

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

Le cours de l'année 1978-1979 portait le titre présomptueux de « Structure des Particules ». Il s'agissait en fait de présenter de façon ordonnée les idées actuelles sur les quarks et leur rôle dans l'architecture des particules et de leurs interactions, ainsi que sur les grands mécanismes qui fondent les théories actuellement courantes : groupes de jauge, brisure spontanée de symétrie, mécanisme de Higgs et angles de Cabibbo généralisés. Les vérifications expérimentales existantes ou concevables ont été discutées en relations avec les théories présentées.

M. F.

SÉMINAIRES DU LABORATOIRE

Mercredi 14 mars 1979 : *Collisions photon photon dans les anneaux $e^+ e^-$* , par P. KESSLER (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 21 mars 1979 : *Photoproduction de mésons charmés*, par B. D'ALMAGNE (L.A.L. - Orsay).

Mercredi 28 mars 1979 : *Baryonium*, par A. ROUGÉ (L.P.N.H.E. - Ecole Polytechnique).

Mercredi 4 avril 1979 : *Les sections efficaces inclusives $pp \rightarrow \pi^\pm + (X)$ à grand moment transverse et Q.C.D.*, par P. BURLAUD (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 25 avril 1979 : *Production associée de particules charmées dans les collisions pp aux I.S.R.*, par D. DI BITONTO (Harvard et C.E.R.N.).

Mercredi 9 mai 1979 : *Premiers résultats de l'expérience Lézard*, par P. DELPIERRE (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 16 mai 1979 : *Méthodes non perturbatives appliquées aux corrections radiatives ep et μp* , par C. CHAHINE (L.P.C. - Collège de France).

Mercredi 23 mai 1979 : *Revue de la production de charmes dans les réactions hadroniques. Expérience Beam Dump du C.E.R.N. Utilisation de E.H.S. pour la production de charmes*, par M. BORATAV (C.E.R.N.).

Mercredi 30 mai 1979 : *Premiers résultats de l'expérience B^** , par J. CHAUVEAU (L.P.C. - Collège de France).

1. INTERACTIONS HADRONIQUES A LONGUE PORTÉE

Les interactions hadroniques à longue portée sont un effet cohérent de tous les quarks au niveau de la particule, et sont transmises par les mésons légers, d'où leur portée. Elles conduisent à un grand nombre de résonances, de masse faible et qui deviennent fortement instables quand leur masse augmente. Un inventaire substantiel de ces résonances a été fait ces vingt dernières années, et les travaux que nous citons dans cette rubrique sont des fins d'expériences.

1.1. Analyse des résonances formées par le système $p\bar{p}$ entre 0 et 1,2 GeV/c

Cette analyse qui a abouti à la mise en évidence d'un nouvel état résonant dans la voie $p\bar{p} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0$ à $\sqrt{s} = 1949$ MeV ($\Gamma = 70$ MeV) et à l'établissement de certaines de ses propriétés ($I^G = 1^-$; $J = 2$; désintégration à travers les voies $\omega^0 \varphi^0$, $A^0 \pi^+ \pi^-$) est maintenant achevée.

Elle fait l'objet de la thèse de Doctorat d'Etat de M. Pierre ESPIGAT, soutenue en février 1979 [1].

C. DEFOIX, L. DOBRZYNSKI et M. LALOUM ont également participé à ces travaux.

1.2. Diffusion élastique K_L^0 proton

A partir d'événements enregistrés en 1975 dans l'expérience de régénération $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$, nous avons pu fournir la première mesure directe de diffusion élastique $K_L^0 p \rightarrow K_L^0 p$. La difficulté principale provient de l'incertitude sur l'impulsion du K_L^0 incident. En effet, les K_L^0 sont, après diffusion, détectés par leur désintégration $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm \mu^\pm \nu$ et on ne peut déterminer l'énergie emportée par le neutrino.

M. Ph. LERUSTE et M^{lle} J. MAS ont mis au point une méthode statistique, dite du TIPRACSE, pour extraire le maximum d'information des données

enregistrées et déduire les distributions $\frac{d\sigma}{dt}(t)$ de la diffusion élastique du K_L^0 .

Les résultats obtenus sont en bon accord avec la dominance du Poméron [5].

2. RECHERCHE DE NOUVELLES STRUCTURES RÉSONANTES

L'intérêt des physiciens se tourne actuellement vers les particules dont la composition en quarks est anormale, par exemple baryonium composé de 2 quarks et 2 antiquarks, ce qui devrait se traduire par un temps de vie anormalement long, ou un mode de désintégration anormal ($N\bar{N}$ pour le baryonium).

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

L'analyse des photographies de cette expérience réalisée la grande chambre à bulles à hydrogène du C.E.R.N. (B.E.B.C.) se poursuit sur les deux lecteurs à tube cathodique (C.R.T. voir 7.2.). Le but en est la recherche et l'étude des propriétés d'objets résonnants de masse élevée, à travers leurs modes hadroniques de désintégration (baryonium, particules charmées...).

P. BEILLIERE, C. DEFOIX, J. DOLBEAU, J.L. NARJOUX, M. LALOUM, M. OBOLENSKY et L. RAMOS participent à cette expérience.

2.2. Recherche de baryons excités

Cette expérience (code S 153 du C.E.R.N.) recherche des anomalies étroites dans la diffusion à grand angle π^- proton, dans un domaine de moments incidents entre 5,9 et 10 GeV, avec un faisceau de haute précision bien inférieure au millième. Les résultats préliminaires dans cette zone confirment l'ordre de grandeur moyen attendu, et excluent l'existence d'une résonance étroite couplée à la voie π^-p , au-dessus d'un seuil de visibilité qui est actuellement de 1200 keV. La prise de données se poursuit en dehors de cette gamme d'énergie.

Les membres du Laboratoire participant à cette expérience sont M. BENAYOUN, J. CHAUVEAU, J. DAPIEDADE, J. KAHANE, Ph. LERUSTE, C. POUTOT, R. SENÉ, J. TOCQUEVILLE et J.P. VILLAIN, avec la contribution d'A. DIACZEK et de R. SAIGNE.

Cette expérience s'effectue en collaboration avec le L.P.N.H.E. de l'Ecole Polytechnique et le C.E.R.N.

2.3. Interactions à 2 corps à grand angle (spectromètre Oméga)

Cette expérience, de technique très différente, poursuit un but très semblable à la précédente.

L'expérience elle-même a été réalisée en mai-juin 1978, avec des faisceaux incidents de π^- , K^- et \bar{p} à différentes impulsions entre 3 et 12 GeV, fournissant un total de 1 200 000 événements sur bande, répartis en deux catégories : deux particules chargées dans l'état final, ou deux neutres se désintégrant dans le spectromètre.

La chambre de coplanarité (à lecture cathodique) construite au Collège de France pour la sélection des événements dans cette expérience a fait l'objet d'une communication à la Conférence de Vienne [6].

Une partie des événements à deux particules chargées a été analysée juste après la prise de données, aux impulsions 3 et 12 GeV/c, donnant lieu à une communication à la Conférence Internationale de Tokyo [7].

Une autre analyse d'ensemble a ensuite été entreprise, la moitié des bandes étant traitées au Collège, l'autre à Neuchâtel :

— Détermination précise de l'acceptance géométrique de l'appareillage par simulation.

— Calcul de l'efficacité de la chambre de coplanarité, secteur par secteur.

— Reconstruction géométrique des événements et séparation cinématique des différents canaux. Les réactions élastiques ($\bar{p}p$, K^-p , π^-p) sont bien séparées du fond. Par contre les réactions $\bar{p}p \rightarrow K^+K^-$ ou $\pi^+\pi^-$, de section efficace beaucoup plus faible, requerront un raffinement des calculs de reconstruction pour être clairement caractérisées.

Les réactions à deux neutres ($\bar{p}p \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ ou $K^0\bar{K}^0$, $\pi^-p \rightarrow \Lambda\bar{K}^0$) posent un problème particulier car l'efficacité des programmes de reconstruction n'est pas parfaite et difficile à chiffrer. Une calibration précise de la position mutuelle des différents modules optiques du spectromètre doit être faite au préalable.

Un prolongement de cette expérience par l'étude de la diffusion élastique K^+p à grand angle a été proposé [8] et accepté comme test de l'« Oméga prime » (spectromètre muni de chambres proportionnelles à la place des modules optiques) pour mai 1979.

Collaboration C.E.R.N. - Collège de France - Neuchâtel.

Participants Collège : A. DE BELLEFON (boursier au C.E.R.N.), P. BILLOIR, J.M. BRUNET, B. LEFIEVRE, P. RIVET, G. TRISTRAM, A. VOLTE, C. AUBRET, P. BENOIT, J. BRISSAUD, C. FRITSCH et D. LEVAILLANT.

2.4. Etude des états « baryonium » ($N\bar{N}$) (spectromètre Oméga)

Cette expérience a été proposée [9] et acceptée pour le spectromètre Oméga dans sa nouvelle configuration (chambres proportionnelles). Il s'agit de confirmer et de rechercher des résonances fortement couplées à des états baryon-antibaryon, et par là distinctes des mésons ordinaires bien qu'ayant les mêmes nombres quantiques. Ces résonances seront produites par échange de baryon.

Dans une première phase (juin-juillet 79) avec un faisceau π^+ de 20 GeV/c, on cherchera à sélectionner des états $N\bar{N}$ de charge 0 ou + 1 produits à l'arrière associés à un Δ^{++} ou un proton vers l'avant.

Une phase ultérieure rechercherait des états $N\bar{N}$ de charge + 2, fournissant une preuve claire du caractère exotique de leur contenu en quarks.

Collaboration C.E.R.N. - Collège de France - Ecole Polytechnique - Neuchâtel.

Physiciens participant au Collège : A. DE BELLEFON, P. BILLOIR, J.M. BRUNET, B. LEFIEVRE, D. POUTOT, G. TRISTRAM, A. VOLTE.

3. PRODUCTION DE NOUVELLES PARTICULES A TRÈS HAUTE ÉNERGIE

3.1. Recherche des particules charmées dans les collisions $\bar{p}p$ à $\sqrt{s} = 62$ GeV au S.F.M.

L'expérience est menée en collaboration avec les laboratoires d'Annecy, C.E.R.N., Heidelberg, Dortmund et Varsovie [10 à 13].

Des données ont été prises dans le courant 78 auprès des I.S.R. du C.E.R.N. à l'aide du S.F.M., qui avait déjà été utilisé antérieurement pour l'étude des événements à grand moment transverse.

Pour cette expérience l'appareil avait été équipé de deux ensembles de détecteurs spécifiques : un ensemble de compteurs Čerenkov à seuil pour l'identification des électrons et des compteurs à scintillations utilisés en temps de vol pour l'identification des hadrons de basse énergie.

Le déclenchement destiné à enrichir les événements en production de particules charmées se basait sur la propriété de ces particules d'avoir un rapport de branchement en désintégration semi-leptonique important, donc d'être productrices d'électrons.

On déclenchait donc sur un électron identifié dans une bande d'énergie déterminée et on recherche la particule charmée associée parmi les hadrons reconstruits géométriquement et identifiés en traitement différé.

Cette étude est en cours. En parallèle l'étude s'est poursuivie des événements acquis dans les précédentes prises de données et a permis de déceler la production de mésons charmés D^\pm par ses modes de désintégration $K^*\pi$ dans la région de rapidité $y \simeq 2$. La section efficace à $\sqrt{s} = 53$ GeV est de l'ordre de quelques centaines de μ barns. Cette expérience constitue la première mise en évidence directe de la production de particules charmées dans les collisions purement hadroniques. Les résultats sont publiés [12].

Dans les nouvelles données nous espérons obtenir aussi des évidences de production de baryons charmés dont l'existence est à peine établie.

Ont participé à cette expérience : M^{me} P. BURLAUD, G. FONTAINE, P. FRENKIEL, C. GHESQUIÈRE, Y. GIRAUD-HERAUD, G. SAJOT.

Les données ont été analysées avec l'aide de M^{mes} S. EJZMAN et J. LUCIANI. M^{me} G. BORDES s'est associée à l'étude des événements à grands moments transverses pour l'étude des modèles de production.

3.2. Spectromètre « Lézard »

Le spectromètre « Lézard » est destiné à étudier la production sur cible fixe de jets à grands moments transverses, à l'aide des faisceaux externes du S.P.S. du C.E.R.N. dans le Hall Nord.

Dans une première étape, afin d'aborder de plain-pied ce programme en sériant les difficultés de mise au point [2], on a placé un filtre à muons derrière une cible mixte Pt-H₂, pour étudier la production de paires de muons, typiquement par le processus de Drell et Yan (transformation d'une paire quark-antiquark en une paire $\mu^+ \mu^-$) [14].

Les premières mesures ont débuté en septembre 1978 et ont déjà permis d'obtenir les résultats suivants :

— Fonctions de structure des quarks dans le méson π et le proton, confirmant dans le second cas le résultat obtenu par la méthode entièrement différente de diffusion du neutrino [15].

— Comparaison de la production de ψ par les diverses particules disponibles dans le faisceau (π^\pm , K^\pm , p) [16].

— Observation, pour la première fois, de la production d' Υ (Upsilon) par faisceau de pion.

Les participants du laboratoire sont : M. CROZON, P. DELPIERRE, A. DIOP, P. ESPIGAT, T. LERAY, J. VALENTIN, avec les contributions d'A. BAZAN, P. BONIERBALE, D. BROSKIEWICZ, M. COMMERÇON, P. COURTY, A. DIACZEK, L. HERTEAULT, J.P. JOBEZ, C. LAMY, D. MARCHAND, P. MARQUESTE, J. MAS, M. PAIRAT, J.P. PENCOLE, G. SAGET, R. SAIGNE, D. SOTIRAS, J.P. TURLOT, M. VASSENT, J. VERGNE, H. VEY.

C'est une collaboration C.E.R.N. - Collège de France - Ecole Polytechnique - Orsay - Saclay.

3.3. *Expérience $\bar{p}p$ à 100 GeV utilisant le spectromètre hybride européen*

Cette expérience doit se dérouler au cours de l'année 1981. La construction du spectromètre et de la chambre à bulle à cyclage rapide se poursuit actuellement.

Une première expérience test doit se dérouler début 1980 ; elle utilise le spectromètre aval dans sa version finale et une petite chambre à cyclage rapide (L.E.B.C.). Les conditions de fonctionnement de cette chambre sont adaptées à l'observation de particules à vie moyenne de l'ordre de 10^{-13} sec. (éventuellement les particules charmées). Cette expérience servira à tester le fonctionnement du dispositif aval par la même occasion et J. DOLBEAU continue de participer, en collaboration avec le C.E.R.N., à l'étude des méthodes de traitement des données issues de cette partie aval.

Par ailleurs, une participation à une expérience utilisant le spectromètre hybride du Laboratoire Fermi à Batavia (U.S.A.) est prévue pour ce même début 1980 dans le cadre d'une collaboration américano-européenne. Cette participation du laboratoire est organisée autour de P. LUTZ qui effectue actuellement un séjour d'étude de deux années au M.I.T. et de J.L. NARJOUX. Elle a pour objet l'étude générale des interactions de π^- , K^- et \bar{p} à 250 GeV/c, et doit permettre de tester la réadaptation des appareils automatiques de mesure (L.S.D. et C.R.T., voir 4.1. et 4.2.) au traitement des « jets » à multiplicité élevée.

P. BEILLIERE, C. DEFOIX, M. LALOU, M. OBOLENSKY et L. RAMOS sont également associés à cet ensemble de tâches.

3.4. *Recherche des Bosons lourds (W^\pm , Z^0) dans les collisions $\bar{p}p$ à $\sqrt{s} = 540$ GeV*

Le Laboratoire participe à l'équipement de la zone 1 du S.P.S. du C.E.R.N. qui sera aménagée en zone d'intersection $\bar{p}p$: construction d'un gros détecteur d'acceptance 4π comportant une analyse magnétique des trajec-

toires chargées, une analyse calorimétrique des neutrons et chargés et identification des μ et électrons (code C.E.R.N. UA 1).

Nous avons la responsabilité de la construction des bras avant du détecteur comportant des chambres à dérive et des calorimètres électromagnétiques et hadroniques.

L'année 1978 s'est passée à définir et construire les prototypes en grandeur réelle des éléments à réaliser. Tous ces prototypes sont en test sur des faisceaux S.P.S. au C.E.R.N. Les résultats sont conformes aux prévisions et permettent de lancer les exécutions définitives. L'aire expérimentale sera disponible pour la physique en janvier 1981. Tout doit être réalisé et installé à cette époque.

Les physiciens participant à cette expérience sont : L. DOBRZYNSKI, B. EQUER, G. FONTAINE, C. GHESQUIÈRE, D. KRYN, J.P. MENDIBURU, A. ORKIN-LECOURTOIS, et avec la contribution d'une grande partie des techniciens du Laboratoire, et notamment : J.J. JAEGER, M. BERMOND, P. TARDY, D. MONNOT, R. BRUÈRE-DAWSON, P. REINHARDT, J. WAISBARD, C. FINETIN ; en ce qui concerne les études mécaniques, de : D. MARCHAND, G. DESCOTE, P. SALIN, A. DIACZEK, A. COMMERÇON, M. PAIRAT, A. PATIOU, J.P. PENCOLÉ, J.P. RÉNY, C. ROBERT, R. SALOMONE, D. SOTIRAS, H. VEY, Y. GODAR ; et, en ce qui concerne la micro- et la macro-informatique, de : M. ABBES, A. DNIESTROWSKI, R. MERZOUZ, L. GUGLIELMI, J.C. COUILLARD.

Ce projet est réalisé en collaboration avec les laboratoires suivants : Aix-la-Chapelle, L.A.P.P.-Annecy, Université de Birmingham, C.E.R.N., Queen Mary College - Londres, Université de Riverside - U.S.A., Institut de Rutherford, C.E.N. - Saclay, Vienne.

IV. INSTRUMENTATION

4.1. Lecteur en spirale digitisé (L.S.D.)

Au cours de cette année nous avons terminé la mesure des clichés de l'expérience π^-p à 3.9 GeV/c \simeq (10 000 évts) puis les mesures du Run 2 de l'expérience K^-p à 8.25 GeV/c environ (4 000 évts), et enfin la reprise du Run 6 de la même expérience \simeq (30 000 évts).

Les développements ont surtout porté sur les expériences futures de F.N.A.L. et d'E.H.S. (cf. § 3.3.) :

— Passage du préfiltrage câblé de 5 filtres à 9 ou 11 filtres, ce qui permettra de mieux isoler les traces serrées vers l'avant.

— Etude et réalisation d'un système câblé de conversion de coordonnées polaires en coordonnées cartésiennes pour la visualisation.

— Nouveau système de transport de film et de détection du positionnement des photos.

Les différents systèmes ont été testés isolément et répondent aux spécifications.

Le test global avec mesure complète d'un film en provenance de F.N.A.L. sera réalisé en 1979.

L'équipe technique du L.S.D. comprend :

J.C. COUILLARD, M. FORLEN, L. GUGLIELMI, J.P. RÉNY, P. LEBASQUE et P. ROSSEL.

Les 9 opérateurs sont :

R. REDJALA, A. BEN RAIS, J. LUCIANI, S. LANTZ, A. MALEZIEUX, E. DE VASCONCELLOS-CRUZ, I. KEITA, R. GUILLAO, Y. GUICHARD.

4.2. Lecteurs à tube cathodique (C.R.T.)

Les deux têtes de lecture mises en ligne sur un même ordinateur CYBER 72 fonctionnent maintenant en exploitation depuis février 1979 après refonte complète du système de visualisation (R. MERZOUZ et A. DNIESTROWSKI).

Un certain nombre de développements techniques sont encore en cours : pour améliorer l'exploitation (programmes de maintenance des appareils réalisés par M. BATLLO et R. ESCHYLLE) et la détection des traces dans les expériences futures du type Spectromètre Hybride Européen (circuits et algorithmes de détection de trace étudiés par A. KARAR et M. ABBÈS [4]).

Enfin, un certain nombre d'applications au traitement d'images de provenances diverses (biologie, physique des aérosols, égyptologie) se poursuivent. Dans ce but, l'une des unités a été dotée d'une adaptation au film de 35 mm réalisée par M. ROBERT et J. WAISBARD.

C. DEFOIX et B. EQUER ont continué de se partager les tâches de coordination entre le développements du logiciel et du matériel et l'exploitation.

Cet appareil est exploité conjointement avec le L.P.N.H.E. de l'Université Pierre-et-Marie-Curie. De notre laboratoire participent J. GILLY et R. DELGADO en tant que chefs opérateurs et M. LAVERGNE en tant qu'opératrice.

4.3. Etudes et réalisations en électronique

Nous n'entreprendrons pas ici de rappeler les contributions des électroniciens à toutes les expériences, malgré leur importance fondamentale. Nous

voulons seulement citer deux exemples notables en raison de leur adaptabilité.

— *Mémoire d'acquisition Camac*

Huit modules au standard Camac de 16 k mots de 16 bits ont été construits pour doubler la mémoire du système d'acquisition du système Lézard (cf. § 3.2.), ainsi que les deux contrôleurs automatiques correspondants.

— *Système de développement microinformatique*

A partir du microprocesseur MOTOROLA M. 6 800 nous avons développé un système de micro-ordinateur modulaire dont la configuration s'adapte avec un coût minimum, à l'ampleur du problème à traiter. Des modules interfaces : télétype, console de visualisation alpha numérique, mémoire vive de 2 à 16 K octets, mémoire reprogrammable, camac, etc. sont actuellement disponibles ainsi que des modules camac permettant l'utilisation de floppy-disk, console de visualisation graphique (Tektronix 611), imprimante à aiguilles (Logabax).

Le logiciel développé actuellement à partir du « firmware » MINIBUG III est essentiellement un système sur floppy-disk comportant un éditeur, un assembleur, un désassembleur et différents programmes à usage général en test d'appareillage.

Les programmes spécifiques à une tâche déterminée pourront ainsi être mis au point au laboratoire sur une grosse configuration et, après stockage en mémoire reprogrammable, être exploités sur le site à l'aide d'une configuration adaptée.

Cette réalisation est due à J. VALENTIN, P. COURTY et J. VERGNE.

4.4. *Etudes et réalisations en mécanique*

— Rappelons les études réalisées pour les projets Lézard (§ 3.2.) : chambres à fils, hodoscopes, implantation, et U.A. 1 (pp § 3.4.) : prototypes de chambres à fils, d'hodoscopes à scintillateurs, de calorimètres électromagnétique et hadronique, ainsi que pour un banc de test pour des chambres de grandes dimensions (P. BONIERBALE, G. DESCOTE, J.P. JOBEZ, D. MARCHAND, avec les contributions de P. SALIN et H. VEY).

— En ce qui concerne les réalisations, signalons, outre évidemment celles qui correspondent aux études rappelées ci-dessus, la participation importante des ateliers de Mécanique à la finition des séries pour les appareils en cours, leur montage sur l'aire expérimentale, leurs modifications et les interventions variées que nécessite leur fonctionnement et leur maintenance.

— Signalons également la mise en œuvre de techniques nouvelles et de matériaux nouveaux, notamment le moulage de matériaux composites stratifiés et le thermoformage de plastique, avec la réalisation de l'appareillage correspondant, notamment une rampe automatique de chauffage pour le thermoformage.

— Enfin rappelons la contribution à la maintenance et au développement des appareils de mesure L.S.D. (cf. 4.1.) et C.R.T. (cf. 4.2.).

Ces réalisations sont dues à A. COMMERÇON, P. DARBELLEY, F. HRABINA, M. PAIRAT, J.P. PENCOLÉ, J.P. RÉNY, C. ROBERT, G. SAGET, R. SAIGNE, R. SALOMONE, D. SOTIRAS, H. VEY, grâce à la coordination de A. DIACZEK.

V. ÉTUDES THÉORIQUES

— Application de l'approximation des photons équivalents aux collisions $\gamma\gamma$ virtuelles (C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI).

L'approximation a été testée sur le processus $ee \rightarrow ee\mu^+\mu^-$, pour des configurations cinématiques extrêmement diverses. Il s'avère que, de manière générale, elle ne peut être appliquée de façon satisfaisante que pour de très faibles angles de diffusion des électrons (quelques milliradians [17 à 20]).

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

Une méthode a été mise au point pour tenir compte des principales corrections radiatives dans les réactions $ee \rightarrow eeX$, dans le cadre de l'approximation des photons équivalents. Plusieurs exemples ont été traités numériquement [21].

— Problèmes de chromodynamique quantique (A. NICOLAIDIS).

Ces études concernent notamment : une généralisation de la formule de Sterman-Weinberg pour la production des jets dans les collisions e^+e^- ; contributions secondaires aux collisions hadroniques à grand P_T ; tests de Q.C.D. dans la processus de Drell-Yan et dans les collisions $\gamma\gamma$; aspects non-perturbatifs de Q.C.D. [22, 23].

— Interférence entre courant électromagnétique et courant neutre des interactions faibles (N. ARTEAGA-ROMERO).

Ce travail en cours comporte le calcul de l'interférence dans la diffusion lepton-nucléon élastique et inélastique, en faisant intervenir, pour obtenir l'expression du courant neutre, divers groupes de jauge.

— 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 en cours d'achèvement [24].

— Méthodes non-perturbatives en Electrodynamique Quantique (C. CHAHINE).

Les méthodes développées précédemment ont été appliquées aux diffusions élastique et inélastique lepton-photon. La technique permet maintenant de tenir compte de manière assez simple des corrections radiatives aux fonctions de structure [25, 26]. La méthode est maintenant appliquée à la diffusion $e^+ e^-$ en collaboration avec M. KAPUSTA.

— Anomalies en Electrodynamique Quantique (G. BORDES).

Le travail entrepris avec B. JOUVET s'est poursuivi et a conduit à montrer l'ambiguïté fondamentale de la théorie, et donc l'inéquivalence des diverses prescriptions proposées. Dans le cadre d'une généralisation de cette étude aux théories de jauge plus générales, la collaboration de P. BURLAUD sur l'interprétation de l'expérience S.F.M. (cf. § 3.1.) en termes de chromodynamique quantique a été fructueuse.

VI. ACTIVITÉS DIVERSES

6.1. *Etude des vitraux médiévaux*

Les méthodes physiques d'analyse de la microstructure des vitraux médiévaux ont été perfectionnées. Leurs possibilités ont été d'autre part élargies par la comparaison entre les échantillons de toute l'Europe et de toutes époques que les résultats déjà publiés ont attirés au laboratoire. On forme ainsi un « corpus » de référence archéométrique pour nos méthodes non-destructives.

C'est ainsi qu'une étude comparative d'une série de vitraux d'une cathédrale du Nord de l'Angleterre a permis de situer leur région d'origine sur le continent, ainsi que de préciser les conditions qui y avaient préva [27 à 33].

Les techniques originales sont reconstituées soit à partir des données physiques recueillies, en tenant compte de la diffusion dans le verre chaud, soit par comparaison avec des essais modernes destinés à les imiter. L'étude de la collection d'échantillons modernes qui a été rassemblée grâce au

succès des premiers travaux devrait permettre de raffiner et de préciser les comparaisons.

On étudie, d'autre part, le développement de ces méthodes dans deux autres directions : soit vers d'autres objets archéologiques (céramiques), soit vers la microstructure des phénomènes de corrosion, où d'intéressants résultats ont déjà été obtenus, notamment en ce qui concerne les taux d'éluion des divers métaux à l'échelle microscopique.

6.2. Utilisation de l'énergie solaire

P. RIVET poursuit, en liaison avec un groupe de physiciens d'Orsay, l'analyse d'un procédé de chauffage de l'habitat utilisant l'énergie solaire, dans le climat moyen français.

Cette étude s'inscrit dans le programme de recherche des applications de l'énergie solaire du C.N.R.S. (P.I.R.D.E.S.).

Le procédé met en œuvre des capteurs solaires à air associés à un stockage de la chaleur dans un lit de graviers. Le but ultime est de parvenir au stockage intersaisonnier de la chaleur, c'est-à-dire de capter l'énergie l'été pour l'utiliser l'hiver. Une modélisation sur ordinateur doit permettre d'évaluer l'importance des différents paramètres qui interviennent. L'obstacle le plus considérable est clairement le volume du stockage nécessaire.

On étudie également l'application au chauffage partiel de l'habitat. Il s'agit d'abord d'obtenir expérimentalement le meilleur rendement technique de l'installation prototype équipant la région parisienne.

LISTE DES PUBLICATIONS

1. P. ESPIGAT, Thèse de Doctorat d'Etat : *Analyse en formation des interactions $\bar{p}p \rightarrow m (\pi^+ \pi^-) q \pi^0 (m \geq 1; q \geq 0)$ et $\bar{p}p$ neutres entre 0 et 1,2 GeV/c.*

2. A. COMPANT LA FONTAINE, Thèse de Doctorat de 3^e cycle : *Contribution du comportement d'un absorbeur et à l'étude d'une chambre proportionnelle à fils devant supporter un haut flux de particules.*

3. J. SILVA, Thèse de 3^e cycle : *Production de paires de leptons lourds par divers mécanismes auprès des machines de très haute énergie.*

4. M. ABBÈS, Thèse de 3^e cycle : *Contribution à une reconnaissance automatique de formes adaptée aux photographies de chambres à bulles.*

5. S. CITTOLIN, ..., J. CHAUVEAU, M. CROZON, A. DIACZEK, B. LEFIÈVRE, P. LERUSTE, J. MAS, R. SENÉ, J. TOCQUEVILLE, *A measurement of the $K_L^0 p$ elastic cross section for $3 \leq p \leq 13$ GeV/c and $.1 \leq |t| \leq 1.3$ (GeV)²*. Présenté à Nuclear Physics.

6. *Flexible Geometry Hodoscope using Proportional Chamber Cathode Read-Out*. Communication à la Wire Chamber Conference, Vienne, 14-15 février 1978.

7. A. DE BELLEFON et al., *New Data on $\bar{p}p$ and K^-p two-body reactions around 90° c.m. between 3 and 12 GeV/c*. Communication à la XIXth International Conference on High-Energy Physics, A 1 E, Tokyo, août 1978.

8. A. DE BELLEFON et al., *Test of Ω' accuracy, and K^+p elastic scattering at 12 GeV/c around 90° c.m.* (S.P.S.C. p. 118).

9. A. FERRER, ..., *Proposal to study $N\bar{N}$ states produced via baryon exchange in π^+p interactions using Omega Prime Spectrometer* (S.P.S.C. p. 117).

10. *Quantum Number Effects in events with a charged particle of large Transverse Momentum*. Communication à la Conférence Internationale de Tokyo (août 1978) et soumis à publication dans Nuclear Physics.

11. G. FONTAINE, *Situation expérimentale de la Physique des Jets en 1978*. Cours de Gif 78. Publication I.N2.P3.

12. *Observation of charmed D meson production in pp collisions*. Phys. Letters, 818 (1979), 250.

13. *Density-charge and momentum correlation of particle in non diffractive proton-proton collision at $\sqrt{s} = 52.5$ GeV*. Communication à la Conférence Internationale de Tokyo, soumis à Nuclear Physics.

14. *Muon pairs production at masses above 4 GeV (DRELL-YAN continuum) by π^\pm , K^\pm , \bar{p} and p at 200 GeV/c and by π^- at 280 GeV/c on Platinum and hydrogen targets*. Communication présentée à la Conférence Internationale de Genève (juin 1979).

15. *Experimental determination of the pion and nucleon structure functions by measuring high mass muon pairs produced by pions of 200 and 280 GeV/c on a Pt target*. Communication présentée à la Conférence Internationale de Genève (juin 1979).

16. *Dimuon resonance production from a 200 GeV tagged meson beam on a Pt target*. Communication présentée à la Conférence Internationale de Genève (juin 1979).

17. C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI, $\gamma\gamma$ background of the Drell-Yan process. Phys. Rev., D 18, 2443 (1978).
18. C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI, $\gamma\gamma$ versus Drell-Yan process. Proceedings of the IX International Symposium on High-Energy Multi-particle Dynamics (Tabor, Tchécoslovaquie, juillet 1978), p. E 65.
19. P. KESSLER, J. PARISI, C. CARIMALO et N. ARTEAGA-ROMERO, Mise au point sur les collisions photon-photon dans les anneaux de stockage d'électrons. Rapport L.P.C. 79-03.
20. C. CARIMALO, J. PARISI et P. KESSLER, On the validity of the equivalent-photon approximation for virtual photo-photon collisions. Prétirage L.P.C. 79-06, présenté à Physical Review.
21. G. COCHARD et S. ONG, Radiative corrections in photon-photon collisions induced by e^+e^- or $e^\pm e^\pm$ processes. Phys. Rev., D 19, 810 (1979).
22. A. NICOLAIDIS, Leading log derivation of the Sterman-Weinberg jets. Prétirage L.P.C. 79-01, à paraître dans Nuovo Cimento Letters.
23. A. NICOLAIDIS, Leading log considerations for the jet structure in Q.C.D. Prétirage L.P.C. 79-05, à paraître dans les Comptes Rendus des Rencontres de Moriond 1979.
24. G. COCHARD et H. ICHOLA, Phenomenology of the neutral weak current in elastic neutrino-nucleon scattering. Nuovo Cimento Letters, 23, 327 (1978).
25. C. CHAHINE, E. TIRAPEGUI. Nuovo Cimento, 47, 81 (1978).
26. C. CHAHINE. Phys. Rev., D 18, 4 617 (1978).
27. M. SPITZER-ARONSON, Nouvelles méthodes non destructives destinées à la recherche fondamentale sur les vitraux médiévaux. Silicates Industriels, Belgique, Tome XLIII, N° 10, oct. 1978 (p. 213-219).
28. M. SPITZER-ARONSON, Précisions sur les techniques médiévales des vitraux par des recherches en Physique. Verres et Réfract., Institut du Verre Paris, Vol. 33, N° 1, p. 26-35, janv. 1979.
29. M. SPITZER-ARONSON, Physique et recherche fondamentale au service de l'histoire des vitraux médiévaux. Assoc. Int. pour l'Histoire du Verre, Berlin-Liège Annales. Le Musée du Verre de Liège, p. 309-321.
30. M. SPITZER-ARONSON, Titanium, possible indicator for medieval archaeometry owing to the exactness of a new method for the study of the oldstained glasses. Archaeophysika-10, Proceedings p. 286. Rheinisches Landesmuseum Bonn, 1978.

31. M. SPITZER-ARONSON, *A new method of X-Ray image processing with E.C.D.P. (Element Concentration Display and Processing)*. Europhysics Conference Abstracts, Vol. 2G, p. 17. European Physical Society, Geneva, 1978.

32. M. SPITZER-ARONSON, *Vorschlag zur europäischen Vergleichsinventar, mittelalterlichen und modernen besondere Glasfabrikation Bedingungen, Projektgruppe Glas*. Protokoll und Zusammenfassung der Referate, p. 6-7, Inst. für Silicatforschung, Würzburg.

33. M. SPITZER-ARONSON, *Concept and computation evaluation of sub-surface layers, First European Conference on Surface Science*. Book of Abstracts Posters, p. 14. Amsterdam, juin 1978.