

### Physique atomique et moléculaire

M. Francis PERRIN, membre de l'Institut

(Académie des Sciences), professeur

*Le groupe SU 3 et les interactions faibles (suite).* — Partant de trois états fondamentaux, deux d'étrangeté 0 et d'isospin 1/2 ( $I_3 = \pm 1/2$ ), un d'étrangeté — 1 et d'isospin 0, base d'un espace complexe unitaire à 3 dimensions, dont les transformations unimodulaires forment les éléments du groupe SU 3, on peut construire la représentation adjointe ou normale de ce groupe qui est un sous-groupe à 8 paramètres des rotations d'un espace euclidien réel à 8 dimensions  $E_8$ . Les générateurs de cette représentation sont 8 opérateurs  $\Lambda_j$  associés respectivement aux 8 vecteurs de base  $\vec{e}_j$  de cet espace  $E_8$ . Ces générateurs obéissent à des relations de commutation qui s'écrivent

$$[\Lambda_j, \Lambda_k] = i \sum_l f_{jkl} \Lambda_l$$

les coefficients réels  $f_{jkl}$  étant complètement antisymétriques par rapport à leurs 3 indices. Ces opérateurs  $\Lambda_j$  transforment linéairement les vecteurs de  $E_8$ , et peuvent être représentés par des matrices de degré 8 qui s'introduisent en considérant la transformation des 8 vecteurs de base ; il se trouve que les éléments de ces matrices sont les coefficients  $f_{jkl}$  des relations de commutation des  $\Lambda_j$  :

$$\Lambda_j \vec{e}_k = i \sum_l f_{jkl} \vec{e}_l$$

Les vecteurs de base de  $E_8$  ont été choisis de façon que les opérateurs  $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3$  correspondent aux opérateurs d'isospin  $I_1, I_2, I_3$  dans l'espace de définition de SU 3. L'opérateur  $\Lambda_8$  commutant avec ces trois opérateurs est associé à l'opérateur d'hypercharge  $Y$  ; de façon précise

$$\Lambda_8 = \frac{\sqrt{3}}{2} Y$$

Les 8 particules constituant l'octet fondamental des baryons peuvent être associés à 8 vecteurs de  $E_8$  qui soient simultanément des vecteurs propres des 3 opérateurs commutables

$$\Lambda_3, \Lambda^2_1 + \Lambda^2_2 + \Lambda^2_3, \Lambda_8,$$

les valeurs propres correspondantes  $I_3 = Q - 1/2 Y$  ( $Q$  étant la charge électrique),  $I(I + 1)$ ,  $\frac{\sqrt{3}}{2} Y$  déterminant (par les valeurs de la charge  $Q$ , de l'isospin  $I$  et de l'étrangeté  $S = Y - 1$ ) le baryon associé à chacun de ces 8 vecteurs propres. On trouve ainsi que les 8 baryons de l'octet fondamental sont associés à 8 vecteurs unitaires orthogonaux (dont 6 sont complexes) qui forment une nouvelle base de  $E_8$  :

		$I_3$	$I$	$S$
$\frac{i}{\sqrt{2}} (\vec{e}_1 - i \vec{e}_2)$	$\Sigma^-$	- 1	1	- 1
$\frac{i}{\sqrt{2}} (\vec{e}_1 + i \vec{e}_2)$	$\Sigma^+$	+ 1	1	- 1
$\vec{e}_3$	$\Sigma^0$	0	1	- 1
$\frac{1}{\sqrt{2}} (\vec{e}_4 - i \vec{e}_5)$	$\Xi^-$	- 1/2	1/2	- 2
$\frac{1}{\sqrt{2}} (\vec{e}_4 + i \vec{e}_5)$	$p^+$	+ 1/2	1/2	0
$\frac{1}{\sqrt{2}} (\vec{e}_6 - i \vec{e}_7)$	$\Xi^0$	+ 1/2	1/2	- 2
$\frac{1}{\sqrt{2}} (\vec{e}_6 + i \vec{e}_7)$	$n$	- 1/2	1/2	0
$\vec{e}_8$	$\Lambda$	0	0	- 1

Les désintégrations de ces 8 baryons de l'octet fondamental se font par deux types d'interaction faible : interaction forte avec les mésons, mais avec violation de la conservation de l'étrangeté, — interaction faible proprement dite avec les leptons ( $\mu^\pm, \nu_\mu$  ou  $e^\pm, \nu_e$ ).

Seul ce deuxième mode de désintégration (intervenant d'ailleurs dans une petite proportion quand il n'est pas le seul possible) a été considéré dans

le cours. Il résulte du couplage local d'un courant leptonique dont l'expression est bien établie

$$\overline{\Psi}_e \gamma_\alpha (1 + \gamma_5) \Psi_{\nu_e} + \overline{\Psi}_\mu \gamma_\alpha (1 + \gamma_5) \Psi_{\nu_e} \quad (\alpha = 1, 2, 3, 4)$$

avec un courant baryonique associé à la transformation d'un baryon en un autre baryon par un opérateur T et dont l'expression serait vraisemblablement la même que pour le courant leptonique pour des baryons « nus » (non modifiés par leurs interactions fortes avec les mésons)

$$\overline{\Psi}_B \gamma_\alpha (1 + \gamma_5) T \Psi_B$$

On a des raisons pour admettre que la renormalisation est sans effet sur l'interaction vectorielle proprement dite, correspondant au terme en  $\gamma_\alpha$  de ce courant, mais on sait qu'elle modifie l'interaction pseudo-vectorielle (ou axiale) correspondant au terme en  $\gamma_\alpha \gamma_5$  qui doit être multipliée par un coefficient  $a$ , en fait pas très différent de 1.

Reste à déterminer les opérateurs T qui déterminent les désintégrations changeant un baryon en un autre baryon (avec émission d'un lepton et d'un antilepton dont l'un doit être chargé). Un premier groupe d'opérateurs possibles dérivent des opérateurs  $\Lambda_j$  (autre que les opérateurs  $\Lambda_3$  et  $\Lambda_8$  pour lesquels les baryons sont des états propres). On trouve ainsi 6 opérateurs qui appliqués à chacun des 8 états baryoniques donnent un autre état baryonique ou zéro, les variations  $\Delta Q$  de la charge électrique et  $\Delta S$  de l'étrangeté étant pour chaque opérateur les mêmes quel que soit l'état baryonique initial. Ces 6 opérateurs sont

$$\begin{aligned} \Lambda_1 \pm i \Lambda_2, \Delta Q = \pm 1, \Delta S = 0 \\ \Lambda_4 \pm i \Lambda_5, \Delta Q = \Delta S = \pm 1 \\ \Lambda_6 \pm i \Lambda_7, \Delta Q = 0, \Delta S = \pm 1 \end{aligned}$$

Expérimentalement, les désintégrations semi-leptoniques des baryons correspondent toujours à une variation de la charge ( $\Delta Q \neq 0$ ) les unes conservant l'étrangeté

$$\Delta S = 0, \Delta Q = \pm 1,$$

les autres correspondent à une variation de l'étrangeté d'une unité avec une variation égale de la charge

$$\Delta Q = \Delta S = \pm 1$$

En tenant compte en plus de la condition que la masse du baryon initial doit être supérieure à celle du baryon final, on trouve que parmi les 6 opérateurs indiqués, seuls peuvent intervenir l'opérateur

$$\Lambda_1 + i \Lambda_2 \text{ pour } \Delta S = 0, \Delta Q = + 1$$

(désintégrations  $n \rightarrow p^+$ ,  $\Sigma^- \rightarrow \Sigma^0$ ,  $\Sigma^0 \rightarrow \Sigma^+$ ,  $\Xi^- \rightarrow \Xi^0$ ) et l'opérateur

$$\Lambda_4 + i \Lambda_5 \text{ pour } \Delta S = \Delta Q = + 1$$

(désintégrations  $\Lambda \rightarrow p^+$ ,  $\Sigma^- \rightarrow n$ ,  $\Xi^- \rightarrow \Xi^0$ ,  $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+$ ). Ces opérateurs sont des générateurs de la représentation de degré 8 de SU 3 associés aux

axes  $\vec{e}_1 + i \vec{e}_2$  et  $\vec{e}_4 + i \vec{e}_5$ ; l'opérateur T, combinaison linéaire de ces opérateurs sera donc le générateur associé à une direction située dans le biplan de  $E_8$  défini par ces deux axes. Toutes choses égales d'ailleurs, les désintégrations semi-leptoniques correspondant à une variation de l'étrangeté ( $\Delta S = + 1$ ) sont environ 20 fois moins probables que celles qui conservent l'étrangeté ( $\Delta S = 0$ ); le coefficient de l'opérateur ( $\Lambda_4 + i \Lambda_5$ ) dans l'expression du tenseur T doit donc être 4 à 5 fois plus petit que celui de l'opérateur ( $\Lambda_1 + i \Lambda_2$ ). On peut cependant conserver l'idée que les interactions faibles semi-leptoniques, du moins pour leur partie vectorielle, sont déterminées par une interaction universelle de Fermi couplant avec le même coefficient G que le couplage des courants leptoniques donnant la désintégration des muons, un courant baryonique et un courant leptonique, en admettant que l'opérateur T est le générateur de la représentation adjointe de SU 3 associé au vecteur unitaire.

$$\frac{1}{\sqrt{2}} [(\vec{e}_1 + i \vec{e}_2) \cos \theta + (\vec{e}_4 + i \vec{e}_5) \sin \theta]$$

l'angle  $\theta$  étant tel que  $\sin \theta$  soit 4 à 5 fois plus petit que  $\cos \theta$ .

Des considérations analogues doivent être développées à partir d'un ensemble de 8 opérateurs vectoriels  $D_j$  qui a des caractères semblables à l'ensemble des 8 opérateurs  $\Lambda_j$ , le vecteur transformé des vecteurs de base  $\vec{e}_k$  étant donné par la formule

$$D_j \vec{e}_k = \sum_l d_{jkl} \vec{e}_l$$

les coefficients numériques  $d_{jkl}$  étant complètement symétriques par rapport à leurs 3 indices. On peut former à partir de ces opérateurs  $D_j$  des opérateurs transformant les états baryoniques en d'autres états baryoniques avec pour chacun de ces opérateurs des valeurs déterminées (0 ou  $\pm 1$ ) de la variation de charge  $\Delta Q$  et de la variation d'étrangeté  $\Delta S$ . Ici encore ce sont les opérateurs ( $D_1 + i D_2$ ) et ( $D_4 + i D_5$ ) qui correspondent aux règles de sélections expérimentales ( $\Delta S = 0$ ,  $\Delta Q = 1$  pour le premier,  $\Delta S = \Delta Q = 1$  pour le second). Ces opérateurs ajoutent aux désintégrations données par les opérateurs  $\Lambda_j$ , pour le cas  $\Delta S = 0$  la désintégration  $\Sigma^- \rightarrow \Lambda$ , et pour le cas  $\Delta S = 1$  la désintégration  $\Xi^- \rightarrow \Lambda$ .

La théorie ainsi développée en introduisant un seul paramètre nouveau, l'angle  $\theta$  (dit angle de Cabbibo) rend compte de façon satisfaisante de l'ensemble des résultats expérimentaux relatifs aux désintégrations semi-leptoniques des baryons, avec la valeur  $\theta = 17^\circ$  ( $\sin \theta = 0,24$ ;  $\cos \theta = 0,97$ ).

## TRAVAUX

L'activité du Laboratoire est répartie entre la physique théorique, la physique nucléaire expérimentale à haute et basse énergie et l'instrumentation.

Le Laboratoire est divisé en un certain nombre d'équipes, les contacts entre équipes étant très fréquents.

### PHYSIQUE THÉORIQUE

#### 1) Groupe dirigé par M. B. JOUVET — Recherches sur la théorie des champs

Dans la voie de recherches poursuivie depuis plusieurs années par ce groupe en vue d'établir les critères objectifs permettant de distinguer les particules élémentaires des particules composées, celles-ci étant définies par l'annulation des constantes de renormalisation de leurs champs, M. J.-C. LE GUILLOU a étudié un modèle non relativiste de théorie des champs dans lequel des particules élémentaires sont échangées dans deux voies croisées (A). Ceci lui a permis de déterminer les propriétés caractéristiques de la matrice  $S$  dans les différentes voies lorsqu'une ou deux particules échangées deviennent composées, ce dernier cas illustrant la théorie du « bootstrap ».

Bien que les deux particules s'engendrent mutuellement jouant ainsi des rôles symétriques, ce qui avait amené certains auteurs à mettre en doute la possibilité de distinguer une particule composée d'une particule élémentaire, il est cependant possible de déterminer par la forme observable des amplitudes de diffusion dans quelle voie se trouve la particule composée. Ce travail constitue l'un des chapitres de la thèse de Doctorat qu'il a soutenue cette année (A).

M. E. TIRAPEGUI a par ailleurs étudié certaines propriétés d'un modèle de théorie des champs autocomposés exactement soluble, mettant en évidence que la valeur critique de la constante de couplage pour laquelle la constante de renormalisation du champ s'annule correspond au début d'une coupure dans le plan complexe de cette variable. Cette étude constitue une partie de la thèse de mathématiques qu'il a soutenue et dans laquelle il étudie les propriétés d'une vaste classe de théorie quantique des champs n'ayant qu'un nombre fini de degrés de liberté. Dans ce travail il a mis en évidence l'existence et donné des exemples de théorie dont les solutions ne sont pas uniques, phénomène qui présente un certain intérêt par sa relation éventuelle avec l'existence dans la nature des symétries brisées.

Poursuivant l'étude entreprise l'année précédente, M<sup>lle</sup> M. ASTAUD et M. B. JOUVET ont étendu leur formulation des groupes de renormalisation aux cas les plus généraux, notamment à celui des renormalisations de masse, ce qui n'avait pu encore être réalisé. De nombreuses conséquences de ces groupes ont été approfondies. En particulier, à l'aide de cette extension, qui permet de tenir compte explicitement de la masse de l'électron dans l'électrodynamique, il a été possible de montrer que l'assertion selon laquelle la charge nue de l'électron serait indépendante de la charge observée, résulte en fait uniquement de l'approximation de négliger la masse de l'électron, et non pas du groupe de renormalisation.

Les groupes étendus qui ont été construits permettent par ailleurs de calculer aisément les allures asymptotiques des graphes de Feynman. Ce travail est la matière de la thèse de mathématiques que soutiendra très prochainement M<sup>lle</sup> M. ASTAUD.

## 2) Groupe dirigé par M. P. KESSLER

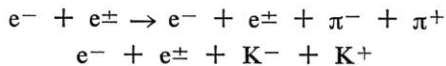
En collaboration avec un certain nombre d'étudiants de 3<sup>e</sup> cycle, M. P. KESSLER a traité une série de problèmes d'électrodynamique et d'interactions faibles qui constituent dans une large mesure des applications de la méthode d'hélicité généralisée de calcul des diagrammes de Feynman, récemment mise au point.

A) Avec M. KARATCHENDZEFF, qui termine sa thèse de 3<sup>e</sup> cycle, il a étudié la réaction  $\pi^- + p \rightarrow l^- + l^+ + n$  à l'énergie du N\* (1236). Un calcul récent a porté sur les termes de Born, s'ajoutant au terme isobarique déjà calculé antérieurement.

B) Avec M. COCHARD (1) il a entrepris l'étude de la contribution des termes de Born à l'électroproduction de pions à l'énergie du N\* (1236).

C) Avec M. ROEHNER (1) il a commencé une étude analogue à la précédente, portant sur la neutrino-production de pions.

D) Avec M. JACCARINI, il a commencé un travail sur les réactions



en vue d'une éventuelle expérience sur anneaux de collision, ayant pour but de trouver un spectre de résonances  $\pi\pi$  ou  $KK$  autres que les résonances  $1^-$ .

---

(1) Etudiants du 3<sup>e</sup> cycle de l'Institut Henri Poincaré extérieurs au Laboratoire de Physique atomique et moléculaire.

E) Une étude semblable a été mise en route avec M. ARTEAGA (1), portant sur le processus

$$e^- + e^\pm \rightarrow e^- + e^\pm + \mu^- + \mu^+$$

Le but d'une éventuelle expérience serait ici de découvrir soit une faille de l'électrodynamique quantique, soit une anomalie du muon.

F) Avec M. PARISI (1), il a entrepris l'étude phénoménologique des vertex du type  $(0^-) \gamma\gamma$  où  $(0^-) = \pi^0, \eta$  ou  $\eta'$  en considérant les trois processus

$$e^- + e^+ \rightarrow (0^-) + \gamma; (0^-) \rightarrow \gamma + l^- + l^+;$$
$$e^- + e^\pm \rightarrow e^- + e^\pm + (0^-)$$

qui permettent en principe de déterminer les facteurs de forme dans trois régions physiques différentes, entre lesquelles il n'y a pratiquement pas de discontinuité.

### 3) Groupe dirigé par M. Ph. LERUSTE

MM. M. BENAYOUN, J. LANCIEN et Ph. LERUSTE ont poursuivi l'étude du formalisme de Le Couteur-Newton (relativiste) en généralisant à  $n$  voies des résultats déjà obtenus pour 2 voies. Une expression de la fonction fondamentale  $D$  a été donnée en fonction des éléments de la matrice réactance  $K$ . Dans le cas de l'équation de Schrödinger, ces formules sont également valables; elles permettent le traitement unifié des différents cas possibles: seuils distincts, confondus ou en infinité continue. La même équipe examine actuellement le cas des seuils confondus dans le cas relativiste; elle recherche aussi des tests pour l'unitarité étendue qui est à la base de la méthode.

M. B. LEFÈVRE a appliqué la méthode de Le Couteur-Newton au cas de la pion-production du méson  $\eta$  en onde  $S$ . D'une part les résultats expérimentaux sont bien représentés et on obtient une estimation précise des déphasages dans l'onde  $S_{11}$ .

D'autre part il peut exister un phénomène autocohérent tel que l'inélasticité des résonances se génère elle-même grâce à un jeu de formules analogue à celui du « bootstrap ». MM. LEFÈVRE et LERUSTE examinent l'origine des résonances en onde  $S$ .

M<sup>me</sup> THIBAUT et M. Ph. LERUSTE étudient le problème à trois corps afin d'y appliquer éventuellement la méthode de Le Couteur-Newton.

---

(1) Etudiants du 3<sup>e</sup> cycle de l'Institut Henri Poincaré extérieurs au Laboratoire de Physique atomique et moléculaire.

## PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE

### 1. — *Physique des particules élémentaires*

L'activité expérimentale en physique des particules élémentaires menée au Laboratoire de Physique atomique et moléculaire utilise tant les chambres à bulles que les techniques électroniques. Chaque expérience nécessite un appareillage important, et dure plusieurs années, une même équipe ayant en général une activité double : exploitation des résultats de l'expérience précédente, préparation et exécution de l'expérience en cours.

Trois équipes principales travaillent dans ce domaine.

#### A. — *Chambres à bulles*

L'équipe de chambres à bulles travaille sur des clichés pris soit au C.E.R.N. (accélérateur européen à Genève), soit à Nimrod (accélérateur britannique).

Dans l'activité récente de cette équipe, il convient de mentionner :

a) l'étude de l'interaction  $K^- p$  entre 1,26 et 1,84 GeV/c

Cette interaction est très complexe ; dans une expérience menée en collaboration, on a déterminé les sections efficaces, les distributions angulaires et les polarisations là où elles sont mesurables, des réactions à deux corps.

Cette détermination a mis en évidence, à une masse de 2 060 MeV, une structure d'apparence résonnante dans la voie  $\Xi K$ . Cette structure ne correspond, semble-t-il, à aucune de celles que l'on connaît dans cette zone d'énergie. La même expérience a permis de mesurer les rapports de désintégrations en deux corps des résonances  $\Sigma$  2 030 et  $\Sigma$  1 915 ( $\Lambda \pi$ ,  $K^0 N$ ), et de confirmer la valeur de  $5/2^+$  pour le spin et la parité de  $\Sigma$  1 915. L'analyse soignée de la voie  $K^- p \rightarrow K^0 n$  indique l'existence probable d'une résonance autour de 2 000 MeV.

L'étude des  $\Sigma$  produits dans la voie  $K^- p \rightarrow \Sigma^\pm \pi^\mp$  a permis de mesurer avec précision les temps de vie des  $\Sigma$  chargés. Si celui des  $\Sigma^+$  correspond bien à la valeur admise, celui du  $\Sigma^-$  est notablement différent :  $(1,36 \pm 0,04) 10^{-10}$  sec., au lieu de  $(1,638 \pm 0,054) 10^{-10}$  sec.

Cette nouvelle valeur renforce la confiance dans la règle  $\Delta I = 1/2$ . Ce résultat a donné un regain d'intérêt aux études sur les désintégrations non leptoniques des hyperons.

Cette expérience est menée principalement par MM. A. BERTHON, A. MERIC de BELLEFON, Jiri VRANA.



b) L'étude de l'interaction  $K^+ p$

L'étude de cette interaction entre 1,8 et 3 GeV/c a permis de confirmer que dans cette zone d'énergie il n'existe probablement pas d'état résonnant dans la voie S (voie directe).

L'étude des interactions élastiques permet donc une analyse fine des interactions dans la voie transverse. Il apparaît que le formalisme de Regge valable à haute énergie reste parfaitement adapté à des énergies plus basses et que les paramètres déterminés à 6 GeV/c permettent un excellent ajustement des données autour de 2 GeV/c.

Par ailleurs l'étude des voies  $K^+ p \rightarrow K^+ \pi^0 p$  et  $K^+ p \rightarrow K^0 \pi^+ p$  permet de dégager les contributions des réactions  $K^+ p \rightarrow K^* + p$ ,  $K^+ p \rightarrow K^+ N^{*+}$  et  $K^+ p \rightarrow K^0 N^{*++}$ , et de procéder là aussi à une analyse par les pôles de Regge. Ce travail est en cours.

Cette expérience est menée en collaboration avec Saclay et des laboratoires britanniques. Y participent MM. J.-M. BRUNET et J.-L. NARJOUX.

c) Etude de l'interaction  $K^- d$

Ce travail clôt une série de mesures entreprises depuis trois ans sur des clichés pris au C.E.R.N. Outre les résultats mentionnés les années précédentes, on doit signaler l'interprétation des diffusions élastiques  $K^- d \rightarrow K^- d$  qui fait intervenir la théorie de la diffusion multiple, à l'aide du modèle de Glauber amélioré par Bertocchi. Ce travail est fait par MM. NARJOUX et M. CROZON.

B. — *Chambre à étincelles*

L'équipe qui utilise cette technique étudie les interactions  $\pi$  nucléon autour d'1 GeV. Une expérience vient d'être terminée, où l'on a mesuré les répartitions angulaires des réactions élastiques, vers l'avant et vers l'arrière. Le dépouillement des mesures se poursuit, et des résultats sont attendus dans un avenir proche à l'aide de l'analyse en déphasage, qui doit préciser les paramètres des  $N^*$  dans cette zone d'énergie. D'autre part, on étudie les interférences entre les interactions coulombiennes et les interactions nucléaires. Cette équipe comporte MM. J.-M. ABILLON, A. BORG, M. CROZON, T. LERAY, J.-P. MENDIBURU, J. TOCQUEVILLE.

C. — *Interactions électromagnétiques*

Une troisième équipe, utilisant les compteurs à scintillations, poursuit l'expérience entreprise depuis deux ans à DESY (Deutsch Elektronen Synchrotron à

Hambourg) pour mesurer l'électroproduction du  $N^* 3/2 3/2$ . L'appareillage étant au point et des tests sur la réaction élastique  $ep \rightarrow ep$  ayant donné des résultats satisfaisants, des mesures ont commencé pour des transferts de 800 MeV. D'autres séries de mesures prévues, échelonnées jusqu'en décembre 1969 doivent permettre de mener à bien cette expérience. Il convient de mentionner le fonctionnement très satisfaisant des chambres à scintillation et de la logique électronique qui filtre et met en forme des résultats avant de les envoyer à un ordinateur, lequel accumule des données et contrôle le déroulement de l'expérience.

Collaborent à ce travail MM. COURAU, DUMAS, AUBRET, DIACZEK, CHAZELAS, TRISTRAM et VALENTIN.

## 2. — *Physique nucléaire*

Ce groupe comprend MM. de BILLY, DELPIERRE, KAHANE, NICOL, SAGET, SAIGNE, SÉNÉ.

Les mesures d'asymétrie dans la diffusion élastique et inélastique des neutrons de 14 MeV polarisés sur le carbone-12 ont été achevées. Un cycle de mesures est en cours portant sur l'étude de la diffusion élastique des neutrons polarisés sur  $O^{16}$  et  $D^2$  en alternance avec des mesures de corrélation à deux neutrons dans la réaction  $n(d, p)2n$ .

Les mesures de section efficace élastiques  $n-d$  aux angles inférieurs à  $10^\circ$  ont été aussi reprises afin de préciser les résultats précédemment obtenus.

Dans le cadre de la réorientation des activités du groupe, une collaboration est engagée avec l'équipe de M. THIRION de Saclay pour l'étude des réactions du type  $p, pn$  dans le domaine du GeV.

## 3. — *Physique atomique*

M<sup>me</sup> M. SPITZER-ARONSON et M. P. SOLEILLET ont continué leurs recherches d'optique atomique en utilisant les méthodes de leur travail sur la résonance de la raie  $2\ 288\ \text{Å}$  du cadmium à un travail analogue sur le zinc et la raie  $2\ 139\ \text{Å}$ .

Les courbes, en fonction du champ magnétique, de la polarisation de la lumière émise permettent le calcul de la durée de vie de l'état excité. Les conditions expérimentales nouvelles qui se rapprochent mieux des conditions auxquelles s'applique la théorie, permettent des résultats satisfaisants.

### INSTRUMENTATION

Les recherches dans ce domaine ont porté sur la détection des particules, chargées ou neutres, et leur identification.

— Chambres à étincelles. — Une première génération de chambres à fils à magnétostriction a permis, avec des performances satisfaisantes, de réaliser une expérience à Saturne. Une recherche de développement de cette technique est menée au Laboratoire. Elle porte sur les points suivants :

- a) fabrication de chambres d'une surface utile allant jusqu'à  $6 \text{ M}^2$  ;
- b) accroissement de l'efficacité de fonctionnement pour la détection de deux ou trois particules simultanées ;
- c) accroissement de la précision de localisation par magnétostriction ;
- d) mise au point d'un système modulaire de cablage ;
- e) mise au point de la fabrication en petites séries. A ces travaux participent MM. MEURGEY, JOURDAIN, BRUÈRE-DAWSON, TURLOT, MARQUESTE, DUMONT, PATIOU.

— Compteurs proportionnels. — Un prototype de compteur proportionnel à fils est construit par MM. MEURGEY et BRUÈRE-DAWSON. Ce type de compteur devrait permettre la fabrication de logiques rapides destinées aux expériences à très haute énergie. L'étude en est encore à ses débuts.

— Compteurs à neutrons. — Pour collaborer à des expériences de physique nucléaire à haute énergie, MM. SÉNÉ, DELPIERRE et KAHANE étudient les différents procédés pour localiser des neutrons de quelques centaines de MeV et mesurer leur vitesse. Les scintillateurs solides ou liquides sous une grande épaisseur permettent d'obtenir des efficacités correctes (jusqu'à 25 %) avec une précision sur le temps de vol égale à  $10^{-9}$  secondes environ.

### GROUPE DE CALCUL

Pendant toute l'année écoulée, la calculatrice a fonctionné 16 heures par jour. Ce mode d'exploitation a permis jusqu'à présent de satisfaire aux demandes de calcul avec des délais de passage tout à fait raisonnables.

L'équipement a été complété cette année par un traceur de courbes et deux dérouleurs de bandes magnétiques. La capacité de mémoires ayant été

portée à son maximum, soit 32 000 mots et l'adjonction d'un second canal permettant une répartition judicieuse des organes périphériques, l'efficacité de l'installation en a été améliorée.

L'achat de deux autres dérouleurs de bandes magnétiques et d'un système Benson permettant le fonctionnement « off line » du traceur de courbes, représenteront un gain de temps appréciable.

Une dizaine de professeurs du Collège utilisent régulièrement cet ordinateur. Le volume des travaux pour les disciplines autres que la physique nucléaire représente environ le tiers du temps de fonctionnement.

Les activités des membres du groupe ont été de trois ordres :

— rôle de conseil et d'aide aux utilisateurs du Laboratoire et des autres disciplines dans la conception et la mise au point de leurs programmes ;

— modifications des systèmes occasionnés par l'arrivée de nouveaux périphériques et l'adjonction d'un second canal ;

— écritures de nouveaux programmes ou modifications de programmes déjà en service dans deux ordres d'idées différents :

— routines très générales venant compléter la bibliothèque du calculateur ;

— problèmes particuliers pour les physiciens du Laboratoire.

Une nouvelle version plus complète du SUMX a été mise en service.

#### SOUTENANCES DE THÈSES

Ont soutenu leurs thèses :

M. J.-C. LE GUILLOU (novembre 1968). — Doctorat d'Etat (A). — *Degré de généralité du critère  $Z = 0$  pour les particules allo- et auto-composées.*

M. E. TIRAPEGUI (28 mars 1969). — Doctorat d'Etat. — *Sur la convergence de méthodes d'approximation pour une classe de modèles en théorie quantique des champs.*

M. B. LEFIEVRE (9 mai 1969). — Doctorat 3<sup>e</sup> cycle. — *Etude des résonances  $N^* 1/2$  et de la pion-production du  $\eta$  dans le formalisme de Le Coureur-Newton étendu au cas relativiste.*

M. A. MERIC de BELLEFON (18 juin 1969). — Doctorat 3<sup>e</sup> cycle. — *Etude expérimentale de l'interaction  $K^- p$  entre 1,26 et 1,84 GeV/c.*

M<sup>116</sup> M. ASTAUD (27 juin 1969). — Doctorat d'Etat. — « Groupes » de renormalisation.

PUBLICATIONS

1. J.-C. LE GUILLOU, *Compositeness and elementarity in theories with crossing* (*Nuovo Cimento*, 58, A, 533, 1968).

2. E. TIRAPEGUI, *Propriétés analytiques dans la constante de couplage* (*C. R. Acad. Sc.*, 267-569, 1968).

3. M. ASTAUD, B. JOUVET, *Renormalization « groups » extended to masses. Application to the structure of the renormalization constants  $Z_3$  and  $m_0$*  (Rapport P.A.M., 68-02. A paraître au *Nuovo Cimento*).

4. B. JOUVET, *Courants vectoriels non conservés et violation de CP* (*C. R. Acad. Sc.*, 268-709, 1969).

5. P. KESSLER, *A generalized helicity method for Feynman diagram calculation* (P.A.M., 68-05).

6. M. BENAYOUN, J. LANCIEN, P. LERUSTE, *Extension du formalisme de Le Couteur-Newton. IV - Le formalisme D/D et la matrice S* (P.A.M., 68-06).

7. P. KESSLER, *Désintégrations leptoniques des mésons pseudoscalaires neutres* (*C. R. Acad. Sc.*, B 268, 1969).

8. M. BENAYOUN, J. LANCIEN, P. LERUSTE, *V - Le formalisme B/B et la matrice K* (P.A.M., 68-07).

9. M. BENAYOUN, P. LERUSTE, *VI - Sur l'équivalence en formalisme déterminantal* (P.A.M., 69-02).

10. M. BENAYOUN, P. LERUSTE, *On analytical continuation in the determinantal method* (*Nuovo Cimento*, 548, 1969).

11. R. SÉNÉ, J. KAHANE, P. DELPIERRE, M. HEYMAN, *Exploitation des mesures de diffusion de neutrons polarisés* (A paraître au *Journal de Physique*).

12. R. SÉNÉ, J. KAHANE, P. DELPIERRE, M. HEYMAN, *Dispositif multian-gulaire pour les mesures d'asymétrie en neutrons* (A paraître au *Journal de Physique*).

13. J. KAHANE, R. SÉNÉ, P. DELPIERRE, M. HEYMAN, *Réalisation pratique d'une discrimination neutron-gamma* (A paraître au *Journal de Physique*).

14. P. DELPIERRE, M. HEYMAN, J. KAHANE, R. SÉNÉ, G. SAGET, *Mesure de la polarisation des neutrons en cours d'expérience* (A paraître au *Journal de Physique*).

15. P. CHAVANON, B. DELER, G. SMADJA, G. VALLADAS, *Practical formulation of the isobar model*. — Rapport interne C.E.A. (A paraître au *Nuovo Cimento*).

16. A. de BELLEFON, A. BERTHON, K. L. RANGAN en collaboration avec le D. Ph. P. E. (C.E.A.) et le Rutherford Lab, *Resonance formation in the reaction  $K^- \rightarrow K^+ \Xi^-$  and  $K^- p \rightarrow K^0 \Xi^0$  in the mass region from 1915 to 2168 MeV* (*Nuclear Physics*, B 8, 447, 1968).

17. P. CHAVANON, M. CROZON, J. TOCQUEVILLE, T. LERAY, *Détermination de la répartition angulaire des  $\pi^0$  dans la réaction  $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ p \pi^0$  entre 600 et 1300 MeV* (*Physics Letters*, 28 B, 296, 1968).

18. J.-M. ABILLON, A. BORG, R. BRUERE-DAWSON, M. CROZON, T. LERAY, J.-P. MENDIBURU, A. PATIOU, M. POUTOT, J. TOCQUEVILLE, *Spectromètre utilisant des chambres à magnétostriction* (Colloque de Strasbourg, décembre 1968).

19. M. CROZON, J.-L. NARJOUX en collaboration avec le C.E.R.N., le D.Ph.P.E., *The formation of  $Y_1^*$  (1965) in the reaction  $K^- n \rightarrow \Sigma^0 \pi^0$*  (*Nuclear Physics*, B 10, 459, 1969).

20. J.-M. BRUNET, J.-L. NARJOUX en collaboration avec le D.Ph.P.E. et Westfield College,  *$K^+ p$  elastic scattering in the intermediate momentum range region (2.1 to 2.7 GeV/c)* (A paraître dans *Nuovo Cimento*).

21. J.-L. NARJOUX en collaboration avec le C.E.R.N. et le D.Ph.P.E., *Study of the reaction  $K^- N \rightarrow \Sigma \pi\pi$  between 600 and 1200 MeV/c* (*Nuclear Physics*, B 8, 216-222, 1969).

22. J.-L. NARJOUX en collaboration avec le C.E.R.N. et le D.Ph.P.E., *Energy-independent partial-wave analysis of  $KN \rightarrow \Lambda \pi$  between 600 and 1200 MeV/c* (*Nuclear Physics*, B 8, 183-194, 1969).

#### CONGRÈS ET MISSIONS

M. P. KESSLER a participé à la « Conference on Elementary Particles » à Cambridge (Grande-Bretagne) (mars 1969).

MM. COURAU, LERAY, BERTHON se sont rendus à Vienne pour la Conférence sur la Physique des Hautes Energies (août-septembre 1968).

MM. CROZON, BRUÈRE-DAWSON, DELPIERRE, BORG, COURTY, KAHANE, MARQUESTE, SÉNÉ, TURLOT, TOCQUEVILLE se sont rendus à Strasbourg pour un colloque sur les méthodes expérimentales en physique nucléaire (décembre 1968).

Diverses missions ont été consacrées aux collaborations avec les laboratoires étrangers (C.E.R.N. à Genève, D.E.S.Y. à Hambourg, Rutherford High Energy Laboratory à Didcot (Grande-Bretagne), etc.