

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

Cours : « Structure composite des hadrons »

Position du problème

Il est maintenant bien connu dans le public que les particules que l'on observe, et que l'on nommait « élémentaires » jusqu'à il y a une vingtaine d'années, sont constituées de *partons*, c'est-à-dire de quarks et de gluons, sur lesquels on a du mal à récolter des informations, puisqu'on ne peut les isoler.

Les premières qualités qu'on a pu leur reconnaître, du fait des idées qui les ont fait découvrir, sont la masse, ce qu'on appelle la saveur (type de quarks), la couleur (degré de liberté interne sur lequel joue l'invariance de jauge de QCD), le spin.

Comme l'électrodynamique quantique (QED), la chromodynamique quantique (QCD) présente des divergences à haute énergie et à basse énergie. Il faut donc penser QCD dans le cadre d'un schéma de renormalisation. Comme QCD ne possède pas d'échelle naturelle pour procéder à cette opération, on la fait à une valeur arbitraire μ de l'énergie. A physique constante, la constante de couplage g dépend explicitement de μ . Il en résulte qu'à haute énergie, QCD est une théorie de couplage faible — où le calcul de perturbations doit être valable — et au contraire à basse énergie une théorie à couplage très fort, puisque $g(\mu)$ devient infini pour $\mu = \Lambda \sim .2 \text{ GeV}$.

A des énergies de l'ordre de Λ (aspects pratiquement statiques), on parlera de *quarks constituants*, tandis qu'à haute énergie on parlera de *quarks de courant*. Un des problèmes majeurs de QCD est de concilier ces deux tableaux.

Approche traditionnelle pour les quarks constituants

Position du problème

L'approche traditionnelle serait une équation de Bethe-Salpeter pour la paire $q\bar{q}$, et la recherche d'un pôle de la matrice S .

Le confinement de q et \bar{q} complique : absence de définition de la matrice S et du propagateur, problèmes de renormalisation inextricables, et même absence d'état non perturbé.

Il faut donc se replier sur l'équation de Schrödinger. Si le potentiel confinant se comporte en $\bar{I}(r) \sim kr$, soit $I(\vec{q}) \sim |\vec{q}|^{-4}$, il est plus singulier qu'une fonction δ , et délicat à définir. Au bout de ce programme, on peut essayer de calculer les corrections relativistes à l'ordre q^2/m^2 , mais on ne pourra certainement pas aller au-delà.

Sociologiquement, la réponse de la communauté à cet état de choses a été de multiplier les *ansatz* de potentiels et les équations initiales, sans se soucier vraiment d'aboutir à une cohérence.

Comment préserver l'invariance de jauge ?

Pour ne travailler qu'avec des opérateurs de couleur totale nulle, on utilise des opérateurs bilocaux de type $q(x)\bar{q}(y)$. En appliquant ce type d'opérateur sur le vide, on trouvera la spectroscopie par le principe variationnel (par exemple en introduisant une température fictive $T \rightarrow 0$, *formule de Feynman-Kac*). Ceci conduit à l'évaluation d'intégrales de boucles (*boucle de Wilson*) dans R^4 , calculables par intégration numérique sur réseau.

On en tire naturellement un caractère asymptotiquement linéaire pour le potentiel confinant, par simple juxtaposition des boucles élémentaires nécessaires pour relier le quark et l'antiquark.

Pour les calculs sur réseau, on met des corrections de recul (au premier ordre en \vec{q}) et des couplages de spin. Puis il faut trouver un compromis entre le pas du réseau, Λ , la masse des particules et le temps de calcul. Le résultat pour la tension de la corde $q\bar{q}$ paraît correct dans son ordre de grandeur, soit $.2 \text{ GeV}^2 \sim 1 \text{ GeV/fm}$.

Et la mer ?

Si le champ de gluons au carré a une valeur moyenne non nulle dans le vide physique (condensat de gluons), il faut introduire l'interaction des quarks de valence avec ce condensat dans le schéma. On retombe sur les deux cas de figure envisagés précédemment, et qui ne sont pas forcément exclusifs : à grande énergie et faible vitesse, le condensat s'ajuste adiabatiquement à la

position des quarks, et en altère de façon quasiment statique les propriétés. On a typiquement des quarks constituants.

Des quarks légers par rapport à l'énergie du condensat vont se trouver ballottés à la vitesse de la lumière par les fluctuations du vide. On ne pourra en saisir que des instantanés ou des moyennes appropriées. Ce seront typiquement des quarks de courant, calculables par des analyses perturbatives à haute énergie ($g(\mu)$ petit) ou par des *règles de somme*.

Les outils de comparaison

Du tableau qui précède émergent des descriptions très différentes de l'interaction $q\bar{q}$ selon la distance. On pourra parler d'un potentiel $V(r) \sim kr$ confinant pour grand r , mais typiquement *coulombien* à courte portée. On peut essayer d'ajuster des potentiels en r^a , pour situer les particules physiques entre ces deux extrêmes. Cette forme simple permet de démontrer bien des relations (écartement des niveaux, théorème de Feynman-Hellman et application au viriel). Pour un potentiel linéaire, le comportement du moment cinétique avec le carré de la masse contredit celui à la Regge. Y a-t-il lieu de tenir compte de la dynamique de la corde ?

Une autre information sur la fonction d'onde est la *largeur de désintégration électromagnétique* des résonances neutres, directement proportionnelle au carré de la fonction d'onde à l'origine, et calculable en fonction de l'exposant a . Pour la série des mésons vecteurs classiques (ρ , ω , φ , J/ψ , Y) on obtient un accord raisonnable en prenant $a = -1$ (potentiel coulombien), après correction pour tenir compte de la variation de la valeur effective de α_s selon la masse.

Une variété de potentiels permet de reproduire la spectroscopie au moins des charmonia et bottomonia, avec des succès variables. Avec des corrections relativistes, et des termes de couplage de spin, on peut tenter l'ajustement à la spectroscopie des mésons légers et étranges, avec une erreur d'environ 5 % sur les masses d'une vingtaine de mésons.

Les problèmes de brisure de l'invariance du spin isotopique, de corrections électromagnétiques, de mélanges de configuration ($\rho - \omega$, $\pi - \eta - \eta'$) ne sont pas calculables par la théorie, mais restent dans les limites du possible. En outre on tombe là rapidement sur des paradoxes (Goldman-Maltman-Stephenson) : la constante de couplage g doit être indépendante de la saveur, mais cette assertion ne peut être vraie indépendamment de la valeur de μ , avant complète resommation des perturbations.

Un problème plus abordable que l'invariance de spin isotopique est celui de la *symétrie de charge*, ou symétrie entre quarks u et quarks d .

On peut classer en 5 types les violations de cette symétrie, selon leurs autres propriétés, ce qui permet d'en retracer au moins en partie l'origine. Ces études peuvent se prolonger jusqu'à celle des *noyaux miroirs*, moyennant la prise en compte d'effets tels que la polarisabilité du cœur relevant de la physique nucléaire.

Néanmoins, on ne peut pas dire que les conclusions que l'on peut ressortir de ces études soient vraiment prédictives. Elles ne font que montrer une compatibilité globale entre observations et théorie.

Les quarks vus à haute énergie

A haute énergie, on peut négliger en première approximation le condensat du vide, et utiliser la théorie des perturbations à partir du Lagrangien de QCD.

La première question est d'examiner la limite de la théorie quand les masses des quarks légers sont nulles. On s'aperçoit alors qu'elle devient invariante par un groupe $SU(N_c) \times SU(N_c)$ où N_c est le nombre de saveurs de quarks de masse nulle. On peut considérer ce groupe comme une possibilité de mélanger entre eux les quarks gauches et aussi les quarks droits, d'où le nom de *symétrie chirale* donné à ce groupe. En couplant un quark gauche à un quark droit de moment opposé, on fait un boson vectoriel, que l'on peut transformer par le groupe en boson axial. On prédit ainsi un dédoublement non observé de la spectroscopie en parités opposées.

La symétrie chirale est donc brisée. Elle peut l'être soit par une interaction résiduelle non invariante, soit dynamiquement (spontanément), auquel cas il reste des excitations d'énergie nulle (bosons de Goldstone). Il apparaît que la réalité se situe entre les deux : une interaction résiduelle (petit terme de masse de quarks) est amplifiée dynamiquement, de telle sorte que des excitations de faible énergie subsistent (pseudo-Goldstones) qui sont les π et K . L'amplification dynamique correspond à la structure complexe du vide (condensat).

Cette explication se prête à quelques tests. Si elle est exacte, le rapport R de la différence de masse entre quark s et quarks légers, et différence de masse entre ces derniers, se situe par diverses déterminations constamment dans une fourchette 30-50.

Une détermination *absolue* de la masse des quarks est évidemment bien plus délicate, mais on peut estimer la masse du quark s à 96-130 MeV à partir des mésons, à 139 à 173 à partir des baryons, soit dans une fourchette 100-150 MeV. Ceci donne alors, à partir du rapport R ci-dessus, une valeur de 2 à 5 MeV pour la différence de masse entre le d et le u .

Règles de somme de QCD

Pour relier la partie expérimentalement bien connue, spectroscopie de basse énergie, avec la partie à haute énergie, accessible en perturbations, on utilise les relations de dispersion pour des fonctions de Green convenablement choisies. On sature la partie absorptive par un ou plusieurs états de basse énergie, tandis qu'on calcule la valeur asymptotique à grand s en perturbations. Pour améliorer la convergence, on soustrait la relation de dispersion, ce qui oblige à pousser plus loin le calcul de perturbations.

Une méthode voisine consiste à effectuer le *développement en produit d'opérateurs de Wilson* de la fonction de Green, c'est-à-dire son développement en série de Taylor dans l'espace de configuration.

Pour ces diverses méthodes il faut trouver des compromis entre la domination d'un seul état (le fondamental de la voie considérée) et les possibilités pratiques de calcul de termes d'ordre élevé en perturbations.

Les premiers succès de la méthode ont été obtenus pour les charmonia, qui ne se trouvent pas trop bas en énergie.

On peut accélérer la méthode soit par comparaison avec des processus comparables (prédictions sur le η_b par comparaison avec le Y), soit en faisant tendre le nombre de soustractions vers l'infini, tout en dilatant l'échelle. On remplace ainsi le noyau de Cauchy de la relation de dispersion par un noyau de Borel (exponentiel). Cette dernière méthode permet d'atteindre les mésons légers (masse du ρ).

Conclusion

Malgré l'hétérogénéité des concepts de quarks selon l'échelle d'énergie à laquelle on se place, il semble que les raccords conceptuels et même calculatoires soient bien en place. Il manque encore bien des détails au tableau, mais on n'a plus l'impression, comme on pouvait encore l'avoir il y a quelques années, de plusieurs langages n'ayant aucun point commun.

Laboratoire de Physique Corpusculaire

Rapport d'activité 1992-1993

1. Introduction

Les quatre axes majeurs d'expérimentation au Laboratoire sont, au CERN, l'expérience DELPHI sur le collisionneur LEP, l'expérimentation sur les Ions

Lourds au moyen du spectromètre Omega, et hors CERN, les différents programmes ayant trait aux *astroparticules*, néologisme désignant les traits de la physique des particules pertinents pour l'astrophysique, et enfin les expériences sur les neutrinos auprès des réacteurs.

Les deux premiers de ces programmes sont en pleine activité, et en pleine production de résultats de physique variés, au sein de collaborations internationales de poids, auxquelles le Laboratoire apporte une contribution reconnue, tant sur le plan des appareillages que sur celui des analyses de physique.

Les autres programmes sont plus divers et à plus petite échelle. Ils nécessitent donc un engagement plus résolu du Laboratoire, qui joue un rôle de tout premier plan dans leur poursuite.

En ce qui concerne les astroparticules, nous sommes engagés dans le programme Themistocle, qui arrive en fin de parcours avec des résultats irréfutables sur le spectre à haute énergie des sources ponctuelles de rayons γ , et qui se prépare à des collaborations à plus grande échelle, dont le programme CAT sera une préfiguration. Nous recherchons par ailleurs les manifestations de la matière noire qui pourrait expliquer la masse invisible de l'Univers.

Pour ce qui est des neutrinos, nous terminons le programme d'études à plusieurs distances — de 15 m à 90 m — du cœur de la centrale nucléaire du Bugey, et nous préparons vigoureusement le programme plus ambitieux de détection à 1 km des neutrinos de la centrale de Chooz, dans des conditions particulièrement favorables.

On se reportera au détail du rapport d'activité pour suivre les progrès des autres branches d'activité du Laboratoire, qui suivent leur cours normal, avec tout un ensemble de résultats intéressants, tant sur le plan de la physique que sur celui des développements instrumentaux et techniques.

2. *Expérience DELPHI au LEP*

Le collisionneur LEP au CERN a fonctionné de façon presque continue pendant 7 mois en 1992, permettant à chacune des quatre expériences installées d'enregistrer environ 750 000 désintégrations hadroniques du boson Z^0 . Le Laboratoire participe à la collaboration DELPHI qui s'est fixé comme objectif prioritaire la physique des saveurs lourdes. L'équipe du Laboratoire, précédemment dirigée par M. Crozon qui a été appelé à remplir des fonctions d'intérêt général au Ministère de la Recherche, l'est maintenant par G. Tristram. Elle joue un rôle actif dans plusieurs domaines importants de l'expérience, depuis la conception de certains dispositifs expérimentaux jusqu'aux analyses de physique.

2.1. Résultats de physique

L'ensemble des résultats obtenus cette année est trop vaste pour être détaillé ici. Dans ce bref résumé, on indiquera plus directement les contributions des physiciens du Laboratoire.

2.1.1. Physique des particules de beauté

Les performances du détecteur de vertex au silicium ont été déterminantes dans la mesure très précise de la durée de vie moyenne des particules de beauté. L'installation progressive du compteur Čerenkov RICH assurant l'identification des hadrons chargés dans une large plage d'impulsions, et les divers perfectionnements en cours sur le détecteur de vertex permettront (P. Beillièvre, Ch. Defoix, J. Dolbeau, P.F. Honoré, P. Lutz) :

- de signer les événements $Z^0 \rightarrow b\bar{b}$ (g) en utilisant la totalité de l'information permettant une discrimination.
- de séparer les différents types de mésons B : chargés, neutres et étranges, et de mesurer leurs temps de vie respectifs.
- de déterminer avec une grande précision les éléments de la matrice de Cabbibo-Kobayashi-Maskawa faisant intervenir la beauté.
- d'observer et mesurer les oscillations du B_s^0 lorsque le nombre de Z^0 accumulés dépassera plusieurs millions.

2.1.2. Recherche de nouvelles particules

A partir de 1995, le collisionneur LEP fonctionnera à une énergie d'environ 180 GeV, bien au-dessus du seuil de création de paires de bosons W, ouvrant un nouveau champ de mesure précises (masse et largeur du W, couplage à trois bosons) et de recherches (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, en privilégiant les canaux $H^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ et $H^0 \rightarrow q\bar{q}$ où nous sommes d'ores et déjà bien placés.

P. Lutz a déjà participé cette année au groupe de travail sur ce sujet.

2.2. Les performances des détecteurs

2.2.1. Le RICH

Le grand détecteur de rayonnement Čerenkov à imagerie annulaire (barrel RICH) a été mis en service, durant l'été, avec uniquement son radiateur gazeux (C_5F_{12}).

Un lot de 300 000 désintégrations hadroniques de Z a pu être ainsi enregistré. Début octobre, le radiateur liquide a pu être mis en service, permettant

d'enregistrer 200 000 désintégrations supplémentaires avec l'information Čerenkov complète. Les méthodes d'analyse permettent maintenant d'utiliser l'information provenant du radiateur gazeux pour l'identification des particules peu de temps après la prise des données. Un effort supplémentaire est en cours pour obtenir le même résultat avec les données du radiateur liquide.

Rappelons que le Laboratoire a réalisé le système d'acquisition des données de ce détecteur et développé un système de calibration automatique permettant d'obtenir les paramètres de fonctionnement (vitesse de dérive, etc.) en ligne (C. Aubret, L. Brillault, J.M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, P.F. Honoré, D. Poutot, G. Tristram).

2.2.2. *Le détecteur de vertex*

Le Laboratoire participe au perfectionnement du détecteur de vertex au silicium. Après l'installation d'une couche supplémentaire de détection l'année dernière, les détecteurs unidirectionnels (microbandes) vont être remplacés par des détecteurs bidirectionnels (microbandes croisées) capables de mesurer simultanément deux coordonnées (P. Delpierre, Y. Dufour, A. Guimard, J.P. Turlot). Parallèlement, la collaboration DELPHI étudie les moyens d'augmenter l'acceptance angulaire de ce détecteur, de 43° à 25° pour la localisation de vertex secondaires (signature des quarks b) et de 25° à 15° pour améliorer la reconnaissance des traces. Pour cette dernière fonction, les détecteurs à « pixels » (damiers de $330 \mu\text{m} \times 330 \mu\text{m}$) qui sont à l'étude au Laboratoire sont particulièrement bien adaptés. Le groupe qui travaille sur ce développement (C. Boutonnet, P. Delpierre, J. J. Jaeger, J. Waisbard) a conçu et fabriqué le prototype d'un système de lecture sélective des canaux touchés (cf. paragraphe 10.2) et prendra une part importante dans la fabrication de ce détecteur dès qu'il aura été adopté.

2.2.3. *La chambre à projection temporelle (TPC)*

La TPC de DELPHI, qui est le principal détecteur de traces chargées, donne toute satisfaction. Rappelons que :

- les chambres à localisation (fils et damiers) ont été construites pour moitié au Laboratoire.
- le système électrostatique de limitation des charges d'espace a été mis au point au Laboratoire. Il est en service et sera particulièrement apprécié lors des augmentations de luminosité du LEP.
- le monitoring de la TPC, entièrement sous la responsabilité du Laboratoire (J. Mas), est bien au point, ainsi que les systèmes de mise en service et arrêt automatique des 72 canaux haute tension.
- la sélection en ligne des événements est également un domaine où le Laboratoire a un rôle déterminant. Le premier niveau de sélection (reconnais-

sance des traces en moins de $2 \mu\text{s}$) a été optimisé ; la sélectivité de ce système (processeurs câblés entièrement fabriqués au Laboratoire) est telle qu'il n'entraîne aucun temps mort dans l'expérience. La sélection au deuxième niveau, également réalisée au Laboratoire, permet d'abaisser le taux d'acquisition à un ou deux événements par seconde. Enfin, le programme d'étiquetage de niveau 4 (T4ALGO) est mis en œuvre par J. Maillard.

Participant actuellement aux travaux sur la TPC : C. Boutonnet, P. Courty, P. Delpierre, A. Guimard, P. Lutz, J. Mas, J.P. Turlot, et J. Vergne.

2.3. Fonctionnement général de DELPHI

P. Lutz coordonne l'activité informatique hors ligne du Laboratoire. Dans ce domaine, S. Szafran et S. Lantz ont eu la responsabilité de l'installation du programme de simulation de DELPHI sur l'IBM du Centre de Calcul de l'IN2P3.

P. Frenkiel a la responsabilité de la gestion des réseaux informatiques de DELPHI (liaisons internes à la France et vers le CERN).

C. Poutot assure la gestion des simulations effectuées, au niveau français, sur la ferme de stations de travail BASTA au CCIN2P3, et S. Lantz maintient la base de données correspondant à l'ensemble des simulations effectuées par toute 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 expérience de collisions πN est consacrée à la mise en évidence des effets de production directe de mésons prévus par QCD. La calibration des simulations est achevée, de même que la phase préliminaire des analyses. L'analyse finale des données prises à 300 et à 150 GeV/c a déjà donné lieu à 4 publications (effet de production directe du méson ρ , effets de corrélation dans la production de paires, distribution en moment transverse des mésons ϕ , ρ^0 , $f_2(1270)$, $K^{*0}(892)$, \bar{K}^{*0}). Une étude va être publiée, qui concerne l'observation de la déformation des résonances produites à grand p_T .

(M. Benayoun, J.L. Narjoux, A. Malamant, K. Šafařík).

3.1.2. Collaboration avec DUBNA : expérience RISK

Le groupe est partie prenante dans une collaboration avec le groupe soviétique RISK (dans le cadre des accords JINR-IN2P3) pour l'analyse d'une expérience de production directe du méson ρ^0 . Y. Merkov, physicien de cette collaboration (Dubna) a séjourné au Laboratoire comme visiteur étranger au printemps de 1993. Son apport a été fort précieux dans les comparaisons entre WA77 et RISK ; en particulier, il a étudié la polarisation du produit à grand p_T dans WA77. Ce travail fera prochainement l'objet d'une publication.

(M. Benayoun, Ph. Leruste, Y. Merkov, J.L. Narjoux, K. Šafařík).

3.2. Recherche du plasma de Quark-Gluons (QGP)

3.2.1. Etat de l'expérience

La collaboration WA85 dispose d'un lot d'événements assez important produisant des particules étranges à grand p_T dans des collisions entre protons, ions soufre, tungstène ou plomb : 200 000 Λ , 25 000 $\bar{\Lambda}$, 1 000 Ξ^- et $\bar{\Xi}^-$. Les résultats les plus importants de l'étude de la production d'étrangeté dans la partie centrale ($2,3 < y_{\text{lab}} < 3,0$ et $p_T > 0,9$ GeV/c) sont :

- Toutes corrections faites, le rapport $\bar{\Xi}^-/\Xi^-$ pour valeur $0,39 \pm 0,07$ en S-W et $0,27 \pm 0,06$ en p-W, confirmant que, comme pour les $\bar{\Lambda}$ rapportés aux Λ , la production est plus importante en S-W qu'en p-W. Les résultats préliminaires en S-S donnent une valeur encore plus élevée au rapport $\bar{\Xi}^-/\Xi^-$.

- La mesure de tous les rapports particules/antiparticules, donnée importante pour tester les modèles, est en cours mais une amélioration de la qualité des données est indispensable pour continuer les études. Ce problème de reconstruction est loin d'être nouveau, mais ici il est crucial à cause des biais qu'il peut introduire.

C'est pourquoi notre groupe collabore à de nouveaux programmes de calcul et aussi aux nouvelles demandes de prises de données.

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

3.2.2. Simulation

Notre groupe a assuré et assure la mise en place de simulations pour WA85 et WA94. Cette dernière expérience nous a conduit à demander la mise en œuvre de nouveaux moyens de calcul, à participer à la mise en route des fermes de stations de calcul « BASTA » autour de l'IBM du Centre de Calcul de l'IN2P3, etc. Actuellement la collaboration étudie l'implantation de l'expé-

rience WA97. En relation avec cette expérience, nous avons également mis au point une simulation complète de chambre à damiers (modèle et reconstruction) basée sur des méthodes nouvelles.

(M. Benayoun, P. Leruste, J.L. Narjoux, K. Šafařík).

3.3. *Nouvelles expériences*

3.3.1. *Plomb-plomb et soufre-soufre*

Les résultats prometteurs obtenus en S-W et p-W à 200 GeV/c par nucléon ont conduit la collaboration à proposer une expérience plomb-plomb à 170 GeV/c par nucléon. Nous participons à l'élaboration de cette nouvelle expérience (programmée pour 1994-1995) dont un run est prévu dès octobre 1993, pour des tests de nouveaux matériels.

Afin d'avoir une comparaison avec les futures données plomb-plomb (configuration cinématique symétrique) nous avons eu des prises de données en soufre-soufre (WA94) : une en octobre 1991, en cours d'analyse, et une en avril 1992, qui a permis beaucoup de tests (microstrips, chambre à damiers, RICH). Le run de calibration en proton-soufre est prévu en octobre 1993. Les premières analyses de physique sont en cours.

(M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, L. Lima-Francès, A. Malamant, J.L. Narjoux, K. Šafařík, M. Sené, R. Sené, A. Volte).

3.3.2. *WA 97*

Notre groupe étudie des chambres à damiers : trois chambres seront nécessaires pour WA97 et sont en construction. Un prototype (taille 1 soit $800 \times 200 \text{ mm}^2$) a été testé depuis avril 92. Nous avons pu tester tous les paramètres de la chambre en laboratoire, puis en faisceau pendant 1 semaine. Nous avons utilisé un système d'acquisition mis au point et en cours de réalisation au Laboratoire : cartes Amplex directement reliées aux damiers, contrôleur de lecture, mémoires-tampons lues par l'ordinateur. La chambre nous a fourni des corrélations damiers-fils, nous avons pu tester l'électronique d'acquisition. Toute la chaîne a fonctionné de façon satisfaisante. L'analyse de ces résultats est en cours notamment pour les études de précision.

K. Šafařík a été nommé « contact man » pour l'expérience WA97.

(M. Abbès, M. Benayoun, A. Diaczek, C. Finetin, J. Kahane, Ph. Leruste, M. Pairat, S. Selmane, M. Sené, R. Sené, P. Tardy, A. Volte).

3.3.3. *Ions lourds sur LHC*

Nous suivons également les réflexions sur le LHC dans le cadre des appareillages pour l'étude des collisions d'ions lourds car les expériences

WA85 et WA94 nous permettent de participer à la définition des appareillages nécessaires à la détection d'événements multitraces : chambre à damiers, fibres optiques, etc.

(M. Sené, R. Sené).

Dans ce cadre des projets pour LHC, une autre partie du groupe étudie les problèmes de simulation et de reconstruction des événements, mettant en œuvre leurs acquis sur les diverses expériences.

K. Šafařík assure la coordination au CERN du sous-ensemble LHC s'occupant de la reconstruction.

(M. Benayoun, Ph. Leruste, J.L. Narjoux, K. Šafařík)

4. *Expérience Themistocle*

Première phase d'une exploration des sources cosmiques de rayons γ de très haute énergie ($E > 1$ TeV), l'expérience Themistocle est, dans sa forme actuelle, en phase terminale.

Installée sur le site de l'ancienne centrale solaire EDF Themis, à Targassonne (PO), dont elle réutilise différents matériels, son but était de prouver la validité et l'efficacité d'une nouvelle technique de détection des γ énergiques par échantillonnage temporel du front d'onde de lumière Čerenkov produite dans les gerbes atmosphériques. Elle s'est donc définie comme une expérience prototype, de portée et durée limitées et réduite à un nombre restreint de 18 télescopes.

Elle est issue d'une collaboration entre les laboratoires LPC (Collège de France), LAL (Orsay), LPNHE (Paris 6 et 7), avec une participation de l'Université de Perpignan et du CERN, puis augmentée par le LPNHE (Ecole Polytechnique), où une partie du groupe du Collège de France s'est transférée.

Pendant ses trois années de fonctionnement, de 1990 à 1993, elle a démontré ses capacités en atteignant la précision angulaire attendue de $0,15^\circ$ sur la direction d'un γ au-delà de 3 TeV, par l'observation de la source du Crabe — nébuleuse issue de la supernova de 1054 — et en mesurant le spectre d'émission dans la zone d'énergie de 3 à 15 TeV, seul résultat établi à ce jour dans cette gamme. Le flux étant fortement décroissant en fonction de l'énergie, la statistique ne permet pas de mesure au-delà de 20 TeV.

La suite logique de l'expérience est en cours de développement et de préparation entre les laboratoires concernés, sous le nom de projet CAT. Elle consiste essentiellement à mettre en place, sur le site de Thémis, un ensemble plus complet de détection des γ de sources, comportant un dispositif d'image-

rie de lumière Čerenkov des gerbes, sensible à partir d'un seuil de 250 GeV et efficace pour mettre en évidence de nouvelles sources, complété par Themistocle pour la mesure des spectres à haute énergie. Une série de perfectionnements sera apportée en même temps à l'appareillage de Themistocle, pour en améliorer certaines performances, en particulier la discrimination entre γ et hadrons primaires.

Apportent leur contribution à ce programme au Laboratoire : A. Djannati-Atai, M.G. Espigat, P. Espigat, C. Ghesquière, C. Lamy, L. Martin, C. Robert, P. Tardy et J. Waisbard.

5. *Détection thermique de matière noire*

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.

Notre proposition est d'installer au Laboratoire Souterrain de Modane (LSM) une expérience de détection directe utilisant des bolomètres fonctionnant à très basse température.

Ce programme est réalisé en collaboration entre le CNRS (INSU, IN2P3) et le CEA (DSM/DAPNIA, DSM/DRECAM). Par ailleurs des études sur les propriétés des bolomètres sont entreprises avec le groupe de physique du solide de Paris 7 (Cf. 8.6).

Au Laboratoire, notre activité concerne plus particulièrement les points suivants :

5.1. *Implantation au LSM*

La prise de données de l'hiver 91 et leur analyse nous ont permis de mieux appréhender les questions posées par l'environnement au LSM. Depuis, nous assurons la maîtrise d'œuvre de l'installation, prévue pour le deuxième semestre 93, du cryostat construit à Saclay en matériaux de faible radioactivité et assemblé en collaboration avec notre équipe.

Pour cette installation nous avons déjà réalisé un premier blindage monté sur une plateforme antivibratoire et une série de mesures du bruit radioactif à l'intérieur comme à l'extérieur du blindage.

5.2. *Recherche et développements*

Nous utilisons pour les développements d'électronique et les pré-études de bruit un cryostat à dilution installé à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP).

Ce cryostat sera déplacé au laboratoire en milieu d'année. Le bolomètre de 24 g en saphir construit par N. Coron (Institut d'Astrophysique Spatiale) est monté sur notre cryostat et nous permet de préparer ainsi au mieux un montage futur pour le LSM.

5.3. *Simulations*

Nous sommes aussi impliqués dans la simulation générale de l'expérience à l'aide du programme GEANT.

Dans le cadre de sa thèse, P. Goret a participé à l'analyse des données prises au LSM en novembre 91, et à l'étude du fonctionnement dynamique d'un bolomètre en ayant la responsabilité du poste cryogénique installé à l'IAP. Il a notamment pu comparer les modes d'extraction du signal en tension ou en courant (voir 8.6).

F. Fleuret, pendant son stage de DEA a contribué directement à la simulation d'une expérience de calibration avec des neutrons.

C. Tao, toujours impliquée à temps partiel dans l'expérience GALLEX, a rejoint notre équipe, et fait porter son effort sur la détection directe avec des cristaux de NaI.

Participant ou ont participé à ce programme : T. Bélinguier, A. de Bellefon, D. Broszkiewicz, C. Finetin, F. Fleuret, C. Fritsch, Y. Giraud-Héraud, P. Goret, P. Guillouet, F. Lelong, D. Marchand, J.P. Rény, P. Tardy et C. Tao.

6. *Recherche d'oscillations de neutrinos*

Les masses des neutrinos sont très faibles, et peut-être nulles. Leur mesure prend une importance croissante, à la fois en physique des particules (pour les théories d'unification des interactions) et en astrophysique (la valeur de la masse totale de l'univers en dépend). La recherche d'oscillation entre divers types de neutrinos pourrait mettre en évidence des différences de masses entre ceux-ci. Les antineutrinos produits dans les centrales nucléaires sont à la fois extrêmement abondants et de faible énergie, ce qui les privilégie pour l'étude d'une masse éventuelle.

6.1. *Recherches faites à la centrale du Bugey*

6.1.1. *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. La prise des données s'est achevée à l'automne 1992 et les résultats de cette expérience seront publiés en 1993.

Cette expérience est réalisée en collaboration avec le LAPP (Annecy), l'ISN (Grenoble), l'IRF (Saclay), le CPPM (Marseille).

Dans ce détecteur, le Laboratoire a pris en charge les points suivants :

— le déclenchement du détecteur (J.P. Wuthrick †), la base de données de l'expérience (J. Boucher, H. de Kerret), la gestion du liquide scintillant et sa sécurité (J.P. Jobez, M. Obolensky), l'électronique de contrôle d'acquisition des données (M. Abbès, C. Finetin, S. Selmane, P. Tardy).

— l'amélioration de la simulation des particules dans des conditions peu courantes en physique corpusculaire (J.P. Cussonneau, Y. Dufour, H. de Kerret, B. Lefièvre).

6.1.2. *Mesure de section efficace totale*

Pour compléter les résultats précédents, une mesure absolue de la section efficace totale est en cours au Bugey, depuis le milieu de l'année 92.

A cette fin, un banc de test a été installé au Laboratoire par M. Abbès, et nous a permis d'étudier la capture du neutron sur ^3He dans un compteur proportionnel suivant la réaction $n + ^3\text{He} \rightarrow ^3\text{H} + p$ avec une absorption d'énergie de 760 keV, le but étant de détecter le neutron de la réaction $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ et de signer ainsi la capture du neutrino.

Un amplificateur de charge a été choisi et testé, et une électronique a été conçue au Laboratoire pour relier les tubes à la digitisation existant au Bugey (flash-ADC à 100 MHz). Le détecteur, fourni par la partie russe, est installé depuis l'été 1992, et la prise de données est en cours jusqu'à septembre 1993. L'électronique montre une très bonne stabilité.

Cette partie constitue une collaboration avec le LAPP (Annecy) et l'Institut Kourchatov (Moscou).

6.2. *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), 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 cosmi-

que (300 m d'équivalent eau). L'expérience devrait démarrer en 1994 pour mesurer le bruit de fond, avant le démarrage des réacteurs nucléaires ($2 \times 4\ 200\ \text{MW}_{\text{th}}$) prévu pour la fin de l'année 95.

Le principe de l'expérience a été approuvé, et le budget est en cours de discussion.

Le détecteur comporte une cible de 6 T de scintillateur liquide au Gd, entouré de 120 T de scintillateur liquide non dopé. La cible est regardée à distance par 160 photomultiplicateurs. Cette expérience sera un prototype pour une expérience encore plus ambitieuse prévue ensuite aux USA, près du réacteur de Perry, à 500 m sous terre et à 13 km du réacteur.

Dans cette expérience, le Laboratoire a assumé des responsabilités importantes. La maîtrise d'œuvre du détecteur et la supervision des bureaux d'études d'EDF pour l'aménagement du laboratoire seront assurées par D. Marchand et une équipe importante, à compléter par le recrutement en cours d'un Ingénieur d'Etudes. Des études, telles que celle du revêtement du détecteur, ont commencé (P. Guillouet).

En électronique, un projet important est également prévu : l'échantillonnage des signaux des PM à 200 MHz, pour mesurer à la fois la charge, le temps et la forme des impulsions (P. Courty, G. Desplancques, D. Kryn, D. Monnot, J. Vergne).

Comme dans les expériences précédentes, la base de données (J. Boucher), la simulation (H. De Kerret, B. Lefièvre), et l'analyse des données (M. Obolensky) seront un des axes importants de l'activité du groupe.

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.

7. Travaux de Théorie

Les axes de recherche principaux sont : production de particules dans les collisions de haute énergie, désintégration du J/Ψ , collisions photon-photon, gluonia et diquarks. Certains travaux se poursuivent en coopération avec d'autres groupes tant à l'intérieur du Laboratoire (Omega, Calcul Parallèle) qu'avec des physiciens extérieurs (LAL, LPTHE d'Orsay, LPNHE, Clermont-Ferrand, Frascati (DAΦNE), Hambourg (HERA), CERN, Turin, Cagliari et Lulea).

7.1. Production de quarks lourds

7.1.1. Production associée d'un boson de Higgs de masse intermédiaire et d'un top aux LHC/SSC

Nous avons pu montrer que dans ce domaine difficile de détection du boson de Higgs, en dépit d'affirmations contraires, ce processus ne peut pas donner de contribution importante. En effet, en raison du mécanisme même de la génération des masses de fermions et de bosons dans le modèle standard, une interférence destructive importante apparaît.

L'unitarité permet d'approfondir cette démonstration et de l'étendre aux modèles avec supersymétrie, etc. (G. Bordes et al.).

7.1.2. Corrections radiatives d'ordre α_s à la production hadronique d'un quark lourd

Nous avons effectué et rédigé de la façon la plus explicite possible le calcul des corrections UV, IR et de masse à ce processus. Nous utilisons une régularisation de masse des quarks légers et du gluon pour les 3 types de divergences. La soustraction des divergences colinéaires est effectuée dans le schéma DIS. La construction du programme de calcul des diverses contributions est en cours (G. Bordes et al.)

7.2. Applications du modèle du diquark

7.2.1. Dans les réactions inclusives

L'application de ce modèle à la production de protons dans les collisions π -p et p-p est actuellement étudiée à moyenne et haute énergie. Les résultats expérimentaux à moyenne énergie semblent en effet favoriser une possible structure diquark qui permettrait d'expliquer la valeur élevée du rapport p/π que ne prévoit pas la théorie courante (N. Arteaga, C. Carimalo).

7.2.2. Dans les désintégrations baryoniques du J/Ψ

L'étude de ces désintégrations se poursuit par le calcul des processus $J/\Psi \rightarrow B \bar{B} M$, où M est un méson pseudoscalaire (E.H. Kada, J. Parisi).

7.3. Applications du modèle de Brodsky-Lepage

7.3.1. Production de trois mésons dans l'annihilation $e^+ e^-$

Divers processus de production de trois mésons ($\pi\pi\pi$, $K\bar{K}\pi$, $\pi\pi\rho$, etc.) dans l'annihilation $e^+ e^-$ ont été calculés (C. Carimalo, P. Kessler, E. Miska).

7.3.2. Production de paires de mésons pseudoscalaires et vectoriels dans les collisions photon-photon

Des prédictions ont été données pour les sections efficaces des réactions de collision $\gamma\gamma$ produisant des paires de mésons auprès de machines e^+e^- d'énergies très diverses : DAΦNE (1 GeV), « Usine tau-charme » (3 GeV), LEP II (200 GeV) et super-collisionneur de 500 GeV. La production de diverses résonances a également été calculée (N. Arteaga, C. Carimalo).

7.3.3. Production de résonances pseudoscalaires dans les collisions de photons virtuels

Dans la production des mésons pseudoscalaires (π^0 , η , η') par collisions de photons virtuels, l'étude des facteurs de forme fournit des tests significatifs pour comparer le modèle à dominance vectorielle et le modèle de Brodsky-Lepage (P. Kessler, S. Ong).

7.4. Utilisation d'un modèle d'état lié

7.4.1. Pour les gluonia

Un calcul sur la production d'un gluonium plus un pion dans les collisions photon-photon a été achevé (A. Ichola, J. Parisi).

7.4.2. Pour les mésons tensoriels

Les processus suivants ont été calculés : $\gamma\gamma \rightarrow TT$ et $\gamma\gamma \rightarrow TP$, où T est un méson tensoriel (f_2 , a_2 , f_2') et P un méson pseudoscalaire (L. Houra-Yaou, P. Kessler, D. Misa, J. Parisi).

7.4.3. Tests des boucles chirales à DAΦNE

Un calcul des corrélations azimutales a été effectué, dans le cadre de la théorie chirale perturbative à l'ordre p^4 , pour la réaction $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0$ (S. Ong).

Des simulations Monte-Carlo sont effectuées, servant ainsi de calibration pour tester éventuellement des contributions d'ordre p^6 : effets à deux boucles ou contribution due aux échanges de mésons vecteurs (A. Courau, S. Ong).

8. Recherches et Développements sur les moyens

8.1. Collaboration WALIC sur les calorimètres à liquide chaud

Le Laboratoire a participé à la collaboration WALIC (WArm LIquid Collaboration) depuis son début, en 1988. Cette collaboration internationale

(CEA, Collège de France, LAPP, LBL, Harvard, Tuscaloosa, Kyoto et Tohoku) a étudié la calorimétrie avec détecteurs à liquides chauds (non cryogéniques) Après avoir mesuré, en 1989, les propriétés du TMS (tétraméthylsilane) et du TMP (2,2,4,4-tétraméthylpentane) traversés par des particules ionisantes, la collaboration s'est orientée selon deux axes de recherche.

8.1.1. *Etude des propriétés d'un calorimètre à TMP*

La collaboration a construit un calorimètre modulaire constitué de chambres à ionisation à TMP et d'absorbeurs de différents matériaux. Ce calorimètre a été testé en diverses configurations dans des faisceaux d'électrons, de hadrons et de muons. Délicat à construire, il a fonctionné de façon parfaitement stable et conformément à la simulation. L'étude a principalement porté sur les réponses du calorimètre aux gerbes électromagnétiques et hadroniques — que l'on souhaite aussi voisines que possible — et sur la façon dont elles dépendent de la configuration.

8.1.2. *Recherche de matériaux compatibles avec les liquides chauds*

La principale difficulté est la nécessité d'une extrême pureté du liquide (taux d'impuretés électronégatives inférieur à 10^{-9}). Or, pour construire un grand calorimètre on doit rechercher des matériaux moins onéreux que l'acier inoxydable et la céramique. Notre groupe a donc systématiquement recherché, et qualifié, des matériaux ne réagissant pas avec le TMS : métaux, plastiques et colles.

Ont participé, au Laboratoire, au programme WALIC, qui a été clos au 1/1/93 : L. Dobrzynski¹, P. Guillouet, F. Hrabina, D. Kryn, J.P. Mendi-buru², D. Monnot, P. Salin.

8.2. *Calorimètre à Prisme en Plastique*

Encouragé par ces résultats, le groupe a soumis au DRDC du CERN un projet de prototype de calorimètre à structure en plastique. Ce projet, approuvé en 1991 par le DRDC, mais insuffisamment financé, a abouti à la démonstration d'une chambre d'ionisation à TMS dont deux parois sont en VECTRA métallisé.

Ont contribué, au Laboratoire, au programme PPC, qui a été clos au 1/1/93 : L. Dobrzynski, P. Guillouet, F. Hrabina, D. Kryn, D. Marchand, D. Monnot, J.P. Rény, C. Robert, P. Salin.

1. Maintenant au LPNHE, Ecole Polytechnique.

2. Maintenant au LAPP, Annecy.

8.3. Développement de détecteur RICH rapide

Un prototype à l'échelle 1 de détecteur RICH rapide, avec lecture par damiers, destiné à l'identification des traces dans un environnement à haute luminosité a été construit. Il utilise le meilleur gaz photosensible rapide (TEA), ou les photocathodes solides intrinsèquement rapides (CsI/TMAE) développées spécifiquement dans ce but.

Une électronique VLSI rapide a été développée pour la lecture. La troisième version a été reçue et fonctionne conformément aux spécifications.

Le prototype est monté avec des voies de lecture pour 12 000 damiers. Les tests en rayons cosmiques montrent des performances conformes aux prévisions : erreur sur l'angle Čerenkov de 16 mrad pour le radiateur en CaF_2 et de 12 mrad pour celui en LiF , avec un nombre moyen de photoélectrons de 8 dans les deux cas. On atteint ainsi pratiquement les limites imposées par la chromatocité des radiateurs.

Les tests en faisceau de pions, kaons et protons analysés en moment sont en cours.

Une exploration expérimentale détaillée de diverses photocathodes a été également menée, en vue de l'optimisation des paramètres de construction d'un RICH.

Ces développements sont entrepris par J. Séguinot, J. Tocqueville, T. Ypsilantis, J.P. Jobez, en collaboration avec le CRN (Strasbourg), PSI (Suisse), RAL (Angleterre), CERN/LAA, CERN/EPC, l'Université de Karlsruhe (Allemagne), KEK (Japon).

En raison des incohérences que revêt ce genre de calculs (chiffrage des frais de main d'œuvre, etc.), il est difficile d'avoir des chiffres précis sur les participations des divers instituts, mais on peut en gros compter que *pour la réalisation du prototype*, une petite moitié des coûts a été supportée, à parts en gros égales, par KEK, LAA et PSI.

8.4. HELLAZ, détecteur à neutrinos solaires à taux élevé, en temps réel et avec détermination de l'énergie du neutrino

L'étude de ce détecteur a démarré cette année. L'idée est d'observer la diffusion élastique ν_e . Une mesure de la direction et de l'énergie de l'électron de recul permet la détermination de l'énergie du neutrino compte tenu de la direction du soleil.

On peut ainsi observer la partie dominante du spectre de neutrinos solaires, dus à la réaction $p + p \rightarrow e^+ + d + \nu$. Comme ce spectre est continu entre 0 et 420 keV, il faut une sensibilité à basse énergie qui ne peut être obtenue

que dans un gaz de bas Z et à basse densité. L'obtention d'un taux élevé d'événements nécessite un grand volume de cible.

L'appareillage envisagé consiste en un grand volume ($\approx 2\,000\text{ m}^3$) de gaz hélium pur, à 10 bars et 77° K , constituant l'espace de dérive d'une TPC de 20 m de long, qui fournit la direction de l'électron, ainsi qu'une estimation de son énergie par la longueur de sa trace et son ionisation.

La simulation montre qu'on peut mesurer la direction à 35 mrad près jusqu'à une énergie d'électron de seulement 100 keV. Ceci donne une erreur relative d'environ 8 % pour des neutrinos de 300 keV.

L'avantage de ce dispositif est qu'il permet d'identifier les diverses composantes du spectre de neutrinos, et de discriminer ainsi entre les divers modèles solaires, ou les effets d'oscillation de neutrinos.

La calibration du détecteur se fera par des sources de neutrinos par conversion interne d'électrons. Elle sera susceptible également de fournir des limites sur le moment magnétique du neutrino.

Nous étudions actuellement une petite TPC avec 50 cm de dérive, pour déterminer si l'on peut obtenir la sensibilité à un seul électron dans un mélange d'hélium et de 10 % d'hydrogène à 10 bars et 77° K .

Un aspect critique du projet HELLAZ est le blindage destiné à absorber les γ et neutrons issus des parois de la caverne du Gran Sasso. On propose un blindage en blocs de CO_2 solide, à cause de sa très basse radioactivité spontanée, de sa haute densité, de son bas coût et de sa basse température (p. ex. le radon est immobilisé).

La basse radioactivité des matériaux de HELLAZ est un élément critique. On propose de tester la radioactivité de grands échantillons des matériaux les plus intéressants au moyen d'un compteur à γ en xénon liquide de grande masse et de haute précision.

On construira une cage de TPC de test de 5 m^3 , pour mesurer directement la fonction d'erreur sur l'énergie du neutrino par diffusion Compton γe . Nous lancerons également une étude d'ingénierie pour déterminer la faisabilité de la construction (et de l'assemblage) de la cage de TPC, du blindage, et de la cuve de pression.

Si tous ces tests et études sont positifs, nous pouvons entreprendre avec confiance la construction de la TPC définitive ($\phi = 12\text{ m}$, $L = 20\text{ m}$), dans son blindage d'environ 7000 T ($\phi = 20,5\text{ m}$, $L = 32\text{ m}$). L'ensemble occuperait environ 1/3 de la caverne C du Laboratoire National du Gran Sasso — Assergi (Italie).

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

8.5. Développement de calorimètres à liquide noble

Le facteur de Fano du xénon liquide a été mesuré, avec le résultat $F = 0.058 \pm .01$. Ceci montre que l'erreur sur l'énergie tirée de l'ionisation est 5 fois moindre que ce qui pourrait être obtenu d'une distribution gaussienne de la charge d'ionisation.

Une cellule à xénon liquide de 60 cm a été construite et couplée à un monochromateur à UV. Ce dispositif permet des mesures fines de la transmission de photons dans le xénon liquide pour des énergies de photons jusqu'à environ 9 eV. Les mesures sont actuellement en train d'être faites.

Cette recherche est menée par J. Séguinot, J. Tocqueville, T. Ypsilantis, en collaboration avec l'Université de Coimbra, celle de Bologna, l'IHEP (Serpukhov) et le CERN/LAA.

8.6. Recherches et développements sur les détecteurs à basse température

Les détecteurs fonctionnant à basse température sont utilisés depuis plus de 20 ans dans différents domaines de la physique. Leurs performances théoriques pour la détection des particules, très prometteuses, sont loin d'être atteintes.

Cela peut être dû à des facteurs physiques — connaissance insuffisante de la physique des détecteurs à ces températures — ou technologiques — bruits mécaniques ou électriques, d'origine interne ou externe —.

Une collaboration est établie avec le groupe de physique du solide de l'Université de Paris 7 en vue d'étudier des détecteurs à basse température, pour pousser leurs performances et les rendre opérationnels en expérience. Les travaux actuels portent sur l'étude des bolomètres (cristaux et senseurs).

Au cours de ces trois dernières années, des amplificateurs de courant et de tension cryogénisés, à bas bruit, ont été développés, après une étude théorique comparative sur les avantages respectifs de ces deux modes d'amplification. P. Goret, dans le cadre de sa thèse sur la recherche de matière noire a confirmé expérimentalement les résultats de cette étude.

Le groupe participe à la mise en place d'un cryostat à très basse température sur le campus de Jussieu : banc de pompage, mesure et analyse spectrale des vibrations, contrôle de la microphonie.

Plusieurs types de thermomètres seront testés, et leurs caractéristiques mesurées par un système développé et automatisé au Laboratoire.

Participent à cette activité : T. Bélinguier, P. Bonierbale, R. Bruère-Dawson, P. Espigat, C. Finetin, Ph. Tardy.

8.7. Calcul Parallèle

8.7.1. Moyens mis en œuvre par le groupe

Le groupe dispose actuellement d'un système informatique performant, constitué d'une station de travail STE30, munie d'un disque de 1,2 Go, d'un PC et d'un calculateur parallèle T-Node, issu du projet européen Esprit Supernode, muni d'un disque de 600 Mo, et de 66 transputers T800. Ce système peut fournir une puissance variant de quatre à huit processeurs d'IBM-3090.

Le groupe a aussi utilisé pour évaluation les calculateurs GC3 construits par la société allemande Parsytech dans le cadre du projet GPMIMD et installés aux universités de Paderborn et d'Amsterdam. La puissance de ces systèmes représente entre 32 et 168 processeurs d'IBM-3090.

8.7.2. Mise en œuvre de simulations sur calculateurs parallèles

Le travail du groupe s'effectue dans 3 directions :

- L'étude algorithmique de la parallélisation de programmes de simulation, faite sur les logiciels GEANT et DELSIM, du CERN.

En particulier deux axes ont été suivis :

- parallélisation à l'intérieur de l'événement (géométrique, par trace) ;
- ferme à très grand nombre de processeurs : mise en œuvre de GEANT sur 1 000 processeurs à Paderborn et à Amsterdam (vitesse d'exécution : plus de 1 Gflops sur GEXAM1).

Carlos De Moura, visiteur de l'université de Rio de Janeiro, a étudié l'installation de programmes de diffusion. Nous accueillons par ailleurs l'équipe du professeur Mastrangelo, du CNAM, qui utilise aussi le T-Node pour la résolution numérique de problèmes mathématiques.

- L'utilisation du calculateur parallèle pour des applications dans lesquelles sont spécialement impliqués des membres du groupe :

- La médecine nucléaire (simulation d'un collimateur, simulations thérapeutiques, simulation de la scintillation, validation expérimentale des simulations). Ce travail se fait en étroite coopération avec le service de médecine nucléaire de l'hôpital Saint-Antoine (G. Maurel).

- La canalisation d'électrons par un cristal. Le travail de simulation pour la canalisation se fait dans le cadre d'une collaboration internationale qui fait l'objet d'un PICS (CdF, LAL, IPN-Lyon, Novosibirsk, Max-Planck Institut). Les deux membres du groupe ont aussi participé à la mise en œuvre expérimentale et à l'analyse des résultats (A. Jejcic, J. Silva).

— La simulation de l'incinération des actinides mineurs à l'aide d'accélérateurs. Ce travail fait l'objet d'un contrat entre l'EDF et le Laboratoire. Le groupe participe au programme d'intercomparaison (« Benchmark ») des programmes de simulation lancé par l'OCDE. Il collabore sur ce sujet plus particulièrement avec le CEA à Cadarache et l'Institut Paul Scherrer (F. Wolff-Bacha).

— La simulation de l'expérience DELPHI.

- La mise en œuvre du calculateur parallèle au service d'utilisateurs extérieurs au groupe (simulation de l'expérience du Bugey), voire au Laboratoire (simulation pour LHC par exemple).

Le groupe est constitué de : R. Eschylle, A. Jejcic, J. Maillard, G. Maurel, J. Silva, F. Tembely, F. Wolff-Bacha.

9. *Activités en Mécanique*

Le service de Mécanique du Laboratoire poursuit sa collaboration efficace à la conception et à la construction des expériences, malgré une diminution sensible des effectifs, que nous remplaçons en partie par l'embauche à titre temporaire de 2 techniciens d'étude sur Contrat Emploi-Solidarité. Nous avons de plus entamé le processus d'embauche d'un Ingénieur d'Etudes.

Parmi les réalisations principales, citons notamment :

- Expériences sur les ions lourds :

— Pour l'expérience WA94 (Faisceau de S) : maintenance et remise en service d'un hodoscope à lecture par fibres optiques (M. Pairat).

— Pour l'expérience WA97 (Faisceau de Pb) : études et développements pour 4 chambres à damiers particulièrement légères compte tenu de l'intensité d'irradiation — plans de damiers en circuit multicouches, caisson en nid d'abeilles de Rohacell, poutres en fibre de carbone, structure portante en Stesalit, tissage.

Ces études ont été menées sur logiciels ACORD et EUCLID, la réalisation l'est sur fraiseuse à commande numérique, le tout sous un contrôle métrologique strict (quelques centièmes de mm de flèche sur près de 1 m).

Une de ces chambres doit être en fonction en novembre 93, les 3 autres pour le printemps de 1994 (M. Crasson, A. Diaczek, M. Pairat).

- Expérience Themistocle :

— Remise en état d'une tête de télescope, adaptation pour un nouveau type de PM, installation et mise au point sur le site (C. Robert).

- Détection de matière noire :

— Sur le site de l'Institut d'Astrophysique (IAP) : enceinte à isolement acoustique, système antivibratoire sur canalisations, bac à sable antivibratoire (D. Marchand, J.P. Rény, C. Robert) ; maintenance et adaptations d'un cryostat à dilution d'hélium, réalisations de supports de bolomètres (F. Lelong).

— Sur le site du Collège de France : études pour l'implantation du cryostat et de son environnement pour accueillir les installations actuellement à l'IAP (D. Marchand, J. Rzonca).

— Sur le site de Modane : construction des enceintes pour recevoir le cryostat venant de Saclay, blindage de cuivre et plomb à basse radioactivité, enceinte en surpression antiradon, isolement acoustique, table antivibratoire (F. Lelong, D. Marchand, J.P. Rény).

- Expérience sur les neutrinos à Chooz :

— Avant-projet pour l'aménagement d'un hall dans la galerie souterraine de la centrale désaffectée de Chooz A (D. Marchand).

— Etudes techniques et financières pour la réalisation du détecteur en vue du dépôt de la proposition d'expérience (R. Cachi, P. Guillouet, F. Hrabina, D. Marchand, C. Robert, J. Rzonca).

- Recherches et développements sur les moyens :

— Fin du programme WALIC : réalisation et remplissage d'une cellule de tests aux rayons cosmiques, conception et réalisation des guides de lumière associés et d'une colonne de purification (F. Hrabina, P. Guillouet, P. Salin).

— Détecteur RICH rapide : Conception et réalisation, suivi de bancs de test et de calibration (B. Didierjean, J.P. Jobez).

— R. et D. sur les détecteurs à basse température : Maintenance d'un environnement cryogénique au Laboratoire pour les tests d'adaptation électronique dans des conditions proches de celles régnant au voisinage du bolomètre (P. Bonierbale).

- Pour l'équipement interne des électroniciens :

— Réalisation d'une table antivibratoire pour un poste de contrôle dimensionnel en micro-électronique (J.P. Rény).

Les mécaniciens du Laboratoire sont : P. Bonierbale, R. Cachi Mamani³, M. Crasson⁴, A. Diaczek, B. Didierjean⁵, P. Guillouet, F. Hrabina, J.P. Jobez, F. Lelong, D. Marchand, M. Pairat, J.P. Rény, C. Robert, J. Rzonca³, et P. Salin.

3. Sur Contrat Emploi-Solidarité.

4. En partage avec le Laboratoire de Physique de la Matière condensée du Collège de France.

5. En partage avec le LAPP (Annecy).

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.

10.1. Réalisations récentes ou en cours

- DELPHI-TPC : Maintenance des triggers avant de 1^{er} et de 2^e niveaux.
- DELPHI-RICH : Extension de mémoire pour les processeurs FIP ; étude d'une carte d'extension avec Transputer.
- Ions lourds (WA85) : Etude d'une électronique d'acquisition pour la chambre à damiers.
- Neutrinos au Bugey :
 - Réalisation d'un banc de test pour l'étude de la capture du neutron sur $l^3\text{He}$ dans un tube proportionnel.
 - Etude et réalisation d'une électronique de traitement du signal de neutron.
- Themistocle : Maintenance des 18 premiers télescopes, et de leur contrôle lent par automates programmables.

10.2. Recherche et développement

Pour réaliser une deuxième génération de micro-détecteur de vertex pour DELPHI, ainsi qu'un télescope destiné à étudier les corrélations dans les expériences avec les ions lourds, le Laboratoire étudie la faisabilité 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 (RD 19).

Le Laboratoire a élaboré une technique de lecture sélective ultra-rapide (*sparse data scan*), incorporée au circuit intégré effectuant l'acquisition des données de chaque pixel.

Un premier circuit comportant une matrice de 16×8 pixels a déjà été fabriqué, et est maintenant en cours de tests. Un second circuit, plus important, (64×16) est achevé, et prêt pour le prochain envoi en fonderie dès que les tests sur le premier s'avèreront concluants.

(C. Boutonnet, P. Delpierre, J.J. Jaeger, J. Waisbard)

10.3. *Activités d'intérêt général*

Le service de l'électronique assure le fonctionnement au profit de l'ensemble du Laboratoire, en assurant notamment le support logiciel, pour :

- les postes d'IAO/CAO : implantation et routage de circuits imprimés (ALLEGRO) ; simulation logique et analogique (VALID),
- le passage du logiciel SECMAI à ALLEGRO,
- le remplacement des stations DEC/VMS par des SUN/UNIX,
- le magasin : stock courant, commandes, maintenance, documentation.

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

11. *Informatique*

En physique des particules, l'informatique est un outil indispensable à tous les stades d'avancement d'une expérience : conception et construction des détecteurs, prise des données, analyse des données.

11.1. *Evolution des infrastructures*

11.1.1. *Le réseau local*

L'infrastructure de base est articulée autour du réseau local Ethernet qui dessert maintenant tous les bureaux des utilisateurs. Ce réseau assure :

- les communications entre les machines installées.
- l'accès au réseau Phynet de l'IN2P3.
- l'interconnexion avec le réseau Appletalk des Macintosh.
- la connexion d'une partie des consoles, en particulier des terminaux X dont le laboratoire commence à s'équiper.

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

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

Sont actuellement connectés au réseau local :

- un *cluster* général VAX/VMS (un VAX 6310, une μ VAX, une VAX-station modèle 4000 pour l'analyse des données et une VAX-station 3200

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.

- un calculateur parallèle T-Node de la compagnie Telmat et son frontal (station Unix STE30), délivrant une puissance de calcul importante destinée d'abord aux calculs de simulation (GEANT et DELSIM). Grâce à la mise en service du lecteur de cartouches 3480, ce calculateur peut maintenant être utilisé pour la production et non plus seulement en test.

- trois stations de travail Apollo en réseau 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 changées prochainement.

- trois stations de travail SUN (sous UNIX) dédiées à la CAO électronique (logiciels VALID et ALLEGRO).

- quatre serveurs de terminaux, permettant l'accès simultané, par TCP/IP, à plusieurs machines locales ou distantes, et un serveur d'impression spécialisé. Les imprimantes connectées sur ces serveurs sont ainsi accessibles directement à partir de toutes les machines locales. Ces serveurs préfigurent la disparition à terme de l'autocommutateur qui permettait ces dernières années la connexion des terminaux aux différentes machines.

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

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

Nous avons cette année achevé l'installation du réseau local Ethernet qui constitue l'épine dorsale de notre équipement. Pour pouvoir définitivement nous affranchir de l'autocommutateur (et de sa technologie caduque), nous devons encore acquérir deux serveurs de terminaux. Le réseau local sera alors prêt à supporter la trentaine d'utilisateurs simultanés que nous observons actuellement, et qui seront dotés progressivement de 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. Parallèlement, il nous paraît souhaitable d'offrir aux utilisateurs le choix entre deux systèmes d'exploitation bien implantés dans notre discipline, à savoir VAX/VMS et UNIX, le premier à travers le matériel DEC et le second avec les Apollo, les SUN, et bientôt une station Hewlett-Packard.

11.2. *Support 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, PAW, ...).

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

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. Chavanon), se fait un plaisir de citer :

Secrétariat administratif et scientifique : C. Bréon-Hussenot, E. Brochet, J. Brossaud, D. Cerverra, R.H. Le Bihan, G. Masséi, C. Masson, V. Saïnz

Bibliothèque et Documentation : T. Baroudi ⁶, A. Damais, C. Dupart, D. Levailant, F. Ott, J. Weisz ⁶

Service intérieur : T. Abdoulaye ⁶, H. Ahamada, Y. Alger, G. Dubois, J. Le Fur, S. Néchal, D. Polard, B. Tahar ⁶, B. Tighrine †

Imprimerie et photo : G. Arbousse-Bastide, J. C. Couillard, X. Le Tan, M. Soumana

13. *Activités d'intérêt général*

13.1. *Participation à des manifestations scientifiques*

C. Ghesquière : *Photon interactions on nuclei*. Atmospheric Cerenkov Techniques (ACT) — Ecole Polytechnique, Palaiseau, juin 1992.

6. Sur Contrat Emploi-Solidarité.

L. Dobrzynski : Réunion de la collaboration internationale WALIC — Berkeley (USA), 21-30/7/92.

C. Ghesquière : 13th European cosmic ray symposium — CERN, 27-31/7/92.

J. Maillard : invité à la Ia Escola de Computação científica de Alta Desempenho — Rio de Janeiro (Brésil).

A. Jejcic : Physics Computing '92 — Prague (Tchécoslovaquie), 24-28/8/92.

Y. Giraud-Héraud, C. Tao : Séminaire Franco-chinois sur la matière noire de l'Univers — Pékin (Chine), 1-5/9/92.

C. Tao, G. Bordes : Workshop « 10 years of SUSY confronting experiment » — Genève (Suisse) 6-9/9/92.

P. Beillièvre, M. Laloum, P. Goret : Ecole d'Eté de Physique des Particules — Montpellier, 13-18/9/92.

P. Delpierre : Workshop on Front end electronics for Si detectors at future high-luminosity colliders — Yellowstone (USA), 17-19/9/92.

M. Froissart : Computing in High Energy Physics '92 — Annecy, 21-25/9/92.

A. de Bellefon, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, E. Brunet, A. Diaczek, C. Fritsch, Y. Giraud-Héraud, P. Guillouet, P. Goret, D. Levailant, D. Marchand : Les détecteurs refroidis, pour quoi faire ? Recherche des événements rares ⁷ ; Ligne et amplification en impulsion : les détecteurs, méthodes et techniques d'amplification du signal ⁸ ; Les bolomètres : la physique des bolomètres ⁹. Détection des rayonnements à très basse température — La Londe-les-Maures, 21-26/9/92.

Y. Giraud-Héraud : Pour le compte de l'IN2P3, Journées CERN à l'Exposition Universelle — Séville (Espagne), 26/9-1/10/92.

P. Leruste, J.L. Narjoux : Séminaire « Réseaux de Neurones » — CEN, Saclay, 28-30/9/92.

T. Ypsilantis : Measuring CP violation in B-meson decays with an upgraded CLEO detector — Cornell University (USA), 8-9/10/92.

R. Bruère-Dawson : Table Ronde sur la Recherche et l'Industrie — Rennes, 19/10/92.

J.J. Jaeger : A sparse data scan circuit for pixel detectors ¹⁰. IEEE 92 « Nuclear Science » — Orlando (USA), 27-31/10/92.

P. Kessler, S. Ong, J. Parisi : *Analysis of the Decay $J/\psi \rightarrow p\bar{p} \gamma$* ¹¹ ; *$J/\psi$ decays into baryon-antibaryon pairs in the quark-scalar diquark model* ¹². 2nd Workshop on Diquarks — Turin (Italie), 1-4/11/92.

7. Cours fait par A. de Bellefon.

8. Cours fait par R. Bruère-Dawson.

9. Cours fait par Y. Giraud-Héraud.

10. J.J. Jaeger, C. Boutonnet, P. Delpierre, J. Waisbard.

11. C. Carimalo, S. Ong, présenté par S. Ong.

12. E.H. Kada, J. Parisi, présenté par J. Parisi.

- R. Bruère-Dawson : Congrès BRITE-EURAM — Lyon, 9-10/11/92.
- C. Dupart, D. Levailant : Colloque IST « Les professionnels de l'Information Scientifique et Technique » — Vandœuvre-lès-Nancy, 18-21/11/92.
- J. Maillard, J. Silva : Réunion sur le Super-Calculateur Européen — Paderborn (Allemagne), 19/11/92.
- G. Bordes : Rencontre Nationale de Physique des Particules — IPN, Orsay, 24-25/11/92.
- A. Diaczek, J.P. Jobez : Journées d'information Education/Recherche — Matra, Les Ulis, 25-26/11/92.
- R. Sené, A. Sokolsky : Forum Sciences et Sécurité au Conseil de l'Europe — Strasbourg, 9-11/12/92.
- A. de Bellefon : 16th Texas symposium on relativistic Astrophysics — Berkeley (USA), 12-21/12/92.
- A. Djannati-Atai, Y. Giraud-Héraud, P. Goret, P.F. Honoré : Journées Jeunes Chercheurs — Aussois, 14-16/12/92.
- T. Ypsilantis : UNK B-factory workshop — Prague (Tchécoslovaquie), 18-22/1/93.
- H. De Kerret : *Presentation of the Chooz experiment*. XVIIth Moriond workshop, « Perspectives in neutrinos » — Moriond, 30/1-6/2/93.
- T. Ypsilantis : *Status of the European Fast Rich prototype*¹³. Perspectives du projet d'Usine à mésons B du SLAC — LPNHE (Paris 6 et 7), 1/2/93.
- C. Tao : *GALLEX et le futur des expériences sur les neutrinos solaires*. Journée Astroparticules sur les neutrinos solaires — Palaiseau, 2/93.
- A. de Bellefon, C. Tao : *L'état actuel de la recherche de matière noire avec des bolomètres*¹⁴ ; *Résultats des mesures avec des cristaux de NaI*¹⁵. 4th Neuchâtel workshop on experimental problems in low count, low energy particle physics — Neuchâtel (Suisse), 7-9/3/93.
- M. Benayoun, K. Šafařík : XXIIIth Rencontres de Moriond « High-energy hadronic interactions » — Moriond, 20-27/3/93.
- P. Lutz¹⁶ : SUSY with DELPHI. '93 International Workshop on Supersymmetry — Boston (USA), 29/3-1/4/93.
- T. Ypsilantis : HELLAZ : *High pressure silicium TPC and liquid azot shield for solar neutrino energy determination*. 5th International workshop on neutrino telescopes — Venise (Italie), 2-4/3/93.

13. CERN-LAA - Collège de France - CRN Strasbourg - Karlsruhe Univ. - PSI Villigen - Rutherford Lab. - KEK Tsukuba - Syracuse Univ.

14. Présenté par A. de Bellefon.

15. Collaboration Beijing-Roma-Saclay-Collège de France, présenté par C. Tao.

16. Porte-parole de l'expérience DELPHI.

D. Broszkiewicz : *Organisation d'un laboratoire pour la basse température*. Séminaire Cryogénie « Technologies des basses températures en physique nucléaire et physique des particules » — Bordeaux, 16-17/3/93.

J. Maillard : Réunions Esprit HPCN Task 3.1 — Bruxelles (Belgique), 23/3/93 — Oxford et Londres (Grande-Bretagne), 6-7/4/93.

A. Faye : DECUS 93 — Paris, 6-8/4/93.

S. Ong : *Test of chiral loops and azimuthal correlations in the reaction $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0$* . Réunion de Collaboration EURODAΦNE — Frascati (Italie), 19-23/4/93.

P. Frenkiel : Réunion HEPNIX — NIKHEF-H, Amsterdam (Pays-Bas), 19-23/4/93.

M. Froissart : DEC HEP seminar — Annecy, 27-28/4/93.

A. de Bellefon, A. Djannati-Atai, F. Fleuret, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, P. Goret, D. Levaillant, C. Tao : *Revue sur la détection directe de matière noire*¹⁷ ; *Session sur la matière noire*¹⁸. Journées Astrophysique et Particules — IPN-Lyon, Villeurbanne, 4-5/5/93.

Y. Giraud-Héraud : 4^{es} Journées d'Aussois de l'Association de Cryogénie — Aussois, 12-14/5/93.

P.F. Honoré, J. Séguinot, T. Ypsilantis : 1st workshop on RICH detectors — Bari (Italie), 2-5/6/93.

13.2. *Organisation de manifestations scientifiques*

C. Tao : Séminaire Franco-chinois sur la matière noire de l'Univers — Pékin (Chine), 1-5/9/92.

D. Levaillant a organisé l'école « Détection de rayonnements à très basse température » — La Londe-les-Maures, 21-26/9/92.

A. de Bellefon¹⁹ : Organisation d'une réunion au Laboratoire sur les relations entre la physique et les média (journaux, télévision...)

Organisation d'une journée jeunes chercheurs — Aussois, 12/92 ;

et, avec la participation de D. Levaillant, organisation des journées « Astrophysique et particules » — IPN de Lyon, Villeurbanne, 4-5/5/93.

Y. Giraud-Héraud est membre du comité d'organisation d'un colloque interdisciplinaire du CNRS traitant de physique des particules et d'astrophysique.

17. Présentée par Y. Giraud-Héraud.

18. Animée par A. de Bellefon.

19. Correspondant de la Société Française de Physique au Laboratoire.

13.3. Enseignements à l'extérieur du Laboratoire

M. Abbès : Enseignement d'électronique (100 h) — Ecole Supérieure d'Informatique et Génie des Télécommunications (ESIGETEL).

C. Bréon : Animation de stages « Connaître le CNRS pour agir » dans diverses délégations régionales (90 h) — Direction des Ressources Humaines du CNRS.

A. Djannati-Atai : Travaux pratiques de Physique Nucléaire — Maîtrise de Physique, Université de Paris 7.

J.J. Jaeger : Cours : Introduction à la simulation analogique ; Introduction aux ASIC ; Présentation d'un ASIC pour DELPHI — Ecole d'été de l'IN2P3, Cargèse (mai 93).

A. Jecic, J. Maillard, J. Silva : Calcul parallèle pour la simulation en physique des particules (4 h) — LAL, Université de Paris-Sud.

P. Lutz : Cours de statistique expérimentale (30 h) — 3^e année, Ecole Supérieure d'Electricité (SupElec).

R. Sené : « Les Centrales Nucléaires » (3 h) — DESS de Pollution Chimique et Environnement, (Pr. Ramade), Université de Paris Sud.

13.4. Séminaires donnés à l'extérieur

K. Šafařík : Séminaire invité, *Strangeness production in relativistic ion collisions* — Utrecht (Pays-Bas), 10-16/6/92.

J. Silva : *Running HEP simulation programs on Transputer-based parallel computers* — CERN, 16/9/92.

J. Silva : Séminaire invité, *Utilisation des machines parallèles pour la simulation en physique des particules* — Montréal (Canada), 25/10-1/11/92.

H. De Kerret : *Oscillations de neutrinos auprès des réacteurs* — GANIL, 9/4/93.

P.F. Honoré : *Identification des kaons chargés par le Barrel RICH de DELPHI : sélection de $D_s^\pm \rightarrow \pi^\pm \phi(1020)$ dans les désintégrations hadroniques de Z^0 au LEP* — ISN, Grenoble, 29/4/93.

13.5. Participation à la vie d'organismes extérieurs

M. Abbès est membre du Conseil d'Administration de l'Association des Chercheurs et Enseignants Tunisiens en France (ACETEF, association loi 1901).

A. de Bellefon, membre du bureau de la Division de Physique des Particules de la Société Française de Physique, est correspondant de la division au laboratoire.

M. Froissart :

— participe en tant que membre élu au Bureau du groupe de Computational Physics de la Société Européenne de Physique.

— a représenté jusqu'au 26/10/92 l'IN2P3 au sein du HEP Computing Coordination Committee.

M. Sené :

— est membre de la Commission près l'Etablissement de La Hague.

— participe à la commission d'enquête sur le site de Saint-Aubin, et à la rédaction du rapport final.

— participe à la commission d'enquête du site du Bouchet et aux réunions avec la préfecture.

— participe aux auditions de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Technologiques (C. Birraux et C. Bataille) :

- Radioactivité et santé.
- Etablissement des Plans particuliers d'Intervention.
- Stockage des déchets.

— a participé à des émission de télévision (*Envoyé spécial* sur A2, interview sur FR3 à propos des déchets radioactifs, Télévision Suisse Romande à propos de Superphénix), et de radio (France Culture, Europe I, sur les problèmes techniques des réacteurs).

R. Sené :

— est membre du Comité Scientifique de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN),

— est membre du Conseil Supérieur de Sûreté et d'Information Nucléaire,

— a eu une mission de contre-expertise sur la sûreté, pour la Commission de Surveillance de la centrale de Fessenheim, à la demande du Conseil Général du Haut-Rhin,

— est intervenu à la Table Ronde de la conférence PMDS organisée par l'IPSN sur Sûreté et environnement,

— est intervenu dans des émissions de télévision (Soir 3, M6 : $E = M6$).

13.6. *Accueil de chercheurs*

13.6.1. *Stagiaires*

T. Bélinguier : Matière Noire — DEA de traitement du signal, 5/4-31/7/93.

T. Roux : Ions lourds — DEA Théories physiques, 11/1-5/2-93.

F. Wolff-Bacha : Calcul Parallèle — DEA Radioéléments, 8/2-25/6/93.

T.D. Le Tat : Calcul Parallèle — IUT de Cachan, 19/4-25/6/93.

- D. Mateu : Electronique — IUT de Cachan, 19/4-25/6/93.
 Ch. Manouvrier : Electronique — IUT de Cachan, 19/4-25/6/93.
 F. Fleuret : Matière Noire — DEA de Physique de Toulon, 1/3-30/6/93.
 P. Bevillon : Neutrinos — DEA de Champs, particules, matière, Université de Paris 7, 10/5-18/6/93.

13.6.2. *Thésards*

- L. Brillault : DELPHI (entré le 27/7/92).
 J.P. Cussonneau : Expérience du Bugey (parti le 1/11/92).
 A. Djannati-Atai : Thémistocle.
 P. Goret : Recherche de Matière Noire.
 P.F. Honoré : DELPHI.
 G. Maurel : Calcul Parallèle.
 F. Wolff-Bacha : Calcul Parallèle (après le stage).

13.6.3. *Savants visiteurs*

Dans le cadre de l'accord IN2P3 - Institut Kourchatov (Moscou — Russie) pour les expériences du Bugey et de Chooz :

- A. Verchinsky : 1 mois (9/92),
 A. Etenko et I. Koslov : 1 mois (9/92),
 L. Mikaelian : 1 semaine (11/92),
 V. Martemyanov : 1 semaine (11/92),
 I. Machouline : 1 mois (11/92),
 S. Soukhotine : 1 mois (1/93).

En outre, pour le même groupe, avec le soutien du Collège de France :

- M. Skorokhvatov : du 7/9/92 au 7/1/93,
 V. Vyrodov : du 7/2/93 au 6/6/93.

Dans le cadre de l'accord IN2P3-JINR (Doubna — Russie) pour les Ions Lourds :

- Y. Merekov : 1 mois (4/93),

et à titre de Visiteur Etranger de l'IN2P3 pour le même groupe :

- K. Šafařík : jusqu'au 30/4/93.

Dans le cadre de la collaboration 51 : IN2P3 - Lodz (Pologne), pour Themistocle :

- W. Miller et A. Wozniak : 1 semaine (4/93).

C. De Moura, D.R. au Laboratoire National de Calcul Scientifique de Rio de Janeiro, dans le groupe de Calcul Parallèle : 2/3-1/9/92 et 2 semaines en mars 1993.

R. Zukanovich-Funchal : dans le groupe DELPHI, 2 semaines en février 1993.

13.7. *Actions de formation du personnel*

13.7.1. *Reconversions*

Il s'agit de formations assez lourdes, de plus de 100 heures, qui débouchent sur un diplôme : cette année, préparation à l'entrée à l'ENSEA, un DUT d'électronique et un examen d'entrée à l'Université pour 3 électroniciens très motivés.

13.7.2. *Ecoles thématiques de l'IN2P3 et du CNRS*

Elles ont concerné 5 personnes, qui ont participé à 3 écoles d'une dizaine de jours sur : les détecteurs de particules, l'électronique, l'informatique.

En outre, dans le cadre d'une plus grande communication avec les autres disciplines et l'extérieur, A. de Bellefon a dirigé avec J.P. Torre (INSU) une école sur la détection à très basses températures en septembre 1992 à La Londe-les-Maures.

13.7.3. *Cours d'anglais*

Des stages extensifs à plusieurs niveaux ont été suivis par 11 chercheurs et ITA pour une durée totale de 824 heures.

13.7.4. *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 de l'unité, 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 par exemple, destinés à préparer l'avenir.

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.

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

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 générale comme : « Les contrats Européens », ou « L'expression orale ».

Au total 46 agents (dont 8 chercheurs) ont suivi 214 jours de stages ou écoles pour un total de 2 500 heures. L'effort dans ce domaine doit se poursuivre.

14. Liste des publications 14.1 DELPHI

LPC 92-02 : Measurement of the partial width of the Z^0 into $b\bar{b}$ final states using their semi-leptonic decays. Collab. DELPHI ²⁰ Z. Phys. C 56, (1992), 47-61.

LPC 92-15 : Charged particle multiplicity distributions for fixed number of jets in Z^0 hadronic decays. Collab. DELPHI Z. Phys. C 56 (1992), 63-75.

LPC 92-20 : Evidence for B_s^0 meson production in Z^0 decays. Collab. DELPHI, PL B 289 (1992), 199-210.

LPC 92-21 : Multiplicity fluctuations in hadronic final states from the decay of the Z^0 . Collab. DELPHI, NP B 386 (1992), 471-492.

LPC 92-22 : A study of the decays of p leptons produced on the Z resonance at LEP. DELPHI Collab. Zeit. f. Phys. C 55 (1992), 555-567.

LPC 92-40 : Bose-Einstein correlations in the hadronic decays of the Z^0 . DELPHI Collab. PL B 286 (1992), 201-210.

LPC 92-48 : A detector with lepton, photon and hadron identification. Collab. DELPHI, Lettre d'intention.

LPC 92-49 : A measurement of B meson production and lifetime using $D\ell^-$ events in Z^0 decays. Collab. DELPHI, Zeit. f. Phys. C 57 (1993), 181-196.

LPC 92-51 : The DELPHI microvertex detector. Collab. DELPHI.

LPC 92-52 : Proposal for the upgrade of DELPHI in the forward region. Collab. DELPHI.

²⁰ Ont signé dans la collaboration DELPHI au Laboratoire : C. Aubret, P. Beillière, J.M. Brunet, M. Crozon, Ch. Defoix, P. Delpierre, J. Dolbeau, Y. Dufour, P. Frenkiel, L. Guglielmi, P.F. Honoré, P. Lutz, J. Maillard, D. Poutot, G. Tristram, P. Vergezac, R. Zukanovich-Funchal.

LPC 92-53 : Classification of the hadronic decays of the Z^0 into b and c quark pairs using a neural network. Collab. DELPHI, PL B 195 (1992), 383-395.

LPC 92-54 : Measurement of inclusive production of light meson resonances in hadronic decays of the Z^0 . Collab. DELPHI, PL B 298 (1993), 236-246.

LPC 92-55 : A search for lepton flavour violation in Z^0 decays. Collab. DELPHI, PL B 298 (1993), 247-256.

LPC 92-59 : The barrel ring imaging Cherenkov counter of DELPHI. Collab. DELPHI, NIM A 323 (1992), 351-362.

LPC 92-60 : A study of $B^0\text{-}\overline{B}^0$ mixing using semileptonic decays of B hadrons produced from Z^0 . Collab. DELPHI, PL B 301 (1993), 145-154.

LPC 92-68 : Search for heavy charged higgs in Z^0 hadronic decays. P. Lutz, *et al.* Prés. à XXVI^e International Conference in high energy Physics — Dallas, Texas, USA, 5-12/8/92.

LPC 93-T1 : Identification des kaons chargés par le barrel RICH de DELPHI : sélection de $D_s^\pm \rightarrow \pi^\pm \phi(1020)$ dans les désintégrations hadroniques de Z^0 au LEP. P.F. Honoré, Thèse (7 avril 1993).

LPC 93-03 : A measurement of the τ lifetime. Collab. DELPHI, PL B 302 (1993), 356-368.

LPC 93-13 : Beam position study for 1992 data. P. Billoir, L. Brillault, Rapport interne.

14.2. Ions lourds

LPC 92-T3 : Etude de la polarisation des Λ produits dans les collisions proton-ungstène à 200 GeV/c dans l'expérience WA85. L. Lima-Francès, Thèse d'Université (26 juin 1992).

LPC 92-27 : Experimental evidences for the box anomaly in η/η' decays and the electric charge of quarks. M. Benayoun..., Ph. Leruste, J.L. Narjoux, K. Šafařík *et al.* Zeit. f. Phys C 58 (1993), 31-53.

LPC 92-56 : Experimental program with heavy ions at LHC. K. Šafařík.

14.3. THEMISTOCLE

LPC 92-37 : Initiation à une expérience d'astrophysique portant sur la détection des rayons γ de très haute énergie. Analyse informatique des résultats de l'observation des sources ponctuelles. B. Guéret, Rapport de stage sous la direction de C. Ghesquière.

LPC 92-38 : Crab : differential spectrum. A. Djannati, Rapport Interne.

LPC 92-58 : Detection of very high energy γ rays from the Crab source. Themistocle Collab. : P. Baillon *et al.* (P. Espigat, G. Fontaine, C. Ghesquière, P. Schune). Contrib. XXVI Intern. Conference on High Energy Physics, Dallas, USA, 1992. Présenté par P. Espigat aux « 4^{es} Rencontres de Blois : Particle astrophysics », Château de Blois, France, 15-20/6/92.

LPC 92-61 : Lettre d'intention pour un développement du site de Themis à partir des dispositifs Themistocle et Asgat associant l'échantillonnage du front d'onde avec une imagerie à haute définition. CERN - LPNHE (Ecole Polytechnique) - LPNHE (Univ. Paris VI et VII) - LPC (Collège de France) - DAPNIA (CEA Saclay) - Univ. Paris VII - Univ. de Perpignan.

14.4. Recherche de matière noire

LPC 92-17 : Detection of brown dwarves by the micro-lensing of unresolved stars. P. Baillon *et al.* (Y. Giraud-Héraud) A paraître dans *Astronomy and Astrophys.*

LPC 92-43 : Mesures bolométriques de bruit de fond radioactif en site souterrain : analyse des expériences effectuées au LSM du 7 au 26/11/91. IAS, IAP, LPC (Collège de France) (A. de Bellefon, Y. Giraud-Héraud, P. Gorret). Rapport Interne.

LPC 92-44 : Search for dark matter as brown dwarves by looking at Andromeda (M31). P. Baillon *et al.* (Y. Giraud-Héraud). Présenté à l'atelier « Towards a major atmospheric Cerenkov detector », Ecole Polytechnique, Palaiseau, 11-12/6/92.

LPC 92-45 : Measurement of ionization and phonon production by nuclear recoils in a 60g crystal of germanium at 25 mK. T. Schutt *et al.* (Y. Giraud-Héraud). *Phys. Rev. Lett.* 69 (1992).

LPC 92-46 : Simultaneous high resolution measurement of phonons and ionization created by particle interactions in a 60g germanium crystal at 25mK. T. Schutt *et al.* (Y. Giraud-Héraud). *Phys. Rev. Lett.* 69 (1992).

LPC 93-05 : A cryogenic detector with simultaneous phonon and ionization measurement for background rejection. T. Schutt *et al.* (Y. Giraud-Héraud). *NIMA* 326 (1993), 166-171 : Proceedings of the Sixth european symposium on semiconductor detectors, Milan (Italie) (24-26/2/1992).

Détection par cristaux de NaI — C. Tao *et al.* :

WIMPs search with low activity NaI crystals, preliminary results. *PL B* 285 (1992), 460-464.

Search for neutralino dark matter with NaI detectors. *PL B* 295 (1992), 330-336.

14.5. Recherche d'oscillations de neutrinos

LPC 92-47 : Lettre d'intention : Search for neutrino oscillation at a distance of 1 km from two power reactors at Chooz. LAPP, LPC (Collège de France), Institut Kourchatov. Y. Déclais *et al.* (H. De Kerret, B. Lefèvre, M. Obolensky).

LPC 93-02 : Une expérience de pointe dans le domaine de la physique des particules auprès des réacteurs nucléaires de la centrale EDF de Chooz (Ardennes) — Recherche des oscillations de neutrinos — ou bien — Les neutrinos ont-ils une masse ? Collège de France — Univ. de Philadelphie — Univ. du Nouveau Mexique. Rapport Interne.

14.6. Théorie

LPC 91-39 : Semiweak production of a top quark accompanied by a bottom quark and 2 jets at hadron colliders. G. Bordes *et al.* *Zeit. f. Phys. C* 57 (1993), 81-87.

LPC 92-23 : QCD corrections to semiweak production of top quark. G. Bordes *et al.*

LPC 92-30 : On the associated production of an intermediate-mass higgs boson with a single top quark at LHC and SSC. G. Bordes, B. Van Eijk. *PL B* 299, (1993), 315-320.

LPC 93-01 : Test of chiral loops and azimuthal correlations in the reaction $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0$. S. Ong.

LPC 93-06 : Glueball plus pion production in photon-photon collisions. M.A. Ichola, J. Parisi.

LPC 93-12 : Calculating QCD corrections to single top production. G. Bordes.

14.7. Divers

LPC 92-16 : Are there privileged observables ? Some examples in particle physics. P. Lutz, Comm. invitée à International workshop on dynamical fluctuations and correlations in nuclear collisions — Aussois, 16-20/3/92. *NP A* 545 (1992), 419c-432c.

LPC 92-05 : Measurement of LEP beam energy by resonant spin depolarization. The LEP Polarization Collab. : L. Arnaudon *et al.* (M. Crozon). Soumis à *PL B*.

LPC 92-33 : Suivi d'une école thématique de formation au CNRS. E. Brunet, Rapport de stage sous la direction de D. Levaillant.

LPC 92-41 : The energy calibration of LEP in 1991. Working group on LEP Energy : L. Arnaudon *et al.* (M. Crozon). Présenté à la XXVth Intern. Conf. on High Energy Physics, Dallas, Texas, USA.

LPC 92-62 : Détermination de la masse du Z^0 par résonance magnétique des électrons du LEP. A. Blondel *et al.* (M. Crozon). A paraître dans « Images de la Physique ».

Collaboration avec GALLEX : C. Tao *et al.* : Solar neutrinos observed by GALLEX at Gran Sasso. PL B 293 (1992), 460-464. Implications of the GALLEX determination of the solar neutrino flux. PL B 285 (1992), 390-397.

14.8. Instrumentation

LPC 92-31 : A Study of a High Rate Solar Neutrino Detector with Neutrino Energy Determination. G. Laurenti *et al.* (J. Séguinot, T. Ypsilantis) — CERN/LAA, 24/2/93.

LPC 92-42 : Liquid xenon ionization and scintillation studies for a totally active vector electromagnetic calorimeter (J. Séguinot, T. Ypsilantis, *et al.*). Contribution invitée à Wire chamber conference, Vienne, 17-21/2/92. Cont. invitée à Intern. Conference on liquid radiation detectors, Tokyo, 7-10/4/92.

LPC 92-50 : A fast integrated readout system for a cathode pad photon detector. M. French *et al.* (J. Séguinot, T. Ypsilantis). NIM A 324 (1993), 511

LPC 93-17 : Proposal for PS beam tests of a Fast RICH detector. J. Séguinot, J.P. Jobez, T. Ypsilantis *et al.* Proposition P48 au CERN-DRDC.

LPC 93-18 : A study of a high rate solar neutrino detector with neutrino energy determination. G. Laurenti, *et al.* (J. Séguinot, T. Ypsilantis).

14.9. Electronique

LPC 92-11 : A sparse data scan circuit for pixels detectors. J.J. Jaeger, C. Boutonnet, P. Delpierre, J. Waisbard. Communication au colloque IEEE/NSS 92, à paraître dans NIM.

LPC 92-34 : Conception et réalisation d'une carte mémoire et étude du DSP 56000 et mise en place d'un système de traitement sur PC. Th. Cividino, Rapport de stage sous la direction de M. Abbès.

LPC 92-57 : Extension de la dynamique d'un analyseur de signaux transitoires à faible récurrence. S. Selmane, Rapport de stage sous la direction de A. Karar (8/10/92).

LPC 93-04 : Introduction aux ASIC. Cours de J.J. Jaeger à l'Ecole d'été de l'IN2P3, Cargèse, mai 1993.

14.10. *Calcul Parallèle*

LPC 92-35 : Simulation d'oscillations de neutrinos solaires. V. Darmois, Rapport de stage sous la direction de J. Maillard.

LPC 92-39 : High Energy Physics simulation on the T-Node. L. Duflot, A. Jejcic, J. Maillard, G. Maurel, J. Silva. Contribution à « Physics Computing '92 », Prague, 24-28/9/92. à paraître dans Int. J. of Mod. Phys. C.

LPC 92-64 : Positron source using channeling in a tungsten crystal. X. Artru *et al.* (A. Jejcic). Soumis à NIM.

LPC 92-66 : Investigation of a positron source based on channeling radiation. X. Artru *et al.* (A. Jejcic, J. Maillard, J. Silva). Rapport interne, Présenté au « Linear collider workshop », Garmisch-Partenkirchen, août 1992.

LPC 92-67 : Some results of simulation on radiation effects in crystals. T. Baier, *et al.* (A. Jejcic), Rapport interne.

LPC 93-07 : Mise en œuvre de grands programmes de simulation sur ordinateurs parallèles : exemple du T-Node. (G. De Moura, A. Jejcic, J. Maillard, G. Maurel, J. Silva, F. Tembely, F. Wolff-Bacha).

LPC 93-16 : First results concerning a crystal radiator dedicated to positron production by photons from channeled multi-GeV electrons. R. Chehab, *et al.* (A. Jejcic, J. Maillard, J. Silva). IEEE Particle Accelerator Conference, Washington, DC, USA, 17-20/5/93.

14.11. *Informatique*

LPC 92-29 : The DELPHI event servers. G. Grosdidier *et al.* (Cl. Poutot). Rapport Interne.

LPC 92-36 : Messagerie sous TCP/IP. S. Leurent, Rapport de stage sous la direction de L. Guglielmi.

15. *Séminaires du Laboratoire*

Jacques LASKAR (Bureau des Longitudes-INSU) : Instabilité du système solaire, 7 octobre 1992.

Maurice BENAYOUN (Collège de France) : La mise en évidence expérimentale de l'anomalie de Wess-Zumino et ses conséquences, 21 octobre 1992.

Anna DOBROVOLSKAYA (ITEP-Moscou et LPTHE-Orsay) : Production de higgs dans le modèle standard et au-delà, 28 octobre 1992.

Lothar OBERAUER (Technische Universität München) : Borexino, a detector for low-energy solar neutrino spectroscopy, 4 novembre 1992.

Thomas YPSILANTIS (Collège de France) : Un détecteur de neutrinos à taux de comptage élevé, avec détermination de l'énergie, 18 novembre 1992.

Bernard DEGRANGE (LPNHE, Ecole Polytechnique, Palaiseau) : Astrophysique des particules de hautes énergies, 25 novembre 1992.

Jean-Pierre MENDIBURU (LAPP-Annecy) : Nouvelles perspectives dans la recherche sur les neutrinos. Expériences en préparation sur accélérateurs, 2 décembre 1992.

Lucien MONTANET (CERN) : Observation de mésons exotiques dans l'annihilation proton-antiproton, 9 décembre 1992.

Witold KRASNY (LPNHE-Paris 6) : Premiers résultats de H1 à HERA, 16 décembre 1992.

Chiara BROFFERIO (INFN-Milano) : Results of the Milano double beta experiment on ^{130}Te with bolometric techniques, 6 janvier 1993.

Reza ANSARI (LAL-Orsay) : La matière sombre s'est-elle déguisée en naines brunes ?, 13 janvier 1993.

Vanina RUHLMANN-KLEIDER (DAPNIA-Saclay) : Etat actuel des recherches de bosons de Higgs dans l'expérience DELPHI, 20 janvier 1993.

Bob VAN EIJK (NIKHEF-H-Amsterdam) : Heavy flavours : from UAI to ATLAS, 27 janvier 1993.

André ROUGÉ (LPNHE, Ecole Polytechnique-Palaiseau) : L'apport du LEP à la physique du τ , 3 février 1993.

Yves DUCROS (DAPNIA-Saclay) : Résultats récents de D0 (Fermilab), 10 février 1993.