

**Physique nucléaire**

M. Louis LEPRINCE-RINGUET,

membre de l'Institut (Académie Française et Académie des Sciences),  
professeur

*LES RÉSONANCES MÉSONIQUES*

*1<sup>re</sup> PARTIE*

Exposé général sur les résonances mésoniques telles qu'elles se présentent après le congrès de Berkeley de septembre 1966. Il s'agit de la situation expérimentale de l'ensemble. On les classe par leurs propriétés isotopiques : d'une part les singulets dont voici la liste :

$\sigma$		$\eta_V$	1 050
$\eta$	$548.6 \pm 0.4$	f	$1\ 254 \pm 12$
$\varepsilon$		D	$1\ 285 \pm 4$
$\omega$	$783.4 \pm 0.7$	E	$1\ 424 \pm 7$
$\eta'$ ou $X^0$	$958.3 \pm 0.8$	$K_s K_s$	
H		f'	$1\ 514 \pm 16$
$\varphi$	$1\ 018.6 \pm 0.5$		

les triplets de spin isotopique

$\pi^\pm$	139.58	$A_2$	$1\ 306 \pm 8$
$\pi^0$	134.98	$\sigma$	$1\ 640 \pm 20$
$\rho^\pm$	778	g	$1\ 637 \pm 23$
$\rho^0$	770	$R_1 R_2 R_3$	
$\delta$	$963.1 \pm 4.2$	S	$1\ 929 \pm 14$
$\pi_V$	1 003	T	$2\ 195 \pm 15$
$A_1$	$1\ 079 \pm 8$	U	$2\ 382 \pm 24$
B	$1\ 208 \pm 12$		

enfin les doublets de spin isotopique (nécessairement étranges)

$K^+$	493.78	$K_A$	$1\ 320 \pm 10$
$K^0$	497.7	$K_V$	$1\ 411 \pm 5$
		$K_A$	$1\ 789 \pm 10$
$K^*$	$892.4 \pm 0.8$	$K^*_{3/2}$	(1175)
$K_V$	(1080)	$K^* ?$	(1270)
$K_c$	(1215)		

Au cours de cette présentation, on discute l'existence, la masse, le spin isotopique, la parité  $G$ , le spin, la parité, la conjugaison de charge, la largeur, et les modes de désintégration avec leur proportion. On porte une attention particulière aux résonances mésoniques non encore établies définitivement. Ce sont :

- $\sigma$  (400)
- $S_0$  ou  $\varepsilon_0$  (700)
- $X^0$  ou  $\eta$  (960) et  $\delta$  (965) - Trois particules éventuelles très proches
- $H_0$  (975)
- $\pi_V$  (1 000) se désintégrant en  $K\bar{K}$
- $A_2$  (1 320) pour lequel on se demande s'il y a deux pics ou un seul et si les nombres quantiques sont bien sûrs.
- $\omega_0$  (1 300) qui semble être le  $A_2$  neutre
- la résonance (1400) se désintégrant en  $K^0_1$  et  $K^+_{1-}$
- enfin les résonances de masse élevées  $S$ ,  $T$ ,  $U$ .

Par ailleurs, parmi les éventuelles résonances étranges : le  $K$  (725) qui joue à cache-cache avec les physiciens depuis plus de cinq ans en apparaissant puis en s'échappant ;

le  $K^*$  (1 175)

le  $K_c$  (1 215)

et enfin les résonances à double charge  $K^+ K^+$  (1 500) et  $K^+ K^+$  (1 280).

Il y a en plus les

—  $K^* 3/2$  (1 270)

—  $K^*$  (1 800)

qui sont aussi incertaines.

Avant ces descriptions, des rappels sur quelques notions utiles à la compréhension des résonances avaient été formulés :

- Règles de calcul de certains nombres quantiques ;
- Que désigne le mot résonance ;
- Problèmes relatifs à l'analyse d'une bosse au voisinage du seuil.

## 2° PARTIE

Cette partie correspond à l'étude des résonances mésoniques bien établies dont la liste a été donnée précédemment. Il s'agit de l'étude critique des expériences faites par les divers laboratoires avec la description du degré de certitude obtenu pour les divers nombres quantiques (y compris masse, largeur, mode de désignation). Après ces exposés on étudie en détail certains effets cinématiques pouvant conduire à de fausses résonances. Après avoir fait état de considérations sur le recouvrement de bandes du  $\rho$ , le cours décrit les singularités triangulaires inspirées de l'effet Peierls. Puis quelques rappels sur le modèle périphérique et ses conditions cinématiques simples

(diagramme de Chew et Low). Ces rappels complétés par la connaissance des angles de Treiman-Yang permettent alors d'aborder l'effet Deck et les variantes ou développements de cet effet proposés et étudiés par Maor et O'Halloran ou Morrisson.

Le cours se termine par deux exemples d'études de résonances à la lumière des effets cinématiques :

1) Exemple d'analyse d'une bosse en  $K \pi \pi$  entre 1 et 1,5 GeV/c<sup>2</sup> (résultats du CERN - Bruxelles et de Berkeley).

2) Exemple d'étude des états finals  $\pi^+ 2 \pi^-$  produits de manière cohérente sur des noyaux par des  $\pi^-$  de 16 GeV/c.

En fin de cours, un essai de classification des mésons en nonets dans un modèle de quarks est indiqué.

Remarque : Le cours a été rédigé par les soins de Henri Videau et Louis Kluberg et tiré à l'offset au laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France.

#### COLLOQUES DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Le cours a été suivi des colloques suivants :

9 janvier 1967, *Photoproduction des mésons vectoriels*, par M. B. FELD (Massachusetts Institute of Technology).

16 janvier, *Interactions cohérentes sur le deutérium à haute énergie*, par M. P. FLEURY (Laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique).

23 janvier, *Etude des systèmes baryon-  $\eta^0$  au seuil*, par M. G. LONDON (Brookhaven National Laboratory).

30 janvier, *Production of isoscalar resonances and the quark model*, par M. J. VANDER VELDE (University of Michigan).

6 février, *How to write the transition matrix elements taking account of angular momenta ?* par M. C. ZEMACH (University of California, Berkeley).

13 février, *Etude de l'annihilation des antiprotons à l'arrêt en  $K \bar{K} \pi$* , par M. M. DELLA NEGRA (Laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France).

20 février, *Production de résonances dans l'interaction  $K^- p$  à 1,7 - 2,0 GeV/c*, par M. H. TICHO (University of California, Los Angeles).

27 février, *Désintégrations électromagnétiques des bosons*, par M. U. NGUYEN KHAC (Laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique).

6 mars, *L'interaction K-nucléon à moyenne énergie*, par M. G. TRILLING (University of California, Berkeley).

13 mars, *Interaction  $K^- \rightarrow \Sigma \pi \pi$  autour de 1960 MeV*, par M. G. CHARLTON (University of Maryland).

LISTE DES CONFÉRENCES  
FAITES PAR M. LOUIS LEPRINCE-RINGUET

20 octobre 1966, Discours de réception à l'Académie Française : *Eloge au Général Weygand.*

25 janvier 1967, Centre Richelieu (Etudiants en sciences de la Sorbonne) : *La remise en question : attitudes scientifiques, attitudes humaines.*

4 février, Centre catholique des Intellectuels français : Exposé sur *la violence* et présidence de la session.

10 février, Centre des Jésuites de Chantilly : Exposé sur *les problèmes de la remise en question.*

13 février, Elèves officiers de l'Ecole Navale (au Collège de France) : Exposé sur *le développement de la science contemporaine.*

17 février, Université de Louvain : *Réflexions sur la science et l'homme ; Séminaires sur les particules fondamentales.*

18 février, Les amis de la langue française ( Bruxelles ) : *La Science et l'Homme.*

22 février, Collège des Sciences économiques et sociales : *La nouvelle révolution industrielle de l'atome à l'homme.*

3 mars, Maison de la culture à Amiens : *Ouverture et approfondissement.*

14 mars, Cours inaugural de physique nucléaire aux élèves de l'Ecole de l'Air en stage à l'Ecole Polytechnique.

10 avril, Rabat : Groupe des Ingénieurs

11 avril, Rabat : Grand Public

12 avril, Casablanca : Séminaire de philosophie à l'Université

12 avril, Casablanca : Département de Physique de l'Université

13 avril, Casablanca : Grand Public

14 avril, Fez : Centre Culturel

} Série de conférences sur *la classification des particules fondamentales et sur les conditions de la recherche scientifique.*

25 avril, Grandes classes du lycée Paul Eluard à Saint-Denis : *L'activité scientifique et ses conditions.*

9 mai, Radio Canada à Montréal : Emission d'une heure à la télévision sur *la science.*

15 mai, A.P.E.L. à Lyon : *Quel est l'homme que doit préparer l'Ecole pour le monde de demain* (clôture du congrès).

29 mai, Présidence du dîner du Concours général et exposé sur *les valeurs et réussites de l'homme.*

12 juin, Union catholique des scientifiques français, Assemblée annuelle : *La remise en question : aspects scientifiques et religieux.*

5 juin, Palais de l'Europe à Menton : Allocution d'ouverture à la seconde conférence internationale sur *l'application des calculateurs numériques à la commande des procédés industriels.*

11 juillet, Groupement des directeurs de Collège de l'Enseignement libre : Exposé sur *la formation de l'homme de demain.*

A partir du 29 juin, *Le quart d'heure de L. Leprince-Ringuet* à la télévision (chaque mois).

#### ACTIVITÉ DU LABORATOIRE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Au cours de l'année 1966-67 l'activité de recherche du laboratoire de Physique nucléaire s'est poursuivie dans le domaine de la physique corpusculaire de haute énergie. Comme durant les années antérieures cette recherche a utilisé exclusivement la technique des chambres à bulles.

##### A. — Développement de l'équipement

Le développement s'est poursuivi dans les différents domaines liés à cette technique : étude de nouveaux appareils de détection, amélioration des appareils de mesure semi-automatiques et automatiques déjà installés, étude de nouveaux appareils de mesure automatiques, enfin amélioration des moyens de calcul automatique.

##### 1. — Etude de nouveaux appareils de détection.

Durant l'année 1966-1967, le laboratoire de Physique nucléaire a poursuivi, en collaboration avec le laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique et le département Saturne du Centre l'Etudes nucléaires à Saclay, l'étude d'une maquette de chambre à bulles à hydrogène liquide à haut taux de répétition.

L'intérêt d'une telle étude a été présenté dans le rapport d'activité du laboratoire de l'année dernière.

Le but poursuivi est le fonctionnement d'une chambre à bulles à cadence élevée, la détente et la recompression s'effectuant en un temps très court (environ 10 millisecondes). La cadence pourrait atteindre quarante coups par seconde. L'étude consiste à observer, dans les meilleures conditions possibles, les phénomènes thermodynamiques relatifs à la détente et à la recompression du milieu d'hydrogène liquide.

Les études préalables à la réalisation de cette première série d'essais sont actuellement terminés. La construction de la chambre elle-même (qui est en alliage léger, d'un volume de 60 litres), la construction du système de détente, des réservoirs d'hydrogène pour la régulation thermique et du cryostat (de

3 m<sup>3</sup>) ainsi que la construction de certains appareils spéciaux de prise de vues, des panneaux de contrôle et de déclenchement sont en voie d'achèvement.

Une partie des constituants mécaniques et électroniques est réalisée au laboratoire. L'ensemble des éléments y est testé avant d'être assemblé dans le hall d'expérimentation de l'accélérateur Saturne, où les essais proprement dits s'effectueront à partir de septembre prochain.

L'étude est dirigée par M. J. BADIER, ingénieur des poudres, docteur ès sciences, et M. P. BRIANDET, attaché de recherche au C.N.R.S., docteur ès sciences, assisté de M. Ch. GRÉGORY, Ingénieur de l'Enseignement supérieur, de M. J. CAILLET, assistant, de MM. J. BOUNIAC et J.-C. CORNIC, agents contractuels du C.N.R.S. et de l'atelier du laboratoire, dirigé par M. J. MORINAUD, agent contractuel du C.N.R.S.

## 2. — *Appareils de mesure.*

Le développement des appareils de mesure s'est poursuivi dans quatre voies différentes : l'amélioration de la technique des appareils de mesure semi-automatique (IEP), l'amélioration de l'appareil automatique F.S.D. et des programmes spéciaux de calcul qu'il nécessite, l'étude d'un appareil de mesure automatique d'un type nouveau à spot électronique, enfin l'étude et le début de réalisation d'un autre appareil de mesure presque entièrement automatique, dénommé L.S.D. (lecteur en spirale digitisée).

### a) *Technique classique de mesure de clichés (IEP).*

Le laboratoire de Physique nucléaire a poursuivi, en collaboration avec le laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique, la connexion directe des IEP au calculateur UNIVAC 418 qui fonctionne depuis septembre 1966.

Un premier appareil a déjà été connecté. Les dispositifs électroniques de connexion ont été conçus et dessinés par le laboratoire. Une partie de ces dispositifs a été construite par le laboratoire lui-même ; le reste a été réalisé par une entreprise extérieure sur cahier des charges fourni par le laboratoire. La commande de dispositifs semblables, destinés à la connexion des autres appareils, est passée ; ces dispositifs seront mis en place progressivement d'ici à la fin de 1968.

L'étude est dirigée par M. J. GOLDBERG, ingénieur des fabrications d'armements, docteur ès sciences, et par M. C. GUIGNARD, ingénieur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur. La réalisation et la construction des appareils est due à M. M. DAVIDIAN, ingénieur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, assisté de M. A. SIMON, agent contractuel du C.N.R.S., et de M. J.-C. BOGET, technicien de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur.

b) *Appareil de mesure automatique F.S.D.*

Le développement des installations constituées par cet appareil de mesure (qui a été décrit dans les rapports antérieurs), a essentiellement consisté, après une période de marche à vitesse moyenne, à doubler la vitesse de rotation du disque, qui est maintenant de 1 500 tours/minute. L'augmentation correspondante de la cadence de digitisation a entraîné une transformation assez sensible des dispositifs électroniques de connexion de l'appareil de mesure au calculateur CDC 160 A ; il fallait en effet que le débit des informations qui traversent ce dernier ne le saturât pas. L'amélioration technique, qui a consisté à se débarrasser des informations inutiles au niveau même des dispositifs électroniques, est une amélioration importante qui est due à M. C. GUIGNARD.

Le premier essai du nouveau dispositif a été effectué en novembre 1966 sur un millier de photographies. La mesure en série d'un lot de 5 000 photographies a été effectuée en mars 1967. L'ensemble, qui donne maintenant toute satisfaction en « production », marche depuis juin 1967.

Il y a lieu de noter que, durant la transformation des dispositifs électroniques ayant permis le doublement de la vitesse de mesure, a été poursuivie, par ailleurs, une amélioration des programmes de traitement des données qui a permis de réduire sensiblement le temps des calculs de « filtrage des données » sur la calculatrice installée à la Faculté des Sciences du Quai Saint-Bernard.

L'ensemble de ces études et améliorations techniques a été dirigé par M. M. BLOCH, docteur ès sciences, maître de conférences à l'Ecole Polytechnique. Les améliorations des dispositifs mécaniques et optiques ont été effectuées sous la direction de M. D. MARCHAND, dessinateur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, assisté de M. J. LEBOIS, technicien supérieur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, par l'atelier du laboratoire dirigé par M. J. MORINAUD.

L'amélioration des parties électroniques a été effectuée sous la direction de M. GUIGNARD, assisté de MM. G. REBOUL et M. MOYNOT, ingénieurs de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, par le groupe d'électronique du laboratoire (M<sup>me</sup> G. BANASIK, agent contractuel du C.N.R.S., et MM. D. BOGET, J.-C. LANCELOT et G. RIST, techniciens de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur).

L'amélioration des programmes de calcul a été effectuée par MM. B. EQUER, chargé de recherche au C.N.R.S., docteur ès sciences, P. FRENKIEL, maître-assistant à la Faculté des Sciences de Paris, A. VOLTE, attaché de recherche au C.N.R.S., assistés de MM. J. ADLER, B. TON THAT, de M<sup>lle</sup> J. CLERET, agents contractuels du C.N.R.S. Les programmes de calculs sur le CDC 160 A sont l'œuvre de M. P. LEBLOND, agent contractuel du C.N.R.S.

En plus de ces améliorations de l'appareillage de mesure et des programmes de calcul, le laboratoire de Physique nucléaire a entrepris l'acquisition d'un

système de visualisation des images digitales fournies par le F.S.D. Le but de cet instrument annexe est d'une part de traiter les événements qui seraient rejetés par le programme de filtrage, mais aussi de procéder à une série de contrôle des performances du F.S.D. ou de tout autre appareil de mesure, en particulier de l'appareil à spot électronique dont il est question ci-après.

Le système se compose d'un dérouleur de bande sur lequel on monte la bande magnétique contenant l'image digitale et d'un équipement de visualisation oscilloscopique, connecté à un petit ordinateur. L'opérateur pourra dialoguer avec le système et intervenir pour corriger, au moyen d'un marqueur lumineux, l'image rejetée par le programme de filtrage.

*c) Appareil de mesure automatique à spot électronique.*

Rappelons que le choix du système F.S.D. avait été guidé, à l'origine, par les possibilités que ce système offrait dans le domaine du dépouillement automatique des photographies. En fait, cette tâche, qui est beaucoup plus difficile que la mesure automatique et qui fait l'objet de recherches actives dans tous les laboratoires de physique de haute énergie, devrait pouvoir être menée à bien avec un appareil de mesure automatique dont le spot est obtenu non pas par des moyens mécaniques, mais grâce à un oscilloscope cathodique.

Les avantages de ce dernier, tant du point de vue de la vitesse que de la souplesse d'emploi, sont évidents. Mais jusqu'à présent la précision et la résolution nécessaires à la physique des chambres à bulles n'étaient pas suffisantes. Aujourd'hui la compagnie Ferranti, en particulier, a mis au point un oscilloscope de précision qui devrait pouvoir satisfaire à la tâche envisagée. Le laboratoire de Physique nucléaire vient d'acquérir un tel instrument.

Un tel oscilloscope, connecté à une petite calculatrice qui, en l'espèce, sera une CAE 9 010, et dont le spot balayera les clichés de chambre à bulles à mesurer, constituera un appareil automatique assez semblable au F.S.D. mais de performances supérieures.

Surtout, un tel appareil devrait permettre une recherche active dans le sens de la reconnaissance des structures. Différentes stratégies d'analyse sont d'ores et déjà prévues par l'équipe du F.S.D. En particulier un projet de détection des pentes des traces au moyen d'un système de lignes à retard servant à déterminer l'intervalle de temps séparant deux signaux voisins de balayage semble très prometteur.

Les premiers éléments de l'appareil sont commandés, en particulier les lignes à retard et l'optique. Le reste fait l'objet d'un marché en préparation.

L'idée de ce nouvel appareil de mesure est due à MM. M. BLOCH, B. EUER et C. GUIGNARD. Son étude est poursuivie par MM. G. REBOUL, M. DAVIDIAN et M. MOYNOT, assisté du groupe d'électronique du laboratoire.

d) *Lecteur en spirale digitisée (L.S.D.)*.

Enfin le laboratoire de Physique nucléaire a entrepris la construction d'un appareil de mesure du même type que celui qui est entré en service aux U.S.A. l'année dernière au « Lawrence Radiation Laboratory » à Berkeley. Plus exactement l'ensemble constitué par le laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France et le laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique d'une part et le C.E.R.N. d'autre part, ont décidé de construire en commun deux appareils de ce type, l'un devant être installé au C.E.R.N., l'autre au Collège de France.

L'appareil, qui est désigné ci-après sous le signe L.S.D., est un appareil de mesure de clichés de chambres à bulles, connecté directement à un petit calculateur rapide, dans lequel entrent automatiquement les coordonnées polaires de tout point noir d'une zone circulaire, après qu'un opérateur ait mis en place, en un point donné, le centre du dispositif de lecture : la lecture se fait en spirale à partir de ce point et les coordonnées obtenues sont digitisées, d'où le nom de l'appareil.

Cet appareil est moins précis que le F.S.D., mais il est très rapide : un opérateur entraîné mesure plus de cent événements (c'est-à-dire cent ensembles de trois clichés) à l'heure. Par ailleurs, il n'est pas entièrement automatique, mais il n'est pas « aveugle » : l'opérateur peut intervenir immédiatement en cas de difficultés.

L'étude des divers dispositifs mécaniques, optiques et électroniques est poursuivie activement depuis six mois avec les laboratoires de l'Ecole Polytechnique et du C.E.R.N. L'appareil devrait entrer en service en 1969.

L'équipe de chercheurs et techniciens du laboratoire de Physique nucléaire qui est chargée de l'étude et de la réalisation de l'appareil est la même que celle indiquée ci-dessus, à laquelle il faut ajouter M. C. CHESQUIÈRE, maître de recherches au C.R.N.S., docteur ès sciences, qui assume la responsabilité de cette tâche.

3. — *Installations de calcul automatique.*

L'activité du groupe de calcul automatique s'est poursuivie durant l'année 1966-1967 dans les deux voies où il était engagé, c'est-à-dire l'amélioration des installations du Centre de calcul de physique nucléaire du quai Saint-Bernard et la mise au point pour ce centre des programmes généraux de traitement de données provenant de clichés de chambres à bulles.

a) *Exploitation et amélioration des installations du Centre de Calcul du quai Saint-Bernard.*

L'exploitation des installations du Centre de calcul s'est poursuivie tout au long de l'année 1966-1967, d'abord à un poste, puis à deux postes, au fur et à mesure de la demande croissante des utilisateurs.

Rappelons que l'installation traite en « temps réel » les informations en provenance des appareils de mesure (S.M.P. et I.E.P.) qui lui sont connectés. La mise au point des systèmes de traitement correspondants est maintenant terminée.

Un effort particulier a porté sur l'amélioration du passage des petits travaux traités suivant des « trains moniteurs ». Le nombre de ces passages a été porté de 3 à 6, les passages des calculs importants étant rejetés sur le second poste. Néanmoins, cette disposition ne donne pas encore entière satisfaction aux utilisateurs. C'est pourquoi le Centre de Calcul a entrepris l'acquisition de nouvelles installations, destinées à rendre très souple et très rapide le passage des petits travaux. Le système correspondant, appelé « DRUMSCOPE », sera mis en exploitation d'ici quelques mois.

Parallèlement à ces améliorations prochaines, le Centre de Calcul s'est préoccupé de prévoir une augmentation de la puissance de calcul pour les années qui viennent, étant donné que les installations actuelles devraient être saturées dans le courant de l'année 1968 par suite de l'accroissement des demandes des utilisateurs. Une consultation très large des divers constructeurs est actuellement en cours. Le problème à résoudre est très difficile : car l'augmentation de la puissance ne doit pas perturber le traitement en temps réel des informations provenant des appareils de mesure connectés, ni perturber l'exploitation des gros programmes généraux de traitement des données des clichés de chambres à bulles.

Le Comité scientifique qui assure la gestion du Centre de Calcul et qui comprend les directeurs de laboratoires de Physique de haute énergie de la région parisienne s'est réuni deux fois dans l'année. La gestion administrative et financière a été assurée par M. P. FALK-VAIRANT, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, M. A. LAGARRIGUE, professeur à la Faculté des Sciences d'Orsay, et M. A. ASTIER, sous-directeur. La gestion technique du Centre de calcul a été assurée par M. P. RIVET, sous-directeur. La mise au point des systèmes a été menée à bien par M<sup>me</sup> B. CARIC, agent contractuel du C.N.R.S., et les ingénieurs programmeurs du Centre de calcul.

b) *Mise au point et améliorations des programmes généraux.*

La mise au point des programmes généraux de traitement des données provenant des clichés de chambre à bulles et leur amélioration incessante, qui sont des tâches particulièrement délicates, ont été poursuivies durant toute l'année sous la direction de M. P. RIVET, assisté de M<sup>me</sup> J. SIAUD, docteur ès sciences, chargée de recherche au C.N.R.S., de M. C. DEFOIX, docteur ès sciences, attaché de recherche au C.N.R.S., de M<sup>me</sup> J.-C. VERGES, ingénieur de physique nucléaire de l'Enseignement Supérieur, de M. J. LEBLANC et M<sup>lle</sup> B. FRITSCH, agents contractuels du C.N.R.S.

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

### 1. — *Groupe F.S.D.*

Au cours de l'année 1966-1967, le groupe a poursuivi l'analyse des deux séries de clichés de la chambre à bulles à hydrogène liquide de 80 cm du C.E.N. de Saclay, qui avait été entreprise dès 1966.

Ces clichés sont d'une part des photographies de mésons  $K^-$  de 3 GeV/c, interagissant avec des protons de la chambre en donnant 4 traces visibles, d'autre part des photographies d'antiprotons de basse énergie qui s'annihilent à l'arrêt au milieu de la chambre en donnant 2 ou 4 traces visibles.

#### a) *Mésons $K^-$ de 3 GeV/c.*

L'analyse de cette série de clichés a constitué l'expérience proprement dite ayant servi de test pour le F.S.D. Elle est aujourd'hui presque terminée. C'est sur cette analyse qu'ont été effectuées les améliorations des programmes de gestion et de contrôle des prémesures, des programmes de filtrage et de mise sur bandes magnétiques de l'information à travers le C.D.C. 160 A ainsi que des très importants programmes de tri et de réduction de l'information traités sur la calculatrice du Centre de calcul du quai Saint-Bernard.

L'analyse de cette expérience a montré que le F.S.D. est actuellement l'appareil de mesure le plus précis dont disposent les physiciens des hautes énergies.

Certaines remesures doivent être effectuées au cours de l'été prochain et les résultats devraient être présentés au prochain Congrès de Physique.

#### b) *Antiprotons à l'arrêt.*

L'analyse des clichés d'antiprotons est moins avancée. La mesure est actuellement poursuivie très activement.

Cette expérience est effectuée en collaboration avec un groupe de chercheurs du Centre Européen de Recherches Nucléaires (C.E.R.N.) dont les mesures sont aujourd'hui terminées. Les premiers résultats obtenus avec les annihilations  $p \bar{p} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$  sont très prometteurs et seront présentés au prochain congrès de physique.

D'autres résultats ont également été obtenus avec les événements comportant 4 traces visibles. Ils montrent notamment une production appréciable des mésons B,  $\eta$  et  $X^0$ .

Le groupe du F.S.D. est dirigé par M. M. BLOCH. L'équipe travaillant sur les clichés de  $K^-$  de 3 GeV/c est composée de M. C. PELLETIER, docteur ès sciences, chargé de recherche au C.N.R.S., de M. A. ROUGE, attaché de recherche au C.N.R.S., et de M. H. VIDEAU, stagiaire de recherche au C.N.R.S.

L'analyse de l'expérience est poursuivie en collaboration avec le laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique, avec le département de Physique des particules élémentaires du C.E.N. de Saclay.

L'équipe de chercheurs travaillant sur les clichés d'antiprotons est dirigée par M. C. GHESQUIÈRE, et comprend MM. P. FRENKIEL, E. LILLESTÖL, agent contractuel du C.N.R.S., et M. A. VOLTE.

## 2. — *Groupe du calcul automatique.*

Durant l'année 1966-1967 ce groupe a, d'une part poursuivi l'analyse des clichés d'antiprotons de 1,2 GeV/c (annihilations en 6 branches visibles) ; il a, d'autre part, entrepris l'analyse de clichés d'antiprotons de 700 MeV/c (annihilations en 2, 4 et 6 branches visibles).

### a) *Antiprotons de 1,2 GeV/c.*

La mesure de ces clichés a été effectuée par les moyens classiques (I.E.P.). L'analyse a porté sur les annihilations en  $6\pi$  et  $7\pi$ . En dehors de la production des résonances (en particulier le  $X^0$ ), la réaction est intéressante par les informations qu'elle apporte concernant les distributions en énergie et les distributions angulaires des  $\pi$  et des résonances. Les résultats seront présentés au prochain congrès de physique.

### b) *Antiprotons de 700 MeV/c.*

Les clichés ont été pris au cours des six derniers mois. Le dépouillement en est très avancé. Ainsi qu'il est indiqué ci-après, les annihilations comportant un  $K^0_1$  visible sont mesurées aux IEP par une autre équipe. Le groupe du calcul automatique va mesurer au F.S.D. les annihilations ne comportant pas de  $K^0_1$  visible. La prémesure des clichés est commencée.

Le groupe du calcul automatique est dirigé par M. P. RIVET. L'équipe qui étudie les antiprotons de 1,2 GeV/c est composée de M<sup>me</sup> J. SIAUD et de MM. C. DEFOIX et A. CHEMAMA, collaborateur technique des Enseignements Supérieurs.

C'est la même équipe qui va étudier les annihilations en  $\pi$  des antiprotons de 700 MeV/c, augmentée de M. L. DOBRZYNSKI, docteur ès sciences, attaché de recherche au C.N.R.S., qui a déjà commencé l'analyse.

## 3. — *Groupe utilisant les moyens de mesure classiques.*

Au cours de l'année 1966-1967, ce groupe a poursuivi l'étude des interactions d'antiprotons lents et plus particulièrement les annihilations comportant un  $K^0_1$  visible. Ces études ont porté sur trois lots de clichés : le lot d'antiprotons de 1,2 GeV/c, le lot d'antiprotons lents s'arrêtant au centre de la chambre et le nouveau lot d'antiprotons, de 700 MeV/c cette fois, déjà mentionné ci-dessus.

### a) *Antiprotons de 1,2 GeV/c.*

Les deux principaux résultats obtenus au cours de l'année concernent d'une part les résonances bosoniques observées dans les annihilations  $K \bar{K} \pi$  et  $K \bar{K} 2\pi$ , d'autre part la polarisation de l'antiproton dans la diffusion élastique antiproton-proton.

1) *Annihilation en  $K \bar{K} \pi$  et  $K \bar{K} 2 \pi$ .*

Ces annihilations montrent, en particulier, une forte production de  $K^*$ . Mais leur intérêt principal réside dans les indications qu'elles fournissent pour les systèmes  $K \bar{K}$ , neutre et chargé. Ces systèmes présentent des structures dans la région d'énergie voisine du seuil et la région (1,2 - 1,5) GeV. Tandis que les dernières ont été interprétées au moyen de la présence possible de  $A_2$ , de  $f^0$  ou encore de  $f^0$ , les premières ont été analysées en paramétrant l'interaction  $K \bar{K}$  soit au moyen de formules Breit-Wigner, soit au moyen de formules de portée effective.

Les résultats ont été adressés au Nuovo Cimento en 1966.

L'analyse de l'expérience a été poursuivie en collaboration avec l'Institut de Physique Nucléaire de la Faculté des Sciences de Paris, un groupe de chercheurs du C.E.R.N. et un groupe de l'Université de Liverpool. L'équipe du laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France comprenait M. Ch. D'ANDLAU, maître de recherche au C.N.R.S., M. A. ASTIER, M. L. DOBRZYNSKI, M. S. WOJCICKI, boursier de la « National Scientific Fundation ».

2) *Polarisation de l'antiproton dans la diffusion élastique.*

Cette polarisation s'obtient à partir des clichés dans lesquels l'antiproton subit deux diffusions élastiques successives dans la chambre à bulles.

Le résultat a été décevant, en ce sens que la polarisation étant compatible avec zéro, il n'a pas été possible de mesurer, ni même d'estimer, le moment magnétique de l'antiproton. Mais le résultat concernant la valeur de la polarisation est important, car les seuls résultats de mesures connus pouvaient laisser croire que cette polarisation n'est pas faible.

La mesure a été entièrement effectuée au moyen des appareils de « prémesures », dont la précision s'est avérée suffisante pour le résultat cherché.

L'équipe qui a poursuivi cette étude était constituée de MM. C. D'ANDLAU et L. DOBRZYNSKI, auxquels s'est joint M. C. GHESQUIÈRE pour l'analyse finale. A également participé à cette étude M. X. NGUYEN HUU, John GOUGGENHEIM, fellow de l'Université San Diego, Californie (U.S.A.).

b) *Antiprotons lents s'arrêtant dans la chambre.*

Les principaux résultats obtenus dans l'analyse de cette expérience au cours de l'année 1966-1967 sont la détermination des nombres quantiques du méson  $E^0$  et l'interprétation de la structure  $(K \bar{K})^\pm$  au seuil.

1) *Nombre quantiques du méson  $E^0$ .*

La poursuite de l'étude entreprise l'année précédente a montré que le spin et la parité de ce méson, dont l'isospin est zéro et l'isoparité positive, sont bien  $0^-$ , car les autres hypothèses sont très improbables.

L'étude, très poussée, qui utilise le formalisme de Zemach pour le traitement des moments angulaires, a été adressée au Nuovo Cimento le 10 octobre 1966.

2) Structure ( $K \bar{K}$ )  $\pm$  au seuil.

L'étude des annihilations  $K^0, K^\pm, \pi^\mp$  a été également poussée au moyen des mêmes techniques de traitement des moments angulaires que la précédente. On est parvenu à décrire assez correctement la densité du diagramme de Dalitz de l'annihilation (qui comprend 2 000 points) grâce à l'introduction simultanée et en interférence des diverses amplitudes probablement présentes, dont la dépendance en énergie a été paramétrée soit par des formules de portée effective pour les voisinages des seuils, soit par des formules de Breit-Wigner.

Le bon accord obtenu n'a pu l'être qu'en introduisant une structure  $K \bar{K}$  au seuil, dont l'existence est ainsi prouvée. Toutefois, d'après cette seule expérience, trois interprétations de cette structure sont équiprobables. Il y a lieu de signaler que l'une des trois serait l'existence d'un état lié  $K \bar{K}$ , qui apparaîtrait comme une résonance fine dans les autres voies et dont la masse se situerait au niveau de celle de l'effet appelé  $\delta^\pm$ .

Les résultats ont été adressés pour publication sous la forme d'un long article dans la revue « Nuclear Physics » et d'une lettre aux « Physics Letters ».

3) Annihilations en  $K \bar{K} 2\pi$ .

Le lot d'événements de ce type est très important (plus de 10 000). Malheureusement, la présence de quatre particules dans l'état final, et de fortes interactions deux à deux (ou trois à trois) de ces particules, rend l'analyse quasi-inextricable. Toutefois cette analyse progresse.

Comme l'expérience d'antiprotons de 1,2 GeV/c, cette expérience a été poursuivie en collaboration avec l'Institut de Physique Nucléaire de la Faculté des Sciences de Paris, et le groupe du C.E.R.N. déjà mentionné.

L'équipe du laboratoire de Physique nucléaire du Collège de France est constituée de MM. Ch. D'ANDLAU, J. COHEN-GANOUNA, docteur ès-Sciences, chargé de recherche au C.N.R.S., M. DELLA NEGRA, docteur ès-Sciences, attaché de recherche au C.N.R.S., et B. LÖRSTAD, boursier de l'Université de Stockholm. M. A. ASTIER a consacré une partie de son temps à l'analyse et à l'interprétation de cette expérience.

c) *Antiprotons de 700 MeV/c.*

Les résultats obtenus dans les annihilations à l'arrêt et à 1,2 GeV/c s'étant avérés nettement différents, étudier les annihilations à une énergie intermédiaire convenablement choisie est une nécessité si l'on veut parvenir à comprendre ce qui se passe entre l'arrêt et le GeV/c. C'est la raison pour laquelle le laboratoire de Physique nucléaire a demandé au C.E.R.N. et obtenu l'autorisation de prendre une série de clichés d'antiprotons de 700 MeV/c. Cette série de clichés a été prise en plusieurs fois au cours des six derniers mois. L'analyse est en cours.

Elle est poursuivie en collaboration avec un groupe du C.E.R.N. par l'équipe C. D'ANDLAU, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA NEGRA et B. LÖRSTAD.

PUBLICATIONS

L. DOBRZYNSKI, X. NGUYEN-HUU, *Test of CP and P invariances in  $\bar{p} p$  annihilations at 1.2 GeV/c involving strange particles* (*Phys. Letters*, 22, p. 105, 1966).

L. DOBRZYNSKI, C. GHESQUIÈRE, X. NGUYEN-HUU, *Study of the polarization of  $\bar{p}$  in  $\bar{p} p$  scattering at 1.18 GeV/c* (*Phys. Letters*, 23, p. 614, 1966).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, L. DOBRZYNSKI, S. WOJCICKI, *Experimental results on  $\bar{p} p$  annihilations at 1.2 GeV/c with production of at least one  $K^0$  meson* (A paraître dans le *Nuovo Cimento*).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA-NEGRA, *Further study of the E meson in  $\bar{p} p$  annihilations at rest* (Présenté par G. Goldhaber dans son rapport *Proceedings Berkeley*, 1966, p. 121).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, M. DELLA-NEGRA, L. DOBRZYNSKI, *Annihilations d'antiprotons à 1.2 GeV/c dans l'hydrogène liquide. Etudes des réactions comportant au moins un  $K^0$  visible* (Supplément au *Journal de Physique*, Fasc. 4, Colloque sur les particules fondamentales, Dijon, 1966 ; repris dans le rapport de M. L. Montanet).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA-NEGRA, *Annihilations d'antiprotons à l'arrêt dans l'hydrogène liquide. Etude des états finals comportant au moins un  $K^0$  visible* (Supplément au *Journal de Physique*, Fasc. 4, Colloque sur les particules fondamentales, Dijon, 1966 ; repris dans le rapport de M. L. Montanet).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA-NEGRA, *Further study of the E-meson in antiproton-proton annihilations at rest* (A paraître dans le *Nuovo Cimento* [envoyé le 10 octobre 1966]).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA-NEGRA, *Further evidence for a  $I = 1$   $K \bar{K}$  threshold effect* (A paraître dans les *Physics Letters*).

C. D'ANDLAU, A. ASTIER, J. COHEN-GANOUNA, M. DELLA-NEGRA, *Experimental results on the  $(K \bar{K})$  and  $(K \pi)$  systems as observed in the annihilations  $\bar{p} p \rightarrow K \bar{K} \pi$  at rest* (A paraître dans *Nuclear Physics*).

J. ADLER, M. BLOCH, B. EQUER, A. VOLTE, *A new filtering technique for bubble chamber photograph* (*Proceedings of the 1966 International Conference on Instrumentation for High Energy Physics*).

B. EQUER, B. TON THAT, A. VOLTE, *Programming system of the Collège de France off-line H.P.D.* (1967 *International Conference on Programming for Flying Spot Devices*, Munich, p. 200).

J. ADLER, M. BLOCH, B. EQUER, A. VOLTE, *A new H.P.D. filtering technique for bubble chamber pictures* (1967 *International Conference on Programming for Flying Spot Devices*, Munich, p. 211).

C. GUIGNARD, *Computer controled electronic gate for the reduction of H.P.D. digitizings* (1967 International Conference on Programming for Flying Spot Devices, Munich, p. 240).

Ph. LEBLOND, *H.P.D. performance under control of a small computer* (1967 International Conference on Programming for Flying Spot Devices, Munich, p. 247).

### THÈSES

Le 15 juin 1967, M. L. DOBRZYNSKI a soutenu une thèse de doctorat ès-sciences physiques intitulée : *Etude des états finals  $K \bar{K} \pi \pi \pi$  et  $K \bar{K} \pi \pi \pi$  produits dans les annihilations d'antiprotons de 1,18 GeV/c. Nombres quantiques du méson  $D^0$ .*

Le 23 juin 1967, M. M. DELLA-NEGRA a soutenu une thèse de doctorat ès-sciences physiques intitulée : *Etude des annihilations d'antiprotons à l'arrêt en trois corps du type :  $\bar{p} p \rightarrow K \bar{K} \pi$ .*

### CONFÉRENCES D'ANDRÉ ASTIER

31 août - 6 septembre 1966, Participation à la XIII<sup>e</sup> International Conference on High Energy Physics, Berkeley (Californie), où il a dirigé la session parallèle consacrée aux résonances bosoniques étranges, et où il a présenté deux communications.

8-10 septembre 1966, Participation à la 1966 International Conference of Instrumentation for High Energy Physics (Stanford Linear Accelerator Center).

21 septembre 1966, Conférence sur *les nombres quantiques du méson  $E^0$*  à l'Université de Wisconsin, Madison (U.S.A.).

11 octobre 1966, Conférence sur *Les résonances bosoniques étranges* au Département de Physique des Particules élémentaires du C.E.N. de Saclay.

16 février 1967, Conférence sur *La recherche scientifique, ses méthodes et sa signification* aux élèves des classes préparatoires aux Grandes Ecoles de l'Ecole Sainte-Geneviève, Versailles.

16 février 1967, Conférence sur *Le contenu de la science et la vérité scientifique* aux étudiants de la Faculté des Sciences et aux élèves de l'Institut National Supérieur de Chimie de Rouen.

2 mars 1967, Conférence sur *L'espace et le temps* à la Faculté des Arts de l'Université Laval, Québec (Canada).

8 mars 1967, Conférence sur *Les Particules élémentaires* à la Faculté des Sciences de l'Université de Moncton (Canada).

8 mai 1967, Conférence sur *Les résonances bosoniques dans les annihilations d'antiprotons à l'arrêt* à l'Institut de Physique de Bruxelles (Belgique).

22 mai 1967, Conférence sur *Les résonances bosoniques dans les annihilations d'antiprotons de basse énergie* dans le cadre du Séminaire de Physique théorique Orsay-Saclay.

29-31 mai 1967, Participation au séminaire du Département de Physique des Particules élémentaires à Ménars (Loir-et-Cher).

26-28 juin 1967, Participation au Colloque de Semur-en-Auxois (Côte d'Or) : *Quelques aspects de la Physique des particules élémentaires*.

#### AUTRES CONFÉRENCES

M. C. PELLETIER a participé à la XIII International Conference on High Energy Physics, tenue à Berkeley (U.S.A.) du 31 août au 7 septembre 1966.

MM. M. BLOCH et P. RIVET ont participé à la 1966 International Conference on Instrumentation for High Energy Physic, tenue les 9 et 10 septembre 1966 à Stanford (U.S.A.).

M. M. DELLA-NEGRA a fait une conférence sur *Les nombres quantiques du méson  $E^0$*  au Département de Physique des Particules élémentaires du C.E.N. de Saclay, le 23 novembre 1966.

MM. J. ADLER, M. BLOCH, B. EQUER, C. GUIGNARD, P. LEBLOND, G. REBOUL, A. ROUGÉ et B. TON THAT ont participé à la 1967 International Conference on Programming for Flying Spot Devices qui s'est tenue au Max Planck-Institut für Physik und Astrophysik, à Munich, du 18 au 20 janvier 1967. Plusieurs publications ont été présentées.

M. M. BLOCH a participé à l'organisation du stage des élèves de l'Ecole Militaire de l'Air à l'Ecole Polytechnique, et assuré un cycle de six conférences sur la physique nucléaire (13-25 mars 1967).

M. P. RIVET a fait deux conférences scientifiques au Collège des Sciences Sociales et Economiques, les 1<sup>er</sup> et 8 mars 1967.

MM. C. GHESQUIÈRE et C. GRÉGORY ont participé au Colloque international sur les chambres à bulles qui s'est tenu à Heidelberg les 13 et 14 avril 1967. Un article a été présenté par M. C. GRÉGORY.

MM. M. DELLA-NEGRA et E. LILLESTOL ont participé au congrès de Semur-en-Auxois, du 26 au 28 juin 1967. M. M. DELLA-NEGRA a présenté *l'effet  $K \bar{K}$  au seuil*.

### ACTIVITÉ DE M. PIERRE SAVEL

I. — La mise au point d'une chambre à étincelles pour l'étude de réactions nucléaires à basse énergie a été continuée.

Au cours de l'année, trois essais seulement, de courte durée, ont pu être effectués auprès du synchrocyclotron. On a pu étudier le fonctionnement de la chambre dans le faisceau de protons de 155 MeV, dans le faisceau de deutons de 75 MeV, et enfin dans le faisceau d' $\alpha$  de 156 MeV.

Ces essais ont permis d'améliorer l'électronique associée, mais actuellement la stabilité de l'ensemble n'est pas assez grande pour envisager une expérience de longue durée auprès du synchrocyclotron d'Orsay.

II. — Le *cyclotron du Collège de France* a été définitivement démonté en novembre 1966.

L'électro-aimant, après révision, sera utilisé pour la déviation du faisceau de particules du synchrocyclotron tandis que la chambre d'accélération des ions ainsi qu'une maquette grandeur nature de l'électroaimant seront installés par nos soins dans une salle du Conservatoire national des Arts et Métiers.