

## Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

### COURS DE 1978

Le titre du cours, « Couleurs et Saveurs », faisait naturellement allusion aux propriétés intrinsèques des quarks, le terme saveur étant la traduction de l'anglais « flavour », qui n'a pas encore d'équivalent établi en ce sens dans notre langue.

Après avoir rappelé les raisons théoriques de l'introduction de la couleur, on est passé à la discussion des raisons expérimentales confirmant ce choix, absence de particules exotiques notamment. Puis une revue des divers modèles simples proposés pour les combinaisons de couleur et de saveur dans le cadre SU(3) valable à basse énergie a conduit à fonder les préférences actuelles pour certains de ces modèles.

L'examen de données expérimentales à plus haute énergie semble exclure la production en quantités non négligeables de particules physiques colorées.

Enfin, il a été montré comment les techniques asymptotiques du genre de celles du groupe de renormalisation permettent de sélectionner des théories susceptibles de présenter à la fois la liberté asymptotique, souhaitable pour l'interprétation des expériences en termes de quarks quasi-libres, et le confinement de la couleur à basse énergie.

M. F.

### SÉMINAIRES DU LABORATOIRE

Mercredi 29 mars 1978 : *La voie royale... Collision  $\bar{p}p$  à  $\sqrt{s} = 540\text{GeV}$* , par M. L. DOBRZYNSKI (Collège de France).

Mercredi 5 avril 1978 : *Les résultats de l'expérience Neutrino-Ne avec le faisceau de neutrino à bande étroite dans BEBC*, par M. D. VIGNAUD (D.Ph.P.E.-Saclay).

Mercredi 12 avril 1978 : *Paires d'électrons et corrélations avec des hadrons*, par M. M. BANNER (S.E.E.-D.Ph.P.E.-Saclay).

Mercredi 19 avril 1978 : *L'interaction pion-pion au voisinage du seuil*, par M. J. P. MENDIBURU (Collège de France).

Mercredi 26 avril 1978 : *Production des paires de  $\mu$ -mésons par  $\pi^\pm$ ,  $K^\pm$ , et  $p$  et  $\bar{p}$  à 40 GeV/c dans l'Oméga*, par M. R. SALMERON (L.P.N.H.E.-Ecole Polytechnique).

Mercredi 10 mai 1978 : *Observation de la réaction  $\nu_\mu + \text{électron} \rightarrow \nu_\mu + \text{électron}$  dans l'expérience Gargamelle au S.P.S.*, par M. Ch. PASCAUD (L.A.L.-Orsay).

Mercredi 17 mai 1978 : *Etude des interactions  $\nu$  et  $\bar{\nu}$  dans la collaboration C.D.H.S. (Trimuons et courants chargés)*, par M. R. TURLAY (D.Ph.P.E.-Saclay).

Mercredi 24 mai 1978 : *Premières expériences à P.E.T.R.A. et P.E.P.*, par M. F. PIERRE (D.Ph.P.E.-Saclay).

Mercredi 31 mai 1978 : *Amplitude analysis from incomplete data using fixed-t dispersion relations*, par M. Niloslav SVEC (Department of Physics, MacGill University, Montréal, Canada).

Mercredi 7 juin 1978 : *Premiers résultats d'une expérience de photoproduction au S.P.S. dans l'Oméga*, par M. H. VIDEAU (L.P.N.H.E.-Ecole Polytechnique).

#### RAPPORT D'ACTIVITÉ 1977

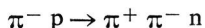
L'année 1977 a marqué un tournant notable dans l'activité du laboratoire. Un certain nombre de pages ont été tournées en ce qui concerne la physique des énergies modérées, ce qui a été marqué par la soutenance de plusieurs thèses donnant l'ultime élaboration des expériences correspondantes. Un grand nombre d'autres expériences sont prévues pour débiter en 1978, et ceci a été une charge importante pour les services techniques, qui ont eu de grosses productions à faire.

Parmi la moisson de résultats intéressants récoltés et publiés cette année, on peut choisir deux exemples, en raison de leur caractère inattendu : les états de baryonium mis en évidence par l'expérience d'échange baryonique (§ 2.1) et l'importance du moment transverse des quarks révélée par l'expérience de jets au S.F.M. (§ 3.1).

## 1. INTERACTIONS HADRONIQUES A LONGUE PORTÉE

### 1.1. Interaction pion-pion

L'analyse d'une expérience faite à Saturne pour étudier la réaction



a permis d'isoler 13 720 événements pour une masse  $\pi^+ \pi^-$  comprise entre le seuil et 600 MeV, ce qui représente une statistique importante pour cet intervalle d'énergie.

L'étude de ces données permet les conclusions suivantes :

— La réaction  $\pi p \rightarrow \pi \pi n$  ne peut être entièrement expliquée par l'échange d'un pion. D'autres mécanismes y participent aussi.

— Après soustraction de cette contribution, on peut extrapoler la section efficace de cette réaction jusqu'à des conditions correspondant à la seule diffusion du pion incident sur les pions du nuage, et obtenir la section efficace de diffusion pion-pion (Méthode de Chew et Low). Celle-ci vaut 18 mb au seuil, décroît légèrement, puis croît à l'approche de la résonance  $\rho$ .

— Pour  $a_0^0$  nous obtenons une valeur de  $0,32 \pm 0,02$ . Ce résultat est compatible avec les quelques autres expériences, incompatible avec les prévisions de l'algèbre des courants.

— L'onde  $S_2$  a un comportement compatible avec celui prévu par Castoldi, bien que nous n'ayons pas pu démontrer qu'elle prend effectivement des valeurs positives. Ces résultats ont été obtenus au courant de l'année par J. P. Mendiburu [1], D. Poutot, Ph. Chavanon.

### 1.2. Interaction $\pi p$ à 4 GeV/c avec production de particules étranges

Cette expérience de chambre à bulles est une collaboration d'un groupe de notre laboratoire avec les groupes de Bergen, C.E.R.N., Madrid et Stockholm. Elle consiste en l'étude de la production de particules étranges dans les réactions de production associée de particules étranges, mésons ou baryons, par collision  $\pi$ -proton.

Cette expérience de haute statistique (60 év<sup>ts</sup>/μb) a pour but de tester la dualité de SU(3) par comparaison avec des expériences K<sup>-</sup>p faites à la même énergie.

L'acquisition des données s'est faite auprès du P.S. du C.E.R.N. et nous terminons actuellement la phase de constitution de données, l'analyse devant commencer au cours de l'année 1978. Toutefois, des résultats préliminaires portant sur un lot partiel des données ont été présentés à la conférence européenne de Budapest (juillet 1977) [5].

Au Collège de France une première mesure de 34 000 interactions provenant de 400 000 clichés a été effectuée sur le lecteur en spirale (L.S.D., voir 7.1.).

L. Dobrzynski est le responsable de cette expérience au laboratoire.

### 1.3. Annihilation $\bar{p}p$ à 760 MeV/C avec production d'au moins un $K_S^0$ visible

L'analyse des annihilations  $\bar{p}p$  à 700 et 750 MeV/C avec production d'au moins un  $K_S^0$  visible dans la chambre à bulles est une collaboration de notre laboratoire avec les groupes de Madrid, Bombay et le C.E.R.N. Elle porte sur un lot de 400 000 photos à 700 MeV/C et 1 300 000 à 760 MeV/C. Son objet consiste en l'étude des résonances bosoniques produites dans les états finals à 3, 4, 5 particules. La grande statistique dont nous disposons (40 év<sup>ts</sup>/μb) nous a également permis de mieux comprendre les diverses interactions dans l'état final à 3, 4 et 5 particules [13].

Près de 400 000 clichés de l'expérience à 760 MeV/C ont été dépouillés au laboratoire et mesurés sur le lecteur en spirale.

En 1977 nous venons d'achever plusieurs études qui traitent respectivement de :

- une nouvelle détermination de la différence de masse du  $K^*$  (890) [7],
- l'étude de l'effet  $K_S^0 K_S^0$  au seuil produit dans l'état final  $\bar{p}p \rightarrow K_S^0 K_S^0 + \text{pions}$  [8],
- l'étude des propriétés du méson  $D^0$  (1285) et  $E^0$  (1420) [9],
- production inclusive de  $K^*$  (892) [10],
- l'étude des corrélations  $K\bar{K}$  [11]
- l'étude de la production du méson  $\Phi$  dans la réaction 
$$\bar{p}p \rightarrow K_S^0 (K^0) \pi^+ \pi^- \quad [12].$$

Les résultats de cette expérience, à laquelle participent au laboratoire Ch. Defoix, L. Dobrzynski seront présentés dans la thèse de doctorat de R. Nacash, maître-assistant à l'University de Luminy.

### 1.4. Analyse des résonances formées par le système $\bar{p}p$ entre 0 et 1.2 GeV/C

Les propriétés du nouvel effet résonnant trouvé précédemment dans la voie directe de la réaction  $\bar{p}p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0$  à  $\sqrt{s} = 1945$  MeV ( $\Gamma \simeq 70$  MeV) ont fait l'objet d'une étude approfondie :

- détermination des rapports d'embranchement des désintégrations à travers les voies  $\omega \rho^0$ ,  $A_2 \pi \pi$ ,  $\rho \rho \pi$ , etc.,
- étude du comportement en fonction de  $\sqrt{s}$  des éléments de la matrice densité pour l'état final trouvé dominant  $\omega^0 \rho^0$ .

A la détermination de la G-parité  $G = -1$  et du spin isotopique  $I = 1$  de la résonance s'ajoute ainsi une estimation de  $J^{PC} = 2^{++}, 4^{++}, \dots$

Une étude du comportement d'ensemble des voies de diffusion élastique, d'échange de charge et d'annihilation tenant compte de la contrainte d'unitarité (introduction de l'élasticité et du spin de la résonance) est en cours, de manière à lever l'ambiguïté qui demeure quant au spin.

Contrairement aux autres états résonnants  $\bar{p}p$  récemment découverts dans cette région de masse, celui-ci présente la particularité de ne pas être étroit et de se désintégrer fortement en mésons. Le problème reste de savoir s'il se rattache à la spectroscopie des mésons formés d'un quark et d'un antiquark (par exemple interprétation en terme de récurrence de Regge du méson  $A_2$  si  $J^{PC} = 4^{++}$ ) ou bien à la spectroscopie du baryonium (états pouvant résulter de la liaison entre un diquark et un antidiquark).

Ces travaux seront présentés dans la thèse de Doctorat d'Etat de P. Espigat en préparation.

L'effet  $K_1^0 K^\pm \pi^\mp$  trouvé à  $\sqrt{s} = 2000$  MeV ( $\Gamma \simeq 70$  MeV) dans une expérience similaire a fait l'objet de la thèse d'Etat de P. Petitjean [2].

C. Defoix, L. Dobrzynski et M. Laloum participent également à ces travaux [40].

### 1.5. Etude des interactions $\bar{p}p$ de multiplicité élevée à 12 GeV/C

L'analyse des photographies de cette expérience réalisée dans la grande chambre à bulles du C.E.R.N. (B.E.B.C.) se poursuit sur le lecteur 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.

La mise au point des programmes de traitement hors ligne des mesures sur l'ordinateur C.D.C. 6600 du Centre de Calcul de la Faculté des Sciences de Paris VI a été achevée (P. Beillière et L. Ramos). L'étude de la précision globale de la chaîne de mesure a fait l'objet de la thèse de 3<sup>e</sup> cycle de M. Obolensky [5]. On procède actuellement au cumul progressif des résultats (M. Obolensky).

20 000 événements 6, 8 et 10 branches doivent être ainsi traités.

Parallèlement se poursuivent les développements de la reconstruction géométrique rapide en ligne (P. Burlaud et J. L. Narjoux) et de la recherche automatique des trajectoires des particules chargées près du vertex d'interaction (M. Laloum), qui complètent les procédures de mesure sur le lecteur à tube cathodique.

P. Heinen, en provenance de l'Institut de Physique de l'Université de Nimègue, qui participait à cette expérience, est retourné aux Pays-Bas.

C. Defoix et J. Dolbeau sont également participants à cette expérience.

### 1.6. Réaction $K_S^0 p \rightarrow K_L^0 p$

Une expérience a été faite au C.E.R.N., pendant les années 1974-1976 en collaboration avec l'Université de Padoue, pour étudier l'interaction  $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$ . Cette réaction est en principe dominée par l'échange de  $\omega$ . Les données enregistrées ont été analysées. La détermination délicate du spectre du faisceau incident de  $K_L^0$ , par mesure simultanée des événements  $K \mu 3$  dans l'appareillage, a révélé des différences notables avec le modèle de Ranft-Hagedorn habituellement utilisé et a donné des résultats indépendants de tout modèle.

Pour une énergie donnée, les sections efficaces de la réaction  $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$  en fonction du transfert montrent une rupture de pente à  $t = -0,3 \text{ GeV}^2$ . La trajectoire du  $\omega$  a pu être bien mesurée sur l'intervalle  $4 \text{ GeV}/C < p < 14 \text{ GeV}/C$ , avec les caractéristiques

$$\alpha(0) = 0,49 \pm 0,04 \qquad \alpha' = 0,89 \pm 0,09$$

Ce résultat est en accord avec plusieurs déterminations indépendantes des mêmes grandeurs. Il est en contradiction avec le résultat ( $\alpha(0) = 0,3$ ) obtenu à S.L.A.C. dans la même réaction, à des énergies inférieures il est vrai.

L'étude de divers modèles montre que seul le modèle dual absorptif donne un ajustement plausible des résultats expérimentaux [3, 14].

*Participants* du Collège de France :

C. Aubret, T. Bunaciu, J. Chauveau, M. Crozon, A. Diaczek, B. Lefièvre, P. Leruste, J. Mas, J. Tocqueville.

## II. SPECTROMÉTRIE FINE

### 2.1. Echanges baryoniques dans le spectromètre $\Omega$

Trois physiciens du laboratoire ont participé à une collaboration comprenant le laboratoire de l'accélérateur linéaire d'Orsay, le L.P.N.H.E. et l'Ecole Polytechnique et le C.E.R.N. Cette expérience était destinée à étudier les événements avec un proton rapide vers l'avant, afin de détecter les résonances étroites et la création de résonances exotiques dans ces conditions.

D'un gros ensemble de résultats contenus dans les publications citées [15 à 23], on peut extraire la mise en évidence de deux nouvelles résonances étroites en  $\bar{p}p$  interprétées comme deux états du Baryonium à 2.05 et 2.20 GeV [16].

Rappelons les principaux éléments qui constituent le spectromètre  $\Omega$  dans sa structure actuelle :

— un aimant dipolaire à supraconducteur fournissant 18 Kgauss dans un volume de  $3 \times 2 \times 1.5$  m,

— un détecteur de traces chargées, formé d'une série de chambres à étincelles remplissant presque entièrement l'entrefer et entourant la cible, d'ouverture  $2,5 \times 5$  m, permettant une certaine identification des particules émises vers l'avant,

— deux chambres à dérive améliorant la mesure de la quantité de mouvement des particules rapides.

L'ensemble est exposé à un faisceau hadronique séparé de 5 à 40 GeV/C dont les caractéristiques sont exceptionnelles.

Au dispositif fondamental ainsi décrit, on peut adjoindre un grand nombre de détecteurs annexes que l'on met en place pour une sélection particulière des événements.

## 2.2. *Interactions à deux corps à grand angle (spectromètre $\Omega$ )*

La collaboration précédente, agrandie à 5 physiciens en ce qui concerne le laboratoire a choisi d'étudier les diffusions élastiques à grand angle ou, plus généralement, les réactions à deux corps dans l'état final dans lesquelles ces corps sont émis au voisinage de  $90^\circ$  dans le centre de masse. Il est clair que les sections efficaces correspondantes sont influencées par la présence d'éventuels constituants des particules hadroniques. Plus précisément, une mesure soignée de ces sections efficaces à plusieurs énergies jusqu'à 15 GeV et dans des canaux variés tels que  $\pi^-p \rightarrow \pi^-p$  ou  $\Lambda K^0$ ,  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p$  ou  $\Lambda \bar{\Lambda}$  doit aider les théoriciens dans leur recherche de modèles phénoménologiques.

Les sections efficaces étant très faibles, la sélection doit être aussi fine que possible.

L'un des éléments essentiels de la sélection est la chambre à fils à cathode découpée en 57 secteurs circulaires construite au Collège de France. Elle matérialise la coplanarité des produits de la réaction. La logique électronique associée à cette chambre permet la sélection des événements à 2 particules chargées ou à 2 particules neutres se désintégrant dans le spectromètre, et ce avec un délai de réponse très réduit (100 à 150 nsec) [41].

La sélection est complétée par des détecteurs de photons et de neutrons, éliminant ainsi les événements avec  $\pi^0$  ou neutrons.

L'expérience aura lieu au cours des mois de mai et juin 1978. Les physiciens du laboratoire qui y participent sont P. Billoir, J. M. Brunet, G. Tristram, A. Volte et P. Rivet dans la phase de prise des données. A. de Bellefon, boursier au C.E.R.N., complète l'équipe qui collabore avec un groupe de Neuchâtel et un groupe du C.E.R.N.

La chambre à damiers et la logique ont été réalisées sous la conduite de G. Tristram par C. Aubret, P. Benoit et J. Brissaud, D. Sotiras, R. Salomone, R. Saigne.

### 2.3. Expérience « baryons excités »

Il s'agit d'un ensemble de 2 expériences simultanées montées au C.E.R.N. par une collaboration C.E.R.N., Ecole Polytechnique - Collège de France, portant, l'une sur la diffusion élastique  $\pi^-$ -proton entre 5 et 15 GeV/C pour des angles compris entre  $-45^\circ$  et  $+45^\circ$  dans le centre de masse, l'autre étant une mesure très précise sur la section efficace totale  $\pi^-$ -proton aux mêmes énergies.

Le dispositif expérimental comporte, autour d'une cible à hydrogène :

- un faisceau de pions incidents dont on mesure l'impulsion à l'aide d'un spectromètre focalisant et de chambres proportionnelles,
- un télescope de mesure des pions diffusés,
- un télescope de mesure des protons de recul (muni d'un compteur Cerenkov),
- un dispositif d'analyse des pions transmis à angle faible ou nul.

Le laboratoire de physique corpusculaire a étudié et fabriqué les hodoscopes scintillateurs nécessaires dans cette expérience. Pour ceux-ci des solutions originales ont été imaginées :

- guides de lumière en mylar aluminisé, contenant très peu de matière pour les hodoscopes de faisceau,
- guides de lumière creux en résine polymérisée, de fabrication aisée, sur les détecteurs de  $\gamma$  disposés autour de la cible.

D'autre part, l'électronique associée aux photomultiplicateurs a été améliorée.

De plus, les physiciens du laboratoire contribuent au logiciel d'acquisition de données, et à l'étude des méthodes de détermination très précise de l'impulsion de la particule incidente, et de sélection des événements intéressants. Une nouvelle voie, fondée sur l'analyse statistique des données, paraît très prometteuse.



Cette expérience est implantée au C.E.R.N. Les mesures devraient commencer en mai ou juin 1978.

Participent :

M. Benayoun, J. Chauveau, J. Da Piedade, J. Kahane, Ph. Leruste, C. Poutot, R. Sené, J. Tocqueville, J.P. Villain ainsi que MM. Salin, Salomone, Jobez et Marchand.

### III. ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES IMPLIQUANT DES GRANDS MOMENTS TRANSVERSES

#### 3.1. Expériences poursuivies sur l'aimant à champ fractionné (S.F.M.) des I.S.R.

3.1.1. La collaboration C.C.H.K. (C.E.R.N. - Collège de France - Heidelberg - Karlsruhe) a poursuivi l'analyse des données sur les événements à grandes impulsions transverses ( $P_T$ ). Ces données avaient été acquises au cours de l'année 75 auprès de l'aimant à champ fractionné (S.F.M.) installé aux I.S.R. du C.E.R.N.

L'année 1977 a vu la fin de la reconstruction géométrique des événements qui a nécessité un grand déploiement d'efforts de calcul dans tous les laboratoires. Les statistiques obtenues qui sont d'un ordre de grandeur supérieures à celles d'autres expériences ont permis une étude beaucoup plus fine des effets liés à l'émission d'une particule à grand  $P_T$  et particulièrement l'étude des jets associés.

Les faits marquants qui ressortent de l'analyse des événements sont l'existence de corrélations de nombres quantiques : charge - nombre baryonique - étrangeté [24] à l'intérieur d'un jet ou entre jets voisins ou associés, qui en général confirment les prédictions du modèle de diffusion de partons, encore que certaines différences quantitatives apparaissent [25].

Outre les événements à grand  $P_T$ , l'expérience nous a permis d'étudier les caractéristiques des événements normaux et d'en tirer des caractérisations générales : conservation locale de la charge - longueur de corrélation à courte portée - corrélations à longue portée - test des modèles à formation intermédiaire de « cluster » de particules [26].

Enfin, une étude spécialisée sur l'échange double de Pomeron a pour la première fois montré l'existence d'un comportement semblable à celui prédit par la théorie : constance de la section efficace en fonction de l'énergie, distribution angulaire isotrope au vertex pomeron-pomeron - absence de formation de résonances vectorielles [27].

Sur cette expérience plusieurs études sont en cours, particulièrement l'étude de l'émission des particules négatives à grands  $P_T$  sur laquelle l'un de nous prépare une thèse.

3.1.2. Une nouvelle expérience a débuté en septembre avec une collaboration quelque peu étendue A.C.C.H.D.K.W. (Annecy, C.E.R.N., Collège de France, Heidelberg, Dortmund, Karlsruhe, Varsovie). Le but de l'expérience est double :

a) Obtenir des événements comportant une particule à grand  $P_T$ , en atteignant une statistique équivalente à l'ancienne expérience, mais à  $P_T$  plus élevé :  $\langle P_T \rangle \simeq 4 \text{ GeV}/C$  au lieu de  $2.3 \text{ GeV}/C$ .

b) Etudier les événements comportant un électron direct émis à  $P_T > 600 \text{ MeV}/C$ . Ceci essentiellement en vue de rechercher la présence de particules charmées associées à celle dont la désintégration est signée par la présence de l'électron.

Un gros effort technique a été fait sur le S.F.M. afin d'améliorer ses performances.

- augmentation du nombre de plans à fils,
- construction de plusieurs grands compteurs Čerenkov à seuil pour identifier la particule servant à sélectionner l'événement,
- construction d'un système de compteurs à scintillation pour l'identification des particules par leur temps de vol,
- implantation d'un calorimètre à argon liquide pour la mesure des  $\pi^0$  dans un certain angle solide,
- amélioration de l'efficacité du déclenchement par un « filtrage » des données en temps réel.

Tous ces appareillages ont été mis en place et testés dans les trois derniers mois de 77. La prise de données commencera en avril 78.

Le laboratoire a pris une part active tant dans l'exploitation des données que dans la préparation du matériel nécessaire à la nouvelle expérience (Temps de vol et trigger en particulier).

Les physiciens du laboratoire participant à ces expériences sont P. Burlaud, G. Fontaine, P. Frenkiel, C. Ghesquière et G. Sajot.

Les techniciens ayant apporté une contribution à différents stades de l'étude ou de la réalisation de l'expérience sont : R. Bruère-Dawson, A. Commerçon, A. Diczek, D. Monnot, A. Patiou, A. Sokolsky, P. Tardy, et pour la partie programmation S. Ejzman et J. Luciani.

### 3.2. Expériences sur le spectromètre « Lézard »

Il s'agit d'un spectromètre destiné à l'étude des interactions où apparaissent des particules à grande impulsion transverse. Il est en cours d'installation dans le hall Nord du S.P.S. au C.E.R.N. Ce spectromètre a été décrit dans les rapports précédents.

Le programme expérimental fixé pour cet instrument est le suivant :

- a) étude de la création de paires de muons dans les interactions  $\pi^\pm$ ,  $K^\pm$  et  $\bar{p}$ -nucléon (jusqu'à des masses  $\mu^+ \mu^-$  de 12 GeV),
- b) étude des productions associées à la création d'une paire  $e^+ e^-$ .

La première expérience doit être mise en place en juin et juillet 1978.

Plusieurs instruments destinés à cet appareil ont été étudiés et construits au laboratoire.

Citons notamment (voir 7.3. et 7.4.) des chambres proportionnelles à fils capables de supporter de hauts flux de particules ( $10^5/\text{cm}^2 \text{ sec}$ ), des hodoscopes à haute résolution temporelle ( $10^{-9} \text{ sec}$ ), ou spatiale (0.5 mm), supportant également de hauts flux, ainsi que le système informatique d'acquisition, de tri, d'organisation et d'enregistrement des données et de gestion et contrôle des appareils, qui permet d'enregistrer jusqu'à 200 événements par cycle du S.P.S.

Cette expérience, à laquelle participent P. Delpierre, A. Diop, Th. Leray, J. Valentin et M. Crozon a reçu d'importantes contributions de : R. Saigne, M. Pairat, H. Vey, J. P. Pencolé, D. Sotiras, P. Courty, J. Vergne, F. Hrabina, R. Salomone, A. Diaczek, J. P. Jobez, D. Marchand, P. Bonierbale, D. Broskiewicz, P. Marqueste, J. P. Turlot, L. Herteault, M. Vassent, M. H. Andrade, M. Commerçon, A. Bazan, P. Darbelley, G. Saget.

## IV. ÉTUDE DES ANNIHILATIONS DE QUARKS

### 4.1. Expérience $\bar{p}p$ à 540 GeV au S.P.S.

Un certain nombre de physiciens du laboratoire se sont joints à une collaboration regroupant les laboratoires d'Annecy, Birmingham, C.E.R.N., Queen Mary College, Riverside, Rutherford et C.E.N. de Saclay en vue de mener un programme expérimental en utilisant le S.P.S. en anneau de collision  $\bar{p}p$  à  $270 + 270 \text{ GeV}$ .

Un projet d'appareillage expérimental et un plan d'expériences ont été déposés et présentés au S.P.S.C. au C.E.R.N. [29] et une décision devrait intervenir prochainement.

Ce programme de physique est très ouvert puisqu'il doit recouvrir un domaine d'énergie où seuls quelques événements obtenus par les rayons cosmiques ont laissé entrevoir des phénomènes imprévus. Essentiellement, les domaines à explorer et vers lesquels l'appareillage a été orienté sont :

— la recherche des bosons intermédiaires chargés  $W^\pm$  détectés par leur désintégration en  $e\nu$  ou  $\mu\nu$  et aussi par leur désintégration purement hadronique,

— la recherche du boson intermédiaire neutre  $Z^0$  par sa désintégration en  $e^+e^-$  ou  $\mu^+\mu^-$ , et en général toute particule vectorielle de masse élevée susceptible d'être créée par une paire de quarks de masse élevée,

— l'étude des événements à grands  $P_T$ , sélectionnés par l'indication d'une grande énergie émise dans une direction transverse, que ce soit une seule particule ou un jet de particules,

— plus généralement, l'étude des multiplicités associées, nature des particules produites... Des discordances ont été en effet constatées entre les événements provoqués par des rayons cosmiques et l'extrapolation des connaissances actuelles.

Ce projet implique un énorme effort technique, dont une partie sera assurée par le laboratoire. Nous envisageons particulièrement la construction du détecteur à petits angles vers l'avant, région où les structures inexplicées des événements de rayons cosmiques devraient se manifester. Les physiciens impliqués dans le projet sont : L. Dobrzynski, B. Equer, G. Fontaine, C. Ghesquière.

Un certain nombre de techniciens ont commencé les études préalables : M. Abbès, M. Bermond, R. Bruère-Dawson, G. Descote, S. Ejzman, L. Guglielmi, J. J. Jaeger, D. Marchand, A. Patiou, P. Reinhardt, J. P. Rény, C. Robert, P. Salin.

#### 4.2. *Expérience $\bar{p}p$ à 100 GeV utilisant le Système Hybride Européen*

Le Système Hybride Européen est un dispositif expérimental dont le début de fonctionnement est prévu pour 1980 auprès du S.P.S. du C.E.R.N. Il comporte une chambre à bulles à cyclage rapide (30 Hz) avec son aimant, permettant la détection du vertex d'interaction, la mesure et l'identification des particules chargées de basse énergie ainsi qu'un ensemble de détecteurs situés en aval (chambres à dérive, aimant d'analyse, compteurs Čerenkov et détecteurs de photons utilisant la technique du verre au plomb) destiné à la mesure de la quantité de mouvement et à l'identification des particules d'énergie supérieure.

Ce système est conçu de manière à permettre la mesure précise (1 %) et l'identification des particules chargées dans l'angle solide de  $4\pi$  stéradians et dans l'intervalle 0 - 100 GeV/c des impulsions.

Le groupe des physiciens cités au § 1.5. participe avec neuf autres laboratoires européens et américains à l'élaboration d'un projet d'expérience utilisant ce dispositif dans un faisceau de 100 GeV enrichi en antiprotons. Le projet comporte l'addition d'un compteur Čerenkov et de deux calorimètres destinés à la détection des nucléons et antinucléons émis dans les états finals sans annihilation  $p\bar{p}$ . Ces compléments sont conçus de façon à maximiser l'élimination (veto) de cette dernière catégorie d'interaction et ne garder que la composante d'annihilation  $p\bar{p}$ , très mal connue à ces énergies. La prise de données relatives à 100 000 annihilations est prévue dans un premier temps. Leur analyse doit par la suite permettre la conception d'un dispositif de sélection en ligne plus poussé (sélection des annihilations comportant l'émission de particules étranges telles les mesons  $K^\pm$ ) donnant dans un second temps l'accès par exemple à l'étude des propriétés d'objets de masse élevée, tels ceux liés à l'existence du quark charmé et de phénomènes liés à l'annihilation d'une paire quark-antiquark de grande masse.

En collaboration avec le C.E.R.N., l'étude des méthodes de traitement des données issues du Système Hybride est entreprise. Elle débute actuellement par le problème de la reconnaissance des trajectoires des particules chargées dans l'ensemble des chambres à dérive (J. Dolbeau, P. Lutz et L. Ramos).

J. Vrana participe également à ces travaux.

## V. ÉTUDES THÉORIQUES

### 5.1. Bruit de fond $\gamma\gamma$ du processus de Drell-Yan (C. Carimalo, P. Kessler et J. Parisi)

Les calculs montrent que le bruit de fond  $\gamma\gamma$ , s'il est seulement de quelques pour-cent dans les conditions expérimentales actuelles, peut devenir très important (de l'ordre de 100 % par rapport au processus de Drell-Yan) à très haute énergie et pour de faibles masses invariantes de la paire de leptons produite [31].

### 5.2. Production de paires de leptons lourds (J. Silva)

J. Silva a étudié, dans le cadre de la thèse de 3<sup>e</sup> cycle (qui sera soutenue en juin 1978) la production de paires de leptons lourds par des mécanismes autres que l'annihilation  $e^+e^-$ , à savoir : par photoproduction dans le champ coulombien ; par le mécanisme  $\gamma\gamma$  dans les anneaux de stockage  $e^+e^-$  ; par le processus de Drell-Yan dans les futurs anneaux  $p\bar{p}$  ou  $p\bar{p}$ .

5.3. *Collisions photon-photon à D.C.I.* (G. Cochard et S. Ong)

G. Cochard et S. Ong collaborent, sur le plan théorique, à cette expérience de MM. Buon, Courau et Haissinski, qui est actuellement en cours. Ils ont calculé notamment les corrections radiatives.

5.4. *Neutrinoproduction d'un pion* (H. Ichola)

H. Ichola termine ses calculs, en vue d'une thèse de Doctorat d'Etat, sur la neutrinoproduction dans la région du  $\Delta$  (1236) en courant chargé et courant neutre.

5.5. *Dissociation du photon dans le champ coulombien* (S. Ong)

En vue d'une thèse de Doctorat d'Etat, S. Ong poursuit des calculs sur le processus  $\gamma Z \rightarrow \gamma\gamma Z$ .

5.6. *Calculs non perturbatifs en Electrodynamique Quantique* (C. Chahine)

Une forme explicite de la fonction spectrale des photons mous réels déterminée précédemment a été obtenue avec une excellente approximation. Cette méthode est en cours d'extension pour le calcul des corrections radiatives dans les conditions expérimentales. Parallèlement, une forme, également non perturbative, du vertex de l'électron, présentant les états liés du positronium et ayant le bon comportement à haute énergie, a été obtenue [36]. D'autre part, l'étude de la divergence infrarouge en collaboration avec E. Tirapegui a permis d'élucider à tous les ordres l'exposant de la singularité correspondant au pôle de l'électron dans son propagateur [37].

5.7. *Etude du terme de Schwinger opérateur en Electrodynamique Quantique* (G. Bordes)

L'étude du terme de Schwinger opérateur et des résultats contradictoires obtenus par différents auteurs a été poursuivie, par comparaison détaillée entre diverses méthodes de calcul. Il a été montré que l'échange entre intégration sur l'espace de phase et limite à temps égaux ne pouvait rendre compte de ces discordances [38]. Le calcul algébrique direct fait sur ordinateur en s'affranchissant de l'artifice d'introduire une masse pour le photon donne un terme de Schwinger opérateur nul [39].

## VI. ACTIVITÉS DIVERSES

6.1. *Etude des Vitraux Médiévaux*

En l'année 1977, le travail de recherche sur les vitraux médiévaux a reçu une extension notable, autant en ce qui concerne le nombre, augmenté,

et l'origine variée des échantillons étudiés, que par la mise au point de nouvelles méthodes non destructives et répétitives, différentes de technique et de but mais conçues spécialement pour l'étude des vitraux.

— La Méthode I est basée sur des coordinations entre les possibilités de la Microsonde électronique à rayons X et de la Microscopie optique et donne avec une précision de l'ordre du micron, point par point à travers l'épaisseur du verre, les variations réciproques des teneurs des éléments et des propriétés optiques, chimiques, physiques. Le tout sur des « Diagrammes de corrélations » *ad-hoc*, outils de recherche sur les vitraux. La Méthode I a donné des résultats nouveaux, comme [32], [35] :

- la répartition « initiale » du cuivre retrouvée et calculée quantitativement, telle qu'elle était en début de fabrication, il y a des siècles,
- hypothèses sur les techniques médiévales à travers l'étude comparative de vitraux médiévaux et des essais modernes les imitant. Ce travail, malgré son aridité scientifique, est dédié à nos verriers dans l'espoir de les voir se mesurer au difficile problème des « rouges au Cuivre feuilletés », procédé qui a été le chef-d'œuvre des verriers médiévaux,
- les termes ioniques polyatomiques avec H, témoins de la pénétration des molécules d'eau dans les vitraux, en spectrométrie de masse, par une étude totalement nouvelle des applications du Microanalyseur Ionique sur les vitraux.

— La Méthode II, destinée à l'étude non destructive de la corrosion, repose sur un traitement électronique hors-ligne des images X et donne ainsi pour la première fois les teneurs relatives des différents éléments dans les différentes zones de corrosion, avec des valeurs numériques précises, et une description géométrique exacte des zones en question [33, 34].

Ces études sont effectuées par M. Spitzer-Aronson et P. Soleillet.

## 6.2. *Analyse automatique d'images biomédicales*

Dans le cadre d'une collaboration avec l'Institut Pasteur, l'unité I de l'appareil C.R.T. (voir 7.2.) est utilisée pour une faible fraction du temps à la mesure de photographies obtenues par la technique d'immuno-hémolyse locale. D'autres applications au traitement d'images biomédicales sont envisagées.

## 6.3. *Utilisation de l'énergie solaire*

P. Rivet consacre une partie de son temps à une collaboration qui étudie les possibilités de stockage intersaisonnier de l'énergie solaire par convection d'air dans des agrégats souterrains lâches (cailloux, graviers).

## VII. INSTRUMENTATION

### 7.1. Lecteur en spirale digitisé

7.1.1. Le L.S.D. du Collège de France a mesuré depuis 1972 plus de 80 000 événements (simple vertex) de chambre à bulles par an en moyenne. Cet appareil étant un service commun à notre laboratoire et à celui du L.P.N.H.E. de Paris VI, des expériences des 2 laboratoires sont mesurées. Ainsi, en 1977, nous avons continué la mesure des interactions  $\pi^-p$  à 3.9 GeV/C (13 000 événements) et  $K^-p$  à 8.25 GeV/C (40 000 événements).

L'appareil a fonctionné jour et nuit à 70 % du temps, le reste du temps se répartissant en 10 % pannes, 14 % insuffisance du nombre d'opérateurs, 6 % maintenance et réglages.

7.1.2. L'analyse des causes de panne ou d'immobilisation les plus fréquentes a conduit à l'étude de sous-ensembles plus fiables pour remplacer ceux qui, à l'expérience, s'avéraient les plus critiques. C'est ainsi que le système électronique de codage de l'angle a été remplacé par un dispositif de conception différente (gain de 80 % sur ce sous-ensemble), ainsi que les détecteurs de repères sur le film (croix fiducielles et marques Brenner), qui maintenant ne causent plus aucune immobilisation.

7.1.3. Les possibilités de l'appareil ont été accrues par l'adjonction d'un filtrage électronique des signaux, reposant sur l'utilisation de registres à décalage permettant la corrélation des détections sur les spires de balayage successives. Les premiers tests montrent une diminution importante (80 à 90 %) du bruit de fond, et donc un allègement considérable du travail de filtrage ultérieur, soit par l'ordinateur PDP-9 de contrôle, soit hors ligne. Ce système, proposé par L. Dobrzynski, a été étudié par J. J. Jaeger et réalisé par l'équipe technique permanente, composée de J. C. Couillard, M. Forlen, L. Guglielmi, J. P. Rény, P. Lebasque, P. Reinhardt et F. Rossel. 9 opérateurs à temps partiel assurent le fonctionnement de l'appareil.

### 7.2. Lecteurs à tube cathodique (C.R.T.)

L'unité I (Coccinelle) est entièrement remontée dans les locaux du campus de Jussieu.

L'unité II, opérationnelle depuis la fin de 1976, continue les mesures de photographies pour l'expérience  $\bar{p}p$  de 12 GeV/C (§ 1.5.). L'optimisation du suivi automatique des traces (J. Dolbeau) et du traitement hors ligne des événements ont amélioré très sensiblement les performances de l'appareil tant du point de vue de la vitesse de mesure, accrue de 60 %,



que du taux de succès au niveau de la reconstruction géométrique des trajectoires de particule dans l'espace (supérieur à 98 %).

En voie d'achèvement quant au matériel (A. Karar, J. Waisbard, C. Robert), la mise en ligne des deux unités sur l'ordinateur CYBER 72 aura nécessité la refonte du logiciel de visualisation (A. Dniestrowski, R. Merzoug).

Deux physiciens (C. Defoix et B. Equer) se sont partagés les tâches de coordination entre les mises au point et développements du logiciel et du matériel, et l'exploitation sur l'unité II.

Divers développements techniques sont en cours : amélioration du traitement câblé des histogrammes (sujet thèse de 3<sup>e</sup> cycle de M. Abbès), système de contrôle et de maintenance (Diplôme de Programmeur d'étude de M. Batllo).

### 7.3. Etudes et réalisation d'appareillage électronique

7.3.1. La capture des données brutes est la première étape de l'acquisition des données d'une expérience. L'équipement électronique des chambres à fils et des hodoscopes de l'expérience « Léopard » (§ 3.2.) a représenté un gros travail : 5 000 fils sensibles et 200 photomultiplicateurs doivent travailler à des taux de répétition élevés, et des études spéciales ont été faites pour améliorer à ce point de vue les performances de l'électronique associée et pour la réaliser (P. Marqueste, D. Broszkiewicz, J. P. Turlot, A. Bazan).

De même, les performances de circuits Standard C.E.R.N. « mean-timer » ont dû être améliorées pour augmenter la fréquence de répétition de 25 à 50 MHz (P. Marqueste, D. Broszkiewicz).

Un ensemble de calibration en amplitude et en temps des hodoscopes de l'expérience S.F.M. (§ 3.1.) utilisant un générateur d'impulsions carrées de 6 ns alimentant de façon synchrone 48 diodes électroluminescentes compensées en température, ainsi qu'un discriminateur rapide (100 MHz) a été réalisé par R. Bruère-Dawson.

7.3.2. Le traitement des données avant enregistrement représente une étape très importante, liée de près à la technologie des ordinateurs, mais dans une direction très spécialisée, et orientée vers la composition de systèmes aussi souples que possible, de façon à pouvoir utiliser les mêmes modules dans diverses configurations expérimentales. C'est ainsi qu'ont été étudiés et réalisés des modules de mémoire-tampon de 16 et 32 K octets, avec leurs contrôleurs, accessibles par ordinateur, un module d'unité centrale avec un microprocesseur Motorola M6800, des modules d'interface télétype ou CAMAC, des modules de programmation et de lecture des mémoires REPRON contenant les programmes (P. Courty, M. Vassent, J. Vergne). D'autres modules sont en cours d'étude.

Ce type de techniques bien maîtrisé au laboratoire nous a permis d'installer à la société E.F.C.I.S., fournisseur de circuits intégrés, un banc de test pour les circuits intégrés commandés par le laboratoire, afin de vérifier sur place un ensemble complexe de spécifications et d'obtenir des caractéristiques parfaitement connues. Ce banc, contrôlé par un microordinateur, a été réalisé pour l'essentiel au laboratoire selon les techniques modulaires évoquées ci-dessus. J. Valentin en a réalisé la programmation. Le laboratoire enfin assure l'entretien et le dépannage de ses ordinateurs d'acquisition C 9010 et PDP 15 avec leurs périphériques (D. Monnot participe à ce travail de maintenance).

#### 7.4. *Etudes et réalisations de mécanique*

7.4.1. Le bureau d'études (P. Bonierbale, G. Descote, J. P. Jobez, D. Marchand) travaille avec des contraintes très rigoureuses pour les détecteurs placés dans des systèmes complexes : l'encombrement doit être réduit au minimum pour éviter les angles morts, ou au contraire, des composants doivent être éloignés des champs magnétiques (guides de lumière très longs pour l'expérience  $\Omega$  § 2.2.), les appareils doivent pouvoir être facilement démontés et remontés pendant les expériences, et même repositionnés après démontage au dixième de mm près, afin d'éviter d'avoir à remesurer toute la géométrie (Lézar § 3.2.). Après la mise au point définitive des détecteurs de ces expériences  $\Omega$  (§ 2.2.) et Lézar, et leur mise en production, l'activité du bureau d'étude se tourne vers les études de projet pour le calorimètre avant de l'expérience de collision pp dans le S.P.S. (§ 4.1.).

7.4.2. Les ateliers ont mis cette année en fabrication les chambres et les hodoscopes de l'expérience Lézar (§ 3.2.), soit 5 000 fils sensibles (P. Darbelley, G. Saget, D. Sotiras) et plus de 200 scintillateurs (M. Commerçon, F. Hrabina, M. Pairat, J. P. Pencolé, R. Salomone, H. Vey, D. Beneteau). Ils ont également mis en place les bâtis, supports et détecteurs des expériences de baryons excités et S.F.M. (M. Commerçon, R. Saigne, R. Salomone).

Des techniques de moulage de coques en fibre de verre et résine métallisées ont permis de réaliser des guides de lumière creux, donc très légers (P. Salin).

Enfin, de nombreuses interventions ont eu lieu pour l'installation, la modification, la maintenance et la réparation du matériel existant (voir notamment 7.1. et 7.2.).

#### 7.5. *Etudes et réalisations informatiques*

L'informatique est largement utilisée dans le laboratoire, depuis les petits ordinateurs de contrôle et d'acquisition, jusqu'aux gros ordinateurs du

Centre de Calcul de Physique Nucléaire, auquel le laboratoire est relié. Cependant, l'utilisation par tous de cet outil n'est possible que grâce à des travaux de développement en rendant l'utilisation commode et souple.

C'est ainsi qu'a été écrit pour le PDP 15 un logiciel de contrôle d'interface CAMAC permettant le test de nombreux appareils, tous conçus pour être branchés sur ce système. Des programmes analogues ont été écrits pour le CII 9010. Les programmes d'acquisition de l'expérience Lézard (§ 3.2.) ont été écrits par J. Valentin.

En ce qui concerne les gros ordinateurs, si la plus grosse partie des programmes sont écrits ailleurs, au C.E.R.N. par exemple, il faut d'une part les adapter à la machine que nous avons, et d'autre part les adapter aux besoins spécifiques des expériences. D'autre part, un système de gestion automatique des bandes magnétiques et des fichiers sur disques a été mis au point. Le logiciel de tracé de courbe a été adapté pour pouvoir utiliser indifféremment le traceur de courbes du C.C.P.N. ou celui du laboratoire.

Ceci s'ajoute évidemment au très gros travail d'informatique entrepris sur le CYBER du C.R.T. (§ 7.2.).

## THÈSES

1. J. P. MENDIBURU, Thèse de Doctorat d'Etat : *Interaction  $\pi^+ \pi^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$  au voisinage du seuil.* Article résumé en préparation.

2. P. PETITJEAN, Thèse de Doctorat d'Etat : *Analyse en formation des annihilations  $\bar{p}p$  en  $K\bar{K}n\pi$  ( $0 \leq n \leq 3$ ) entre 300 et 1200 GeV/C.*

3. B. LEFIEVRE, Thèse de Doctorat d'Etat : *Diffusion  $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$  entre 4 et 14 GeV/C.*

— C. CARIMALO, Thèse de Doctorat d'Etat : *Les noyaux comme générateurs de photons quasi réels.*

— P. LUTZ, Thèse de Doctorat d'Etat : *Contribution à la mesure automatique de clichés de chambres à bulles, et analyse multidimensionnelle des interactions  $K^-p$  à 14,3 GeV/C.*

4. D. LEGLU, Thèse de 3<sup>e</sup> cycle : *Etude des réactions  $K^-p \rightarrow \Sigma \pi \pi$  et  $K^-p \rightarrow \Sigma \pi \pi \pi$  entre 2 GeV et 2,5 GeV.*

— D. MAITI, Thèse de 3<sup>e</sup> cycle : *Analyse des données en Physique corpusculaire ; contribution à l'analyse factorielle et à la classification automatique de la réaction  $K^-p \rightarrow K^-p \pi^+ \pi^-$  à 14,3 GeV/C.*

5. M. OBOLENSKY, Thèse de 3<sup>e</sup> cycle : *Participation à l'étude de l'expérience d'antiprotons à 12 GeV/C dans l'hydrogène dans la grande chambre à bulles européenne B.E.B.C. Etude des problèmes liés à la précision de l'appareil automatique.*

#### PUBLICATIONS

6. B.C.C.M.S. collaboration, *Evidence for  $Q$  Production...* Preprint C.E.R.N./E.P./Phys. 77-31. Communication à la conférence européenne sur la Physique des Particules. Budapest, 4-9/7/77.

7. M. AGUILAR-BENITEZ et al., *A new experimental determination of  $K^*$  (890) electromagnetic mass difference.* Preprint C.E.R.N./E.P./Phys. 77-35, 5 July 77. Présenté à Nuclear Physics B.

8. M. AGUILAR-BENITEZ et al., *Study of a  $K_S^0 K_S^0$  threshold enhancement observed in the final states  $\bar{p}p \rightarrow K_S^0 K_S^0 + \text{pions}$  at 700 and 760 MeV/C.* Preprint C.E.R.N./E.P./Phys. 77-34, 5 July 77. Présenté à Nuclear Physics B.

9. R. NACASH et al., *Study of the  $D$  (1285) and  $E$  (1420) resonances produced in  $\bar{p}p$  annihilations at 700-760 MeV/C.* Présenté à Nuclear Physics B. Preprint C.E.R.N./E.P./Phys., 77-57, 22 déc. 1977.

10. A. M. COOPER et al., *Inclusive production of  $K^*$  (892) and  $K_S^0$  in  $\bar{p}p$  annihilations at 0.76 GeV/C.* Présenté à Nuclear Physics B. Preprint T.I.F.R., B.C., 77-1, August 8, 1977.

11. A. M. COOPER et al., *A study of  $KK$  correlations in  $\bar{p}p$  annihilations at 0.76 GeV/C.* Preprint T.I.F.R., B.C., 78-1. Présenté à Nuclear Physics B.

12. A. M. COOPER et al.,  *$\Phi$  meson production in the reaction  $\bar{p}p \rightarrow K_S^0(K^0)\pi^+\pi^-$  at 0.76 GeV/C and the OZI Rule.* Présenté à Nuclear Physics Letters B. Preprint T.I.F.R., B.C., 78-2.

13. R. HAMATSU et al., *Inclusive production of non-strange mesons in  $\bar{p}p$  annihilation.* Nuclear Physics B 123, p. 189-202 (1977).

14. S. CITTOLIN et al., *A measurement of the  $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$  reaction between 4 and 14 GeV/C in the range  $.1 \leq |t| \leq 2 \text{ GeV}^2$ .* Preprint L.P.C. 78/04, présenté à Nuclear Physics B.

15. BENKHEIRI et al., *Baryon exchange in  $\pi^-$  induced two body reactions at 9 and 12 GeV/C.* Communication à la Conférence Européenne sur la Physique des Particules, Budapest, 1977.

16. ROUGÉ et al., *Evidence for two narrow  $p\bar{p}$  resonances at 2 020 MeV and 2 200 MeV*. Physics Letters 68 B (1977), 483.
17. ROUGÉ et al., *Baryon exchange in the reaction  $\pi^-p \rightarrow N^{*0}\pi^0$  at 9 GeV/C and 12 GeV/C*. Physics Letters 69 B (1977), 115.
18. FERRER et al., *Backward enhancement in the  $A_1$  region and  $A_2$  production in the reaction  $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-$  at 9 and 12 GeV/C*. Physics Letters 74 B (1978), 287.
19. JACHOLKOWSKI et al., *Results on  $\pi^-p$  backward elastic scattering and search for  $\pi^-p \rightarrow d\bar{p}$  at 9 et 12 TeV/C*. Nuclear Physics B 126 (1977), 1.
20. BOUCROT et al., *Search for non strange exotic mesons produced via Baryon exchange*. Nuclear Physics B 121 (1977), 251.
21. HOFMOKL et al., *Impact parameter analysis of the reaction  $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-$  at 9 et 12 GeV/C with very fast secondary proton*. Nuclear Physics B 129 (1977), 19.
22. BENKHEIRI et al., *Backward production in the reaction at 9 et 12 GeV/C*. Preprint L.P.N.H.E./X/77, à paraître dans Physics Letters B.
23. FERRER et al., *Backward production in  $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-$  reaction at 9 et 12 GeV/C*. Présenté à Nuclear Physics B.
24. *Quantum number correlations in high transverse momentum proton-proton collisions*. Communication à European Conference on Particle Physics, Budapest, 4-9 juillet 1977.
25. *Observation of jet structure un high  $P_T$  events at the I.S.R. and the importance of parton transverse momentum*. Nuclear Physics B 127 (1977), 1.
26. *Charged particle correlations observed in events of non diffractive  $p^-p$  collisions at  $\sqrt{s} = 52.5$  GeV*. Communication à la Conférence Européenne de Budapest.
27. *Double pomeron exchange in the reaction  $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$  at I.S.R. energies*. Communication à la Conférence Européenne de Budapest.
28. *A 4  $\pi$  solid angle detector for the S.P.S. used as a proton-antiproton collider at a centre of mass energy of 540 GeV*. Preprint C.E.R.N./S.P.S.C./78-06.
29. G. FONTAINE, *Evidence for jet structures in large  $P_T$  events and the influence of parton Fermi motion*. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium hadron structure and multiparticle production. Kazimierz, Pologne, 23-28 mai 1977.
30. G. FONTAINE, *Status and future of an unified description of strong interactions at short distances*. Communication 5<sup>th</sup> International winter meeting on fundamental Physics. Candanchu, Spain. Fev. 14-18-1977. Preprint L.P.C./77/05.

31. C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI,  $\gamma\gamma$  background of the Drell-Yan Process, Prétirage L.P.C. 78-01, présenté à Physical Review.
32. M. SPITZER-ARONSON, *Vers une meilleure connaissance d'un métier d'art médiéval. Etude de plusieurs procédés modernes pour reproduire des verres rouges feuilletés des vitraux du Moyen Age.* Verres Réfr., vol. 31, n° 1, janvier 1977.
33. M. SPITZER-ARONSON, *Le Microanalyseur Ionique, méthode nouvelle d'étude des verres par spectrométrie de masse et images ioniques.* Communication au Congrès International du Verre, à Prague, juillet 1977. Publiée dans le Vol. III des Comptes Rendus édités à Prague et cités dans la revue SKLAR A' 1977. Keramik, Praha.
34. M. SPITZER-ARONSON, *Calculs sur images X de corrosion des vitraux des taux d'élimination par élément, entre la surface corrodée et le verre intact sous-jacent.* C.R. Acad. Sc. Paris, t. 285 (juillet 1977), série C-41.
35. M. SPITZER-ARONSON, *La répartition « initiale » du cuivre, retrouvée et calculée, dans certains vitraux médiévaux.* C.R. Acad. Sc. Paris, t. 285 (oct. 1977), série C-269.
36. C. CHAHINE, *Real photon spectral weight functions, imaginary part of vacuum polarization and electromagnetic vertices.* Preprint L.P.C. 78/02, à paraître dans Physical Review.
37. C. CHAHINE et E. TIRAPEGUI, *Renormalization group in Quantum Electrodynamics.* Preprint K.U.L.-T.F.-77/012, présenté à Nuovo Cimento.
38. G. BORDES, *The Four-photon Anomaly in Q.E.D.* Rapport L.P.C. 77/08.
39. G. BORDES, *On the Operator Schwinger Term in zero-mass photon Q.E.D.* Lettere al Nuovo Cimento 21, 377 (78).
40. DEFOIX et al., *A thermodynamical analysis of the charged pion momentum spectra from the annihilation  $\bar{p}p \rightarrow \pi^\pm K_s^0 X^\pm$  at low energy.* Lett. al N.C., 19, 283 (77).
41. C. AUBRET et al., *Flexible geometry hodoscope using proportional chamber cathode read-out.* Preprint L.P.C. 78/03, à paraître dans les Comptes Rendus de la Wire Chamber Conference, Vienne, 1978.

#### CONGRÈS ET CONFÉRENCES

G. FONTAINE : Symposium sur « Hadron structure and Multiparticle production ». Kazimierz (Poland), 23-28 mai 1977.

G. FONTAINE, P. ESPIGAT : « 5<sup>e</sup> International winter meeting on fundamental Physics ». Candanchu (Spain), 14-18 fév. 1977.

P. BURLAUD : VIII International symposium on particle dynamics. Kay-sersberg, 12-17 june 1977.

C. GHESQUIÈRE : « 1977 International Symposium on lepton and photon interactions ». Hamburg, août 25-31, 1977.

P. LUTZ, P. LERUSTE, G. FONTAINE : « European Conference on Particle Physics ». Budapest, 4-9 juillet 1977.

P. DELPIERRE, L. DOBRZYNSKI : XII<sup>e</sup> Rencontres de Moriond, Flaine, 6-18 mars 1977.

P. BEILLIÈRE, C. DEFOIX, B. EQUER, P. LUTZ : Workshop on the problems of data acquisition and data handling for E.H.S. Vézelay, 25-28 oct. 1977.

G. TRISTRAM : Wire Chamber Conference. Wien, 14-16 fév. 1978.

D. LEGLU : Ecole d'Eté de Physique du C.E.R.N. Nauplie, 22/5-4/6 1977.

P. KESSLER : 1977. Lepton-photon symposium, Hambourg, août 1977.

P. KESSLER et J. PARISI : Semaine d'études sur le projet C.H.E.E.P., Rutherford Laboratory, oct. 1977.

M. SPITZER-ARONSON : Symposium on the conservation of stained glass, York, janv. 1977.

— X<sup>e</sup> Colloquium des Corpus Vitrearum Medii Aevi, Stuttgart/Freiburg i. Br. mai 1977.

— XI<sup>e</sup> Congrès International du Verre, Prague, juillet 1977.

— 7<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Berlin Est/Leipzig, août 1977.

— Conférence « Non-destructive Microanalysis of Glasses and Ceramics », U.L.B., Bruxelles, octobre 1977.