

## Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

Rapport d'activité 1991-1992

### 1. *Introduction*

Cette année, le détecteur DELPHI sur le grand anneau de collisions LEP au CERN commence à entrer en fonctions avec la plénitude de ses potentialités, notamment le détecteur RICH qui permet l'identification des particules, et par suite donne accès à une étude bien plus fine des processus mis en jeu dans la désintégration de la particule fondamentale  $Z^0$ , objectif premier de la physique sur LEP.

Cette physique, qui est notamment centrée autour de la production de quarks lourds, et qui correspond donc à l'étude de particules fortement instables, nécessite une détection des particules le plus près possible du point de désintégration du  $Z^0$  initial. Il faut ainsi mettre en place des micro-détecteurs de vertex à haute résolution, susceptibles d'être placés tout près de la zone d'interaction des faisceaux. Le détecteur le mieux placé pour ce genre de détection est celui utilisant le silicium. Le Laboratoire participe au développement d'un tel détecteur au silicium susceptible de détecter de hauts flux de particules ; il a pris en charge le codage et la lecture rapide des deux coordonnées des points d'impact, tandis que le Centre de Physique des Particules de Marseille développe la partie détecteur proprement dit.

Ce type de détecteur pourra être utile dans de nombreuses voies poursuivies par le Laboratoire : pour les développements attendus sur LEP, tant en luminosité qu'en énergie, ainsi que pour la physique des ions lourds qui représente un pôle majeur d'activité du Laboratoire, au SPS, et ultérieurement éventuellement au LHC.

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 de physique intéressants.

## 2. Cours : « A-t-on besoin du higgs ? »

### 2.1. Avantages et inconvénients du higgs

Le modèle standard de la physique des particules fonctionne tout à fait correctement, mais il utilise, dans le phénomène de brisure spontanée de l'invariance de jauge de l'isospin faible, un scalaire élémentaire, qui est censé fournir les degrés de liberté de spin longitudinal nécessaires aux bosons de jauge  $W^\pm$  et  $Z^0$  pour acquérir une masse (Mécanisme de Higgs).

Après ce processus, il reste inévitablement une particule scalaire, le higgs, qui devrait être observable, mais qui n'est pas observée dans la zone de masse explorée jusqu'à présent. Aucune prédiction n'est faite par le modèle sur ce que pourrait être cette masse, et la valeur de cette masse n'intervient dans des corrections radiatives que par son logarithme, ce qui rend sa mesure indirecte extrêmement incertaine. De plus, certaines considérations théoriques rendent suspecte toute introduction de champ *élémentaire scalaire*.

Après une revue nécessaire du mécanisme de Higgs, et des aspects expérimentaux de l'observation du higgs dans ce cadre, on est passé à un examen de certaines suggestions qui ont été faites pour s'affranchir de la nécessité de mettre quasiment à *la main* les scalaires correspondants.

### 2.2. Le problème de l'ajustement fin

Un aspect très général des idées qui ont été développées dans cette direction consiste, dans les zones d'énergie explorées, à interpréter ce scalaire qui apparaît élémentaire comme le reflet dynamique effectif d'une structure plus complexe qui pourrait ne se dévoiler qu'à une échelle d'énergies bien plus élevée que celle que nous connaissons.

Une difficulté commune à tous ces genres de propositions est le problème connu sous le nom d'« *ajustement fin* » (fine tuning). C'est le nom générique des problèmes rencontrés en théorie quantique quand on a affaire à plusieurs échelles différentes : les corrections dues aux effets virtuels ont une tendance fâcheuse à faire déteindre les échelles d'énergies les unes sur les autres, à moins de procéder, en même temps qu'à ces corrections, à un réajustement des paramètres de base, afin précisément d'éliminer ces effets normaux. Il est licite de se demander si un tel ajustement fin, qui nécessite pour la détermination des paramètres une précision meilleure que le rapport entre les échelles d'énergie, est bien satisfaisant sur le plan intellectuel.

Le prototype de ce genre de théorie est celui de Nambu et Jona-Lasinio, qui supposent qu'entre les quarks *top* agit une interaction du type de Fermi, qui pourrait être la trace effective d'un jeu d'interactions agissant à bien plus

haute énergie. En supposant cette interaction effective suffisamment forte, on peut supposer qu'elle donne lieu à une condensation dans le vide des paires  $t\bar{t}$ , de sorte que la composante scalaire  $\langle t\bar{t} \rangle_0$  dans le vide prenne une valeur non nulle. On retrouve dans l'équation de cohérence interne de ce problème la question de l'ajustement fin, dès que le rapport des deux échelles en énergie devient élevé, car l'interaction de Fermi n'étant pas renormalisable, c'est l'échelle de la dynamique à haute énergie qui joue le rôle de coupure, et les constantes de la théorie de basse énergie doivent être réajustées chaque fois que l'on s'élève dans l'ordre de perturbations utilisé.

Cela étant, cette condensation brise l'invariance par isospin faible, et les bosons de Goldstone correspondants peuvent servir à donner une masse aux bosons de jauge des interactions faibles. Il reste une excitation du condensat qui est une particule scalaire, de masse de l'ordre de celle du top, et qui ressemble comme un frère au higgs. Est-il vraiment différent ?

Bardeen, Hill et Lindner ont présenté un modèle dans lequel on pouvait interpréter cette particule soit comme un phénomène dynamique, soit comme un scalaire élémentaire, habillé bien sûr par les interactions dynamiques. Il semblerait donc qu'on ne puisse plus dire, après renormalisation, si une théorie donnée provient d'une théorie nue avec ou sans scalaire élémentaire.

### 2.3. *Technicolor*

Si l'on partait du modèle standard *sans* mécanisme de Higgs, on aurait comme structure évidente l'interaction forte, invariante par  $SU(2)_G \otimes SU(2)_D$ , et qui serait brisée par le confinement de la couleur à basse énergie, se traduisant par l'apparition d'un condensat scalaire  $\langle u\bar{u} + d\bar{d} \rangle_0 \neq 0$  qui brise les générateurs pseudoscalaires du groupe. Les bosons de Goldstone correspondants sont alors les pions. Il reste les trois combinaisons scalaires d'isospin 1, qui sont disponibles pour donner une masse aux bosons de jauge électrofaibles. Mais, bien sûr, la masse qu'ils peuvent donner est en rapport avec l'échelle d'énergie considérée, soit environ 100 MeV.

L'idée de technicolor est de transposer ce mécanisme à une gamme d'énergie environ 1000 fois plus élevée, afin d'obtenir la bonne masse. On introduit donc des fermions supplémentaires — les *techniquarks* — couplés par une nouvelle interaction susceptible de les confiner à l'échelle du TeV, et qui se condensent pour permettre la brisure spontanée du groupe de jauge électrofaible. Cependant, il reste du travail à faire pour obtenir une théorie réaliste, car rien ici ne vient séparer les diverses familles de fermions, et surtout rien ne vient donner au quark top sa masse, dont on sait seulement qu'elle est grande.

#### 2.4. *Technicolor Etendu*

On a recours, pour résoudre ces nouveaux problèmes, à une nouvelle interaction qui se fera sentir à une échelle de masse encore supérieure, et susceptible de coupler les fermions avec les techniquarks. Cette nouvelle interaction (Technicolor Etendu, ou Extended TechniColor — ETC) provoque des transitions de courants neutres changeant la saveur, contribuant à la différence de masse  $K^0\bar{K}^0$ . On peut supprimer cet effet néfaste en exigeant que la masse effective où a lieu cette interaction ETC soit assez élevée. Mais on neutralise ainsi les autres effets de ETC. Plusieurs solutions ont été suggérées pour contourner cette difficulté : TC stationnaire, où le groupe de jauge de technicolor satisfait des équations du groupe de renormalisation telles que sa constante de couplage reste forte jusqu'à l'énergie de ETC, ou ETC fort, où la force du couplage ETC donne au couplage de TC une valeur effective croissant avec l'énergie.

Bien sûr, on n'a pas de moyen réaliste de vérifier si ces hypothèses sont à la fois effectives et dénuées d'effets pervers.

Pour terminer, on a présenté un modèle de ETC qui, sous les réserves précédentes, est susceptible d'incorporer 3 générations de fermions, ainsi que les technifermions, grâce à des brisures de symétrie successives à des échelles d'énergie différentes, chacune de ces brisures de symétrie singularisant une génération de fermions, et la découplant donc des interactions de jauge restant non brisées, qui agissent aux énergies inférieures.

La difficulté réelle de ce genre de modèle est le fait que les symétries restant au niveau de TC, et qui se brisent spontanément, doivent produire des particules ordinaires (singulets sous les transformations du groupe de TC), puisque parmi celles-ci on doit trouver les  $W_L^\pm$  et  $Z_L^0$ . A nouveau, ces particules ont des propriétés qui les font ressembler à des higgs. Seules des particularités relativement fines permettraient de les en distinguer : par exemple, ce seraient des pseudoscalaires et non des scalaires, ou bien certains couplages avec les  $Z^0$  seraient exclus.

#### 2.5. *Conclusions*

Toutes les théories présentées semblent devoir faire apparaître des particules qui ont toutes chances de ressembler à des higgs, à des propriétés fines près.

Il n'est pas clair qu'une théorie avec des scalaires élémentaires soit vraiment différente d'une théorie où ces scalaires apparaissent de façon dynamique comme des états fortement liés.

En tout état de cause, si les particules en question sont trop lourdes, de l'ordre du TeV, leur largeur de désintégration atteindra l'ordre de grandeur de leur masse, et elles cesseront d'être identifiables.

La théorie dans son état actuel n'est pas prédictive en ce qui concerne l'observation d'un higgs, ou d'une particule massive semblable. Cependant, si une telle observation avait lieu, une étude fine des propriétés de la particule en question pourrait fournir des contraintes sur les développements théoriques à venir.

M. F.

### 3. *Expérience DELPHI au LEP*

Le collisionneur LEP au CERN a fonctionné de façon presque continue pendant 7 mois en 1991, permettant à chacune des quatre expériences installées d'enregistrer environ 300 000 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, dirigée par M. Crozon, joue un rôle actif dans plusieurs domaines importants de l'expérience, depuis la conception de certains dispositifs expérimentaux jusqu'aux analyses physiques.

#### 3.1. *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.

##### 3.1.1. *Recherches de nouvelles particules*

Du fait de sa masse et de ses caractéristiques propres, le boson  $Z^0$  ouvre la voie à de nombreuses possibilités de recherche directe de nouvelles particules. Cependant, tant dans le cadre du Modèle Standard que dans celui des modèles supersymétriques ou composites, aucun signal n'a été observé ; les analyses qui nécessitent des algorithmes spécifiques à chaque canal étudié, ont abouti à fixer des limites sur les masses des particules recherchées.

Les travaux effectués au Laboratoire ont permis d'établir les limites actuelles pour le boson de Higgs standard, où le canal  $H^0\mu\mu$  a été particulièrement étudié (J. Maillard, R. Zukanovich-Funchal), et pour les bosons de Higgs supersymétriques, neutres et chargés, étudiés à travers leurs désintégrations purement hadroniques (P. Lutz, P. Beillière).

### 3.1.2. *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 (70 000  $Z^0$  ont été enregistrés avec ce détecteur et sont en cours d'analyse), assurant l'identification des hadrons chargés dans une large plage d'impulsions, et les divers perfectionnements en cours sur le détecteur de vertex permettront (Ch. De-foix, J. Dolbeau, P. Lutz, L. Ramos, S. Szafran) :

- 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.

## 3.2. *Les performances des détecteurs*

### 3.2.1. *Le RICH*

Le grand détecteur de rayonnement Čerenkov à imagerie annulaire (barrel RICH) a été mis en service sur la totalité de son volume avec ses deux radiateurs : liquide ( $C_6F_{14}$ ) et gazeux ( $C_5F_{12}$ ), le tout à une température de 40 °C. Un lot de 70 000 désintégrations hadroniques de  $Z^0$  a été enregistré durant l'automne 1991 avec les informations du RICH. Les premières analyses révèlent un comportement du système très voisin des prévisions.

Les premiers essais de pressurisation à 1,3 bar devraient débuter en 1992. Cette montée en pression permettra une meilleure continuité entre les indices du liquide et du gaz et donc une séparation  $K/p$  continue de 0,8 à 30 GeV.

Rappelons que le Laboratoire a réalisé le système d'acquisition des données de ce détecteur, système qui a fonctionné dès la mise en service de la première moitié, en 1989. Par ailleurs, le Laboratoire joue un rôle important dans le développement des programmes et l'ajustement des paramètres de la reconstruction des anneaux de lumière Čerenkov qui permettront l'identification des particules (C. Aubret, J.-M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, P.-F. Honoré, D. Poutot, G. Tristram, P. Vergezac †).

### 3.2.2. *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  $43^\circ$  à  $25^\circ$  pour la localisation de vertex secondaires (signature des quarks  $b$ ) et de  $25^\circ$  à  $15^\circ$  pour améliorer la reconnaissance des traces. Pour cette dernière fonction, les détecteurs à « pixels » (damiers de  $100\ \mu\text{m} \times 250\ \mu\text{m}$ ) 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 11.2) et prendra une part importante dans la fabrication de ce détecteur dès qu'il aura été adopté.

### 3.2.3. 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 (reconnaissance 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) a été développé et mis en œuvre par J. Maillard et R. Zukanovich-Funchal.

Participent actuellement aux travaux sur la TPC : C. Aubret, C. Boutonnet, P. Courty, P. Delpierre, A. Guimard, J. Mas, L. Mathis, J.-P. Turlot, P. Vergezac † et J. Vergne.

### 3.3. Polarisation dans LEP

En 1990, le groupe « polarisation » dont M. Crozon est un des piliers a mis en évidence une polarisation transverse spontanée des électrons dans LEP, de

l'ordre de 10 %. Grâce en particulier à un dispositif aux performances améliorées, une valeur maximale de 20 % a été atteinte en 1991. De plus, la mesure de la fréquence de dépolarisation par résonance magnétique a permis d'obtenir une estimation de l'énergie des électrons à  $\pm 3$  MeV près, ce qui va permettre de calculer la masse du  $Z^0$  avec une précision comparable.

### 3.4 *Fonctionnement général de DELPHI*

P. Lutz coordonne l'activité informatique hors ligne des groupes français. Dans ce domaine, S. Szafran et S. Lantz ont la responsabilité de l'installation sur l'IBM de Lyon du gros programme de simulation de DELPHI.

J. Maillard a adapté ce même programme (DELSIM) sur le calculateur parallèle T-Node, en séquentiel dans un premier temps (1990), dans différents modes parallèles maintenant (contrat DRET).

P. Frenkiel a la responsabilité de la gestion des réseaux informatiques de DELPHI (liaisons franco-françaises et CERN-laboratoires).

S. Lantz et C. Poutot ont mis en forme les bases de données des événements simulés et réels nécessaires au bon fonctionnement des serveurs DELPHI installés à Lyon et au CERN.

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

## 4. *Expériences sur le Spectromètre Oméga*

### 4.1. *Etude des Higher Twists*

#### 4.1.1. *Expérience WA77*

Cette expérience de collisions  $\pi N$  est consacrée à la mise en évidence des effets de production directe de mésons prévues 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 3 publications.

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

#### 4.1.2. *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  $\rho^0$ . K. Šafařík physicien de cette collaboration (Dubna) séjourne actuellement au Laboratoire comme visiteur

étranger. Son apport est fort précieux dans les inter-comparaisons entre WA77 et RISK.

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

#### 4.1.3. Participation à WA91 complément de WA76

Notre groupe a construit des hodoscopes de faisceau en fibres scintillantes. Cet appareillage a servi lors de la prise de données de juillet 1991 et servira en septembre 1992. Nous en assurons la maintenance et le montage-réglage au moment des runs.

(M. Pairat, M. Sené, R. Sené)

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

#### 4.2.1. Etat de l'expérience

La collaboration WA85 dispose d'un lot d'événements assez important : 200 000  $\Lambda$ , 25 000  $\bar{\Lambda}$ , 1 000  $\Xi^-$  et  $\bar{\Xi}^-$ . Les résultats les plus importants de l'étude de la production d'étrangeté dans la partie centrale ( $2,9 < Y_{\text{lab}} < 3,0$  et  $p_T > 0,9$  GeV/c) sont :

- Toutes corrections faites le rapport  $\bar{\Xi}^-/\Xi^-$  a 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  $\Lambda$ , 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, cette fois il est crucial à cause des biais qu'il introduit.

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, L. Lima-Francès, A. Malamant, J.-L. Narjoux, K. Šafařík, M. Sené, R. Sené, A. Volte)

#### 4.2.2. Simulation

Notre groupe a assuré et assure la mise en place de simulations pour WA85 et WA94. Cette dernière expérience nous 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'expérience WA97.

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

### 4.3. *Nouvelles expériences*

#### 4.3.1. *Plomb-Plomb*

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 probablement vers 1994-1995), par des simulations et par 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).

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

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

#### 4.3.2. *WA 94*

Lors de la période d'acquisition d'octobre 1991 nous avons testé les détecteurs qui seront utilisés en Plomb-Plomb et enregistré 100 millions de triggers qui vont nous permettre d'étudier les particules étranges jusqu'au  $\Omega^-$ .

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

#### 4.3.3. *WA 97*

Notre groupe étudie des chambres à damiers ; probablement 3 seront nécessaires pour WA97. Un prototype (taille 1 soit  $800 \times 200 \text{ mm}^2$ ) a été testé en avril 1992. 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 au Laboratoire. La chambre nous a fourni des corrélations damiers-fils, nous avons pu tester l'électronique d'acquisition : Amplex directement reliés aux damiers et tiroirs de lecture. Toute la chaîne a fonctionné. Maintenant nous devons tester la réponse de la chambre et déterminer le pouvoir de séparation. Ceci se fera en septembre 1992 au CERN.

(M. Abbès, A. Diaczek, J. Kahane, M. Pairat, M. Sené, R. Sené, A. Volte)

#### 4.3.4. *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)

### 5. *Expérience Themistocle*

L'expérience THEMISTOCLE se donnait comme but ultime l'étude des interactions de photons à très haute énergie  $E > 10$  TeV, en utilisant les  $\gamma$  de sources cosmiques ponctuelles.

Dans une première phase, une expérience de taille réduite, de 18 petits télescopes, a été installée à Targassonne (Pyrénées-Orientales), sur le site de l'ancienne centrale solaire EDF Thémis, dont elle réutilise en partie le matériel.

Cette phase préliminaire, avant de passer à la seconde plus nettement orientée vers l'étude des interactions, était destinée à mettre au point une technique originale de détection des  $\gamma$  et à déterminer avec précision les caractéristiques des sources potentielles : flux, énergie, périodicité...

L'expérience installée en 1990 a débuté ses observations en juillet 1990, et s'est concentrée sur trois sources potentielles qui avaient manifesté une certaine activité au cours de la décennie 80 : le Crabe, Cygnus-X3 et Hercules-X1.

Actuellement, seule la source du Crabe, située au centre de la nébuleuse du Crabe issue de la supernova de 1054, a été détectée. Un signal significatif a déjà été annoncé lors de la Conférence Internationale sur les Rayons Cosmiques en août 1991 à Dublin. Cette année, nous avons complété cette observation au cours d'une autre campagne et nous avons déterminé le spectre d'émission dans la région de 3 à 20 TeV. La valeur de 3 TeV est imposée par le seuil de détection, et au-delà de 20 TeV, nous sommes limités par la statistique.

La source du Crabe apparaît donc comme une source stable dans le temps, avec un flux qui extrapole bien les valeurs détectées à basse énergie (au-dessous de 1 TeV).

L'expérience a de ce fait démontré que la technique utilisée, échantillonnage temporel des photons Čerenkov de la gerbe  $\gamma$ , est adaptée à la

détection dans cette gamme d'énergies, et la résolution angulaire attendue, de l'ordre de  $0,15^\circ$  sur la direction du  $\gamma$ , est atteinte.

On peut donc parler de la possibilité de faisceau de  $\gamma$  cosmiques, avec un rapport  $\gamma$ /fond supérieur à 1, qu'une expérience plus complète et à plus grande échelle devrait permettre de porter à 10 ou plus.

Malheureusement, les recherches d'activité sur Cygnus-X3 et Hercules-X1 ont été négatives. Ces sources semblent pour le moment être en période de repos.

L'expérience est le fruit d'une collaboration avec le LAL (Orsay), le LPNHE (Paris 6 et 7) et l'Université de Perpignan. Le CERN, et des astrophysiciens de l'Institut de Physique Nucléaire de Lodz y participent également.

THEMISTOCLE va poursuivre son activité pendant un certain temps, mais à la lumière des enseignements acquis, une phase ultérieure est à l'étude, en vue de développer un détecteur plus puissant.

Au Laboratoire, apportent leur contribution à cette expérience<sup>1</sup> : M.-G. Espigat, P. Espigat, G. Fontaine, C. Ghesquière, J. Gilly, A. Karar, C. Lamy, L. Martin, C. Robert, P. Tardy, J. Valentin, J. Vrana et J. Waisbard.

## 6. *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.

Au CNRS, ce programme, lancé par l'INSU et l'IN2P3, a sollicité le programme ULTIMATECH, afin de s'inscrire dans une action de recherche et développement qui ne se bornerait pas à cette expérience.

Au Laboratoire, l'activité concerne plus particulièrement les points suivants :

- Adaptation et étude d'une chaîne d'électronique destinée à une première génération de bolomètres peu massifs ( $\sim 1$  g). Réalisation d'un amplificateur de tension pour des bolomètres plus massifs.

1. G. Fontaine, J. Gilly, A. Karar et J. Vrana sont rattachés au LPNHE de l'Ecole Polytechnique depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1992.

- Fonctionnement d'un cryostat à dilution, capable d'atteindre des températures de l'ordre de la dizaine de mK. Ce cryostat est installé à l'Institut d'Astrophysique de Paris, dans le cadre de notre collaboration depuis juillet 1991.

Nous y avons monté un bolomètre en diamant (0,5 mg) fabriqué par l'équipe de Noël Coron (Institut d'Astrophysique S) et avons obtenu des spectres tout à fait conformes aux performances attendues :

1. 140 eV de largeur à mi-hauteur sur la raie gamma de 6 keV issue du  $^{55}\text{Fe}$ .
2. 30 eV de largeur à mi-hauteur sur la ligne de base.

- Simulation à l'aide du programme GEANT dans lequel est introduit la géométrie assez générale d'un cryostat auquel nous avons dû apporter des modifications pour protéger le bolomètre du bruit radioactif proche.

- Implantation au LSM à plus long terme, ce qui nécessite une étude soignée du site et des conditions à remplir pour réaliser une expérience prototype suffisamment performante pour donner des indications sur l'existence ou non de particules légères couplées vectoriellement à la cible.

Dans cet esprit nous avons réalisé au LSM en novembre 1991 une première série de mesures qui nous a permis de relever un spectre de bruit de fond, au-dessus de 4 keV, avec un bolomètre en saphir de 24 g. Cette prise de contact avec l'environnement du LSM nous permet de mieux aménager notre future installation.

Le groupe dans son ensemble participe régulièrement aux rencontres « Astro-particules » organisées cette année au laboratoire PNHE de l'X.

Participent ou ont participé à ce programme : A. de Bellefon, Y. Giraud-Héraud, L. Gonzalez-Mestres, P. Goret avec le support technique de P. Bonierbale, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, C. Fritsch, P. Guillouet, F. Lelong, D. Marchand ainsi que de T. Belinguiet.

### *7. Recherche d'oscillations de neutrinos à la centrale du Bugey*

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.

### 7.1. Détermination de flux relatifs

Une série d'expériences est en cours auprès du réacteur nucléaire d'EDF au Bugey, utilisant pour la première fois du scintillateur au lithium en grande quantité. Le flux d'antineutrinos est mesuré à différentes distances du réacteur, pour étudier une éventuelle disparition. Une mesure à 90 m du réacteur s'est achevée en juin 1991. Une mesure de haute précision pour comparer les spectres en énergie des neutrinos à 15 et 40 m s'achève à l'automne 1992. Une comparaison à haute statistique entre le spectre des neutrinos issus du réacteur et les 150 000 neutrinos détectés à 15 m de celui-ci a également été faite.

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 (Y. Dufour, H. de Kerret, B. Lefièvre).

J.-P. Cussonneau a soutenu sa thèse en avril 1992 sur la comparaison entre la simulation et les données de cette expérience.

### 7.2. 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 1992.

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  ${}^3\text{He}$  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  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$  et de signer ainsi la capture du neutrino.

Les conditions optimales d'utilisation de ces compteurs ont été déterminées. Un amplificateur de charge a été choisi et testé, et une électronique de traitement du signal de neutron a été conçue et testée. Quelques centaines de voies sont à réaliser pour équiper le détecteur. Ce détecteur est fourni par la partie russe de la collaboration. Il est lui-même constitué de plusieurs centaines de détecteurs élémentaires, et sera installé sur le site du Bugey.

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

### 7.3. Projets

Un projet d'expérience à grande distance du réacteur (1 km) est en cours d'élaboration. Pour cela, le site franco-belge de Chooz (Ardennes) a été choisi, car il comporte un tunnel susceptible d'abriter l'expérience du rayonnement cosmique (300 m d'équivalent-eau). L'expérience devrait démarrer en 1994 pour mesurer le bruit de fond, avant le démarrage des réacteurs nucléaires ( $2 \times 4200 \text{ MW}_{\text{th}}$ ) prévu pour la fin de l'année 95. L'utilisation de l'acquis des expériences précédentes rend cela possible, à un coût très modéré.

## 8. Travaux de Théorie

### 8.1. Production hadronique semi-faible de quarks ultra-lourds

Cette année, le travail sur ce sujet s'est poursuivi par le traitement de la divergence colinéaire, et par des simulations pour diverses valeurs de la masse du quark top, ainsi que pour des quarks exotiques de 4<sup>e</sup> génération.

Le processus  $W_g \rightarrow t\bar{b} + 2 \text{ jets}$  a été calculé de façon détaillée en utilisant le formalisme d'hélicité, étendu aux particules massives. Le calcul des corrections QCD réelles et virtuelles à ce processus est en cours, ainsi que celui du processus  $W_g \rightarrow t\bar{b} + \text{higgs}$ . G. Bordes, en collaboration avec F. Anselmo et B. Van Eijk (CERN).

### 8.2. Désintégration du $J/\Psi$ en paires de baryons

L'étude, fondée sur un modèle diquark-quark pour les baryons, de la désintégration du  $J/\Psi$  en une paire baryon-antibaryon a été achevée ; une extension de cette étude, portant sur les réactions  $J/\Psi \rightarrow N\bar{N}^*$ ,  $N\bar{\Delta}$ , est en cours (E.-H. Kada, J. Parisi).

### 8.3. Diffusion Compton sur l'électron dans les collisions $e p$ à haute énergie

Des prédictions théoriques ont été fournies pour la diffusion Compton sur l'électron auprès de HERA, ce processus pouvant être utilisé à des fins multiples : mesures de luminosité, calibration électromagnétique des détecteurs, recherche d'un  $e^*$ , détermination de la fonction de distribution de photons dans le proton (P. Kessler et al.).

### 8.4. Productions de protons isolés dans les collisions $e p$

Un calcul vient d'être achevé, portant sur la production de protons isolés à grand  $p_T$  à HERA, soit par des mécanismes de « higher twist » (dans le

modèle diquark-quark ou dans le modèle standard à trois quarks), soit par fragmentation de jets (N. Arteaga, C. Carimalo).

### 8.5. *Production de gluonia*

La production de paires de candidats gluonia [ $\eta$  (1440),  $f_2$  (1720)], dans les collisions hadroniques de très haute énergie, est en cours d'étude (L. Houra-Yaou, P. Kessler, J. Parisi). La production d'un gluonium accompagné d'un méson ordinaire est également étudiée (A. Ichola, J. Parisi).

### 8.6. *Etude théorique de la fonction d'onde du proton*

Dans le cadre d'une extension relativiste du modèle de structure du proton en trois quarks constituants, des spineurs du troisième ordre suivant l'indice de Dirac sont introduits pour exprimer de façon covariante la fonction d'onde de spin des états baryoniques d'onde S et de spin 1/2 ou 3/2. Ces spineurs sont définis à partir des spineurs de l'espace de Dirac  $D$  à 4 dimensions, et sont classés en représentations qui sont irréductibles, à la fois par rapport au groupe de Lorentz interne (ou groupe de spin) agissant dans  $E = D \times D \times D$ , et au groupe des permutations  $S_3$ . Toutes les combinaisons possibles entre les distributions de spin, de saveur et d'impulsion des quarks dans les états baryoniques en onde S sont considérées du point de vue de  $S_3$ . La possibilité de définir des matrices de Dirac agissant sur  $E$  est aussi suggérée, ce qui peut s'avérer important dans le cadre d'une étude du confinement de trois quarks, fondée sur une équation d'onde relativiste effective pour le proton. (C. Carimalo).

### 8.7. *Corrélations azimutales dans les collisions photon-photon*

Un calcul a été effectué, montrant que l'étude des corrélations azimutales peut apporter des informations utiles pour l'analyse en ondes partielles (et en hélicité) de la réaction  $\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi$  au voisinage de la résonance  $f_2(1270)$  (P. Kessler, S. Ong).

## 9. *Développement de moyens de recherche*

### 9.1. *Collaboration WALIC sur les calorimètres à liquide chaud*

Notre laboratoire participe à la collaboration WALIC (WArM LIquid Collaboration) depuis son début, en 1988. Cette collaboration réunit des équipes françaises (CEA, Collège de France et LAPP), américaines (LBL et Univer-

sités de Harvard et Tuscaloosa) et japonaises. L'objectif de cette collaboration est d'étudier la calorimétrie à détecteur liquide à température ambiante (chaud par opposition aux liquides cryogéniques) en vue de son utilisation dans les expériences au LHC et au SSC. Après avoir mesuré, en 1989, les propriétés du TMS et du TMP traversés par des particules ionisantes, la collaboration s'est orientée selon deux axes de recherche.

#### 9.1.1. *Etude des propriétés d'un calorimètre à TMP*

La collaboration a construit un calorimètre modulaire constitué de plans sensibles (chambres à ionisation à TMP) et de plans d'absorbeur de différents matériaux, assemblés sous forme de « sandwich » suivant différentes combinaisons. Des données ont été acquises à Fermilab en 1990 et 1991 en plaçant ce calorimètre dans des faisceaux d'électrons, de hadrons et de muons. On constate que ce type de calorimètre est délicat à construire mais qu'il fonctionne ensuite de façon parfaitement stable et conformément à la simulation. L'étude a principalement porté sur le rapport entre les réponses du calorimètre aux gerbes électromagnétiques et hadroniques (rapport  $e/h$ ) et comment ce rapport dépend de la configuration du calorimètre (épaisseur et nature des matériaux absorbants). Les résultats de 1990 ont été publiés en 1992 et les données de 1991 sont en cours d'analyse ; ces résultats ont été présentés en conférence.

#### 9.1.2. *Recherche de matériaux compatibles avec les liquides chauds*

Les électrons libérés par le passage de particules ionisantes ne peuvent dériver sur une distance appréciable que si le liquide est extrêmement pur (taux d'impuretés électronégatives inférieur à  $10^{-9}$ ) ; là est la principale difficulté de cette technique. Or, pour construire un grand calorimètre on peut avoir intérêt à utiliser des matériaux autres que de l'acier inoxydable et de la céramique, dont l'innocuité pour les liquides chauds est connue, mais la mise en œuvre coûteuse. Notre groupe se livre donc, depuis le début de la collaboration, à la recherche de matériaux ne réagissant pas chimiquement avec le TMS.

L'équipe a ainsi montré que de nombreux matériaux étaient qualifiés pour être mis en contact avec le TMS et, éventuellement, constituer les parois de chambres à ionisation. C'est le cas de plusieurs métaux (tous ceux qui ont été essayés) et de plusieurs plastiques et colles.

Les résultats de cette étude sont en cours de publication.

Ont participé au programme WALIC au Laboratoire : L. Dobrzynski, P. Guillouet, F. Hrabina, D. Kryn, J.-P. Mendiburu, D. Monnot, P. Salin.

### 9.2 Calorimètre à Prisme en Plastique

Encouragé par les résultats obtenus avec les plastiques, le groupe impliqué dans le projet WALIC a soumis au DRDC du CERN un projet de Recherche et Développement visant à construire un prototype de calorimètre à structure en plastique. Ce projet, approuvé en 1991 par le DRDC, n'a pas été suffisamment financé par l'IN2P3 pour pouvoir aboutir, mais certaines des études technologiques impliquées ont été poursuivies, permettant la construction d'une chambre d'ionisation à TMS dont deux parois sont en VECTRA (un matériau plastique de type smectique) sur lequel un dépôt métallique sert d'électrode.

Toute cette étude technologique a été menée en contact étroit avec l'industrie, pour la fourniture, le traitement et la mise en œuvre des matériaux, avec la perspective d'une production en série ; les sociétés concernées sont :

- Hœchst (Lyon) : fourniture du Vectra,
- NIEF (Lyon) : moulage des plastiques et fabrication de moules,
- Dubost (Paris) : techniques de soudure,
- IRELEC (Grenoble) et ACM (Paris) : métallisation du Vectra.

D'autre part, un travail de simulation de ce type de calorimètre est en cours à l'aide du calculateur parallèle T-node en service au laboratoire.

Ont contribué au programme PPC au Laboratoire : L. Dobrzynski, P. Guillouet, F. Hrabina, D. Kryn, P. Lebasque, D. Marchand, D. Monnot, J.-P. Rény, C. Robert, P. Salin.

### 9.3. Développement de détecteur RICH rapide

- Le RICH rapide a été monté et testé avec l'électronique VLSI en version de préproduction. Nous attendons 20 000 voies de série pour juillet 1992. Les tests en rayons cosmiques pourront commencer au cours de l'été, et les tests en faisceau entre octobre et la fin de l'année.

- La deuxième itération du circuit VLSI analogique bipolaire a fonctionné correctement, et 30 000 voies sont acquises et en cours de test. La deuxième itération du circuit CMOS digital a présenté quelques défauts mineurs, dont la correction a été décidée, d'où un retard de 6 mois par rapport au planning précédent.

- Les tests de photocathode solide CsI/TMAE pour le comptage de photons isolés ont été couronnés de succès. La mécanique des pads a été redessinée afin de la rendre compatible avec ces nouvelles photocathodes. Ces cathodes au CsI rendront le RICH rapide encore plus rapide ( $\sigma \approx 1$  ns comparé à 10 ns précédemment). Elles permettent l'utilisation de fenêtres en

quartz dans la région moins chromatique du TMAE. Ceci accroîtra la séparation  $\pi/K$  (à  $3\sigma$ ) de 4 GeV/c à 5 GeV/c pour le même radiateur en LiF.

Ces développements sont entrepris par J. Séginot, J. Tocqueville, T. Ypsilantis, J.-P. Jobez, en collaboration avec CRN (Strasbourg), PSI (Zurich), RAL (Angleterre), CERN/LAA, CERN/EPC, l'Université de Floride, KEK (Japon).

#### 9.4. Développement de calorimètres à liquide noble

- Des tests extensifs ont été entrepris sur la résolution intrinsèque du xénon liquide, et ont donné  $\sigma_E/E = 0,07\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$  pour l'ionisation, et  $\sigma_E/E = 0,2\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$  pour la scintillation. Cette dernière est rapide ( $\leq 5$  ns).

- L'énergie nécessaire pour ioniser un électron a été mesurée à 9,7 eV — bien plus basse que les observations précédentes (15,3 eV). L'énergie nécessaire pour produire un photon de scintillation a été aussi mesurée (14,2 eV).

- Un calorimètre à liquide noble a été conçu avec une structure en tours. L'énergie totale y est mesurée par une photodiode au Si à l'extrémité de la tour. On pourrait y substituer une photodiode au CsI, plus économique et rapide. La direction du photon est mesurée par échantillonnage de l'ionisation de la gerbe 5 fois, toutes les 2 longueurs de radiation. Ceci donnera une erreur directionnelle  $\sigma_\theta = 5 \text{ mrad}/\sqrt{E(\text{GeV})}$ .

En relation avec la bonne mesure de l'énergie ( $\sigma_E/E = 0,5\% + 0,5\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$ ), ceci permettrait de séparer les interactions multiples au LHC, et aboutirait à une résolution en masse sur le higgs ( $H \rightarrow \gamma\gamma$ )  $\sigma_m/m = 0,6\%$  comparée à 3% pour des calorimètres pourvus de la même résolution excellente en énergie, mais sans la bonne résolution en direction (calorimètres à cristaux, par exemple).

- Nous sommes maintenant en voie de concevoir un prototype de 100 litres de xénon (400 litres de krypton), pour une construction au cas où un financement deviendrait possible (CERN/LAA).

- Une autre application de ce développement est un volume de 300 kg (100 l) de xénon liquide, qui pourrait être utilisé pour les recherches de matière noire. On pourrait atteindre une sensibilité au niveau du keV, en utilisant la scintillation rapide, avec des photocathodes réfléchissantes au CsI (et une amplification sur fils dans du gaz).

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

### 9.5. Calcul Parallèle

#### *Moyens mis en œuvre*

Le groupe dispose actuellement d'un système informatique performant, constitué d'une station de travail STE30, munie d'un disque de 1,2 Go, et d'un ordinateur parallèle T-node, issu du projet Européen ESPRIT SUPER-NODE, muni d'un disque de 600 Mo, et de 34 transputers T800.

Ce système peut fournir une puissance variant de deux à quatre processeurs IBM3090.

#### *Mise en œuvre de simulations sur le T-node*

Le travail du groupe s'effectue dans 3 directions :

- Etude algorithmique de la parallélisation de programmes de simulation, faite sur les logiciels GEANT et DELSIM, du CERN. C. de Moura, visiteur de l'université de Rio de Janeiro, étudie l'installation de programmes de diffusion.

- Utilisation du ordinateur parallèle pour des applications dans lesquelles sont spécialement impliqués des membres du groupe :

- Médecine nucléaire (simulation d'un collimateur à rayons  $\gamma$ , simulations thérapeutiques).

- Canalisation d'électrons par un cristal : le travail de simulation pour la canalisation se fait dans le cadre d'une collaboration internationale (PICS) avec LAL-Orsay, IPN-Lyon, Novossibirsk et Max Planck Institut.

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

- Simulation de l'expérience DELPHI.

- Mise en œuvre du ordinateur parallèle au bénéfice d'utilisateurs extérieurs au groupe (simulation de l'expérience du Bugey), voire au Laboratoire (simulations pour le LHC, par exemple).

Participent aux travaux du groupe : F. Bacha (stagiaire), C. de Moura (visiteur, boursier du CNPq brésilien), F. Tembely, A. Jecic, J. Maillard, G. Maurel et J. Silva.

### 10. 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 essayons de remplacer en partie. Citons notamment :

- Embouts des tubes proportionnels de l'expérience du Bugey : haute tension, lecture et masse (J.-P. Rény).

- Etudes préliminaires pour l'installation d'une expérience d'oscillations de neutrinos à longue distance à Chooz (D. Marchand).

- Conception, suivi, systèmes de test et calibration pour le RICH rapide (J.-P. Jobez).

- Elaboration et réalisation de prototypes pour le groupe d'Instrumentation (B. Didierjean).

- Pour la détection de Matière Noire :

- Maintenance d'un environnement cryogénique au Laboratoire pour les tests d'adaptation électronique dans des conditions proches de celles régnant au voisinage du bolomètre.

- Réalisation d'un groupe de pompage pour le cryostat à hélium, en vue de son installation à Modane.

(P. Bonierbale, F. Lelong, avec la participation de P. Guillouet)

- Maintenance et adaptations d'un cryostat à dilution d'hélium à l'Institut d'Astrophysique de Paris.

- Recherche et développement pour l'isolement des bruits de fond : électromagnétique, mécanique, acoustique et radioactif, autour du bolomètre.

- Etudes en vue de l'installation de l'expérience sur le site souterrain de Modane.

(F. Lelong, D. Marchand, J.-P. Rény et C. Robert)

- Pour les expériences sur les ions lourds :

- Réalisation et installation des chambres à damiers.

- Rajeunissement et amélioration d'un hodoscope à fibres optiques scintillantes.

- Remise en état de l'hodoscope  $HZ_0$  ; dans sa partie fibres optiques non scintillantes.

(M. Crasson, A. Diaczek, et M. Pairat)

- Pour le programme WALIC :

- Recherches et développements sur la station de purification, afin d'atteindre le *ppm*.

- Réalisation de cellules pour les tests de compatibilité et mesure du temps de vie des électrons.

— Programme important de tests de compatibilité entre matériaux et liquides ultra-purs, mesures de porosité, sur matériaux purs, métallisés ou équipés de traversées étanches.

(P. Guillouet, F. Hrabina, et P. Salin)

L'activité du service de la Mécanique est renforcée par l'utilisation du système de CAO EUCLID. Citons notamment :

- Etude et conception de la chambre à damiers pour Oméga (A. Diaczek).
- Mise à jour des dossiers « RICH rapide » (J.-P. Jobez).

Les mécaniciens du Laboratoire sont : P. Bonierbale, M. Crasson <sup>2</sup>, A. Diaczek, B. Didierjean <sup>3</sup>, P. Guillouet, F. Hrabina, J.-P. Jobez, F. Lelong, D. Marchand, M. Pairat, J.-P. Rény, C. Robert et P. Salin.

## 11. *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.

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

- DELPHI-TPC : Maintenance des triggers avant de 1<sup>er</sup> et de 2<sup>e</sup> 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.

---

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

3. En partage avec le LAPP (Annecy).

### 11.2. 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  $16 \times 8$  pixels a déjà été fabriqué, et est maintenant en cours de tests. Un second circuit, plus important ( $64 \times 16$ ), 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)

### 11.3. 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.

## 12. 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.

## 12.1. *Evolution des infrastructures*

### 12.1.1. *Le réseau local*

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

- les communications entre les machines installées,
- l'accès au réseau IN2P3,
- l'interconnexion avec le réseau Appletalk des Macintosh,
- la connexion d'une partie des consoles, traditionnelles ou X.

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

### 12.1.2. *Les systèmes d'exploitation*

Sont actuellement connectés au réseau local :

- un *cluster* général VAX/VMS (un VAX 6310, deux  $\mu$ VAX et une VAX-station 3200 dédiée à la CAO mécanique sous logiciel EUCLID) qui a été étoffé cette année par l'acquisition d'un lecteur de cartouches magnétiques au standard IBM-3480 (début 1992) et d'une VAX-station modèle 4000 pour l'analyse des données. Ce *cluster* assure les services généraux : infrastructure logicielle, bibliothèques générales, impressions diverses, sauvegarde des données et des programmes ;
- 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 en mode « 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 serveur d'impression. Malgré des efforts continus pour les gonfler, ces stations sont au bord de la saturation ;
- trois stations de travail SUN (sous UNIX) dédiées à la CAO électronique (logiciels VALID et ALLEGRO) ;
- trois 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 (sauf l'IBM de Lyon) ;

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

### 12.2. *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. Néanmoins il faut citer l'aide apportée aux services administratifs (éditeur orienté LATEX avec aide en ligne).

Les informaticiens du Laboratoire sont : J. Boucher, A.M. Dubourdeau, R. Eschylle, M.-G. Espigat, A. Faye, C. Fritsch, L. Guglielmi, R. Guillao, A. Jajic, 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.

### 13. *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, J. Brossaud, D. Cerverra, R.-H. Le Bihan, G. Masséi, C. Masson, V. Sainz

*Bibliothèque et Documentation* : A. Damais, C. Dupart, D. Levailant, F. Ott

*Service Intérieur* : H. Ahamada, Y. Alger, G. Dubois, S. Néchal, D. Polard, B. Tighrine

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

### 14. *Activités d'intérêt général*

#### 14.1. *Participation à des manifestations scientifiques*

A. de Bellefon, M. Crozon : 4<sup>th</sup> Int. workshop on low-temperature particle detectors, Oxford (GB), 4-7 septembre 1991.

A. de Bellefon, P. Espigat, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, C. Tao : The gamma-ray emission of the Crab nebula in the multi-TeV region — 4<sup>e</sup> rencontre de Blois, 16-20 juin 1992.

A. de Bellefon : 2<sup>nd</sup> Workshop on techniques for low radioactivity background experiments et Workshop on the 17 keV neutrino question — Berkeley (USA), 15-21 décembre 1991.

M. Benayoun, P. Delpierre, L. Dobrzynski, D. Kryn, D. Marchand, K. Šafařík : General Meeting on LHC Physics and detectors — Evian, 5-8 mars 1992.

G. Bordes : Semiweak production of single top at hadron colliders, contribution aux Rencontres de Moriond, 22-28 mars 1992.

G. Bordes : 4<sup>th</sup> Int. symposium on heavy flavour physics — Orsay, 25-29 juin 1991.

G. Bordes : Workshop : QCD, 20 years later — Aachen, 8-13 juin 1992.

J.M. Brunet, M. Crozon, Y. Giraud-Héraud : Journées de la Science — Arc-et-Senans, 1<sup>er</sup> mai 1992

M. Crozon : 3<sup>es</sup> Rencontres de Blois, 17-18 octobre 1991.

P. Delpierre : 28<sup>th</sup> Int. Nuclear and space radiation effects Conf. and short course — San Diego (USA), 17-19 juillet 1991.

P. Delpierre : 1<sup>st</sup> European Conf. on radiations and their effects on devices and systems — Montpellier, 9-12 septembre 1991.

P. Delpierre : 29<sup>th</sup> Int. Nuclear and space radiation effects Conf. and short course — Nouvelle-Orléans (USA), 13-17 juillet 1992.

G. Fontaine : Detection of very high energy gamma rays from the Crab source — 13<sup>th</sup> European cosmic ray symposium (CERN) 27-31 juillet 1992.

P. Frenkiel : INET'92, Int. Networking Conf. — Kobe (Japon), 15-18 juin 1992.

P. Frenkiel : Conf. Ultigroup HP — Arles, 4-5 juin 1992.

C. Ghesquière : 22<sup>th</sup> Int. Cosmic Ray Conf. — Dublin, 11-23 août 1991.

C. Ghesquière : Flux and spectrum of  $\gamma$  rays from the Crab source in the range 3 to 20TeV. — 13<sup>th</sup> European cosmic ray symposium (CERN), 27-31 juillet 1992.

C. Ghesquière : Photon interactions on nuclei — Communication invitée au Workshop « Towards a major atmospheric Čerenkov detector » (Palaiseau), 11-12 juin 1992.

C. Ghesquière, L. Martin, S. Szafran : 2<sup>nd</sup> Int. workshop on software engineering, artificial intelligence and expert systems for high energy and nuclear physics — La Londe-les-Maures, 12-18 janvier 1992.

Y. Giraud-Héraud : 2<sup>nd</sup> Int. workshop on theoretical and phenomenological aspects of underground physics, Tolède, 9-13 septembre 1991.

J.-J. Jaeger : 6<sup>e</sup> symposium européen sur les détecteurs à semi-conducteurs — Milan, 24-26 février 1992.

J.-J. Jaeger : A sparse data scan..., contribution à la conférence internationale EUROASIC 1992 — Paris, 2-4 juin 1992.

A. Jejcic : European particle accelerator conference — Berlin, 24-28 mars 1992.

P. Kessler : Theoretical overview — communication invitée, IX<sup>th</sup> Int. Workshop on Photon-photon collisions (La Jolla, USA), 22-26 mars 1992.

P. Kessler, J. Parisi : Gluonium production in  $\gamma\text{-}\gamma$  collisions — communication invitée, IX<sup>th</sup> Int. Workshop on Photon-photon collisions (La Jolla, USA) 22-26 mars 1992.

D. Kryn, P. Leruste, S. Ong, R. Sené, J. Silva : Joint Int. lepton  $\gamma$  symposium and Europhysics Conference on HEP — Genève, 25 juillet-1<sup>er</sup> août 1991.

M. Laloum, P. Leruste, F. Ledroit : 11<sup>e</sup> Conf. Int. « Physics in collision » (Colmar), 20-22 juin 1992.

B. Lefèvre : XIII Int. workshop on weak interactions and neutrino physics, Gran Sasso (Italie), 8-12 juillet 1991.

B. Lefèvre, M. Obolensky : III Int. symposium on weak and electromagnetic interactions in nuclei — Dubna (Russie), 16-22 juin 1992.

P. Lutz : Méthodes statistiques multidimensionnelles, communication invitée — Colloque GANIL (Giens), juin 1991.

P. Lutz : Méthodes statistiques multidimensionnelles, communication invitée — International Workshop on Dynamical Fluctuations and Correlations in Nuclear Collisions (Aussois), 16-20 mars 1992.

C. de Moura : Conf. Transputers 92 — Arc-et-Senans, 20-22 mai 1992.

J. Séguinot, T. Ypsilantis : Int. Conf. on liquid radiation detectors — Tokyo, 7-10 avril 1992.

M. Sené : Redémarrage de Superphénix et l'avenir de la filière — Table ronde de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Technologiques, 19 juin 1992.

M. Sené, G. Tristram : 26<sup>th</sup> Int. conf. on high-energy physics — Dallas (USA), 6-12 août 1992.

R. Sené a participé en tant qu'expert à la visite de Kozlodui avec l'équipe Cousteau (décembre 1991) et à la rédaction du rapport (février 1992).

R. Sené participe en tant qu'expert à l'audition au Conseil Régional Rhône-Alpes le 26 juin 1992 sur la sûreté de la centrale Superphénix.

T. Ypsilantis : 1992 Wirechamber conf. — Vienne (Autriche), 17-21 février 1992.

T. Ypsilantis : 4<sup>th</sup> Int. symposium on Neutrino telescopes — Venise, 11-13 mars 1992.

#### 14.2. Enseignements à l'extérieur du Laboratoire

M. Abbès : Enseignement d'électronique à l'Ecole Supérieure d'Informatique et Génie des Télécommunications (ESIGETEL).

G. Fontaine : Etat actuel de la détection des  $\gamma$  cosmiques de très haute énergie — LPNE (Paris 6 et 7), 6 mai 1992.

G. Fontaine : Travaux pratiques de physique à l'Ecole Polytechnique (100 h/an).

C. Ghesquière : Gammas cosmiques et physique des particules—IPN (Lyon), 22 mai 1992.

J.-J. Jaeger : Introduction à la simulation analogique — Introduction aux ASIC. — Ecole d'électronique de l'IN2P3, Cargèse, 1-14 juin 1992.

A. Karar : Travaux pratiques sur le traitement du signal à l'Ecole Polytechnique (100 h/an).

P. Kessler, J. Parisi : Gluonium production at high energy — (Tel-Aviv), 28 mars 1992.

P. Kessler : Update on  $\gamma$ - $\gamma$  collisions — Carleton U. (Ottawa), 6 avril 1992 — Brandeis U. (USA), 14 avril 1992 — SUNY (New York), 16 avril 1992.

D. Krym : La calorimétrie à liquides chauds — IPN (Lyon), 29 novembre 1991.

P. Lutz est professeur de statistiques expérimentales à Sup. Elec. (30 h/an).

M. Sené : Les déchets radioactifs — Direction Régionale Industrie, Recherche et Environnement (Dunkerque), juin 1991.

M. Sené : « Visite dans Gravelines » — émission sur TF1 juin 1991.

#### 14.3. Organisation de manifestations scientifiques

A. de Bellefon et D. Levailant ont organisé une école sur la détection à très basses températures en décembre 1991 à Aussois et une seconde cette année à La Londe-les-Maures.

M. Froissart est membre du comité de programme de CP'92 (Computing in Physics), Prague 24-28 août 1992.

C. Ghesquière est membre du comité d'organisation de l'Ecole de Gif.

C. Ghesquière est expert auprès de la Section des Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.

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

J.-J. Jaeger : Organisation des journées VALID IN2P3 (11-12 décembre 1991, Collège de France).

J.-J. Jaeger : Organisation de la journée VLSI IN2P3 (9 avril 1991, Collège de France).

#### 14.4. *Participation à la vie d'organismes extérieurs*

A. de Bellefon est membre du bureau de la division de physique des particules de la Société Française de Physique et correspondant de la division au Laboratoire.

L. Dobrzynski est membre du Conseil Scientifique de l'IPN de Lyon.

M. Froissart est membre élu du Computational Physics Group de la Société Européenne de Physique.

M. Froissart est membre nommé de la Commission Administrative Paritaire des personnels Titulaires de Physique Nucléaire.

M. Froissart représente l'IN2P3 au sein du High Energy Physics Computing Coordination Committee (HEPCCC).

D. Kryn est représentant du personnel au Conseil d'Etablissement du Collège de France.

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

M. Sené est membre de la Commission Guillaumont pour l'étude du site de Saint-Aubin.

R. Sené est membre du Conseil Supérieur de Sûreté et d'Information Nucléaire.

R. Sené est membre du Comité Scientifique de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaires.

R. Sené est expert auprès de la Commission de Surveillance de la centrale de Fessenheim.

#### 14.5. *Accueil de chercheurs*

##### 14.5.1. *Stagiaires*

J. Boutet de Monvel, stage de DEA, simulations d'expériences : 14 janvier-15 février 1992.

E. Brunet, stage de Licence d'AES, dans le service de Documentation : 1<sup>er</sup> juin-31 juillet 1992.

H. Chahine, stage de première année de l'ENSPS dans le groupe de Calcul Parallèle : 16 mai-15 juin 1992.

T. Cividino, stage de DUT électronique dans le groupe Neutrinos Bugey : 4 mai-28 juin 1992.

V. Darmois, stage de première année de l'ENSPS dans le groupe de Calcul Parallèle : 22 juin-17 juillet 1992.

A. Djannati-Atai, stage de DEA dans l'expérience THEMISTOCLE : 11 mai-20 juin 1992.

B. Guéret, stage de Maîtrise dans l'expérience THEMISTOCLE : 1<sup>er</sup> juin-31 juillet 1992.

S. Leurent, stage de 2<sup>e</sup> année de l'EPSI dans le groupe DELPHI : 15 juin-14 août 1992.

F. Wolff-Bacha, stage de DEST du CNAM dans le groupe de Calcul Parallèle : 7 février-30 juin 1992.

#### 14.5.2. *Thésards*

J.-P. Cussonneau : Comparaison entre la simulation et les données de neutrinos dans BUGEY 3 (Thèse soutenue avec succès le 28 avril 1992).

L. Lima-Francès : Etude de la polarisation des  $\Lambda$  produits dans les collisions p-W à 200 GeV/c dans l'expérience WA85 (Soutenue avec succès le 26 juin 1992).

P.-F. Honoré devrait soutenir à la rentrée scolaire une thèse sur l'expérience DELPHI.

P. Goret termine sa première année de thèse sur la recherche de matière noire, et son travail devrait normalement déboucher à la fin de sa deuxième année, en juin 1993.

G. Maurel, Maître de Conférences, effectue son activité de recherche dans le groupe de Calcul Parallèle. Ce travail devrait déboucher à terme sur une thèse.

P. Salin termine une thèse sur la calorimétrie à liquides chauds (WALIC), qui devrait être soutenue à l'automne 1992.

#### 14.5.3. *Savants visiteurs*

Z.-V. Krumstein et Yu.-P. Merekov, chercheurs au JINR (Dubna - Russie) passent 40 jours au Laboratoire avec le groupe des Ions Lourds dans le cadre de la collaboration JINR- IN2P3 N° 14 (Direct production of the  $\rho$  meson at large  $p_t$ ).

C. de Moura, D.R. au Laboratoire National de Calcul Scientifique de Rio de Janeiro, dans le groupe de Calcul Parallèle : 2 mars-1<sup>er</sup> septembre 1992.

K. Šafařík, chercheur à l'Institut de Physique Expérimentale de l'Académie des Sciences Slovaque à Košice, dans le groupe Ions lourds : jusqu'au 29 avril 1993.

M.-D. Skorokhvatov, chercheur à l'Institut Kurtchatov de Moscou, dans le groupe des neutrinos au Bugey : 15 juillet-15 novembre 1992.

#### 14.6 *Actions de formation du personnel*

La compression des effectifs du Laboratoire rend plus nécessaire encore la poursuite de l'effort de formation.

Dans l'année écoulée, afin d'assurer une meilleure insertion des agents dans l'activité scientifique du Laboratoire, plusieurs types de formation ont été mis en place.

##### 14.6.1. *Reconversions*

Il s'agit de formations assez lourdes, de 100 à 400 heures, qui débouchent sur un diplôme : cette année, un ingénieur de l'ENSEA, un DUT d'électronique et un examen d'entrée à l'Université pour 3 électroniciens très motivés.

##### 14.6.2. *Ecoles thématiques de l'IN2P3 et du CNRS*

Elles ont concerné 17 personnes, qui ont participé à 4 écoles de 5 à 12 jours sur : les détecteurs de particules, l'électronique, les enceintes propres et la détection des rayonnements à très basses températures, ainsi que l'intelligence artificielle et les réseaux de neurones.

##### 14.6.3. *Cours d'anglais*

Des stages extensifs à plusieurs niveaux ont été suivis par 11 chercheurs et ITA tandis que 3 chercheurs ont bénéficié de stages intensifs de 2 semaines.

##### 14.6.4. *Formations individuelles*

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

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

*Administration* : En vue des successions à assurer pour l'avenir, des formations sont en cours sur les logiciels de gestion, les techniques financières et la communication écrite.

*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 : l'Europe de 93 et son incidence sur la recherche.

Au total 49 agents (dont 12 chercheurs) ont suivi 82 stages ou écoles pour un total de 4 000 heures. L'effort dans ce domaine doit se poursuivre.

## 15. Liste des publications

### 15.1. DELPHI

LPC 90-38 : A measurement of the partial width of the  $Z^0$  boson into b quark pairs. Collab. DELPHI<sup>4</sup>, Contribution à la Conférence de Singapour, août 1990.

LPC 90-45 : The DELPHI detector at LEP. Collab. DELPHI, NIM A 303 (1991), 233-276.

LPC 90-55 : Search for low mass higgs bosons produced in  $Z^0$  decays. Collab. DELPHI, Zeit. f. Phys. C 51 (1991), 25-35.

LPC 90-58 : Recent results from the DELPHI barrel Ring Imaging Cherenkov counter. Collab. DELPHI, Cont. to the 1990 IEEE Nuclear Science Symposium, Arlington, USA, 23-27 octobre 1990, Nuclear Science 38 (1991), 417-423.

LPC 91-T2 : Recherche et filtrage du boson de Higgs neutre dans le canal  $\mu^+\mu^-$  dans l'expérience DELPHI au LEP. R. Zukanovich-Funchal, Thèse de l'Université de Paris-Sud Orsay, 26 novembre 1991.

LPC 91-13 : Search for excited charged leptons in  $Z^0$  decays. Collab. DELPHI, Zeit. f. Phys. C 53 (1992) 41-49.

LPC 91-14 : Study of orientation of 3-jets events in  $Z^0$  hadronic decays using the DELPHI detector. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 274 (1992), 498-506.

4. Au Laboratoire, ont signé dans la collaboration DELPHI : C. Aubret, P. Beillière, P. Bonierbale, C. Boutonnet, J.-M. Brunet, P. Courty, M. Crozon, Ch. Defoix, P. Delpierre, A. Diaquez, J. Dolbeau, P. Frenkiel, L. Guglielmi, P.-F. Honoré, J.-J. Jaeger, F. Ledroit, P. Lutz, J. Maillard, J. Mas, L. Mathis, D. Poutot, G. Saget, A. Tilquin, G. Tristram, J.-P. Turlot, P. Vergezac †, J. Vergne, R. Zukanovich-Funchal.

LPC 91-15 : Search for neutral higgs particles with mass below  $45 \text{ GeV}/c^2$  produced in  $Z^0$  decays. DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-16 : Charged particle multiplicity distributions in restricted rapidity intervals in  $Z^0$  hadronic decays. Collab. DELPHI, Zeit. f. Phys. C 52 (1991), 271-281.

LPC 91-21 : A measurement of the lifetime of the  $\tau$  lepton. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 267 (1991), 422-430.

LPC 91-22 : Production of  $K^0$  and  $K^\pm$  in the hadronic decays of the  $Z^0$ . DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-23 : Multiplicity dependence of mean transverse momentum in  $e^+e^-$  annihilations at LEP energies. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 276 (1992), 254-262.

LPC 91-24 : Bose-Einstein correlations at LEP. DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-28 : Interjet correlations in hadronic jets from  $Z^0$  decays. DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-32 : Study of final state photons in hadronic  $Z^0$  decay and limits on new phenomena. Collab. DELPHI, Zeit. f. Phys. C 53 (1992), 555-565.

LPC 91-34 : Topological measurement of the partial width of the  $Z^0$  into  $b$  quark pairs. DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-37 : Update of the search for heavy Higgs doublets produced in  $Z^0$  hadronic decays. P. Lutz. DELPHI 91-42 PHYS-97.

LPC 91-38 : A measurement of  $\sin^2 \theta_w$  from the charge asymmetry of hadronic events at the  $Z^0$  peak. DELPHI Collab., Phys. Lett. B 277 (1992), 371-382.

LPC 91-41 : Evidence for the triple-gluon vertex by measuring the color-factor. Collab. DELPHI, Contribution à la conférence de Genève.

LPC 91-42 : L. Knudsen *et al.* (M. Crozon). First observation of transverse beam polarization in LEP. Phys. Lett. B 270 (1991), 97-104.

LPC 91-43 : Searches for heavy neutrinos from  $Z$  decays. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 274 (1992), 230-238.

LPC 91-44 : Partial width of the  $Z^0$  into  $b\bar{b}$  final states and mean  $B$  semi-leptonic branching fraction. DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-45 : Measurement of the  $\tau$  polarization using the DELPHI detector. DELPHI Collab., Présenté à la Conférence de Genève.

LPC 91-46 : Measurement of the average lifetime of  $B$  hadrons. Collab. DELPHI, Zeit. f. Phys. C 53 (1992), 567-580.

LPC 91-47 : A measurement of the  $B\bar{B}$  forward-backward asymmetry using the semileptonic decay into muons. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 276 (1992), 536-546.

LPC 91-50, 91-50 rev. : Determination of  $\alpha_s$  in second order QCD in hadronic  $Z$  decays. DELPHI Collab., Zeit. f. Phys. C 54 (1992), 247-253.

LPC 91-52 : Determination of  $Z^0$  resonance parameters and couplings from its hadronic and leptonic decays. Collab. DELPHI, Nucl. Phys. B 367 (1991), 511-574.

LPC 91-55 : Production of strange particles in the hadronic decays of the  $Z^0$ . Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 275 (1992), 231-242.

LPC 91-57 : TPC Third level trigger in DELPHI. A. Tilquin. DELPHI 91-89 DAS 110.

LPC 91-58 : Search for scalar leptoquarks from  $Z^0$  decays. Collab. DELPHI, Phys. Lett. B 275 (1992), 222-230.

LPC 91-60 : A search for neutral higgs particles in  $Z^0$  decays. Collab. DELPHI, Nucl. Phys. B 373 (1992), 3-34.

LPC 91-61 : Determination of the  $Z$  line shape parameters from its hadronic decays and limits on new particle production. Bloch D. *et al.* (P. Lutz). DELPHI Team4 — DELPHI 91-69 PHYS 123.

LPC 91-67 : W. Adam *et al.* (L. Guglielmi, J.-M. Brunet). The DELPHI Fastbus data acquisition system. Présenté à la Conférence CHEP, Tsukuba, Japon, 11-18 mars 1991.

LPC 92-08 : Measurement of the  $Z^0$  branching fraction to  $b$  quark pairs using the boosted sphericity product. DELPHI Collab., Phys. Lett. B 281 (1992), 383-393.

## 15.2. UA1

LPC 91-19 : A search for rare  $B$  meson decays at the CERN Sp $\bar{p}$ S collider. Collab. UA1<sup>5</sup>, soumis à Phys. Lett. B.

LPC 91-20 : Measurement of  $B^0 - \bar{B}^0$  mixing at the CERN Sp $\bar{p}$ S collider. Collab. UA1, soumis à Phys. Lett. B.

LPC 91-70 : First observation of the beauty baryon  $\Lambda_b$  in the decay channel  $\Lambda_b \rightarrow J/\Psi\Lambda$  at the CERN proton-antiproton collider. Collab. UA1, Phys. Lett. B 273 (1991), 540-548.

<sup>5</sup>. Au Laboratoire, ont signé dans la collaboration UA1 : L. Dobrzynski, D. Kryn, J.-P. Mendi-buru, P. Nédélec, G. Sajot, J. Vrana.

### 15.3. Ions lourds

LPC 91-68 : Study of the  $\eta\pi^+\pi^-$  system centrally produced in the reaction  $pp \rightarrow p_f(\eta\pi^+\pi^-)p_s$  at 300 GeV/c. Collab. WA76 <sup>6</sup>, Zeit. f. Phys. C 52 (1991), 389-395.

LPC 91-69 : Study of the  $\pi^+\pi^-\gamma$  system centrally produced in the reaction  $pp \rightarrow p_f(\pi^+\pi^-\gamma)p_s$  at 300 GeV/c. Collab. WA76, soumis à Zeit. f. Phys. C.

LPC 91-53 :  $\Xi^-$ ,  $\Xi^{\bar{-}}$ ,  $\Lambda$ ,  $\bar{\Lambda}$  production in sulphur-tungsten interactions at 200 GeV/c per nucleon. Collab. WA85 <sup>7</sup>, soumis à Phys. Lett. B.

LPC 91-65 : Strange particle production in sulphur-tungsten interactions at 200 GeV/c per nucleon. Collab. WA85, Contribution à Quark Matter'91, Gatlinburg, Tennessee, USA, nov. 1991.

LPC 91-72 : Strange (anti)baryon and  $K^0$  production in central  $^{32}\text{S-W}$  interactions at 200 GeV/c per nucleon. Collab. WA85, Contribution à Joint Int. Lepton- $\gamma$  Symposium and Europhysics Conference on HEP (Genève, 25 juillet-1<sup>er</sup> août 1991).

LPC 91-59 : Short range correlations in hadron pair production at  $p_T \geq 2$  GeV/c. Collab. WA7, A. Bellogianni *et al.* (J. Kahane, Ph. Leruste, A. Malamant, J.-L. Narjoux, M. Sené, R. Sené, A. Volte). A paraître dans Zeit. f. Phys. C.

### 15.4. THEMISTOCLE

LPC 91-51 : Observation of the Crab in multi-TeV gamma-rays by the THEMISTOCLE experiment. P. Baillon *et al.* (G. Fontaine, C. Ghesquière, J. Vrana). Comptes rendus de la 22nd cosmic rays Conference, Dublin, Irlande, Vol. 1, p. 220, 11-23 août 1991.

LPC 92-01 : Study of the contamination of muons by punch-through of gamma showers in a muon detector. Cl. Ghesquière *et al.*

### 15.5. Recherche de matière noire cosmique

LPC 91-54 : New results on bolometers. A low temperature massive bolometer for non-baryonic dark matter detection. P. de Marcillac *et al.* (A. de Bellefon, Y. Giraud-Héraud, L. Gonzalez-Mestres). Comptes rendus du IV<sup>th</sup> internat. Workshop on low temperature particle detectors, Oxford, GB, 4-7 septembre 1991.

6. Ont signé dans la Collaboration WA76 au Laboratoire : M. Benayoun, M. Sené, R. Sené.

7. Au Laboratoire, ont signé dans la Collaboration WA85 : M. Benayoun, J. Kahane, Ph. Leruste, L. Lima-Francès, A. Malamant, J.-L. Narjoux, K. Šafařík, M. Sené, R. Sené, M. Tamazouzt, A. Volte.

LPC 91-56 : Low temperature scintillation and particle detection. L. Gonzalez-Mestres, Comptes rendus du IV<sup>th</sup> internat. Workshop on low-temperature particle detectors, Oxford, GB, 4-7 septembre 1991.

LPC 91-71 : Improved performance of a 60 g germanium detector with simultaneous observation of phonons and ionization. B. Sadoulet *et al.* (Y. Giraud-Héraud). Contribution à la conférence d'Oxford.

LPC 92-07 : The ultimate solar neutrino detector : simultaneous detection of light and phonons in a fast scintillator made of single crystals of an indium compound and cooled to very low temperature. L. Gonzalez-Mestres, Présenté à TAUP'91, Toledo, Espagne. A paraître dans Nucl. Phys.

LPC 92-18 : New ways for real time detection of low energy solar neutrinos and other crucial experiments in nuclear and particle physics. L. Gonzalez-Mestres.

#### 15.6. Recherche des oscillations de neutrinos au Bugey

LPC 92-T1 : Comparaison entre la simulation et les données de neutrinos dans Bugey 3. J.-P. Cussonneau, Thèse, Université de Paris XI, 28 avril 1992.

#### 15.7. Travaux de théorie

LPC 90-54 : Heavy flavour production at large transverse momentum through the boson-gluon fusion mechanism. F. Anselmo *et al.* (G. Bordes). Phys. Rev. D 45 (1992).

LPC 91-39 : Semiweak production of top quarks accompanied by a bottom quark and 2 jets at hadron colliders. G. Bordes *et al.* A paraître dans Zeit. f. Phys. C.

LPC 91-40 : Quark-scalar diquark mass effects in  $J/\Psi$  decays into baryon-antibaryon pairs. E.-H. Kada, J. Parisi.

LPC 92-06 : QED compton scattering in high-energy electron-proton collisions. A. Courau, P. Kessler. A paraître dans Phys. Rev. D.

LPC 92-10 : Azimuthal correlations and partial-wave analysis in photon-photon collisions. P. Kessler, S. Ong. A paraître dans Phys. Rev. D.

LPC 92-24 : On the spinor structure of the proton wave function. Ch. Carimalo.

LPC 92-25 : Theoretical overview on photon-photon collisions. P. Kessler, Présentation au 9<sup>th</sup> international workshop on photon-photon collisions, San Diego, CA, USA, 22-26 mars 1992.

LPC 92-13 : Purity analysis of particles short lifetimes. M. Laloum, Soumis à Phys. Lett. B.

15.8. *Divers*

LPC 92-09 : Neutral-strange-particle production in 200-GeV/c  $p$ ,  $\pi^+$ ,  $K^+$  interactions on Au, Ag, and Mg. (Collab. NA27). D.H. Brick *et al.* (P. Beil-lière, P. Lutz, J.-L. Narjoux), Phys. Rev. D 45 (1992), 734.

LPC 91-66 :  $D\bar{D}$  correlations in photoproduction. (Collab. NA14/2). (J.M. Brunet, B. Lefièvre, D. Poutot, Ph. Triscos, G. Tristram, A. Volte), soumis à Phys. Lett. B.

LPC 92-16 : Are there privileged observables ? Some examples in particle physics. P. Lutz, Contribution invitée au International workshop on dynamical fluctuations and correlations in nuclear collisions. Aussois, 16-20 mars 1992.

15.9. *Electronique et instrumentation*

LPC 91-62 : A 1006 element hybrid silicon pixel detector with strobed binary output. Collaboration RD19, F. Anghinolfi *et al.* (C. Boutonnet, P. Delpierre, J.-J. Jaeger, J. Waisbard).

LPC 92-11 : A sparse data scan circuit for pixel detector readout — Design and Methodology. J.-J. Jaeger, Cl. Boutonnet, P. Delpierre, J. Waisbard *et al.* Prés. à EURO ASIC 92 Conference, 2-4 juin 1992.

LPC 92-04 : Development of silicon micropattern (pixel) detectors. P. Delpierre *et al.* Prés. à Frontier detectors for Frontier physics. 5<sup>th</sup> Pisa meeting on advanced detectors, La Biodola, Isola d'Elba, Italie, 26-31 mai 1991. NIM A 315 (1992), 133-138.

LPC 92-03 : A search for materials compatible with warm liquids. (Collab. WALIC). B. Aubert *et al.* (L. Dobrzynski, P. Guillouet, D. Kryn, P. Lebasque, D. Marchand, J.-P. Mendiburu, P. Salin, G. Sajot).

LPC 92-26 : Compensation studies of a lead/TMP calorimeter. (Collab. WALIC). B. Aubert *et al.* (L. Dobrzynski, P. Guillouet, D. Kryn, P. Lebasque, D. Marchand, J.-P. Mendiburu, P. Salin, G. Sajot), Nucl. Instr. and Meth. A 313 (1992), 357.

15.10. *Informatique et algorithmique*

LPC 92-14 : Minimum statistics access to  $D_L^0 - D_S^0$  mixing angle. M. Laloum.

16. *Séminaires du Laboratoire*

Louis BEHR (LAL-Orsay et Ecole Polytechnique) : THEMISTOCLE : Récente observation du Crabe entre 3 TeV et 10 TeV, 9 octobre 1991.

Philippe MINÉ (Ecole Polytechnique) : Accélération de particules par battement d'ondes laser dans un plasma, 16 octobre 1991.

Marcel URBAN (Ecole Polytechnique) : Potentialité de la technique d'imagerie en astronomie gamma, 23 octobre 1991.

Costa KOUNNAS (Ecole Normale Supérieure (Paris)) : Le problème de la constante cosmologique en physique des particules, 30 octobre 1991.

Marc MONIEZ (LAL-Orsay) : Recherche de matière cachée dans la Galaxie par utilisation du phénomène de lentille gravitationnelle. Avancement de l'expérience « naines brunes », 6 novembre 1991.

Lydia FAYARD (LAL-Orsay) : La violation de CP, mesure du paramètre  $\varepsilon/\varepsilon'$  par l'expérience NA31. Nouveaux résultats, 13 novembre 1991.

Michel DELLA NEGRA (CERN) : CMS, un détecteur de précision pour LHC, 20 novembre 1991.

Frédéric KAPUSTA (LPNHE-Paris 6 et 7) : La physique et les expériences au prochain collisionneur  $e^+e^-$  de 500 GeV. Compte rendu (partiel et partial) de la réunion du 9-14 septembre en Finlande, 27 novembre 1991.

Daniel TREILLE (CERN) : Les perspectives de physique au LEP, 4 décembre 1991.

Alain BOUQUET (LPTHE-Paris 6 et 7) : Une brisure de symétrie à l'origine des galaxies, 11 décembre 1991.

Todoretv PETCOV (INRE-Sofia et INFN/SISSA-Trieste) : Neutrino mass and lepton mixing hierarchies, and future oscillation experiments, 18 décembre 1991.

Roy ALEKSAN (DAPNIA-Saclay) : Perspectives de physique aux usines à B, 15 janvier 1992.

Gabriel CHARDIN (DAPNIA-Saclay) : Violation de CP et du principe d'équivalence, 22 janvier 1992.

Gisèle BORDES (LPC-Collège de France) : Contribution du processus  $t \rightarrow b + X$  à l'étude du top et du higgs aux futurs collisionneurs hadroniques, 29 janvier 1992.

Jean-Paul REPELLIN (LAL-Orsay) : Présentation des études du détecteur EAGLE pour la physique  $pp$  au LHC, 5 février 1992.

Andreas MORSCH (Université de Kiel) : Mise en évidence du  $\Lambda_b$  dans l'expérience UA1, 26 février 1992.