

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

PROCESSUS A GRAND MOMENT TRANSVERSE

Dans les collisions hadroniques à haute énergie, la plupart des événements, même très inélastiques au sens du nombre de particules créées, ne mettent pas en jeu des transferts d'impulsion considérables.

La décroissance de type exponentiel de la distribution de ces transferts fait plutôt songer à un processus d'échange continu. Cependant, pour une fraction faible des événements, il se produit un transfert important, avec une distribution qui décroît plutôt en puissance. Ce phénomène est interprété en termes de sous-structures ponctuelles des hadrons, les partons, qui se fragmentent en jets de particules distinctement observables auprès des collisionneurs modernes.

L'identification des partons aux objets élémentaires de la chromodynamique quantique (QCD), quarks et gluons, permet une approche quantitative de ces phénomènes, et ceci d'autant mieux que QCD est asymptotiquement libre, c'est-à-dire que son intensité décroît avec les moments mis en jeu. Par contre, son comportement à basse énergie est très mal compris quantitativement, car il fait intervenir des effets importants de polarisation du vide interdisant l'observation de particules portant de la couleur (confinement de la couleur). Des équations de type de celle d'Altarelli et Parisi permettent de suivre ce changement de régime en fonction de l'échelle considérée.

L'effet principal est que la constante de couplage fort dépend du carré Q^2 du moment transféré. Mais, pour une comparaison quantitative, il convient d'y ajouter de nombreux effets supplémentaires : dépendance en Q^2 des fonctions de structure, effets dits de higher twist où plusieurs quarks participent de façon coordonnée à une réaction, effets de l'agitation interne des quarks au sein des particules, etc. Tous ces effets commencent à être isolés expérimentalement et plus ou moins bien vérifiés dans des circonstances appropriées.

La sonde électromagnétique fournit des vérifications complémentaires : expériences de photoproduction ou de production de photons directs, malgré la difficulté de distinguer π^0 de γ , ou de distinguer les photons qui sont durs en raison de leur mécanisme de production, de ceux qui ne sont que l'extrémité dure du spectre de photons mous.

M.F.

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*

a) 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 presque 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...). Ce travail a été accompli dans les délais prévus. Les circuits imprimés destinés à recevoir les préamplificateurs sont en cours de mise au point.

b) *Calibration des chambres*

Un système de test, installé à Saclay, est utilisé pour calibrer les chambres de la TPC. Pour chacune, une barrette mobile supportant des sources radioactives (^{55}Fe) permet de mesurer l'amplification en 6 000 points. Les données de calibration sont analysées, puis conservées sous une forme directement utilisable en expérience : ce travail est en grande partie effectué au Laboratoire.

Les cartes de gain ainsi établies seront utilisées pour corriger les données expérimentales brutes lorsque LEP sera en service.

c) *Monitoring des conditions de fonctionnement*

Il importe que les chambres et l'électronique soient maintenues dans des conditions strictement définies (température, pression, tensions), ce qui demande un système de monitoring très soigneux. Le Laboratoire a la responsabilité de ce monitoring et du contrôle des conditions de fonctionnement de la TPC. Une centaine de modules du type Europe-G64, dont cinq microprocesseurs, seront nécessaires pour enregistrer en permanence ces données. Celles-ci représenteront environ 6 000 mots de 32 bits par 24 heures. Quelques modules, qui n'existent pas dans le commerce, doivent être fabriqués au Laboratoire. Les systèmes de mesure des tensions (500 points de mesure multiplexés) et les commandes automatiques de sources radioactives sont en cours d'étude sur prototypes.

d) *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 demande une longue et minutieuse mise au point des générateurs d'impulsions et de l'adaptation des impédances.

e) *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 dessin du circuit imprimé définitif, une carte FASTBUS de 8 couches dont 6 actives est en cours sur la CAO du Laboratoire.

Le trigger final comprendra 16 circuits de ce type, plus une carte établissant des corrélations de ce trigger avec un trigger dit « de contiguïté », fabriqué au CERN. Nous avons proposé en collaboration avec le L.P.N.H.E. de Paris VI,

pour améliorer la détermination des trajectoires, de compléter ce trigger en utilisant le détecteur externe situé à 2 mètres du faisceau. La simulation est convaincante et nous entreprenons d'inclure cette amélioration dans notre trigger.

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

1.2. *Le détecteur RICH*

Les études sur le prototype étant maintenant terminées, le détecteur RICH en est maintenant au stade du dessin définitif et de la construction. Pour cette phase, le Laboratoire a en charge la conception et la construction du système d'acquisition des données de ce détecteur.

Les données du RICH proviennent des 11 000 voies (fils ou damiers) analogiques amplifiées, discriminées et codées, à l'aide de 520 modules FAST-BUS (260 discriminateurs, 260 codeurs). Elles sont compactées, transférées et mises en mémoire à l'aide de 10 modules maîtres, dont le Laboratoire a la charge. Pour tester ces modules, un banc de test aux normes VME, piloté par un microprocesseur MC68000 a été mis au point.

Le système complet d'acquisition est maintenant défini. Les commandes de matériel sont en cours, et l'ensemble devrait fonctionner à la mi-1988 environ.

Participant au détecteur RICH : C. Aubert, J.M. Brunet, J. Dolbeau, E. Herniou, A. Jecic, J.P. Pencolé, D. Poutot, G. Tristram et P. Vergezac.

1.3. *Reconstruction des événements*

a) *Trigger de 3^e niveau*

Il est apparu possible d'utiliser les données de la TPC et celle des autres détecteurs de traces pour reconstituer rapidement les trajectoires des particules chargées avec une précision suffisante pour déterminer leur impulsion transverse à quelque 10 % près. Des algorithmes très rapides, et l'emploi de processeurs MC 68020 fonctionnant à 20 MHz devraient permettre de reconstituer toutes les traces chargées d'un événement en un temps de l'ordre d'une milliseconde, de trier les événements et d'en retenir certaines catégories pour un traitement plus précis. C'est ce qu'on nomme trigger de 3^e niveau. Plusieurs configurations de processeurs sont possibles, l'une d'entre elles étant étudiée au Laboratoire. Elle comporterait l'implantation d'un moniteur FOR-

TRAN résident (en cours de réalisation) qui autoriserait une grande autonomie d'emploi (P. Courty, P. Delpierre, G. Desplancques, A. Tilquin, J. Vergne).

b) *Reconstruction des trajectoires*

La reconstruction et l'ajustement géométrique des traces chargées et des vertex, à partir de l'ensemble des éléments de trace fournis par les divers détecteurs de DELPHI, fait l'objet d'études systématiques. Le but est la plus grande précision et les temps de calcul les plus brefs possibles. Deux des algorithmes proposés sont étudiés au Laboratoire à l'aide d'événements simulés et de données provenant de Berkeley. La comparaison de leurs résultats utilise les outils graphiques développés au Laboratoire (P. Beillièvre, P. Billoir, J. Maillard, C. Poutot).

c) *Analyse graphique interactive*

Le terminal graphique MEGATEK, doté d'un processeur de rotation à 3 dimensions commence à être utilisé pour tester les divers segments du programme d'analyse physique interactive des événements de DELPHI. Le Laboratoire, doté de cette instrument pour l'expérience UA1 est un des premiers, au sein de la collaboration, à en disposer. Il joue le rôle de site-pilote (P. Lutz, R. Merzoug).

d) *Etude de la physique à LEP*

Dans la perspective du démarrage de LEP en 1989, et plus tard, de la phase dite LEP 200, diverses études ont été entreprises :

- mise au point d'algorithmes destinés à regrouper les particules en « jets » et comparant leurs propriétés respectives ;
- production et désintégration des mésons D_s à LEP : caractéristiques observables, utilisation du détecteur RICH, et études de ses performances en vue de l'identification des D_s . (D. Delikaris, E. Herniou, P. Lutz).

1.4. *Fonctionnement général de DELPHI*

— P. Delpierre assure la coordination et la normalisation de l'électronique de la collaboration DELPHI. Dans le cadre de cette normalisation, J.J. Jaeger a réalisé avec une équipe du CERN, un interpolateur de temps (précision 2 ns) destiné à améliorer les performances du numérisateur de temps (LTD) conçu pour les expériences LEP.

— 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 adapté et développé un système de courrier électronique entre les Laboratoires collaborant à DELPHI.

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

2. *Expérience UA1 sur le collisionneur $p\bar{p}$ du C.E.R.N.*

La première phase de l'expérience est maintenant terminée. Au cours des prises de données réparties entre 1981 et 1985, une luminosité intégrée de 715 événements/nb a été atteinte, à des énergies de $\sqrt{s} = 546$ et 630 GeV.

L'activité du groupe se répartit entre l'analyse des données et la préparation de la seconde phase. Celle-ci permettra, grâce à l'amélioration de l'usine à antiprotons, d'atteindre des luminosités 10 fois supérieures et donc d'augmenter la sensibilité de l'appareillage aux phénomènes physiques rares, et grâce à un nouveau calorimètre d'améliorer la mesure de l'énergie des particules et des jets produits lors des collisions.

2.1. *Résultats obtenus*

2.1.1. *Etude des bosons intermédiaires*

L'étude des divers modes de désintégration des bosons intermédiaires a permis :

— de tester l'universalité entre les 3 leptons actuellement connus (électron, muon et tau) ;

— de rechercher les désintégrations du W^\pm en lepton massif pouvant appartenir à une 4^e génération. Nous avons donné une limite inférieure à la masse de ce lepton ($m_l > 41 \text{ GeV}/c^2$ à 90 % C.L.). Cette recherche continue au Laboratoire, et est le travail de thèse de P. Nédélec ;

— de donner une limite au nombre d'espèces additionnelles de neutrinos légers ($n < 7$ à 90 % C.L.) ;

— d'analyser le processus de production des W en étendant cette étude jusqu'à des moments transverses égaux à la masse du W. La comparaison de nos résultats à ceux prédits par la chromodynamique quantique montre que l'accord est excellent jusqu'à des $p_T^W \sim 49 \text{ GeV}/c$.

2.1.2. *Recherche du quark top*

La recherche du quark top (sixième quark du modèle standard) a été menée au niveau des processus impliquant :

— les leptons (électrons et muons) produits en association avec un ou plusieurs jets. Cette étude n'a pas permis de prouver l'existence de ce quark et ne permet que d'aboutir à une limite inférieure sur sa masse $m_{\text{top}} > 38 \text{ GeV}/c^2$ à 95 % C.L. ;

— les mésons ou baryons contenant le quark top produit diffractivement. Les résultats des ISR donnant la production de saveurs lourdes (charme, beauté) dans les processus diffractifs permettaient d'espérer une production copieuse de top par ces voies. Le résultat du travail de recherche mené dans les données avec production de muon n'a pas confirmé ces espérances.

Une autre indication de l'existence du top peut être obtenue par l'étude du rapport des sections efficaces de production du W ou du Z⁰. L'étude de ce rapport a permis de montrer que si les bosons intermédiaires peuvent se désintégrer en t \bar{b} ou t \bar{f} ($m_{\text{top}} < m_{\text{W}}$), la masse du quark top est inférieure à $65 \text{ GeV}/c^2$ à 95 % C.L. Ce résultat n'exclut pas l'existence d'un top massif ($m_{\text{top}} > m_{\text{W}}$).

L'ensemble du groupe du Laboratoire : L. Dobrzynski, G. Fontaine, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, D. Kryn, J.P. Mendiburu, P. Nédélec, G. Sajot, C. 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. Préparation du nouveau détecteur

Le Laboratoire participe activement aux études et à la réalisation du nouveau calorimètre qui va remplacer le calorimètre électromagnétique actuel.

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). Les caractéristiques essentielles de ce calorimètre 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 collaboration de coordonner ces activités. Des maquettes ont été réalisées au Laboratoire par R. Salomone.

— Réalisation avec le CERN des stations de purification du TMP. (C. Ghesquière, D. Kryn et P. Salin).

— Réalisation d'un système de test à la haute tension des traversées étanches qui sont montées sur les chambres à ionisation (R. Bruère-Dawson, L. Dobrzynski, D. Kryn, P. Lebasque, D. Monnot, P. Salin, R. Salomone, P. Tardy, J. Waisbard).

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

2.3. Recherche et développement

2.3.1. Détecteurs au silicium

Durant les derniers mois de l'année 1986 (octobre-décembre), nous avons terminé les tests entrepris sur des détecteurs au silicium du commerce. Le dernier testé, de marque Hamamatsu, l'a été sur un faisceau d'électrons de 2.1 MeV. Les résultats montrent un rapport signal/bruit de 4.4 pour ces particules au minimum d'ionisation (R. Bruère-Dawson, F. Hrabina, S. Selmane, P. Tardy).

2.3.1. Banc de tests automatisé

Un banc automatisé, permettant d'effectuer sur un détecteur la cartographie des principales caractéristiques est constitué d'un banc de déplacement (x, y), du commerce, piloté par un micro-ordinateur qui, en outre, acquiert les données, en déduit les caractéristiques et imprime une fiche caractéristique du détecteur testé.

La partie mécanique de ce banc (support de source bêta et déplacement) est actuellement en cours d'achèvement.

Ce banc permettra ainsi de tester les pochettes à T.M.P. d'UA1, aussi bien que les détecteurs au silicium (R. Bruère-Dawson, G. Descôte, F. Hrabina, P. Lebasque, J. Rény, S. Selmane, P. Tardy, J. Waisbard).

3. Expérience NA14

3.1. Photoproduction à haute énergie

NA14 est une expérience exploratoire installée sur un faisceau intense de photons de haute énergie au CERN. Son principal but est l'étude des protons cibles au moyen d'un faisceau intense de photons de haute énergie.

Lors de la première phase de l'expérience, notre groupe, en collaboration avec l'Ecole Polytechnique s'est intéressé plus particulièrement aux événements à grande impulsion transverse.

A cet effet, une logique de déclenchement électronique, basée sur une chambre à « damiers » et contrôlée par un microprocesseur CAB a été entièrement conçue et réalisée au Collège de France.

L'analyse des configurations inclusives fait apparaître, dans les distributions en impulsions transverses et longitudinales, un excès au-dessus de la contribution VDM. Cet excès est en excellent accord avec les calculs au second ordre de QCD sur tout le domaine cinétique couvert par cette expérience. La photoproduction des particules ψ et ψ' a également été mesurée.

La seconde phase (prises de données en 1985 et 1986) a été consacrée à l'étude des particules charmées. Pour cela, le détecteur a été amélioré par l'adjonction d'une cible active de silicium et d'un détecteur à micro-strips. Notre groupe est plus particulièrement orienté vers l'étude des réactions contenant un baryon charmé Λ_c . L'analyse qui se poursuit actuellement devrait s'achever vers la fin de l'année 1987.

Cette expérience est entreprise en collaboration avec les laboratoires suivants : Athènes, CERN, Londres, Orsay, Saclay, Southampton, Strasbourg, Varsovie et Ecole Polytechnique.

Y participent au Laboratoire : J.M. Brunet, B. Lefèvre, D. Poutot, P. Triscos, G. Tristram, A. Volte, avec le concours de C. Aubret, C. Fritsch, D. Levailant et P. Vergezac.

4. *Expériences sur le spectromètre OMEGA*

L'activité du groupe au cours de cette année a été dominée par le début d'analyse de l'expérience WA76 et la mise en œuvre des expériences WA77 et WA85 au CERN.

Ces trois expériences ont en commun leur appareillage — qui est le spectromètre Oméga — les équipes qui y participent et, pour partie, les recherches entreprises, principalement la recherche de gluoniums.

4.1. *WA77'*

Dans le cadre de WA77, dont l'essentiel de l'analyse est terminée, nous avons principalement étudié la production de mésons classiques et gluoniums à grande impulsion transverse.

Ces études ont fait l'objet de trois communications à la Conférence sur la Physique des Hautes Energies à Berkeley (juillet 1986). Ce travail présentait un aspect expérimental et un aspect phénoménologique, portant essentiellement sur les effets de « higher twist », prédits dans l'approximation perturba-

tive de la Chromo-Dynamique Quantique (QCD). Ce dernier travail nous a permis d'extrapoler nos résultats à une autre énergie (150 GeV/c). La vérification de ces prédictions fait l'objet de la mesure prévue pour l'été 1987 au CERN.

Il est à souligner que cette étude phénoménologique prévoit une production importante de η' , par rapport au η (mesures prévues pour cet été), qui semble en accord avec des résultats expérimentaux déjà obtenus par ailleurs. L'observation de cet effet-ci ainsi que de celui attendu sur les ρ^0 démontrerait expérimentalement la pertinence des effets de « higher twist » attendus.

Notre groupe a, toujours pour l'expérience de cet été, entrepris la construction d'un hodoscope, appareil classique mais dont la réalisation mécanique était compliquée par notre besoin d'avoir aussi peu de matière que possible dans la zone entourant le faisceau (Conception et réalisation G. Descôte, M. Pairat).

4.2 WA85

C'est une expérience d'ions ^{32}S programmée pour l'automne. Elle a un caractère exploratoire. L'appareillage dont nous disposons (essentiellement le spectromètre Oméga et l'hodoscope cité ci-dessus) est bien adapté à la mesure de K^0 , λ et anti- λ produits à grande impulsion transverse. Selon certains théoriciens (Jacob, Rafelski), on pourrait déduire de ce type de mesure une signature de l'existence transitoire d'un plasma de quarks et gluons, état hypothétique et nouveau de la matière.

4.3. WA76'

La collaboration WA76' est au stade de la mise en place des programmes d'analyse et de dépouillement. Notre contribution a consisté en ce domaine à l'étude des données des détecteurs à microstrip, des chambres à dérive et des hodoscopes de faisceau. Par ailleurs, nous avons entrepris une étude du $S^*(980)$ que l'on s'attend à trouver dans nos données.

Le groupe est constitué de : M. Benayoun, J. Kahane, P. Leruste, A. Malamant, J.L. Narjoux, M. Sené (détachée du L.P.N.H.E. de Paris VI), R. Sené, M. Sitruk, A. Volte.

5. *Etude des oscillations des neutrinos*

Une série d'expériences est en cours auprès d'un réacteur nucléaire d'E.D.F. au Bugey pour rechercher l'existence éventuelle d'oscillations des

neutrinos. Dans ce but, un nouveau détecteur est en cours de construction, qui 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.

Il s'agira du premier détecteur de grande taille, utilisant du scintillateur au lithium, et ayant de ce fait une bonne efficacité.

Cette expérience est réalisée en collaboration avec le L.A.P.P. (Annecy), I.S.N. (Grenoble), I.R.F. (Saclay), C.P.P.M. (Marseille). Les travaux sont effectués au Laboratoire par H. De Kerret, B. Lefièvre, M. Obolensky, J.P. Wuthrick (détaché de l'Ecole Polytechnique), avec M. Abbès, J.P. Jobez et J. Boucher.

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 (B. Lefièvre, H. De Kerret) ;
- la base des données de l'expérience (J. Boucher, M. Obolensky).

Le Laboratoire a également en charge la gestion du liquide scintillant, et sa surveillance dans le détecteur (J.P. Jobez, M. Obolensky). Pour cela, un système de pompage a été étudié au Laboratoire, et sera construit à l'automne 1987. Cela a entraîné la participation à une étude de sécurité sous le contrôle d'EDF, pour tenir compte des obligations liées au travail auprès d'un réacteur nucléaire.

Enfin, le Laboratoire a en charge la conception et la réalisation du contrôleur d'acquisition.

C'est un contrôleur auxiliaire de châssis CAMAC, qui effectue :

- la lecture des données dans les mémoires intermédiaires ;
- le filtrage en ligne de ces données ;
- le formattage et le transfert vers le microprocesseur d'acquisition.

Programmable, il permet de choisir :

- la configuration des modules de mémoires, les zones à lire et les paramètres du filtrage.

Ce contrôleur a été conçu au Laboratoire (M. Abbès). Le prototype réalisé en « wrapping » (P. Tardy) a subi des essais concluants, sur 10^7 événements simulés.

Le dessin définitif des cartes en CAO commence (S. Selmane).

6. Etude des particules charmées à partir d'interactions hadroniques (NA27)

La production hadronique et la désintégration des particules charmées sont observées dans la petite chambre à cyclage rapide, LEBC, placée devant le spectromètre E.H.S. du C.E.N.S. La seconde phase de cette expérience utilise un faisceau incident de protons à 400 GeV. Elle en est à sa fin et aboutit aux résultats suivants :

— Une précision améliorée sur les durées de vie des mésons charmés D. La différence entre les durées de vie des D chargé et neutre est confirmée.

— Des mesures des largeurs partielles de désintégration dans les voies observables. Parmi celles-ci, la largeur du D neutre dans la voie semi-leptonique électronique tend à être plus de deux fois supérieure à celle du D chargé. Ces deux résultats n'ont pas encore d'explication dans le cadre théorique actuel.

— Une description satisfaisante des distributions caractérisant la production globale des mésons D et D' à l'aide du modèle QCD de fusion. De plus, comme déjà observé dans la production de ces particules à partir des interactions π^-p , le D^* constitue une source importante des D.

— Un temps de vie de 0,12 picoseconde pour le baryon charmé Λ_c . Ce temps, deux fois plus petit que les estimations précédentes, confirme cet objet dans son rôle de particule à désintégration faible ayant la plus courte vie jamais observée. Son analyse s'est en conséquence avérée très difficile car à la limite des possibilités des détecteurs actuels.

— Une estimation du rapport de branchement pour la voie $\Lambda_c \rightarrow p K \pi$. Celle-ci est trouvée nettement supérieure aux estimations précédentes, moins sûres. Ce résultat de nature à modifier en baisse l'évaluation précédente de la section efficace de production de ce baryon aux I.S.R.

— Un mode de production central du Λ_c . Ce résultat est contraire à ce que peut laisser supposer la composition en quarks des protons incidents et de cet objet.

Ont participé à cette expérience : P. Beillière, C. Defoix, J. Dolbeau et M. Laloum.

7. Photoproduction à ultra haute énergie

Un groupe de physiciens étudie actuellement la possibilité d'accéder à des énergies bien au-delà des possibilités des accélérateurs actuellement envisageables, en utilisant la composante de très haute énergie (> 10 TeV), des rayons cosmiques, en particulier la composante neutre, vraisemblablement gamma, issue de sources ponctuelles récemment identifiées.

Un photon de grande énergie développe dans l'atmosphère une gerbe électromagnétique, dont les composantes chargées émettent par effet Cerenkov, produisant au niveau du sol une tache lumineuse caractéristique (diamètre moyen 250 m) dans le domaine du visible et de l'U.V. proche.

Le groupe étudie la définition d'un détecteur constitué d'un ensemble de miroirs paraboliques, chacun muni à son foyer d'un photomultiplicateur. L'analyse des nombres de photons et de leur temps d'arrivée permet de reconstituer la direction et l'énergie du gamma incident.

Ces études visent à définir la configuration idéale des détecteurs.

Les gerbes électromagnétiques ont normalement une composante muonique faible. En analysant les muons associés aux gerbes gamma de haute énergie, on peut établir la présence d'une composante anormale et donc l'émergence de phénomènes nouveaux.

La préparation expérimentale a porté sur les points suivants :

— évaluation du site de la centrale solaire THEMIS dans les Pyrénées Orientales, en association avec un groupe du CEA Astrophysique, afin d'utiliser les possibilités des installations actuelles ;

— mise au point de programmes de simulation de gerbes, soit par Monte-Carlo, soit analytique, en vue de rendre optimale la configuration des détecteurs et de discriminer les gerbes gamma des gerbes hadroniques ;

— réalisation de prototypes de détecteurs constitués de miroirs de 800 mm et équipés d'une électronique d'acquisition rapide et à large dynamique qui seront installés à THEMIS ;

— étude des caractéristiques du détecteur-analyseur de muons constitué d'un tore magnétique calorimétrisé et de plans de tubes à dérive.

L'ensemble des études doit être rassemblé dans une proposition d'expérience qui sera présentée devant le Conseil Scientifique de l'I.N2.P3 en fin 1987.

Travaillent sur ce projet au Laboratoire : G. Descôte, G. Fontaine, C. Ghesquière, J.J. Jaeger, A. Karar, P. Reinhardt, C. Robert, B. Ton That, J. Valentin, J. Waisbard, en collaboration avec P. Baillon (CERN).

8. Travaux de théorie

8.1. *Electrodynamique des collisions*

a) *Corrélations azimutales dans les collisions photon-photon*

Ces corrélations sont susceptibles de fournir des tests intéressants pour divers modèles théoriques utilisés pour prédire ou analyser les données de

diverses réactions photon-photon exclusives (P. Kessler, S. Ong, travail de Thèse d'Etat).

b) *Production de jets dans les collisions photon-photon*

Les processus à 2 jets, 3 jets et 4 jets contribuent à la production apparente de 2 jets à grand p_T dans les collisions $\gamma\gamma$ et $\gamma\gamma^*$. Les résultats du calcul sont encourageants au regard des données expérimentales obtenues par divers groupes à PETRA (Hambourg) (N. Artéaga, C. Carimalo, P. Kessler, S. Ong, J. Silva).

c) *Diffusion $e\gamma$ à très haute énergie, recherche d'un e^**

La diffusion $e\gamma$ à très haute énergie avec des photons quasi-réels, peut être utilisée sur des anneaux $e^+ e^-$ comme LEP ou ep comme HERA, soit pour rechercher un éventuel e^* (ou déterminer une limite supérieure pour le couplage d'une telle particule), soit pour mesurer la luminosité de la machine, ou encore pour calibrer les détecteurs utilisés [P. Kessler en collaboration avec A. Courau (L.A.L.)].

d) *Divers modes de désintégration du J/ψ*

Un modèle original de désintégration $J/\psi \rightarrow p\bar{p}$ s'apparente à celui proposé par Brodsky et Lepage pour les réactions exclusives, mais une masse finie est attribuée aux particules finales, ainsi qu'aux quarks qui les constituent. Les résultats obtenus, concernant la largeur partielle de désintégration \mathcal{Z} : la distribution angulaire, sont en bon accord avec les données expérimentales de DCI et de SLAC.

Ce calcul a été étendu à la production d'autres paires de baryons dans la désintégration du J/ψ (C. Carimalo).

Dans le même contexte, le modèle a été étendu pour calculer $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\gamma$ et $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ (C. Carimalo, J. Parisi), ou $J/\psi \rightarrow M\bar{M}$, où M est un méson (E.H. Kada).

Dans tous les processus radiatifs de désintégration du J/ψ , interviennent manifestement des états résonnants (entre autres, apparemment, des gluonia). Un modèle spécifique traitera la production et la désintégration de ces états résonnants (E.H. Kada, P. Kessler, J. Parisi).

e) *Production de gluonia dans les collisions photon-photon*

Ce dernier modèle est appliqué aux processus exclusifs photon-photon où des gluonia sont produits conjointement avec d'autres mésons (H. Ichola).

f) Divers processus de type Primakoff

Le mécanisme de Brodsky-Lepage est appliqué à divers processus de type Primakoff (diffusion de particules par le champ électromagnétique des noyaux) : $\pi\gamma \rightarrow \pi\gamma$, $\delta\gamma$, $\pi\pi$, etc. (M. Tamazoust).

g) Etude de la structure du poméron

Diverses expériences (collision poméron-photon à HERA, ou collisions poméron-poméron auprès d'un collisionneur pp ou p \bar{p}) devraient éventuellement permettre de déterminer la structure (en gluons et/ou en quarks) du poméron. Les calculs correspondants sont en cours (N. Artéaga-Roméro, P. Kessler, J. Silva).

8.2. Phénoménologie hadronique

L'exploitation des résultats des expériences au collisionneur p \bar{p} du C.E.R.N. s'est poursuivie avec l'étude du spectre d'impulsion transverse des W émis, qui dépend à la fois des fonctions de distribution longitudinale des partons et des facteurs de forme dus à l'impulsion transverse emportée par les gluons.

Au-delà du test de QCD à l'ordre dominant l'étude systématique cohérente des différents arbitraires inhérents à la chromodynamique quantique (choix des échelles, point de renormalisation, etc.) pourra peut être contribuer à clarifier le problème du confinement spécifique de la physique hadronique. La statistique attendue avec Acol nous permettra de concrétiser l'analyse (G. Bordes).

Par ailleurs, la propagation des particules chargées dans la matière ferroélectrique en particulier, et la détermination de leur spectre d'émission électromagnétique sont étudiées dans le cadre de l'équation de Dirac (G. Bordes en collaboration avec d'autres physiciens du Laboratoire et de Thessalonique).

9. Méthodes nouvelles et études diverses

9.1. Détecteurs à semi-conducteurs

Des structures de type p-i-n en silicium amorphe de 1 à 3 μ m d'épaisseur supportent des polarisations extrêmement élevées (10⁸ V/m). Sur ces structures, on peut détecter des protons ou des alphas de quelques MeV. De façon surprenante, la charge collectée décroît en fonction de l'ionisation dans cette gamme (B. Equer, A. Karar en collaboration avec le LPICM de l'Ecole Polytechnique).

9.2. *Détection des neutrinos à basse énergie*

Les mesures du flux de neutrinos de basse énergie provenant du soleil donnent des résultats inférieurs aux prédictions des modèles stellaires. Cependant, elles sont insensibles à l'extrémité inférieure du spectre. La réaction bêta inverse dans l'indium permettrait de combler ce trou.

Un groupe du Laboratoire étudie la possibilité de réaliser une cible active constituée de billes microscopiques ($5\mu\text{m}$) d'indium supraconducteur métastable en champ magnétique. Les travaux réalisés cette année sont notamment :

- simulation par programme de la propagation d'électrons et photons dans la cible active ;
- mise en œuvre d'un amplificateur à bas bruit réalisé au Laboratoire qui a permis de détecter la transition de grains de $5\mu\text{m}$;
- irradiation d'une cible active en étain par des électrons dans la gamme du MeV à Paris VII ;
- interprétation de cette expérience au moyen de la simulation.

Le groupe se propose de passer maintenant à des cibles plus grandes, avec des amplificateurs de plus grande bande passante (20 MHz).

Ces études sont réalisées au Laboratoire par A. de Bellefon, P. Espigat, C. Tao, R. Bruère-Dawson, D. Broszkiewicz, C. Fritsch, D. Sotiras, en collaboration avec G. Waysand (E.N.S.), le LAPP et le CRN de Strasbourg.

9.3. *Etude de détecteurs avancés*

Le groupe, qui a terminé tous les tests sur le prototype de RICH qu'il a réalisé pour DELPHI (cf. 1-1), partage ses travaux dans deux voies avec comme perspective les collisionneurs hadroniques de la prochaine génération (LHC ou SSC).

9.3.1. *RICH rapide*

La réalisation de RICH (Ring Imaging Cherenkov) suffisamment rapides pour les hautes luminosités envisagées, dépend d'une grande compacité de ses éléments. Les tests ont porté sur de nouveaux matériaux : céramique en nitrure de bore métallisée, TMAE à haute densité (à plus de 100°C).

9.3.2. *Calorimètre à argon liquide*

L'argon liquide permettrait la réalisation d'un calorimètre totalement actif, c'est un scintillateur assez rapide et bon marché, qui pourrait confiner des gerbes à haute énergie sur 6 m environ. L'étude du dopage par molécules hydrogénées, ou par l'hélium se poursuit en vue d'assurer la conversion de l'énergie des neutrons de basse énergie.

L'étude de la détection de la scintillation par photocathodes au TMAE (tétrakis-diméthylamine éthylène) solide paraît prometteuse.

9.3.3. *Propriété des cristaux ferroélectriques*

Les hauts champs électriques régnant dans les ferroélectriques permettraient sans doute l'éjection d'électrons en présence de particules ionisantes. Des essais sont en cours de montage pour étudier les mécanismes de base avec des rayons X pulsés.

9.3.4. *Conception d'un spectromètre à B*

Un projet de spectromètre destiné à étudier les B produits à l'avant au collisionneur Sp̄pS du CERN et reprenant un certain nombre des éléments énumérés ci-dessus a été étudié pour mettre à l'épreuve la pertinence des concepts sous-jacents. Ce projet pourrait déboucher sur une proposition d'expérience réaliste.

Ces divers travaux sur les détecteurs ont été réalisés par H.J. Besch (visiteur), J. Séguinot, J. Tocqueville, T. Ypsilantis, J.P. Jobez, R. Saigne, en collaboration pour certains points avec : UCLA, LAA-CERN, Institut Nobel (Stockholm), Turin et UC Santa Cruz.

9.4. *Etude des applications d'ordinateurs parallèles*

Le travail en collaboration avec le LASSY (Nice) sur l'évaluation des possibilités du calcul parallèle dans notre discipline se poursuit sur la machine prototype OPSILA de ce Laboratoire : algorithmes de reconstruction d'événements (J. Maillard, M. Sitruk), simulations dans le domaine de la dynamique des accélérateurs, comparées à leur exécution séquentielle sur VAX 785 (A. Jejcic).

9.5. *Applications des détecteurs de particules*

Le développement de détecteurs simplifiés et plus robustes pour des applications industrielles ou médicales se poursuit. La voie de la localisation des impacts par plan résistifs a considérablement progressé et paraît prometteuse. (R. Bruère-Dawson et M. Froissart, en collaboration avec le Laboratoire de Physique des Particules de Rio de Janeiro).

Les progrès réalisés sur l'utilisation du principe de la localisation par plan résistif permettent d'envisager de nombreuses autres applications.

Un brevet a été pris en décembre 1986, et des contacts ont été pris avec l'ANVAR et divers industriels pour une mise en œuvre commerciale.

9.6. *Etude physico-chimique d'objets d'arts anciens*

Récemment, la structure des céramiques dites « à lustre métallique » a été élucidée par microanalyse au laser : il y a, au-dessus d'une couche métallique semi-réfléchissante de quelques microns, une couche transparente superficielle de l'ordre du micron donnant lieu à des irisations par interférences. Le programme actuel porte sur l'étude de la surface du « Vase de VIX » en bronze du ^ve s. av. J.C. (P. Soleillet, M. Spitzer-Aronson).

10. *Activités en informatique*

Pour la majorité des utilisateurs, l'année 1986 a été marquée par le déménagement du Centre de Calcul de l'I.N2.P3 qui a remplacé l'IBM 3081 par une 3090 et a quitté le site de Jussieu pour celui de Lyon. Outre les quelques perturbations inévitables qu'il a induites, ce déplacement nous a fait perdre les privilèges que nous retirions de sa proximité : liaisons avec l'équipe du Centre, transferts de bandes magnétiques, possibilité de sortie des gros listings sur le site central voisin. Pour faire face à ces difficultés, un groupe d'utilisateurs développe sur cette machine divers outils de travail correspondant aux besoins du Laboratoire.

Pendant cette même période, le VAX 11/785 installé dans nos locaux, et partagé avec le L.P.N.H.E. de Paris VI et VII, a vu sa charge augmenter fortement en corrélation avec les changements évoqués ci-dessus, et surtout en raison de la croissance de l'utilisation des outils de CAO. Un sous-système « Unity » a été installé pour fournir aux utilisateurs de cette machine un environnement de type « Unix ». Celle-ci a été reliée aux autres VAX de l'I.N2.P3 du CEA et du CERN, ainsi qu'à l'IBM de Lyon par un réseau de lignes spécialisées supportant les protocoles « Decnet » et « Colored Books ». Pour répondre à l'accroissement de la charge, un troisième disque magnétique a été ajouté pour recevoir les fichiers des utilisateurs, mais il est cependant maintenant indispensable et urgent de rééquilibrer la configuration en adjoignant au 785 un ou plusieurs Micro-Vax interconnectés par un réseau local de type Ethernet.

Dans le domaine des microprocesseurs intégrés au sein des dispositifs expérimentaux, le Laboratoire s'est, parmi les premiers, résolument engagé dans l'utilisation d'OS-9, un système d'exploitation en temps réel modulaire, multi-tâches et multi-utilisateurs. Une connaissance approfondie du système a été obtenue en effectuant des développements tels que : bibliothèque graphique, « driver » Camac, outil de préparation de circuits intégrés programmables destiné aux électroniciens, ainsi que des transports du système sur des configurations variées allant de 6 809 au 68 020 en passant par 68 000.

Ces diverses réalisations sont actuellement utilisées par :

- l'expérience DELPHI, pour le développement de modules Fastbus destinés au RICH ;
- l'expérience UA1, pour l'acquisition de données en faisceau et un banc de test pour des éléments de calorimètre ;
- les expériences sur OMEGA, pour des mesures effectuées via une interface Camac et une gestion automatisée du déroulement des expériences ;
- l'ensemble du Laboratoire, tant par une machine de développement accessible à tous, que de façon transparente via le microprocesseur connecté au Centre de Calcul de l'I.N2.P3 et pilotant l'imprimante sortant les résultats de l'IBM.

Le travail de pionnier effectué dans ce domaine par le Laboratoire a ouvert la voie à l'utilisation de ce système dans la discipline. Deux grandes collaborations (ALEPH ou OPAL) préparant des expériences sur le LEP viennent de décider de l'utiliser intensivement dans leur système d'acquisition, et le Laboratoire a réalisé la première installation d'OS-9 pour le D.Ph.P.E. du CEN-Saclay.

L'ensemble de l'outil informatique est coordonné par un comité ad hoc, regroupant des physiciens et des informaticiens. La plupart des informaticiens travaillent dans les groupes d'expérience, sauf ceux qui assurent plus particulièrement des travaux d'intérêt général.

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, L. Martin, J. Mas, R. Merzoug, C. Poutot, D. Poutot, L. Ramos, M. Sitruk, S. Szafran, F. Tembely, B. Ton That, M. Touré, J. Valentin.

11. *Electronique*

11.1. *Structure*

Le groupe des électroniciens fait une tentative depuis deux ans pour se structurer. Il a élu un Conseil des Electroniciens afin de coordonner certaines activités, ainsi qu'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.

11.2. *Activités d'intérêt général*

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

b) *C.A.O. électronique* : Implantation de cartes en C.A.O. SECMAI. Simulation de circuits logiques ou analogiques. (Le Laboratoire doit devenir un pôle technique de l'I.N.2.P3 pour le logiciel SPICE.)

c) *Magasin et documentation* : Commandes, maintenance. Documentation technique.

11.3. *Réalisations récentes ou en cours*

DELPHI T.P.C. : Préamplificateurs de 7 chambres T.P.C., câblage de la T.P.C., contrôles lents (G64), trigger 2^e niveau FASTBUS (en C.A.O.), pulseur de grille d'arrêt T.P.C.

DELPHI RICH : Acquisition de données du RICH (système FASTBUS avec un contrôleur maître spécifique).

EXPÉRIENCES LEP : Interpolateur de temps pour les expériences LEP (circuit prédiffusé).

UA 1 : Réalisation d'amplificateurs de charge à bas bruit pour le nouveau calorimètre UA 1 (en technologie CMS). Etude de détecteur au silicium. Réalisation d'une chaîne de contrôle automatique pour traversées HT (130 000) et chambres à ionisation (20 000) pour la nouvelle calorimétrie UA1.

NEUTRINOS AU BUGEY : Contrôleur d'acquisition.

NEUTRINOS SOLAIRES : Préparation et mise au point de tests d'irradiation de granules supraconducteurs. Etude d'un ampli à large bande et à bas bruit.

GRANDES GERBES : Etude et réalisation d'un prototype de détecteur Cerenkov pour gerbes atmosphériques.

Les électroniciens du Laboratoire sont : M. Abbès, M.H. Andrade, M. Anquetil, C. Aubret, P. Benoit, C. Boutonnet, D. Broszkiewicz, R. Bruère-Dawson, P. Courty, J. Da Piedade, G. Desplancques, C. Finetin, P. Godefroy, J.J. Jaeger, A. Karar, S. Lantz, 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.

12. Mécanique

Modernisation

Les ateliers de fabrication ont acquis récemment une fraiseuse à commande numérique. Trois personnes l'utilisent actuellement. Elle permet de réaliser des pièces en petite et moyenne série dans de meilleures conditions : supports connecteurs pour la chambre TPC DELPHI, bloc support d'hodoscope faisceau, boîtiers de mesure RICH DELPHI. Cette machine s'avère être un bon complément dans les procédés de fabrication. Le service a tenu à équiper la plupart de ses fraiseuses conventionnelles de lecteurs à affichage numérique. Le souhait du service est d'améliorer ses moyens en tournage/décolletage.

Les bureaux d'études se sont dotés d'un « Mac + », ils utilisent plusieurs logiciels : traitement de texte, graphique, tableur et base de données pour la rédaction de rapports techniques et les calculs de géométrie et de résistance des matériaux. Ce Mac, associé aux qualités d'impression et de précision graphique de l'imprimante à laser permet au service d'étudier et modifier plus aisément les dossiers techniques et de présenter ces travaux dans le format A4. Il est envisagé de sortir sur l'imprimante Benson pour obtenir des formats plus importants. L'acquisition d'un télécopieur donne au service un moyen rapide pour les échanges de documents dans le cadre des collaborations.

IAO - CAO

MODULEF (Code d'éléments finis de l'INRIA) a été implanté en 1985 sur l'IBM 3090 du CCIN2P3 à Lyon ; le Laboratoire est devenu site mainteneur, trois personnes actuellement l'utilisent pour DELPHI.

EUCLID (logiciel de conception mécanique de MATRA-datavision) a été acheté par l'I.N.2.P3. Il est prévu prochainement de former deux personnes et de l'installer sur une station GPX BA23 de chez DIGITAL disponible fin septembre de cette année.

Réalisations

DELPHI

- Etudes et fabrication : structures et équipements de secteurs bouchons, pour la chambre TPC.
- Fabrication : éléments de support optique, pour le RICH.

UA1

- Etudes : structures des gondoles et bouchons, implantation des détecteurs et de la connectique.
- Fabrication : développement de prototype, pour le calorimètre à uranium et TMP.
- Etudes et fabrication : bancs de test et d'analyse des détecteurs à TMP.

BUGEY

— Etudes et fabrication de prototypes : station de remplissage et de surveillance pour détecteur à Lithium.

WA77'

— Etudes, fabrication et installation : hodoscope HZ0 et son support.

— Réalisation et installation : papillonnage de chambres proportionnelles.

GRANDES GERBES

— Etudes et fabrication : deux télescopes et montures.

INTRUMENTATION

— Etudes et fabrication : développements pour le FAST RICH.

NEUTRINOS SOLAIRES

— Etudes et fabrication : développement du détecteur à billes d'indium.

Personnel

Coordonnées par D. Marchand, les activités en mécanique sont assurées par P. Bonierbale, G. Descôte, A. Diaczek, F. Hrabina, J.P. Jobez, M. Pairat, J.P. Pencolé, J.P. Rény, C. Robert, G. Saget, R. Saigne, R. Salomone et D. Sotiras.

13. Services généraux

Le directeur (M. Froissart) et le directeur adjoint (P. Chavanon) tiennent à reconnaître, au nom de l'ensemble du Laboratoire, l'action efficace et souvent méconnue des services généraux, sans lesquels rien ne pourrait se faire :

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

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

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

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

14. Retombées extérieures à la recherche**14.1. Valorisation de la recherche**

— La collaboration Collège de France - UFRJ (Brésil) avec l'équipe de B. Maréchal continue sur le thème de la rustification des détecteurs à usage médical et industriel.

— Des progrès sensibles ont été réalisés sur le principe de la division de charge dans un plan, éliminant les distorsions et permettant la lecture analogique directe des coordonnées sur une zone rectangulaire (suppression du traitement en aval). Un brevet a d'ailleurs été pris pour ce dispositif de localisation plane qui peut avoir maintes applications (détecteurs, robotique, écran tactile, ...). Des contacts ont été noués avec des industriels sous l'égide de l'ANVAR pour aboutir à des applications réelles (R. Bruère-Dawson, M. Froissart).

— Réalisation en collaboration avec le CERN d'un circuit intégré interpolateur de temps à 2 ns de précision, destiné à compléter le numériseur de temps LTD destiné aux expériences sur LEP (J.J. Jaeger).

14.2. *Popularisation de la science*

M. Crozon, qui exerce des responsabilités sur l'information pour l'ensemble de l'I.N2.P3 (informatisation de la documentation, publication de la feuille « Flash I.N2.P3 ») a organisé en juin 1987 une rencontre entre représentants des Laboratoires de l'I.N2.P3 et des journalistes scientifiques.

Il a contribué à des émissions de radio et de télévision, et écrit un livre de vulgarisation, « La Matière Première ».

Avec M. Froissart, qui préside maintenant le Groupe de Liaison pour l'Action Culturelle Scientifique, il a participé à plusieurs débats autour de l'exposition « La Danse de l'Univers », présentée à Paris au Palais de la Découverte, et qui a commencé son itinérance à Paris et à l'étranger.

15. *Références*

15.1. *DELPHI*

LPC 86-26 : P. BILLOIR. Propagation of Transverse Errors for Charged Tracks, juin 1986 (DELPHI 86-66, PROG 52).

P. DELPIERRE. Minutes of the LTD meeting held in Helsinki, 3 septembre 1986 (DELPHI 86-76, ELEC 23).

LPC 86-34 : P. BILLOIR. Data Analysis Subgroup on Track and Vertex Reconstruction. Report on Global Track and Vertex Fitting in the DELPHI Detector, novembre 1986 (DELPHI 86-99, PROG 61).

LPC 86-20 : P. DELIKARIS, P. LUTZ. Fisher Discriminant Analysis for Heavy Quark Production a Contribution to the « New Quarks and Leptons » LEP 2000 Working Group, 6 janvier 1987 (DELPHI 87-3, PHYS 15).

LPC 87-16 : P. BILLOIR. Error Propagation in the Helix Track Model, 16 janvier 1987 (DELPHI 87-4, PROG 63).

LPC 87-17 : P. BILLOIR. Precise Tracking in a Quasi-Homogeneous Magnetic Field, 3 février 1987 (DELPHI 87-6, PROG 65).

LPC 87-18 : P. BILLOIR et al. (P. DELPIERRE, D. DELIKARIS). Use of TPC calibrations, 16 février 1987 (DELPHI 87-11, PROG 65).

LPC-T - 87-01 : Thèse : D. DELIKARIS (nouvelle formule).

1) Simulation d'un trigger rapide utilisant la TPC de l'expérience DELPHI au C.E.R.N.

2) Sélection des événements $e^+ e^- \rightarrow t\bar{t}$ dans DELPHI au pôle du Z^0 .

15.2. UA1

LPC 86-17 : G. ARNISON et al., UA1 Collab. Angular distribution of high-mass jet pairs and a limit on the energy scale of compositeness for quarks from the C.E.R.N. $p\bar{p}$ collider. C.E.R.N.-EP/86-92, 14 juillet 1986. LPC 86-17. Physics Letters B 177, pp. 244-250, 11 septembre 1986.

LPC 86-21 : C. TAO. The UA1 experiment, Int. journal of Modern Phys. A 1, 1986, pp. 749-810.

LPC 86-24 : L. DOBRZYNSKI. Recent results from UA1 experiment at C.E.R.N. à paraître dans les comptes-rendus de « SLAC Summer Inst. Topical Conference », 6-8 août 1986.

LPC 86-29 : C. ALBAJAR et al., UA1 Collab. Beauty production at the C.E.R.N. $p\bar{p}$ collider. C.E.R.N.-EP/86-208, 16 décembre 1986. Physics Letters B 186, pp. 237-246, 5 mars 1987.

LPC 86-30 : C. ALBAJAR et al., UA1 Collab. Search for $B^0\bar{B}^0$ oscillations at the C.E.R.N. $p\bar{p}$ collider. C.E.R.N.-EP/86-209, 16 décembre 1986. Physics Letters B 186, pp. 247-254, 5 mars 1987.

LPC 86-32 : G. ARNISON et al., UA1 Collab. Analysis of the fragmentation properties of quark and gluon jets at the C.E.R.N. SPS $p\bar{p}$ collider. C.E.R.N.-EP/86-55, 13 mai 1986. Nuclear Physics B 276, pp. 252-27, 13 octobre 1986.

LPC 86-33 : C. ALBAJAR et al., UA1 Collab. Events with large missing transverse energy at the C.E.R.N. collider : II. Search for the decays of W^{+-} into heavy leptons and of Z^0 into non-interacting particles. C.E.R.N.-EP/86-82, 20 novembre 1986. Physics Letters B 185, pp. 241-248, 12 février 1987.

LPC 86-37 : C. ALBAJAR et al., UA1 Collab. Events with large missing transverse energy at the C.E.R.N. collider : I. $W \rightarrow \tau$ neutrino decay and test of tau-muon-e universality at $Q^2 = m_W^2$. C.E.R.N.-EP/86-81, novembre 1986. Physics Letters, B 185, p. 233-240, 12 février 1987.

LPC 87-15 : C. ALBAJAR et al., UA1 Collab. Production of W s with large transverse momentum at the C.E.R.N. $p\bar{p}$ collider. C.E.R.N.-EP/87-82, 24 avril 1987. (soumis à Physics Letters).

C.E.R.N. EP/86-60 : G. ARNISON et al., UA1 Collab. Results on W^\pm and Z^0 physics from the UA1 Collab. 22 mai 1986. XXIth Rencontres de Moriond, Les Arcs France, 9-16 mars 1986.

15.3. 3 NA 14

LPC 86-28 : J.M. BRUNET, A. DE BELLEFON, B. LEFIÈVRE, G. TRISTRAM, A. VOLTE. Topological isolation of the deep inelastic QED Compton scattering. C.E.R.N.-EP/86-176. Physics Letters, B 182, 1986, pp. 409-413.

LPC 86-35 : J.M. BRUNET, A. DE BELLEFON, P. FRENKIEL, J. KENT, D. POUTOT, G. TRISTRAM, J.P. WUTHRICK. Measurement of J/ψ and ψ' real photoproduction on lithium-6 at a mean energy of 90 GeV. C.E.R.N.-EP/86-180 - Z. Phys. C 33, 1987, p. 505.

15.4. OMEGA

LPC 87-09 : M. BENAYOUN, P. LERUSTE et al. Evidence for prompt high- p_T η' -mesons at the ISR - DESY 87-025, mars 1987.

15.6. LEBC - EHS (NA27)

LPC 87-06 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. (C. DEFOIX, J. DOLBEAU, M. LALOUM). Lifetime measurement of Λ_c . C.E.R.N.-EP/87-17. Physics Letters B 189, p. 254-259.

LPC 87-07 : M. AGUILAR-BENITEZ et al. (P. BEILLIÈRE, C. DEFOIX, J. DOLBEAU, M. LALOUM). Determination of D-meson lifetimes. CERN-EP/87-38, Z. Phys. C 34, 1987, p. 143-155.

LPC 87-10 : M. AGUILAR-BENITEZ (P. BEILLIÈRE, C. DEFOIX, J. DOLBEAU, M. LALOUM) D-meson production from 400 GeV/c pp interactions. C.E.R.N.-EP/87-45.

LPC 87-20 : C. DEFOIX. Critical analysis of the charmed particle lifetime estimations from the unfitted events in the NA27 experiment. C.E.R.N./EP/EHS/LEDA 87-14.

15.7. Photoproduction à U.H.E.

LPC 87-08 : G. FONTAINE. Future gamma experiments at Themis. Proceedings of the Vth Moriond Workshop on « Searches for New and Exotic Phenomena ». Les Arcs, 25-31 janvier 1987.

15.8. *Théorie*

LPC 87-02 : P. KESSLER, S. ONG. Azimuthal correlations in $\gamma\gamma^*$ collisions. Rapport interne.

LPC 86-25 : N. ARTEAGA, P. KESSLER, J. SILVA. Probing the pomeron's quark structure with virtual photons or vector bosons. Modern Physics Letters A 1, 1986, p. 211-214.

LPC 86-19 : C. CHAHINE. Oblique photon expansion of QED structure functions.

15.9. *Méthodes nouvelles*

15.9.1. *Détecteurs à semi-conducteurs*

LPC 86-18 : B EQUER, A. KARAR. Emploi des capacités MOS en détection de particules.

15.9.2. *Neutrinos solaires*

LPC 86-22 : A. DE BELLEFON, P. ESPIGAT, D. BROSZKIEWICZ, R. BRUÈRE-DAWSON, D. SOTIRAS. Contribution du LPC au projet indium-neutrino solaire.

LPC 87-12 : A. DE BELLEFON, P. ESPIGAT, D. BROSZKIEWICZ, R. BRUÈRE-DAWSON. Electron beam detection with superheated super-conducting grains. Cont. to the « Workshop on low temperature devices to detect solar neutrinos and dark matter ». Munich, mars 1987.

LPC 86-21 : A. DE BELLEFON, P. ESPIGAT, D. BROSZKIEWICZ, R. BRUÈRE-DAWSON, D. SOTIRAS. Faisabilité de la détection de neutrinos solaires avec l'indium. GPS 87-01.

15.9.3. *Détecteurs avancés*

T. YPSILANTIS. Particle identification at SSC energies. Proceedings on the UCLA Workshop : « Observable and Standard Model Physics at the SSC. Monte-Carlo Simulation and Detector Capabilities ». World Scientific 1986, p. 252.

15.9.5. *Applications des détecteurs*

LPC 87-01 : M. FROISSART, R. BRUÈRE-DAWSON. Distortionless bi-dimensional localisation on a resistive plane : a pure hardware way. Soumis à N.I.M.

LPC 87-03 : M. FROISSART, R. BRUÈRE-DAWSON. Projet de construction d'une chambre multifils à localisation x - y par plan résistif et de son électronique d'acquisition en vue d'utilisation en radiochromatographie sur couches minces.

LPC 87-13 : M. FROISSART. Etude de l'influence des défauts sur la localisation par plan résistif.

15.9.6. *Etudes d'objets d'art anciens*

M. SPITZER-ARONSON. Laser X-rays microfluorescence and microscopic studies of metallic luster an ancient overglazed ceramics. Proceedings of the 24th Int. Archaeometry Symposium. Smithsonian Institution Press, Washington, 1986.

15.10. *Informatique*

L. MARTIN. GKS sur IBM au CC I.N2.P3, novembre 1986.

LPC 87-04 : R. ESCHYLLE. Notice d'utilisation du programme interactif SPADFACIL.

LPC 87-05 : R. ESCHYLLE. Manuel d'utilisation du logiciel SPAD.

15.14. *Retombées extérieures*

M. CROZON. Les grandes frondes des petites particules. Sciences et Avenir n° 2597, 1987, p. 18.

M. CROZON, G. COIGNET. L'ECFA, le comité européen pour les futurs accélérateurs. Bulletin de la Société Française de Physique n° 63, p. 25-29, 1987.

M. CROZON. La Matière Première, Seuil, Paris 1987.

LPC 87-14 : M. FROISSART. Que deviennent les petites particules ? A paraître dans « La jaune et la rouge », revue de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole Polytechnique.

SÉMINAIRES DU LABORATOIRE

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

Le 4 mars 1987 : *Production directe du η' à grand P_T aux I.S.R.*, par Maurice BENAYOUN (Collège de France).

Le 11 mars 1987 : *Les expériences de désintégration du nucléon*, par S. JULLIAN (LAL).

Le 18 mars 1987 : *Vers la 3^e quantification ?*, par Gilles COHEN-TANNOUJJI (DPhPE - Saclay).

Le 25 mars 1987 : *Mysterious cosmic ray point source*, par Jerzy WADOWCZYK (Université de Lodz).

Le 1^{er} avril 1987 : *Détection de Higgs, paires de W et Z produits par un supercollisionneur pp (LHC, SSC)*, par Aurore SAVOY-NAVARRO (DPhPE - CEN-Saclay).

Le 8 avril 1987 : *Y a-t-il des forces plus faibles que la gravité ?*, par Alvaro DE RUJULA (C.E.R.N.).

Le 29 avril 1987 : *Cosmologie et physique des particules*, par John ELLIS (C.E.R.N.).

Le 6 mai 1987 : *Evolution des techniques expérimentales (1945-1960)*, par Michel CROZON (Collège de France).

Le 13 mai 1987 : *Bilan scientifique des missions spatiales vers la Comète de Halley*, par M. BONNET (Agence Spatiale Européenne).

Le 20 mai 1987 : *Les fondements des théories quantiques bi-dimensionnelles*, par Claude ITZYKSON (Physique Théorique - Saclay).

Le 27 mai 1987 : *Tests de QCD avec deux photons*, par Frédéric KAPUSTA (LPNHE - Paris 6 et 7).

Le 3 juin 1987 : *Tests du modèle standard*, par Jean-Pierre MENDIBURU (Collège de France).

Le 10 juin 1987 : *Un regard attentif sur les neutrinos de la supernova*, par Alvaro DE RUJULA (C.E.R.N.).

Le 17 juin 1987 : *Les trous noirs*, par Jean-Pierre LUMINET (Observatoire de Meudon).

Le 24 juin 1987 : *Revue sur le top*, par Marie-Noëlle MINARD (LAPP - Annecy).