

Physique corpusculaire

M. Marcel FROISSART, professeur

Le cours de l'année 1975-1976, intitulé *Processus physiques dans les détecteurs de particules*, n'a pu évidemment couvrir un aussi large domaine. On s'est limité à l'étude de l'interaction électromagnétique d'une particule chargée avec la matière, en se concentrant sur le cas, intéressant pour la physique corpusculaire, de la particule incidente relativiste, ou même ultra-relativiste.

Ce sont là des sujets classiques, mais on s'est attaché à montrer au cours des calculs, et au besoin en utilisant de nouvelles méthodes de calcul, le lien profond qui existe entre tel ou tel aspect mathématique et l'intuition physique. Il existe, dans la littérature, beaucoup de passages où l'auteur saute rapidement de la mise en évidence d'une impulsion grande (resp. petite) à la conclusion qu'une longueur petite (resp. grande) joue un rôle important. Mais l'élucidation de cette dualité, bien connue, reste toujours un cas d'espèce. Or on ne peut pas prétendre avoir compris un phénomène avec la théorie sous-jacente si l'on ne s'est pas attaché à redécrire de façon précise dans l'espace de configuration les structures que l'on a mises en évidence dans l'espace des moments.

C'est ainsi que l'on a essayé de montrer sous tous ses aspects le phénomène le plus simple : perte d'énergie d'une particule et sa variation : décroissance sous-relativiste, minimum relativiste, remontée ultra-relativiste ainsi que finalement saturation de cette remontée.

Puis nous avons abordé le problème plus complexe de l'interaction de la particule chargée avec la frontière entre deux milieux différents. Ceci nous a permis de dégager les paramètres caractéristiques conditionnant une émission substantielle de radiation de transition, ainsi que les possibilités d'interférences entre frontières successives, dans le cas de milieu dispersé, périodique ou non. Enfin une revue sommaire des principales réalisations expérimentales destinées

à mettre en évidence ce rayonnement de transition a pu indiquer dans quelle mesure il est pensable d'utiliser ce phénomène pour l'identification des particules.

RAPPORT D'ACTIVITÉ DU LABORATOIRE

L'année 1975 a été marquée par une légère diminution du rythme des prises de données d'expériences variées, due à certains retards pris dans les programmes des Centres avec lesquels nous collaborons. Cette activité a été très largement remplacée par l'exploitation des expériences terminées ou bien commencées, et par la préparation d'expériences futures.

1. *Expérience p,p α*

La première phase de l'exploitation de cette expérience de physique nucléaire à 600 MeV a permis de mettre nettement en évidence, dans les spectres en énergie de séparation, la présence d'un pic de diffusion quasi-élastique, le noyau résiduel étant laissé dans son état fondamental. Ce pic apparaît prépondérant avec ${}^6\text{Li}$ et ${}^7\text{Li}$, en compétition avec une structure inélastique avec ${}^{12}\text{C}$, ${}^{24}\text{Mg}$ et ${}^{40}\text{Ca}$, et à peine marqué avec ${}^{27}\text{Al}$. Des communications ont été faites au Congrès de Maryland (U.S.A., avril 75) et au Colloque de la Société française de Physique (Dijon, juin 75) [6].

L'étude systématique des résultats concernant ${}^6\text{Li}$ et ${}^7\text{Li}$ est poursuivie par MM. J. Kahane et R. Sené, dans le but de comparer les prédictions des modèles à structures séparées ${}^6\text{Li}$ ($\alpha + d$) et ${}^7\text{Li}$ ($\alpha + t$) aux données expérimentales. Grâce à l'identification individuelle de la particule sortante un recoupement précieux est obtenue avec les diffusions quasi-élastiques ($p,p\alpha$), ($p,p\text{He}^3$). Ce travail sera exposé en détail dans la thèse de doctorat de J. Kahane.

2. *Interaction pion-pion à basse énergie*

L'élaboration des résultats obtenus par une expérience auprès de Saturne s'est poursuivie.

On se propose d'étudier l'interaction pion-pion dans les réactions $\pi^+p \rightarrow \pi^+ \pi^+n$ et $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ autour de 2,4 GeV/c d'impulsion incidente. La masse du dipion est comprise entre le seuil et 600 MeV.

Pour obtenir des distributions satisfaisantes de la masse manquante (masse du neutron) il a fallu améliorer les programmes de reconstruction des événements, le calcul des impulsions par la courbure dans l'aimant, ainsi que la pondération des événements en fonction de l'angle solide de l'appareil-

lage. Le programme d'analyse en déphasages a pu être préparé en même temps. La constitution des bandes d'événements physiques commence. Ce travail, auquel ont collaboré Th. Leray, J. Valentin, G. Sajot, D. Poutot et Ph. Chavanon, fera l'objet de la thèse de J.-P. Mendiburu.

3. *Physique des antiprotons*

3.1. *Analyse des interactions $\bar{p}p$ de multiplicité élevée, obtenues dans la Grande Chambre européenne du C.E.R.N. (B.E.B.C.) exposée à un faisceau de 12 GeV/c*

Il s'agit de la première expérience de cette taille réalisée dans B.E.B.C. (350 000 clichés pris en mai et juin 1975). L'analyse porte sur les multiplicités les plus élevées : 6,8 et 10 branches. 50 000 mesures sont prévues sur l'appareil automatique C.R.T. installé à la Faculté des Sciences de Paris VI. Etant donné leur complexité, ces voies d'interactions n'ont encore donné lieu à aucune analyse « exclusive » et restent inexploitées.

Afin de rechercher les structures éventuellement présentes dans les états finals, les méthodes d'analyse multidimensionnelle seront développées. Par la même occasion, on recherchera la présence de particules nouvelles à travers leurs modes de désintégration hadroniques.

Le groupe a poursuivi le travail de développement et de mise au point du traitement en ligne de photographies dans la phase de mesure sur C.R.T. relié à un ordinateur Cyber 72 :

— adaptation du programme de traitement en ligne à la géométrie de la chambre B.E.B.C. ;

— reconnaissance de forme autour du vertex d'interaction ;

— suivage de traces (rendu difficile du fait des surcharges locales de traces parasites) ;

— réduction du « champ de mesure » sur les 2^e et 3^e vues par la déduction de routes à partir de la mesure faite sur une 1^{re} vue ;

— amélioration du programme gérant les mesures en ligne, et effectuant la liaison avec la chaîne de traitement ultérieur de l'information sur C.D.C. 6 600 (Hydra).

Ces travaux ainsi que l'analyse physique devant suivre, constituent l'objet de la thèse d'Etat de P. Burlaud et la thèse de 3^e cycle de M. Obolensky.

Participent également : P. Beillère, C. Defoix, J.-L. Narjoux, M. Laloum, P. Lutz et J. Dolbeau. Ceci est fait en collaboration avec le laboratoire de Physique des Hautes Energies de l'Université d'Etat de Mons (Belgique).

3.2. Etude de formation de résonances du système $\bar{p}p$ entre 0 et 1.2 GeV/c

Ce travail, entrepris afin de compléter une analyse similaire effectuée dans la voie élastique, porte sur la recherche d'effets résonnants en formation à travers l'ensemble des voies inélastiques d'interaction $\bar{p}p$. Les premiers résultats ont été présentés à la Conférence internationale de Palerme (juillet 1975) [11]. Ceux-ci comportent :

1) la mise en évidence d'un nouvel effet ($M = 1\ 940$ MeV ; $\Gamma \simeq 60$ MeV) dans la voie directe de la réaction $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-\pi^0$, les autres voies d'annihilation en mésons π n'indiquant la présence significative d'aucun effet ;

2) la découverte d'un effet dans la voie directe de la réaction $\bar{p}p \rightarrow K_1^0 K^\pm \pi^\mp$ ($M = 2$ GeV ; $\Gamma \simeq 70$ MeV), les 12 autres voies d'annihilation comportant l'émission d'un K^0 au moins, analysées en parallèle, n'indiquant la présence d'aucun effet.

Le premier effet est de nature à confirmer l'interprétation résonnante des structures observées dans la voie de diffusion élastique à la même masse [16], [17]. Il définit la G-parité et étaye l'estimation d'ensemble de ses nombres quantiques $I^G = 1^-$; $J^P = 4^+$ obtenue lors de la première analyse [5].

50 000 mesures d'annihilation en quatre mésons chargés, entreprises au cours de l'année, se terminent actuellement sur le L.S.D. du laboratoire, afin de confirmer ce résultat et parvenir à une analyse plus détaillée des états finals invoqués dans cette désintégration en 5 mésons π .

15 000 mesures d'antiproton, interagissant selon un mode neutre, ont également été produites et sont en fin d'analyse, dans le but de rechercher un effet comparable dans la voie d'échange de charge $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$.

L'effet dans la voie $K\bar{K}\pi$ attend pour être davantage précisé, les résultats des mesures des autres membres de la collaboration (Institut de Physique nucléaire de l'Université de Pise, Italie), de même que l'analyse de la diffusion élastique dans la région de masse correspondante.

P. Espigat et P. Petitjean participent à ce travail et y préparent leur thèse de Doctorat d'Etat, avec C. Defoix, L. Dobrzynski et D. Laloum.

4. Physique des mésons K

4.1. Expérience K^-p autour de 2 GeV/c

Cette expérience, effectuée en collaboration avec un groupe de Saclay, a pour principale motivation l'étude systématique des résonances baryoniques

étranges formées dans cette zone d'énergie. L'estimation des sections efficaces de tous les canaux ouverts, ainsi que l'étude des réactions à deux corps sont terminées.

Le canal $\Lambda\pi$ a donné lieu à une analyse utilisant les zéros de l'amplitude de transversité (thèse de A. de Bellefon) [1]. Les résultats de cette étude confirment une analyse en ondes partielles classique [Nuclear Physics B 90 (1975), 1] qui mettait en évidence 2 états résonnants : D_5^1 (2 260) et G_9^1 (2 225).

Ces deux nouvelles résonances sont aussi couplées au canal $\Sigma\pi$. Les ondes d'isospin zéro, présentes également dans cette réaction, ont révélé l'existence d'un autre état résonnant dans l'onde H_9^0 (2 350) [8].

L'étude du canal élastique ($K^-p \rightarrow K^-p$ et $K^-p \rightarrow K^0n$) a confirmé l'existence des résonances précitées par une analyse en ondes partielles incluant les sections efficaces totales et les hypothèses de dualité (Thèse de J.-M. Brunet) [3].

Nous avons commencé l'analyse des réactions à quasi deux corps qui permettent l'accès à certains éléments des matrices densité des résonances produites. Les réactions $K^-p \rightarrow Y^*\pi$ ($0^- 1/2^+ \rightarrow 3/2^+ 0^-$) et $K^-p \rightarrow K^*N$ ($0^- 1/2^+ \rightarrow 1^- 1/2^+$) sont étudiées en termes de résonances formées par des analyses dépendantes de l'énergie. Ce travail fera l'objet de la thèse de G. Tristram.

Dans le cas de la réaction $K^-p \rightarrow \Lambda\omega$ ($0^- 1/2^+ \rightarrow 1/2^+ 1^-$) nous avons également utilisé l'information apportée par la polarisation du baryon final. Cette analyse constituera la thèse de B. Baccari.

La classification de SU(3) a permis d'affecter les nouvelles résonances trouvées dans cette expérience à des octets récurrents d'octets déjà connus.

4.2. Recherche des résonances Ξ^*

Le laboratoire participe à une expérience destinée à améliorer la connaissance des résonances Ξ^* de masses inférieures à 2 100 MeV, produites dans les interactions K^-p , avec des K^- incidents de 2.8 GeV/c.

Cette expérience doit se réaliser avec une chambre à bulles à cyclage rapide auprès de l'accélérateur Nimrod, en collaboration avec quatre laboratoires : Saclay, Rutherford, Oxford et Rome. Le comptage des traces chargées, servant au déclenchement de la prise des photographies, est effectué par un ensemble de 20 scintillateurs et 4 chambres cylindriques à étincelles.

L'installation sur le site et le contrôle du dispositif expérimental complet sont en voie d'achèvement. Nous espérons commencer la prise des données à la fin de l'été 1976.

4.3. Diffusion $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$

Cette expérience, entreprise en 1974, en collaboration avec l'Université de Padoue, a été poursuivie pendant toute l'année 1975, au synchrotron à protons du C.E.R.N. Elle a été démontée en janvier 1976.

La réaction $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$ est étudiée dans l'intervalle d'impulsions incidentes 4 - 14 GeV/c, et dans un intervalle de moments transférés aussi grand que possible. L'appareillage destiné à cette mesure comprenait :

- un faisceau neutre (30 000 K^0 et $1,5 \cdot 10^6$ neutrons/cycle) ;
- une cible à hydrogène ;
- un spectromètre à V^0 (pour mesurer la désintégration $K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$), constitué de deux télescopes de chambres à étincelles à fils, placés de part et d'autre de l'aimant de grande ouverture Vénus ;
- un télescope de chambre à fils mesurant la direction du proton diffusé ;
- un mur de fer filtrant les μ de la désintégration $K_{\mu 3}^0$;
- divers hodoscopes de compteurs permettant de déclencher les chambres à étincelles à l'aide d'une logique adéquate.

A cette expérience s'est adjointe (en collaboration avec l'Université de Fribourg-en-Brisgau) une mesure des interactions $K_L^0 p \rightarrow \Lambda\pi^+$, le Λ étant mesuré dans le spectromètre à V^0 et le π^+ dans un spectromètre supplémentaire.

Les données ont été prises essentiellement au cours de l'année 1975. On a enregistré $1,5 \cdot 10^6$ déclenchements, événements candidats aux réactions suivantes :

- $K_{\mu 3}$ (mesure destinée à monitorer le faisceau)
- $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$
- $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 + (p \text{ invisible})$
- $K_L^0 p \rightarrow K_L^0 p$
- $K_L^0 p \rightarrow \Lambda\pi^+$

L'exploitation est en cours. On a reconstitué le spectre du faisceau incident, et une première série de résultats donne une distribution de $\frac{d\sigma}{dt}(K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p)$ présentant une inflexion marquée à $0,45 \text{ GeV}^2/c^2 = -t$.

L'exploitation devrait se poursuivre pendant plusieurs mois encore.

5. *Expériences sur le spectromètre Oméga du C.E.R.N.*

5.1. Plusieurs physiciens se sont déclarés intéressés par les possibilités offertes par le spectromètre Oméga dans les premières années de fonctionnement du nouvel accélérateur à protons du C.E.R.N. On a pu ainsi envisager une nouvelle expérience orientée vers les interactions à deux corps ou quasi-deux corps émises à grand angle dans le centre de masse. Ce thème d'étude, assez vaste, a pour but de contribuer à la recherche sur les corrélations les plus fines des particules déjà répertoriées. On ne peut préjuger l'apport fourni par une telle expérience, ni de l'interprétation théorique qui la suivra. Dès à présent elle peut servir à éprouver certains modèles proposés par les théoriciens qui prédisent des lois relativement simples sur les sections efficaces totales et différentielles de telle réaction. Cette expérience a d'un intérêt physique certain. Mais elle est difficile sur le plan expérimental : cause de la petitesse des sections efficaces que l'on se propose de mesurer et de leur décroissance très rapide avec l'énergie (en E^{-n} : on a n varie de 8 à 10).

On ne peut donc envisager de travailler que dans le bas de la gamme d'énergies fournie par le S.P.S. Cependant cet accélérateur procure des intensités de 50 à 100 fois supérieures à celles du P.S., ce qui justifie de l'employer. D'autre part le spectromètre Oméga est bien adapté à cette expérience dans la mesure où il peut offrir une grande acceptance sous réserve que l'on conçoive un système de déclenchement efficace. Le groupe du Collège de France a entrepris la construction d'une chambre à fils dont l'un des plans cathode est décomposé en secteurs circulaires électriquement indépendants et qui est donc capable de reconnaître la présence dans l'état final de deux particules chargées émises dans un même plan méridien et dans le domaine angulaire souhaité. La logique de déclenchement associée à cette chambre pose aussi quelques problèmes si l'on veut réduire au maximum le délai de réponse et le coût.

Après avoir réalisé un prototype qui a été testé avec succès, on envisage de construire la chambre définitive dans le courant de l'année 1976 pour être prêts à faire des essais dans les faisceaux du C.E.R.N. à la fin de cette année et à réaliser l'expérience dans le premier semestre de 1977 si elle est acceptée par le Comité du C.E.R.N. sous la forme sous laquelle elle a été proposée.

5.2. *Expérience $\pi^-p \rightarrow p + X$ avec proton vers l'avant :
« échange baryonique »*

Cette expérience en voie d'achèvement a été réalisée par une collaboration C.E.R.N.-Ecole Polytechnique-Orsay-Collège de France. La participation du Collège de France a consisté essentiellement en une contribution aux programmes de reconstruction géométrique et va se poursuivre dans l'analyse physique des événements.

L'expérience a produit 3 millions d'événements aux énergies de 0 à 12 GeV avec une excellente efficacité. Tous ces événements sont passés dans le programme de géométrie au cours de l'année 1975. Nous avons constaté un défaut accidentel au niveau de la détection des « V_0 » qui nous a conduit à reprendre partiellement le traitement d'une partie des événements. Nous en avons profité pour améliorer la recherche du vertex, ce qui pourrait se traduire par un accroissement de la précision des résultats. Néanmoins on a pu mener une analyse à partir des premières mesures sur la diffusion élastique vers l'arrière d'une part, sur les événements à 4 corps chargés dans l'état final (et spécialement $\pi^- \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^-$) d'autre part. Les premiers résultats sont très prometteurs et ont fait l'objet d'une communication à la Conférence de Palerme [12]. Il reste à traiter soigneusement les délicats problèmes d'acceptance pour parvenir à des résultats quantitatifs précis.

6. *Interaction π^-p à 4 GeV*

Le dépouillement et la préparation des mesures sur le L.S.D. de cette expérience se sont poursuivis en 1975. Nous avons également pris 300 000 nouveaux clichés dans la chambre de 2 m du C.E.R.N., ce qui porte à 1 200 000 le nombre de photos à analyser par la collaboration de Madrid, Stockholm, Bergen, Ecole Polytechnique et du C.E.R.N. qui s'est joint à nous cette année.

La mesure des 300 000 clichés dépouillés au laboratoire est actuellement en cours, les premiers résultats de l'analyse seront connus avant la fin de l'année.

Cette expérience permettra d'accomplir des tests sur les réactions croisées produites à partir des interactions K^-p et π^-p et de vérifier des prédictions théoriques tirées des relations de dispersion.

7. *Interactions hadroniques à grand moment transverse*

7.1. *Expérience en cours sur le S.F.M.*

La collaboration entre un groupe de physiciens du Collège de France et les laboratoires du C.E.R.N., de Heidelberg (Institut für Hochenergie-

physik der Universität) et de Karlsruhe (Institut für Experimentelle Kernphysik der Universität) s'est poursuivie durant cette année.

La première série d'expériences auprès du S.F.M. (aimant à champ fractionné) installé sur les anneaux d'intersection (I.S.R.) du C.E.R.N. a été complétée et les données sont en cours d'analyse.

Dans cette première série d'expériences nous nous sommes concentrés sur l'étude des événements comportant l'émission d'une particule à grand moment transverse (P_T) en mesurant l'ensemble des particules chargées associées à cette émission. Toutes les particules chargées sont détectées dans les chambres proportionnelles du S.F.M., les programmes de reconstruction géométrique travaillant sur les coordonnées des fils touchés permettent de reconstituer les impulsions des traces chargées. Quelques adjonctions ont été faites par notre groupe à l'appareillage du S.F.M. : système de corrélation pour enrichir le déclenchement en événements utiles, compteurs Čerenkov en vue d'obtenir une identification partielle des traces à grand P_T .

Après deux séries préliminaires de prises de données (mars 74 et octobre 74), avec un détecteur incomplet, qui nous ont permis d'obtenir des résultats encourageants quoique partiels, nous avons obtenu en octobre-novembre 1975, un ensemble de plusieurs millions d'événements à grand P_T , qui après sélection nous procureront un lot statistique substantiel d'événements complètement reconstruits.

En attendant de pouvoir relier les caractéristiques des événements à la structure interne des protons, qui est notre but final, un certain nombre de constatations ont pu être faites sur les événements globaux dont certaines ont donné lieu à publication [12 - 14].

— Le spectre inclusif des particules à grand P_T , pour les particules positives et négatives a été obtenu dans une région $0,3 < X_{\text{Feynmann}} < 0,5$ encore inexplorée.

— Le rapport des particules légères (π) sur les particules lourdes (K^+ , p, \bar{p}) a été obtenu dans la région de grand P_T explorée.

— La partie diffractive de l'interaction $\bar{p}p$ ne disparaît que lentement en fonction du P_T de la particule : du côté opposé à la particule qui déclenche, une particule emporte souvent la majorité de l'impulsion longitudinale.

— La particule à grand P_T est souvent associée à d'autres particules et apparaît comme l'un des produits de désintégration d'une résonance (ρ , K^*) ou d'une particule instable (Λ^0).

— La compensation de la particule à grand P_T n'est pas le fait d'une autre particule unique à grand P_T émise à angle azimuthal opposé, mais

d'un groupe de particules qui s'étale assez largement en X et φ . Des corrélations intéressantes peuvent toutefois apparaître parmi cette gerbe de particules.

C'est sur cette étude des corrélations entre particules comprenant la particule à grand P_T que nous concentrerons notre recherche, les dernières prises de données nous ayant donné des lots de l'ordre de 100 000 événements à $P_T > 3$ GeV/c tant en particules positives que négatives, avec identification des π et (K,p).

7.2. *Expérience en préparation sur le S.F.M.*

Une demande d'expérience portant sur une nouvelle orientation de physique vient d'être approuvée par les comités du C.E.R.N. et étendra notre activité sur la période 76-77.

Cette prochaine expérience complète celle en cours en insistant essentiellement sur deux points :

— obtenir une statistique équivalente à des P_T nettement supérieurs (5 GeV/c), ceci à l'aide de processeurs câblés en ligne durant la prise de données ;

— identifier la nature, non seulement de la particule de déclenchement, par adjonction de compteurs Čerenkov supplémentaires, mais aussi de la gerbe compensant celle-ci par adjonction de compteurs de temps de vol autour du S.F.M.

Une autre voie de recherche portera aussi sur l'étude des événements complets, quand, au lieu d'une particule à grand P_T , un lepton est émis directement dans l'interaction. Pour ceci, le même appareillage sera utilisé et la prise de données sera simultanée.

7.3. *Expérience en préparation sur le spectromètre de l'aire Nord du S.P.S.*

En collaboration avec le C.E.R.N., le C.E.N. de Saclay, et, pour l'IN2P3, avec le L.A.L. d'Orsay et le laboratoire de l'Ecole Polytechnique, le laboratoire de Physique corpusculaire du Collège de France participe à la construction d'un spectromètre magnétique (parfois appelé « Léopard ») destiné au hall Nord du S.P.S. du C.E.R.N. Ce spectromètre est destiné à observer des réactions initiées par des hadrons (π^\pm , p, \bar{p} , K^\pm) et produisant au moins une particule (lepton, photon ou hadron) à grand moment transverse.

Le projet est, en fait, un « bispectromètre » où un aimant supraconducteur de grande ouverture permet de mesurer les caractéristiques des particules

émises dans des angles dans le centre de masse compris entre 45° et 135° pour une énergie incidente de 300 GeV.

Les trajectoires sont mesurées à l'aide de chambres proportionnelles multi-fils, la nature des particules déterminée par 3 compteurs Čerenkov, et l'énergie à l'aide de calorimètres. Un système de déclenchement original comprend des chambres à « damiers » (contours dessinés sur la cathode de chambre multifils) et des calorimètres.

Pour ce grand ensemble instrumental, qui doit être mis en service en 1978, le laboratoire de Physique corpusculaire étudie et construit un certain nombre d'appareils :

a) *Hodoscope du faisceau*. Le faisceau pourra atteindre des intensités de 10^8 particules par seconde dans une surface d'environ 1 cm^2 . Pour déterminer la trajectoire incidente on prévoit d'utiliser 7 hodoscopes constitués chacun de 16 scintillateurs de petites dimensions (les plus petits font $2 \times 0,5 \times 10 \text{ mm}^3$).

Des prototypes de scintillateurs ont été usinés, des photomultiplicateurs sélectionnés, et un schéma logique défini. L'étude se poursuit.

b) *Chambres proportionnelles à haut flux*. Ces chambres placées près de la cible, et avant l'aimant, servent à déterminer la direction des particules sortantes. Elles doivent pouvoir supporter des flux atteignant $5 \cdot 10^5$ particules/fil-seconde. Il s'agit de deux ensembles de chacun 6 plans de fils.

Elles ont donné lieu à plusieurs développements techniques :

— délimitation d'une zone aveugle, destinée au passage du faisceau par découpage sur la cathode d'un contour à l'intérieur duquel on applique une tension réduite ;

— système d'amplification et de stockage de l'information adapté au haut flux (temps mort lié au passage d'une particule, $60 \cdot 10^{-9}$ sec.) ;

— la place disponible étant réduite, dessin d'un système extrêmement compact pour le traitement de l'information des fils.

c) *Acquisition des données*. Centrée sur un P.D.P. 11-45, l'acquisition des données, utilisant le système C.A.M.A.C., présente des caractéristiques particulières, dues au grand flux d'information à traiter (200 événements de 500 mots soit 10^5 mots par cycle d'une seconde). Pour diminuer les temps morts d'acquisition, on prévoit d'enregistrer en parallèle, sur plusieurs mémoires extérieures de 16 K mots chacune, les informations provenant des instruments. Un prototype de mémoire, de cycle de base $1 \mu\text{s}$ a été mis au point au laboratoire, ainsi qu'un module de commande destiné à gérer l'acquisition.

Une série de programmes destinés à contrôler le déroulement de l'expérience sont en cours d'écriture et de test.

8. Instrumentation

8.1. Lecteur en spirale

Cet appareil en production depuis 1972, a mesuré au cours de l'année 1975, 75 000 événements de chambres à bulles dont 12 000 interactions K^-p de 8.25 GeV/c et 10 000 interactions $K_L^0 p \rightarrow K_S^0 p$ pour le L.P.N.H.E. (Paris VI) et 53 000 annihilations $\bar{p}p$ de .48 à .875 GeV/c en 4 π chargés.

L'équipe qui assure le fonctionnement du lecteur en spirale 23 h/jour et 5 jours par semaine est composée de 3 techniciens électroniciens, 1 ingénieur programmeur, 1 aide-physicien et de 9 opérateurs. Un physicien coordonne l'ensemble de l'équipe.

Au cours de l'année, nous avons incorporé au programme de mesure un système de préfiltrage. L'analyse détaillée d'un échantillon de 600 événements mesurés avec l'ancien et le nouveau programme nous a permis de montrer :

- 1) La réduction par un facteur 10, des données à traiter sur C.D.C. 6 600.
- 2) La réduction par un facteur 3 du temps de traitement sur C.D.C. 6 600.
- 3) Que le taux d'événements utilisables pour la physique était comparable.

Nous travaillons actuellement à améliorer ce programme afin de réduire le taux d'événements perdus pour la physique et d'augmenter les taux de réussite du préfiltrage ; en effet lorsque le préfiltrage échoue, l'opérateur doit procéder à une remesure sans préfiltrage.

8.2. Lecteur à tube cathodique (C.R.T.)

Le premier « Coccinelle » en service depuis 1974 continue à mesurer les clichés de Mirabelle pour l'expérience K^+p à 32 GeV/c. Le nombre d'opérateurs a pu être augmenté et l'appareil fonctionne environ 9 heures par jour [4, 15].

Tous les efforts de l'équipe technique ont porté sur la mise en service d'une deuxième unité connectée au Cyber 72 installé au L.P.N.H.E., Paris VI. La construction mécanique et électronique de cet appareil a été achevée ainsi que la mise au point de l'essentiel du logiciel. Les procédures de suivage de trace et de mesure ont été considérablement améliorées, ce qui devrait beaucoup contribuer à améliorer les mesures.

On a par ailleurs étudié l'utilisation de l'appareil pour l'analyse de clichés intéressant la biologie : une méthode quantitative très employée en immunologie consiste à photographier et à mesurer la croissance de zones de lyse dans un gel contenant des globules rouges de mouton. Cette étude, effectuée en collaboration avec l'Institut Pasteur dans le cadre d'une A.T.P. du C.N.R.S. (traitement de l'image) a conduit à adapter l'appareil à la détection de « bords » (transitions noir-blanc d'une image) et à écrire un logiciel spécialisé. Les premiers résultats sont très encourageants.

Enfin le système de visualisation graphique de l'appareil couplé à la puissance de calcul importante de la Cyber 72 a été utilisée par P. Lutz, hors des horaires d'exploitation sur film, pour faire l'analyse multidimensionnelle de la réaction K^-p à 14 GeV/c. P. Lutz a développé des programmes qui font de ce système un outil informatique très précieux pour l'analyse des réactions à multiplicité élevée. La présentation de ce système à la réunion de janvier 76 sur l'analyse multidimensionnelle a suscité beaucoup d'intérêt et a conduit à des collaborations avec l'Institut de statistique de Paris et avec un groupe de physique des Hautes Energies de Bruxelles.

9. Groupe de M. Paul Kessler, maître de recherches

9.1. MM. Kessler, Parisi et Carimalo ont continué à s'intéresser aux collisions photon-photon dans les anneaux de stockage électron-proton, en vue d'expériences sur D.C.I. (projet de MM. Buon, Courau et Haissinski) et ultérieurement sur Petra. Des calculs concernant le bruit de fond dû aux diagrammes concurrents ont notamment été effectués pour Petra. D'autre part, un calcul *exact* concernant l'effet photon-photon dans les conditions expérimentales de Petra est en cours, pour la production de paires de muons ou la production multihadronique (suivant certains modèles).

9.2. MM. Kessler, Parisi et Carimalo ont également poursuivi leur étude de la diffusion inélastique des particules non-hadroniques dans le champ électromagnétique des noyaux, et de l'application d'un spectre de photons équivalent (méthode de Williams-Weizsäcker). Des formules simplifiées, et néanmoins assez précises, ont été mises au point pour ce spectre [10]. Ces formules permettent de prédire des distributions de masses invariantes produites ; MM. Carimalo, Cochard et Bouzouita travaillent actuellement à une extension de cette méthode simplifiée en vue de prédire des distributions angulaires et distributions en énergie dans le système du laboratoire.

9.3. M. Ong soutiendra prochainement une thèse de troisième cycle sur les corrections radiatives dans les collisions photon-photon auprès des anneaux de stockage électron-positron.

9.4. M. Silva a commencé un travail de thèse de troisième cycle sur la production éventuelle de paires de leptons lourds :

- soit par photoproduction dans le champ coulombien des noyaux ;
- soit dans les collisions photon-photon auprès des anneaux de stockage électron-positron.

RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES EXTÉRIEURES

M. CROZON est membre du Comité de Direction de l'accélérateur Saturne, représentant de la France au Comité restreint de l'E.C.F.A.

B. EQUER est maître de conférences à l'Ecole Polytechnique.

M. FROISSART est membre de la Commission 06 du C.N.R.S., du Conseil scientifique de l'accélérateur Saturne, du Conseil d'Utilisation de la chambre à bulles Mirabelle, du Comité des chambres à traces du C.E.R.N. et des Comités de Direction des laboratoires de Physique théorique du C.N.R.S. à Marseille et de Recherche nucléaire de l'IN2P3 à Strasbourg. Il est président de la section de Physique des Particules de la Société européenne de physique et a été nommé membre de la Commission de l'Energie du VII^e Plan.

J.-L. NARJOUX est membre du Conseil d'Utilisation de la chambre à bulles Mirabelle.

P. RIVET est maître de conférences à l'Ecole Polytechnique.

THÈSES

A. de BELLEFON, *Analyse de la réaction $K^-p \rightarrow \Lambda\pi^0$* (Thèse d'Etat, juin 1975).

P. BILLOIR, *Réaction $K^-p \rightarrow \Xi^- K^+ \pi^0$ entre 1.95 et 2.55 GeV/c* (Thèse de 3^e cycle, juin 1975).

J.-M. BRUNET, *Etude des réactions $K^-p \rightarrow K^-p$ et $K^-p \rightarrow \bar{K}^0n$ entre 2 et 2.5 GeV/c* (Thèse d'Etat, janvier 1975).

A. KARAR, *Filtre numérique pour le traitement rapide en temps réel d'images digitalisées* (Thèse de Docteur Ingénieur, juillet 1974).

PUBLICATIONS

C. D'ANDLAU et al., *Evidence for $J^{pc} = 4^{++}$ for the $S(1930)$ meson from $\bar{p}p$ backward elastic scattering* (*Phys. Lett.*, t. 58 B, p. 223, 1975).

R. ANNE et al. (*Journal de Physique*, t. 36, C 5-129, 1975).

A. DE BELLEFON et al., *New strange baryonic resonances in the mass range 2 060 MeV - 2 400 MeV* (International conference on high Energy Physics, Palerme, 1975).

— *New data on the reaction $K^-p \rightarrow \Sigma^\pm \pi^\mp$* *D.Ph.P.E. 76-03* (envoyé pour publication à *Nuovo Cimento*).

A. BERTHON, A. DE BELLEFON, *The reaction $K^-p \rightarrow \Lambda\pi$: zeros and partial waves from 0,4 to 2,5 GeV/c*. *L.P.C. 76-01* (envoyé pour publication à *Nuclear Physics*).

C. CARIMALO, P. KESSLER et J. PARISI, *Simplified formulas for equivalent-photon spectra of nuclear targets* (soumis à *Physical Review*).

C. DEFOIX et al., *Evidence for the formation of resonances in the S -region... LPC 75-04* (Communication à la Conférence internationale de Palerme sur la Physique des Hautes Energies, juillet 1975).

M. DELLA NEGRA et al., *Observation of leading particles in $\bar{p}p$ interactions with large transverse momentum secondaries at the C.E.R.N. I.S.R.* (*Phys. Lett.*, t. 59 B, p. 401, 1975).

M. DELLA NEGRA et al., *Composition of particles emitted at large P_T and medium angles in $\bar{p}p$ collisions at $\sqrt{S} = 52.5$ GeV* (*Phys. Lett.*, t. 59 B, p. 481, 1975).

M. DELLA NEGRA et al., *Study of events with a positive particle of large transverse momentum emitted near the forward direction in $\bar{p}p$ collision at $\sqrt{S} = 52.5$ GeV* (soumis à *Nuclear Physics*).

A. DNIESTROWSKI et B. EQUER, *Implementation of a real time Pattern Recognition System on a multiprocessor configuration* (Proceeding of the 1975 I.F.A.C.-I.F.I.P. Workshop on real-time programming, Boston, 21-22 août 1975).

M. LALOUM et al., *$\bar{p}p$ partial wave analysis...* (*Phys. Lett.*, t. 58 B, p. 491, 1975).

M. LALOUM, *Antiproton-proton cross-sections...* (*Nucl. Inst. Meth.*, t. 128, p. 589, 1975).

D. TREILLE et al., *Preliminary results on the backward reaction* $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^- \dots$ (Communication à la Conférence internationale de Physique des Particules, Palerme, juin 1975).

CONGRÈS - CONFÉRENCES

A. DE BELLEFON, P. CHAVANON, M. DELLA NEGRA, L. DOBRZYNSKI, B. EQUER : Conférence internationale sur la Physique des Particules, Palerme, juin 1975.

M. BOUZOUITA, M. ONG : Congrès international sur les Interactions faibles, Balatonfüred, juin 1975.

A. DNIESTROWSKI : Congrès I.F.A.C. 1975, Boston, août 1975.

P. KESSLER : Conférence internationale sur la Physique des Photons et Leptons à Hautes Energie, Stanford, août 1975.

C. GHESQUIERE : Triangle Meeting on Experimental and phenomenological multiparticle production, Visegrad, octobre 1975 ; communication invitée.

B. EQUER, P. LUTZ : Topical Meeting on Multidimensional Data Analysis, C.E.R.N., janvier 1976.

M. DELLA NEGRA, D. LINGLIN, P. KESSLER : Colloque du C.N.R.S. sur les anneaux de collision, Flaine, février 1976 ; communication mise au point de M. DELLA NEGRA, invité.

B. EQUER : Colloque final de l'A.T.P. du C.N.R.S., *Traitement des images*, Nice, mars 1976.

M. CROZON, B. EQUER : Colloque de l'European Committee on Future Accelerators sur la préparation des expériences avec Petra, Frascati, mars 1976.

SÉMINAIRES

Le 9 mars 1976, F. MULLER (Division E.P., C.E.R.N.) : *Production des Electrons aux I.S.R. et recherches de corrélations.*

Le 16 mars 1976, M. SPIGHEL (L.A.P.P.) : *Corrélations entre hadrons et leptons à grand P_T , aux énergies du P.S.*

Le 18 mars 1976, Y. EISENBERG (Weizmann Institute) : *Neutron dissociation in pd and π^+d interaction at 200 GeV/c.*

Le 6 avril 1976, J.-P. PANSART (D.Ph.P.E., C.E.N., Saclay) : *Production directe d'électrons aux I.S.R.*

Le 13 avril 1976, H. VIDEAU (L.P.N.H.E., Ecole Polytechnique) : *Résultats obtenus sur le faisceau d'Hypérons négatifs au P.S.*

Le 27 avril 1976, M. LAMBERT (I.P.N., Lyon) : *Méthodes d'identification de particules de recul de Basse Energie. Application aux expériences P.S. et S.P.S.*

Le 4 mai 1976, U. AMALDI (C.E.R.N.) : *I.S.R. measurements of the forward nuclear amplitude and implications.*

Le 11 mai 1976, M. PHARABOD (L.P.N.H.E., Ecole Polytechnique) : *Problèmes de sûreté des réacteurs à neutrons rapides.*

Le 18 mai 1976, R. FELST (Desy) : *An introduction to the Petra project and short outlook of the experiences envisaged.*

Le 25 mai 1976, G. BASSOMPIERRE (L.A.P.P., Annecy) : *Production de paires d'électrons dans les annihilations d'antiprotons près du repos.*