

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

DÉCONFINEMENT DE LA COULEUR

L'étude des forces élémentaires entre les partons est rendue difficile par la propriété bien connue du confinement de la couleur, c'est-à-dire que le potentiel d'interaction croît indéfiniment avec la distance. On n'a accès qu'à la force résiduelle qui agit entre deux singulets de couleur, amalgame des forces agissant entre les partons des singulets considérés.

On n'arrive que difficilement à extraire de l'expérience sur le spectre des mésons une information sur la force qui doit régner dans la voie quark-antiquark de représentation de couleur octet. Il apparaît nécessaire de faire apparaître des forces à n corps, ou de faire un découpage dans l'espace de configuration.

On en vient donc naturellement à employer une approche globale, fondée sur l'analyse de systèmes à n partons. Les systèmes naturels, particules ou systèmes hadroniques, se caractérisent par la difficulté à dégeler le degré de liberté de couleur pour l'échanger. La partie la plus visible de leurs interactions est l'échange de systèmes sans couleur et légers. D'où l'idée du modèle du sac, remontant à Bogoliubov (1967), et élaborée par l'équipe du MIT.

Dans ce modèle, un sac confine les partons et est étanche à la couleur. On peut supposer, sans prendre le modèle trop au sérieux, que c'est une approximation de la réalité. Pour étudier les forces entre partons sans conservation locale de la couleur, il faut faire fondre le sac en élevant le système à une température suffisante, tout en l'empêchant de trop se distendre, en augmentant la pression — le potentiel chimique baryonique.

Dans ces conditions, on doit observer une nouvelle phase à grande densité de partons colorés, où la partie à longue portée de l'interaction de couleur est totalement écrantée. On parlera de plasma de quarks et de gluons, « quagma » pour faire bref. Les occurrences naturelles de ce genre de phéno-

même sont rares, en raison des valeurs élevées de la température et de la pression qu'elles nécessitent, valeurs dont l'échelle est fixée par la densité d'énergie au sein d'un sac typique, disons un nucléon. Ceci correspond à deux fois la densité qui règne dans un noyau lourd, objet que l'on sait remarquablement incompressible. On ne l'imagine guère dans la nature qu'au Big Bang, à très haute température, mais potentiel chimique faible, ou au cœur d'un trou noir, à faible température, mais pression insurmontable. Pour l'observer, on ne peut imaginer qu'une brève incursion, avec chauffage cinétique, et confinement inertiel, dans des collisions d'objets très rapides et très lourds : collisions d'ions lourds accélérés au SPS du CERN sur des cibles d'éléments lourds.

A ces énergies, on ne peut pas encore compter sur la liberté asymptotique pour considérer que le quagma est un gaz quasi-parfait, mais il est peut-être sensé de faire quelque confiance au calcul de perturbations. L'effet des interactions des particules avec le milieu, représenté par un opérateur statistique (pris constant dans le temps) convenable, et resommé, conduit évidemment à briser l'invariance de Lorentz, mais aussi à introduire une masse au repos des particules. Automatiquement, le gluon acquiert par là une portée limitée, ce qui représente bien le phénomène d'écrantage de l'interaction de couleur.

On ne peut pas tenir compte de façon détaillée de la conservation de la couleur, de même que l'on ne tient pas compte dans le thermostat de la conservation détaillée de l'énergie. L'algèbre est un peu plus compliquée, puisque le groupe est non-abélien, mais le résultat est le même, en tous cas pour le cas qui nous concerne où la densité moyenne de couleur est évidemment nulle.

La différence statique entre l'intérieur et l'extérieur du sac est liée à une différence de stabilité du vide perturbatif (où le champ de couleur est nul). A l'intérieur, ce vide est stable, et les partons y apparaissent comme des excitations. A l'extérieur, il est instable, ce qui le rend confinant : il a tendance à prendre une valeur non nulle, du type magnétique, laissant donc des tubes de flux de couleur, les cordes de couleur, topologiquement stables. Entre ces deux types de vide, correspondant à des valeurs distinctes du champ de couleur, une transition du premier ordre doit se produire, correspondant à la netteté de la peau du sac.

A cette transition du premier ordre s'associent des métastabilités. La surfusion devrait rapidement être détruite. Dans le sens inverse, il reste des cordes de couleur, dont on connaît la relative stabilité : voir la pionisation et le modèle de LUND.

La thermalisation peut-elle se produire avant la pionisation massive de ces cordes, et comment pouvons-nous en avoir la preuve ? Dans des collisions

centrales d'ions lourds, à quelques centaines de GeV, on obtient facilement des densités d'énergie bien supérieures au seuil estimé pour un quagma. Il reste un problème de cinétique de transfert de l'énergie : les collisions nucléon-nucléon ont une faible section efficace, et sont peu efficaces pour exciter les degrés de liberté transverses. On obtiendra au mieux des événements comportant à l'avant et à l'arrière des particules issues des partons spectateurs avec un grand nombre de baryons, et aux rapidités centrales les produits de condensation d'un quagma neutre, contenant en quantités sensiblement égales les quarks u, d, et s, et leurs antiquarks, avec une quantité très importante de gluons. On y observera des particules étranges, des antibaryons, mais surtout des antibaryons étranges. La température n'atteindra pas des niveaux suffisants pour produire des quarks c ou b en quantités significativement différentes des collisions ordinaires.

En conclusion, le diagnostic majeur d'apparition de ce nouveau type de phase déconfinée serait l'apparition en quantités notables d'antihypérons. On s'attend à l'apparition de ce phénomène dans les collisions d'ions lourds obtenues auprès du SPS du CERN.

M.F.

ACTIVITÉS DU LABORATOIRE

1. *Expérience DELPHI*

DELPHI est l'un des quatre dispositifs expérimentaux destinés à être implantés en 1989 autour des zones d'intersection du LEP, au CERN. Il servira dans une première étape, à l'étude de la production et de la désintégration du boson faible Z^0 . Une seconde étape, à plus haute énergie, est prévue quelques années plus tard. DELPHI a la structure habituelle des grands détecteurs placés sur les collisionneurs. Il se singularise toutefois, par la présence du détecteur Cerenkov à images (RICH), qui doit permettre l'identification des particules chargées. Au sein d'une collaboration internationale d'une quarantaine de laboratoires, le Laboratoire contribue à la construction de deux des détecteurs de DELPHI : la chambre à projection temporelle (TPC), et le compteur Cerenkov à image (RICH). Il participe aussi à l'informatique générale de traitements de données expérimentales (logiciels de reconstruction des événements, études de certains phénomènes physiques). M. Crozon assure la coordination de l'ensemble de ces activités.

1.1. *La chambre à projection temporelle TPC*

1.1.1. *Construction des plans de détection*

Le laboratoire avait à construire 7 des 14 structures de détection (ou chambres) que comporte la TPC. Ce travail est maintenant achevé. Il comportait l'assemblage et le collage sur marbre, avec des tolérances strictes (quelques microns), et le câblage des dispositifs de détection, le tout selon un planning très serré (approvisionnement et contrôle, suivi de fabrication, transport...). Il a été accompli dans les délais prévus. Les plans de détection ont été assemblés une première fois à Saclay, où ils ont fait l'objet d'une calibration, puis au CERN où il fait l'objet de tests.

1.1.2. *Calibration des chambres*

Le système de test, installé à Saclay, a été utilisé pour calibrer les fils des chambres de la TPC. Pour chacune, une barrette mobile supportant des sources radioactives (^{55}Fe) a permis de mesurer l'amplification en 6 000 points. Cette calibration a été terminée en février 1988 et les données ont été transformées en cartes de gain. Celles-ci seront utilisées pour corriger les données expérimentales brutes lorsque LEP sera en service.

1.1.3. *Montage au CERN*

Les plans de détection ont été montés aux deux extrémités de la TPC. L'équipe du Laboratoire a assuré l'installation des amplificateurs et la liaison à la salle d'électronique, ainsi que la mise en place d'un système d'équilibrage de température. Un dispositif de déclenchement sur rayons cosmiques et un faisceau laser permettent de tester les performances de la TPC avant son installation définitive dans la zone expérimentale.

1.1.4. *Monitoring des conditions de fonctionnement*

Pour maintenir les chambres et l'électronique dans des conditions strictement définies (température, pression, tensions, courants), le Laboratoire a la responsabilité d'un système informatique de contrôle et d'enregistrement de ces données, à l'aide de modules du type Europe-G 64. Cinq microprocesseurs seront nécessaires pour la TPC. Une première version du programme d'acquisition, de contrôle et de visualisation écrite en PASCAL a été utilisée avec succès lors des tests. La version définitive est en cours d'écriture et devrait être mise en service dès le début de 1989.

1.1.5. *Electronique des grilles de limitation de charge*

Les chambres de la TPC comportent, en avant des réseaux de fils de détection et de configuration du champ électrique, un premier réseau de fils

dit grille d'arrêt. Cette grille est destinée à limiter le nombre d'ions positifs présents dans le volume de dérive, qui risquent de déformer le champ électrique.

La grille sert à établir un champ transverse (+ 100 V et - 100 V en alternance sur les fils successifs), champ qui est supprimé au moment du croisement des faisceaux e^+ et e^- , et rétabli si aucun signal de trigger n'est obtenu après deux microsecondes.

Les brusques variations de cette tension induisent sur les fils de détection et leurs préamplificateurs une forte impulsion parasite. Pour limiter celle-ci, il faut rendre aussi symétriques que possible la grille d'arrêt et les tensions appliquées. Ce travail a demandé une longue et minutieuse mise au point des générateurs d'impulsions et de l'adaptation des impédances ; le résultat actuel (impulsion parasite inférieure au bruit des amplificateurs après moins de deux microsecondes) est satisfaisant.

1.1.6. Dispositif de déclenchement (trigger)

Le groupe du Laboratoire a proposé et pris en charge la réalisation d'un trigger dit de 2^e niveau, qui correspond à la reconnaissance de traces chargées pointant vers la zone d'interaction. Un prototype du circuit électronique correspondant a été testé sur un faisceau du CERN. Le circuit imprimé définitif, une carte FASTBUS de 8 couches dont 6 actives, a été dessiné grâce au système de CAO du Laboratoire.

Le trigger final comprendra 16 circuits de ce type, plus une carte établissant les corrélations de ce trigger avec un trigger dit « de contiguïté », fabriqué au CERN. Pour améliorer la détermination des trajectoires, ce trigger inclut aussi le détecteur externe situé à 2 mètres du faisceau.

Participant aux développements sur la TPC : M. Anquetil^(*), C. Aubret, P. Billoir, P. Bonierbale, C. Boutonnet, P. Courty, D. Delikaris, P. Delpierre, G. Desplancques, A. Diaczek, A. Guimard, S. Lantz, P. Lutz, J. Mas, M. Pairat, J.P. Pencolé, G. Saget, M. Soumana, P. Tardy, A. Tilquin, J.P. Turlot, P. Vergezac, J. Vergne.

1.2. Le détecteur RICH

Le détecteur RICH est en cours de construction. Le Laboratoire a la charge de l'acquisition des données. Celles-ci proviennent des 11 000 voies analogiques (fils et damiers), amplifiées, discriminées et codées à l'aide de 520 modules FASTBUS. Le système d'acquisition les compacte, les transfère et les met en mémoire à l'aide de 10 modules maîtres. Pour ces tâches, le système OS9 (installé sur les processeurs GPM et FIP) a été adopté sur la proposition des spécialistes du Laboratoire et choisi comme norme pour l'ensemble de DEL-

PHI. En ce qui concerne le RICH, le matériel nécessaire est en partie commandé, et l'écriture des divers programmes en cours d'exécution.

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

1.3. *Reconstruction des événements*

1.3.1. *Trigger de 3^e niveau*

Le but de ce trigger est, d'une part, de confirmer le trigger de 2^e niveau (présence de traces pointant vers la zone de collision), et d'autre part de préparer les données pour les émulateurs du 4^e niveau. Il doit réduire par un traitement rapide (< 20 ns) le nombre d'événements candidats d'un facteur 10. Il est fondé sur un algorithme développé au Laboratoire, permettant de reconstituer les principales caractéristiques d'une trace chargée en moins de 50 microsecondes.

La réalisation de ce trigger demande l'implantation de programmes rapides dans des microprocesseurs MC-68020 spécialement adaptés. Ce travail est en cours de réalisation (P. Courty, P. Delpierre, G. Desplancques, A. Tilquin, J. Vergne).

1.3.2. *Reconstitution des trajectoires*

Pour reconstituer les trajectoires de particules chargées, à partir des informations apportées par les divers détecteurs, divers programmes de calcul sont en cours de développement au laboratoire :

- reconnaissance des traces dans la TPC ;
- simulation rapide du fonctionnement de la TPC ;
- extrapolation des trajectoires selon des hélices avec propagation de la matrice d'erreurs ;
- alignement par traces et tests de l'alignement entre TPC et détecteur extérieur.

En outre, une comparaison systématique entre les divers algorithmes proposés pour la reconstitution des traces chargées est en cours (P. Beillièvre, P. Billoir, P. Lutz, J. Maillard, C. Poutot).

1.3.3. *Analyse graphique interactive*

Le programme général d'analyse visuelle interactive des événements de DELPHI a beaucoup évolué au cours de l'année écoulée. La présence d'un terminal MEGATEK a permis de tester ce programme en profondeur et de la corriger, sur événements simulés. Ce programme autorise le dialogue entre plusieurs processus normalement indépendants : processus graphique (passif)

et processus de reconnaissance des traces et des jets (actif). On peut visualiser un événement sous tous les angles, on peut le faire tourner dans l'espace de façon continue, obtenir ou modifier toutes informations utiles sur ses traces et ses jets. Ce programme sera indispensable dès le début de l'expérience pour comprendre ce qui s'est réellement passé dans les différents détecteurs de DELPHI lors d'une collision $e^+ e^-$.

1.3.4. *Etude de la physique à LEP*

Dans la perspective du démarrage de LEP à 100 GeV en 1989, et à 200 GeV vers 1993, plusieurs thèmes de physique sont en cours d'étude :

- Recherche et identification du quark t par analyse multidimensionnelle,
- Recherche et détermination des propriétés des éventuels bosons de Higgs,
- Identification et étude des quarks b via celle des mésons B, étranges ou non : vies moyennes, oscillations, modes rares de désintégration (P. Billoir, C. Defoix, P. Lutz, J. Maillard).

1.3.5. *Mesure de la polarisation dans LEP*

L'utilisation, dans LEP, de particules à polarisation longitudinale permettrait d'améliorer notablement la connaissance des paramètres du Modèle Standard. Il est donc prévu dans une première étape, de mesurer la polarisation transverse naturellement acquise par les particules dans LEP. Dans ce but, un dispositif est à l'étude (en collaboration avec l'expérience ALEPH), utilisant la rétrodiffusion par les électrons du faisceau d'un laser dont la lumière est polarisée circulairement (C. Aubret, M. Crozon, P. Vergezac).

1.4. *Fonctionnement général de DELPHI*

- P. Delpierre assure la coordination et la normalisation de l'électronique de DELPHI.
- P. Lutz aidé par S. Szafran coordonne les activités d'informatique générale des divers groupes français collaborant à DELPHI.
- P. Billoir anime le groupe qui écrit les programmes de reconstruction des trajectoires des particules chargées.
- 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 de Physique Corpusculaire.
- J.M. Brunet et L. Guglielmi ont la responsabilité de l'implantation et de la diffusion d'OS9 dans DELPHI. Ils ont assuré un enseignement du langage C et du système OS9 dans divers laboratoires et au CERN.

2. Etudes des collisions $p\bar{p}$ au CERN (Collaboration UA1)

L'activité du groupe se répartit entre :

— l'analyse des données obtenues au collisionneur entre 1981 et 1985, portant sur une luminosité intégrée de 715 nb^{-1} à des énergies totales de 546 et 630 GeV.

— la préparation de la seconde phase qui permettra, à l'aide du nouvel accumulateur à antiprotons (ACOL), d'atteindre des luminosités 10 fois supérieures. Dans cette phase, un nouveau calorimètre électromagnétique et hadronique permettra d'améliorer la mesure de l'énergie des particules et des jets produits lors des collisions.

2.1. Résultats obtenus

2.1.1. Propriétés des bosons intermédiaires

La collaboration continue à explorer les propriétés des bosons intermédiaires. En particulier nous publions les sections efficaces de production des bosons intermédiaires ainsi que la détermination du nombre de types de neutrinos.

2.1.2. Etude des saveurs lourdes

Nous avons fait l'étude de la production des saveurs lourdes produites dans les collisions $p\bar{p}$ et accompagnées d'un muon et de jet(s). Nous avons publié :

— les sections efficaces de production de saveurs lourdes (charme, beauté) et comparé ces mesures aux prédictions du modèle standard.

— les résultats de la recherche de nouveaux quarks lourds dans l'étude des événements caractérisés par la production d'un muon ou d'un électron isolé accompagné de jet(s). Nous avons trouvé que les calculs basés sur la production de quarks charmés et de beauté reproduisent les données expérimentales.

Un modèle de production du quark top impliquant la désintégration $W \rightarrow t\bar{b}$ et la production directe $t\bar{t}$ par interaction forte est utilisé pour déterminer notre efficacité de détection du quark top. Ceci nous permet de donner une limite supérieure de la section efficace de production du quark top en fonction de sa masse.

Nous établissons ainsi qu'elle est supérieure à $44 \text{ GeV}/c^2$ (95 % c.l.) lorsque les corrections à l'ordre α_s^2 sont utilisées dans les calculs de sections efficaces. Cette limite passe à $56 \text{ GeV}/c^2$ (95 % c.l.) lorsque les ordres supérieurs sont utilisés.

Nous donnons également respectivement les limites inférieures à $32 \text{ GeV}/c^2$ et $44 \text{ GeV}/c^2$ (95 % c.l.) pour le quark de charge $1/3$ d'une éventuelle quatrième famille de quarks.

2.1.3. Etude du charme et de la production de photons directs

Nous étudions dans deux publications d'une part :

- la production de dimuons de faible masse ($m_{\mu\mu} < 6 \text{ GeV}/c^2$) ;
- d'autre part la production de J/Ψ produits avec un grand moment transverse. Il est montré que ces événements proviennent essentiellement de la désintégration de hadrons B.

Les résultats ainsi obtenus sont comparés à la mesure de la section efficace de production de photons directs. L'ensemble de ces résultats est en bon accord avec les prédictions de QCD.

2.1.4. Autres études

- Analyse des événements caractérisés par une grande énergie transverse dans UA1.
- Production d'événements avec jets de faible énergie transverse dans des collisions $p\bar{p}$ à $\sqrt{s} = 0.2 - 0.9 \text{ TeV}$. Nous montrons que cette production s'interprète parfaitement dans le cadre de QCD.

L'ensemble du groupe du Laboratoire : L. Dobrzynski, G. Fontaine, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, D. Kryn, J.P. Mendiburu, P. Nédélec, G. Sajot, Ch. Tao et J. Vrana ont participé à l'analyse de ces données, avec l'aide de A.M. Dubourdeau et M.G. Espigat.

2.2. Construction du nouveau calorimètre

Le laboratoire participe activement à la construction du nouveau calorimètre de UA1.

Ce calorimètre original est constitué d'une feuilletage d'uranium (2 à 5 mm) et de minces chambres d'ionisation (3 mm d'épaisseur) remplies de TMP (tétraméthylpentane). Ses caractéristiques essentielles sont :

- meilleure contention des gerbes électromagnétiques et hadroniques,
- égalisation des réponses aux gerbes électromagnétiques et hadroniques par l'utilisation de l'uranium et d'un milieu de détection hydrogéné, tirant ainsi parti de la fission de l'uranium sous l'effet des hadrons incidents,
- meilleure granularité, ce qui permettra de mieux reconnaître les leptons dans les jets et d'améliorer les déclenchements.

Le Laboratoire participe à ce projet à plusieurs titres :

- responsabilité avec le CERN et Saclay de la réalisation des structures du nouveau calorimètre. D. Marchand a la responsabilité au niveau de la collabo-

ration de coordonner ces activités. Des maquettes ont été réalisées au Laboratoire par R. Salomone et J.P. Rény ;

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

— définition pour le super bouchon des circuits d'alimentation en HT des anodes et des circuits de préamplification du calorimètre (S. Selmane et J. Waisbard) ;

— étude du câblage des modules du calorimètre (D. Monnot) ;

— réalisation d'un système de test des traversées haute tension étanches qui sont montées sur les chambres à ionisation (D. Kryn, P. Lebasque, D. Monnot, P. Salin, F. Hrabina, P. Tardy, S. Selmane, J. Waisbard) ;

— développement du logiciel de mesure d'énergie dans le calorimètre et du logiciel graphique (G. Sajot et J. Vrana) ;

— préparation des logiciels d'analyse des données. Le groupe du Laboratoire a en particulier pris en charge la préparation des logiciels d'identification des électrons produits dans la désintégration du top. Ce travail ainsi que la recherche du top constituent le travail de thèse de B. Andrieu. L. Dobrzynski, Y. Giraud-Héraud, J.P. Mendiburu, G. Sajot participent à ce programme de recherche.

3. *Expériences sur le spectromètre Omega*

Au cours de l'année écoulée, l'activité du groupe a été dominée par trois périodes de prises de données auprès du spectromètre Omega du CERN, la fabrication au Laboratoire d'un appareillage spécifique, son montage in situ, l'analyse des résultats et enfin la préparation d'un colloque international.

3.1. *Etude de Higher Twists*

La première des prises de données mentionnées plus haut (été 1987) concernait l'étude de production directe de mésons dans les interactions pion-béryllium (WA77), cela pour confirmer l'existence d'effets de higher twists. Cette expérience a eu lieu à 150 GeV/c, les particules étudiées ayant une impulsion transverse de l'ordre du GeV/c. Elle faisait suite à une expérience analogue, ayant eu lieu à 300 GeV/c et réalisée par le même groupe en 1984.

A cette occasion le groupe a eu une activité variée, il a :

— fabriqué un hodoscope spécial avec guides de lumière souples (R. Sené) ;

- participé aux prises de données ;
- assuré la majorité du travail de constitution des DST (données résumées) (J.L. Narjoux) ; l'analyse des résultats est à son début ;
- organisé un colloque international sur les effets de higher twists en général, colloque qui doit se tenir en septembre prochain au Collège de France (M. Benayoun, J.L. Narjoux) ;
- étudié les fonctions d'onde des états d'onde P afin d'obtenir une analyse complète de WA77 (M. Benayoun, M. Froissart).

3.2. Etude du plasma de quarks et de gluons

Les deux autres périodes de prise de données, à l'automne 87 et au printemps 88, ont été consacrées à l'étude des interactions d'ions ^{32}S ultra-relativistes sur une cible de tungstène, toujours pour des impulsions transverses de l'ordre du GeV/c (WA85). A 200 GeV/c par nucléon, cette réaction pourrait donner lieu à la formation d'un plasma de quarks et de gluons. Selon M. Jacob et J. Rafelski, une étude intéressante est celle des $\bar{\Lambda}$ éventuellement produits lors de l'hadronisation du plasma.

Dans ce cadre, le groupe a :

- re-calibré l'hodoscope mentionné plus haut (R. Sené) ;
- participé aux deux prises de données ;
- dépouillé une production pilote (A. Volte).

Les résultats partiels obtenus font apparaître un signal de Λ et de $\bar{\Lambda}$ avec très peu de bruit de fond. Environ dix mille particules de ce type sont escomptées dans toute la production et devraient permettre une étude précise de certains effets prévus par la théorie.

Le groupe, composé de M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, A. Malamant, J.L. Narjoux, M. Sené, R. Sené et A. Volte, a reçu une aide de G. Descôte, A. Diaczek, S. Lantz, D. Levaillant, M. Pairat, R. Saigne et J. Tocqueville.

4. Etude des oscillations des neutrinos

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 est en cours d'installation. Il doit être d'un ordre de grandeur plus performant que les détecteurs actuellement existants au Bugey, et dans les expériences concurrentes aux Etats-Unis et en U.R.S.S.

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

La participation du Laboratoire à la mise en œuvre de ce nouveau détecteur vise les points suivants :

- le déclenchement du détecteur (J.P. Wuthrick) ;
- la simulation des particules dans le détecteur, (Y. Dufour, H. De Kerret, B. Lefièvre). La thèse d'Yves Dufour portera sur la comparaison entre cette simulation et les premières données ;
- la base de données de l'expérience et sa maintenance sur les divers ordinateurs de la collaboration (J. Boucher, P. Triscos) ;
- la gestion et les transferts du liquide scintillant, le remplissage et la surveillance du détecteur dans les conditions de sécurité exigées par EDF pour le travail auprès d'un réacteur nucléaire (J.P. Jobez, M. Obolensky, R. Salomone).
- le contrôle d'acquisition des données : le but de cette électronique est d'assurer rapidement la lecture des données, de les compacter, de les formater et de les transférer vers la mémoire VME du microprocesseur d'acquisition. Deux types de cartes, dont l'une a des fonctions analogues à un processeur auxiliaire ont été conçus, testés, et sont en cours de fabrication (M. Abbès, C. Finetin, S. Selmane, P. Tardy).

5. *Exploration de la photoproduction à Ultra Haute Energie (THEMISTOCLE)*

Durant ces dernières années les observatoires de rayons cosmiques de Haute Energie ont mis en évidence l'existence de sources ponctuelles de rayons cosmiques neutres, vraisemblablement des rayons gamma, jusqu'à des énergies supérieures au PeV (10^6 GeV). Les rayons gamma à de telles énergies sont pour longtemps hors d'atteinte des accélérateurs et leur utilisation en physique des particules en ferait des outils puissants et pour longtemps inégalés.

Un groupe de physiciens a entrepris d'étudier la faisabilité d'une expérience visant à identifier ces rayons gamma au moyen de leurs interactions dans l'atmosphère et à définir les détecteurs capables de mettre en évidence de leur part un comportement anormal c'est-à-dire s'écartant des prédictions de l'électrodynamique quantique bien connue.

Après une phase de simulation d'événements et de préparation de prototypes en 1987, l'étude s'est concrétisée par une proposition d'expérience (en

commun avec le LPNHE Paris VI et VII) dont une première phase a été approuvée et financée pour une durée de 2 ans par l'IN2P3.

Cette phase exploratoire est destinée à prouver sur le terrain la faisabilité de l'expérience définitive en montrant que :

- les sources de rayons gamma ont un flux suffisant pour être utilisables ;
- les détecteurs ont les qualités requises pour étiqueter ces rayons gamma en les distinguant des cosmiques chargés.

Un nombre réduit de télescopes Cerenkov — 18 sur les 300 envisagés pour l'expérience finale — seront construits au Collège de France et installés sur le site de THEMIS (ancienne centrale solaire laissée à disposition par EDF) à Targassonne (P.O.).

La réalisation de ce matériel se poursuivra en 1988 et l'ensemble devrait être prêt pour l'observation au printemps 1989. Des essais sur le site courant 1987 ont permis de définir les paramètres de l'installation et les conditions de fonctionnement. Le seuil de détection se situera vers 4 TeV et la plage utile de mesure du flux entre 4 et 1 000 TeV.

Travaillent sur ce projet au Laboratoire ou y contribuent : G. Descôte, M.G. Espigat, G. Fontaine, C. Ghesquière, J. Gilly, J.J. Jaeger, A. Karar, J.P. Pencolé, P. Reinhardt, C. Robert, B. Ton That, J. Valentin, J. Waisbard.

6. Théorie

6.1. *Electrodynamique des collisions*

L'étude des corrélations azimutales dans les collisions photon-photon a été poursuivie et étendue au cas du double étiquetage (où les deux électrons sources sont détectés à angle fini) ; elles fournissent des tests pour les modèles théoriques appliqués aux réactions photon-photon exclusives [S. Ong, P. Kessler, en collaboration avec A. Courau (LAL-Orsay)].

Des formules simples, et indépendantes des processus particuliers considérés, ont été établies pour ces corrections radiatives appliquées aux réactions photon-photon en simple ou double étiquetage (S. Ong, P. Kessler).

Le modèle QCD de Brodsky et Lepage a été appliqué au processus $\gamma\gamma^* \rightarrow \pi^\pm \rho^\mp$, et au processus croisé $\pi^\pm \gamma \rightarrow \rho^\pm \gamma^*$, ainsi que $\pi^\pm \gamma \rightarrow \pi^\pm \gamma$ et $\pi^\pm \gamma \rightarrow \pi^\pm \gamma^*$.

Ces réactions croisées pourraient être étudiées par effet Primakoff (diffusion de pions par le champ électrique de noyaux-cibles de Z élevé). Le calcul des processus $\pi^\pm \gamma \rightarrow$ paire de mésons, également susceptibles d'être étudiés expérimentalement par effet Primakoff, est en cours (M. Tamazouzt).

Dans le cadre du même modèle, une étude de la fonction d'onde du proton, en vue de diverses applications (facteurs de forme électromagnétiques du proton, $\Psi \rightarrow p\bar{p}$, $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$) est en cours (C. Carimalo).

Un modèle d'état lié pour les gluonia est appliqué aux processus $\Psi \rightarrow \gamma +$ gluonium et $\gamma\gamma \rightarrow$ gluonium, pour lesquels il existe maintenant un certain nombre de valeurs (resp. limites) expérimentales (E.H. Kada, J. Parisi et P. Kessler).

Ce même modèle est appliqué aux processus $\gamma\gamma \rightarrow$ quarkonium + gluonium (A. Ichola, J. Parisi).

La sonde électromagnétique permet l'étude expérimentale d'une éventuelle structure partonique du poméron. Les calculs ont été faits dans le cadre de divers modèles théoriques (J. Silva, N. Arteaga-Romero, P. Kessler).

6.2. *Phénoménologie hadronique*

En liaison avec l'expérience WA77, sur la production directe de mésons à grand moment transverse (mesure des effets de « higher twist »), on s'est efforcé d'améliorer la méthode plus ou moins standard de Brodsky et Lepage afin notamment de pouvoir traiter le cas des mésons où la paire $q\bar{q}$ de valence se retrouve avec un moment orbital non nul. (M. Benayoun, M. Froissart).

Par ailleurs, le calcul des effets quantiques concernant la traversée d'un milieu ferro-électrique pour une particule chargée a donné des résultats équivalents à la méthode eikonale améliorée (G. Bordes, A. Nicolaidis).

7. *Méthodes nouvelles et études diverses*

7.1. *Détection des neutrinos à basse énergie*

Pour éclaircir le problème du déficit apparent de neutrinos détectés en provenance du Soleil, il est essentiel de trouver une méthode sensible à l'extrémité de basse énergie du spectre. L'indium est susceptible de capter ces neutrinos et de signer cette capture par une réaction claire. Un groupe du Laboratoire explore, en collaboration avec l'ENS, le LAPP, la possibilité

d'utiliser des granules microscopiques d'indium dans un état métastable de supraconductivité pour servir à la fois de cible et de détecteur.

Une chaîne électronique de lecture a été étudiée, et doit permettre de détecter la transition à l'état normal de granules de moins de 6 microns de diamètre. Une difficulté inattendue a surgi : comment fabriquer et calibrer des granules d'indium dans ce domaine de tailles ? Les tests effectués avec les lots existants de granules montrent que la chaîne de lecture a les performances attendues.

Cette étude est menée au Laboratoire par A. de Bellefon et P. Espigat, avec le concours de D. Broszkiewicz et R. Bruère-Dawson.

7.2. Etudes de détecteurs avancés

7.2.1. RICH rapide pour l'usine à B de l'institut Paul Scherrer (PSI)

Un RICH rapide, capable de séparer les π et les K jusqu'à 2,5 GeV/c utilisant un radiateur en NaF, et un photodétecteur au TEA a été proposé pour l'usine à B du PSI de Villigen (Suisse). La lecture des damiers est faite par une électronique VLSI montée sur le détecteur lui-même. Ce projet fait partie du dossier présenté au gouvernement suisse. Les simulations se poursuivent en collaboration avec le CRN de Strasbourg et le LAL d'Orsay.

7.2.2. Etude de l'argon et du xénon liquides

Les gaz rares (Ar et Xe) liquéfiés, à la fois scintillants et ionisables, sont de bons candidats pour réaliser des calorimètres homogènes avec de faibles fluctuations de réponse. Une cellule de test, construite à UCLA, est en cours d'amélioration. Ce développement, comme d'ailleurs le précédent, est candidat au soutien par le projet italien LAA de développement de détecteurs au CERN.

7.2.3. Tests sur l'accélération d'électrons par cristaux ferro-électriques

Les forts champs électriques à l'intérieur de cristaux ferro-électriques devraient pouvoir accélérer des électrons entre 0,1 et 1 GeV/cm. Les tests réalisés sur des électrons libérés au sein du cristal par effet Compton de rayons X se sont révélés négatifs, et cette voie de recherche est abandonnée.

Les études de détecteurs avancés de ce paragraphe ont été menées par J. Séguinot, J. Tocqueville et T. Ypsilantis avec le concours de J.P. Jobez et R. Saigne.

7.3. Recherche et développements sur les calorimètres à liquide chaud (Collaboration WALIC)

Les performances attendues du nouveau calorimètre UA1 ont fait envisager d'utiliser ce type de calorimètre pour les détecteurs placés auprès de la future génération d'accélérateurs (SSC, LHC).

Une collaboration s'est constituée à cet effet avec le LAPP d'Annecy, le DPHPE de Saclay, le LBL de Berkeley et l'Institut Paul Scherrer de Zurich. Le programme est le suivant :

- mesure des propriétés des liquides (TMS et TMP) pouvant être utilisés pour la calorimétrie auprès du SSC/LHC. Parmi ces propriétés la mesure des effets de saturation sous l'effet de l'ionisation de particules lourdes est actuellement en cours dans un faisceau du SC (D. Kryn, J.P. Mendiburu, P. Salin). L'étude des réponses du liquide à des faisceaux très intenses de particules et aux champs électriques très élevés est en préparation. Nous étudions également l'influence de la pollution provenant de divers matériaux sur les liquides. Ces derniers travaux menés par P. Salin et J.P. Mendiburu vont permettre de définir la gamme de produits industriels utilisables pour la construction des futurs calorimètres ;

- mesure de la réponse en énergie d'un prototype de calorimètre aux électrons et aux hadrons en fonction de la nature de l'absorbeur et de son épaisseur ;

- étude d'un prototype de calorimètre satisfaisant aux contraintes de SSC/LHC : réponse en énergie, résolution en temps, herméticité... ;

- construction et test de ce calorimètre prototype (1989-1990).

Participent à ces développements : L. Dobrzynski, D. Kryn, J.P. Mendiburu et P. Salin.

7.4. Etudes sur l'utilisation de calculateurs parallèles

Les études sur les possibilités d'utilisation des calculateurs parallèles en physique des particules se poursuivent sur la machine prototype OPSILA du LASSY de Nice. Les études ont porté sur divers codes de simulation d'accélérateurs. Des expérimentations numériques ont montré que le gain à espérer de la parallélisation dépend d'une certaine similarité entre l'architecture de la machine et celle donnée à la formulation du problème à résoudre. (A. Jajic, J. Maillard).

7.5. Recherches physico-chimiques sur les vitraux médiévaux

Un problème resté longtemps sans réponse est celui de la méthode par

laquelle les verriers du Moyen-Age réussissaient à obtenir du verre jaune pour représenter l'or dans les vitraux. Des progrès importants ont été réalisés vers la solution de ce problème par M. Spitzer-Aronson.

8. *Activités en informatique*

L'IBM 3090 du Centre de Calcul de l'IN2P3 est toujours l'ordinateur principal pour l'exécution des gros volumes de calculs nécessaires à la discipline. En dehors des logiciels directement liés aux expériences, le Laboratoire a développé un certain nombre de programmes facilitant le maniement et le dépouillement des données expérimentales :

- un système d'archivage des fichiers offrant à la fois convivialité et sécurité ;
- un outil permettant l'utilisation des diverses options de l'imprimante locale ;
- un ensemble de programmes pour manipuler interactivement des histogrammes et des diagrammes préparés dans des travaux par lots et ainsi en améliorer la présentation avant d'en effectuer le tracé au moyen d'une imprimante graphique.

Pendant cette période, le VAX 11/785 installé dans nos locaux a vu sa charge s'accroître fortement, son utilisation n'étant plus le seul fait des chercheurs scientifiques, mais aussi celui des personnels ingénieurs, techniciens et administratifs.

L'approche de la date de démarrage du LEP s'est traduite par une intensification des travaux de préparation de l'expérience DELPHI, tandis que les applications de Conception Assistée par Ordinateur amenaient la machine au bord de la saturation.

L'asphyxie a pu être évitée par l'introduction de deux stations de travail micro-VAX reliées au VAX principal par un réseau à haut débit de type Ethernet. Il est cependant devenu urgent de remplacer le VAX 785 par un modèle plus puissant, et l'IN2P3 pourrait pourvoir à ce remplacement dans des délais assez courts.

L'enquête sur les utilisations de l'informatique effectuée au sein du Laboratoire en janvier 1988 a clairement mis en évidence l'importance prise par les microprocesseurs intégrés au cœur des dispositifs expérimentaux. Dans ce domaine, le système d'exploitation OS9/68K s'est peu à peu imposé comme un standard pour les expériences LEP. Le Laboratoire qui a, par l'antériorité de ses travaux, fortement contribué à cette diffusion d'OS9 au sein de la discipline, s'est vu confier la responsabilité de ce système pour l'ensemble de la collaboration DELPHI.

L'expertise du Laboratoire a également conduit divers organismes de recherche à lui demander d'effectuer une formation de leur personnel sous forme de cours qui ont eu lieu au CERN, à Saclay (CEA) et au LAL à Orsay (CNRS/IN2P3). Ces cours sur OS9 et le langage C ont bien sûr également eu lieu au sein du Laboratoire, de même qu'une série de cours d'initiation à l'informatique pour les nouveaux utilisateurs.

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. Tembely, B. Ton That, M. Touré et J. Valentin.

9. *Electronique*

9.1. *Structure*

Le groupe des électroniciens fait une tentative pour se structurer et animer la discipline dans le Laboratoire. Il a élu un représentant au Comité de Coordination du Laboratoire.

Cependant, il ne constitue pas un service technique unique, mais regroupe un ensemble de petites équipes incorporées de façon très étroite aux expériences selon les besoins, les personnels dépendant des divers chefs de groupes. La liste de ces équipes est donnée ci-dessous. De nombreuses contributions se font à temps partiel dans plusieurs équipes.

Il existe en outre, quelques activités d'intérêt général pour l'ensemble du Laboratoire.

9.2. *Activités d'intérêt général*

9.2.1. *Service de calcul* : Maintenance de terminaux asynchrones et du réseau local lié à l'autocommutateur.

9.2.2. *CAO/IAO électronique* : Implantation de cartes en CAO SEC-MAI. Installation et mise en œuvre de la chaîne d'IAO VALID sur Micro-Vax.

9.2.3. *Magasin et documentation* : Commandes, maintenance. Documentation technique.

9.3. Réalisations récentes ou en cours

9.3.1. *Delphi-TPC* :

- fin du câblage de la TPC et des tests des préamplificateurs ;
- calibration et tests de l'ensemble à Saclay et au CERN ;
- contrôle lent des paramètres des chambres (pression, température, tension) ;
- pulseur de grille d'arrêt de la TPC ;
- trigger de 2^e niveau (implanté sur circuit 8 couches en CAO).

9.3.2. *Delphi-RICH* :

- Acquisition de données du RICH au moyen de contrôleurs maîtres FASTBUS.

9.3.3. *UAI*

- système de contrôle automatique de traversées à haute tension étanches ;
- définition de circuits d'alimentation en HT et de circuits de préamplification pour le nouveau calorimètre (bouchon).

9.3.4. *Neutrinos au Bugey* :

- Contrôleur d'acquisition de données (implanté en CAO).

9.3.5. *Thémistocle* :

- Définition et réalisation d'un prototype de détecteur Cerenkov pour gerbes atmosphériques.

9.3.6. *Neutrinos solaires* :

- Electronique à bas bruit pour la détection des transitions des granules d'indium.

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, M. Soumana, P. Tardy, J.P. Turlot, P. Vergezac, J. Vergne, J.P. Villain et J. Waisbard.

10. *Activités en mécanique*

Le service de mécanique est intervenu, sur des échelles diverses, tant en effectifs qu'en durée, sur huit opérations scientifiques :

10.1. *DELPHI* :

Fin de la construction et de l'équipement des quinze secteurs de la TPC, début des tests de fiabilité du détecteur à Saclay, calibration avec cosmiques et laser au CERN.

Réalisation et installation des circuits de contrôle thermique (P. Bonierbale, A. Diaczek, M. Pairat, J.P. Pencolé, G. Saget).

10.2. *Nouveau calorimètre de UAI* :

Pour la partie annulaire du calorimètre : suivi et réception des structures réalisées en Italie, contribution à l'étude de définition interne du calorimètre, élaboration d'une série de prototypes pour étudier les passages de la connectique.

Pour la partie dite bouchon, qui ferme la précédente à l'avant et à l'arrière : définition des structures, relations avec le STIPE de Saclay pour la réalisation du dossier de fabrication, contribution à l'étude de définition interne du calorimètre, lancement d'un prototype pour étudier les passages de la connectique.

Banc de test de fiabilité électrique de la série de plans détecteurs du calorimètre (F. Hrabina, D. Marchand, J.P. Rény, C. Robert, R. Salomone).

10.3. *Etude des oscillations de neutrinos au Bugey* :

Etudes et réalisation de deux stations de remplissage et de surveillance du détecteur à lithium (J.P. Jobez, R. Salomone).

10.4. *Expérience de collisions d'ions (WA85)*

Suivi d'installation de l'hodoscope réalisé l'an passé, études et développement de futures extensions (M. Pairat).

10.5. *Exploration de la photoproduction à très haute énergie (Thémistocle)*

Etudes, réalisation et installation de la partie détecteur, pour la transformation de deux unités de télescope à Thémis. Refonte des dossiers de fabrication

pour le lancement d'une série de dix-huit unités (G. Descôte, J.P. Pencolé, C. Robert).

10.6. *Instrumentation* :

Etudes et développement de Rich rapide (J.P. Jobez).

10.7. *Détection des neutrinos de basse énergie* :

Etudes et développement d'un cryostat, pour le projet d'un détecteur à billes d'indium (D. Sotiras).

10.8. *Etude de calorimètres liquides* :

Etudes et développement des détecteurs à liquides chauds : mise en place de technologies nécessitant des fluides ultrapurs (10^{-9} d'impureté) (F. Hrabina, J.P. Pencolé, P. Salin, D. Sotiras).

11. *Services généraux*

La direction (P. Chavanon, M. Froissart) se plaît à reconnaître l'action efficace, et souvent méconnue, des services généraux du Laboratoire dont la contribution a rendu possible l'ensemble des réalisations précédentes :

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, C. Launé, 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-T-87-02 : E. HERNIOU : Etude de méthodes de reconnaissance de mésons D_S adaptées au détecteur de DELPHI. Thèse de Doctorat.

LPC 87-23 : G. DELAVALLADE, J.J. JAEGER, J.P. VANUXEM : Application of bipolar cell array technology to the development of a time digitizer. (DELPHI 87-69, ELEC-29).

LPC 87-36 : A. TILQUIN : A very fast algorithm for third level trigger using TPC. 17th July, 1987. (DELPHI 87-58, DAS-55, TRACK-48).

LPC 87-37 : M. BAUBILLIER, P. BORGEAUD, B. BOUQUET, J.M. BRUNET, L. CERRITO, Ph. CHARPENTIER, M. GROS, L. GUGLIELMI, M. MUR, P. SIEGRIST, G. TRISTRAM : Real time operating system for use in the embedded 68000/20 microprocessors in DELPHI. 2nd september, 1987. (DELPHI 87-73, DAS-60).

LPC 87-38 : P. BILLOIR, J.E. CAMPAGE : Off-Line Alignment by Tracks. 21st October, 1987. (DELPHI 87-87, PROG-95).

LPC 88-11 : L. GUGLIELMI and J.M. BRUNET. OS9/68K, Implementation on DELPHI's GPM. 9th May, 1988. (DELPHI 88-27, DAS-74).

LPC 88-12 : L. GUGLIELMI : OS9/68K, Utilities. 9th May, 1988. (DELPHI 88-28, DAS-75).

LPC 88-13 : L. GUGLIELMI : OS9/68K, Extension System Calls and C Library. 9th May, 1988. (DELPHI 88-29, DAS-76).

LPC 88-14 : L. GUGLIELMI, J.M. BRUNET : OS9/68K, Implementation on DELPHI's FIP. 9th May, 1988. (DELPHI 88-32, DAS-77).

12.2. UAI

LPC-T-87-01 : P. NÉDÉLEC : Recherche d'une quatrième famille de leptons dans les interactions $p\bar{p}$ à $\sqrt{s} = 630$ GeV avec le détecteur UA1. Thèse de Doctorat.

LPC 87-21 : Y. GIRAUD-HÉRAUD, C. TAO : Measurement of CP violation with dimuons at hadrons colliders.

LPC 87-26 : R. BRUÈRE-DAWSON, J. DA PIÉDADE, G. DESCÔTE, L. DOBRZYNSKI, C. GHESQUIÈRE, F. HRABINA, D. KRYN, P. LEBASQUE, D. MARCHANT, P. SALIN, P. REINHARDT, J.P. RÉNY, S. SELMANE, P. TARDY, J. WAISBARD : Etude d'étuis en vue de leur utilisation dans un calorimètre à liquides chauds.

LPC 87-27 : C. ALBAJAR et al. Events with large missing transverse energy at the CERN collider III : mass limits on supersymmetric particles. (CERN-EP/87-148). Physics Letters 198 B, n° 2 p. 261-270 (19 novembre 1987).

LPC 87-28 : C. ALBAJAR et al. Intermediate Vector Boson Cross-section at the CERN Super Synchrotron Collider and the number of Neutrino types. (CERN-EP/87-149) Physics Letters B 198 (1987) 271.

LPC 87-29 : C. ALBAJAR et al. High transverse momentum J/Psi production at the CERN proton-antiproton collider. (CERN-EP/87-175). Physics Letters B 200 (1988) 380.

LPC 87-39 : C. ALBAJAR et al. Study of Heavy Flavour production in events with a muon accompanied by jet(s) at the CERN proton-antiproton collider. (CERN-EP/87-189) Z. Phys. 37 C (1988) 489.

LPC 87-40 : C. ALBAJAR et al. Search for New Heavy Quarks at the CERN proton-antiproton collider. (CERN-EP/87-190). Z. Phys. 37 C (1988) 505.

LPC 87-41 : C. ALBAJAR et al. Analysis of the highest transverse energy events seen in the UA1 detector at the Sp \bar{p} S collider. (RAL-87-037). Z. Phys. C 36 (1987) 33.

LPC-T-88-01 : Y. GIRAUD-HÉRAUD : Mise en évidence de la production $W \rightarrow \tau\nu_\tau$ dans les collisions $\bar{p}p$ à $\sqrt{s} = 540$ et 630 GeV. Thèse de Doctorat.

LPC 88-05 : C. ALBAJAR et al. Direct photon production at the CERN proton-antiproton collider. (CERN-EP/88-045). Submitted to Nuclear Physics B.

LPC 88-06 : C. ALBAJAR et al. Low Mass Dimuon Production at the CERN proton-antiproton collider. (CERN-EP/88-046). Submitted to Nuclear Physics B.

LPC 88-08 : C. ALBAJAR et al. Production of low transverse energy clusters in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 0.2 - 0.9$ TeV and their interpretation in terms of QCD jets. (CERN-EP/87-190) Submitted to Nuclear Physics B.

12.3. *Expériences sur le spectromètre Oméga*

LPC 85-06/rev. : M. BENAYOUN, J.P. BENZÉCRI, M. FROISSART : Sur la stabilité des sous-espaces principaux d'inertie sous un changement de métrique. Les Cahiers d'analyse des Données XIII (1988) p. 197.

LPC 87-31 : M. BENAYOUN et al. (Collaboration Athènes, Bari, Birmingham, Collège de France). Search for glueballs at high p_T in 300 GeV/c $\pi - N$ interactions. (CERN-EP/87-156, August 1987). Physics Letters 198 B (1987) p. 281.

LPC 87-42 : S. ABATZIS et al. (Collaboration Athènes, Bari, Birmingham, Collège de France). Nucleus-Nucleus interactions using the CERN Omega spectrometer and a multi particle high- p_T detector. Communication au Colloque « The Physics of the quark-gluon Plasma ». Lisbonne 9-12 décembre 1987.

LPC 88-19 : M. BENAYOUN : Experimental Results in Higher Twist Physics. Contribution aux XXIII^e Rencontres de Moriond (mars 1988).

LPC 88-20 : S. ABATZIS et al. (Collaboration Athènes, Bari, Birmingham, Collège de France). Preliminary results on Lambda and Anti-Lambda production at $p_T > 1$ GeV/c in the central rapidity region in 200 GeV/A sulphur-tungsten interactions. Contribution aux XXIII^e Rencontres de Moriond (mars 1988).

12.4. *Oscillations de neutrinos*

LPC 88-01 : H. DE KERRET, B. LEFIEVRE : Simulation du Neutron de basse énergie par Monte-Carlo.

LPC 88-09 : H. DE KERRET : New results of the neutrino oscillation search at the Bugey reactor. Contribution aux XXIII^e Rencontres de Moriond, Les Arcs, 23-30/1/88.

12.5. *Photoproduction à ultra haute énergie*

LPC 87-34 : P. BAILLON et al. (G. FONTAINE, C. GHESQUIÈRE). A physics experiment with high-energy cosmic gamma rays. Proposition d'expérience.

12.6. *Expériences achevées*

12.6.1. *NA 14*

LPC 87-35 : A. FILIPPAS et al. (NA 14/2 Collab.) Charm photoproduction and lifetimes from the NA 14/2 experiment. Report given at the Int. Symposium on the production and decay of heavy flavours. 1-5 septembre 1987, Stanford, CA, USA.

12.6.2. *NA 27*

LPC 87-33 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. D-meson production from 400 GeV pp interactions. Evidence for leading di-quarks. P.L. 201 (1988) 176.

LPC 87-43 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. The European Hybrid Spectrometer. (CERN-EP/87-31). NIM A258 (1987) 26.

LPC 87-44 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. Λ_c production characteristics in proton-proton interactions at 400 GeV/c. (CERN-EP/87-126) P.L. 199 (1987) 462.

LPC 87-45 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. D-meson lifetimes. (CERN-EP/87-38/rev.) P.L. 193 (1987) 140.

LPC 87-46 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. Inclusive D-meson branching ratios. (CERN-EP/87-135). Z. Phys. 36 (1987) 551.

LPC 87-47 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. Exclusive hadron branching ratios of the D-meson. (CERN-EP/87-136). *Z. Phys.* 36 (1987) 559.

LPC 88-07 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. Charm Hadron properties in 400 GeV/c pp interactions. (CERN-EP/88-49) 11 avril 1988. (A paraître dans *Z. Phys.*).

12.7. *Théorie*

LPC 87-30 : M. TAMAZOULT : π^\pm ρ^\pm production in photon-photon collisions. (à paraître dans *Phys. Letters*).

LPC 88-02 : S. ONG et P. KESSLER : A process-independent radiative correction formula for single-tag and double-tag measurements of $\gamma\gamma$ reactions.

LPC 88-03 : M. TAMAZOULT : Primakoff effect at high energy.

LPC 88-15 : N. ARTEAGA-ROMERO, P. KESSLER, J. SILVA. Probing the pomeron structure with spacelike, timelike and real photons.

LPC 88-22 : E.H. KADA, P. KESSLER, J. PARISI. Predictions for scalar gluonium production in some processes.

12.8. Méthodes nouvelles

12.8.1. *Détecteurs avancés*

LPC 88-23 : R. ARNOLD et al. (J. SÉGUINOT, J. TOCQUEVILLE, T. YPSILANTIS). Proposal for a universal detector. CRNS-HE-88-01.

LPC 88-24 : G. CHARPAK et al. Organic Liquid and Solid Photocathodes. *NIM A269* (1988) 149.

LPC 88-25 : R. ARNOLD et al. π/K identification up to 3 GeV/c using a NaF crystal radiator. (NIM à paraître).

12.8.2. *Calcul parallèle*

LPC 87-32 : A. JEJCIC, J. MAILLARD, J. SILVA, M. SITRUK. Use of an SPMD computer for simulation and pattern recognition. Séminaire sur la simulation de détecteurs au SSC, Argonne USA, 1987.

LPC 88-10 : A. JEJCIC, J. MAILLARD, J. SILVA. Accelerator simulation on a parallel computer. European Particle Accelerator Conf. Rome, 7-11/6/88.

12.8.3. *Art médiéval*

LPC 87-48 : M. SPITZER-ARONSON. Nouvelles recherches en optique pour la mise en évidence et le calcul de la couche vitreuse trouvée sur certaines céramiques hispano-moresques. 10^e Congrès de l'Ass. Int. Hist. Verre, Madrid, 1985. (Rijksmuseum ed.).

12.9. *Informatique*

LPC 88-26 - DI-VAX 001 : D. POUTOT : PRTLAS, utilitaire pour imprimer un fichier sur l'imprimante Laser.

LPC 88-27 - DI-VAX 002 : E. HERNIOU, P. NÉDÉLEC : LATEX, un logiciel de préparation de documents.

LPC 88-28 - DI-IBM 001 : L. MARTIN, D. KRYN : ARCH, archivage sur IBM.

LPC 88-29 - DI-DELPHI 001 : E. LEBRETON, R. MERZOUG : RUNDELWAND, visualisation d'événements DELPHI.

LPC 88-30 - DI-IBM 002 : E. HERNIOU, P. NÉDÉLEC : HBGKS, visualisation des histogrammes sur console graphique et Impression sur Imprimante Laser.

SÉMINAIRES DU LABORATOIRE

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

Hubert REEVES (Saclay) : *Succès et difficultés de la théorie du Big Bang.*

Hervé DE KERRET (Collège de France) : *Derniers résultats du Bugey.*

René BEURTEY (Saclay) : *Saturne 2 et la physique aux énergies intermédiaires.*

Joël FELTESSE (Saclay) : *La physique à HERA.*

Olivier PÈNE (LPTHE-Orsay) : *Interaction faible et QCD sur réseau.*

Michel SPIRO (DPhPE-CEN-Saclay) : *Les neutrinos : de la classification et de l'origine des espèces.*

Jean-Paul BLAIZOT (INSTN-Saclay) : *Revue sur les ions lourds.*

Jean-Marie BROM (CRN-Strasbourg) : *La physique de la beauté et sa durée de vie.*

Jean-Marc LÉVY-LEBLOND (Université de Nice) : *Variations sur les constantes de la physique.*

André NEVEU (CERN/ENS) : *Les super strings.*

John BELL (CERN-Division Théorique) : *The temperature of the vacuum, Hawking Radiation, and the quantum fluctuations of electrons in storage rings.*

Roberto PETRONZIO (Université de Rome II) : *Aspect non perturbatif dans le secteur du Higgs du modèle standard.*

Luc BLANCHET (Observatoire de Meudon) : *Théorie et détection du rayonnement gravitationnel.*

Monique DUBOIS (Orme des Merisiers) : *Du chaos vers les effets spatiaux temporels en convection.*

Jacques CHAUVEAU (L.P.N.H.E. Paris VI et VII) : *Etat du projet d'usine à mésons B au Laboratoire PSI (ex-SIN).*