

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

La chasse au quark

Le cours de 1979 s'est attaché à résoudre la question suivante : peut-on actuellement se passer de l'hypothèse des quarks ? Un examen détaillé des divers domaines expérimentaux, mettant en jeu les diverses interactions fondamentales sous leurs différents aspects, montre que, malgré les nombreuses difficultés qui subsistent *avec* l'hypothèse des quarks, les problèmes qui se poseraient *sans* cette hypothèse seraient beaucoup plus inextricables, et aucune des difficultés précédentes ne serait vraiment résolue.

Nous en avons conclu qu'en 1979 l'existence des quarks paraissait irréfutable : nous sommes revenus bredouilles de cette chasse au quark.

M. F.

LABORATOIRE DE PHYSIQUE CORPUSCULAIRE
DU COLLÈGE DE FRANCE
RAPPORT D'ACTIVITÉ 1979

1. INTRODUCTION

L'année 1979 a été marquée par une activité intense, en prévision du grand arrêt de l'accélérateur S.P.S. du C.E.R.N. en 1980. En effet, les expériences qui doivent s'arrêter pendant cet arrêt, et pendant les périodes qui seront ultérieurement consacrées à l'utilisation du S.P.S. en anneaux de collision, se sont efforcées d'accumuler des données aussi nombreuses et variées que possible, afin de se consacrer à leur analyse pendant cet arrêt. D'autre part, notre participation à l'expérience U.A.1 en préparation, qui utilisera ce nouveau mode de fonctionnement du S.P.S., a mobilisé la

majeure partie du potentiel technique disponible dans notre Laboratoire. On peut regretter à cet égard que les moyens financiers trop limités nous aient contraints à mobiliser des techniciens hautement qualifiés pour la fabrication en série des éléments de détecteurs.

2. RECHERCHE DE NOUVELLES STRUCTURES RÉSONANTES ÉTROITES

2.1. Etude des interactions $\bar{p}p$ de multiplicité élevée à 12 GeV/c

Cette expérience porte sur des photographies prises dans la grande chambre à bulles à hydrogène du C.E.R.N. (B.E.B.C.) exposée à un faisceau d'anti-protons à 12 GeV/c. Ces photos sont mesurées sur C.R.T. (§ 5.1.2.). La réunion des données relatives avec événements présentant l'émission de 8 particules chargées (8 branches) doit être achevée vers la fin du premier semestre 1980 et être relayée par celle des événements à 6 branches.

La résolution expérimentale attendue (une dizaine de MeV sur des masses effectives de l'ordre de 2 à 3 GeV) doit entre autre permettre de vérifier l'existence d'un objet résonant étroit, de masse 2,6 GeV et se désintégrant dans les voies comportant l'émission d'un méson K chargé et plusieurs mésons π ou bien d'un proton, d'un hypéron $\bar{\Lambda}$ et plusieurs mésons π .

Ce travail s'inscrit dans les recherches actuelles ayant trait à la mise en évidence d'une éventuelle spectroscopie des baryoniums « étranges ».

P. BEILLIERE, C. DEFOIX, J. DOLBEAU, J.L. NARJOUX, M. LALOUM, M. OBOLENSKY et L. RAMOS participent à cette expérience, ainsi que M^{me} M.G. ESPIGAT en tant que collaboratrice technique.

Les clichés sont examinés, avant mesure, sur les tables BESSY de la Halle aux Vins, notamment par : J. BOUCHER, E. CARVALHO, T. DUONG, R.H. LE BIHAN, N. VAN TAN, F. OTT, L. ROBERT-LOPES, M. SOUMANA, F. TEMBELY.

2.2. Recherche des anomalies étroites dans la diffusion élastique à grand angle π^- - proton (S 153) [4]

Nous avons terminé l'acquisition des données, en couvrant toute la zone de moment incident de 5.7 à 13 GeV/c.

L'analyse des données touche à sa fin et doit faire l'objet de la thèse de doctorat d'Etat de Jacques CHAUVÉAU, et de diverses publications en cours de rédaction. L'incertitude relative sur l'impulsion incidente est typiquement de 3.10^{-4} .

Nous n'avons pas vu de résonance telle que le produit de la largeur par le carré de l'élasticité soit, par exemple à 10 GeV/c, supérieur à 2 eV. Afin de parvenir à ce niveau de sensibilité, il a fallu développer des méthodes statistiques originales.

Sur le même faisceau, l'expérience S 157 a été poursuivie et achevée après S 153. Elle consistait dans la recherche de résonances étroites, cette fois dans la mesure de la section efficace totale π^-p .

Toute la région d'impulsion incidente comprise entre 2 et 14 GeV/c, a été explorée par pas de $\Delta p/p$ de $5 \cdot 10^{-2}$.

La précision statistique relative de chaque mesure est $\Delta\sigma/\sigma = \pm 0.3 \%$. Dans ces limites, nous n'avons pas vu de structure significative.

Cette expérience se prolongera par une mesure dans les mêmes conditions de la section efficace totale $\pi^\pm p$ de 2 à 14 GeV/c. Cette expérience doit être terminée avant l'arrêt du S.P.S., fin août 1980.

Au point de vue technologique, nous n'avons pas eu à développer de nouvelles techniques, mais seulement à apprécier, après 3 ans de fonctionnement, un démontage et un remontage, l'excellente tenue des hodoscopes de faisceau à guide à air, en mylar aluminisé, en particulier celui au pas de 5 mm.

Collaboration C.E.R.N., L.P.N.H.E. X.

Membres du laboratoire participant à cette expérience :

M. BENAYOUN, J. CHAUVÉAU, J. DA PIEDADE, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, R. SENÉ, J. TOCQUEVILLE, J.P. VILLAIN.

2.3. Etude des états « baryonium » ($N\bar{N}$)

Il s'agit de confirmer et de rechercher des résonances mésoniques formées de 2 quarks et 2 antiquarks, et donc fortement couplées aux états baryon-antibaryon.

Deux expériences ont été réalisées avec un faisceau π^+ de 20 GeV/c dans le spectromètre OMEGA du C.E.R.N., équipé de nouvelles chambres proportionnelles.

La première prise de données (juin-juillet 1979), avait pour but la recherche de résonances étroites, neutres ou simplement chargées, associées à un Δ^{++} ou à proton rapide.

La seconde expérience (février-mars 1980), s'intéressait principalement aux états doublement chargés associés à un Δ^0 .

Durant ces 2 prises de données, 10 millions d'événements ont été recueillis sur bandes magnétiques et sont actuellement en cours d'analyse.

Ces expériences ont été réalisées en collaboration avec les laboratoires du C.E.R.N., de Neuchâtel et de l'Ecole Polytechnique. Les physiciens du Collège de France sont : A. de BELLEFON, P. BILLOIR, J.M. BRUNET, P. FRENKIEL, B. LELIEVRE, D. POUTOT, G. TRISTRAM et A. VOLTE. Collaborent également à cette expérience : C. AUBRET, P. BENOIT, J. BRISSAUD, C. FRITSCH et D. LEVAILLANT.

2.4. Recherche de dibaryons

L'expérience S 159 au C.E.R.N. étant destinée à rechercher des états liés de 2 baryons H_2^- d'étrangeté -2 , prévus par le modèle du sac du M.I.T., par la réaction $K^- d \rightarrow K^+ + MM^-$. Les données accumulées au niveau de 20 evts/nb sont en cours d'analyse. Déjà, le candidat H_1^+ ($S = -1$) trouvé en chambre à bulles a été confirmé dans la réaction $K^- d \rightarrow \pi^- + H_1^+$.

J. VRANA collabore à cette expérience avec Saclay, Rome et Vanderbilt.

3. ÉTUDE DE LA STRUCTURE DES HADRONS

3.1. Expériences « Lézard » [5-9]

Le spectromètre Lézard [9] mesure les paires de lepton produites lors de la diffusion de hadron (π^\pm , K^- , p , \bar{p}) sur des nucléons (processus dit de Drell-Yan). De cette mesure on tire des informations sur la structure interne de ces particules hadroniques (distribution des quarks dans les hadrons).

La prise de données, qui s'est poursuivie presque sans interruption de septembre 1978 à juin 1980, a permis :

- de vérifier la validité du modèle de Drell-Yan naïf,
- de déterminer les fonctions de structure du méson π ,
- de mesurer le rapport entre les fonctions de structure des mésons π et K ,
- de comparer avec précision les fonctions de structure du proton obtenues d'une part dans cette expérience (processus de Drell-Yan), et d'autre part dans la diffusion de neutrino (diffusion profondément inélastique),
- de mettre en évidence une importante différence entre les prédictions du modèle de Drell-Yan naïf et les mesures. Cette différence pourrait s'interpréter comme la mise en évidence d'interactions faisant intervenir des gluons : elle ne pourrait donc s'expliquer que dans le cadre de la chromodynamique quantique.

En ce qui concerne les états résonants se désintégrant en paires de muons, nous avons obtenu les résultats suivants :

- production d'upsilon (9.5 GeV) par des pions positifs et négatifs,
- production de ψ avec des moments transverses élevés (plus de 1 GeV), ce qui pose des questions quant à leur mécanisme de production,
- production de ρ , ω et φ à grand moment transverse.

Ce programme doit se poursuivre dans les directions suivantes :

— étude des particules accompagnant la production de paires de muons pour la recherche d'une éventuelle production de « beauté », et l'élucidation des mécanismes d'interaction des quarks,

— étude de la production de photons directs dans l'interaction quark-antiquark.

Cette expérience est réalisée en collaboration avec le C.E.R.N., le L.A.L., l'X et Saclay.

Les participants du Laboratoire à cette expérience sont : M. CROZON, P. DELPIERRE, P. ESPIGAT, T. LERAY, J. MAILLARD, A. TILQUIN, J. VALENTIN avec les contributions de A. BAZAN, P. BONIERBALE, D. BROSZ-KIEWICZ, A. COMMERÇON, P. COURTY, A. DIACZEK, L. HERTEAULT, J.P. JOBEZ, C. LAMY, D. MARCHAND, P. MARQUESTE, J. MAS, M. PAIRAT, J.P. PENCOLÉ, G. SAGET, R. SAIGNE, D. SOTIRAS, J.P. TURLOT, M. VASSENT, J. VERGNE, H. VEY.

3.2. *Etude des événements à grande impulsion transverse dans les collisions pp à $\sqrt{s} = 63$ GeV au S.F.M. [2], [10-16]*

La collaboration A.C.C.D.H.W. (Annecy, C.E.R.N., Collège de France, Dortmund, Heidelberg, Varsovie) réalise, aux I.S.R. du C.E.R.N., la seconde partie de l'expérience R 416 approuvée en 1976. Le but est l'étude des événements comportant une particule à grande impulsion transverse (p_T) jusqu'à environ 8 GeV/c.

L'appareillage est essentiellement le même que pour l'étude des événements comportant un électron direct émis à $p_T \gtrsim 500$ MeV/c. Le déclenchement se fait sur une particule émise à 45° et dont l'impulsion transverse est supérieure à 4 GeV/c (calcul en ligne de l'impulsion par un programme de reconstruction simplifié).

Début avril 1980, la statistique accumulée est d'environ $3 \cdot 10^6$ événements. La mise au point des programmes de reconstruction est pratiquement terminée et les premiers résultats expérimentaux seront présentés aux conférences de l'été 1980.

4. ÉTUDE DES NOUVELLES SAVEURS

4.1. Observation de particules charmées dans les collisions $\bar{p}p$ au S.F.M. [1], [17-18]

L'expérience menée en 1978 auprès des I.S.R. du C.E.R.N. sur l'aimant S.F.M. par la collaboration A.C.C.D.H.W. (Annecy, C.E.R.N., Collège de France, Dortmund, Heidelberg, Varsovie) a été exploitée et analysée au cours de l'année 1979.

Le but était la recherche de particules charmées dans l'interaction pp à $\sqrt{s} = 62$ GeV, dans un lot d'événements caractérisés par la présence d'un électron de moyenne énergie.

L'idée sous-jacente à ce déclenchement est que les particules charmées sont produites en paire charme-anticharme. L'un de ces états subit une désintégration semi-leptonique que l'on identifie par son électron, l'autre se désintègre hadroniquement et c'est cette autre particule associée que l'on reconstruit et identifie en traitement différé.

Toute une chaîne de traitement nous a permis d'apurer un lot de 9 000 événements, parmi lesquels nous avons pu retrouver la production de mésons charmés $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ que nous avons déjà observée avec un autre déclenchement et surtout de mettre en évidence les productions de baryons charmés $\Lambda_c^+ \rightarrow K^- \pi^+ p$ et $\bar{\Lambda}_c \rightarrow K^+ \pi^- \bar{p}$.

L'association non équivoque de ces signaux aux productions charmées est établie par la corrélation prévue entre le signe de l'électron et celui de la résonance observée.

Cette première mise en évidence significative de la production de baryons charmés en collision hadronique montre que les sections efficaces de production sont plus grandes que les théories ne le prédisaient.

L'expérience a été menée par M^m P. BURLAUD, G. FONTAINE, P. FRENKIEL, C. GHESQUIERE, Y. GIRAUD HERAUD et G. SAJOT.

M^m S. EJZMAN et J. LUCIANI ont participé au traitement des données et M^m G. BORDES s'est associée à l'étude théorique des données du S.F.M.

4.2. Expériences utilisant le Spectromètre Hybride Européen (E.H.S.)

Une grande partie des détecteurs formant le spectromètre est maintenant installée et testée sur le site expérimental, en association avec la petite chambre à bulles européenne à cyclage rapide (L.E.B.C.). Plusieurs centaines de milliers de photographies doivent être prises durant la période mars-juin 1980. Les conditions de fonctionnement et la sensibilité de l'appareillage

sont plus particulièrement adaptées à la détection des particules dont la durée de vie va de 10^{-12} à 10^{-13} secondes, leurs parcours moyens correspondants allant d'une centaine de μm à quelques millimètres (analyse à grandissement élevé). L'observation de quelques milliers de particules charmées et éventuellement de quelques dizaines de particules pourvues de beauté est attendue. Une détermination plus précise de leur durée de vie et des rapports de branchement de leurs divers modes de désintégration doit en découler.

J. DOLBEAU assume plus particulièrement notre collaboration à cette expérience. Parallèlement, le groupe des chambres à bulles poursuit sa participation à l'élaboration de l'expérience $\bar{p}p$ devant utiliser le spectromètre européen complètement achevé, et associé à la chambre à bulles à cyclage rapide de taille moyenne initialement projetée. De la même façon, ce groupe maintient sa collaboration à une expérience prévue pour fin 80 à Batavia (Laboratoire Fermi-U.S.A.) et qui utilise le Spectromètre Hybride Européen. Les premières phases de la collaboration reposent principalement sur P. LUTZ qui termine un séjour d'étude sur place, au M.I.T. et sur J.L. NARJOUX qui supervise l'adaptation de l'analyseur en spirale (L.S.D.) à la mesure des jets.

P. BEILLIERE, C. DEFOIX, M. LALOUM sont également associés à ces tâches.

4.3. Recherche des bosons intermédiaires (W^\pm , Z^0) et des « saveurs » nouvelles dans les collisions $\bar{p}p$ à $\sqrt{s} = 540 \text{ GeV}$

Nous participons à l'équipement de la zone expérimentale U.A.1 sur le S.P.S. du C.E.R.N. aménagé en anneau d'intersection $\bar{p}p$. Nous réalisons en particulier le détecteur avant ($1.5^\circ < \theta < 5^\circ$) qui comporte :

- Des chambres à dérive mesurant les traces chargées.
- Un calorimètre électromagnétique pour identifier et mesurer les γ et les électrons.
- Un calorimètre hadronique donnant l'énergie hadronique totale portée par les hadrons neutres et chargés.
- Des chambres proportionnelles placées dans les calorimètres en vue de détecter la position des gerbes se développant dans le calorimètre.

L'année 1979 a été principalement axée sur la production, les tests et la mise en place progressive de ces appareillages qui nous ont amenés à développer des procédés et techniques nouvelles. L'expérience devrait débiter mi-1981.

L'intérêt de la partie avant du détecteur a été récemment mis en relief par la découverte que ces régions cinématiques étaient particulièrement

riches en particules charmées, et seront sans doute aussi intéressantes pour l'étude de saveurs nouvelles : « beauté », « vérité »... associées aux quarks b et t .

En novembre 1979, un colloque organisé au Collège de France par G. FONTAINE a réuni 70 participants théoriciens et expérimentateurs européens et américains et a montré tout l'intérêt de cette région avant du détecteur.

Les physiciens participants à cette expérience sont :

L. DOBRZYNSKI, B. EQUER, G. FONTAINE, C. GHESQUIÈRE, D. KRYN, J.P. MENDIBURU.

La majorité des techniciens du Laboratoire contribue à ce projet qui implique un énorme effort technique :

En mécanique : A. DIACZEY, G. DESCOTES, D. MARCHAND, P. SALIN, A. COMMERÇON, J.C. COUILLARD, P. DARBELLEY, Y. GODAR, F. HRABINA, P. PAIRAT, A. PATIOU, J.P. PENCOLÉ, J.P. RÉNY, C. ROBERT, R. SAIGNE, R. SALOMONE, D. SOTIRAS, H. VEY.

En électronique : M.H. ANDRADE, R. BRUÈRE-DAWSON, J.J. JAEGER, P. MARQUESTE et M. BERMOND, D. BROSZKIEWICZ, J. DA PIEDADE, D. MONNOT, P. REINHARDT, P. TARDY, J. WAISBARD.

En informatique : L. GUGLIELMI, S. EJZMAN, R. MERZOUG et J. LUCIANI.

Le projet U.A.1 est réalisé en collaboration avec les laboratoires suivants : Aix-la-Chapelle, L.A.P.P. Annecy, U. of Birmingham, C.E.R.N., Queen Mary College, U. of Riverside, Rutherford Lab., C.E.N. Saclay, Vienne.

5. INSTRUMENTATION

5.1. *Appareils de mesure de clichés de chambres à bulles*

5.1.1. Lecteur en Spirale Digitisée (L.S.D.)

Au cours de l'année 1979, le L.S.D. a fourni 43 221 mesures ou remesures pour le L.P.N.H.E. de Paris VI. Parallèlement, son adaptation aux mesures des clichés à venir de F.N.A.L. et de l'E.H.S. (cf. § 4.2.) s'est poursuivie. Le circuit de détection de traces a été adapté à la détection de traces fines et serrées, le circuit de préfiltrage a été étendu pour pouvoir traiter des hautes multiplicités. Enfin, les études pour l'adaptation aux nouvelles tailles de clichés ont été conduites.

L'équipe technique du L.S.D. est composée de J.C. COUILLARD, M. FORLEN, L. GUGLIELMI, J.P. RÉNY, P. ROSSEL ; et les opérateurs sont R. REDJALA, A. BEN RAIS, J. LUCIANI, S. LANTZ, A. MALEZIEUX, E. de VASCONCELLOS-CRUZ, I. KEITA, R. GUILLAO et Y. GUICHARD.

5.1.2. Analyseurs à tube cathodique (C.R.T.)

Les deux lecteurs, en ligne sur CYBER 72 et opérationnels pour le traitement des photographies en grandes chambres, fonctionnent pleinement pour la mesure des clichés de la chambre à bulles B.E.B.C. (voir § 2.1.).

A ce travail d'exploitation, effectué conjointement avec le L.P.N.H.E. de l'Université Pierre-et-Marie-Curie, participent C. DEFOIX, R. DELGADO et J. GILLY en tant que chefs opérateurs et M. LAVERGNE et A.M. DUBOUR-DEAU en tant qu'opératrices.

M. BATLLO, A. KARAR et J. WAISBARD ont assuré la maintenance du matériel avec C. ROBERT.

A. KARAR avec M. ABBES et M. BATLLO ont parallèlement poursuivi l'étude et la réalisation des développements de ce matériel qui nécessite la mesure ultérieure des photographies issues du Spectromètre Hybride Européen (cf. § 4.2.) : circuits et algorithmes de détection de trace adaptés à la mesure des jets, boule de pointé substituée au photostyle, contrôles de maintenance et de bon fonctionnement du matériel gérés par l'ordinateur, visualisation en ligne des résultats de la mesure superposés sur la vidéo de l'événement.

M. BATLLO, R. ESCHYLLE et R. MERZOUG assurent également la réalisation des développements correspondants au niveau du logiciel.

5.2. Réalisations de mécanique

Le Laboratoire réalise la plupart des instruments dans ses propres ateliers, même et c'est regrettable, en ce qui concerne les gros appareils (cf. U.A.1 § 4.3.), où il serait plus rationnel de commander les séries à l'extérieur, afin de confier à nos techniciens et ouvriers hautement spécialisés les travaux délicats de fabrication et de mise au point des prototypes ou des parties spécialement délicates.

Le Bureau d'Etudes est composé de P. BONIERBALE, G. DESCOTES, J.P. JOBEZ et D. MARCHAND. Il intervient pour la grosse majorité des instruments cités dans ce paragraphe et dans la description des expériences.

Dans les ateliers, A. COMMERÇON, P. DARBELLEY, F. HRABINA, M. PAIRAT, A. PATIOU, J.P. PENCOLÉ, J.P. RÉNY, C. ROBERT, G. SAGET, R. SAIGNE, R. SALOMONE, D. SOTIRAS, H. VEY ont tous participé à l'effort de préparation et de construction de l'expérience U.A.1, tout en assurant par ailleurs un minimum vital d'aide aux autres groupes, ce qui donne un aperçu de l'exercice acrobatique que constitue pour A. DIACZEK la coordination réussie entre ces activités.

5.3. Réalisation en Electronique et Micro-informatique

Nous ne pouvons citer à nouveau les contributions des électroniciens du Laboratoire aux diverses activités, tant leur intervention se situe au cœur même de ces activités. Relevons cependant un phénomène qui, par son ampleur et son importance pour l'avenir, est appelé à modifier sensiblement les conceptions futures de l'électronique. Nous parlons de l'intégration de microprocesseurs au sein de l'électronique des expériences.

Deux équipes du Laboratoire ont entrepris d'incorporer des microprocesseurs Motorola M 6800 dans leurs réalisations. Leurs optiques sont légèrement différentes. L'équipe d'U.A.1 (S. EJZMAN, G. FONTAINE, L. GUGLIELMI, J.J. JAEGER, P. TARDY) s'oriente vers des modules plus spécialisés, affectés dans le cadre de cette grosse expérience à des tâches répétitives (tests de scintillateurs et de leurs P.M., tests des calorimètres, routage de messages). L'équipe du Léopard (P. COURTY, J. VALENTIN, J. VERGNE) s'oriente vers des modules plus versatiles, et par suite mieux équipés en périphériques propres (écran, imprimante, mini-disque). Cependant, les ressemblances sont importantes : ces microprocesseurs sont intégrés dans des systèmes C.A.M.A.C. Ils peuvent être connectés à un ordinateur central, afin de bénéficier des moyens d'un centre de calcul pour la mise au point ou pour le traitement des informations accumulées.

Ces deux équipes tournent maintenant leur intérêt vers le microprocesseur M 68 000 du même fabricant.

5.4. Recherche de nouvelles voies en instrumentation

5.4.1. Développement des utilisations des chambres à lecture bidimensionnelle

Les chambres à fils ne mesurant qu'une coordonnée à la fois, cela devient une opération longue et coûteuse pour les événements à haute multiplicité de comparer les indications de chambres orientées selon 3 directions afin d'en tirer les bonnes associations de fils.

L'expérience Léopard a pensé qu'il serait intéressant, au moment de supprimer le filtre à muons, de disposer d'une chambre supplémentaire à lecture cathodique dans les deux dimensions simultanément (chambre à cellules, ou à damiers), afin d'abrégier ces opérations. Elle a donc construit une chambre à 400 cellules. Cette réalisation n'a demandé que 3 mois (P. BONIERBALE, P. DELPIERRE, L. HERTEAULT, G. SAGET, J.P. TURLOT).

Cette chambre est actuellement essayée sur un faisceau d'électrons, pour étudier l'intéressante possibilité de localisation de la gerbe dans un calorimètre électromagnétique, avec lecture directe.

5.4.2. Développement d'un Cerenkov à image à large acceptance [19]

Le détecteur Cerenkov à gaz permet de mesurer avec précision la vitesse des particules, donc de les identifier. Il faut pour cela mesurer l'angle d'émission de la lumière Cerenkov.

Un dispositif à grande ouverture et haute sensibilité est étudié : il s'agit d'un radiateur à Argon, suivi d'une optique, qui focalise le rayonnement Cerenkov U.V. sur une chambre proportionnelle multi-étages sensibilisée à la Triéthylamine. Les résultats préliminaires (7 photons détectés en moyenne pour 1 m de radiateur) sont en cours de publication (J. TOCQUEVILLE, en collaboration avec J. SEGUINOT (Caen) et T. YPSILANTIS (Ecole Polytechnique)).

5.4.3. Autres développements

Un groupe de recherche en instrumentation s'est constitué au Laboratoire. Il a déjà réalisé une partie de l'instrumentation de base (chambre ultra-propre, installations de tests de détecteurs à gaz très purs). Il étudie également la possibilité d'utiliser les cellules solaires commerciales pour des détecteurs de grandes dimensions. Enfin, il favorise les échanges d'idées par l'organisation d'un séminaire mensuel (M. ABBES, P. BONIERBALE, P. DELPIERRE, B. EQUER, L. HERTEAULT, A. KARAR, P. LERUSTE, G. SAGET, J.P. TURLOT, A. SOKOLSKY).

5.5. Informatique

Les travaux en informatique sont en général intégrés dans les comptes rendus d'expériences correspondants. Nous ne citerons donc ici que des travaux d'intérêt plus général : Assistance générale et coordination (A. FAYE) ; développement de programmes pour traceur graphique (M. TOURÉ) ; exploitation systématique de données, notamment pour les expériences citées en 2.2. et 3.1. (C. POUTOT).

6. TRAVAUX DE THÉORIE

— *Rétro-factorisation dans les collisions photon-photon* (C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI) [20-26]

Les auteurs ont étudié, sur la base du formalisme d'hélicité, les problèmes de rétro-factorisation, c'est-à-dire d'extraction (sous forme d'un seul terme ou d'un petit nombre de termes) de l'information sur $\gamma\gamma \rightarrow X$ à partir de la mesure expérimentale portant sur le processus $ee \rightarrow eeX$. Des conditions de validité ont été définies, et des tests numériques effectués, pour diverses configurations : double étiquetage des électrons ; simple étiquetage ; configuration inélastique dans le contexte de la mesure des fonctions de structure du photon.

— *Comparaison entre divers spectres de photons équivalents* (C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI)

Les auteurs ont comparé, analytiquement et numériquement, divers spectres de photons équivalents utilisés dans la littérature. Ils ont montré que, pour des collisions photon-photon, la formule de Dalitz-Yennie (ou de Brodsky-Kinoshita-Terazawa) est inappropriée dès lors que les électrons sont étiquetés à angle fini.

— *Corrections radiatives dans les collisions photon-photon* (G. COCHARD et S. ONG)

De nouveaux calculs ont été effectués sur les corrections radiatives dans les processus $ee \rightarrow eeX$, soit en l'absence d'étiquetage, soit dans le cas d'un double étiquetage des électrons.

— *Chromodynamique quantique et jets à grand p_T* (A. NICOLAÏDIS) [27-28]

L'auteur a généralisé la formule de Sterman-Weinberg pour la production de jets dans l'annihilation e^+e^- . Actuellement, il étudie les jets hadroniques associés à un « trigger » de photons. Il étudie également les distributions d'acoplanarité dans les réactions à grand p_T .

— *Fonction de structure du photon* (A. NICOLAÏDIS)

Une paramétrisation simple a été donnée pour cette fonction de structure.

— *Production de bosons de Higgs* (N. ARTEAGA-ROMERO et A. NICOLAÏDIS)

Cette production a été étudiée à la fois dans l'annihilation e^+e^- et dans les collisions.

— *Application des équations d'Altarelli-Parisi en électrodynamique quantique* (A. NICOLAÏDIS)

Cette application devrait permettre de calculer les corrections radiatives en Q.E.D. à tous les ordres vis-à-vis de la constante.

— *Neutrinoproduction de pions à basse énergie* (H. ICHOLA)

Ce travail, effectué dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat d'Etat, est maintenant achevé. La thèse sera soutenue à la rentrée 1980-1981.

— *Corrections intervenant dans le processus $\gamma\gamma \rightarrow q\bar{q}$* (G. MISSONNIER)

Les corrections vis-à-vis du calcul le plus élémentaire (corrections gluoniques, corrections radiatives, corrections à la méthode du double spectre

équivalent de photons) font l'objet d'une étude qui devrait fournir matière à une thèse de troisième cycle.

— *Méthodes non-perturbatives en électrodynamique quantique appliquées aux corrections radiatives* (C. CHAHINE) [29-30]

La méthode non-perturbative, basée sur l'utilisation d'une fonction spectrale que nous avons introduite dans des travaux antérieurs, a été utilisée dans le calcul pratique des corrections radiatives à la diffusion électro-proton. C'est ainsi que nous avons obtenu simplement les formes radiatives du pic élastique et des résonances ainsi que celles du spectre continu.

Poursuivant cette approche, nous avons pu montrer, rigoureusement, le réarrangement de la série de perturbations où la fonction spectrale joue un rôle essentiel. La nouvelle série, caractérisée par le nombre de photons « obliques », élimine les divergences infrarouges et ne fait intervenir aucun paramètre de coupure. Dans le domaine de diffusion très inélastique, la section efficace que nous prédisons est sensiblement plus élevée que celle de la théorie habituelle. Ce résultat peut expliquer l'état actuel des violations d'échelle dans ce domaine.

7. ACTIVITÉS DIVERSES

7.1. *Utilisation de l'énergie solaire* [31-32]

P. RIVET exerce le rôle de conseiller scientifique du Programme de Recherche pour le développement de l'énergie solaire du C.N.R.S. (P.I.R.D.E.S.) en ce qui concerne les applications au chauffage (ou à la climatisation) de l'habitat.

Il continue à collaborer avec le groupe de l'I.N2.P3. d'Orsay sur ce thème.

Le P.I.R.D.E.S. a décidé de porter son effort principal sur les techniques de chauffage dites « passives » parce qu'elles utilisent de préférence les éléments constitutifs du bâtiment traditionnel pour capter et stocker l'énergie solaire.

Ces techniques passives ont de bons rendements de captation mais leur utilisation trouve sa limite dans la difficulté de diriger vers les éléments stockeurs l'important flux d'énergie des journées ensoleillées du printemps et de l'automne.

La filière du chauffage à air faisant appel à une technique hybride peut réaliser un bon compromis entre les voies actives et passives. Cette filière est étudiée avec le groupe d'Orsay.

7.2. *Etude des vitraux médiévaux* [33-34]

Les méthodes mises au point par M. SPITZER-ARONSON et P. SOLEILLET pour la détermination de la microstructure chimique de verres de vitraux médiévaux très inhomogènes, ont eu deux belles confirmations, pour des hypothèses qui paraissaient hardies :

— La composition reconstituée des métaux utilisés comme colorants dans des verres romans mosans retrouvés en Angleterre correspond à celle récemment établie des Fonts baptismaux de Notre-Dame-des-Fonts.

— La découverte de plomb à la surface interne de vitraux de la Cathédrale d'Aumale a été reliée à l'existence d'un incendie au XVI^e siècle, où la couverture en plomb du transept a fondu, selon une évidence documentaire.

Une nouvelle caractéristique est à l'étude : la morphologie et la distribution des microcristaux qui peuvent correspondre à un début de dévitrification. Ceci pourrait donner des renseignements supplémentaires sur les modes de fabrication.

LISTE DES PUBLICATIONS

1. G. SAJOT, *Etude de la production du baryon charmé Λ_c^+ associé à un déclenchement électron dans les collisions proton-proton à $\sqrt{s} = 63 \text{ GeV}$* (Thèse de Doctorat d'Etat, avril 1980).
2. P. BURLAUD, *Contribution à l'étude des réactions inclusives de particules chargées à grand moment transverse dans les interactions pp à $\sqrt{s} = 53 \text{ GeV}$ aux I.S.R. du C.E.R.N.* (Thèse de Doctorat d'Etat, juin 1979).
3. R. NACASCH, *Etude du système $K\bar{K}\pi$ dans les annihilations $p\bar{p} \rightarrow K\bar{K}n\pi$ ($n \geq 1$) à $700 \text{ MeV}/c$* (Thèse de Doctorat d'Etat, juin 1979).
4. P. BAILLON et al., *Search for narrow baryon resonances* (Contribution orale à la « E.P.S. International Conference on High Energy Physics, Genève, 1979 » (Rapport L.P.C. 79/32).
5. J. BADIÉ et al., *First evidence for upsilon production by pions* (*Phys. Lett.*, 86 B, 79, 98).
6. J. BADIÉ et al., *Results of the C.E.R.N. N.A.3 experiment on muon pair production in hadron collisions* (Proc. International Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Fermilab, Aug 1979).
7. J. BADIÉ et al., *Experimental Cross Section for Dimuon Production and the Drell-Yan Model* (*Phys. Lett.*, 89 B, 79, 145).

8. J. BADIÉ et al., *Measurement of the K^-/π^- Structure Function Ratio using the Drell-Yan Process* (Prétirage C.E.R.N.-E.N./80-48 à paraître dans *Physics Letters*).
9. J. BADIÉ et al., *A Large Acceptance Spectrometer to Study High-mass Muon Pairs* (Prétirage C.E.R.N.-E.P./80-36 à paraître dans *Nucl. Inst. Meth.*)
10. D. DRIJARD et al., *Production of θ -mesons in proton-proton Interactions at $\sqrt{s} = 52.5$ GeV* (Contribution présentée à la Conférence de Genève [cf. supra], Rapport L.P.C./79-12).
11. D. MAITI, *L'enveloppe convexe d'un ensemble de points du plan : algorithme commenté en problème et programme* (*Les cahiers de l'analyse des données*, 4, 1979, 175).
12. D. MAITI, *Programme de construction et de tracé d'une enveloppe convexe en trois dimensions* (*Ibid.*, 4, 1979, 189).
13. D. MAITI, *Effet Guttman sur le tableau de Burt associé à des variables fortement liées, modèle général et exemple d'application* (*Ibid.*, 4, 1979, 261).
14. D. MAITI, *Sur les hodographes en physique de haute énergie : les événements proton-proton aux I.S.R. ; étude statistique de leurs invariants géométriques* (*Ibid.*, 4, 1979, 271).
15. D. MAITI, *Calcul de divers angles associés aux sommets d'un polyèdre convexe* (*Ibid.*, 4, 1979, 281).
16. D. MAITI, *Programme d'homogénéisation et d'analyse d'un tableau de données hétérogènes (STEKMA-1)* (*Ibid.*, 4, 1979, 465).
17. D. DRIJARD et al., *Quantum Number Effects in events with a charged Particle with Large p_T . Part. II : Charge correlation in Jets* (Prétirage C.E.R.N.-E.P./79-106, soumis pour publication à *Nuclear Physics*).
18. DRIJARD et al., *Charmed Baryon Production at the C.E.R.N. I.S.R.* (*Phys. Lett.*, 55 B, 1979, 452).
19. J. SEGUINOT et al., *Imaging Cerenkov Detector : Photoionization of Triethylamine* (Rapport C.E.R.N./E.P./79-161).
20. C. CARIMALO et al., *Analysis of virtual $\gamma\text{-}\gamma$ collision processes in the deep-inelastic configuration* (*Phys. Rev.*, D 20, 1979, 2170).
21. C. CARIMALO et al., *Interpretation of single-tagged events in $\gamma\text{-}\gamma$ experiments* (*Phys. Rev.*, D 21, 1980, 669).

22. C. CARIMALO et al., *A Dalitz-Yennie type equivalent-photon spectrum for $\gamma\text{-}\gamma$ collisions in electron storage rings* (Prétirage L.P.C. 79-18 à paraître dans *Phys. Rev.*).
23. C. CARIMALO et al., *The equivalent-photon approximation for virtual $\gamma\text{-}\gamma$ interactions* (Prétirage L.P.C. 79-30, à paraître dans *Proc. Int. Conference on two-photon interactions, Lake Tahoe, 1979*).
24. C. CARIMALO et al., *Ueber die Analyse der $\gamma\text{-}\gamma$ -Kollisionen in Elektro-nenspeicherringen* (Rapport DESY-PLUTO 79-02).
25. N. ARTEAGA-ROMERO et al., *Update on photon-photon collisions* (Rapport L.P.C. 80-06).
26. S. ONG et al., *A double equivalent-photon approximation including radiative corrections for photon-photon collision experiments* (Rapport Université de Picardie, L.P.T.P., 80-01).
27. A. NICOLAÏDIS, *A simple parametrization of the structure function of the photon* (*Nucl. Phys.*, B 163, 1980, 156).
28. A. NICOLAÏDIS, *Q.C.D. Corrections for Higgs boson Production* (Prétirage L.P.C. 79-124, à paraître dans *Physics Letters*).
29. C. CHAHINE, *Non perturbative method for radiative corrections applied to lepton-lepton scattering* (Prétirage L.P.C. 79-28, à paraître dans *Physical Review*).
30. C. CHAHINE, *Large nonperturbative effects for small x_E in lepton-proton scattering* (Prétirage L.P.C. 80-03).
31. C. DONG-VU, P. RIVET, *Interseasonal Thermal Storage on a Large rock-bed connected to air Solar Collectors (Numerical Simulation)* (Int. Congress of Building Energy Management, Poroa de Varzim, 1980).
32. P. RIVET, *Analyse physique élémentaire de l'équation simplifiée du capteur plan à air en régime stationnaire* (Prétirage L.P.C. 79-23, soumis à la *Rev. Phys. App.*).
33. M. SPITZER-ARONSON, *A new corrosion study by electronic treatment of digitalized X-Rays images* (*Rivista della Stazione Sperimentale Del Vetro*, n° 5, 1979).
34. M. SPITZER-ARONSON, *Techniques d'étude des vitraux médiévaux par coordination de plusieurs appareils de Physique* (*Dossiers de l'Archéologie*, n° 42, 1980).
35. C. DEFOIX et al., *Experimental analysis of $\bar{p}p$ interactions between 0 and 1.2 GeV/c; evidence for a $\bar{p}p \rightarrow 5\pi$ effect near 1950 MeV/c²* (*Nucl. Phys.*, B 162, 1980, 12).

36. P. ESPIGAT et al., *Experimental analysis of the properties of the five pions effect observed in $\bar{p}p$ annihilations near 1959 MeV/c²* (Ibid., B 162, 1980, 41).
37. P.F. LOVERRE et al., *Study of the $K_S^0 K_S^0$ system produced in the reaction $\pi^- p \rightarrow K_S^0 K_S^0 n$ et 3.95 GeV/c* (Prétirage L.P.C. 79-33).

SÉMINAIRES DU LABORATOIRE

Mercredi 12 mars 1980 : *Nouvelle mise au point sur les collisions photon-photon*, par P. KESSLER (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 19 mars 1980 : *Résultats récents de l'expérience Lézard*, par P. DELPIERRE (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 26 mars 1980 : *Vérification expérimentale de la violation des identités de Bell. Conséquences théoriques*, par B. D'ESPAGNAT (Phys. Théor. et Part. Elém. - Orsay).

Mercredi 23 avril 1980 : *Effets non perturbatifs importants dans le « Deep inélastiques » des petits x_B* , par C. CHAHINE (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 7 mai 1980 : *Projets expérimentaux de mesure de la vie moyenne du Nucléon*, par R. BARLOUTAUD (D.Ph.P.E. - Saclay).

Mercredi 21 mai 1980 : *Photoproduction de particules charmées et de mésons vecteurs dans le spectromètre Oméga*, par Y. PONS (L.P.N.H.E. - Paris VI).

Mercredi 28 mai 1980 : *Formation de l'image de la radiation Cerenkov émise dans l'ultra-violet. Progrès dans les techniques de détection et limitations. Applications - Résolution en $\frac{\Delta\gamma}{\gamma}$* , par J. SEGUINOT (Université de Caen).

Mercredi 4 juin 1980 : *Anneau d'anti-protons à basse énergie. Le projet « LEAR ». Caractéristiques de la machine*, par P. LEFEVRE et D. MÖHL (C.E.R.N.).