

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

STRUCTURE DES MÉSONS

Les mésons se composent, on le sait, de partons — quarks et gluons — qui ne sont pas directement observables. Plus qu'ailleurs, dans le domaine de l'étude de la structure des mésons, l'observation et la théorie se soutiennent et se complètent mutuellement, et on ne pourrait rien dire de l'une sans l'autre, et inversement.

La théorie, c'est la Chromodynamique Quantique. On ne sait évidemment pas la résoudre, mais on peut commencer à raisonner avec, à partir de la propriété de *liberté asymptotique*, selon laquelle son couplage devient asymptotiquement nul à haute énergie. On pourra donc compter sur un calcul des perturbations raisonnable à haute énergies. Mais à l'inverse, à basse énergie, le couplage devient extrêmement fort, si bien qu'aucune approximation ne permet de faire de prédiction rigoureuse. A la limite statique (énergie nulle), la divergence infra-rouge du couplage entraîne le confinement des objets doués de couleur — notamment partons isolés.

Ce problème sera traité pour les quarks lourds par des potentiels non-relativistes appropriés. Pour les quarks légers ou les gluons, on fera usage de fonctions phénoménologiques appropriées : *facteurs de forme* pour les réactions élastiques, et *fonctions de structure* pour les processus inclusifs. A chaque réaction de haute énergie correspondra un comportement selon une puissance minimale de l'inverse du q^2 échangé (*leading twist*), ainsi que des corrections d'ordre plus élevé (*higher twist*), et qui correspondent notamment aux secteurs de la fonction d'onde comportant plus de partons que le strict minimum.

Pour mener ces calculs avec un minimum de cohérence, on utilise, après Brodsky et Lepage, une théorie des champs quantifiée sur un plan de genre lumière. Ceci détruit l'invariance relativiste formelle, mais, grâce à la conservation de $P^0 + P^3$ permet de donner un sens à peu près cohérent à la notion de nombre de composantes. Par exemple, grâce à cette conservation, il est

aisé de voir que le vide perturbatif est le vrai vide de la théorie, ce qui n'est pas le cas dans la quantification à la Feynman.

Bien sûr, la théorie diverge toujours, et il est nécessaire de la régulariser. On se trouve donc face à trois échelles d'énergie : celle Q^2 des moments de transferts typiques de la réaction que l'on souhaite étudier, celle Λ^2 typique de la divergence infra-rouge, et enfin le cut-off A ultraviolet que l'on doit faire tendre vers l'infini dès la fin du calcul de perturbations. Le problème qui nous préoccupe ici est que la *fonction d'onde* elle-même va dépendre du choix de Q^2 et de Λ^2 . On ne peut donc pas parler en toute rigueur d'une fonction d'onde (de Fock, bien sûr), mais d'un ensemble de fonctions d'onde liées les unes aux autres par des contraintes. Par exemple, ce seront les équations d'Altarelli et Parisi qui décriront l'évolution des fonctions d'onde selon le choix de Q^2 .

En tenant compte de tous ces caveats, il est possible de formaliser l'étude des problèmes les plus simples, tels la désintégration du pion, et de retrouver des résultats conformes aux attentes, dans le cadre d'hypothèses tout à fait raisonnables. De même, les processus de diffusion, que ce soit inclusifs, semi-inclusifs ou exclusifs, montrent en gros un comportement raisonnable. Cependant, des problèmes liés à la divergence infra-rouge se montrent dans les extrémités de la fonction d'onde où la variable x de Feynman, qui caractérise la fraction de moment longitudinal emportée par le parton, se trouve voisine de 0 (le parton est infrarouge) ou de 1 (il force tous les autres à $x \approx 0$).

Des expériences, on peut maintenant extraire des facteurs de forme ou des fonctions de structure, moyennant toutes les précautions qui sont suggérées par les analyses qui précèdent. En fait, ce ne sont pas ces fonctions elles-mêmes qui sont extraites de l'expérience, mais un certain nombre de moments de la variable x . Il se pose le problème de savoir comment interpréter un nombre fini — et généralement petit — de moments d'une fonction inconnue. Ce problème est certes mal posé au sens mathématique, mais nous avons montré comment extraire méthodiquement de cette information une réponse raisonnable, notamment en ajoutant la condition supplémentaire, vraisemblable pour la fonction d'onde d'un méson non excité, quelle ne change pas de signe.

Ceci nous a permis d'interpréter certaines données expérimentales sur quelques moments de fonctions d'onde de mésons, et de montrer quel genre de structure ils conduisaient à attribuer à ces mésons.

M.F.

1. *Expérience DELPHI*

C'est à l'été que le grand collisionneur électrons-positrons LEP doit démarrer. DELPHI est l'une des quatre expériences qui l'inaugurent, et une fraction majeure des forces du Laboratoire ont été consacrées à être prêts pour cet événement, et pour l'étude du boson vecteur des interactions faibles neutres, le Z^0 .

Le Laboratoire a rempli ses engagements, principalement sur la construction de la TPC et l'acquisition des données du RICH, mais aussi sur les multiples tâches où interfèrent inextricablement la connaissance de l'expérience, les problèmes de physique et le langage informatique. C'est M. Crozon qui coordonne toutes ces activités au Laboratoire.

1.1. *La chambre à projection temporelle TPC*

1.1.1. *Montage et test au CERN*

La TPC a été installée dans une zone de test au CERN. Les douze chambres de détection ont été montées et câblées. Le Laboratoire avait la responsabilité de ce câblage et de la mise au point de chacune des 22 000 voies de détection jusqu'à l'extérieur de la chambre, et la charge du dispositif de refroidissement à eau.

Les chaînes d'électronique complètes ont été disposées sur deux des chambres pour vérifier les performances sur des rayons cosmiques et sur un faisceau laser. Les résultats ont confirmé les calculs (distorsions inférieures à 0,4 mm à 15 mm des parois). La précision de la localisation et de la mesure de l'ionisation correspondaient bien aux mesures faites sur prototype. A cette occasion, le système d'acquisition des données et les programmes de contrôle, de calibration et d'analyse ont été rodés.

1.1.2. *Mise en place dans la zone expérimentale*

L'ensemble de la TPC a été transporté et descendu dans le puits n° 8 du LEP le 4 avril 1989. Elle a ensuite été introduite dans le détecteur DELPHI, alignée, connectée aux salles de comptage (60 km de câbles). La TPC est maintenant prête à fonctionner, sur rayons cosmiques à la fin juin et sur le faisceau du LEP le 15 juillet 1989.

1.1.3. *Contrôle des conditions de fonctionnement*

La télécommande, le contrôle et l'asservissement des paramètres de la TPC sont sous la responsabilité du Laboratoire : alimentation en haute tension (80 voies) et en basse tension, températures (100 points), circulation des

liquides de refroidissement, grilles de blocage des ions et systèmes automatiques de sécurité. Ces fonctions sont gérées par deux ensembles pilotés par trois microprocesseurs chacun.

Les modules d'électronique (six châssis Europe G-64) et les liaisons au détecteur sont installées. En particulier, les douze générateurs de tension, rigoureusement symétriques, fabriqués au Laboratoire, qui produisent le champ transverse de blocage des ions sont en place, prêts à fonctionner. Les programmes d'acquisition et d'asservissement sont installés dans les microprocesseurs et le programme de visualisation et de contrôle est en cours d'installation dans l'ordinateur de la TPC (Microvax).

1.1.4. *Distribution des signaux de synchronisation*

Le Laboratoire s'est vu récemment confier la distribution des horloges de digitisation (20 MHz) et des signaux de synchronisation des circuits électroniques de la TPC. Cela représente la fabrication de huit cartes Fastbus et l'installation d'un réseau compliqué de câbles à hautes performances.

1.1.5. *Dispositif de déclenchement*

Le système de trigger à granularité fine dans le plan du faisceau (R/Z) fabriqué au Laboratoire (16 cartes à 8 couches Fastbus) est terminé et testé.

Les premières cartes de corrélation entre ces circuits et les circuits de trigger du détecteur externe de DELPHI sont en cours de test. Ces cartes comprennent aussi la corrélation avec le trigger à granularité fine dans le plan perpendiculaire au faisceau (« trigger de contiguïté ») de la TPC. Ce système comprend deux doubles cartes Fastbus pour les processeurs et une carte Fastbus pour la commande et le contrôle. Il permet, par le choix des détecteurs pris en compte et du type de corrélation, d'optimiser le compromis entre l'efficacité et la sélectivité du trigger en fonction des qualités du faisceau et de l'efficacité des détecteurs.

Contribuent aux développements sur la TPC : C. Aubret, P. Billoir, P. Bonierbale, C. Boutonnet, P. Courty, D. Delikaris, P. Delpierre, G. Desplancques, J.-P. Pencolé, G. Saget, M. Soumana, P. Tardy, A. Tilquin, J.-P. Turlot, P. Vergezac et J. Vergne.

1.2. *Le détecteur RICH*

Le détecteur RICH est un détecteur Cherenkov à images qui, dans DELPHI, doit permettre d'identifier les particules produites. Les photons sont détectés dans des chambres à dérive (11 000 fils et damiers). Une moitié du détecteur a pu être installée dans DELPHI avant la mise en place sur le collisionneur LEP. L'autre moitié sera installée au début de l'année 1990.

Le système d'acquisition développé au Laboratoire pour ces 11 000 voies est composé d'un processeur de contrôle et de quatre processeurs d'acquisition. Le matériel nécessaire, systématiquement testé, est en cours d'installation et les divers programmes, écrits sous le système multitâches OS9, sont opérationnels. La mise en service doit se poursuivre pendant l'été 1989.

Participant au détecteur RICH : C. Aubret, J.-M. Brunet, J. Dolbeau, L. Guglielmi, D. Poutot, G. Tristram, P. Vergezac.

1.3. *Reconstruction des événements*

1.3.1. *Trigger de 3^e niveau*

Ce trigger doit confirmer les trajectoires trouvées par le trigger de deuxième niveau, éliminer 90 % des événements et préparer les 10 % restants pour les émulateurs (4^e niveau). On dispose pour cela de 20 millisecondes au plus. Cet algorithme rapide est actuellement implanté sur microprocesseur MC 68020. Une version câblée est en cours de test. La précision de la reconstitution des trajectoires est pratiquement équivalente à celle des programmes d'analyse définitive (P. Courty, P. Delpierre, G. Desplancques, A. Tilquin, J. Vergne).

1.3.2. *Reconstruction des trajectoires*

Les performances du programme général de reconstruction DELANA ont été améliorées, en particulier grâce à un ajustement des traces tenant compte des accidents et qui entraîne donc beaucoup plus de précision.

Cette amélioration a été réalisée par une comparaison systématique entre simulation et reconstruction développée au Laboratoire. Un algorithme ultrarapide a été conçu au Laboratoire pour étiqueter pratiquement en ligne (trigger de 4^e niveau) les événements particulièrement intéressants, en particulier les bosons de Higgs neutres (P. Beillière, P. Billoir, P. Lutz, J. Maillard, C. Poutot, R. Zukanovich.).

1.3.3. *Analyse graphique interactive*

Le programme général a maintenant atteint une certaine stabilité. Ce programme sera indispensable dès le début de l'expérience pour à la fois optimiser les traitements automatiques d'analyse (étiquetage précis) et comprendre les inefficacités du programme de reconstruction. Il fait l'objet de séances de formation systématique à l'intention des membres du groupe DELPHI (P. Lutz, R. Merzoug).

1.3.4. *La physique à LEP*

Pour les débuts de l'exploitation de LEP (1989) l'équipe DELPHI du Laboratoire consacre ses efforts à trois réactions physiques différentes :

- Recherche de boson de Higgs neutre

A partir de simulations de plus en plus réalistes du canal

$$e^+e^- \rightarrow H^0 (\rightarrow \mu^+\mu^-) + Z^0 (\rightarrow q\bar{q})$$

Le groupe s'est attaché à :

- montrer qu'il est possible d'isoler le H^0 s'il existe et de déterminer sa masse,
- développer un filtre rapide pour les événements candidats (trigger de 4^e niveau) (J. Maillard, R. Zukanovich).

- Recherche et identification d'un éventuel boson de Higgs chargé

L'analyse complète nécessite des méthodes sophistiquées relevant de la statistique multidimensionnelle, mais les algorithmes d'étiquetage peuvent, là aussi, être très rapides (P. Lutz, A. Tilquin).

- Etude des mésons B - Faisabilité

Il s'agit là d'une physique à plus long terme, car elle nécessite une statistique importante et un détecteur de vertex beaucoup plus précis que celui qui existe actuellement. Ceci permettrait la mesure des modes rares de désintégration des B et de leurs oscillations (P. Billoir, C. Defoix, J. Dolbeau, P. Lutz).

1.3.5. *Mesure de la polarisation dans LEP*

La mesure de la polarisation transverse spontanée des électrons de LEP, et de la fréquence de dépolarisation doit donner une mesure très précise de l'énergie des électrons. Dans ce but, un dispositif a été mis au point (en collaboration avec l'expérience ALEPH), utilisant la rétrodiffusion par les électrons du faisceau d'un laser dont la lumière est polarisée circulairement. Ce dispositif, en cours de montage sur le LEP, doit être progressivement mis en service à partir d'août 1989. Ultérieurement, la rotation de la polarisation pourra fournir des informations cruciales sur les paramètres du modèle standard (M. Crozon).

1.4. *Microvertex pour DELPHI*

Le Laboratoire étudie la faisabilité d'un détecteur au silicium à pixels (points de détection de 70 x 70 microns équipés chacun d'une chaîne d'électronique) pour la deuxième génération du détecteur de vertex de DELPHI.

La participation du Laboratoire serait la logique de lecture sélective ultrarapide dite « sparse data scan » intégrée dans le circuit VLSI contenant les

chaînes linéaires associées aux pixels. Si ce projet est accepté, un premier prototype devrait être prêt à la fin de 1990. Ce prototype comprendrait sept rangées de douze pixels, ainsi qu'une rangée de points étudiés spécialement pour lire des strips (C. Boutonnet, P. Delpierre, J.-J. Jaeger, J.-P. Turlot).

1.5. *Fonctionnement général de DELPHI*

— P. Delpierre assure la coordination et la normalisation de l'électronique de DELPHI.

— P. Lutz coordonne les activités d'informatique off-line et d'analyse des groupes français de DELPHI.

— S. Szafran a la responsabilité de la gestion générale des données de DELPHI au Centre de Calcul de l'IN2P3.

— P. Lutz et S. Szafran ont la responsabilité de l'implantation et de la maintenance du programme de simulation de DELPHI dans ce Centre.

— P. Billoir anime le groupe qui perfectionne la reconstruction des trajectoires des particules chargées.

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

— J. Lecigne et D. Levailant assurent la documentation et l'organisation des activités de DELPHI au Laboratoire de Physique Corpusculaire.

— J.-M. Brunet et L. Guglielmi ont la responsabilité de l'implantation et la diffusion d'OS9 dans DELPHI.

2. *Le collisionneur $\bar{p}p$ au CERN (Collaboration UA1)*

La mise en marche fin 1987 du nouvel accumulateur d'antiprotons du CERN (ACOL) a permis d'atteindre des luminosités dix fois supérieures à celles de 1984-1985. Des prises de données ont eu lieu à l'automne 1988 et au printemps 1989. Le groupe du Laboratoire y a participé intensivement. Les données sont en cours d'analyse. Par ailleurs, les physiciens du groupe et des équipes techniques du Laboratoire continuent la construction du nouveau calorimètre à uranium-TMP. L. Dobrzynski coordonne l'ensemble de ces activités.

2.1. *Résultats de physique*

2.1.1. *Les nouvelles données*

N'ayant pu achever son nouveau calorimètre, la collaboration doit se contenter d'accumuler des données dans lesquelles un muon est observé. Le

bon fonctionnement du collisionneur a permis d'accumuler une luminosité intégrée de 4 pb^{-1} . Ceci représente une augmentation de sensibilité aux processus rares d'un facteur 10 par rapport aux données dont nous disposons jusque-là.

2.1.2 Recherche du quark top

Le sixième quark du modèle standard n'a pas pu être mis en évidence. Les nouvelles données accumulées au CERN tant par UA1 que UA2 et à FNAL par l'expérience américaine CDF ont été utilisées cet hiver pour la recherche du top. Aucun signal n'a pu être mis en évidence. La Collaboration UA1 a fait un effort d'analyse particulièrement remarquable et a établi que la masse du top est supérieure à $56 \text{ GeV}/c^2$.

Les données de 1989 permettront soit de trouver le top, soit de repousser cette limite au-delà de $75 \text{ GeV}/c^2$ (quark top lourd de masse voisine de celle des Bosons intermédiaires). B. Andrieu a étudié au Laboratoire pour sa thèse les méthodes de recherches d'un top lourd.

2.1.3. Etude des saveurs lourdes

— Etude de la production de saveurs lourdes dans les événements à un muon accompagné de jets.

— Recherche de nouveaux quarks lourds auprès du collisionneur $\bar{p}p$ du CERN.

Mesure des sections efficaces de production de quarks à $\sqrt{s} = 630 \text{ GeV}$.

2.1.4. Autres méthodes

— Production de dimuons de basse masse dans les collisions $\bar{p}p$.

— Production de photons directs dans les collisions $\bar{p}p$ à $\sqrt{s} = 630 \text{ GeV}$.

— Etude des distributions de masse de deux jets.

— Comparaison des sections efficaces de W et de photons à grand moment transverse.

— Etude des caractéristiques de Bose-Einstein pour \sqrt{s} entre 200 et 900 GeV.

— Etude des caractéristiques générales des événements tous venants dans les collisions $\bar{p}p$ pour \sqrt{s} entre 200 et 900 GeV.

B. Andrieu, L. Dobrzynski, Y. Giraud-Héraud, D. Kryn, J.-P. Mendiburu, P. Nédélec, G. Sajot et J. Vrana ont participé aux prises de données et à l'analyse des données de physique avec l'aide de A.-M. Dubourdeau et M.-G. Espigat.

2.2. Construction du nouveau calorimètre

Ce calorimètre original est constitué d'un feuilletage d'uranium (2 à 5 mm) et de minces chambres d'ionisation (3 mm d'épaisseur) remplies de TMP (tétraméthylpentane). Il permet une meilleure contention des gerbes, donne des réponses égales pour les gerbes hadroniques et électromagnétiques, et a une granularité plus fine que le précédent.

Le Laboratoire apporte une contribution diversifiée à ce projet et notamment :

— à l'étude et à la réalisation des structures mécaniques (D. Marchand coordonne ces activités au niveau de la collaboration, en liaison avec le CERN et Saclay). Le poids du calorimètre doit être supporté par une structure rigide, de faible volume mort, et laissant la place au câblage des détecteurs,

— au montage et au fonctionnement des stations de purification du TMP au CERN (P. Nédélec),

— au câblage des modules du calorimètre (D. Monnot),

— aux tests des traversées de haute tension étanches (D. Krym, P. Lebasque, P. Salin, F. Hrabina, P. Tardy, S. Selmane, J. Waisbard),

— aux études de circuits d'alimentation en HT des anodes et des circuits de préamplification de calorimètre (S. Selmane, J. Waisbard),

— aux développements de logiciels pour ce nouveau calorimètre.

— à l'analyse du test en faisceau du 1^{er} module du calorimètre (B. Andrieu, thèse).

3. Expériences sur le spectromètre Omega

3.1. Etude des higher twists et études connexes

Un colloque international a été organisé au Collège de France en septembre 1988. Ce colloque a permis de faire le point sur la physique des higher twists, branche de la théorie QCD perturbative. Les comptes-rendus doivent paraître sous peu [éditeurs : M. Benayoun, J.-L. Narjoux et M. Fontannaz (Univ. Paris-Sud)].

Dépouillement de WA77 et WA77 bis

Ces expériences sont toutes deux consacrées à la mise en évidence des effets de higher twist dans la diffusion pion-noyau. L'une d'elle, effectuée à 300 GeV/c a déjà été analysée. L'autre expérience, effectuée à 150 GeV/c est

en cours d'étude. La comparaison des deux expériences doit fournir un test sévère pour l'existence des effets considérés (M. Benayoun, A. Malamant, J.-L. Narjoux, M. Tamazouzt).

Contacts avec RISK

L'expérience RISK de Dubna a également mis en évidence des effets de higher twist mais à 50 GeV/c. Une collaboration est en cours d'élaboration avec échange de logiciels et de méthodes d'analyse. Karel Safarik, physicien de cette collaboration est actuellement visiteur au Laboratoire pour initialiser ces échanges (M. Benayoun).

3.2. Recherche du plasma de Quark et de Gluons (Expérience WA85)

3.2.1 Dépouillement des runs de l'automne 1987 (ions soufre)

Le dépouillement des événements enregistrés a été effectué avec minutie au sein de la Collaboration. La participation du Laboratoire a surtout consisté à assurer le traitement des données au centre de Calcul de l'IN2P3. Les premiers résultats ont déjà mis en évidence les particules que nous attendions (K^0 , λ) avec un très faible bruit. Nous avons même eu la surprise de mettre en évidence des Ξ .

La signature de ces particules est très intéressante : elle permet de déterminer les rapports de production des baryons et antibaryons étranges. Selon les théories, ces rapports doivent signer la production d'un plasma de quark et de gluons. Il n'existe certes pas de théorie prédictive de cet effet, mais nous sommes en train de comparer ces données avec celles obtenues sur faisceau de protons. Une différence significative entre les deux mesures serait une indication stimulante dans la découverte de l'effet nouveau que nous recherchons. Nous avons actuellement un échantillon de 10 000 λ , 2 000 anti- λ , 90 Ξ et anti- Ξ (P. Leruste, M. Sené et A. Volte).

3.2.2. Simulation des expériences

Pour comparer nos résultats avec les modèles existants, nous avons entrepris les calculs d'acceptance pour cette dernière expérience. Cette simulation est valable non seulement pour l'expérience WA85 mais aussi pour son extension éventuelle à des expériences futures qui devraient utiliser des faisceaux d'ions plomb. Nous examinons le dispositif qui conviendrait à de telles expériences, qui sont rendues très difficiles par le grand nombre de particules attendues par événement (de l'ordre de 2 000) (M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, J.-L. Narjoux, R. Sené, A. Volte).

3.2.3. *Etudes sur une nouvelle expérience*

Enfin, toujours en vue de réaliser ces expériences, nous avons entrepris la conception et la réalisation d'une chambre TPC pour haute multiplicité de particules. Ce travail est entrepris en collaboration avec le CRN de Strasbourg. La conception mécanique des TPC nous revient alors que la conception électronique revient au groupe de Strasbourg. Les caractéristiques de ces appareils ont été déterminées à partir de la simulation mentionnée précédemment (A. Diaczek, M. Pairat, M. Sené, R. Sené).

4. *Etude des oscillations des neutrinos au Bugey*

Une série d'expériences est en cours auprès d'un réacteur nucléaire d'EDF au Bugey pour rechercher l'existence éventuelle d'oscillations des neutrinos. Dans ce but, un nouveau détecteur a été construit, qui est d'un ordre de grandeur plus performant que les détecteurs précédents. Un premier module est en service depuis février 1989.

Cette expérience est réalisée en collaboration avec le LAPP (Annecy), ISN (Grenoble), IRF (Saclay), 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, P. Triscos), la gestion du liquide scintillant et la sécurité (J.-P. Jobez, M. Obolensky, R. Salomone), l'électronique de contrôle d'acquisition des données (M. Abbès, C. Finetin, S. Selmane, P. Tardy).

— La simulation des particules dans le détecteur, dans des conditions peu courantes en Physique Corpusculaire, a été bien améliorée (Y. Dufour, H. De Kerret, B. Lefièvre).

La thèse de Y. Dufour, en mai 1989 a porté sur la comparaison entre la simulation et les premières données. Elle a permis de montrer que le détecteur atteindra les performances prévues en matière de recherche d'oscillation.

Pour étudier les antineutrinos électroniques du réacteur, le détecteur du Bugey est un très bon détecteur de neutrons rapides. Nous l'avons mis à la disposition de plusieurs équipes travaillant sur les effets dits de fusion froide. Nous avons établi pour les dispositifs présentés des limites très basses sur le taux de neutrons produits.

5. *Photo-production à très haute énergie : expérience THEMISTOCLE*

Ces dernières années, les expériences en rayons cosmiques ont donné des indications sur deux phénomènes remarquables :

- l'existence de sources galactiques ponctuelles de rayonnement neutre, probablement des rayons gamma d'énergie dépassant largement le TeV,
- le comportement anormal de ces rayons gamma dans leur interaction dans l'atmosphère, caractérisé par une production anormale de muons associés aux gerbes.

Cette dernière observation pourrait révéler l'invalidité de l'électrodynamique quantique classique à haute énergie, et dans cette éventualité le seul moyen d'étude directe serait par l'intermédiaire des cosmiques, les accélérateurs actuels et futurs étant loin d'atteindre les énergies nécessaires.

Un groupe de physiciens du Laboratoire, associé au LPNHE (Paris) et au LAL (Orsay), a étudié la faisabilité d'une expérience visant à observer ces gerbes en mesurant avec grande précision le temps d'arrivée au sol de la lumière Cherenkov créée par le développement de la gerbe dans l'atmosphère, qui forme au sol une tache lumineuse de durée très brève (3 ns) de diamètre moyen 250 m.

La précision ultime nécessite plusieurs centaines de télescopes répartis sur une surface de 10 ha environ. L'expérience préliminaire, approuvée par l'IN2P3, se base sur 18 télescopes installés sur le site de l'ancienne centrale solaire THEMIS, couvrant 4 ha, à Targassonne (P.O.), dont l'utilisation a été concédée par l'EDF. Les télescopes (80 cm de diamètre et 40 cm de focale), utilisent le système de pointage des anciens héliostats pour assurer le suivi dans une direction stellaire fixe.

Les prototypes des télescopes et de l'acquisition ont été étudiés et réalisés au Laboratoire, l'exécution de l'ensemble des 18 se répartit entre les Laboratoires participants. Le Laboratoire est maître d'œuvre de l'exécution et de la mise en place sur le site, et responsable de l'informatique d'acquisition ainsi que des simulations de gerbes.

Quatre ensembles définitifs sont installés sur le site, les 14 restants le seront courant 1989, et les observations sur des sources connues — Pulsar du Crabe, Hercule XI, Cygne X3,... — débiteront en 1990. La bande d'énergie explorée s'étendra de 4 à 1 000 TeV. L'expérience préliminaire se limitera à l'étude de la précision et la mesure de flux des sources.

Apportent leur contribution à cette expérience au Laboratoire : G. Descôte, M.-G. Espigat, P. Espigat, G. Fontaine, C. Ghesquière, J. Gilly, A. Karar, J. Da Piedade, P. Reinhardt, C. Robert, P. Schune, J. Valentin, J. Waisbard.

6. Théorie

6.1. *Electrodynamique quantique*

— Une série de travaux sur les corrections radiatives et les corrélations azimutales dans les collisions photon-photon a été terminée [S. Ong, thèse, P. Kessler et A. Courau (LAL)].

— Etude des processus d'interaction gamma-noyau ou gamma-cristal : splitting du photon, effet Delbrück, production de « darmstadttons » (N. Artéaga, C. Carimalo, P. Kessler, J. Silva, avec le groupe NA46 du CERN).

6.2. *Processus électro-hadroniques*

— Applications du modèle de Brodsky-Lepage à divers processus du type de l'effet Primakoff (M. Tamazouzt, thèse).

— Désintégration de gluonia en deux photons (E.-H. Kada, thèse, P. Kessler et J. Parisi).

— Calcul de la réaction $\gamma\gamma \rightarrow \phi + \text{gluonium}$ (A. Ichola, J. Parisi).

— Etude (en cours) d'un modèle de corde - interaction d'une corde ouverte avec un champ électromagnétique [N. Artéaga, C. Carimalo, J. Silva avec A. Nicolaïdis (Salonique)].

— Etude de l'effet de brisure de la symétrie de saveur SU(3) dans les processus $\gamma\gamma \rightarrow 2$ mésons pour les mésons 0^{-+} (sauf le η et le η') et 1^{--} . Le résultat est que ces effets sont en général négligeables (M. Benayoun, V. Chernyak, visiteur de Novossibirsk).

6.3. *Processus d'interaction forte*

— Structure et phénoménologie du poméron (N. Artéaga, P. Kessler, J. Silva).

— Contribution des mécanismes de higher twist à la production de paires de mésons dans les collisions hadroniques (C. Carimalo, P. Kessler, avec un groupe du LPC de Clermont-Ferrand).

— Etude (en cours) de la désintégration du J/ψ ; application d'un modèle de diquarks au calcul des voies $J/\psi \rightarrow p\bar{p}$, $p\bar{p}\gamma$, $p\bar{p}\pi^0$ (C. Carimalo, E.-H. Kada, P. Kessler, S. Ong, J. Parisi).

— En liaison avec l'expérience WA77 sur la production directe de mésons légers à grande impulsion transverse (effet de Higher Twist), étude systématique des conditions de production directe de mésons ayant tous les nombres quantiques J^{PC} possibles. Un résultat annexe important a été la découverte d'une signature inambiguë d'un méson gluonium par rapport à un méson quarkonium (M. Benayoun, M. Froissart).

7. Méthodes nouvelles et études diverses

7.1. Détection des neutrinos à basse énergie

La détection des neutrinos d'énergie inférieure à 600 keV est extrêmement difficile et les techniques sont encore à l'étude. Les grains supraconducteurs d'indium sont une des techniques envisageables, à l'étude depuis 5 ans au Laboratoire.

Ayant réalisé une chaîne électronique de lecture convenable, nous avons entrepris l'analyse systématique des signaux individuels des grains. Avec un faisceau d'électron de 2 MeV nous avons fourni la preuve de la possibilité de détection individuelle des électrons.

Participants : A. de Bellefon, P. Espigat, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, C. Finetin, C. Fritsch.

7.2. Détecteurs avancés

— Rich Rapide :

Destiné au projet d'usine à B du PSI de Villigen, ce détecteur rapide doit permettre l'identification des pions et kaons jusqu'à 2,5 GeV/c.

Test du concept de détecteur (TEA-CH₄) à damiers ; conception (avec Rutherford et Strasbourg) du circuit VLSI d'acquisition rapide ; comparaison des molécules photosensibles TEA, TMAE, TMA et DMA ; conception de nouvelles molécules (Coll. avec Univ. of Florida) ; conception d'un Rich rapide en vraie grandeur pour l'usine à B.

— Calorimètre électromagnétique à xénon liquide :

Test de photocathodes à nC₅H₁₂ - TMAE ; construction d'une cellule-test ; construction d'une station à xénon ou krypton liquide : dessin préliminaire d'un calorimètre à xénon liquide ; négociations avec le laboratoire de Serpukhov pour le prêt des 150 kg de Xe nécessaires (J. Séguinot, J. Tocqueville, T. Ypsilantis, J.-P. Jobez, R. Saigne).

7.3. Etude des calorimètres à liquide chaud (Collaboration WALIC)

Cette recherche vise les calorimètres de la prochaine génération d'expériences. L'utilisation de liquides à température ambiante pour mesurer l'ionisation produite par les gerbes permet : la compensation avec l'uranium, une meilleure précision, relative ou absolue, une bonne discrimination entre élec-

trons et hadrons, une bonne tenue à l'irradiation, une grande rapidité de réponse. L'inconvénient est sa grande sensibilité à toutes sortes de pollutions chimiques qui doivent être maintenues par des techniques appropriées au-dessous du ppb.

Nous étudions actuellement les deux liquides les plus prometteurs, TMP et TMS, et dans un premier temps, faisons un test systématique de la compatibilité des divers matériaux avec ces excellents solvants. A cette fin, nous avons monté au laboratoire une pièce blanche, pour accueillir une station de purification prêtée par PSI, ses annexes pour le nettoyage, et une station de mesures de caractérisation.

En collaboration avec Annecy, Saclay, Berkeley et Fermilab, nous préparons un module de calorimètre expérimental qui sera testé à Fermilab en 1990 (L. Dobrzynski, F. Hrabina, D. Kryn., P. Lebasque, J.-P. Mendiburu, P. Salin).

7.4. Etudes sur l'utilisation de calculateurs parallèles

La consommation de calcul devient un sérieux obstacle à franchir pour notre discipline, dont les codes ne sont que faiblement vectorisables en raison de la quantité d'indirections qu'ils comportent.

Des calculateurs d'architecture parallèle souple permettraient d'optimiser les coûts d'unité centrale et de mémoire, par une parallélisation fondée sur le découpage géométrique des détecteurs.

Des simulations d'accélérateurs ont été réalisées sur la machine OPSILA du LASSY (Nice), et sur un réseau de 40 transputers à l'ONERA (Bagneux).

Des codes plus proches de nos besoins (DELSIM, GEANT) sont en cours d'implémentation sur le calculateur commercial T-Node de la Société TELMAT [A. Jejcic, J. Maillard, J. Silva, avec A. Cosnuau (ONERA) et T. Bloch (CERN)].

7.5. Recherches archéométriques

L'application de méthodes physico-chimiques à l'étude de la microstructure d'objets anciens apporte un éclairage nouveau sur les circuits commerciaux et les techniques. Ont été ainsi analysés : le Vase de Vix (V^e s. av. JC), les vitraux de la cathédrale de Bourges (XIII^e s.) ou de l'abbaye de Lorsch (carolingiens) (M. Spitzer-Aronson).

7.6. *Etudes sur la localisation par plan résistif*

Ces études devraient aboutir à la réalisation de tablettes de saisie graphique à la fois précises, sans distorsions et à bon marché. Elles ont fait l'objet d'un brevet CNRS étendu à l'Europe et à l'Amérique du Nord.

Le Centre National d'Etudes en Télécommunications (CNET) a financé un contrat pour la réalisation d'un prototype au format A5, en association avec l'industriel stéphanois HEF [P. Bonierbale, R. Bruère-Dawson, C. Finetin, M. Froissart, F. Hrabina, S. Selmane, J. Waisbard en collaboration avec le LFA/UFRJ (Rio de Janeiro)].

8. *Activités en informatique*

Les équipements précédemment utilisés étant arrivés à complète saturation, l'année écoulée a été marquée par d'importants changements de matériels :

— L'ordinateur local VAX 11/785 a été remplacé par un modèle VAX 6210 puis 6310 plus puissant (3 Mips au lieu de 1,8), de plus grande mémoire (32 Mo au lieu de 12) et doté d'une mémoire de masse plus importante (2,5 Go au lieu de 1,3). Il a ainsi été possible de faire face dans de bonnes conditions à l'augmentation de la charge de travail dans cette période critique précédant le démarrage du LEP.

— Pour l'analyse statistique interactive des événements de physique des particules (programme PAW), le laboratoire s'est équipé de trois stations de travail Apollo DN 3500 interconnectées entre elles et avec le matériel DEC via le réseau local Ethernet. Les protocoles DECNET, LAT et TCP/IP coexistent sur ce même câble.

— Une imprimante laser LZR 2665 a en outre été installée sur le VAX. Sa rapidité (jusqu'à 26 pages par minute) et sa souplesse (utilisation du langage Postscript, travail en format A4 ou A3) en font l'imprimante principale du laboratoire. Par le jeu de procédures de télécommunications, elle est également utilisable depuis le Centre de Calcul de l'IN2P3.

En vue du démarrage du LEP, le Centre de Calcul a lui aussi étoffé sa configuration. Il dispose à présent d'un hexa-processeur IBM 3090-600E-VF exploité sous le système VM/XA SP, pour lequel divers aménagements de programmes ont dû être effectués. Pour les accès extérieurs, le Laboratoire utilise maintenant une liaison numérique à 64 kbps à la place des anciennes liaisons en bande de base.

En ce qui concerne les microprocesseurs, la responsabilité du système OS9/68K confiée au Laboratoire par l'ensemble de la collaboration DELPHI a entraîné le développement de nombreux logiciels.

Citons en particulier les librairies de gestion d'écran, de menus de dialogue et d'histogrammation, qui sont également utilisées par d'autres expériences.

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. Jejcic, C. Lamy, S. Lantz, L. Martin, J. Mas, R. Merzoug, C. Poutot, D. Poutot, L. Ramos, S. Szafran, F. Tembély, B. Ton That, M. Touré et J. Valentin.

9. *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 du laboratoire.

9.1. *Réalisations récentes ou en cours*

— Delphi-TPC : Câblage, tests et installation de la TPC ; télécontrôle des conditions de fonctionnement ; pulseur de la grille d'arrêt d'ions ; trigger de 2^e niveau.

— Delphi-RICH : Acquisition FASTBUS.

— UA1 : Contrôle automatique des traversées HT ; circuits d'alimentation en HT et préamplificateurs pour la partie bouchon du calorimètre.

— Neutrinos au Bugey : Contrôleur d'acquisition des données.

— Thémistocle : construction et équipement des 18 premiers détecteurs ; contrôle lent par automates programmables.

— Neutrinos solaires : chaîne électronique de lecture à bas bruit pour la détection en temps réel des transitions de granules d'étain.

9.2. *Activités d'intérêt général*

— CAO/IAO : implantation et routage de circuits imprimés (SECMAI) ; simulation (VALID).

— Magasin : commandes, maintenance, documentation technique.

— Service pour l'informatique : maintenance des terminaux et du réseau lié à l'autocommutateur.

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 Piédade, G. Desplancques, C. Finetin, P. Godefroy,

A. Guimard, J.-J. Jaeger, A. Karar, P. Lebasque, D. Monnot, P. Reinhardt, S. Selmane, A. Sokolsky, M. Soumana, P. Tardy, J.-P. Turlot, P. Vergezac, J. Vergne, J.-P. Villain et J. Waisbard.

10. *Activité en mécanique*

Le service est intervenu principalement sur six opérations scientifiques :

— Delphi : Tests de fiabilité et calibration, à l'aide des rayons cosmiques et de rayon laser. Montage et installation des douze secteurs de TPC sur le site de l'expérience. Mise au point et installation des circuits de refroidissement (P. Bonierbale, A. Diaczek, M. Pairat et G. Saget).

— UA1' : Partie annulaire du calorimètre : suivi, contrôle et adaptation des structures et des outillages d'assemblage. Réalisation de cinq modules pour tester les outillages d'assemblage des Gondoles. Réalisation de mannequins de précâblage des modules. Simulation complète du câblage d'une Gondole.

Partie bouchon : réalisation d'un prototype pour étudier l'implantation de la préélectronique installée sur la face avant et les passages de la connectique (D. Marchand, J.-P. Rény, R. Salomone et D. Sotiras).

— WA85 : Etudes et développement de futures extensions (A. Diaczek et M. Pairat).

— Grandes Gerbes : réalisation, suivi de sous-traitance et installation sur le site de Thémis de 18 détecteurs (G. Descôte et C. Robert).

— Instrumentation : Etudes et développement de Fast Rich (J.-P. Jobez).

— Walic : création et installation d'une salle propre. Installation et adaptation d'une petite station de purification de TMP. Installation d'un poste de nettoyage à eau pure. Etude, réalisation et sous-traitance de plusieurs cellules de test d'échantillons (F. Hrabina et P. Salin).

En plus de ces activités et à l'occasion de l'acquisition d'un poste de CAO en mécanique et d'un traceur, le service a entrepris la réfection et le réaménagement de deux salles, dont l'une est consacrée à la CAO. Ainsi la CAO en mécanique sera voisine de la CAO en électronique et par ailleurs d'une station graphique MAC II ; ces trois stations pourront bénéficier de la sortie sur traceur.

11. *Services généraux*

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

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

Bibliothèque et documentation : A. Damais, C. Dupart, R. Guillao, D. Levaillant, F. Ott.

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

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

12. Publications et notes du Laboratoire

12.1. Delphi

LPC 88-47 : P. BILLOIR : Evaluation of precision on momentum and extrapolation with Barrel Detectors. 21st June, 1988. (DELPHI 88-44, PROG-110).

LPC 88-48 : C. BRAND et al. (C. AUBRET, P. BILLOIR, C. BOUTONNET, P. COURTY, M. CROZON, D. DELIKARIS, P. DELPIERRE, A. DIACZEK, J. MAS, G. SAGET, A. TILQUIN, J.-P. TURLOT, P. VERGEZAC). The DELPHI Time Projection Chamber. 18th November, 1988. (DELPHI 88-79, TRACK-50).

LPC 88-57 : J.-M. BRUNET : OS9 Debugger and source C Debugger. Avril 1988.

LPC 88-58 : J.-M. BRUNET : OS9 C Memento. Avril 1988.

LPC 88-59 : J.-M. BRUNET, L. GUGLIELMI, G. TRISTRAM : ELF a full screen editor under OS9. Décembre 1988.

LPC 88-60 : J.-M. BRUNET, G. TRISTRAM : FBGEN a general purpose program running on FIP and GPM. Septembre 1988.

LPC 89-03 : L. GUGLIELMI, J.-M. BRUNET, D. POUTOT : OS9/68k Screen management library.

LPC 89-04 : L. GUGLIELMI, J.-M. BRUNET, D. POUTOT : MEPHISTO a Manageable and Efficient Package of HISTOgram data acquisition under OS9/68k.

LPC 89-05 : L. GUGLIELMI : A Menu package under OS9/68k.

LPC 89-14 : P. BILLOIR : Progressive track recognition with a KALMAN-like fitting procedure. Prés. à « Computing in High Energy Physics » Oxford, England. 10-14 April 1989.

LPC 89-15 : P. COURTY, D. DELIKARIS, P. DELPIERRE, G. DESPLANCQUES, L. MATHIS, J. VERGNE : The TPC-RZ Second Level Trigger. (DELPHI 89-29, DAS-98).

LPC 89-16 : P. COURTY, D. DELIKARIS, P. DELPIERRE, G. DESPLANCQUES, L. MATHIS, J. VERGNE : Barrel Track Subtrigger. (DELPHI 89-30, DAS-99).

LPC 89-20 : J.-M. BRUNET, J. DOLBEAU, L. GUGLIELMI, G. TRISTRAM et al. : Raw Data of the Barrel RICH. 14 April 1989. (DELPHI 89-36, RICH-39).

LPC 89-21 : P. BILLOIR et al. : Aligning the Central Tracking Detectors in DELPHI. 6th January, 1989. (DELPHI 88-93, PROG-123).

LPC 89-22 : P. BILLOIR, A. JEJIC : Identification of Neutral Decaying Particles from TPC Track Elements with Fast Simulation. 3 April 1989. (DELPHI 89-27, PROG-133).

12.2. UA1

LPC 88-08 : C. ALBAJAR et al. Two-jet Mass Distributions at the CERN Proton-Antiproton Collider. (CERN EP/88-054). Physics Letters *B209* (1988) p. 127-134.

LPC 88-37 : C. ALBAJAR et al. : Measurement of the Bottom Quark Production Cross-section in Proton-Antiproton Collisions at $\sqrt{s} = 0,63$ TeV. (CERN EP/88-100). Physics Letters *B213* (1988) p. 405-412.

LPC 88-46 : C. ALBAJAR et al. : Studies of Intermediate Vector Boson Production and Decay in the UA1 at the CERN Proton-antiproton Collider. (CERN-EP/88-168). Submitted to Zeitschrift für Physik C.

LPCT 89-03 : B. ANDRIEU : Méthodes de recherche du top lourd aux collisionneurs proton-antiproton et étude expérimentale du nouveau calorimètre de l'expérience UA1. 26 juin 1989. Thèse de Doctorat.

LPC 89-09 : J.-P. MENDIBURU : Intermediate vector boson production at the CERN p anti p collider. Talk given at the 7th topical workshop on proton-antiproton collider physics, FNAL, Batavia, USA, 20-24 june 1988.

12.3. Omega

LPC 88-34 : WA76 Collaboration : T.-A. ARMSTRONG et al. (M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE). Use of silicon microstrip detectors for precise measurement of high momenta. (CERN-EP/88-78). NIM *A274* (1989) p. 165.

LPC 88-41 : TAO HUANG : Hadronic wave-functions and physical processes. Inv. talk given at the International Workshop on High Pt physics and higher twists, Paris, Collège de France, 21-23 septembre 1988.

LPC 88-42 : V.-L. CHERNYAK : Hard (semi) exclusive processes in QCD and properties of hadronic wave functions.

LPC 88-49 : M. BENAYOUN : Higher twist in light meson physics. Contribution au colloque Higher Twists (Paris, Septembre 1988).

LPC 88-53 : M.-T. TRAINOR et al. (M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE). The WA77 results. Direct Rho zero production at large Pt. Contribution au Colloque Higher Twists (Paris, Septembre 1988).

LPC 88-54 : T.-A. ARMSTRONG et al. (M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE). A search for glueballs in the central region in the reaction $pp \rightarrow ppX^0$ at 300 GeV/c using the CERN Omega Spectrometer. WA76 Collaboration. XXIV International Conference on High Energy Physics, Munich, August 4-10 1988. (CERN-EP/88-124). 23 septembre 1988.

LPC 88-55 : F. NAVACH, M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE : Production of negative particles in 200 GeV/c sulphur tungsten interactions. Workshop « Hadronic Matter in Collision », Tucson 6-12 October 1988.

LPC 88-56 : E. QUERCIGH, M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE : Production of Λ and $\bar{\Lambda}$ in 200 GeV/c sulphur tungsten collisions. Workshop « Hadronic Matter in Collision », Tucson 6-12 October 1988.

LPC 89-13 : WA76 Collaboration : T.-A. ARMSTRONG et al. (M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE). Observation of a double ϕ meson production in the central region for the reaction $pp \rightarrow pp2K^+2K^-$ at 300 GeV/c. Submitted to Physics Letters B. (CERN-EP/89-22) (31 janvier 1989).

LPC 89-18 : WA76 Collaboration : T.-A. ARMSTRONG et al. (M. BENAYOUN, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, A. MALAMANT, J.-L. NARJOUX, M. SENÉ, R. SENÉ, A. VOLTE). A spin parity analysis of the $f_1(1285)$ and $f_1(1420)$ mesons centrally produced in the reaction $pp \rightarrow ppK_s^0K^\pm\pi^\mp$ at 300 GeV/c. Submitted to Physics Letters B. (CERN-EP/89-23) (31 janvier 1989).

12.4. Bugey

LPC 88-38 : Y. DUFOUR : Utilisation du programme GEANT pour simuler l'interaction des gammas et des particules chargées au-dessous du MeV avec la matière.

LPCT 89-01 : Y. DUFOUR : Comparaison entre la simulation et les premières données de l'expérience de BUGÉY III. Thèse de Doctorat. Université de Paris XI. 10 mai 1989.

12.5. *Thémistocle*

LPC 88-51 : C. GHESQUIÈRE et al. (G. FONTAINE, P. SCHUNE). THEMISTOCLE : a high angular precision detector for High Energy Gamma Ray Physics. Présenté au 5th International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions. Lodz, Poland, 29 Aug.-6 Sept. 1988.

LPC 88-52 : C. GHESQUIÈRE et al. (G. FONTAINE, P. SCHUNE). Mass spectroscopy with THEMISTOCLE in the region 10 to 100 TeV. Présenté au 5th International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions. Lodz, Poland. 29 Aug.-6 Sept. 1988.

12.6. *Théorie*

LPCT 88-02 : S. ONG : Divers aspects des collisions photon-photon. Corrections radiatives et corrélations azimutales. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris VI soutenue le 27 Juin 1988.

LPCT 88-03 : M. TAMAZOULT : Calcul de processus exclusifs en électrodynamique quantique. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VII, soutenue le 27 septembre 1988.

LPCT 88-04 : E.-H. KADA : Largeurs de désintégration des gluonia en deux photons. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VI, soutenue le 22 novembre 1988.

LPC 88-16 : M. BENAYOUN, M. FROISSART : Some topics on light flavour meson physics. Paris, juillet 1988. Nuclear Physics *B315* (1989) 295-360.

LPC 88-31 : M. TAMAZOULT : Two-meson emission in π -nucleus collisions.

LPC 88-40 : E.-H. KADA, P. KESSLER, J. PARISI : Two- γ decay widths of glueballs. Phys. Rev. *D39* (1989) 2657.

LPC 88-43 : A. COURAU, P. KESSLER, S. ONG : Azimuthal correlations in double-tag measurements of photon-photon collisions. Mod. Phys. Lett. *A4*, 909 (1989).

LPC 89-01 : M. BENAYOUN, V.-L. CHERNYAK : SU(3)-Symmetry breaking effects in $\gamma\gamma \rightarrow 2$ mesons processes. Février 89. Soumis pour publication à Nuclear Physics B.

LPC 89-02 : M. FROISSART : Some remarks about a finite moment problem.

LPC 89-11 : K. DJAGOURI, J.-J. DUGNE, C. CARIMALO et P. KESSLER : Higher-twist contribution to meson-pair production in hadron collisions. Soumis pour publication à Zeit. f. Physik C.

12.7. Méthodes nouvelles et études diverses

LPC 88-17 : A. DE BELLEFON, D. BROSKIEWICZ, R. BRUÈRE-DAWSON, P. ESPIGAT : New Conventional read-out electronics for superheated superconducting grains - first experimental results. NIM A277 (1989) 211-216.

LPC 88-39 : R. BRUÈRE-DAWSON, P. ESPIGAT : Détection en temps réel de la transition de l'état supra à l'état normal de grains supraconducteurs. Contribution to Low temperature detectors for neutrinos and dark matter. LAPP-Annecy. Juillet 1988. Contribution à Strasbourg. Symposium in Superconducting and low Temperature Particle Detectors. 8-10 novembre 1988.

LPC 89-12 : J. JEJCIC, J. MAILLARD, J. SILVA, M. AUGUIN, F. BOERI : Could running experience on SPMD computer contribute to the architectural choices for future dedicated computers for high energy physics simulation ? Rapport présenté à la Conférence « Computing in High Energy Physics », Oxford du 10 au 15 avril 1989.

12.8. Informatique

LPC 88-36 : L. MARTIN : Dictionnaire IBM-VAX.

LPC 88-53 : P. LUTZ : Analyse Multidimensionnelle. Présenté à l'Ecole de Gif, Lyon. Septembre 1988.

LPC 89-08 : A. FAYE : EVX — L'éditeur de LATEX. Version 1.0.

12.9. Electronique

LPC 88-45 : R. BRUÈRE-DAWSON : Etude d'une transimpédance.

LPC 89-06 : J.-J. JAEGER : Initiation au système VALID, 1^{re} et 2^e partie.

12.10. Divers

LPC 88-32 : M.-P. ALVAREZ et al. (J.-M. BRUNET, B. LEFÈVRE, D. POUTOT, Ph. TRISCOS, G. TRISTRAM, A. VOLTE). Charm photoproduction results from NA14'. (IC-HEP 88-13). Contribution to the 24th International Conference on High Energy Physics, Munich, RFA, 4-10 August 1988.

LPC 88-33 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. (P. BEILLIÈRE, C. DEFOIX, J. DOLBEAU, M. LALOUM). LEBC-EHS Collaboration : Comparative properties of 400 GeV/c proton-proton interactions with and without charm production. (CERN-EP/88-77). Submitted to Zeit. für Phys. C.

LPCT 89-02 : Ph. TRISCOS : Etude des mécanismes de photoproduction de Lambda C à haute énergie. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Paris XI. 24 mai 1989.

LPC 89-10 : P. ASTIER et al. (J. CHAUVEAU). Search for neutrino oscillations. (CERN-EP/89-18). Submitted to Physics Letters B.

SÉMINAIRES DU LABORATOIRE

(organisés conjointement avec ceux du L.P.N.H.E. de Paris VI et VII)

Roland OMNÈS (LPTHE-Orsay) : « *Progrès récents dans l'interprétation de la mécanique quantique* », 1^{er} mars 1989.

Thomas YPSILANTIS (Collège de France) : « *La physique du B au collisionneur Sp̄ps* », 8 mars 1989.

Richard KASS (Ohio State University) : « *Results on B physics from CLEO* », 15 mars 1989.

Jacques MAILLARD (Collège de France) : « *Recherche du Higgs neutre dans DELPHI* », 22 mars 1989.

Marcel URBAN (LPNHE-Ecole Polytechnique) : « *Est-il possible de détecter de l'anti-matière extra-galactique en utilisant le champ magnétique terrestre, et la lune comme absorbeur ?* », 29 mars 1989.

R. VINH MAU (Université de Paris VI) : « *Les skyrmions - Physique hadronique à basse énergie* », 26 avril 1989.

P. EBERHARDT (Lawrence Berkeley Laboratory) : « *Le paradoxe EPR : un paradoxe à plusieurs solutions* », 17 mai 1989.

R. PESCHANSKI (Service de Phys. Théorique - CEN-Saclay) : « *Intermittence en physique des particules* », 31 mai 1989.

S. JULLIAN (LAL-Orsay) : « *Etat des expériences de double désintégration β* », 14 juin 1989.

Noël CORON (Lab. de Phys. Stellaire et Planétaire - Institut d'Astrophysique Stellaire - Verrières-le-Buisson) : « *Spectrométrie thermique de particules et photons par bolomètre composite refroidi à 100 mK : d'extraordinaires potentialités aux applications possibles en astrophysique et en physique des particules* », 31 juin 1989.

Daniel ARDOUIN (Lab. de Physique Nucléaire - Nantes) : « *Interférométrie nucléaire : accès aux séquences temporelles d'émission de particules dans les collisions d'ions lourds* », 28 juin 1989.