

Physique nucléaire

M. Louis LEPRINCE-RINGUET, membre de l'Institut
(Académie Française et Académie des Sciences), professeur

La montée vers les très hautes énergies

Au cours des douze dernières années la physique des hautes énergies a été effectuée surtout grâce à l'accélérateur du CERN et celui de Brookhaven. Tous deux accélèrent des protons par un synchrotron circulaire jusqu'à environ 25 GeV. Une nouvelle génération d'accélérateurs de très grande énergie est en train de naître. A Serpukov, un synchrotron à protons de 70 GeV est en fonctionnement depuis 1970. Les ISR du CERN (anneaux d'intersection et de stockage) sont en opération depuis le début de 1971 et permettent à des faisceaux de protons arrivant en sens inverse à 25 GeV chacun, d'entrer en collision, donnant ainsi des interactions avec une énergie disponible de 50 GeV, ce qui correspond à une énergie d'environ 1 300 GeV pour les protons d'un synchrotron normal interagissant avec une cible fixe. Un accélérateur américain de 200 à 400 GeV est en cours de réalisation dans le Middle West à Batavia et l'on prévoit les premières expériences avant la fin de l'année 1972.

Il y a aussi le projet européen du 300 GeV du CERN qui a été lancé en février 1971. Enfin, un appareil très important est l'accélérateur à électrons d'environ 20 GeV de Stanford qui a donné déjà des résultats très importants sur les interactions des électrons avec les protons. Tous ces appareils vont permettre d'étudier de nouveaux domaines de physique qui semblent très prometteurs si l'on en juge par les premiers résultats obtenus à Stanford, résultats qui se rapportent à la structure même du proton.

Le cours est orienté vers les problèmes techniques et physiques des très hautes énergies. Il comprend trois parties :

— l'évolution des moyens expérimentaux ;

- la paramétrisation des données obtenues à haute énergie ;
- description et interprétation de l'expérience de Stanford.

Une introduction rappelle la classification des réactions à deux corps ou quasi deux corps.

Elles peuvent être du type diffractif avec échange des nombres quantiques du vide : la diffusion élastique dont la section efficace tend vers une constante quand l'énergie initiale augmente ; les dissociations diffractives avec une section efficace indépendante de l'énergie.

Elles peuvent être des réactions d'échange : la section efficace décroît alors en fonction de l'énergie comme E^{-n} , où n dépend des particules échangées.

Enfin elles peuvent être des réactions exotiques dans lesquelles les nombres quantiques échangés ne correspondent plus à une particule connue ou prévisible par le modèle des quarks. Exemple : $K^- p \rightarrow K^- p$ vers l'arrière. La section efficace est toujours très faible.

L'introduction donne aussi une classification des réactions en fonction des observations réalisées dans l'état final. Une réaction est dite exclusive si l'on observe toutes les particules de l'état final, inclusive si on s'intéresse essentiellement à une seule de ces particules. Un exemple très concret de ce type d'étude est donné par l'expérience de Stanford : $e^- + p \rightarrow e^- + (x)$. On mesure l'énergie et la direction de l'électron final. De ces mesures on déduit deux quantités ν et q^2 qui sont liées à la variation d'énergie $E(e^-_{\text{initial}}) - E(e^-_{\text{final}})$ dans le laboratoire et au quadransfert. L'étude des réactions inclusives s'impose aux hautes énergies où les événements sont complexes avec souvent une particule privilégiée. Par ailleurs, des raisons techniques, telles que l'impulsion très brève de Stanford, rendent difficile actuellement l'étude des réactions exclusives. Ces limitations seront réduites ou même supprimées avec l'introduction d'aimants supra-conducteurs et l'utilisation de machines circulaires.

Chapitre I

On aborde les problèmes relatifs aux machines productrices de hautes énergies et aux faisceaux qui leur sont associés. On étudie aussi le contenu de la physique que l'on peut tirer de ces appareillages.

Après un tableau des accélérateurs et de leurs performances existantes ou prévues, on étudie les caractéristiques essentielles des faisceaux secondaires qui sont d'une part une haute intensité permettant d'obtenir dans certains cas plus de 10^8 particules par impulsion et une collimation très serrée vers l'avant : pour une énergie $E_0 = 200$ GeV, 85 % des secondaires sont émis

dans un cône de 4 mrd de demi-angle. On voit en particulier que le meilleur moyen d'augmenter la production des hadrons secondaires est d'augmenter l'énergie du faisceau incident plutôt que son intensité. Ainsi le nombre des secondaires est multiplié par 70 quand on passe de 200 à 500 GeV. Mais alors se posent des problèmes de blindage pour arrêter les μ , et de longueur de faisceaux.

On peut, à l'aide de divers modèles ou par extrapolation des résultats expérimentaux, avoir une idée sur les spectres énergétiques des particules de type donné.

Ce chapitre se poursuit par l'étude des faisceaux classiques des hadrons : π chargé, K chargé, p, \bar{p} (anti-proton) par les faisceaux d'hypérons (Σ , Ξ , Ω), les faisceaux de neutrons, les problèmes posés par les muons puis les faisceaux de neutrinos qui ont une grande importance et enfin les faisceaux d'électrons et de photons.

La fin du chapitre indique les prévisions de faisceaux pour le Hall Ouest du nouveau CERN et passe rapidement en revue les principales orientations de la physique correspondante : diffusion hadron-hadron à grand angle, distribution des particules isolées, modes préférentiels d'observations des quarks, interactions pour la recherche du boson intermédiaire (W), expériences passives dans lesquelles la détection ne s'effectue pas au moment de la production : recherche des monopoles magnétiques ou certaines expériences sur les quarks.

Chapitre II

Le chapitre II traite des détecteurs. La production des secondaires de grande énergie sera caractérisée par une forte collimation vers l'avant et par une multiplicité élevée. La collimation va permettre de simplifier l'optique des faisceaux tout en augmentant leur longueur. Elle obligera à utiliser des appareils à haute résolution spatiale. Les grandes multiplicités nécessiteront l'emploi de détecteurs très rapides. Les mesures précises d'impulsions présenteront des difficultés.

1) La mesure des vitesses est importante en particulier pour la signature des particules. Actuellement, le seul appareil utilisé est le čerenkov à seuil. De tels appareils devraient être très longs pour les grandes énergies (200 mètres pour 100 GeV). On peut éviter les appareils trop encombrants à l'aide du čerenkov différentiel qui a l'avantage de ne sélectionner que les particules désirées. Il est spécialement intéressant pour les faisceaux où l'impulsion est bien déterminée. On peut envisager d'autres appareils utilisant un čerenkov de façon plus compliquée.

Il y a aussi d'autres idées proposées pour la mesure de vitesse, en particulier la traversée d'une série de plaques séparées par de l'air, représentant un diélectrique dont l'indice varie périodiquement le long de la trace.

2) Les détecteurs de traces sont aussi étudiés dans ce chapitre. On les sépare en deux catégories selon qu'ils doivent avoir une bonne résolution spatiale ou temporelle. Pour ces derniers, on étudie les appareils déclenchés par une décision logique, à savoir les chambres à étincelles, les streamers, la chambre de Wilson éventuellement, c'est-à-dire les appareils qui gardent un souvenir suffisamment long de l'événement ($1 \mu\text{s}$) pour pouvoir l'analyser par un système logique et opérer le déclenchement si l'événement est accepté. Ces appareils sont limités pour les grandes énergies quand le nombre des particules par seconde atteint 10^7 . Les appareils non déclenchés comportent les chambres proportionnelles, les chambres de Charpak : le cours indique des remarques sur les développements que l'on peut apporter à ces appareils.

Chapitre III

Le chapitre III passe en revue les expériences faites aux anneaux d'intersection et de stockage (ISR) du CERN.

Il traite d'abord du problème fondamental de la mesure de la luminosité puis donne des informations sur les expériences actuellement en cours d'installation ou en fonctionnement auprès des ISR. Ces expériences sont essentiellement les suivantes :

- Mesure de la section efficace totale p-p.
- Diffusion élastique p-p à faible angle (1,5 à 10 mrd) où l'on se trouve dans la région d'interférence entre la diffusion coulombienne et la diffusion nucléaire.
- Diffusion élastique au delà de la région coulombienne.
- Expériences prévues avec le grand aimant (split field magnet) en particulier pour la recherche des quarks dont l'ionisation est inférieure au minimum.
- Etude de la production des particules stables à angle faible (20 à 150 mrd).
- Etude des réactions inclusives du type $pp \rightarrow \pi^+ + (\dots)$ ou $pp \rightarrow p + (\dots)$.

— Expérience avec un spectromètre à grand angle pour la recherche du boson intermédiaire et pour l'étude des spectres π^\pm , K^\pm , μ , p , etc. produits à faible énergie et grand angle. Ce matériel peut être utilisé aussi pour la recherche des quarks.

— Production d'électrons et de photons à grand angle pour les éventuelles désintégrations de W en électrons ou en π^0 , ou encore recherche des quarks.

— Recherche des leptons massifs à partir de la réaction $pp \rightarrow e^+ e^- + (\text{hadron})$ et de la mesure des masses invariantes $e^+ e^-$. On peut atteindre une précision de 3 % sur ces masses sans champ magnétique.

— Expériences d'émulsion nucléaire pour étudier la distribution angulaire des secondaires.

Chapitre IV

Le chapitre IV étudie les paramétrisations des diverses sections efficaces des spectres des mésons et des nucléons secondaires dans une gamme d'énergie allant de quelques GeV aux énergies des rayons cosmiques.

On décrit successivement :

1) Les résultats expérimentaux pour une section efficace de production de n particules chargées, quantité simple à mesurer et sans biais. On donne une description des multiplicités pour diverses énergies. On cherche une paramétrisation avec une « loi d'échelle » qui permette de représenter d'une manière unique ces distributions si on utilise certaines variables dépendant de l'énergie et de la nature des particules primaires.

2) La section efficace pour une réaction donnée. Toutes ces sections efficaces ont le même comportement en fonction de l'énergie. Elles croissent à partir du seuil jusqu'à un maximum et ensuite décroissent comme $p^{-n_{lab}}$ (l'exposant dépendant de la particule échangée et de l'état de spin isotopique du système final). On essaie de paramétriser les sections efficaces en séparant les divers phénomènes (espace de phase, multiplicité, dynamique). On peut finalement ajuster une courbe à décroissance exponentielle où l'exposant ne dépend pas du mécanisme de la réaction.

On étudie aussi dans ce chapitre les propriétés des nucléons secondaires : par exemple plus la multiplicité croît, moins le proton va vers l'arrière car les mécanismes de production ne sont pas les mêmes pour hautes et basses multiplicités. L'étude des distributions en t (carré de l'énergie transférée) permet d'obtenir des informations sur la dynamique de la réaction.

On étudie les sections efficaces en fonction de l'impulsion transverse et de l'impulsion dans le centre de masse pour les mésons π produits lors d'une réaction inclusive du type $pp \rightarrow \pi + (\text{reste})$.

Enfin quelques informations sont fournies sur les interactions à très hautes énergies (100 à 10 000 GeV) que permettent d'obtenir les rayons cosmiques mais pour lesquelles il est difficile de connaître l'impulsion primaire. Les appareils utilisables sont les émulsions, les chambres de Wilson (en particulier pour mesurer les π lents), des dispositifs calorimétriques pour la détermination de l'énergie totale par absorption, les chambres à étincelles et les scintillateurs. L'ensemble des observations a été bien décrit soit par un modèle à une boule de feu, soit par un modèle à deux centres (deux boules de feu) qui émettent des mésons isotropiquement dans leur centre de masse respectif.

Chapitre V

Le chapitre V a trait aux interactions hadron-hadron à haute énergie. On y détaille les comportements des sections efficaces des réactions inclusives et exclusives et on y définit les concepts de rapidité, invariance d'échelle (scaling) et pionisation.

Quand on étudie la section efficace σ d'une réaction où l'on observe n particules chargées, on peut la représenter approximativement par la loi de Poisson. Si on fait l'hypothèse supplémentaire que le nombre moyen des particules est proportionnel à $\log s$ (s est le carré de l'énergie totale), on retrouve que σ décroît comme une puissance de s . Ceci n'est pas en contradiction avec le fait que la section efficace totale reste constante en fonction de l'énergie : en effet lorsqu'une voie décroît, d'autres sont dans la partie croissante de leur section efficace et la somme peut rester constante. Lorsque l'on étudie des sections efficaces des réactions inclusives, on a aussi ce phénomène du fait de la sommation. Feynman relie la distribution poissonnienne observée à la présence d'un processus du type Bremsstrahlung (rayonnement de freinage) dû au renversement de certains courants comme l'isospin. On décrit alors les hypothèses du scaling de Feynman qui permettent d'expliquer un certain nombre de propriétés comme l'accroissement de multiplicité moyenne en $\log s$.

La notion de « rapidité » est ensuite exposée. La rapidité est y , définie pour une particule de quadri-impulsion (E, \vec{p}) par

$$P// = \sqrt{m^2 + p^2} \operatorname{sh} y$$

$$E = \sqrt{m^2 + p^2} \operatorname{ch} y$$

Une transformation de Lorentz de vitesse β induit pour y le changement suivant :

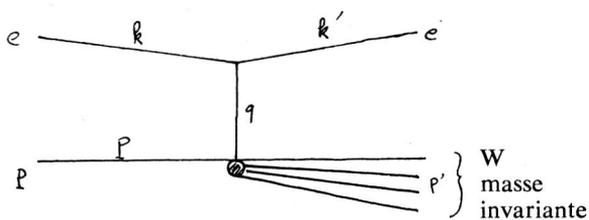
$$y' = y + \frac{1}{2} \text{Log} \frac{1 + \beta}{1 - \beta}$$

On montre facilement que dy est le même dans le laboratoire et dans le centre de masse ce qui est une propriété importante que l'on utilise ensuite.

Fragmentation limite. On montre comment l'hypothèse du scaling de Feynman entraîne la fragmentation limite. Si l'on frappe de plus en plus fort sur le proton, dans cette hypothèse, on aura la même distribution des impulsions de l'hémisphère arrière. L'augmentation de la multiplicité proviendrait de la pionisation. Il y a d'ailleurs plusieurs définitions de la pionisation, celle de Yang et celle de Feynman qui sont décrites dans ce chapitre.

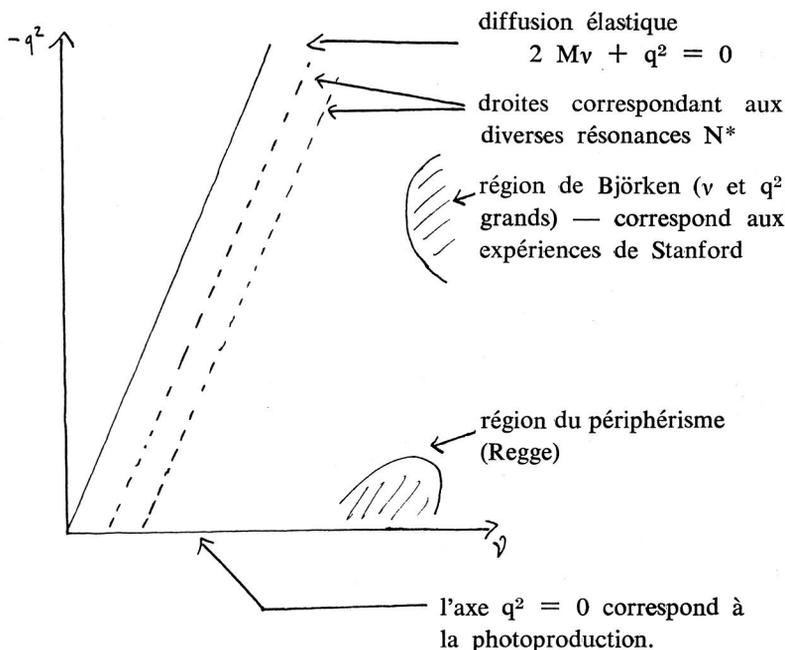
Chapitre VI

L'invariance d'échelle et le modèle des partons. L'idée des partons est venue de l'interprétation des résultats de l'expérience d'électroproduction de Stanford mais son concept avait déjà été introduit par Björken en utilisant l'algèbre des courants. On décrit tout d'abord l'expérience de Stanford, expérience inclusive $e^- p \rightarrow e^- + (\text{reste})$ où l'on mesure pour diverses énergies du faisceau primaire l'énergie et l'angle d'émission de l'électron secondaire à l'aide d'un spectromètre précis. On peut représenter l'interaction par le graphe suivant :



A énergie constante, le phénomène ne dépend que de deux variables cinématiques. On choisit $q = (k - k')$ et $v = \frac{P \cdot q}{M \text{ proton}}$

Les résultats peuvent être représentés sur un diagramme à deux dimensions (v, q^2)



Le problème est d'écrire la section efficace différentielle en fonction des facteurs de forme du proton et de la comparer aux résultats expérimentaux. On décrit cette opération avec l'introduction pour la section efficace inélastique de W_1 et W_2 , fonctions de structures remplaçant les carrés des facteurs de forme électrique et magnétique de la diffusion élastique (il sera nécessaire d'introduire une troisième fonction de structure pour les expériences neutrinos à cause de la non-conservation de la parité dans les interactions faibles).

On peut mesurer les résultats de la façon suivante. Dans la région des résonances c'est-à-dire lorsque W est inférieur à 2 GeV, la section efficace différentielle décroît quand q^2 augmente. Au contraire, dans les régions au delà des résonances c'est-à-dire pour W élevé, le rapport de la section efficace à la section efficace de Mott (proton ponctuel) tend vers une constante lorsque q^2 augmente : ainsi dans la région très inélastique tout se passe comme si le proton avait une structure ponctuelle, c'est-à-dire que la diffusion s'effectuerait sur une série de centres quasi-ponctuels.

Le modèle des partons est un modèle simple qui se propose d'expliquer les résultats de l'expérience de Stanford et l'invariance d'échelle. Les hypothèses (Feynman) sont :

a) le proton est constitué de partons ponctuels et le photon interagit de façon instantanée avec ces partons considérés comme libres. Pour satisfaire l'hypothèse d'interaction instantanée, il faut se placer dans un système où le proton est très relativiste car, du fait de la dilatation du temps, les vies moyennes des structures du nucléon sont grandes devant les temps d'interactions : on fait en quelque sorte une photographie instantanée du nucléon ;

b) les impulsions transverses des partons sont négligeables ;

c) on décrit la diffusion inélastique sur un proton comme une diffusion sur un parton réel.

Ces hypothèses impliquent que la section efficace inélastique soit la somme incohérente des sections efficaces élastiques sur les partons. On peut alors calculer la somme des sections efficaces élastiques sur les partons supposés ponctuels et l'on considère que le proton peut exister dans différentes configurations des partons.

En faisant différentes hypothèses sur la structure du nucléon, on peut comparer aux résultats de l'expérience les résultats des calculs des modèles correspondants :

a) si l'on suppose le nucléon composé de 3 quarks (une seule configuration), le résultat n'est pas en conformité avec l'expérience ;

b) si l'on suppose le nucléon formé de 3 quarks de valence et d'une infinité de quarks et d'anti-quarks, le modèle ne donne pas non plus de résultats très satisfaisants ;

c) on peut ajouter à l'hypothèse précédente des bosons neutres, gluons, responsables de la liaison des quarks dans le nucléon. Ce modèle n'est pas non plus très satisfaisant.

Le cours se termine par la discussion des résultats concernant ces différentes productions.

M. Louis Leprince-Ringuet a fait son dernier cours le lundi 29 mai 1972 sur : *Réflexions sur quarante années de science nucléaire.*

Les séminaires organisées sous la direction du professeur Louis LEPRINCE-RINGUET ont été les suivants :

10 janvier 1972, *Multiwire proportional chambers and CP violation*, par M. J. STEINBERGER (C.E.R.N., Genève).

17 janvier, *Tendances actuelles dans l'étude des interactions \bar{K} -nucléon à moyenne énergie*, par M. J. MEYER (C.E.R.N., Genève).

24 janvier, *Expériences aux ISR*, par M. G. COCCONI (C.E.R.N., Genève).

31 janvier, *Les bases physiques de la relativité générale*, par M. S. DESER (Brandeis University, Orsay).

7 février, *La physique à Serpukhov*, par M. A. BERTHELOT (Saclay).

14 février, *Production multiple des particules à haute énergie*, par M. L. CANESCHI (C.E.R.N., Genève).

21 février, *Détecteurs Čerenkov pour quelques centaines de GeV*, par M. R. MEUNIER (C.E.R.N., Genève).

28 février, *Faisceaux pour la très haute énergie*, par M. D. TREILLE (Orsay, C.E.R.N., Genève).

6 mars, *La physique du neutrino aujourd'hui et demain*, par M. A. Rousset (C.E.R.N., Genève).

CONFÉRENCES DE LOUIS LEPRINCE-RINGUET

DE JUILLET 1971 A JUILLET 1972

8 juillet 1971, Paris, Alliance Française, séminaire à des professeurs étrangers : *Où va la science ?*

7 septembre 1971, Genève, Rencontres Internationales : *Science, technique et bonheur des hommes*.

14 octobre 1971, Paris, Formation permanente des assistants sociaux des Services spécialisés : *La formation de l'homme de demain — ses exigences*.

18 janvier 1972, Zaïre, Université de Kinshasa : *La structure de la matière*.

21 janvier, Bruxelles, Foyer Culturel Molière + Cercle astronomique : *La science échappe-t-elle à l'homme ?*

3 février 1972, Paris, Grand Orient de France : *Le développement de la science*.

10 février 1972, Angers, Société angevine d'ethnographie et de géographie : *Quarante années de science nucléaire*.

29 février 1972, Nice, Semaine de l'Université : *L'université et la Région*.

2 mars 1972, Toulouse, Institut de préparation aux Affaires : *Les remises en question*.

6 mars 1972, Monaco, *La formation des jeunes pour la vie de demain.*

7 mars 1972, Cannes, Conférence de l'enseignement supérieur : *Sciences et techniques devant le problème du bonheur.*

8 mars 1972, Nice, Centre universitaire méditerranéen : *La science et la technique devant le problème du bonheur.*

9 mars 1972, Grasse, Maison des Jeunes et de la Culture : *La formation des jeunes pour la vie de demain.*

16 mars 1972, Avignon, Comité département des conseillers de l'enseignement technique : *La formation des Hommes.*

19 mars 1972, Saint-Raphaël, Comité scientifique de l'U.R.V.N. : *Les voies de notre environnement et la tâche des scientifiques et techniciens.*

20 mars 1972, Marseille, Les amis des lettres : *La science échappe-t-elle à l'homme ?*

11 avril 1972, Grenoble, Institut national polytechnique : *Réflexions sur le progrès technique et son influence sur notre existence. Deviendrons-nous esclaves des machines ?*

12 avril 1972, Lausanne, Conseil de l'Europe : *Le C.E.R.N.*

22 avril 1972, Rouen, Association Jeunesse et Technique : *Humanisme — Science et Technique.*

24-29 avril 1972, Maroc, Casablanca, Rabat, Fès, Meknès, Marrakech : *Conférences sur la science.*

5 mai 1972, Dijon, Union des ingénieurs de Côte-d'Or : *Tendances de la physique moderne et connaissance des particules fondamentales.*

16 mai 1972, Genève, Centre catholique d'Etudes : *Les hommes de science devant la pensée religieuse.*

19 juin 1972, Antony, Cercle chrétien de culture et d'information : *La science et l'homme de demain.*

ACTIVITÉ DU LABORATOIRE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Au cours de l'année 1971-1972 l'activité du laboratoire s'est encore exercée pour la plus grande part dans l'expérimentation utilisant la technique des chambres à bulles. L'analyse des expériences antérieures sur les annihilations des antiprotons de basse énergie avec des protons a été poursuivie et doit apporter de nouveaux résultats dans le domaine de la spectroscopie des résonances bosoniques comme le montre l'étude des annihilations en un

nombre important de mésons π (5 à 7 π). Cette recherche s'oriente maintenant dans la voie des expériences en formation qui consistent à étudier l'évolution de divers canaux de réaction lorsque l'énergie d'interaction varie. Le canal le plus simple, au moins sur le plan physique, la diffusion élastique $\bar{P} P$, a déjà été analysé entre 300 et 800 MeV/c.

La construction des nouveaux accélérateurs à protons de haute énergie — Serpukhov 70 GeV, qui entre en service en 1971, Batavia (Etats-Unis) 300 GeV, futur synchrotron du CERN 300 GeV — ainsi que la mise en route des anneaux de collision Proton-Proton du CERN ouvrent à la physique des particules de nouveaux champs d'exploration absolument nécessaires pour affiner la connaissance des structures des nucléons et repousser les limites expérimentales actuelles dans l'étude des interactions nucléaires faibles et fortes. Un groupe de physiciens du laboratoire en liaison avec des physiciens du laboratoire de Physique atomique et moléculaire du Collège de France, entreprend cette année l'étude des interactions $\pi^\pm p$, $K^\pm p$ aux énergies les plus élevées disponibles aujourd'hui (35 à 60 GeV auprès de l'accélérateur de Serpukhov) en utilisant la chambre à bulles à hydrogène « Mirabelle » construite au C.E.N. de Saclay. A plus long terme, un autre groupe a présenté, en collaboration avec d'autres laboratoires français et étrangers, un projet d'expériences dans la chambre à bulles de 3,5 m « BEBC » qui commencera à fonctionner dans le courant de 1974 et sera alimentée dans une première phase par l'actuel P.S. du CERN.

Le laboratoire s'est également intéressé aux dispositifs expérimentaux fondés sur l'électronique qui connaissent un développement considérable. Il a continué à participer comme l'an passé à l'étude et à la réalisation d'un ensemble d'appareils de détection de type chambres à streamers et chambres à fils destinés à une expérience sur un faisceau d'hypérons et à une expérience sur les réactions $\pi^\pm p$, $K^\pm p$ dominées par le processus d'échange d'un baryon qui utilisera le dispositif expérimental complexe du « grand omega » du CERN. Un petit groupe de physiciens du laboratoire s'associera dans cette dernière expérience à ceux de l'Ecole Polytechnique, du L.A.L. d'Orsay et du CERN.

Dans le domaine technique, outre l'effort sur l'équipement électronique qu'on vient de citer, le laboratoire a poursuivi l'exploitation et l'amélioration des appareils de mesure déjà construits. Le Lecteur en Spirale Digitisé exécutera cette année aux alentours de 120 000 mesures pour notre laboratoire et le laboratoire LPNHE de l'université de Paris VI. Un groupe technique important se consacre au développement de l'appareil semi-automatique « Coccinelle » adapté à l'analyse des clichés des nouvelles chambres à bulles de très grandes dimensions dont il a été question ci-dessus. Le premier appareil est dans sa période d'essai et les premiers résultats sont favorables.

A - *Activité de recherche*

I - *ANTIPROTONS A L'ARRET - ANNIHILATIONS EN π*

L'étude générale portant sur la mesure de 50 000 événements sur le F.S.D. du Collège de France, et sur un lot de 70 000 mesures menées en parallèle au CERN se termine cette année par la publication des derniers résultats. Il faut signaler cependant que certaines voies de réaction sont actuellement reprises pour fournir des éléments de comparaison avec les résultats à d'autres énergies (cf. ci-dessous).

Le seul canal encore exploité est constitué par la réaction $\bar{p} p \rightarrow \omega^0 \pi^+ \pi^-$; 8 000 événements entrent dans l'analyse. Deux phénomènes intéressants ont été observés et n'ont jusqu'ici pas de contrepartie dans d'autres expériences.

1) La mise en évidence d'un méson vecteur de masse 1 250 MeV/c² et largeur 120 MeV/c² se désintégrant en $\omega^0 \pi^\pm$. Dans cette région de masse elle se superpose à un méson axial, le B (Bouddha), ce qui rend son étude difficile. C'est la première observation de cette résonance dans son mode de désintégration $\omega \pi$, bien que les évidences concernant son mode de désintégration en $\pi^+ \pi^-$ soient assez faibles.

Cette résonance, si elle est confirmée, serait fondamentale pour le modèle de Veneziano qui la prédit sur la trajectoire « fille » associée à la trajectoire de Regge du f°.

2) L'étude du déphasage $\pi^+ \pi^-$ dans l'onde S et le spin isotopique 0, particulièrement dans la région de masse $\pi^+ \pi^-$ de 700 à 1 100 MeV/c².

La mise en évidence de deux maxima encadrant un zéro de l'amplitude corrobore des observations faites dans d'autres expériences. Toutefois ces dernières procèdent toutes par extrapolation sur la couche de masse du π à partir de l'observation dans la région physique, extrapolation soumise aux aléas des modèles utilisés. Dans notre cas, bien que rendue difficile par la superposition de canaux voisins, l'observation accède directement à la région physique de diffusion $\pi^+ \pi^-$, ce qui l'affranchit de beaucoup d'hypothèses.

Cette étude constitue le sujet de la thèse de doctorat de M. P. Frenkiel, maître-assistant à l'université Paris VI.

Etude générale des annihilations proches de l'arrêt

Un lot d'environ 10 000 mesures est constitué par des événements où l'impulsion de l'antiproton est voisine de 250 MeV/c. Nous étudions sur cet ensemble le comportement de quelques canaux particuliers $\bar{p} p \rightarrow$

$\pi^+ \pi^- \pi^0$, $\omega^0 \pi \pi$, $\pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$, afin de déterminer l'importance des moments angulaires élevés dans cette zone proche de l'arrêt qui, lui, doit être nettement dominé par l'état S de capture.

Cette étude constitue le sujet de thèse de 3^e cycle de M. Lai Van Thap, collaborateur technique du Collège de France. Contribuent à cette étude expérimentale au Collège de France MM. P. Frenkiel, C. Ghesquière, maître de recherche au CNRS, et Lai Van Thap.

Procédé d'étude de certains types d'événements à 2 particules neutres dans l'état final

Dans certains cas une réaction peut mener à l'émission de deux particules neutres dans l'état final, mais l'état intermédiaire est constitué de deux résonances étroites ou quasi particules. Par exemple

$$\bar{p} p \rightarrow \omega^0 \omega^0 \rightarrow 2 \pi^+ 2 \pi^- 2 \pi^0,$$

$$\bar{p} p \rightarrow \eta^0 \eta^0 \rightarrow 2 \pi^+ 2 \pi^- 2 \pi^0,$$

$$\bar{p} p \rightarrow \Sigma^0 \bar{\Sigma}^0 \rightarrow 2 \Lambda^0 2 \gamma.$$

La chambre à bulles à hydrogène ne fournit pas alors le nombre de paramètres suffisant à l'étude cinématique complète de l'événement. Il est alors possible, en faisant appel à la cinématique particulière de ces réactions, par un traitement statistique, d'obtenir les taux de production à ces différents canaux.

Ces procédures particulières ont été développées par MM. M. Bloch, ingénieur du C.E.A. et G. Fontaine, attaché de recherches au CNRS. Le sujet de thèse de doctorat d'état de ce dernier, portera sur ces recherches qu'il a appliquées en particulier aux \bar{p} à l'arrêt et à 700 MeV/c.

II - EXPERIENCE DE FORMATION - DIFFUSION ELASTIQUE, ANNIHILATIONS EN π

ETUDE COMPARATIVE DES ANNIHILATIONS

A DIFFERENTES ENERGIES (Arrêt, 700 MeV/c, 1 200 MeV/c)

1) *Annihilation en $K \bar{K} n \pi$ comportant au moins 1 K_1^0 visible*

Antiprotons de basse énergie : 250 - 500 MeV/c

Cette étude est entreprise dans le cadre d'une vaste expérience de formation de résonances en fonction de l'énergie.

Les séries de clichés présentant, à une énergie déterminée, un échantillonnage important d'événements sont actuellement en grande partie mesurés et donnent lieu à une analyse physique.

Les voies $\bar{p} p \rightarrow K^0 \bar{K}^0$ et $K_1^0 K^\pm \pi^\mp$ sont en cours d'étude et devraient permettre de préciser les états initiaux impliqués dans l'annihilation de l'anti-proton. Une étude préliminaire a déjà été faite sur les annihilations d'anti-protons à 700 MeV/c et présentée à la Conférence internationale de Lund (juin 1969).

Sont également en cours d'étude, les voies du type $\bar{p} p \rightarrow K \bar{K} \pi \pi$ et $K \bar{K} \pi \pi \pi$. Ces dernières devraient apporter des informations sur la production des résonances mésoniques, en particulier les D^0 (1 280), E^0 (1 420) et F_1 (1 540).

Parallèlement, et pour des énergies s'étendant jusqu'à 1 200 MeV/c, une collaboration avec l'Institut de Physique nucléaire de Pise (Italie) étudie la formation de résonances en fonction de l'énergie dans les voies $\bar{p} p \rightarrow K \bar{K} n \pi$ ($0 < n < 3$). Les mesures sont en cours et on ne peut espérer obtenir que des résultats préliminaires dans le courant de cette année.

L'équipe du laboratoire de Physique nucléaire qui mène cette étude est composée de MM. C. d'Andlauer, J. Cohen-Ganouna, maîtres de recherche au C.N.R.S., J. O'Neill, chargé de recherche au C.N.R.S., et P. Petitjean, attaché de recherche au C.N.R.S.

Annihilations d'antiprotons de 700 MeV/c comportant au moins un K_1^0

Cette expérience, à très haute statistique, comporte $1,4 \cdot 10^6$ clichés répartis entre trois laboratoires : ceux du Tata Institute of Fundamental Research à Bombay (Inde), de la division de physique de l'Université de Madrid et du Laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France.

Le dépouillement est en cours et la mesure des événements devrait avoir lieu vers la fin de l'année 1972 et le début de l'année 1973.

L'équipe chargée de ce travail est composée de MM. C. d'Andlauer et J. Cohen-Ganouna.

2) *Annihilations en π - Etude des résonances*

Les méthodes employées pour la recherche des résonances associées à l' η^0 ont été appliquées aux phénomènes liés à l' ω^0 dans les annihilations $\bar{p} p \rightarrow 3 \pi^+ 3 \pi^- \pi^0$ aux énergies correspondant à 700 MeV/c et 1 200 MeV/c. La production de l' ω^0 est très importante dans cette voie de réaction. A 700 MeV/c le phénomène le plus significatif au point de vue statistique est un effet $\omega^0 \pi^+ \pi^-$ au voisinage de 1,3 GeV c'est-à-dire de la masse de l' A_2 . Pour étayer cette hypothèse on a recherché systématique-

ment dans les événements $\bar{p} p \rightarrow 2 \pi^+ 2 \pi^- \pi^0$ la présence d'événements du type $\bar{p} p \rightarrow A_2^0 \pi^+ \pi^-$
 $\quad \quad \quad \downarrow \rightarrow \varrho^\pm \pi^\mp$

C'est dans le lot des annihilations à l'arrêt que les circonstances étaient les plus favorables, meilleures statistiques, événements mesurés de manière uniforme. Les résultats semblent confirmer l'hypothèse avancée. En outre cette résonance $\omega^0 \pi^+ \pi^-$ paraît reliée aux phénomènes $\omega^0 \pi^\pm$ que nous avons signalés au Congrès de Kiev (1970) et qui avait été étudiés par une autre méthode. Une analyse plus fine est nécessaire pour écarter l'éventualité d'un regroupement purement cinématique au voisinage d'une masse donnée dû, par exemple, aux contraintes apportées par la conservation du moment angulaire.

MM. C. Defoix, L. Dobrzynski, Madame J. Siaud, chercheurs du C.N.R.S., M. A. Nascimento, physicien étranger invité, M. P. Rivet, sous-directeur du laboratoire, participent à cette étude.

3) Diffusion élastique vers l'arrière des antiprotons sur protons à basse énergie

Dans le cadre de l'expérience de formation de résonances en fonction de l'énergie a été entreprise l'expérience de diffusion élastique dans l'hémisphère arrière des antiprotons dont la plage d'impulsion est comprise entre 250 et 1 200 MeV/c. Elle est en cours de réalisation avec la collaboration de l'Institut de Physique nucléaire de Pise (Italie).

L'étude des distributions angulaires de la diffusion élastique vers l'arrière $\bar{p} p \rightarrow p \bar{p}$ a montré qu'une interprétation purement diffractive du phénomène observé (accumulation vers l'arrière) n'était pas compatible avec nos résultats expérimentaux. Les variations, en fonction de l'énergie de la section efficace différentielle intégrée sur les intervalles de $\cos\theta^*$ (— 1 ; — 0,9) et (— 1 ; — 0,8) ont fait apparaître une accumulation dans la zone 375 - 575 MeV/c et une structure qui peut être décrite par une ou plusieurs courbes de Breit et Wigner.

Afin de préciser cette structure, il a été entrepris une série de 25 000 mesures supplémentaires qui devrait être réalisée en octobre 1972 et, de ce fait, permettre une analyse plus fine de la structure entrevue.

L'identification de l'effet observé avec le méson S (1930) avait montré que son isospin était 1 et la prise en considération d'hypothèses simplificatives a conduit à une tentative d'attribution de spin et de parité : l'hypothèse 4^+ semble fortement favorisée, ce qui est attendu de la trajectoire de Regge du ϱ et A_2 . Ces résultats ont fait l'objet d'une communication au Congrès

international d'Amsterdam (juin-juillet 1971) et au Symposium sur les réactions nucléons-antinucleons de Chexbres - Lausanne (mars 1972).

Actuellement est en cours d'élaboration un formalisme de la diffusion de deux particules de spin 1/2 qui tient compte de l'absorption et qui doit permettre d'affiner les résultats précédents.

L'équipe chargée de cette étude est composée de MM. C. d'Andlau, J. Cohen-Ganouna, M. Laloum et P. Lutz, tous deux attachés de recherche au C.N.R.S. sous la direction de M. A. Astier, sous-directeur du laboratoire.

4) *Etude des annihilations* $\bar{p} p \rightarrow 2 \pi^+ 2 \pi^-, 2 \pi^+ 2 \pi^- \pi^0$
de 250 à 1 200 MeV/c

Cette étude est menée en collaboration avec un laboratoire de l'Institut de Physique de l'Université de Pise. La part de notre laboratoire consiste d'abord en la mesure de 120 000 événements qui comportent les 7 tranches d'énergie les plus basses 250 - 830 MeV/c sur l'appareil L.S.D. L'opération se déroule de manière satisfaisante quoique le nombre d'événements rejetés après la mesure soit encore trop élevé. Des améliorations dans le programme de filtrage des mesures doivent réduire ce pourcentage. Un contrôle très rigoureux des événements et des méthodes de normalisation est nécessaire pour ne pas introduire de biais dans l'étude des variations de la section efficace d'une réaction en fonction de l'énergie. L'analyse en cours doit donc prendre au moins deux ans. MM. C. Defoix, L. Dobrzynski, P. Espigat, chercheurs au C.N.R.S., mènent cette analyse.

III - ETUDE DES INTERACTIONS DE π ET K A HAUTE ENERGIE

En vue d'étendre l'activité du laboratoire vers l'étude des très hautes énergies qui deviendront disponibles dans quelques années après la mise en service de l'accélérateur de 300 GeV à Genève, le laboratoire a demandé une participation à l'exploitation de la chambre à bulles à hydrogène « Mirabelle », construite par Saclay et installée auprès de l'accélérateur de 70 GeV de Serpukhov.

La demande porte initialement sur 50 000 photographies de π^+ à 50 GeV/c et π^- à 50 GeV/c qui devraient être prises en fin 1972 et étudiées en collaboration avec un groupe de Saclay et plusieurs groupes russes ; le laboratoire a également demandé à se joindre une collaboration de Bruxelles. Les photographies nous parviendront en fin d'année et la mesure se fera sur l'appareil semi-automatique « Coccinelle » qui se construit actuellement au laboratoire.

Cette expérience de faible statistique comparée aux statistiques usuelles à moyenne énergie a un caractère exploratoire du comportement des interactions à haute énergie, et cherchera à vérifier certaines lois d'invariance d'échelle. Dans une seconde étape nous nous concentrerons plutôt sur l'étude des processus de création diffractive et l'étude des systèmes résonants 3π ou $N\pi\pi$ de parité naturelle.

A cette étude contribueront MM. C. Ghesquière, P. Lutz, P. Frenkiel, MM. B. Equer, maître de recherche au C.N.R.S., et G. Fontaine, y contribueront à la fois par le développement de l'appareillage de mesure « Coccinelle » et par l'analyse physique.

IV - ETUDE DES REACTIONS $\pi^\pm p$, $K^\pm p$ EN 2 CORPS OU QUASI 2 CORPS COMPORTANT UN ECHANGE DE BARYONS, A DES ENERGIES COMPRISES ENTRE 10 ET 16 GeV

Ces réactions sont caractérisées par l'émission d'un baryon énergétique vers l'avant. Dans la plupart des cas le baryon, s'il est instable, conduit par désintégration à un nucléon très énergétique lui aussi et de direction voisine de celle du baryon initial. Ces réactions sont relativement rares, elles représentent quelques millièmes de l'ensemble des réactions possibles ; d'autre part on désire avoir l'information la plus complète possible sur les bosons associées à la réaction. C'est pourquoi on a fait appel au dispositif électronique du « grand oméga » du CERN, constitué par une chambre à étincelles de grandes dimensions placée dans un champ magnétique de 18 kilogauss et associée à un système de déclenchement variable suivant les expériences. Dans notre cas le problème est de reconnaître un nucléon énergétique émis vers l'avant. On s'est contenté de limiter la détection au proton. Un ensemble de deux chambres à fils situées à 3 m de distance détecte le passage d'une particule chargée positivement dans la bande d'énergie requise, deux Čerenkov à gaz décèlent la présence dans le même faisceau d'une particule de type π^+ ou K^+ et permettent de rejeter les événements où l'une des particules émises vers l'avant n'est pas un proton. On doit parvenir à sélectionner ainsi la plupart des réactions en quasi 2 corps que l'on recherche. La sélection d'un événement intéressant est suivi du déclenchement de la chambre dont les étincelles sont directement enregistrées par un « plombicon » analogue du « vidicon » utilisé en télévision. Les informations transcrites en code binaire seront rassemblées sur des bandes magnétiques et directement exploitées dans des calculatrices numériques.

Le groupe du laboratoire de Physique nucléaire participera à la mise en œuvre des programmes d'exploitation sur le calculateur CDC 6 600 de l'IN2P3 situé à l'Université de Paris VI.

L'expérience devrait avoir lieu dans le courant de 1973. M. P. Rivet, M^{me} J. Siaud, M. A. Volte, attaché de recherche au CNRS, participent à cette étude.

B - Travaux des groupes techniques

I - APPAREILS DE MESURE

a) Exploitation des appareils anciens

Le F.S.D. reste un appareil très sûr. Après avoir mesuré des clichés de la chambre à bulles de 2 m du CERN, l'appareil va être utilisé pour analyser les clichés de la chambre à streamer construite en collaboration avec le laboratoire de l'Ecole Polytechnique ; environ 60 000 clichés seront ainsi mesurés dans une première période de 8 mois.

La responsabilité de l'entretien électronique et mécanique est entre les mains de MM. G. Simoneau, technicien principal de physique nucléaire, et D. Marchand, dessinateur de physique nucléaire. MM. J. Da Pièdade et M. Touré, collaborateurs techniques du CNRS, assurent le fonctionnement régulier.

Les tables de prémesure restent affectées à la préparation des mesures sur F.S.D. des clichés de chambres à bulles pour une collaboration qui groupe des physiciens de l'Ecole Polytechnique, du C.E.N. de Saclay et du CERN.

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

Mis en exploitation en fin 1970, cet appareil, à la suite d'essais satisfaisants, a commencé au second semestre 1971 la production de mesures de l'expérience de formation $\bar{p} p \rightarrow n \pi$ à un taux moyen de 40 événements/heure. Environ 20 000 événements des topologies 2 branches et 4 branches ont été mesurés jusqu'en novembre.

La machine a été alors transformée pour mesurer des films de 50 mm et la durée des mesures a été étendue à 97 heures par semaine. Après de nouveaux tests 28 000 mesures ont été effectuées jusqu'au 15 mars 1972 qui se répartissent comme suit :

- 500 événements de $\bar{p} p \rightarrow 4$ branches à 1,6 GeV/c pour le L.P.N.H.E. de Paris VI.
- 26 200 événements du type $\pi^- d \rightarrow 3$ branches ou 3 branches + proton lent à 9 GeV/c.

— 1 300 événements à 2 et 3 vertex du type $\bar{p} p \rightarrow V^0$ ou $V^\pm + 0$, 2, 4, 6 branches à 1,6 GeV/c.

Ces deux dernières expériences sont effectuées pour le L.P.N.H.E. et doivent être complétées respectivement à 45 000 et 5 000 mesures au cours du dernier semestre de 1972.

Après une nouvelle transformation de la machine fin mars pour revenir à la mesure des films de 35 mm, nous reprenons les mesures de l'expérience de formation $\bar{p} p \rightarrow 4 \pi$ (60 000 événements) au rythme de 10 000 événements par mois.

La supervision de la marche de l'appareil est assurée par L. Dobrzynski. L'entretien et le contrôle du fonctionnement sont assurés par M. M. Forlen, technicien principal de physique nucléaire pour l'électronique, par M. B. Huiban, technicien de physique nucléaire pour la mécanique, avec l'appui du bureau de dessin et de l'atelier de mécanique. Les développements en programmation sont assurés par MM. M. Bravard et L. Guglielmi, rémunérés à la vacation, et M. M. Forlen. L'organisation de l'exploitation est assurée par M. M. Abbés, contractuel de physique nucléaire. Les postes d'opérateurs sont tenus par des personnels rémunérés à la vacation.

Amélioration et développement du L.S.D.

Visualisation des digitisations

La fiabilité du fonctionnement de l'appareil n'est pas totalement satisfaisante, aussi est-il nécessaire de suivre l'acquisition des digitisations et effectuer un contrôle.

Ceci est actuellement réalisé à l'aide d'un tube Tektronix. Malheureusement ses dimensions réduites 8×10 cm² ne permettent pas d'apprécier facilement les défauts et plusieurs événements peuvent être perdus avant que le défaut soit décelé.

On se propose d'acquérir un tube Tektronix du type 612. Il permettra à l'opérateur de voir l'événement en coordonnées cartésiennes et de se rendre compte si l'événement a quelques chances d'être filtré, s'il faut mesurer des points spéciaux et sur quelle trace, si la machine est en bon état de marche.

Ce dispositif sera également un outil de précision pour la réalisation de réglages optiques fins de l'appareil.

En outre l'utilisation du 612 en système 4 002 améliorera le dialogue de l'opérateur avec l'ordinateur et supprimera une source de bruit non négligeable (frappe du télétype actuel).

Détection des digitisations

Le système de détection de digitisation actuel n'a pas été optimisé du point de vue optique d'une part et de plus le traitement d'électronique n'a été conçu que pour des variations de fond/signal de 5/1. Ceci nous oblige pour les films de chambre à bulles en notre possession à des réglages très fréquents, ce qui, à tout moment, peut entraîner des distorsions sur les mesures.

Nous envisageons de changer :

1) L'ensemble des lentilles et des miroirs de l'appareil en les remplaçant par des lentilles et miroirs ayant subis un traitement spécial.

2) Le photomultiplicateur.

Le résultat de ces 2 améliorations sera un gain de lumière d'un facteur 10 sur la fente du cône.

3) L'A.G.C. (contrôleur automatique du gain) pour pouvoir accepter des variations de fond de 50/1.

Amélioration du traitement des résultats des mesures

Actuellement nous transmettons sur bande magnétique entre 6 000 et 10 000 digitisations par événement. Mais seulement un millier sont vraiment utiles. De plus notre rythme de mesure produit 2 à 3 bandes par jour (60/mois). D'où un stock de bandes relativement important (1 000 - 2 000 bandes immobilisées) pour une expérience.

Si nous pouvions donc réduire par un facteur 5 à 10 le nombre de digitisations, nous réduirions à la fois le nombre de bandes et le temps de filtrage des digitisations sur grand ordinateur. On peut espérer passer de 20 h de CDC 6 600 pour traiter 10 000 événements à une dizaine d'heures.

Une solution consiste à faire un préfiltrage des digitisations sur le PDP9 à conditions d'augmenter la capacité de cet ordinateur. Il y a deux possibilités :

1) ajouter des mémoires supplémentaires,

2) ajouter un dérouleur DECK TAPE.

Cette dernière possibilité offre beaucoup plus d'avantages que la première car elle augmente les performances du PDP9 et permet de travailler de façon beaucoup plus souple. En effet non seulement nous pourrions alors libérer des mémoires de l'unité centrale pour le préfiltrage en réalisant un « Overlay » pour le programme de mesures, mais nous pourrions également entrer en mémoire à tout instant n'importe quel programme de test de l'appareil sans devoir ensuite recharger le programme de mesure à partir d'une bande externe.

c) *Construction de Coccinelle*

Cet appareil a été conçu pour le dépouillement et la mesure des clichés des grandes chambres Mirabelle, BEBC et Gargamelle.

La construction du premier appareil est terminée. Les tests effectués sur le système de commutation de vues mécanique et sur le transport de film ont donné toute satisfaction.

Les premiers essais sur des films de Mirabelle provenant de l'expérience d'interactions de protons de 70 GeV/c pris à Serpukov, ont montré que l'appareil digitisait correctement les traces de Mirabelle même aux plus grandes vitesses de balayage.

La mise au point des programmes sur les ordinateurs couplés 90-10 et 90-80 permettant la reconnaissance des vertex et le suivi de traces se poursuit ainsi que l'amélioration des programmes de géométrie réalisant la corrélation entre différentes vues.

La construction d'un deuxième appareil semblable au premier a été commencée. Cet appareil sera installé au L.P.N.H.E. (Université Paris VI).

La mise en œuvre de cet appareil a été assurée par B. Equer, maître de recherche au CNRS, G. Fontaine, attaché de recherche au CNRS, J.-J. Jaeger et A. Karar, ingénieurs de physique nucléaire, M. Bermond et D. Boget, techniciens supérieurs de physique nucléaire.

Les programmes de contrôle de l'appareil et de reconnaissance d'événement ont été mis au point par MM. B. Equer, A. Dniestrowski, ingénieur de physique nucléaire, C. Fritsch, R. Merzoug, tous deux collaborateurs techniques au CNRS. J.-L. Narjoux du laboratoire de Physique atomique a pris la responsabilité des programmes de géométrie on-line et s'est également chargé avec M. P. Lutz, des programmes permettant l'étalonnage de l'appareil.

L'ensemble de la mécanique a été étudié et réalisé par M. D. Marchand et l'électronique associée aux ensembles a été réalisée par MM. M. Feio, visiteur étranger, et P. Rançon, ingénieur au CNRS.

II - APPAREILS DE DETECTION

Une partie du groupe technique du laboratoire a participé à l'installation complexe destinée à l'étude de la désintégration des hyperons entreprise en 1970. Cette installation est terminée et les expériences sont en cours.

Le développement de nouveaux appareils du type « chambres à fils proportionnelles » a commencé cette année.

a) *Expérience portant sur l'étude des hypérons*

a-1 - *Etude de la section efficace totale*

L'expérience s'est déroulée de juin 1971 jusqu'à l'arrêt du PS début décembre 1971. L'appareillage mis en place comportait notamment :

- deux Čerenkov « DISC » construits par le CERN ;
- une cible « Hydrogène - Deutérium » en provenance des USA et remise en état de fonctionnement par le CERN ;
- cinq chambres à fils proportionnelles décrites dans l'Annuaire de l'année précédente. La précision globale obtenue a bien été de l'ordre de celle attendue, c'est-à-dire de 150 μ dans l'espace.

a-2 - *Etude de la désintégration leptonique*

La mise en place de l'appareillage s'est effectuée en deux étapes :

L'expérience sur la section efficace totale laissant libre une partie de la zone expérimentale, un certain nombre d'appareils ont été amenés et mis en place durant cette période, pendant les arrêts de faisceau (Čerenkov à seuil, aimant, chambre à streamers utilisée pour la mesure du moment et compteur à neutrons) tandis que la construction du reste des appareillages s'achevait à Orsay. Ceci afin de permettre de tester ces ensembles sur faisceau lors de la dernière période de faisceau de l'année 1971.

La deuxième étape consistait, pendant l'arrêt du PS, à mettre en place le reste de l'installation, c'est-à-dire, la première chambre à streamers utilisée pour la mesure des angles, l'aimant d'entrée du Čerenkov à seuil et l'hodoscope.

La mise en route de l'ensemble a pu démarrer dès la première période de faisceau, le 9 mars 1972. Les prises de données ont commencé lors de la 2^e session qui a débuté le 10 mai 1972.

b) *Expérience dans le cadre du grand Oméga*

Un programme de travail, portant d'une part sur le changement du type et la disposition partielle des chambres à étincelles actuellement prévues, et d'autre part sur la réalisation d'une chambre à fils proportionnelle cylindrique, a démarré à la fin du premier trimestre de l'année 1972.

Le premier point porte sur le remplacement des 2 premiers modules de chambre à étincelles, au droit de la cible d'hydrogène, et transverses au faisceau, par des chambres à étincelles, planes, disposées longitudinalement

de part et d'autre de la cible d'hydrogène, et de type « léger » afin d'obtenir une diffusion multiple compatible avec les exigences de l'ensemble des utilisateurs.

C'est une technique nouvelle qui consiste à placer chaque électrode dans un sandwich d'un matériau peu dense (Rohacell à 30 gr./litre) et de 2 feuilles d'aluminium très minces (de 6 à 10 μ) qui sont collées à l'aide d'une pellicule d'araldite de l'ordre de 6 à 10 μ d'épaisseur.

Il est prévu, de part et d'autre de la cible, 32 gap de 12 mm chacun, qui occuperont transversalement tout l'espace qui peut être observé par l'optique et qui est compatible avec la lecture par « Plombicon ».

Les dimensions de ces chambres sont de 90 \times 65 cm. L'étude et des essais préliminaires sont en cours. Si cette technique s'avère réalisable dans ces dimensions, le montage dans l'aimant pourrait s'envisager vers la fin de l'année 1972.

Le deuxième point porte sur la réalisation d'une chambre à fils proportionnelle cylindrique, qui se monterait autour de la cible d'hydrogène et devrait être du type « léger » pour les mêmes raisons que précédemment.

Cette chambre, de 30 à 40 cm de longueur, comporterait quelque 250 fils de 20 μ de diamètre, au pas de 2 mm ; elle serait aussi constituée de parois en matériau peu dense, même à l'avant où il faut reprendre la tension mécanique des fils. L'étude va être entreprise à la fin du 2^e trimestre de l'année.

Le modèle opérationnel devrait fonctionner au CERN pour la première période de faisceau de l'année 1973.

L'ensemble de ces études et expériences a été dirigé par MM. J. Badier, ingénieur, docteur ès sciences, G. de Rosny, Ph. Briandet, I. et H. Videau, R. Vanderhagen, chargés de recherche au CNRS, R. Bland, physicien étranger invité, assistés de Ph. Delcros et Ch. Grégory, ingénieurs de physique nucléaire, J. Caillet, assistant, de M. Le Guay et B. Montès, dessinateurs de physique nucléaire, de L. Carlino et P. Ménager, dessinateurs contractuels du CNRS, de L. Kalt, J. Morinaud et R. Vaschy, tous trois agents contractuels du CNRS et des ateliers du laboratoire de physique de l'Ecole Polytechnique et de celui du laboratoire du Collège de France.

CONFÉRENCES, CONGRÈS ET ÉCOLES D'ÉTÉ

P. Frenkiel et P. Lutz ont participé à la Conférence internationale sur les Particules élémentaires d'Amsterdam (30 juin - 6 juillet 1971).

A. Astier a fait une conférence à l'Ecole supérieure de Guerre sur *La recherche en physique* le 27 novembre 1971.

A. Astier a fait deux conférences : le 10 février 1972 au laboratoire de Physique de l'Université de Rome, sur le sujet : *Spin et parité du « D° » et du « F₁ » et recherche de résonances en formation dans les interactions $\bar{p} p$ de basse énergie.*

Le 11 février 1972 au Laboratoire national de Frascati sur le sujet : *Quelques résultats récents en matière de résonances bosoniques obtenues à partir d'interactions d'antiprotons de moyenne énergie.*

A. Astier, M. Bloch, C. Defoix, P. Espigat, P. Frenkiel, J. Cohen-Ganouna, C. Ghesquière, J. O'Neill, M. Laloum, P. Lutz, P. Rivet, A. Volte ont participé, le 22 février 1972, à l'Université d'Orsay, au Congrès E.G.F.A. consacré aux projets de faisceaux secondaires et à l'aménagement des aires expérimentales auprès du futur synchrotron de 300 GeV du CERN.

A. Astier a été invité à participer au Colloque d'Aussois, organisé par la division des Hautes Energies de l'Institut de Physique nucléaire d'Orsay, 20-24 mars 1972.

M^{me} J. Siaud, A. Astier, J. Cohen-Ganouna, C. Defoix, C. Ghesquière, J. O'Neill, M. Laloum, A. Nascimento, P. Rivet ont participé à la Conférence de Chexbres sur les réactions $\bar{p} p$ (27-29 mars 1972).

C. Defoix a fait une communication à la conférence internationale sur la spectroscopie mésonique qui s'est tenue à Philadelphie (avril 1972).

G. Fontaine a présenté une communication sur l'appareil Coccinelle à la Conférence internationale *Symposium on Data Handling of Bubble and Spark Chambers* à Dubna, U.R.S.S., le 12 octobre 1971.

B. Equer a participé à un « Polly Meeting » à Argonne, Illinois, U.S.A., en janvier 1972.

L. Dobrzynski, M. Forlen, C. Ghesquière ont fait une communication au Symposium Européen sur les *Lecteurs en Spirales*, Stockholm, 30 mai-1^{er} juin 1972.

P. Espigat a suivi les cours de l'Ecole d'été du CERN à Varna (Bulgarie), 13-27 juin 1971.

M. Laloum est allé à l'Ecole d'été de Physique théorique des Houches, 4 juillet-28 août 1971.

PUBLICATIONS

P. ESPIGAT, C. GHESQUIÈRE en collaboration avec le CERN, $\bar{p} p$ annihilations at rest into $\eta \pi \pi$ (*Nuclear Physics*, B 36, p. 93, 1971).

P. FRENKIEL, C. GHESQUIÈRE en collaboration avec le CERN, $\omega \pi$ resonances and $\pi \pi S$ wave structures as observed in $\bar{p} p$ annihilations at rest (CERN D. Ph II/Phys. 72-9).

C. GHESQUIÈRE, *Models for analysis of annihilations (Proceedings of Symposium on antiprotons annihilations, Chexbres, 27-29 march 1972).*

C. DEFOIX, A. NASCIMENTO, J. O'NEALL, J. SIAUD en collaboration avec le CERN, *Evidence for decays of the D^0 and E^0 mesons into $\delta \pi$ in $\bar{p} p$ annihilations at 700 MeV/c* (à paraître *Nuclear Physics*, 1972).

C. DEFOIX, *Method of analysis of narrow effects in $\bar{p} p$ annihilations. Rates and cuts (Symposium on antiproton-proton annihilation, Chexbres, 27-29 march 1972).*

C. DEFOIX, A. NASCIMENTO, J. O'NEALL, P. ESPIGAT, *Experimental study of the $\bar{p} p \rightarrow \omega^0 4 \pi$ channel at 700 MeV and 1,2 GeV. New evidence for an $\omega \pi$ — effect at 1 050 MeV observed in a decay of an $\omega^0 \pi^+ \pi^-$ object at 1 330 MeV* (soumis au *Nuclear Physics*).

M. LALLOUM, *Present status on the S masse region (Proceedings of Symposium on antiprotons annihilations, Chexbres, 27-29 march 1972).*

Ch. D'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, M. LALLOUM, P. LUTZ, J. O'NEALL, $\bar{p} p$ elastic scattering in the backward hemisphere (soumis au *Nuclear Physics*).

B. EQUER, G. FONTAINE, D. MARCHAND, J.-L. NARJOUX, *The film transport and programming system of Coccinelle and its applications to the processing of Mirabelle pictures (Proceedings of the International Symposium on data Handling of Bubble and Spark chambers, Dubna, U.R.S.S., 12-16 octobre 1971).*

B. EQUER, G. FONTAINE, D. MARCHAND, J.-L. NARJOUX, *Coccinelle — 4 view film transport and other topics (Proceeding of the Informal Meeting*

on Polly and Polly-like devices, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, U.S.A., janvier 1972).

M. FORLEN, C. GHESQUIÈRE, *Measurement on L.S.D. of $\bar{p} p \rightarrow 4$ prongs at rest. Comparison with H.P.D. measurements (Proceedings of European Spiral Reader Symposium, Stockholm, 30th may - 1st june 1972).*

C. GHESQUIÈRE, *On line prefiltering and improved data collection on L.S.D. (Proceedings of European Spiral Reader Symposium, Stockholm, 30th may - 1st june 1972).*

A. ASTIER, *Réflexions concernant la recherche et le chercheur (Revue de Défense nationale, novembre 1971).*

A. ASTIER, *Antimatière (Revue de Défense nationale, mars 1972).*

BREVET

Une demande de brevet complémentaire a été faite à l'ANVAR par B. EQUER, G. FONTAINE, A. KARAR, concernant une application industrielle du corrélateur utilisé par Coccinelle.