaz », Max-Planck Institut, Munich, 12/7/94.

— « RICH for Long Baseline Neutrinos », Long Baseline Neutrinos Proposals, Gran Sasso, Italie, 15-16/12/94.

— « Saveur et flux à partir d'HELLAZ », Future Gran Sasso Experimental Program, Gran Sasso, Italie, 23/3/95.

— « L'expérience HELLAZ », *ibid.*

— « RICH for Long Baseline Neutrinos », *ibid.*

— « HELLAZ », Université de Lyon, Lyon, 28/4/95.

— « Le projet Hellaz », Comité Scientifique du LSM, Paris, 29/6/96.

13.5. Participation à des manifestations scientifiques

A. de Bellefon, S. Ong, A. Volte : Journées sur les projets de la Physique Hadronique, Super-Besse, 12-14/1/95.

A. de Bellefon, T. Ypsilantis : Workshop on Future Experiments at Gran Sasso, LNGS (Italie), 22-26/3/95.

G. Bordes : 30^{es} Rencontres de Moriond, Les Arcs, 19-26/1/95.

— Workshop « Physics with $e^+ e^-$ linear colliders », Annecy, 4/2/95.

G. Bordes, C. Tao : Colloque International sur la Supersymétrie et l'Unification des interactions fondamentales, SUSY'95, Palaiseau, 19/5/95.

C. Boutonnet, J.-J. Jaeger, J. Waisbard : Participation à RD19, workshop permanent en recherche et développement sur les détecteurs au silicium. Tous les 2 mois au CERN, et à Prague en mai 95.

J.-M. Brunet : International Conference on High Energy Physics, Glasgow, juillet 94.

J.-M. Brunet, G. Tristram : 2nd workshop on Rich detector in Delphi, Copenhague, avril 95.

- Workshop Acro, Fermilab, mai 95.
- J.-N. Capdevielle* : Conférence internationale des rayons cosmiques (Rome, 1995), en tant que rapporteur.
- Fête de la Science en Languedoc-Roussillon (Conférences et film).
- C. Carimalo, P. Kessler, O. Panella et J. Parisi* : « Photon 95 », Sheffield, 8-13/4/95 (2 présentations). *A. Djannati-Ataï*.
- « The Crab gamma ray spectrum revised in the range 3 to 15 TeV », présentation des résultats de Themistocle, 14th. European Cosmic Ray Symposium. Balaton 28 août-3 sept. 1994.
- « The Crab gamma ray spectrum revised in the range 3 to 15 TeV », présentation des résultats de Themistocle, International workshop on TeV gamma ray astrophysics. Heidelberg, 19/10/94.
- Y. Dufour* : Ecole des détecteurs, La Londe Les Maures, 8-12/5/95.
- Y. Giraud-Héraud* : 30^{es} Rencontres de Moriond, Les Arcs, 11-18/1/95.
- L. Guglielmi, G. Tristram* : Workshop Acro, Fermilab, janvier 95.
- J.-J. Jaeger* : Séminaire ASSP « Reaching beyond Asics », Vélizy, 16/2/95.
- Workshop on development of hybrid and monolithic silicon micropattern detectors, Prague (R. Tchèque), 26-29/4/95.
- D. Levailant* : Salon de la Physique, Paris, 7-10/11/94 :
- Préparation de posters sur la détection de neutrinos par bolomètres — Préparation d'une expérience de fluorescence à très basse température en collaboration avec l'IPN de Lyon.
- S. Ong* : Workshop DAΦNE 95, Frascati (Italie), 4-7/4/95.
- O. Panella* : « Theoretical background in $\gamma\gamma^*$ collisions », III EURODAΦNE Collaboration Meeting, Durham, 10-15/12/94.
- M. Sené* : Participation aux débats organisés par le Ministère de l'Environnement.
- « Transport de l'énergie », Toulouse, 14/9/94. — « Déchets et retraitement », Caen, 28 et 29/9/94.
- Quark Matter '95, 11th Int. Conf. on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions, Monterey, CA, (USA), 9-13/1/95.
- S. Szafran, A. Volte* : IV Int. Workshop AIHENP on software engineering and artificial Intelligence, Pise (Italie), 3-8/4/95.
- C. Tao* : 30^{es} Rencontres de Moriond, Villars s/Ollon (Suisse), 21-28/1/95.
- M. Touré* : Workshop WWW'95, Darmstadt (Allemagne), 9-13/4/95.
- T. Ypsilantis* : « HELLAZ », exposé invité, Advanced Technology for Particle Physics, Como, Italie, 4/10/94.
- « Perspectives du RICH », exposé invité, Rich95 workshop, Uppsala, Suède, 16/6/95.

13.6. *Accueil de chercheurs*13.6.1. *Stagiaires*

- M. Ben Jaber* : Chooz, 13/12/93-15/12/95.
F. Blondeau : Astro-particules, 16/6-31/7/94.
N. Caillavet : Chooz, 18/4-18/8/95.
F. Costa : Delphi, 1/5-30/6/94.
M. Cherrière : Calcul parallèle, 20/6-30/9/94.
D. D'Amico : Calcul parallèle, 23/2-30/8/94.
S Dhuime : Calcul parallèle, 15/6-30/9/94.
S. Fabbro : Delphi, 15/5-30/6/95.
S. Fichet : Théorie, 1/3-30/6/95.
D. Henzsel : Oméga, 28/3-21/6/94.
K.-M. Kaplan : Astro-particules, 15/12/93-15/6/94.
Y. Le Du : Astro-particules, 15/5-30/6/95.
E. Lecherf : Astro-particules, 2/5-31/8/94.
N. Mabrouki : Astro-particules, 2/5-31/8/94.
I. Olory : Delphi, 4/7-20/8/94.
M. Prochnow : Astro-particules, 16/6-31/7/94.
K. Richert : Calcul parallèle, 20/6-30/9/94.
O. Riera : Astro-particules, 5/4-31/12/94.
J. Soudée : Astro-particules, 15/12/93-15/6/94.
S. Tourki : Delphi, 28/4-25/6/94.

13.6.2 *Thésards*

A. Djannati-Ataï : THEMISTOCLE-CAT : « Mesure du spectre d'émission de la nébuleuse du Crabe (M1) en rayons gamma au-delà du TeV, par la détection de la lumière Čerenkov de la gerbe atmosphérique » (16/5/95).

- G. Maurel* : Calcul parallèle.
D. Véron : Chooz.
F. Wolff-Bacha : Calcul parallèle.

13.6.3. *Savants visiteurs*

- A. Etenko* : Chooz, 15/12/94-1/3/95 et 12/5-4/11/95.
S. Fomin : Calcul parallèle, 11/5-15/7/94.
Y. Kozlov : Astro-particules, 6/9/94-25/2/95.

- A. Kulakov* : Calcul parallèle, 16/5-30/7/94
A. Martemyanov : Chooz, 3/10-23/12/94
V. Martemyanov : Chooz, 1-10/12/94 et 3-9/5/95
I. Matchouline : Chooz, 2/5-3/6/94
L. Mikaelian : Chooz, 21/11-11/12/94
S. Nikolaev : Chooz, 7/6-31/8/94
O. Panella : Théorie, 30/3/93-31/12/96
M.-C. Perillo-Isaac : Astro-particules, 15/7/93-30/9/94
S. Riley : Bugey, 27/8/93-31/7/94
V. Sinev : Chooz, 15/2-14/4/95
M. Skorokhvatov : Chooz, 15/12/94-14/1/95 et 7/4-6/5/95
S. Sukhotine : Chooz, 6/8/93-31/12/95
V. Vyrodov : Chooz, 1/12-11/12/94

13.7. *L'effort de formation au Laboratoire*

13.7.1. *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 Paris, une des formations associées au CNRS qui a le plus la pratique de la formation, pour progression professionnelle, pour reconversion ou pour relocalisation dans d'autres laboratoires par voie de concours.

La formation s'intègre naturellement dans la programmation scientifique du Laboratoire. La grande mutation qui concerne tous les ITA, quelle que soit leur spécialité, est évidemment le recours croissant à l'informatique, à tous les niveaux. On distinguera cependant la formation des utilisateurs de l'informatique et celle des informaticiens eux-mêmes, qui représentent des niveaux et des objectifs bien différents.

13.7.2. *Reconversions*

Il s'agit de deux formations assez lourdes, de plus de 100 heures, qui débouchent sur un diplôme. Cette année, après une préparation à l'entrée à l'ENSEA, un jeune électronicien a réussi le concours. Ceci engage un processus de 3 ans (près de 600 h de cours par an) et la prise en charge des frais de formation par le CNRS, pour environ 90 kF.

D'autre part, en prévision du départ en retraite du spécialiste de ce domaine, une formation qualifiante d'Assistant en Micro-ordinateurs a été suivie avec succès par un technicien-informaticien (30 j. de cours et 10 j. de stage en entreprise).

13.7.3. Ecoles thématiques et séminaires de l'IN2P3 et du CNRS

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

13.7.4. Cours d'anglais et d'espagnol

Seul un stage intensif et un cours de perfectionnement ont été suivis, par un chercheur et un ITA. C'est une nette diminution par rapport aux années antérieures.

13.7.5. Formations individuelles

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

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

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

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

Administration : Pour suivre l'évolution des techniques de bureautique, des formations sont en cours sur les logiciels de gestion et les techniques financières.

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

Il est intéressant de souligner que presque tous les services sont concernés et que, en 1994/95, **29** agents dont 3 chercheurs ont suivi à l'extérieur **184** jours de stage ou école, pour un total de plus de **1700** heures.

13.7.6. *La formation spécifique des informaticiens*

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

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

C'est ainsi que le Laboratoire a décidé d'abandonner son ordinateur central VAX, dont le prix de maintenance devenait prohibitif, pour se doter de stations ALPHA remplissant un rôle analogue. Ceci implique un abandon du système VMS au profit du système UNIX, et une reformation substantielle des utilisateurs.

Comme les informaticiens sont naturellement amenés à faire cette formation des utilisateurs, par des cours organisés, ou sur le tas, il leur est nécessaire de bénéficier de formations de fond par des professionnels bien expérimentés, ainsi que de suivre régulièrement l'évolution rapide de leur discipline en participant à des séminaires ou colloques, tels que *Computing in HEP*.

13.8. *Valorisation de la recherche*

P. Courty a développé pour l'expérience de Chooz (Cf. section 5.2) une carte de numérisation rapide de signaux (flash ADC) dont l'industrialisation a été confiée à la firme CAEN de Pise.

14. *Liste des publications*

14.1. *Généralités*

« La chasse aux particules », *M. Crozon*, in *Organisation de la recherche et conformisme scientifique*, P.U.F. (1994)

14.2. *DELPHI*

LPC 94 21 : Measurement of $B^0 - \bar{B}^0$ mixing parameter in DELPHI. Collab. DELPHI⁹, *Phy. Lett. B* 332 (1994) 488-500.

⁹ Ont signé dans la collaboration DELPHI au Laboratoire : C. Aubret, P. Beillière, J.-M. Brunet, Ch. Defoix, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, L. Guglielmi, P.-F. Honoré, P. Lutz, J. Maillard, D. Poutot et G. Tristram.

LPC 94 32 : Search for pair-produced heavy scalars in Z^0 decays. Collab. DELPHI, CERN-PPE/94-83, Soum. à Z. Phys. C.

LPC 94 34 : A precision measurement of the average lifetime of b hadrons. Collab. DELPHI, Z. Phys. C 63 (1994) 3-15.

LPC 94 33 : Charged kaon production in τ decays at LEP. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 334 (1994) 435-449.

LPC 94 38S : *I. Olory* : Collab. DELPHI, Rapport de stage Janus effectué sous la direction de G. Tristram.

LPC 94 43 : A study of radiative muon-pair events at Z^0 energies, and limits on an additional Z' gauge boson. Collab. DELPHI, CERN-PPE/94-121.

LPC 94 46 : Production characteristics of K^0 and light meson resonances in hadronic decays of the Z^0 . Collab. DELPHI, Z. Phys. C 65 (1995) 587-602.

LPC 94 47 : Measurement of time-dependent $B^0_d - \bar{B}^0_d$ mixing. Collab. DELPHI Phys. Lett. B 338 (1994) 409-420.

LPC 94 53 : Measurement of the forward-backward asymmetry of $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow b\bar{b}$ using prompt leptons and a lifetime tag. Collab. DELPHI, Z. Phys. C 65 (1995) 569-585.

LPC 94 54 : First evidence of hard scattering processes in single tagged $\gamma - \gamma$ collisions. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 342 (1995) 402-416.

LPC 94 55 : Measurement of the forward-backward asymmetry of charm and bottom quarks at the Z^0 pole using $D^{*\pm}$ mesons. Collab. DELPHI, Z. f. Phys. C 66 (1995) 341-354.

LPC 94 56 : Measurement of the Γ_{bb}/Γ_{had} branching ratio of the Z^0 by double hemisphere tagging. Collab. DELPHI, CERN-PPE/94-131, Soum. à Z. Phys. C.

LPC 94 57 : Observation of orbitally excited B mesons. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 345 (1995) 598-608.

LPC 94 58 : Operational experience with the 4π Ring Imaging Čerenkov detector of DELPHI. Collab. DELPHI, DELPHI 94-124, RICH 63.

LPC 94 59 : J/Ψ production in the hadronic decays of the Z. Collab. DELPHI, CERN-PPE/94-99.

LPC 94 60 : First measurement of the strange quark asymmetry at the Z^0 peak. Collab. DELPHI, CERN-PPE/94-219, Soum. à Phys. Lett. B.

LPC 94 62 : Search for heavy neutral Higgs bosons in two-doublet models. Collab. DELPHI, CERN-PPE/94-218, Soum. à Phys. Lett. B.

LPC 95 03 : Production of charged particles, K_s^0 , K^\pm , p and L in $Z \rightarrow b\bar{b}$ events and in the decay of b hadrons. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 347 (1995) 447-466.

LPC 95 05 : Measurement of $Z^0 \Gamma_{bb}/\Gamma_{had}$ using impact parameter measurements and lepton identification. Collab. DELPHI, CERN-PPE/95-08.

LPC 95/Conf 1 : The Ring Imaging Čerenkov detectors of DELPHI. Collab. DELPHI, NIM A 343 (1994) 68-73.

LPC 95 15 : Inclusive measurements of the K^\pm and p/\bar{p} production in hadronic Z^0 decays. Collab. DELPHI, CERN-PPE/95-28.

LPC 95 17 : Production of strange b baryons decaying into $\Xi^\pm - \bar{1}^+$ pairs at Lep. Collab. DELPHI, CERN-PPE/95-29.

LPC 95 18 : Measurement of the τ polarisation in Z^0 decays. Collab. DELPHI, CERN-PPE/95-30.

LPC 95 19 : Strange baryon production in Z^0 hadronic decays. Collab. DELPHI, CERN-PPE/95-39.

LPC 95 21 : The DELPHI Very Forward Tracker for LEP200. A. Andreazza, *et al.* (C. Aubret, C. Boutonnet, J.-M. Brunet, Y. Dufour, L. Guglielmi, J.-J. Jaeger, G. Tristram, J. Waisbard), Wire Chamber Conference '95, Vienne, Autriche, 13-17/2/95.

14.3. Astro-particules

LPC 94 27S : Contrôle des températures à différents niveaux d'un cryostat à l'aide d'un micro-ordinateur. E. Lecherf : Rapport de stage sous la direction de R. Bruère-Dawson.

LPC 94 36S : Recherche de naines brunes situées dans le halo de notre Galaxie ou de la galaxie d'Andromède : simulations. F. Blondeau : Rapport de stage sous la direction de Y. Giraud-Héraud.

LPC 94 40S : Themis : un outil graphique d'analyse des données. N. Mabrouki : Rapport de stage sous la direction de L. Martin.

LPC 94 44S : Etude théorique de la faisabilité d'une discrimination γ - hadron basée sur une analyse des signaux simulés dans l'expérience Themistocle. O. Riera , rapport de stage sous la direction de P. Espigat.

LPC 94 50 RI : Implantation au LSM pour EDELWEISS. A. de Bellefon, Y. Giraud-Héraud, D. Marchand.

LPC 94 64 : Particle dark matter search with low activity scintillators : status report. LNGS 94/108, C. Bacci, *et al.* (Y. Giraud-Héraud, C. Tao).

LPC 94/Conf 10 : Looking for microlensing of stars of the Andromeda galaxy M31 by monitoring pixels. P. Baillon, *et al.* (C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud), « XXIX^e Moriond, Particle Astrophysics, Atomic Physics and Gravitation », Villars s/Ollon, (Suisse) 22-29/1/1995.

LPC 95 04 : AGAPE, an experiment to detect MACHOS in the direction of the Andromeda galaxy. R. Ansari, *et al.* (C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud). 17th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, München, Allemagne, Déc. 1994.

LPC 95 06 : Direct vs. indirect detection of WIMPS. J. Rich, C. Tao, Dapnia/Spp 95-01, Snowmass 94, Particle and Nuclear Astrophysics and Cosmology in the Next Millenium, 29/6-19/7 1994.

LPC 95 07 : Microscopic parton physics and cosmic ray interactions. *J.-N. Capdevielle* : Nucl. Phys. B 39 A (1995) 154-162.

LPC 95 08 : Flavor and flux determination of the pp solar neutrinos via $\nu - e$ elastic scattering. CERN-LAA/95-11, *J. Séguinot, T. Ypsilantis, et al.*

LPC 95 11 RI : AGAPE : Détection de naines brunes dans les halos de galaxies par effet de microlentille gravitationnelle sur les étoiles de M31. Projet déposé à l'INSU le 1^{er} Mars 1995. AGAPE : Demande de temps de télescope. *Y. Giraud-Héraud, et al. (C. Ghesquière).*

LPC 95 13 : Parton distribution functions and UHE cosmic-ray interactions. *J.-N. Capdevielle, et al.*, J. Phys. G 21 (1995) 121-127.

LPC 95 14 : Cosmic ray chemical composition estimated between 2×10^{14} eV and 10^{16} eV using muon size fluctuations. K. Mitsui, et al. (*J.-N. Capdevielle*) Astroparticle Physics 3 (1995) 125-136.

LPC 95 T1 : Mesure du spectre d'émission de la Nébuleuse du Crabe (M1), en rayons γ au-delà du TeV, par la détection en lumière Čerenkov des cascades atmosphériques. *A. Djannati-Ataï*, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris 6, 16 mai 1995.

14.4. Neutrinos

LPC 94 22 : Search for neutrino oscillations at 15, 40 and 95 meters from a nuclear power reactor at Bugey. *Y. Declais, et al. (J.-P. Cussonneau, Y. Dufour, H. de Kerret, B. Lefèvre, M. Obolensky)* Nucl. Phys. B 434 (1995) 503-532.

LPC 94 42 : Study of reactor antineutrino interaction with proton at Bugey nuclear power plant. *Y. Declais, et al. (H. de Kerret, B. Lefèvre, M. Obolensky)* Phys. Lett. B 338 (1994) 383-389.

LPC 94 49 : Determination of hydrogen atom concentration in the Chooz gadolinium-loaded scintillator. *B. Lefèvre, L. Mikaelyan, V. Sinev.*

LPC 94 65 : First results from the Cr neutrino source experiment with the GALLEX detector. *P. Anselmann, et al, GALLEX Coll. (C. Tao),* Phys. Lett. B 342 (1995) 440.

LPC 95/Conf 2 : Status of the GALLEX experiment. C. Tao, Snowmass 94, « Particle and Nuclear Astrophysics and Cosmology in the Next Millenium », 29/6-19/7/94.

14.5. Théorie

LPC 94/Conf 7 : J/Ψ decays into baryon-antibaryon pairs in the quark-scalar diquark model. *J. Parisi*, Colloque « Diquarks II », Turin, Nov. 1992. *M. Anselmino et E. Predazzi, eds. (World Scientific, Singapour, 1994).*

LPC 94/Conf 8 : Study of the $J/\Psi \rightarrow p\bar{p}\gamma$ decays. *S. Ong, ibid.*

LPC 94/Conf 9 : Checking perturbative Qcd in pseudoscalar-meson production with off-shell photons. *P. Kessler, S. Ong*, Workshop « Two-photon Physics from DAΦNE to LEP200 and beyond », *F. Kapusta, J. Parisi*, eds. pp. 143-151.

LPC 94 31 : Meson radiative decays and anomaly physics, a test of QCD. *M. Benayoun, Ph. Leruste, J.-L. Narjoux, et al.*, *Z. f. Phys. C 65* (1995) 399-415.

LPC 94 35 : Photon fluxes and the EPA. *P. Kessler* : Workshop on Two-Photon Physics at LEP and HERA, Lund (Suède), 26-28/5/94.

LPC 94 39 : Bounds on compositeness from neutrinoless double beta decay. *O. Panella, et al.*

LPC 94 52 : Azimuthal correlations in $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0$ at DAΦNE. *S. Bellucci, et al.* (*S. Ong*) , Second DAΦNE Physics Handbook, L. Maiani *et al.* eds. (INFN, Frascati, 1994).

LPC 95 09 : Improved perturbative QCD analysis of the pion-photon transition form factor. *S. Ong.*

LPC 95 10 : Study of J/Ψ three-body decays involving baryons. *E. H. Kada, et al.* (*J. Parisi*).

LPC 95 12 : Azimuthal correlations in photon-photon collisions. *N. Arteaga-Romero, C. Carimalo, P. Kessler, S. Ong, O. Panella.*

14.6. Calcul parallèle

LPC 94 37 : Simulation of radioactive waste transmutation on the T-Node parallel computer. *F. Bacha, J. Maillard, J. Silva.*

LPC 94 45S : Portage d'un simulateur d'incinération d'actinides sur une architecture parallèle à base de T9000. *M. Cherièrè, K. Richert*, rapport de stage sous la direction de *J. Maillard.*

LPC 94 51 RI : Expériences Numériques avec Gexam1. *R. Eschylle.*

LPC 94 63 : Positron source using channeling in a tungsten crystal. *X. Artru, et al.* (*A. Jejcic*) *NIM A 344* (1994) 443-454.

LPC 95 02 : Multiple scattering effect on radiation of high energy electrons in a thin layer of substance. *S. P. Fomin, et al.* (*A. Jejcic, J. Maillard, N. F. Shulga, J. Silva*).

LPC 95 16 : Track parallelisation in Geant detector simulations. *J. Maillard, J. Silva.*

14.7. Instrumentation

LPC 94 20S : Etude d'une discrimination d'impulsions basée sur la forme par des techniques numériques. *D. Henzsel*, Rapport de stage sous la direction de *M. Abbès* (Diplôme d'Ingénieur de l'ENSI de Caen).

LPC 94 28 : Hellaz : A high rate solar neutrino detector with neutrino energy-determination. *F. Arzarello, et al. (J. Séguinot, T. Ypsilantis)*, Dark Matter School, Valencia, Espagne, 8/10/93.

LPC 94 29 : A large area Rich for long baseline neutrinos. CERN-LAA/PI-94-17, *D. Hatzifotiadou, et al. (J. Séguinot, T. Ypsilantis)*.

LPC 94 30 : Beam tests of a Fast-Rich prototype with VLSI readout electronics. *J. Séguinot, T. Ypsilantis, J.-P. Jobez, et al.* NIM A 350 (1994) 430-463.

LPC 94 41 Rev. : A sparse data scan circuit for pixel detector readout. *J.-J. Jaeger, C. Boutonnet, J. Waisbard, et al.* IEEE Transactions on Nuclear Science, 41, n° 3 (1994) 632-636.

LPC 94 48 : Development of Ring Imaging Čerenkov counters for particle identification. *T. Ypsilantis, J. Séguinot*.

LPC 94 61 : Development of silicon micropattern pixel detectors. Coll. RD19, E.H.M. Heijne, *et al. (C. Boutonnet, J.-J. Jaeger, J. Waisbard)* NIM A 34 (1994) 399-408.

LPC 94 68 : Operation of a Fast-Rich prototype with VLSI readout electronics. *J.-L. Guyonnet, et al. (J.-P. Jobez, J. Séguinot, T. Ypsilantis)*, NIM A 343 (1994) 178-191.

LPC 95 28 : Liquid Xenon Scintillation : photon yield and Fano factor measurements. *J. Séguinot, T. Ypsilantis, et al.*, NIM A 354 (1995) 280-287.

LPC 95 29 : First beam tests of a Fast-Rich prototype with VLSI readout electronics. *R. J. Mountain, et al. (J. Séguinot, T. Ypsilantis, J.-P. Jobez)*, NIM A 360 (1995) 400-410

15. Séminaires du Laboratoire

28 septembre : T. Kirsten, MPI, Heidelberg (Allemagne). Status of Solar neutrino experiments with an emphasis on GALLEX.

5 octobre : F. Bacha, M. Baubillier (Paris 6), J. Dumarchez (Paris 6), *C. Tao*. Compte rendu des conférences de cet été.

12 octobre : H. Hoffman, CERN. Retombées technologiques de la physique des particules.

19 octobre : L. Nottale, Meudon. La relativité d'échelle.

26 octobre : M. Boratav, Paris 6. Recherche et identification de sources accélératrices cosmiques de très hautes énergies : projet CYCLOPE.

9 novembre : J. Schwindling, DAPNIA/SPP, Saclay. Le calorimètre électromagnétique d'ATLAS.

16 novembre : M. Cribier, DAPNIA/SPP, Saclay. Une nouvelle lumière dans GALLEX : les neutrinos du ^{51}Cr .

23 novembre : A. Brillet, LAL, Orsay. Virgo, Ligo, Lisa : la détection interférométrique du rayonnement gravitationnel sur terre et dans l'espace.

30 novembre : P. Fayet, Ecole Normale Supérieure, Paris. La R-parité et le modèle standard supersymétrique.

7 décembre : T. Ypsilantis. RICH detectors for colliders and long baseline neutrinos.

14 décembre : E. Nagy, Marseille. Revue sur les oscillations de neutrinos.

21 décembre : A. Aspect, Institut d'Optique, Orsay. Manipulation et refroidissement d'atomes par laser.

4 janvier : J.M. Laget, SPhN, Saclay. La physique à CEBAF.

11 janvier : L. Auvray, Laboratoire Léon Brillouin, Saclay. Schull et Brockhouse : neutrons et matière condensée.

18 janvier : F.X. Désert et J.-M. Lamarre, IAS, Orsay. SAMBA : un projet spatial pour la mesure des anisotropies du corps noir cosmologique.

25 janvier : E. Paré, LPNHE-X, Palaiseau. Astronomie γ : Ouverture d'un nouveau domaine d'énergies (10 à 200 GeV) par l'exploitation de la centrale de THEMIS.

8 février : S. Ting, MIT, Cambridge, MA (USA). Search for antimatter in space.

15 février : Y. Ducros, DAPNIA/SPP, Saclay. Résultats obtenus par l'expérience D0 dans la recherche du quark top.