

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

Cours de 1991 : LE Z^0

Cette année a vu entrer en production la plus impressionnante usine à Z^0 : le LEP au CERN à Genève, qui a fourni $6 \times 10^5 Z^0$ en 1990. Il était donc intéressant de faire le point à cette occasion sur ce que nous savons de ce boson, et ce que nous attendons encore de l'expérimentation qui va maintenant se dérouler sur quelques années afin d'accumuler les statistiques nécessaires pour aborder les événements les plus rares.

Après un bref rappel de la prédiction théorique de l'existence de cette particule dont la masse se situait à deux ordres de grandeur au-dessus de ce que l'on connaissait à l'époque, ainsi que de sa mise en évidence pour la première fois auprès du collisionneur Sp \bar{p} S du CERN, le cours a abordé sommairement la théorie sous-jacente, et le phénomène de Higgs-Kibble, qui permet à un boson de jauge d'acquérir une masse, et par suite un état de spin supplémentaire, sans toutefois que la symétrie de jauge soit brisée, au contraire. Et c'est précisément le fait que la symétrie de jauge soit encore présente qui permet d'avoir une théorie non singulière (renormalisable), grâce à toutes les contraintes locales que représentent les conditions d'invariance.

Bien sûr, il n'aurait pas été de mise de faire une revue exhaustive de tous les résultats concernant de près ou de loin le Z^0 sur le plan théorique ou expérimental, mais on s'est attaché à dégager les problèmes fondamentaux, à mettre en évidence les ordres de grandeurs et les phénomènes clés.

Car le problème n'est pas tant pour nous aujourd'hui de déterminer si ce qu'on appelle le modèle standard des interactions électrofaibles décrit convenablement les observations, il est surtout de découvrir *où il est inapproprié*, afin de pousser les recherches dans une direction susceptible de révéler les améliorations nécessaires : nous savons que la théorie des interactions électrofaibles est hétérogène avec celle des interactions fortes, et encore plus avec celle des interactions gravitationnelles, nous savons qu'il existe des interactions superfaibles, dont nous n'avons pour preuve actuellement que la désintégration

tion du K^0 violant la conservation de CP, et dont il n'est pas du tout démontré qu'elles sont dues simplement à la phase qui peut exister dans la matrice fondamentale de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM). Enfin, tout le modèle est construit sur l'hypothèse de l'existence d'un boson de Higgs et d'un quark top qui ont jusqu'à présent échappé à nos investigations.

Les premiers résultats de LEP ont confirmé la pertinence de la théorie : la courbe d'excitation des sections efficaces de formation du Z^0 et de sa désintégration dans les diverses voies sont parfaitement conformes à la théorie, et ont permis une estimation très précise du nombre de neutrinos dits légers, c'est-à-dire de masse inférieure à la dizaine de GeV. L'erreur sur cette estimation est bien assez faible pour discriminer sans aucune ambiguïté entre le nombre entier 3 attendu et les entiers voisins.

Mais bien sûr, on souhaite extraire du Z^0 bien plus de renseignements que cela. Par exemple, on peut penser que les corrections dues à la présence de tops ou de higgs virtuels peuvent être mesurables par des ajustements des données à des calculs perturbatifs d'ordre supérieur au premier ordre significatif, qui tiennent justement compte de ces particules virtuelles. Un ajustement global de toutes les données disponibles pour cette première année de fonctionnement de LEP par Ellis et Fogli arrive à cerner de façon raisonnable la masse du top, hors de portée malheureusement de LEP dans sa première phase de réalisation. En ce qui concerne la masse du higgs, les ajustements sont bien plus mous, car les corrections dues au higgs scalaire ne dépendent que du logarithme de sa masse, et une erreur sur le logarithme reste encore une erreur très substantielle sur la valeur.

Nous nous sommes livrés à l'analyse détaillée de l'information que pouvaient apporter sur les paramètres du Modèle Standard les diverses mesures que l'on a commencé à effectuer sur le Z^0 et ses divers modes de désintégration, tant sur la partie électrofaible évidemment que sur la partie forte, QCD, pour laquelle le Z^0 joue un rôle privilégié, en se désintégrant de façon très propre en une paire de quarks pratiquement toujours identifiables. On peut alors étudier le devenir de ce système hadronique créé dans un état bien défini.

De plus, il faut noter que LEP est actuellement une des meilleures usines à B au monde. On peut donc très utilement y faire de la bonne physique des B , dans de bonnes conditions cinématiques, puisque les B sont créés avec une impulsion assez élevée, et par suite leur vertex de désintégration se sépare nettement du vertex principal (Thèse de F. Ledroit).

La désintégration du Z^0 pourrait conduire à des physiques encore plus exotiques par création de nouvelles particules. Ce serait un lieu idéal de création de higgs si celui-ci avait le bon goût d'être suffisamment léger, car son couplage avec le Z^0 devrait être important. Le simple fait qu'on n'ait pas

pu l'observer permet de donner des limites inférieures à sa masse, qui seront sans doute améliorées dans les années qui viennent, en raison d'une statistique renforcée et d'une meilleure connaissance de la physique à cette énergie. Enfin, on a brièvement discuté de la recherche de particules non prévues dans les modèles standards, et pour lesquelles un principe d'économie des hypothèses devrait tempérer l'effort de recherche.

M. F.

1. *Expérience DELPHI sur le LEP*

Au cours de l'année 1990 le collisionneur LEP du CERN a fonctionné de façon assez régulière. La collaboration DELPHI à laquelle participe le Laboratoire a pu enregistrer environ 130 000 désintégrations hadroniques de Z^0 . Les prises de données ont repris en 1991 et laissent espérer une récolte au moins égale pour l'année entière. L'équipe du Laboratoire, dirigée par *M. Crozon*, joue un rôle actif à plusieurs niveaux dans cette grande collaboration : fonctionnement des détecteurs, système de sélection des événements, analyse des données enregistrées, analyse physique, perfectionnements techniques et conception de nouveaux dispositifs expérimentaux.

1.1. *Chambre à projection temporelle (TPC)*

1.1.1. *Fonctionnement*

Principal détecteur de traces chargées de DELPHI, la TPC, en partie construite au Laboratoire, donne toute satisfaction. Les trajectoires sont reconstruites avec la précision attendue. L'effort est actuellement porté sur l'identification des particules par la mesure de l'ionisation qu'elles produisent dans le gaz de la chambre.

1.1.2. *Limitation des charges d'espace*

On peut limiter le transfert des charges d'espace positives de la zone de détection vers la zone de dérive à l'aide soit d'un champ transverse faible permanent, soit d'un champ transverse fort pulsé. Les deux systèmes ont été mis au point au Laboratoire. Actuellement le champ statique est suffisant.

1.1.3. *Contrôle des conditions de fonctionnement*

Le Laboratoire a la responsabilité du monitoring de la TPC. Tous les paramètres de réglage et de calibration sont sous le contrôle de microprocesseurs G-64. Les programmes permettent de mettre en état de fonctionnement la TPC en moins de trois minutes. Ils provoquent l'émission automatique de messages et d'alarmes en cas d'anomalie (température, pression, courant...).

1.1.4. *Sélection des événements*

L'équipe qui a réalisé le deuxième niveau de déclenchement (trigger) utilisant la reconstitution rapide des trajectoires de particules aux grands angles a été chargée de la sélection des particules émises à petit angle, qui quittent la TPC par l'avant et par l'arrière et traversent ensuite des chambres proportionnelles. Il s'agit de reconnaître en moins de 2 μ s des trajectoires prenant leur origine au point d'interaction. Deux sélections successives (triggers de premier et de deuxième niveau) permettent d'abaisser le taux d'acquisition à quelques événements par seconde. Ce résultat est dû à une idée originale, et à la réalisation minutieuse de processeurs câblés installés au sein du système FASTBUS existant. Cette réalisation a été menée très rapidement, et mise en service dès le démarrage de mars 1991.

Participant aux travaux sur la TPC : C. Aubret, P. Bonierbale, C. Boutonnet, P. Courty, D. Delikaris, P. Delpierre, G. Desplancques, A. Guimard, J. Mas, L. Mathis, J.P. Turlot, P. Vergezac et J. Vergne.

1.2. *Le Détecteur de Vertex*

Le Laboratoire participe au perfectionnement du détecteur de vertex de DELPHI. Cette année, une couche supplémentaire de détection composée de microbandes (*microstrips*) unidirectionnelles a été installée autour du tube à vide dont le diamètre a été réduit à moins de 13 cm. Le Laboratoire a notamment participé aux tests des éléments de détecteur, avant et après montage. L'étape suivante consistera à remplacer les détecteurs unidirectionnels par des détecteurs bidirectionnels capables de mesurer simultanément deux coordonnées (Y. Dufour, P. Delpierre, J.P. Turlot).

En parallèle, les développements de détecteurs à pixels se poursuivent. Le dessin des éléments d'un circuit intégré permettant la lecture rapide des points touchés est en cours. Un prototype complet d'un tel détecteur pourrait être prêt dès la fin de l'année. (P. Delpierre, J.J. Jaeger, C. Boutonnet, J. Waisbard).

1.3. *Le détecteur RICH*

Le détecteur RICH (compteur Tcherenkov à image) de DELPHI doit permettre d'identifier les particules produites dans les collisions, grâce à la détection des photons produits par effet Tcherenkov. La première moitié de ce détecteur a été mise en place en 1989, l'autre moitié a été installée à la fin de 1990. Le Laboratoire a réalisé le système d'acquisition des données de ce détecteur. Il a fonctionné dès la mise en service de la première moitié.

Cette année, les modules d'acquisition de la seconde moitié ont été installés et la connexion des deux parties a été réalisée. Les processeurs du système

(8 pour l'acquisition, 2 pour le contrôle), permettent de surveiller au fur et à mesure la qualité des données. L'analyse des premiers résultats obtenus à l'aide des radiateurs liquides du RICH est encourageante malgré un bruit de fond plus élevé que prévu. Les radiateurs gazeux, eux, ont été testés fin 1990. Ils ont donné un nombre de photo-électrons conforme aux prévisions.

Par ailleurs le Laboratoire participe au développement des programmes d'utilisation des données fournies par le RICH dans le but d'extraire du bruit de fond les anneaux de lumière Tcherenkov devant permettre ultérieurement l'identification des particules.

(C. Aubret, J.M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, P.F. Honoré, F. Le-droit, D. Poutot, G. Tristram, P. Vergezac).

1.4. *La reconstitution des événements*

Les événements enregistrés dans DELPHI sont analysés par un ensemble d'émulateurs rapides qui constituent un 4^e niveau de sélection et permettent le tri de certaines catégories d'événements, ainsi qu'une surveillance directe de la qualité des données mesurées. La qualité de la détermination des traces a pu être testée par la reconstruction des vertex secondaires. Les précisions obtenues sont tout à fait encourageantes. Ce traitement utilise notamment l'algorithme T4ALGO particulièrement performant (J. Maillard, R. Zukanovich-Funchal).

1.5. *Analyses de physique*

1.5.1. *Recherche du boson de Higgs standard*

Au pic du Z^0 , si sa masse le lui permet, le boson de Higgs neutre du modèle standard doit être produit pour l'essentiel en association avec un Z^0 virtuel, lequel pourrait se désintégrer notamment en paires de muons. La recherche — jusqu'à maintenant négative — de tels événements a permis de donner des limites inférieures de la masse du higgs, limites qui s'élèvent à mesure que croît la statistique accumulée (J. Maillard, R. Zukanovich-Funchal).

1.5.2. *Recherche de bosons de Higgs non-standards*

Les bosons de Higgs prédits par des modèles non minimaux doivent être produits par paires, engendrant la production de quatre jets. Une recherche à l'aide de variables discriminantes a conclu à l'absence de tels objets dans un vaste domaine de masses (P. Lutz, P. Beillière).

1.5.3. Etude des mésons B

La physique des mésons B est l'un des principaux objectifs de DELPHI, tant dans sa conception initiale qu'avec les divers perfectionnements en cours ou envisagés (rétrécissement du tube à vide, nouveau détecteur de vertex, et surtout mise en service progressive du RICH).

Le premier problème est de signer les événements $Z^0 \rightarrow b\bar{b}(g)$: une méthode nouvelle, fondée sur l'utilisation de programmes simulant un réseau de neurones a été développée et donne des résultats prometteurs.

Le deuxième problème est de bien identifier les B^0 et de mesurer leur temps de vie par leur trajet avant désintégration. On attend du détecteur de vertex une précision d'environ 300 microns sur ce trajet. Pour mettre en évidence une éventuelle désintégration $Z^0 \rightarrow B^0\bar{B}^0$, il faut un échantillon de quelques milliers de B^0 .

Une étude systématique de ce problème a été entreprise prenant en compte les divers modes de désintégration des divers B . Dans les données de 1990, on a pu mettre en évidence un signal de J/ψ provenant de la désintégration des mésons B et en déduire une mesure préliminaire de leur durée de vie.

Si le LEP atteint une luminosité suffisante et en utilisant un détecteur à pixels on peut espérer observer et mesurer les oscillations, probablement à très haute fréquence ($\tau_s = 1$ picoseconde) du B_s^0 , ainsi que les durées de vie des diverses variétés de mésons B , et déterminer avec précision plusieurs éléments de la matrice de Cabbibo-Kobayashi-Maskawa (C. Defoix, F. Le-droit, P. Lutz, L. Ramos, S. Szafran).

1.6. Polarisation dans LEP

La mesure de la polarisation transverse spontanée des électrons dans LEP et des fréquences de dépolérisation doit donner une mesure très précise de l'énergie des faisceaux. Dans ce but, en collaboration avec les équipes du CERN et la collaboration ALEPH, nous avons mis au point un dispositif utilisant la rétrodiffusion par le faisceau de LEP d'une lumière laser polarisée circulairement.

Une première mesure, en 1990, a permis d'observer une polarisation des électrons de l'ordre de 10 %, conforme aux prédictions. Ce résultat a été confirmé en 1991, en utilisant un dispositif aux performances améliorées. La prochaine étape est la mesure de l'énergie de LEP (M. Crozon).

1.7. Fonctionnement général de DELPHI

P. Lutz coordonne les activités informatiques hors ligne des groupes français.

J. Maillard a effectué l'implantation du programme de simulation DELSIM sur le calculateur parallèle T-Node.

P. Frenkiel a la responsabilité de plusieurs réseaux informatiques de DELPHI.

J. Lecigne et D. Levallant assurent la documentation et l'organisation des activités de DELPHI au Laboratoire.

2. *Expériences avec des ions lourds*

2.1. *Etude des Higher Twists*

L'expérience WA77 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. Le groupe commence l'analyse finale des données prises à 300 et à 150 GeV/c (M. Benayoun, J.L. Narjoux, A. Malamant, K. Šafařík, M. Tamazouzt).

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 . K. Šafařík, physicien de cette collaboration à Dubna, séjourne actuellement au Laboratoire comme visiteur étranger. Son apport est fort précieux dans les comparaisons entre WA77 et RISK (M. Benayoun, Ph. Leruste, J.L. Narjoux, K. Šafařík, M. Tamazouzt).

2.2. *Recherche du plasma de Quarks-Gluons (QGP)*

Dépouillement des prises de données 1989-1990 (expérience WA85 — ions soufre et calibration en protons)

La participation de notre Laboratoire a consisté à assurer le traitement des données au centre de calcul de l'IN2P3. Pour la mise au point du programme notre groupe a participé au contrôle du positionnement des appareils dans l'aimant qui s'avère correct. Cependant la qualité de la reconstruction des événements ne nous permet pas de mener à bien certaines analyses délicates telle la polarisation du Λ , analyse qui pourrait permettre de signer la présence du QGP (thèse de L. Lima-Francès). Notre groupe travaille donc à l'amélioration de cette reconstruction (P. Leruste, L. Lima-Francès, A. Volte).

Etat de l'expérience :

La collaboration WA85 dispose d'un lot d'événements assez important, 20 000 Λ , 2 500 $\bar{\Lambda}$, une centaine de Ξ^- et $\bar{\Xi}^-$, qui, grâce aux prises de données

de novembre 1990, va être multiplié par un facteur 10. Les résultats les plus importants de l'étude de la production d'étrangeté dans la partie centrale ($2.9 < \mathcal{Y}_{\text{lab}} < 3.0$ et $p_t > 0.9$ GeV/c) sont :

- Toutes corrections faites, le rapport $\Xi^-/\bar{\Xi}^-$ a pour valeur 0.39 ± 0.07 en S + W et 0.27 ± 0.06 en p + W (résultat préliminaire), confirmant que, comme pour les Λ et $\bar{\Lambda}$ la production est plus importante en S + W qu'en p + W.

- La mesure de tous les rapports particule/antiparticule, donnée importante pour tester les modèles est en cours, mais une augmentation et surtout une amélioration de la qualité des données sont indispensables pour continuer les études.

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, M. Tamazouzt, A. Volte)

Simulation :

Notre groupe a assuré et assure la mise en place de simulations pour WA77 et WA85. Cette dernière expérience nous conduit à proposer la mise en place de nouvelles méthodes de calcul, de *systèmes de fermes*, de calculateurs parallèles, etc. (M. Benayoun, L. Lima-Francès, P. Leruste, J.L. Narjoux, K. Šafařík).

2.3. Nouvelles expériences

Les résultats prometteurs obtenus en S + W et p + W à 200 GeV/c par nucléon ont conduit la collaboration à proposer une expérience d'ions plomb sur cible de plomb à 170 GeV/c par nucléon. Nous participons, en particulier par des simulations, à l'élaboration de cette nouvelle expérience qui se fera probablement vers 1993-1994. Afin d'avoir une comparaison avec les futures données de plomb + plomb (configuration cinématique symétrique) nous aurons, en octobre 1991, une prise de données en soufre + soufre (WA94) (M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, L. Lima-Francès, A. Malamant, J.L. Narjoux, K. Šafařík, M. Sené, R. Sené, A. Volte).

Lors de la période d'acquisition d'octobre 1991 nous testerons les détecteurs qui seront utilisés en plomb + plomb. Notre groupe participe à la réalisation d'une chambre à damiers. Nous préparons un prototype pour cette date (M. Abbès, A. Diaczek, J. Kahane, M. Pairat, S. Selmane, M. Sené, R. Sené).

Nous suivons également les réflexions pour le LHC sur les appareillages et les ions lourds, car pour les expériences WA85 et WA94 nous participons déjà

à la définition d'appareillages nécessaires à la détection d'événements à très haute multiplicité : chambres à damiers, fibres, etc... (M. Sené, R. Sené).

3. *THEMISTOCLE : Une expérience de détection de photons cosmiques de très haute énergie*

L'année 1990 a été marquée par la mise en service de l'expérience THEMISTOCLE de recherche de sources ponctuelles de rayons γ cosmiques de très haute énergie.

L'expérience comporte deux phases : la première se propose de détecter et de mesurer le spectre d'émission de rayons γ de très haute énergie émis par des sources ponctuelles. La seconde étudiera la production de μ dans le développement des gerbes provoquées par ces γ dans l'air, en vue de mettre en évidence — si elle existe — une interaction anormale.

Seule la première phase est entrée en activité. Elle utilise actuellement 18 télescopes de 800 mm de diamètre, installés à Targassonne (P.-O.) sur le site de l'ancienne centrale électro-solaire THEMIS, dont elle rentabilise partiellement le matériel laissé libre à la suite de la fin de l'exploitation de la centrale par E.d.F.

Cette expérience est entreprise en collaboration avec le LAL d'Orsay, le LPNHE de Paris 6-7, et l'Université de Perpignan. Y participent également un physicien du CERN et des astrophysiciens de l'Université de Lodz (Pologne).

L'ensemble du matériel a été réalisé dans les laboratoires. Notre Laboratoire a assumé la maîtrise d'œuvre pour l'ensemble de la mécanique et de l'acquisition des données (VME sous OS9), dans des conditions complètement nouvelles, et requérant beaucoup d'innovations.

L'expérience a été mise en place durant le premier semestre de 1990, et la prise de données a débuté en juillet 1990.

Pour commencer, l'expérience s'est concentrée sur la recherche des sources γ déjà détectées par d'autres expériences et se trouvant dans de bonnes conditions de visibilité. C'est en particulier le cas pour le pulsar du Crabe, issu de la supernova de 1054, et qui est émetteur dans la gamme des 500 GeV — le seuil de l'expérience est de 3 TeV.

L'originalité de l'expérience consiste en une mesure simultanée précise des temps d'arrivée sur les télescopes du front de lumière Tcherenkov engendré par le développement de la gerbe dans l'atmosphère. Elle repose sur un contrôle très fin de la stabilité et sur un étalonnage permanent de l'appareillage. Alors que les expériences reposant sur une mesure directe de la

direction du rayonnement Tcherenkov donnent une précision de pointé de l'ordre de $0,5^\circ$, l'expérience THEMISTOCLE, bien qu'avec un nombre restreint de miroirs, donne déjà une précision de $0,2^\circ$, en accord avec les prédictions de simulation. L'intérêt d'un pointé précis réside dans le fait qu'il permet d'accroître le rapport signal/bruit de façon considérable.

Les observations sont en cours sur d'autres sources potentielles, telles que HERCULES X1, CYGNUS X3, et doivent permettre d'établir trois points :

- La maîtrise de l'appareillage et la possibilité d'atteindre avec une expérience améliorée des résolutions angulaires de l'ordre de $0,05^\circ$
- Une mesure de l'énergie à une précision relative de 10 %
- La détermination du flux d'émission des sources.

Ceci sera partiellement réalisé en 1991.

Au Laboratoire, apportent leur contribution à cette expérience : G. Descôte, M.G. Espigat, P. Espigat, G. Fontaine, C. Ghesquière, J. Gilly, A. Karar, L. Martin, C. Robert, S. Selmane, J. Valentin, J. Vrana et J. Waisbard.

4. *Oscillations des neutrinos au 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.

Dans ce but, une série d'expériences est en cours auprès du réacteur nucléaire d'E.d.F. 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 ; elle sera suivie d'une mesure de haute précision à 40 m avec deux détecteurs opérant simultanément.

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. Wuthrick¹), la base de données de l'expérience (J. Boucher, H. de Kerret), la gestion du liquide scintillant et sa

1. Le Laboratoire, et particulièrement le groupe de l'expérience du Bugey, expriment leurs profonds regrets du décès accidentel de J.P. Wuthrick, au moment où sa contribution à une expérience à laquelle il s'était beaucoup donné allait porter tous ses fruits.

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. Lefèvre).

J.P. Cussonneau a commencé sa thèse en 1990 ; elle comparera cette simulation avec les données prises à un rythme élevé par le nouveau détecteur (1 000 interactions de neutrinos par jour), et se conclura par les premières analyses en termes de présence éventuelle d'oscillations de neutrinos.

5. *Détection thermique de matière noire cosmique*

L'énigme de la masse manquante de l'univers concerne à la fois la physique des particules et l'astrophysique. Pour des raisons liées à la nucléosynthèse primordiale, il semble difficile d'expliquer les observations avec de la matière uniquement baryonique. Si l'on se situe dans l'hypothèse de candidats non-baryoniques (neutrinos légers, particules supersymétriques...), on s'aperçoit qu'il faut concevoir des détecteurs qui soient capables de détecter de très faibles dépôts d'énergie (typiquement de quelques keV) tout en ayant une très basse radioactivité naturelle.

Dans cette optique, nous nous proposons d'installer, au Laboratoire Souterrain de Modane, une expérience à base de bolomètres fonctionnant à très basse température (quelques dizaines de mK). L'IN2P3 (Collège de France et IPN de Lyon) et l'INSU (IAS et IAP) ont décidé d'unir leurs efforts dans un programme de développement technologique financé également par ULTIMA-TECH.

L'activité au Laboratoire se concentre plus particulièrement sur les points suivants :

- **Electronique** : utilisant les compétences acquises avec les grains supraconducteurs, nous procédons à l'étude de 2 amplificateurs : l'un de courant, l'autre de tension. Les performances de ces amplificateurs ont été vérifiées à la température ambiante pour le premier d'entre eux, et à la température de l'azote liquide pour le second (bruit de $1,6 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ entre 150 Hz et 2 MHz). Ces mesures ont nécessité l'installation d'un poste cryogénique au Laboratoire qui pourra atteindre la température de 1,4 K.

- **Poste cryogénique à l'IAP** : nous avons la responsabilité du fonctionnement d'un cryostat à dilution, capable d'atteindre des températures inférieures à 100 mK, installé à l'Institut d'Astrophysique de Paris dans le cadre de notre collaboration avec l'INSU. Les premières mises à froid ayant donné pleine satisfaction, nous démarrons une série de mesures sur des bolomètres de petite taille.

- Essais sur faisceau de neutrons : nous préparons une étude de la réponse d'un bolomètre au recul d'un noyau sur le faisceau de neutrons de Bruyères-le-Châtel. Cette expérience, dans laquelle sont particulièrement impliqués nos collègues de l'IPN de Lyon, se fera en collaboration avec un groupe de Saclay et un groupe du CfPA de Berkeley.

Participent à ce programme : Th. Belinguier, A. de Bellefon, P. Bonierbale, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, P. Espigat, C. Fritsch, Y. Giraud-Héraud, L. Gonzalez-Mestres, P. Goret, P. Guillouet et D. Marchand.

6. Travaux de théorie

Le groupe de théoriciens poursuit les travaux fondés essentiellement sur la QCD (chromodynamique quantique). Actuellement, les axes principaux de leurs recherches sont les suivants : analyse de divers modes de désintégration du J/ψ et du Y , prédictions pour diverses expériences qui pourraient être réalisées auprès des collisionneurs de très haute énergie (HERA, Sp̄S, Tevatron, LHC).

6.1. Applications d'un modèle diquark-quark pour les baryons

Un calcul a été achevé sur la désintégration $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\gamma$ (C. Carimalo, S. Ong), ainsi qu'un autre sur $J/\psi \rightarrow p\bar{p}$ (E.H. Kada, J. Parisi). Des études utilisant ce même modèle, en même temps que le modèle standard à 3 quarks, sont en cours pour ce qui concerne les processus $J/\psi \rightarrow p\bar{p} + \text{méson pseudoscalaire ou vectoriel}$ (C. Carimalo, S. Ong, J. Parisi).

6.2. Production de gluonia à très haute énergie

A l'aide d'un modèle dynamique de gluonium, les processus $pe \rightarrow qGX$, $pp(\bar{p}) \rightarrow \gamma GX$, $pp(\bar{p}) \rightarrow qGX$, et $pp(\bar{p}) \rightarrow gGX$, où G est un gluonium, ont été calculés (L. Houra-Yaou, P. Kessler, J. Parisi). Des calculs sont actuellement en cours en vue de fournir des prédictions relatives aux processus $pp(\bar{p}) \rightarrow MGX$, où M est un méson ordinaire, et $pp(\bar{p}) \rightarrow GGX$ (les mêmes auteurs, avec A. Ichola).

6.3. Production de hadrons divers à grande impulsion transverse à HERA

Des calculs sont en cours pour prédire les sections efficaces de production de hadrons légers (π , K , ρ ...) ou lourds (D , B), créés individuellement ou par paires soit sous l'effet d'un mécanisme de *higher twist*, soit par fragmentation (N. Arteaga-Romero, C. Carimalo, P. Kessler).

6.4. *Production du Top aux futurs collisionneurs hadroniques*

Ce travail commencé à l'occasion du *workshop* organisé par l'ECFA sur le LHC a été poursuivi par une étude détaillée du processus de production d'un seul top par interaction faible, et sa comparaison avec le processus de création en paire par interaction forte. Les deux processus deviennent du même ordre de grandeur pour une masse du top d'environ $200 \text{ GeV}/c^2$.

Les études ont couvert la simulation d'événements, ainsi que la séparation expérimentale entre ce type d'événements et les autres modes de production de W et de jets. Des méthodes appropriées ont été en particulier mises au point pour le calcul de la fusion W -gluon, afin de traiter rigoureusement les problèmes liés à la proximité du pôle du b à la région physique.

La participation aux groupes de travail organisés par l'ECFA sur la physique du B au LHC se poursuit.

(G. Bordes, en collaboration avec F. Anselmo et B. van Eijk)

7. *Activités d'intérêt général pour la discipline*

D. Levaillant et M. Crozon participent à l'organisation de l'Ecole d'Eté franco-yougoslave de physique des particules. Cette école, destinée aux jeunes physiciens, aura lieu en 1991 du 15 au 29 septembre, à Trogir sur la côte dalmate. Le thème de l'Ecole est : « Questions ouvertes dans le modèle standard ».

8. *Développements sur les moyens*

8.1. *Collaboration WALIC sur les calorimètres à liquide chaud*

Depuis 1988, notre Laboratoire est membre de la collaboration WALIC (Warm Liquid Collaboration) qui regroupe des équipes françaises (Collège de France, LAPP, et Saclay), américaines (LBL, Universités de Tuscolosa et de Harvard) et japonaises. L'objectif de cette collaboration est l'étude des calorimètres à liquide chaud — c'est-à-dire non cryogénique — (TMP, TMS, TMGe...) pour le LHC et/ou le SSC. Les activités WALIC s'orientent autour de trois axes principaux :

8.1.1. *Etude de la compatibilité de matériaux avec les liquides chauds*

Les électrons produits par la traversée de particules ionisantes ne peuvent dériver sur une distance appréciable que si le liquide est extrêmement pur. Le

taux d'impuretés électronégatives doit rester au niveau de 10^{-9} . Le groupe du Laboratoire dispose d'une station d'ultrapurification de liquide afin de se livrer à des études de compatibilité entre liquides ionisables et matériaux de structure pour de futurs calorimètres.

8.1.2. *Etude des propriétés d'un calorimètre à liquide chaud*

La collaboration a monté un calorimètre modulaire constitué de plans sensibles, chambres à ionisation à TMP, et de plans d'absorbeur. Elle étudie les réponses de ce calorimètre, installé à Fermilab à des faisceaux d'électrons et de hadrons. En 1990, des données ont été prises dans diverses configurations avec 34 plans, et du plomb. En 1991, on passera à 70 plans et divers types d'absorbeur (Pb, Cu, Fe).

Le groupe du Laboratoire a participé aux prises de données, et il a la charge de la simulation du calorimètre, et de la détermination expérimentale des paramètres du programme de simulation.

Les très bons résultats obtenus permettent d'aborder avec confiance la conception des très grands calorimètres futurs.

8.1.3. *Calorimètre piscine*

Une voie possible pour les futurs calorimètres à liquide chaud est d'immerger l'absorbeur dans le liquide. Le LBL réalise un prototype d'un m^3 . Le rôle du Laboratoire se limite pour l'essentiel aux études de compatibilité entre le liquide et le revêtement inerte de l'absorbeur.

Participent à ce projet au Laboratoire : L. Dobrzynski, P. Guillouet, F. Hrabina, D. Krym, J.P. Mendiburu, D. Monnot, P. Salin.

8.2. *Calorimètre à Prismes en Plastique—PPC*

Dans les études de compatibilité de matériaux du projet précédent, nous avons pu sélectionner des matériaux plastiques compatibles aux propriétés mécaniques tout à fait intéressantes : solidité, facilité de formage par moulage ou soudage. Nous nous sommes concentrés sur le Vectra, et avons défini un prototype dont la structure mécanique est essentiellement en plastique, le métal n'intervenant qu'en tant qu'absorbeur.

Compte tenu des contraintes rigoureuses de pureté que nécessite l'utilisation des liquides ionisants, nous avons étudié en détail sous cet aspect les diverses opérations élémentaires de construction : soudage, établissement de traversées étanches, métallisation des électrodes...

La simulation de ce type de calorimètre conduit à de bonnes propriétés : herméticité, homogénéité de réponse, bonne précision sur la mesure de

l'énergie ($\Delta E/E = .09/\sqrt{E}$ pour les électrons et $\Delta E/E = .45/\sqrt{E}$ pour les hadrons).

Participent à ce projet : L. Dobrzynski, P. Guillouet, D. Kryn, D. Marchand, P. Lebasque, J.P. Rény, C. Robert, P. Salin.

8.3. *RICH rapide*

Les détecteurs de type RICH (Tcherenkov à image) permettent d'identifier individuellement la nature des particules au sein d'événements complexes.

Le Laboratoire participe au développement d'un nouveau type de RICH, plus rapide que les précédents, en vue d'expériences auprès du LHC, ou d'une éventuelle usine à mésons *B*.

Un prototype comportant 14 000 canaux de lecture électronique est en fin de construction. Il permettra la lecture en moins de 3 μ s d'un événement sélectionné avec une résolution de 50 ns. Une électronique intégrée (VLSI) pour la détection et la lecture a été développée en collaboration avec le laboratoire Rutherford en Angleterre, et sera utilisable après une seconde itération à l'été 1991. Les tests devraient commencer à l'automne sur le rayonnement cosmique, pour être complétés sur faisceau de particules en 1992.

Participent à ces travaux J. Séguinot, J. Tocqueville, T. Ypsilantis, avec la contribution de J.P. Jobez, en collaboration avec l'Université de Floride, PSI, RAL, et le CERN.

8.4. *Calorimètre à liquide noble (xénon, krypton)*

Le xénon ou le krypton liquides seraient *a priori* des milieux fort intéressants pour la réalisation d'un calorimètre électromagnétique, en raison de la compensation des effets de perte d'énergie par ionisation, et de l'émission de lumière par scintillation.

Des tests systématiques ont été effectués depuis une année pour étudier les techniques de purification et de contrôle cryogénique du xénon et du krypton liquides, et en mesurer les caractéristiques physiques (énergies nécessaires pour créer une paire électron-ion, et un photon par scintillation, en fonction du champ électrique).

Ces études sont effectuées en laboratoire au moyen d'une cellule de test de 300 cm³ et d'un accélérateur pulsé d'électrons de 100 keV d'énergie maximum par électron (l'énergie totale déposée est ajustable entre 100 MeV et 25 GeV).

Il a été proposé au DRDC du CERN la construction d'un prototype de 25 longueurs de radiation et d'un poids actif de 300 kg.

Participent à ce projet J. Séguinot et T. Ypsilantis, en collaboration avec le CERN, l'Université de Coimbra (Portugal) et le laboratoire de Protvino (URSS).

8.5. *Etudes sur le calcul parallèle*

8.5.1. *Installation d'un calculateur parallèle*

Le groupe dispose actuellement d'un T-Node, calculateur parallèle construit par la compagnie Telmat dans le cadre du projet Esprit Supernode.

Ce T-Node a été acquis dans le cadre d'un contrat DRET.

Il est relié à un ordinateur frontal, qui est une station Unix STE30, relié au réseau local du Laboratoire ainsi qu'au travers du Vax, aux différents réseaux auxquels est relié celui-ci.

Le T-Node fournit sur les codes que nous mettons en œuvre une puissance de calcul équivalente à un, voire deux, processeurs d'IBM-3090.

Le groupe y a installé l'ensemble des logiciels du CERN nécessaires à son utilisation comme « moulin à calculs » pour la simulation.

8.5.2. *Mise en œuvre de simulations particulières sur le T-Node*

Nous avons déjà procédé à des productions de Monte-Carlo pour 3 simulations :

- appareils de médecine nucléaire (thèse de G. Maurel),
- projet de calorimètre *Accordéon* pour LHC, avec P. Petroff (LAL),
- calorimètre de WALIC.

Ces simulations ont représenté plus de 800 heures de calcul depuis le début de l'année.

De plus nous installons actuellement deux autres simulations sur le T-Node :

la simulation de DELPHI (DELSIM), la simulation de la canalisation d'électrons par un cristal.

8.5.3. *Activité du groupe dans la mise en œuvre de GEANT*

Pour 2 applications (médecine nucléaire et canalisation d'électrons), le groupe a mis en œuvre le programme de simulation universel GEANT.

Dans ces deux applications le groupe n'a pas seulement adapté les programmes de GEANT au T-Node, mais il a développé deux applications nouvelles.

Le travail de simulation pour la canalisation se fait en collaboration avec le LAL (Orsay), l'IPN (Lyon), Novossibirsk et le Max-Planck Institut.

Le groupe se compose de L. Dufлот, A. Jejcic, J. Maillard, G. Maurel et J. Silva.

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 essayons de remplacer en partie. Citons notamment :

- Embouts des tubes proportionnels de l'expérience du Bugey (J.P. Rény).
- Conception, suivi, systèmes de test et calibration pour le *Fast Rich* (J.P. Jobez).
- Mise en forme, réalisation du contrôle des gaz du *Fast Rich* (B. Didierjean).
- Pour la détection de Matière Noire : Equipement d'un environnement cryogénique au Laboratoire : cryostat à l'azote liquide, cryostat à dilution d'hélium à l'Institut d'Astrophysique de Paris, groupe de pompage pour le cryostat à hélium en vue de son installation à Modane.
(P. Bonierbale, avec la participation de P. Guillouet)
- Recherches et développements pour le *PPC* :
 - Choix du matériau, des méthodes de transformation, de l'outillage
 - Etude et réalisation d'une maquette de forme pour un élément
 - Réalisation d'un prototype d'étude, et des circuits pour le prototype à 9 tours
(D. Marchand, J.P. Rény, avec la participation de Cl. Robert)
- Compléments d'équipement pour THEMISTOCLE (G. Descôte, Cl. Robert).
- Pour les expériences sur les ions lourds :
 - Réalisation d'une chambre à damiers et adaptation d'un banc de test,
 - Amélioration d'hodoscopes existants.
(A. Diaczek, M. Pairat, G. Descôte, B. Didierjean et D. Henzsel)

- Pour le programme WALIC :

- Recherches et développements sur la station de purification, et sur les cellules de test de compatibilité et de temps de vie des électrons dans le liquide,

- Programme systématique de tests de compatibilité matériaux/liquides, de porosité, de métallisation ou de traversées.

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

L'activité du service de la Mécanique a vu cette année l'entrée en force de la production au moyen du système de CAO EUCLID. Citons notamment :

- Etude et conception de la chambre à damiers pour Oméga (A. Diaczek)
- Tenue à jour des dossiers *Fast Rich* (J.P. Jobez)
- Tenue à jour des dossiers des télescopes de THEMISTOCLE (G. Des-côte)
- Etudes pour l'expérience *Matière Noire* (P. Bonierbale)

10. Activités en électronique

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

10.1. Réalisations récentes ou en cours

- DELPHI - TPC : *Trigger avant* (avec les fils de la TPC), 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.
- WALIC : Circuit de polarisation HT, et préamplification du signal des modules de chambres à ionisation pour le calorimètre PPC.
- Neutrinos au Bugey : Tests d'électronique pour les tubes proportionnels.
- THEMISTOCLE : Achèvement de la construction et de l'équipement des 18 premiers télescopes ; contrôles lents par automates programmables.

10.2. Recherche et développement

Pour réaliser une deuxième génération de micro-détecteur de vertex pour DELPHI, ainsi qu'un télescope pour 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 $50 \times 200 \mu\text{m}^2$, équipés chacun d'une électronique de lecture). Cette activité s'inscrit actuellement dans le cadre d'un programme de recherche et développement pour le LHC approuvé par le DRDC du CERN.

Le Laboratoire a élaboré une technique de lecture sélective ultra-rapide (*sparse data scan*), qui s'incorpore dans le circuit intégré contenant les chaînes d'acquisition associées à chacun des pixels.

Le Laboratoire a reçu au 4^e trimestre de 1990 le logiciel et la station de travail nécessaires à la réalisation concrète (*layout*) du circuit. Un premier circuit de test a déjà été envoyé chez le fondeur de circuits intégrés.

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

10.3. Activités d'intérêt général

Le service de l'électronique maintient opérationnels pour l'ensemble du Laboratoire :

— les postes d'IAO/CAO : implantation et routage de circuits imprimés (SECMAI) ; simulation logique et analogique (VALID).

— le magasin : stock de composants courants, commandes, maintenance, documentation technique.

Les électroniciens du Laboratoire sont : M. Abbès, M.H. Andrade, C. Aubret, P. Benoit, C. Boutonnet, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, P. Courty, J. Da Piedade, G. Desplancques, C. Finetin, P. Godefroy, A. Guimard, J.J. Jaeger, A. Karar, P. Lebasque, D. Monnot, P. Reinhardt, S. Selmane, A. Sokolsky, P. Tardy, J.P. Turlot, P. Vergezac, J. Vergne, J.P. Villain et J. Waisbard.

11. Activités en Informatique

L'année a été marquée par une régression du budget affecté à l'informatique, qui n'a guère permis que l'entretien et la consolidation des matériels existants, sans adjonction de nouvel équipement majeur. En particulier, le manque de lecteur de cartouches magnétiques de type 34 80 sur le VAX du Laboratoire apporte une gêne certaine à son utilisation à un moment où ce support est devenu le standard du CERN et du centre de calcul de l'IN2P3, et où ce matériel est présent dans la majorité des laboratoires de l'IN2P3.

La seule installation vraiment nouvelle a été celle de trois terminaux à la norme X11, reliés au câble Ethernet, et permettant de bénéficier des facilités du multi-fenêtrage, sans avoir le coût d'une station de travail complète. Cette

technique est appelée à se développer dans les années à venir, et l'installation d'un câble Ethernet fin desservant les bureaux des utilisateurs a été commencée.

L'essentiel des développements a également concerné le domaine des télécommunications, le réseau local et le service de télé-impression.

Le débit des liaisons externes est passé de 64 kbits/s à 128 kbits/s, dont une grande partie est réservée au transport de trames de type IP. Le protocole de communication TCP/IP s'est en effet imposé comme standard de fait dans notre environnement informatique hétérogène.

TCP/IP est maintenant utilisé sur la totalité des ordinateurs du Laboratoire : VAX (où le logiciel Multinet a remplacé celui de Wollongong), stations de travail sous UNIX, et processeurs 680xx d'acquisition de données sous le système d'exploitation OS-9. Il est également disponible sur un (bientôt plusieurs) serveurs de terminaux pour faciliter l'accès aux machines distantes, en particulier celles du CERN.

Pour améliorer les impressions à distance, un logiciel serveur d'impressions et un utilitaire facilitant l'usage des imprimantes PostScript ont été développés au Laboratoire. Ils permettent d'avoir des sorties d'aspect identique sur l'imprimante du VAX et sur celle des Apollos. Il reste cependant des problèmes cruciaux à résoudre dans ce domaine : notre imprimante de qualité pour les sorties de textes scientifiques sous TEX est hors service, et les utilisateurs de l'IBM du centre de calcul sont souvent gênés pour effectuer leurs impressions, l'un des maillons de la longue chaîne qu'ils utilisent étant rendu indisponible par une des nombreuses autres tâches auxquelles il est voué. Une solution à ces deux problèmes est actuellement en cours d'étude.

Les informaticiens du Laboratoire sont : J. Boucher, A.M. Dubourdeau, R. Eschylle, M.G. Espigat, A. Faye, C. Fritsch, J. Gilly, L. Guglielmi, R. Guillao, A. Jecic, 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. Masséï, C. Masson, V. Saïnz.

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

Service intérieur : Y. Alger, G. Dubois, S. Néchal, D. Polard, B. Tighrine, J. William.

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

13. Liste des publications

13.1. DELPHI

LPC 90-25 : Search for light neutral higgs particles produced in Z^0 decays. Collab. DELPHI ², Nuclear Physics B 342 (1990), 1.

LPC 90-41 : A method to estimate the momentum and the decay proper time of the B mesons from their hadronic and semileptonic decays. Ch. DEFOIX, Nuclear Inst. Meth. A 302 (1991), 119.

LPC 90-42 : Charged multiplicity and rapidity distributions in Z^0 hadronic decays. Collab. DELPHI, soumis à Zeitsch. f. Physik C.

LPC 90-43 : Measurement of the partial width of the Z^0 into charm quark pairs. Collab. DELPHI, soumis à Physics Letters B.

LPC 90-45 : The DELPHI detector at LEP. Collab. DELPHI, soumis à Nucl. Inst. Meth.

LPC 90-47 : Search for higgs bosons using the DELPHI detector. Collab. DELPHI, Conférence Internationale de Singapour, août 1990.

LPC 90-51 : DELPHI results on the Z^0 resonance parameters through its hadronic and leptonic decay modes. Collab. DELPHI, Conférence Internationale de Singapour, août 1990.

LPC 90-52 : Search for non-standard Z^0 decays in 2-particle final states. Collab. DELPHI, Conférence Internationale de Singapour, août 1990.

LPC 90-55 : Search for low-mass higgs bosons produced in Z^0 decays. Collab. DELPHI, soumis à Zeitsch. f. Physik C.

LPC 90-58 : Recent results from the DELPHI Barrel ring imaging Tcherenkov counter. Collab. DELPHI, 1990 IEEE Nuclear Science symposium, Arlington, USA.

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

LPC 90-62 : Charged particle multiplicity distributions in Z^0 hadronic decays, Collab. DELPHI, soumis à Zeitsch. f. Physik C.

LPC 90-65 : First evidence of polarization at LEP. J. BADIER..., M. CROZON, *et al.*

LPC 91-02 : DELPHI results on the Z resonance parameters through its hadronic and leptonic decay modes. Collab. DELPHI, Aspen Conference (janvier 1991).

LPC 91-10 : First evidence of transverse polarization in LEP. L. KNUDSEN..., M. CROZON, *et al.* Workshop on polarized electron sources and electron spin polarimeters, Bonn, RFA, (6-8 sept. 1990).

LPC 91-11 : A study of the reaction $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ around the Z^0 pole. Collab. DELPHI, soumis à Phys. Lett. B.

LPC 91-18 : The Z^0 coupling to the e^+e^- final state. Collab. DELPHI.

LPCT 91-01 : Mesure préliminaire du temps de vie moyen des hadrons B par le canal $B \rightarrow J/\psi X$, $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ avec le détecteur DELPHI (LEP). F. LEDROIT, Thèse de doctorat.

13.2. UA1

LPC 90-59 : Measurement of the ratio $R = \frac{\sigma_W \text{Br}(W \rightarrow \mu\nu)}{\sigma_Z \text{Br}(W \rightarrow \mu\mu)}$ and $\Gamma_{\text{tot}W}$ at the CERN proton-antiproton collider — (Collab. UA1)³ — (Soumis à Phys. Lett. B).

LPC 90-60 : J/ψ and ψ' production at the CERN $p\bar{p}$ collider. — (Collab. UA1) — Soumis à Phys. Lett. B.

LPC 90-61 (rév.) — Beauty production at the CERN $p\bar{p}$ collider — (Collab. UA1) — Soumis à Phys. Lett. B.

LPC 90-64 : Limits on t-quark decay into charged higgs from a direct search at the CERN $p\bar{p}$ collider. (Collab. UA1) — Soumis à Phys. Lett. B.

LPC 90-66 : Performance of a uranium/tetramethylpentane calorimeter backed by an iron/scintillator calorimeter — (Collab. UA1) — Soumis à Nucl. Inst. Meth.

LPC 90-68 : Experimental limit on the decay $W^\pm \rightarrow \pi^\pm\gamma$ at the CERN protonantiproton collider — (Collab. UA1). — Soumis à Phys. Lett. B.

LPC 91-19 : A search for rare B meson decays at the CERN $Spp\bar{S}$ collider — (Collab. UA1) — Soumis à Phys. Lett. B.

3. Ont signé avec la collaboration UA1 au Laboratoire : B. Andrieu, L. Dobrzynski, D. Kryn, D. Marchand, J.P. Mendiburu, P. Nédélec, G. Sajot, J. Vrana.

LPC 91-20 : Measurement of $B^0\bar{B}^0$ mixing at the CERN Sp̄S collider. (Collab. UA1) — Soumis à Phys. Lett. B.

13.3. Ions lourds

LPC 90-46 : A Study of the centrally produced $\pi^+\pi^-\pi^0$ system formed in the reaction : $pp \rightarrow p_f (\pi^+\pi^-\pi^0) p_s$, at 300 GeV/c — (Collab. WA76)⁴ — Zeitsch. f. Physik C 48, 215 (1990).

LPC 90-77 : A study of centrally produced $K^{0x}K^{0x}$ final state in the reaction $pp \rightarrow p_f (K^+K^-\pi^+\pi^-) p_s$, at 300 GeV/c — (Collab. WA76) — Zeitsch. f. Physik C 46, 405 (1990).

LPC 91-17 : Study of the centrally produced $\pi\pi$ and $K\bar{K}$ systems formed at 85 and 300 GeV/c — (Collab. WA76) — Soumis à Zeitsch. f. Physik C.

LPC 90-70 : A search for non- $q\bar{q}$ mesons in the central region — (Collab. WA77) — M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE *et al.* Nucl. Phys. B 16 (Proc. Supp., 1990), 304.

LPC 90-57 : Production of multistrange baryons and antibaryons in sulphur tungsten interactions at 200 GeV/c per nucleon — (Collab. WA85)⁵ — Soumis à Phys. Lett. B.

LPC 90-69 Strangeness production in sulphur — tungsten interactions at 200 GeV/c per nucleon. (Collab. WA85) — Nucl. Phys. B 16 (Proc. Supp., 1990), 409.

LPC 90-71 : Λ and $\bar{\Lambda}$ production in $^{32}\text{S} + \text{W}$ and $p + \text{W}$ interactions at 200 A GeV/c — (Collab. WA85) — Communication à Quark Matter 1990 (Menton, France) Nucl. Phys. A 525 (1991), 445c.

LPC 90-76 : Multistrange baryons and antibaryons production in S + W and p + W interactions at 200 GeV/c per nucleon — (Collab. WA85) — Communication à Quark Matter 1990 (Menton, France) Nucl. Phys. A 525 (1991), 441c.

LPC 90-78 : Production of multistrange baryons and antibaryons in sulphur tungsten interactions at 200 GeV/c per nucleon — (Collab. WA85) — University of Birmingham, School of Physics, 11-10-1990.

LPC 91-26 : Proposition P257 au CERN : Study of baryons and antibaryons spectra in sulphur — sulphur interactions at 200 GeV/c per nucleon —

4. Ont signé dans la collaboration WA76 au Laboratoire : M. Benayoun, J. Kahane, Ph. Leruste, A. Malamant, J.L. Narjoux, M. Sené, R. Sené.

5. Au Laboratoire, ont signé avec 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.

(Collab. WA94) — M. BENAYOUN, L. LIMA-FRANCÈS, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.L. NARJOUX, K. ŠAFAŘÍK, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE *et al.*

LPC 91-27 : Proposition au CERN : Study of baryons and antibaryons spectra in lead — lead interactions at 160 GeV/c per nucleon. M. BENAYOUN, L. LIMA-FRANCÈS, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.L. NARJOUX, K. ŠAFAŘÍK, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE *et al.*

13.4. THEMISTOCLE

LPC 91-08 : Testing the multi-mirror array shower detection technique : status of the THEMISTOCLE experiment. G. FONTAINE.

13.5. Matière Noire

LPC 90-10 : Etude de faisabilité et préparation d'une expérience de détection de matière noire basée sur des dispositifs thermiques : A. de BELLEFON, P. ESPIGAT, Y. GIRAUD-HÉRAUD, *et al.*

LPC 90-74 : Low-background underground facilities for the direct detection of dark matter : P. BARNES..., Y. GIRAUD-HÉRAUD *et al.* — Contribution à la Conférence de Snowmass 1990.

LPC 90-75 : Performance of a 60 g cryogenic germanium detector : A. CUMMINGS..., Y. GIRAUD-HÉRAUD *et al.* — A paraître dans Proc. IEEE Trans. Nucl. Science (1990).

13.6. Théorie

LPC 90-50 : High- p_t lepton pair production at ep colliders : Comparison between various production mechanisms : N. ARTEAGA-ROMERO, C. CARIMALO, P. KESSLER.

LPC 90-56 : Study of the $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\gamma$ and $\Upsilon_{1S} \rightarrow p\bar{p}\gamma$ decays as possible tests of the proton wave-function : C. CARIMALO, S. ONG.

LPCT 90-02 : Production de gluonia dans les collisions de haute énergie — L. HOURA-YAOU, thèse de doctorat de l'Université de Paris 6.

LPC 91-03 : Glueball production in high-energy collisions : L. HOURA-YAOU, P. KESSLER, J. PARISI.

LPC 91-05 : Top physics at LHC. F. BERENDS..., G. BORDES, *et al.*, communication au LHC Workshop, Aachen, RFA (oct. 1990) CERN 90-10.

LPC 91-25 : On the factorisation theorem in boson-gluon fusion at hadron colliders : F. ANSELMO, G. BORDES, B. van EIJK — soumis à Nucl. Phys. B.

13.7. *Divers*

LPC 90-14 : Photoproduction of the Λ_c charmed baryon — (Collab. NA14/2)⁶ — Phys. Lett. B 246 (1990), 256.

LPC 90-63 : Results concerning the decay $D_s^\pm \rightarrow \eta' \pi^\pm$ — (Collab. NA14/2) — soumis à Phys. Lett. B.

LPC 90-72 : Analytical and historical research on mediaeval multi-layered copper-red glass. M. SPITZER-ARONSON, communication au 25th International symposium on Archaeometry (Athènes, 1989) Annales 1989, 670.

LPC 90-73 : Frontiers between corroded and intact oldstained glass, as a source for some provenance data. M. SPITZER-ARONSON, communication au 26th International symposium on Archaeometry (Heidelberg, 1990) Annales 1990, 217.

LPC 91-07 : Proposition P261 au CERN : Search for the oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$. P. Astier..., J.P. MENDIBURU, P. NÉDÉLEC *et al.*

13.8. *Electronique et instrumentation*

LPC 90-36 : Etude expérimentale d'un détecteur rapide de photons à lecture cathodique en damier pour compteurs Tcherenkov à focalisation annulaire (RICH) : R. ARNOLD..., J. SÉGUINOT, T. YPSILANTIS *et al.*

LPC 90-48 : A charge transfer device for sampling calorimetry : J.P. MENDIBURU, soumis à Nucl. Inst. Meth.

LPC 90-53 : The Prism Plastic Calorimeter (PPC) — A warm liquid calorimeter for LHC : L. DOBRZYNSKI, D. KRYN, D. MARCHAND, P. NÉDÉLEC, P. SALIN. Présenté au DRDC du CERN.

LPC 90-67 : A totally active liquid xenon or krypton electromagnetic calorimeter for high luminosity hadron colliders : J. SÉGUINOT, T. YPSILANTIS *et al.* présenté au 12th Workshop « New Technologies for Supercolliders ». Erice, Italie, (15-20 sept. 1990)

LPC 91-09 : Introduction à la simulation analogique : J.J. JAEGER. Cours à l'Ecole d'été d'Electronique de l'IN2P3. (Cargèse, 13-26 mai 1991)

13.9. *Informatique et algorithmique*

LPC 91-06 : Operating HEP simulation codes on the T-Node parallel computer : L. DUFLLOT, A. JEJIC, J. MAILLARD, J. SILVA, *et al.* Contribution à la conférence Computing in High Energy Physics (Tsukuba, Japon, 9-13 mars 1991).

⁶. Ont signé au Laboratoire dans la collaboration NA14/2 : J.M. Brunet, B. Lefèvre D. Poutot, P. Triscos, G. Tristram, A. Volte.

LPC 91-12 : Overall simulation of a positron beam generated by photons from channeled multi-GeV electrons : X. ARTRU..., A. JEJCIC, J. MAILLARD, J. SILVA *et al.* Contribution à IEEE 1991 Particle Accelerator Conference (San Francisco, USA, 6-9 mai 1991).

14. Séminaires du Laboratoire

- Strangeness production in relativistic ion collisions — K. ŠAFAŘÍK — Collège de France (6/3/91).
- Détection directe de la Matière Cachée. Développements récents. Perspectives Y. GIRAUD-HÉRAUD — Collège de France (13/3/91)
- Recent results from CLEO — D. BORTOLETTO — Purdue University (20/3/91).
- Signature électronique par l'électron d'une recherche d'oscillations $\nu_\mu - \nu_\tau$ — P. ASTIER - LPNHE, Universités de Paris 6 et 7 (27/3/91).
- Projet pour la recherche des oscillations $\nu_\mu - \nu_\tau$ — K. WINTER - CERN (3/4/91).
- Applicability of perturbative QCD to exclusive processes, and hadronic wavefunctions — T. HUANG — Université de Pékin (10/4/91).
- Calorimètre électromagnétique vectoriel, totalement actif, de liquide noble — J. SÉGUINOT — Collège de France (17/4/91).
- Détection interférométrique des ondes gravitationnelles : le projet VIRGO — A. BRILLET — CSNSM (15/5/91).
- Status of the 17 keV neutrino — A. HIME — Nuclear Physics Laboratory, Oxford (22/5/91).
- Proposition d'une nouvelle expérience de violation de CP au CERN — M. PEYAUD — DPhPE, Saclay (29/5/91).
- Le neutrino de 17 keV à l'épreuve de la cosmologie — P. SALATI — CERN (5/6/91).
- Production du top aux futurs collisionneurs hadroniques — G. BORDES — Collège de France (12/6/91).
- Les premières particules à H1 — C. VALLÉE — LPNHE, Universités de Paris 6 et 7 (19/6/91).
- Astrophysics with extensive air showers — J.W. CRONIN — University of Chicago/Enrico Fermi Institute (26/6/91).
- Phonons, quasiparticles and basic experiments in particle physics — R.J. GAITSKELL — Nuclear Physics Laboratory, Oxford (3/7/91).