

## Physique nucléaire

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

### LA VIOLATION DE P C

#### *Introduction*

Dans le cours de l'année dernière, nous avons décrit l'évolution d'un système de  $K$  neutres — définition de la matrice  $W = 1/2 \Gamma + i M$ , calcul du taux de désintégration, états propres de  $W$  — puis nous avons étudié le phénomène de régénération par absorption ou par diffusion ainsi que les règles de sélection pour les désintégrations des  $K$  avec  $\Delta S = 0$ . Nous avons terminé le cours de 1968-1969 par une brève introduction de la violation de P C du point de vue formalisme en citant quelques expériences.

Cette année, nous avons décrit les principales expériences mettant en évidence cette violation ( $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ , désintégrations leptoniques), et, en reprenant le formalisme introduit à la fin du cours précédent, nous avons expliqué les différentes théories avancées pour P C, cité les essais de violation dans d'autres interactions, et développé l'explication de la violation de P C par l'interaction superfaible et ses vérifications — ou infirmations — récentes.

#### *Chapitre 1*

##### *L'expérience de Princeton et ses conséquences*

Le cours commence par des rappels sur les systèmes de  $K$  neutres (voir cours précédent) et par le rappel des expériences déjà vues, qui portent essentiellement sur la mesure des vies moyennes du  $K^0_S$  et du  $K^0_L$ , sur la mesure de  $\Delta m$ , différence de masse entre  $K^0_S$  et  $K^0_L$ , soit par la méthode d'oscillation de l'étrangeté, soit par l'utilisation des désintégrations leptoniques.

Vu également les expériences de régénération et les expériences d'interférence des deux pions chargés provenant des  $K_S^0$ ,  $K_L^0$ , avec ou sans régénération.

La première expérience décrite cette année est celle de Princeton (1964), qui a conduit à l'hypothèse de la violation de P C. Elle a été réalisée pour préciser le rapport de branchement du  $K^0_2$  en  $\pi^+\pi^-$  au  $K^0_2$  en tous modes chargés. Ce rapport

$$R = \frac{\Gamma(K^0_2 \rightarrow \pi^+\pi^-)}{\Gamma(K^0_2 \rightarrow \text{tous modes chargés})} = (2,0 \pm 0,4) 10^{-3}$$

Ce rapport a été confirmé ultérieurement et la valeur actuelle est :

$$R = (2,00 \pm 0,06) 10^{-3}$$

La connaissance de ce rapport permet de déterminer le module de  $\eta_{+-}$  :

$$\eta_{+-} = \frac{A(K_L \rightarrow \pi^+\pi^-)}{A(K_S \rightarrow \pi^+\pi^-)}$$

On trouve :

$$|\eta_{+-}| = (1,90 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$$

L'existence d'une décomposition en  $\pi^+\pi^-$  du  $K^0_2$ , défini comme état propre de P C pour la valeur propre  $-1$ , prouve l'existence d'une violation de P C. Si on envisage un potentiel cosmique, attractif pour K et répulsif pour  $\bar{K}$ , on peut alors expliquer le terme de l'hamiltonien violant P C. Car  $K_S$  et  $K_L$  ne sont plus exactement des états propres de P C.

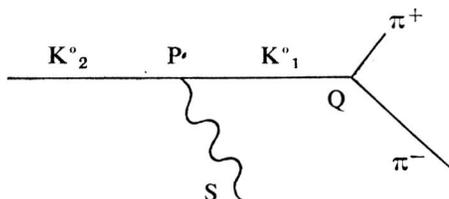
Pour introduire la violation de P C dans le formalisme, nous supposons que le mode  $\pi\pi$  de désintégration des  $K^0_L$  ne vient pas des  $K^0_2$  mais d'une faible proportion  $\epsilon$  de  $K^0_1$  :

$$|K^0_L \rangle = |K^0_2 \rangle + \epsilon |K^0_1 \rangle$$

L'amplitude de la violation impose  $|\epsilon| = 2 \cdot 10^{-3}$ .

L'hypothèse du potentiel cosmique a été contredite par l'expérience. En effet, elle implique que le taux de  $K^0_2$  en  $2\pi$  dépendrait de l'énergie de la particule, ce qui est contraire aux résultats expérimentaux.

Une autre hypothèse suppose que le  $K^0_2$  se désintègre en  $\pi^+\pi^-$  par l'intermédiaire d'une particule vectorielle S suivant le graphe



Ce modèle interdit les interférences entre les pions du  $K^{\circ}_2$  désintégré avec S et ceux du  $K^{\circ}_1$  régénéré à partir du même faisceau de  $K^{\circ}_2$  : de nombreuses expériences, qui montrent des interférences entre les pions des  $K^{\circ}_1$  et  $K^{\circ}_2$ , ont définitivement exclu cette hypothèse.

Enfin, une dernière hypothèse suppose que les pions violent la statistique de Bose. Mais alors on ne pourrait pas observer la désintégration du  $K^{\circ}_2$  en deux  $\pi^{\circ}$  alors qu'on l'observe.

Finalement, devant l'échec de toutes les hypothèses pour maintenir la conservation de P C, on doit se résoudre à ajouter dans l'hamiltonien un terme violant P C. On étudie alors ce que l'on peut dire sur la force de cette interaction X.

On discute la possibilité pour X d'être une interaction forte ou une interaction électromagnétique : ces deux hypothèses se heurtent à l'expérience et ne peuvent pas être retenues.

On va supposer alors que c'est une interaction faible avec  $\Delta S = 1$ . On montre qu'une violation de P C aura un effet de l'ordre de  $10^{-3}$  ; on devrait s'attendre à des effets du même ordre de grandeur dans d'autres réactions, par exemple dans la polarisation du  $\mu$  dans  $K\mu_3$ . Cependant, la précision n'a pas encore atteint le millièmè dans ces expériences.

On peut supposer, enfin, que X est une interaction superfaible avec  $\Delta S = 2$ . La transition  $K^{\circ} \rightarrow \bar{K}^{\circ}$ , qui est du deuxième ordre en interaction faible, serait du premier ordre en interaction superfaible : avec une interaction superfaible,  $10^8$  fois plus petite que l'interaction faible, on parvient à rendre compte d'un effet de  $10^{-3}$  dans la violation de P C.

Avant d'admettre pleinement l'existence de cette interaction, nous devons connaître les amplitudes de violation de l'invariance C P T et aussi de l'invariance C dans les interactions fortes et électromagnétiques, car une violation de C, par exemple, permettrait d'introduire de nouveaux graphes qui seraient susceptibles de donner des ordres de grandeurs exacts.

C'est ce qui a été fait dans le chapitre suivant du cours.

## Chapitre 2

### *Etude de la violation de C dans les interactions fortes et électromagnétiques*

On étudie la violation de C dans les interactions fortes et électromagnétiques. On rappelle que la conservation de C P T est très bien vérifiée dans ces interactions.

Le cours décrit les différents tests de la conservation de T et de C dans les interactions fortes et les expériences sur la violation éventuelle de C dans les réactions électromagnétiques : ces derniers tests portent sur les modes rares de désintégration du  $\eta_0$ .

La discussion des résultats aboutit aux conclusions générales suivantes sur la désintégration du  $\eta_0$  : il semblerait qu'il puisse y avoir une faible violation, non convaincante pour le moment, à cause des erreurs trop grandes.

L'étude du moment électrique dipolaire du neutron donne aussi des informations sur la violation de P et de T : les résultats actuels s'opposent à une violation importante de C ou de T dans les interactions fortes ou électromagnétiques.

En conclusions générales, nous n'avons aucune preuve réelle d'une violation de C dans les interactions fortes ou électromagnétiques, ce qui limite le nombre de graphes que l'on pourrait envisager pour expliquer la violation de PC.

### Chapitre 3

#### *Relations entre les paramètres caractérisant la violation de PC.*

On décrit les paramètres caractérisant la violation de PC et on établit les relations qui existent entre eux.

$$\eta_{+-} = \frac{\text{Amplitude } K^0_L \rightarrow \pi^+ \pi^-}{\text{Amplitude } K^0_S \rightarrow \pi^+ \pi^-}$$

et aussi

$$\eta_{00} = \frac{\text{Amplitude } K^0_L \rightarrow \pi^0 \pi^0}{\text{Amplitude } K^0_S \rightarrow \pi^0 \pi^0}$$

Les états seront :

- soit  $|K^0_S\rangle$ ,  $|K^0_L\rangle$  états de vie moyenne définie,
- soit  $|K^0_1\rangle$ ,  $|K^0_2\rangle$  états propres de PC ( $\pm 1$ ),

avec la relation :

$$|K^0_S\rangle = \frac{|K^0_1\rangle + \varepsilon |K^0_2\rangle}{(1 + |\varepsilon|^2)^{1/2}} \quad |K^0_L\rangle = \frac{|K^0_2\rangle + \varepsilon |K^0_1\rangle}{(1 + |\varepsilon|^2)^{1/2}}$$

Enfin, lors de la diagonalisation de la matrice  $W$ , décrivant l'évolution dans le temps d'un système  $K^0, \bar{K}^0$ , nous avons trouvé, en admettant l'invariance CPT, qui est bien vérifiée comme nous l'avons vu au chapitre précédent :

$$W = \begin{pmatrix} w & p^2 \\ q^2 & w \end{pmatrix}$$

avec pour valeurs propres  $w \pm pq$  et pour vecteurs propres :

$$|K^0_S\rangle = \frac{p|K^0\rangle + q|\bar{K}^0\rangle}{(|p|^2 + |q|^2)^{1/2}}$$

$$|K^0_L\rangle = \frac{p|K^0\rangle - q|\bar{K}^0\rangle}{(|p|^2 + |q|^2)^{1/2}}$$

soit, en introduisant  $|K^0_1\rangle$  et  $|K^0_2\rangle$  :

$$\varepsilon = \frac{p - q}{p + q}$$

On établit les relations suivantes entre  $\eta_{+-}$ ,  $\eta_{00}$  et  $\varepsilon$  :

$$\eta_{+-} = \varepsilon + \varepsilon' \quad \eta_{00} = \varepsilon - 2\varepsilon'$$

$$\text{avec } \varepsilon' = \frac{i}{\sqrt{2}} F \frac{\text{Im } A_2}{A_0}$$

Finalement le calcul de  $\varepsilon$  donne le résultat suivant :

$$\varepsilon = \frac{2i \text{Re } A_2 \text{Im } A_2 + i y_{3\pi} + i y_1 - 2m_1}{\gamma_S - \gamma_L - 2i\Delta m}$$

Dans ces formules

$A_0$  est l'amplitude du  $K^0 \rightarrow 2\pi$  dans l'état  $I = 0$

$A_2$  est l'amplitude du  $K^0 \rightarrow 2\pi$  dans l'état  $I = 2$

$$F = e^{i(\delta_2 - \delta_0)}$$

$(\delta_2 - \delta_0)$  est la différence des déphasages de l'interaction  $\pi\pi$  dans les états  $I = 0$  et  $I = 2$ .

$y_{3\pi}$  et  $y_1$  se trouvent dans l'expression des matrices  $\Gamma$  pour la désintégration en  $3\pi$  et les désintégrations leptoniques.

$$\Gamma_{3\pi} = \begin{pmatrix} \alpha_{3\pi} & x_{3\pi} + i y_{3\pi} \\ x_{3\pi} - i y_{3\pi} & \alpha_{3\pi} \end{pmatrix}$$

$$\Gamma_{\text{leptonique}} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & x_1 + i y_1 \\ x_1 - i y_1 & \alpha_1 \end{pmatrix}$$

$\gamma_S$  et  $\gamma_L$  se rapportent aux  $K_S$  et  $K_L$ , dont la différence de masse est  $\Delta m$ .  $m_i$  apparaît dans la matrice de masse  $M$  :

$$M = \begin{pmatrix} M_0 & m_r + i m_i \\ m_r - i m_i & M_0 \end{pmatrix}$$

On a cherché dans quels termes de  $\epsilon$ , donc dans quel mode de désintégration peut se situer la violation de  $PC$  :

- soit dans le mode  $2 \pi$  avec  $I = 2$  :  $\text{Im } A_2 \neq 0$  entraîne  $\epsilon \neq 0$  et  $\epsilon' \neq 0$
- soit dans les modes  $3 \pi$ , avec  $y_{3\pi} \neq 0$ ,
- soit dans les modes leptoniques, avec  $y_1 \neq 0$ ,
- soit, enfin, dans la matrice de masse, avec  $m_i \neq 0$ .

#### Chapitre 4

##### *Les différents modèles théoriques expliquant la violation de $PC$ dans les interactions faibles*

Avant d'étudier les expériences et de les soumettre à un examen critique, on passe en revue les différents modèles de violation de  $PC$ , qui ont été proposés, et on discute leur validité.

1 — *Modèle de Sachs* : il suppose qu'il existe une amplitude non négligeable  $\Delta S = -\Delta Q$  à côté de l'amplitude principale  $\Delta S = \Delta Q$  et que le terme violant  $PC$  est maximum, c'est-à-dire que le déphasage entre les deux amplitudes est  $90^\circ$ .

Ce modèle suppose que tous les termes de  $\epsilon$  sont nuls, sauf  $y_1$  et, naturellement,  $m_i$ .

On examine les conclusions expérimentales qui correspondent à ce modèle que l'expérience ne permet pas de confirmer ou d'infirmer actuellement.

2 — *Cause de la violation de  $PC$  : faibles contributions de  $\Delta I = 3/2$*  non leptonique. Cela entraîne  $\epsilon' \neq 0$ , soit  $\eta_{+-} \neq \eta_{00}$  ce qui permet un test expérimental sérieux.

3 — Un modèle suppose que la violation de  $PC$  est due aux courants de Cabibbo de 2<sup>e</sup> classe. Ce modèle dépend du transfert  $q$  : on devrait voir cette dépendance dans la capture du  $\mu$  et surtout dans la désintégration du  $K\mu_3$ . Il n'a pas reçu actuellement de preuve expérimentale.

4 — *Modèle de Wolfenstein* : constante de couplage imaginaire dans l'interaction faible.

On n'ajoute rien dans l'hamiltonien des interactions faibles, mais on introduit un déphasage entre les amplitudes de plusieurs graphes possibles, la violation de P C pouvant provenir d'un choix de phase particulier.

5 — *L'interaction superfaible* : ce modèle a l'avantage de donner des prédictions expérimentales simples et claires. Il consiste à introduire un hamiltonien supplémentaire  $H_{sw}$  qui permet d'effectuer des transitions avec  $|\Delta S| = 2$ . La constante de couplage  $H_{sw}$  est  $10^{-8}$  par rapport à celle de  $H_w$ .

Ce modèle ne concerne que le terme en  $m_i$  dans la formule de  $\varepsilon$ . Il donne :

$$\eta_{+-} = \eta_{00} = \varepsilon$$

$$\text{tg } \delta = 2 \frac{\Delta m}{\gamma_S - \gamma_L}$$

$\delta$  étant défini par  $\varepsilon = |\varepsilon| e^{i\delta}$ .

Il est donc très intéressant de faire des expériences aussi précises que possible pour comparer  $|\eta_{+-}|^2$  et  $|\eta_{00}|^2$  et pour mesurer  $\text{tg } \delta$ .

Ce modèle prédit aussi que les effets de violation de P C, ailleurs que dans le système  $K^0 \bar{K}^0$ , sont évanescents. Il prédit en particulier que

$$\frac{K^0_S \rightarrow 3\pi^0}{K^0_L \rightarrow 3\pi^0} = |\varepsilon|^2$$

## Chapitre 5

### Détermination expérimentale de $\eta_{+-}$ et $\eta_{00}$

De nombreuses et difficiles expériences ont permis d'obtenir  $|\eta_{+-}|$  avec précision, mais  $|\eta_{00}|$  avec une précision beaucoup moindre. La principale difficulté dans ces expériences est de connaître les nombres des  $K^0_L$  pour leur comparer le nombre de  $2\pi^0$  produits. Ces expériences sont décrites en détail et discutées de façon critique.

Elles ont été effectuées par des équipes importantes à Princeton, au CERN, à Berkeley et encore au CERN avec les liquides lourds. Les résultats ne sont pas toujours compatibles avec  $|\eta_{+-}|$  mais ils s'en rapprochent progressivement.

Citons la valeur  $|\eta_{00}| = (2,2 \pm 0,4) 10^{-3}$  obtenue avec les liquides lourds qui donnent une bonne détection des  $\pi^0$ .

Chapitre 6

Mesure de la phase  $\eta_{+-}$

Pour mesurer une phase, il faut faire une expérience d'interférence.

Puisque ce que l'on cherche à mesurer est  $\varphi_{+-}$  défini par  $\eta_{+-} = |\eta_{+-}| e^{i\varphi_{+-}}$  et que  $\eta_{+-} = \frac{K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-}{K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-}$ , nous devons faire une expérience d'interférences entre une onde  $K_L$  et une onde  $K_S$ . Pour avoir quelque chose de mesurable, il faut s'arranger pour que les amplitudes des deux ondes  $\pi^+ \pi^-$  (venant l'une du  $K_L$ , l'autre du  $K_S$ ) soient comparables, ce qui nous montre, puisque  $|\eta_{+-}|$  est petit, qu'il nous faut une faible injection d'onde  $K_S$  dans une onde  $K_L$  dominante.

Les expériences correspondantes sont analysées et discutées. Elles sont également effectuées par d'importants groupes analogues aux groupes précédents.

Avec Régénérateur	Vivargent	$\varphi_{+-} = 62,7 \pm 13$
	Alff-Steinberger	$\varphi_{+-} = 35,1 \pm 10$
	Rubbia	$\varphi_{+-} = 47,2 \pm 7$
Sans Régénérateur	Rubbia	$\varphi_{+-} = 51 \pm 9$
	Aronson et al (Chicago)	$\varphi_{+-} = 39 \pm 8$

La moyenne générale est :  $(43 \pm 4)^\circ$ . Or le modèle superfaible prédit

$$\varphi_{+-} = \arctan \frac{2 \Delta m}{\Gamma_S} = (43 \pm 1)^\circ$$

Il faut naturellement mesurer  $\varphi_{00}$ . Les expériences sont encore plus difficiles et les résultats sont imprécis.

$$\varphi_{00} = 17^\circ \pm 31^\circ$$

Chapitre 7

Asymétrie de charge dans les désintégrations leptoniques du  $K_L^0$

L'asymétrie de charge pour les désintégrations leptoniques du  $K_L^0$  est définie par le rapport des taux

$$\frac{K_L^0 \rightarrow \pi^- l^+ \nu}{K_L^0 \rightarrow \pi^+ l^- \bar{\nu}} \quad \text{où } l^\pm \text{ est un lepton (e, } \mu)$$

$I_{+-}$  est l'intensité du mode contenant  $l_{+-}$ . Si on pose

$$\alpha = \frac{I_+ - I_-}{I_+ + I_-}$$

on trouve :

$$\alpha = 2 \operatorname{Re} \varepsilon$$

Si la règle  $\Delta S = \Delta Q$  est applicable, on peut aussi faire intervenir le mode  $\Delta S = -\Delta Q$  en posant  $x = g/f$  et le nouveau coefficient d'asymétrie  $\alpha'$  s'exprime à l'aide de  $x$  :

$$\alpha' = 2 \operatorname{Re} \varepsilon \frac{1 - |x|^2}{|1 - x|^2}$$

$f$  et  $g$  sont respectivement les amplitudes  $\Delta S = +\Delta Q$  et  $\Delta S = -\Delta Q$ .

Donc une asymétrie de charge ne peut exister que si  $\operatorname{Re} \varepsilon \neq 0$ , c'est-à-dire que si  $K_L$  et  $K_S$  ne sont plus orthogonaux. On mesure alors  $\operatorname{Re} \varepsilon$

$$\operatorname{Re} \varepsilon \sim 2 \cdot 10^{-3}$$

Cette asymétrie due à une impureté dans l'état  $K_L^0$ , de l'ordre de  $\varepsilon$ , ne dit rien sur le caractère de la violation de PC dans les désintégrations leptoniques.

On peut alors introduire l'amplitude  $\Delta S = -\Delta Q$ , qui non seulement modifiera l'asymétrie de charge comme nous l'avons vu ( $\alpha \rightarrow \alpha'$ ), mais introduira un terme  $y_1 = \operatorname{Im} 2 f^* g$  correspondant à cette amplitude violant PC.

Il est donc important de mesurer  $x$  en module et en phase afin de tester l'existence de cette amplitude  $\Delta S = -\Delta Q$  qui viole PC. Cette mesure est effectuée en étudiant les interférences vers un état final leptonique donné.

Dans le cours de l'année dernière, nous avons donné un aperçu de ces mesures de  $x$ , qui montrait une situation très confuse. Depuis, les expériences

de Columbia et de Stanford ont un peu éclairci la situation et des expériences sont en cours au CERN et au Rutherford Laboratory.

Les expériences de Columbia sont alors décrites en détail.

Cette expérience donne

$$\frac{1 - |x|^2}{|1 + x|^2} = 0,96 \pm 0,05$$

Si on suppose  $x$  petit devant 1, on en déduit :

$$\text{Re } x = -0,03 \pm 0,03$$

### Chapitre 8 : Conclusions

Pour résumer l'état actuel de la violation de P C dans le système  $K^0 \bar{K}^0$ , on construit le triangle de Wu-Yang. Pour cela, on utilise les données expérimentales suivantes :

$$\begin{aligned} |\eta_{+-}| &= (1,90 \pm 0,05) 10^{-3} \\ |\eta_{00}| &\sim (2,3 \pm 0,05) 10^{-3} \\ \varphi_{+-} &= (43 \pm 4)^\circ \\ \text{Re } \varepsilon &= (1,42 \pm 0,17) 10^{-3} \end{aligned}$$

Pour construire le triangle, on procède alors ainsi :

on connaît la zone du  $\eta_{+-}$  (connu en module et phase),

on connaît la zone du  $\varepsilon$  (connu en partie réelle et phase),

on essaie de les adapter de manière à vérifier  $2 \eta_{+-} + \eta_{00} = 3 \varepsilon$ .

On peut dire qu'il n'y a guère de place pour  $\varepsilon'$  et que rien ne contredit dans l'ensemble de ces résultats l'interaction superfaible. Elle n'est pas encore assurée, mais les expériences à venir sur  $|\eta_{00}|$  et sur  $\varphi_{00}$  sont extrêmement intéressantes pour préciser ou infirmer cette hypothèse importante.

### COLLOQUES DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Le cours a été suivi des colloques suivants :

5 janvier 1970, *Méthodes d'analyse en déphasage de la voie  $K^-$  — nucléon*, par P. BAILLON (C.E.R.N., Genève).

12 janvier 1970, *Le projet de l'accélérateur 300 GeV du nouveau C.E.R.N.*, par B.P. GREGORY (C.E.R.N., Genève).

19 janvier 1970, *Règle  $\Delta S / \Delta Q$  et désintégration  $Ke_3$* , par M. VIVARGENT (Institut de Physique nucléaire, Paris et C.E.R.N., Genève).

26 janvier 1970, *Recent investigations on the  $K_L - K_S$  system*, par C. RUBBIA (C.E.R.N., Genève).

2 février 1970, *Some results from the study of  $K^-$  — neutron interactions at 3.6 and 3.9 GeV/c*, par John S. O'NEALL (Brookhaven National Laboratory, Upton, N-Y, U.S.A. et Laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France, Paris).

9 février 1970, *Diffusion lepton-nucléon à haute inélasticité*, par P. MEYER (Laboratoire de Physique théorique et Hautes Energies, Orsay).

16 février 1970, *Un dispositif expérimental pour la mesure de diffusion élastique de haute énergie à grands angles*, par P. FLEURY (Laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique, Paris et C.E.R.N., Genève).

23 février 1970, *Phénoménologie de la dualité*, par P. SALIN (Laboratoire de Physique théorique, Bordeaux).

2 mars 1970, *Experimental physics program at Rutherford Laboratory*, par I. BUTTERWORTH (Imperial College of Science and Technology. Department of Physics, London).

9 mars 1970, *Résultats expérimentaux obtenus avec les anneaux de collisions  $e^+ e^-$* , par J. PEREZ y JORBA (Laboratoire de l'Accélérateur linéaire, Orsay).

#### CONFÉRENCES DE LOUIS LEPRINCE-RINGUET

(Année 1969-1970)

17 octobre 1969. Paris : Association de la Presse étrangère à Paris, *Le C.E.R.N. et ses développements*.

14-15 janvier 1970. Tunis : Maison de la Culture, *Structure de la matière - Science fondamentale*.

16 janvier 1970. Alger : Centre de Documentation technique, *Les conditions de la recherche scientifique fondamentale*.

21 janvier 1970. Genève : C.E.R.N., *Les remises en question*.

9-12 février 1970. Strasbourg : Conseil de l'Europe, Président de la Conférence européenne sur *la conservation de la nature*.

26 février 1970. Paris : Association des Anciens Officiers de Marine, *Les idéaux à proposer à la jeunesse*.

28 février 1970. Toulouse : Association des Elèves de l'Ecole nationale supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique, d'Informatique et d'Hydraulique de Toulouse, Parrainage - Conférence-débat : *Les grandes écoles*.

3 mars 1970. Paris : Paroisse Sainte-Marie des Batignolles, *Les remises en question - aspects scientifiques et humains*.

8 mars 1970. Paris : O.R.T.F., *L'Invité du Dimanche*.

9 mars 1970. Marseille : Les amis des Lettres, *Les exigences modernes de la culture*.

10 mars 1970. Marseille : Ecole libre de Provence « Centre culturel Provence », *L'homme de demain. Comment le préparer à sa tâche*.

13 mars 1970. Béziers : Jeunesses littéraires de France, *La recherche scientifique internationale*.

14 mars 1970. Nice : Centre universitaire méditerranéen, *La recherche fondamentale : son importance et ses exigences*.

17-18-19 mars 1970. Ouagadougou, Haute-Volta : Centre culturel Franco-Voltaïque, *Matière et anti-matière - Importance de la recherche fondamentale et conditions de sa réussite*. — *Esprit scientifique et civilisation*.

9 avril 1970. Paris : Association des Etudiants de l'Institut supérieur d'Electronique de Paris, *L'esprit scientifique et sa remise en question*.

13-15 avril 1970. Hassi-Messaoud : Cadres de la Compagnie française des Pétroles, *L'homme face à l'évolution des sciences et techniques modernes*.

28 avril 1970. Oxford : Maison Française « Université d'Oxford », *La recherche fondamentale*.

21 mai 1970. Brive : Chambre de Commerce et d'Industrie, *La science - L'homme, sa formation et son avenir*.

#### ACTIVITÉ DU LABORATOIRE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Au cours de l'année 1969-1970, l'activité de recherche du laboratoire de Physique nucléaire s'est poursuivie dans le domaine de la physique corpusculaire de haute énergie au moyen de la technique des chambres à bulles. Le laboratoire a, par ailleurs, continué la construction de la chambre à streamers, dont l'étude avait été entreprise l'année précédente.

A. — *Développement de l'équipement*

En dehors de la réalisation de l'appareil de détection « chambre à streamers » construite en collaboration avec l'Ecole Polytechnique et le laboratoire de l'accélérateur linéaire d'Orsay, le laboratoire a terminé la réalisation de l'appareil de mesure automatique L.S.D., poursuivi la construction de l'appareil de dépouillement et de mesure automatique Coccinelle, et apporté des améliorations importantes au F.S.D. et aux tables de pré mesure.

1. — *Appareils de détection*

a) *Chambre à bulles à haut taux de répétition*

Nous rappellerons que l'ensemble de l'opération fut un succès technique. Le système de détente avec verrouillage pneumatique et récupération d'énergie a donné toute satisfaction, tant sur le plan des performances que sur celui de la fiabilité. Des clichés ont été pris à une cadence de 45 coups par seconde avec des traces de bonne qualité, sans bulles parasites provenant des détentes précédentes. Cependant on a constaté une certaine distorsion qui demeurera presque inévitable dans les chambres de ce type.

Deux rapports, l'un sur le mécanisme de détente, l'autre sur les résultats expérimentaux, sont en cours de publication.

L'ensemble de ces études et expériences a été dirigé par J. BADIÉ, ingénieur des poudres, docteur ès-sciences, et Ph. BRIANDET, chargé de recherche au C.N.R.S., assisté de Ph. DELCROS et Ch. GREGORY, ingénieurs de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, de J. CAILLET, assistant, de B. MONTES, dessinateur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, de J. BOUNIAC et J.-C. CORNIC, agents contractuels du C.N.R.S., et de l'atelier du laboratoire, dirigé par J. MORINAUD, agent contractuel du C.N.R.S.

b) *Chambre à « streamers »*

La construction de ce nouvel appareillage de détection a commencé fin 1968 et se poursuit en collaboration avec le laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique et l'Accélérateur linéaire de la Faculté des Sciences d'Orsay.

Ce type d'appareil de détection, muni d'une cible à hydrogène liquide, permet d'étudier directement les interactions sur protons en visualisant les produits de la réaction ; équipé en outre d'hodoscopes de compteurs à l'amont et à l'aval il permet de ne prendre de photographies que des événements intéressants.

Les constructions d'une chambre de 1,2 m et d'un générateur de 1 million de volts sont lancées, pendant que se poursuit l'étude du système de déclenchement.

Une expérience utilisant cet appareil est déjà envisagée auprès du synchrotron à protons du Centre européen de Recherche nucléaire : la chambre serait placée dans un faisceau d'hypérons  $\Sigma^-$  et  $\Xi^-$  d'environ 15 GeV/c en vue de l'étude de leur désintégration leptonique et de leur interaction sur les protons à haute énergie.

La participation des laboratoires du Collège de France et de l'Ecole Polytechnique à cette étude est dirigée par J. BADIÉ et R. VANDERHAGEN, chargé de recherche au C.N.R.S., assistés de Ph. DELCROS, Ch. GREGORY, J. CAILLET, M. LE GUAY, dessinateur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, B. MONTES, L. KALT et J.-C. CORNIC, tous deux agents contractuels du C.N.R.S., ainsi que J. MORINAUD et F. GEOFFROY, technicien de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur.

## 2. — *Appareils de mesure*

Le développement des appareils de mesure se poursuit d'une part par l'amélioration des appareils existants (F.S.D.), d'autre part, la construction des appareils de mesure automatique L.S.D. et Coccinelle.

### a) *Amélioration du F.S.D.*

Un nouveau dispositif a été mis en place afin de permettre la mesure des films de 70 mm de largeur, en plus des films de 35 et 50 mm, car, avec la mise en service des très grandes chambres dont les films sont soit de 50 mm, soit de 70 mm, le laboratoire ne pouvait envisager de prendre du retard pour la mesure éventuelle de clichés provenant de ces chambres.

Le fonctionnement a été assuré à deux postes durant toute l'année, ce qui a permis, en un an, de mesurer environ 100 000 photographies, malgré l'arrêt nécessaire par la transformation du presse-film et de l'optique.

Les opérateurs chargés de la marche de l'appareil sont J. DA PIEDADE et M. TOURÉ, agents contractuels du C.N.R.S.

L'exploitation du système Filtre a été assurée par H. VIDEAU, attaché de recherche au C.N.R.S., et B. TON THAT, agent contractuel du C.N.R.S.

La maintenance, qui pose des problèmes délicats, a été assurée pour l'électronique par C. GUIGNARD, G. REBOUL, ingénieurs de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, et G. SIMONNEAU, technicien principal de physique

nucléaire de l'Enseignement supérieur, et pour la mécanique par D. MARCHAND, dessinateur de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, et F. HRABINA, préparateur de fabrication de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur.

Les améliorations pour lesquelles nous avons fait appel au constructeur (Société SOGENIQUE) ont été dirigées par G. REBOUL, D. MARCHAND, G. SIMONNEAU.

b) *Tables de prémesures*

Six nouvelles tables de prémesures sont en cours d'installation. Elles posséderont les mêmes caractéristiques que les six tables existantes : même codage, même système d'entraînement du film, même électronique et sortie sur bandes magnétiques incrémentales, dont la précision et la rapidité ont donné toutes satisfactions.

Ces installations ont été effectuées par M. MOYNOT, ingénieur de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, G. MOYNOT, agent contractuel du C.N.R.S., D. MONNOT, G. RIST, C. ROBERT et R. SALOMONE, techniciens supérieurs de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, et de J.-C. RENY, agent contractuel du C.N.R.S.

c) *Construction et mise en service du L.S.D.*

Cet appareil de mesure automatique de clichés de chambres à bulles est actuellement en état de marche, et deviendra, dans un très proche avenir, l'un des appareils de mesure automatique les plus performants du laboratoire.

Durant l'année 1969-1970, des essais ont été poursuivis afin d'utiliser au mieux les diverses performances du matériel : avance automatique du film, positionnement précis du sommet de l'événement, mesure automatique des croix de référence et contrôle de la mesure. Toutefois, la conduite de l'appareil n'est pas laissée entièrement à la calculatrice, comme c'est le cas pour le F.S.D. : un opérateur surveille le déroulement des opérations et intervient au cours des mesures pour des contrôles et des corrections fines.

La programmation en ligne sur l'ordinateur connecté, qui est aujourd'hui presque achevée, fait l'objet de tests.

L'ensemble des travaux concernant le L.S.D. est coordonné par C. GHESQUIERE, maître de recherche au C.N.R.S. La responsabilité de la mise en marche de l'appareil est assurée par M. DAVIDIAN, assisté, pour l'électronique, de M. MOYNOT, de D. BOGET, technicien de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, et de M. FORLEN, technicien principal de physique nucléaire

de l'Enseignement supérieur, et pour l'optique et la mécanique de D. MARCHAND, J. LEBOS, technicien supérieur de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur et F. HRABINA.

Les améliorations apportées aux programmes de calibration et de filtrage ont été poursuivies par Lai VAN THAP, collaborateur technique de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur.

d) « *Coccinelle* »

« *Coccinelle* » est un appareil de dépouillement et de mesure automatique à spot électronique contrôlé par un calculateur CII 90-10. Il permet une analyse de la photographie par petites zones rectangulaires au moyen de balayages de type télévision, 32 directions de balayage étant possibles.

L'information est résumée en petits éléments orientés à l'aide d'un système de lignes à retard, puis le calculateur en déduit la topologie (précision moyenne de l'ordre de 30  $\mu$  sur le film).

Les traces repérées précédemment sont suivies par une suite de balayages perpendiculaires à leur direction ; les coordonnées ainsi détectées sont alors traitées dans le calculateur qui en déduit la position précise de la trace (précision de l'ordre de 4  $\mu$  sur le film).

Il est également possible, en supposant les traces repérées de façon approchée, d'analyser toute la photographie par un balayage de télévision (mode F.S.D.). Les coordonnées des points détectés dans les zones utiles sont écrites sur bande magnétique. Le traitement de ces données s'effectue ensuite sur une grosse calculatrice par la chaîne des programmes F.S.D. (CDC 3600 et maintenant CDC 6600 du quai Saint-Bernard).

Actuellement, les dispositifs électroniques sont entièrement construits et font l'objet de tests. Par contre, la réalisation du bâti de précision devant recevoir l'oscilloscope générateur du balayage et la construction de l'appareil d'avance automatique du film en sont encore au stade de l'étude : la construction n'en sera achevée qu'au printemps 1971.

La mise en œuvre de cet appareil a été assurée par B. EQUER, maître de recherche au C.N.R.S., G. FONTAINE, attaché de recherche au C.N.R.S., C. GUIGNARD, G. REBOUL, M. BERMOND, J.-C. LANCELOT, tous deux techniciens supérieurs de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur.

Les divers programmes ont été mis au point ou améliorés par B. EQUER, G. FONTAINE, A. DIONIGI et C. FRITSCH, tous deux collaborateurs techniques du C.N.R.S.

### 3. — *Installations de calcul scientifique*

Les calculs nécessaires pour l'analyse des clichés de chambres à bulles et l'obtention des résultats se poursuivent au Centre de Calcul de Physique nucléaire du quai Saint-Bernard. Ce centre est maintenant équipé d'un ordinateur CDC 6600, quatre à cinq fois plus puissant que la CDC 3600 dont il était doté précédemment. Le passage des travaux de la 3600 à la 6600 s'est effectué graduellement.

La mise au point des programmes généraux de traitement de données sur le nouvel ordinateur a été facilitée par une collaboration inter-laboratoires à laquelle a participé J. LEBLANC, agent contractuel du C.N.R.S. Depuis mai 1970 le centre fonctionne à deux postes par jour, cinq jours par semaine, fournissant une charge de calculs environ trois fois supérieure à celle qui pouvait être obtenue à partir de la CDC 3600 fonctionnant à saturation. L'exploitation et la mise au point des systèmes du centre est assurée par une équipe dirigée par B. GARIC, agent contractuel du C.N.R.S. P. CURTZ, ingénieur de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, et D. SULTAN, collaborateur technique au C.N.R.S., font également partie de l'équipe système du centre. La direction du centre est assurée par M. BLOCH, maître de conférence à l'Ecole Polytechnique.

La gestion du centre de calcul a été assurée par son Comité scientifique qui comprend tous les directeurs des laboratoires de physique de haute énergie de la région parisienne sous la présidence de M. J. TEILLAC.

### B. — *Activité de recherche proprement dite*

Le laboratoire poursuit ses expériences auprès du synchrotron à protons du C.E.R.N. au moyen des chambres à hydrogène liquide de 81 cm de Saclay et de 2 m du C.E.R.N. Une collaboration étroite est poursuivie avec diverses équipes de l'Institut de Physique nucléaire de Strasbourg, de l'Institut de Physique nucléaire de Paris-Orsay, du C.E.N. de Saclay, du C.E.R.N., et de Pise s'intéressant aux mêmes problèmes scientifiques.

#### 1. — *Interactions $K^-$ proton à 3,9 GeV/c*

Cette étude s'est poursuivie en collaboration avec le laboratoire de l'Ecole Polytechnique.

L'expérience porte sur 300 000 clichés pris dans la chambre de 2 m du C.E.R.N., dans le cadre d'une collaboration avec Saclay. Les événements ont été répartis en trois classes.

a) *Événements rares*

Dans cette catégorie sont comprises les interactions présentant au moins deux particules étranges visibles, les événements à six branches et les diffusions des  $\Lambda^0$ .

Le traitement de ces événements (à l'exception des diffusions de  $\Lambda^0$ ) est terminé. Les premiers résultats physiques concernant les sections efficaces pour tous les états finals observés, ainsi que les distributions de masse effective des systèmes ( $\Xi\pi$ ), ( $\Xi\pi\pi$ ), ( $Y\bar{K}$ ) et ( $K\bar{K}$ ) ont fait l'objet de deux communications à la Conférence de Physique des Hautes Energies de Lund.

b) *Événements non rares mesurés sur les IEP*

Il s'agit d'environ 70 000 événements présentant une seule particule étrange (sauf les deux branches  $+ 1 V^0$ ), qui ont été entièrement mesurés.

Une partie de ces événements (environ un tiers) ont été mesurés et traités par le groupe de Saclay.

c) *Événements mesurés au F.S.D.*

Ce sont les structures deux branches  $+ 1 V^0$  et quatre branches ( $\sim 60\,000$  événements). La prémesure de ces événements sera terminée au mois d'août et leur mesure au F.S.D. au mois de septembre.

Des études sur les titres géométriques pour le traitement de cette catégorie sont en cours.

Ces travaux ont été menés par D. ANDRIAMASY, stagiaire de recherche au C.N.R.S., J. BADIÉ, E. BARRELET, I. MAKAROVITSCH, A. ROUGE et H. VIDÉAU, chargés de recherche au C.N.R.S., et P. BENKEIRI, assistant à la Faculté des Sciences de Paris.

2. — *Antiprotons de 700 MeV/c et 1 200 MeV/c : annihilations en  $\pi$*

a) *Annihilations en deux et quatre branches*

Un ensemble de 50 000 événements a été mesuré sur le F.S.D., puis traité à l'aide de la chaîne des programmes généraux.

L'étude de la production des résonances  $\rho^0$ ,  $\omega^0$ ,  $\eta^0$ ,  $A_2$ , etc... et la séparation des différents états finals constituent un préliminaire à l'expérience de

formation portant sur des annihilations de mêmes types. Les résultats doivent faire l'objet de communications à la Conférence d'Aix-en-Provence (octobre 1970).

Effectuée en collaboration avec le C.E.R.N. et les instituts de Physique nucléaire de Paris et de Strasbourg, cette analyse s'insère également dans un travail de regroupement des données expérimentales relatives à l'étude du mécanisme d'annihilation, entre 0 et 7 GeV/c. Les voies les plus simples et les mieux « séparables », telles que  $\bar{p} p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ,  $\bar{p} p \rightarrow 2 \pi^+ 2 \pi^-$  et  $\omega^0 \pi^+ \pi^-$  sont en cours d'analyse à cet effet.

D'autre part, dans ces mêmes voies, il semble que l'on observe dans les états finals les caractéristiques générales observées dans les annihilations à l'arrêt, et décrites alors en terme de déphasages de l'interaction  $\pi \pi$  : les résultats doivent faire l'objet de communications à la Conférence de Kiev.

L'équipe qui s'occupe de ces événements est composée de L. DOBRZYNSKI, chargé de recherche au C.N.R.S., et actuellement au C.E.R.N., A. NASCIMENTO, chargé de recherche au C.N.R.S., G. FONTAINE et Ch. DEFOIX, chargé de recherche au C.N.R.S.

b) *Annihilations en six branches à 700 MeV/c et 1,2 GeV/c*

Après différentes études relatives aux annihilations en  $3 \pi^+ 3 \pi^- \pi^0$ , portant soit sur les distributions angulaires des mésons  $\pi$  produits, soit sur la mise en évidence des résonances à plusieurs  $\pi$ , études qui ont donné lieu l'an passé à une communication au congrès de Physique des hautes énergies de Lund, le travail actuel consiste à regrouper les résultats obtenus et à donner une description aussi complète que possible de ces annihilations. Il convient en particulier d'harmoniser les observations statistiques directes faites au moyen du programme général d'analyse statistique « SUMX » et les résultats obtenus à partir de programmes de simulation d'événements.

L'analyse de la désintégration  $D^0 \rightarrow \eta^0 \pi^+ \pi^-$  par l'intermédiaire du «  $\delta$  » a été reprise au moyen de nouvelles méthodes par Ch. DEFOIX et J. SIAUD, chargé de recherche au C.N.R.S. en collaboration avec le C.E.R.N.

D'autre part on a entrepris une étude systématique des éventuelles résonances liées à l'«  $\omega^0$  ». Deux approches différentes devraient en particulier conduire à des résultats assez voisins. En particulier, l'une d'elles semble indiquer la présence d'effets résonnants nouveaux  $\omega^0 \pi$  et  $\omega^0 \pi \pi$ .

La désintégration du méson  $D^0$  selon la voie  $\rho^0 \pi^+ \pi^-$  dans les événements du type  $\omega^0 D^0$  y est également vue. Ces différents résultats feront l'objet d'une communication à la conférence de Kiev.

Parallèlement on a recherché la présence de  $\rho^0$  et de  $\rho^\pm$ , associée ou non, pour la première, à celle de l' $\omega^0$ .

Un autre but est de préparer une étude des variations en fonction de l'énergie (entre 500 MeV/c et 1,1 GeV/c) des sections efficaces des phénomènes les plus importants mis en évidence dans les annihilations en six branches.

C. DEFOIX, A. NASCIMENTO, J. SIAUD, et P. RIVET, sous-directeur, ont travaillé sur cette expérience.

### 3. — *Annihilations d'antiprotons de 300 MeV/c comportant au moins un $K^0_1$ visible*

La mesure des événements (12 000) a été réalisée sur IEP et l'exploitation des résultats de mesure a permis d'éliminer une fraction importante d'annihilations ayant lieu à l'arrêt. Les deux principales difficultés ont été d'une part la sélection des événements à très basse énergie mais non contaminée par des annihilations à l'arrêt, et d'autre part une estimation non biaisée de l'impulsion de l'antiproton incident. L'échantillon ainsi réduit aux annihilations pour lesquelles l'impulsion de l'antiproton incident est supérieure à 250 MeV/c va permettre d'étudier les états finals du type  $K \bar{K} n \pi$  et éventuellement les productions de résonances mésoniques, tels les mésons  $D^0$  (1280),  $E^0$  (1420) et  $F_1$  (1540), précédemment observés dans les annihilations d'antiprotons à 700 MeV/c.

L'équipe du laboratoire de Physique nucléaire qui poursuit cette étude est composée de C. d'ANDLAU, maître de recherche au C.N.R.S., J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, chargés de recherche au C.N.R.S., P. PETITJEAN, attaché de recherche au C.N.R.S., et J. O'NEALL, chargé de recherche au C.N.R.S.

### 4. — *Annihilations d'antiprotons de 500 MeV/c avec au moins un $K^0_1$ visible*

Nous disposons actuellement des données géométriques et cinématiques d'une première série de clichés (100 000) et une nouvelle expérience qui a eu lieu au C.E.R.N. en 1969 est en cours de dépouillement dans notre laboratoire. Cette seconde série de clichés (200 000) devrait être, prévisionnellement, mesurée à partir du mois d'octobre 1970.

Cette expérience, ainsi que la précédente, font partie d'une plus vaste étude concernant la formation de résonances en fonction de l'énergie qui couvrira la gamme d'impulsion 250 - 1200 MeV/c.

Dans une première étape, la comparaison des résultats de ces dernières expériences à ceux des expériences à échantillonnage plus élevé réalisées antérieurement aux énergies 0 et 700 MeV/c devrait nous permettre d'aboutir à des résultats fragmentaires et intéressants concernant l'expérience de formation projetée entre 0 et 1200 MeV/c.

L'équipe qui poursuit cette étude est la même que celle mentionnée ci-dessus.

### 5. — Diffusion élastique vers l'arrière des antiprotons sur proton à basse énergie

Cette expérience a débuté l'année dernière et utilisera 650 000 clichés répartis en treize bandes d'énergie de 0 à 1200 MeV/c correspondant à un  $\Delta E \sim 20$  MeV dans le centre de masse antiproton-proton. Les sept premières tranches d'énergie depuis 200 MeV/c jusqu'à 775 MeV/c sont dépouillées et les mesures devraient également prendre fin début décembre. L'exploitation des résultats géométriques et cinématiques est en cours et devrait aboutir à des conclusions physiques dès 1971.

L'équipe chargée de cette étude est composée de J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, M. LALOUM, attaché de recherche au C.N.R.S., et P. LUTZ, stagiaire de recherche au C.N.R.S.

### 6. — Antiprotons à l'arrêt. Annihilations en $\pi$

Cette expérience comportant une mesure de 50 000 événements, effectuée sur l'appareil F.S.D. du Collège de France, ajoutée à une mesure équivalente de 70 000 événements au C.E.R.N., a permis d'aborder les sujets suivants au cours de l'année :

a) Etude de la réaction  $\bar{p} p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$  et en particulier des voies dominantes  $f^0 \rho^0$ ,  $A_2 \pi$  et  $\rho^0 \varepsilon^0$ . Détermination du spin et de la parité du  $A_2$  et surtout étude du déphasage à  $J = 0$ ,  $T = 0$ , dans l'interaction  $\pi \pi$ .

b) Etude de la réaction  $\bar{p} p \rightarrow \omega^0 \pi^+ \pi^-$  : poursuite de l'étude de cette voie qui permet d'atteindre la résonance dite méson B  $\rightarrow \omega^0 \pi^\pm$ , dont l'observation est difficile dans les autres réactions. Une étude plus poussée nous incite à penser qu'à la masse du méson B sont superposées deux résonances de spin 1, de parités opposées et de largeurs différentes.

c) Etude particulière de la voie  $\eta^0 \pi^+ \pi^-$  avec détermination des rapports d'embranchement  $\frac{\eta^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma}{\eta^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0}$  et  $\frac{\eta^0 \rightarrow \text{neutres}}{\eta^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0}$  et la recherche du mode de désintégration du  $A_2$  en  $\eta^0 \pi^\pm$ .

d) Compilation générale des différentes voies d'annihilation donnant lieu aux états finals  $n \pi$  et  $K \bar{K} n \pi$  en vue d'étudier les mécanismes d'annihilations et leur relation avec les hypothèses de symétries et le modèle des quarks.

e) Etude générale du traitement des événements à  $2 \pi^0$  et recherche de la mise en évidence de certaines voies particulières. L'application à l'annihilation à l'arrêt des antiprotons a porté sur la recherche des productions  $\bar{p} p \rightarrow \eta^0 \eta^0$ ,  $\eta^0 \omega^0$  et  $\omega^0 \omega^0$  dans les états finals  $\bar{p} p \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$  ( $n \pi^0$ ).

Contribuent actuellement à ces recherches au Collège de France : M. BLOCH, P. ESPIGAT, collaborateur technique de physique nucléaire de l'Enseignement supérieur, G. FONTAINE, P. FRENKIEL, maître-assistant à la Faculté des Sciences de Paris, C. GHESQUIERE en association avec un groupe du C.E.R.N.

#### CONFÉRENCES ET CONGRÈS

A. ASTIER a fait la conférence de clôture des journées d'études des monitrices en économie familiale le 19 septembre 1969. Sujet : *L'informatique et le sens de l'homme*.

A. ASTIER a fait deux conférences au Centre d'Etudes Supérieures Industrielles (Boulogne-Billancourt), les 29 septembre et 9 décembre 1969. Sujet : *L'évolution des sciences et des techniques qu'elles mettent en œuvre*.

G. FONTAINE et G. REBOUL ont participé au « Meeting on measuring BEBC-film with HPD's », qui s'est tenu à Munich le 19 janvier 1970.

A. ASTIER a fait une conférence sur la physique en général, et en particulier la physique nucléaire et la physique des particules aux élèves de l'Ecole Militaire de l'Air à l'Ecole Polytechnique le 28 janvier 1970.

B. EQUER et G. REBOUL ont participé et présenté une communication à la conférence sur les « Data handling systems in high energy physics », qui s'est tenue à Cambridge du 23 au 25 mars 1970.

G. FONTAINE et G. REBOUL ont participé au « CRT systems for measuring BEBC film meeting » qui s'est tenu à Padoue le 17 avril 1970.

M. DELLA NEGRA a participé à l'« International Conference on experimental meson spectroscopy » qui s'est tenue à Philadelphie les 1<sup>er</sup> et 2 mai 1970.

A. ASTIER a fait une conférence au Centre d'Etudes Supérieures Industrielles (Boulogne-Billancourt) le 9 mai 1970. Sujet : *L'homme face au développement de la science*.

PUBLICATIONS

Ch. d'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, B. LORSTAD en collaboration avec le C.E.R.N., *Evidence for a non strange  $I = 1$  meson of mass 1540 MeV* (*Physics Letters*, 29 B, n° 6, 9 juin 1969).

Ch. d'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, B. LORSTAD en collaboration avec le C.E.R.N., *An analysis of the reaction  $\bar{p} p \rightarrow K^0 \bar{K}^0 \pi^+ \pi^-$  at 0.7 GeV/c and the spin parity of the  $F_1$  meson* (*Nuclear Physics*, B 14, 15 novembre 1969, p. 195-207).

Ch. d'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, B. LORSTAD en collaboration avec le C.E.R.N., *Analysis of the  $I = 0$  ( $K \bar{K}\pi$ ) resonances produced in  $\bar{p} p$  annihilation at 0.7 GeV/c. The  $D$ ,  $E$ ,  $f'$  mesons* (*Nuclear Physics B* 14, 15 novembre 1969, p. 63-74).

M. DELLA NEGRA en collaboration avec Padoue et Pise (Italie), *The annihilation at rest  $N \bar{N} \rightarrow K \bar{K} \pi$*  (*Nuovo Cimento*, série X, vol. 63 A, p. 1199-1222. 1969).

M. BLOCH, P. FRENKIEL, C. GHESQUIÈRE, E. LILLESTØL, A. VOLTE,  *$\bar{p} p$  annihilation at rest into four pions* (*Nuclear Physics*, B 16, 1970, p. 239).

C. GHESQUIÈRE, E. LILLESTØL, *Experimental results on the  $\omega \pi$  and  $\pi \pi$  systems as observed in the  $\bar{p} p$  annihilations at rest  $\bar{p} p \rightarrow \omega^0 \pi^+ \pi^-$*  (*Nuclear Physics*, B 14, 1969, p. 169).

M. BLOCH, G. FONTAINE, E. LILLESTØL, *A method for the study of events with two missing neutral particles. Search for the reaction  $\bar{p} p \rightarrow 2\omega^0 \rightarrow 2\pi^+ 2\pi^-$  in annihilations at rest* (*Physics letters*, à paraître, 1970).

G. FONTAINE, G. REBOUL, *Matched FET's stabilize amplifier's bandwidth* (*Electronics*, vol. 43, n° 11, p. 93, 1970).

G. FONTAINE, G. REBOUL, *Automatic gain control in signal processing for bubble chamber pictures* (*Proceedings of the 1970 Cambridge Conference on Data handling systems in high energy physics*, à paraître).

B. EQUER, G. FONTAINE, G. REBOUL, *The use of Coccinelle, a CRT digitizer to scan and measure big bubble chamber pictures* (*Proceedings of the 1970 Cambridge Conference on Data Handling systems in high energy physics*, à paraître).

*Communications au Congrès de Kiev (26 août - 4 septembre 1970) :*

C. DEFOIX, A. NASCIMENTO, *Experimental study of  $\bar{p} p \rightarrow \omega^0 4 \pi$  reaction at 0.7 GeV/c and 1.2 GeV/c - Evidence for an  $\omega^0 \pi^\pm$  enhancement at 1.040 GeV/c and a  $\rho^0 \pi \pi$  decay of  $D^0$ .*

P. FRENKIEL en collaboration avec le C.E.R.N., *An analysis of the annihilation process  $\bar{p} p \rightarrow \pi^+ \pi^- \omega$  at rest using Veneziano type amplitudes.*

P. FRENKIEL, C. GHESQUIÈRE, E. LILLESTØL en collaboration avec le C.E.R.N., *The  $\omega \pi$  and  $\pi \pi$  systems as observed in the  $\bar{p} p$  annihilation at rest :  $\bar{p} p \rightarrow \omega^0 \pi^+ \pi^-$ .*

Ch. d'ANDLAU, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA, P. LUTZ, M. LALOUM, *Backward  $\bar{p} p$  elastic scattering between 350 and 600 MeV/c.*