

Physique atomique et moléculaire

M. Francis PERRIN, membre de l'Institut

(Académie des Sciences), professeur

Le groupe SU 3 et les interactions faibles. — L'exposé préalable sur le groupe SU 3, ses représentations et leur correspondance avec les multiplets effectivement observés pour les hadrons (mésons et baryons) a en fait occupé tout le cours. Les conséquences relatives à la théorie des interactions faibles seront l'objet du cours de l'année prochaine (1968-69).

La considération des symétries et invariances relatives au groupe SU 3 (groupe unitaire spécial, ou unimodulaire, à 3 variables complexes) a été introduite avec succès pour classer les états baryoniques et mésoniques à la suite de la découverte de la nécessité de caractériser ces états par deux nombres quantiques internes l'*isospin* (correspondant aux divers états de charge électrique, décrit au moyen du groupe SU 2) et l'*étrangeté* (ou l'hypercharge équivalente), ce qui exige au moins trois états de base : deux états d'isospin $1/2$ (deux états de charges différentes) de même étrangeté (par exemple 0) et un état d'isospin 0 (un seul état de charge) d'étrangeté $+ 1$ (ou $- 1$). La première tentative dans ce sens supposant que les nucléons (neutron et proton) et l'hypéron Λ formaient un tel triplet s'est montrée stérile, ces trois états baryoniques ne semblant pas former un triplet, mais plutôt faire partie d'un octet ($n, p; \Lambda; \Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+; \Xi^-, \Xi^0$). Mais un tel octet pourrait correspondre à la représentation adjointe (ou régulière) du groupe SU 3 qui est justement de degré huit (égal au nombre des paramètres dont dépend ce groupe). Cette hypothèse, donnant l'interprétation de l'octet fondamental des baryons, donnerait en même temps celle des deux octets (l'un de spin 0, l'autre de spin 1) qui apparaissent dans l'ensemble des mésons et des résonances mésoniques.

Ce succès du groupe SU 3, sans observation d'un triplet fondamental d'isospin et d'étrangeté parmi les particules connues, a conduit à supposer l'existence d'une particule non encore observée, à laquelle a été donné le nom de *quark*, dont les états de base formerait le triplet fondamental de la représentation de définition du groupe SU 3, les particules et résonances connues étant formées par l'association de plusieurs quarks. Si une

telle particule existe il doit aussi exister une particule ayant également trois états de base et qui correspondrait à la représentation conjuguée de la représentation de définition du groupe SU 3 et qui en est distincte (ce qui n'est pas le cas pour le groupe SU 2), et il est naturel de supposer que cette particule serait l'*antiquark*.

Les représentations irréductibles du groupe SU 3 peuvent s'obtenir en réduisant les représentations obtenues en formant les produits des composantes d'un certain nombre d'éléments appartenant à la représentation de définition de ce groupe ou à la représentation conjuguée. Les multiplets associés à ces représentations devraient donner les états d'une particule formée par l'association des nombres correspondants de quarks et d'antiquarks.

La représentation de degré 9 obtenue en faisant ainsi le produit d'un quark et d'un antiquark se décompose en une représentation de degré 1 (invariant) et une représentation irréductible de degré 8 identique à la représentation adjointe du groupe SU 3.

Celle, également de degré 9, obtenue en faisant le produit de deux quarks se décompose en une représentation irréductible de degré 6 et la représentation, de degré 3, conjuguée de la représentation de définition du groupe (antiquark). Aucun sextuplet n'étant observé, il semble qu'aucune particule constituée par l'association de deux quarks n'existe, ou du moins n'ait jamais été observée. Mais à partir de cette réduction du produit de deux quarks, on peut facilement faire la réduction de la représentation de degré 27 obtenue en faisant le produit de trois quarks : on trouve qu'elle se décompose en 1 invariant, 2 octets distincts (correspondant à la même représentation irréductible de degré 8 encore identique à la représentation adjointe du groupe) et 1 décuplet.

L'expérience ayant mis en évidence l'existence, parmi les états et résonances baryoniques, en outre de l'octet fondamental, de spin 1/2, d'un décuplet de spin 3/2 (comportant comme élément de masse la plus petite l'hypéron Ω^-), il est apparu séduisant de considérer les baryons comme formés par l'association de trois quarks, les mésons étant eux formés par l'association d'un quark et d'un antiquark. On est alors conduit à attribuer au quark le nombre baryonique fractionnaire 1/3 (et à l'antiquark le nombre baryonique $-1/3$) ce qui donne bien le nombre baryonique 1 pour les baryons et 0 pour les mésons. De plus pour que les charges électriques des hadrons soient toutes des multiples entiers de la charge élémentaire e , il faut que les trois états de base du quark aient des charges $\pm 1/3 e$ ou $\pm 2/3 e$. Plus précisément on est conduit à attribuer à ces trois états de base du quark q_1, q_2, q_3 , les nombres quantiques suivants (nombre baryonique B, étrangeté S, hypercharge $Y = B + S$, isospin I, nombre de charge électrique $Q = I_3 + 1/2 Y$).

	B	S	Y	I	1_3	Q
q_1	1/3	0	1/3	1/2	— 1/2	— 1/3
q_2	1/3	0	1/3	1/2	+ 1/2	+ 2/3
q_3	1/3	— 1	— 2/3	0	0	— 1/3

Par ailleurs, il paraît légitime d'attribuer aux quarks et antiquarks un spin ordinaire $1/2$, qui peut en effet donner pour les mésons (association d'un quark et d'un antiquark) un spin 0 ou 1, et pour les baryons (association de trois quarks) un spin $1/2$ ou $3/2$, dans les deux cas en accord avec les observations. Ceci conduit à considérer qu'un quark peut être dans l'un des 6 états de base résultant du dédoublement de chacun des états q_1 , q_2 , et q_3 en un état de composante de spin $- 1/2$ suivant l'axe de quantification spatiale et un état de composante de spin $+ 1/2$ suivant le même axe. Pour tenir compte de l'existence de six états de base d'une façon analogue à ce qui a été fait au moyen du groupe SU 3 pour trois états de base il faut introduire le groupe SU 6 qui dépend de 35 paramètres (au lieu de 8 pour SU 3).

La détermination de l'ensemble des représentations irréductibles de SU 6 est un problème compliqué. Mais il est apparu que, pour les états en fait observés pour une particule formée par l'association de trois quarks (baryons), il suffit de considérer les combinaisons de produits de composantes des trois quarks suivant les six états de base complètement symétriques par rapport aux permutations des trois quarks. Pour 6 états de base il existe 216 produits différents de trois composantes, avec lesquels on peut former 56 combinaisons complètement symétriques. On peut déterminer les multiplets correspondants en partant des multiplets déterminés pour le groupe SU 3 et en associant aux combinaisons correspondantes des combinaisons d'état de spin des trois quarks de façon à obtenir la symétrie globale recherchée.

Cela est impossible pour le singulet prévu pour les triquarks qui correspond pour SU 3 à une combinaison complètement antisymétrique des composantes des trois quarks (il n'existe pas de combinaison complètement antisymétriques de trois spins $1/2$).

Au contraire le décuplet prévu pour le triquark est formé par des combinaisons complètement symétriques des composantes dans SU 3, et il suffit d'associer à chacune de ces 10 combinaisons symétriques les 4 combinaisons symétriques que l'on peut former avec trois composantes de spin $1/2$ et qui sont représentées schématiquement par les symboles

$$\begin{array}{rcl}
 \uparrow\uparrow\uparrow & & + 3/2 \\
 \uparrow\uparrow\downarrow + \uparrow\downarrow\uparrow + \downarrow\uparrow\uparrow & & + 1/2 \\
 \uparrow\downarrow\downarrow + \downarrow\uparrow\downarrow + \downarrow\downarrow\uparrow & & - 1/2 \\
 \downarrow\downarrow\downarrow & & - 3/2
 \end{array}$$

pour obtenir les 40 états correspondant à un décuplet de spin 3/2 (avec pour chaque élément du décuplet quatre orientations possibles du spin de composantes + 3/2, + 1/2, - 1/2, - 3/2 suivant l'axe de quantification spatiale).

Enfin, pour les deux octets prévus par le groupe SU 3 pour les triquarks, et qui correspondent à des combinaisons de produits de composantes des trois quarks sans caractère de symétrie défini, on montre que l'association de ces 16 combinaisons avec des combinaisons également sans symétries définies des 3 composantes de spin (correspondant toutes à un spin résultant 1/2), 8 combinaisons complètement symétriques et seulement 8.

L'introduction du groupe SU 6 donne ainsi une interprétation des multiplets effectivement observés pour les baryons : pas de singulet, un seul octet (de spin 1/2), un décuplet (de spin 3/2).

A — PHYSIQUE THÉORIQUE

Ce groupe rassemble : M. BENAYOUN, M^{lle} BORDES, MM. CHAHINE, CLEMENT, HOUARD, M^{lle} JACQUEMIN, MM. JOUVET, KARATCHENDZEFF, KELLER, KESSLER, LEFIEVRE, LERUSTE, MALAMANT, M^{me} THIBAUT.

a) Recherches sur la théorie des particules composées

Basées sur le critère $Z = 0$ (Z étant la constante de renormalisation des champs) qui permet de définir avec précision la nature composée d'une particule, diverses voies de recherches ont été explorées par le groupe des théoriciens animé par M. JOUVET. Quelques physiciens extérieurs au laboratoire se sont associés à lui tels que M^{lle} ASTAUD, M. HAYOT (3^e cycle de Physique théorique), M. LE GUILLOU (maître-assistant enseignant à l'I.H.P.) et M. TIRAPEGUI (Institut de Physique nucléaire de Paris et Université de Santiago, Chili).

Les voies de recherches ont été les suivantes :

1) Etude des possibilités d'extension du critère $Z = 0$, jusqu'ici appliqué par de nombreux auteurs à des cas relativement simples, au cas très complexe où une particule est composée d'autres particules dont l'une, au moins, est identique à la particule composée elle-même (particule auto-composée). Ces recherches auxquelles ont participé MM. CLEMENT, HAYOT, HOUARD, JOUVET et LE GUILLOU ont donné lieu aux publications (1), (5), (6), (8) et (25).

2) Etant donné l'énorme complexité du problème précédent, la recherche d'un modèle explicitement soluble a conduit MM. JOUVET et TIRAPEGUI (4) à une étude systématique, avec une technique originale, des propriétés des solutions d'oscillateurs harmoniques en interaction multilinéaire de degré quelconque.

3) Poursuivant la recherche entreprise depuis quelques années d'une méthode de calcul pratique, à tout ordre en α , de la fonction $Z_3(\alpha)$ dont on espère déduire la valeur théorique de la constante de structure fine, une importante clarification du groupe de renormalisation qui en permet une vaste généralisation, a été obtenue par M^{lle} ASTAUD et M. JOUVET (2); des conséquences intéressantes sont maintenant exploitées.

4) Diverses applications pratiques des recherches sur les propriétés des particules composées ont aussi été étudiées. Dans les articles (6) et (7) de MM. HAYOT et HOUARD, ces auteurs trouvent une indication que le nucléon et la résonance de ROPER formeraient un doublet composé. Par ailleurs, dans la thèse de M^{lle} JACQUEMIN (26) qu'elle a achevée cette année, il est proposé une méthode originale qui pourrait permettre de distinguer auquel des deux types possibles de particules composées, chaîne ou échelle, appartiennent les particules physiquement observées. Achevant la rédaction de sa thèse, M. CHAHINE a étudié quelle modification apporte au problème de la divergence de la self-énergie électro-magnétique, le fait qu'une particule soit composée, tandis que M^{lle} BORDES, qui achève aussi sa thèse, calcule les transitions photon-mésons vectoriels neutres, lorsque ceux-ci sont composés, et compare ces prédictions avec celles qui résultent des données sur les facteurs de forme des nucléons et sur les modes de désintégration leptonique de ces mésons.

5) Une synthèse des divers travaux sur les particules composées effectuées depuis une dizaine d'années a été rédigée, et exposée par M. JOUVET à ses collaborateurs, lors de la préparation du cours qu'il a donné en juillet 1967 à l'école latino-américaine de Physique (7).

b) *Recherches diverses*

M. JOUVET a par ailleurs collaboré avec M. HALPERN de l'Université de Windsor (Canada). Ils ont résolu une difficulté de divergence infrarouge rencontrée dans le problème de la conversion graviton-photon dans un champ électro-magnétique externe (3).

M^{me} THIBAUT a appliqué, utilisant l'ordinateur du laboratoire, l'extension de la théorie des pôles de Regge, qu'elle avait développé précédemment en vue d'expliquer la structure du pic arrière de la diffusion π -nucléon. L'inclusion de termes résonnants paraît nécessaire pour expliquer cette structure.

c) *Recherche sur la théorie des particules en interaction*

M. Paul KESSLER a développé la nouvelle méthode de calcul des diagrammes de Feynman, basée sur l'hélicité généralisée et la factorisation, qu'il avait commencée à mettre au point en 1965. Il s'est notamment attaqué au problème difficile du calcul des boucles fermées, et il a traité comme exemple le calcul du terme d'interférence dans l'effet Möller et l'effet Bhabha. Par ailleurs, il a continué à traiter des applications de la nouvelle méthode aux problèmes de polarisation en électrodynamique, notamment en relation avec les anneaux de stockage $e^- e^+$.

Avec M. JACCARINI, étudiant préparant une thèse de troisième cycle, il a commencé un travail sur le processus : $\gamma + N \rightarrow N^*(1236) \rightarrow N + l^- + l^+$, processus dont l'étude expérimentale devrait permettre de connaître les facteurs de forme relatifs au vertex γNN^* dans une région du genre temps proche du cône de lumière. Ce travail comporte plusieurs étapes : calcul de la section efficace totale et des distributions angulaires (avec des hypothèses simples sur les facteurs de forme); calcul des processus en compétition (notamment la photoproduction coulombienne de paires) en vue de leur élimination (par le choix de certaines régions cinématiques) ou de leur prise en compte dans l'analyse; étude des possibilités expérimentales.

Avec M. KARATCHENDZEFF, étudiant préparant aussi une thèse de troisième cycle, il a entrepris une étude analogue sur le processus :

$$\pi + N \rightarrow N^* \rightarrow N + l^- + l^+$$

Le but théorique est le même que plus haut (connaissance du vertex γNN^* dans la même région du genre temps), et les étapes du travail sont sensiblement les mêmes.

M. KESSLER a d'autre part dirigé en partie le travail d'un étudiant de 3^e cycle, M. TAVERNIER, qui a calculé les corrections radiatives pour les expériences effectuées sur les anneaux de stockage $e^- e^+$. Cette thèse de 3^e cycle est sur le point d'être soutenue.

d) *Formalisme à plusieurs voies* (MM. LERUSTE, BENAYOUN, KELLER, LEFIEVRE et MALAMANT).

Les résultats suivants ont été obtenus :

1) Dans le domaine pion-nucléon, une application de la méthode de Le Couteur-Newton, au calcul des différences de masses des différents $N^* 3/2$ a été tenté. Ce calcul, en cours, doit servir de test à une méthode de calcul des phases des réactions dans la région des seuils. Parmi les résultats, on trouve : $m_n - m_p = 1,2$ MeV (en utilisant les résultats du groupe SU (6) par ailleurs) — (la valeur observée étant 1,3 MeV).

2) Dans le domaine théorique la détermination du mode de passage à la limite pour des seuils confondus (ceci en vue de l'application ci-dessus

en particulier). Cette détermination utilise une expression de la matrice K à partir de la fonction D du formalisme N/D (24).

3) M. LERUSTE dirige la thèse de M. B. LEFIEVRE dont le sujet est, pour partie, la détermination autocohérente (self consistent) du couplage entre deux voies. L'exemple traité est celui de l'onde S_{11} et semble indiquer que cette détermination est possible.

B — PHYSIQUE NUCLÉAIRE (Hautes énergies)

1) *Expérience d'électroproduction du π^0*

La poursuite de la collaboration entre le groupe HE 1⁽¹⁾ et le groupe allemand F 21⁽¹⁾ auprès du synchrotron à électrons de Hambourg (DESY) a nécessité la présence quasi-permanente d'une partie du groupe HE 1 en Allemagne fédérale.

Rappelons qu'il s'agit d'étudier la réaction $e + p \rightarrow e' + p' + \pi^0$ dans le domaine où l'énergie interne du système $p' + \pi^0$ correspond à la masse du N^* ($3/2, 3/2, +$). L'expérience consiste à détecter en coïncidence l'électron et le proton sortants pour mesurer la section efficace différentielle angulaire de la réaction, pour des énergies incidentes et des transferts différents. Le but est d'effectuer une analyse multipolaire quantitative et de déterminer les constantes de couplage au vertex γNN^* .

Les électrons sont analysés par un spectromètre, un compteur à gerbes et un compteur Cerenkov. L'impulsion et les angles horizontaux et verticaux sont déterminés par trois hodoscopes à scintillations (acceptance $\frac{\Delta p}{p} = 10 \%$, résolution $\frac{\Delta p}{p} = 0,5 \%$).

Les protons sont analysés par un aimant et leurs trajectoires dans le plan vertical sont définis par deux hodoscopes scintillants (précision du premier 2,5 mm, précision du second 5 mm). Un troisième système scintillant définit un découpage horizontal (acceptance 1,2 degré, résolution 0,3 degré). Les résolutions sur l'angle vertical et l'impulsion dépendent toutes les deux du vecteur impulsion. Elles varient respectivement entre 0,3 et 1 degré d'une part et 0,6 et 5 % d'autre part.

(1) Ce groupe comprend : MM. AUBRET, BENOIT, BRISSAUD, CHAZELAS, COURAU, DIACZEK, DUMAS, HUBERT, LACHAUX, M^{lle} LOMBARD, MM. QUENTIN, TRISTRAM, VALENTIN, VIBERT.

Un ordinateur CAE 90-10 en ligne est chargé d'acquérir les données expérimentales, de les stocker, de les transférer en ligne à une IBM 360 et d'effectuer des tests et des calculs cinématiques pour visualiser et contrôler l'expérience.

Le bruit de fond sur la branche protons, difficile à blinder et susceptible de recevoir des particules d'impulsions différentes, reste encore un problème préoccupant. Toutefois, les temps d'ouverture de la logique pour les protons ont été fortement réduits.

Depuis juillet 1967, les travaux suivants ont été effectués :

— Construction par le groupe F 21 des constituants de la branche électrons.

— Réglages et tests, dans les conditions expérimentales auprès de DESY, des constituants de la branche protons.

— Construction d'un faisceau extrait, d'un hall expérimental et de sa salle d'électronique associée.

— Implantation définitive de la totalité du dispositif expérimental (avril 1968).

— Réglage et mise en service du faisceau incident et de la cible (mai 1968).

— Début des réglages et des mesures absolues d'efficacité des branches complètes (juin 1968).

— Mise au point des différents programmes d'acquisition et d'exploitation des données. Ceux-ci nécessitent encore un gros effort d'assemblage et de contrôle avant d'être vraiment exploitable en temps réel.

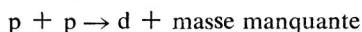
2) Groupe HE 2

a) *Interaction π -nucléon* (MM. ABILLON, BORG, BRUÈRE-DAWSON, CROZON, DUMONT, LERAY, MARQUESTE, MENDIBURU, RABANY, TOCQUEVILLE, TURLLOT)

L'expérience de la diffusion élastique à 180° des pions par les protons, annoncé l'an passé, est en cours d'exécution. Le retard considérable par rapport aux prévisions initiales provient principalement des difficultés techniques : présence de parasites dans la liaison avec le calculateur, instabilité du fonctionnement des chambres à étincelles. L'expérience est maintenant montée et on pense obtenir les premiers résultats dans un proche avenir.

b) *Etude d'états résonnants* (MM. CHAVANON, CROZON et RANGAN)

La nouvelle mesure du spectre des deutons dans la réaction



n'a pas permis de confirmer le résultat précédent. Différentes améliorations avaient été apportées à l'expérience initiale : faisceau mieux défini, monitoring

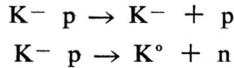
très précis des protons incidents, identification des deutons à l'aide de trois temps de vol successifs.

Le résultat obtenu rend très problématique l'existence des particules δ .

c) *Interaction $K^- d$* (MM. NARJOUX et CROZON)

Ayant vérifié que l'interaction $K^- p$ dans le deutérium conduit, moyennant certaines précautions, à des résultats identiques à ceux qu'on obtient sur proton libre, on a transposé la méthode utilisée à l'étude des réactions élastiques $K^- n$, qu'on ne peut obtenir directement par une autre voie. On a ainsi obtenu les premières mesures directes de l'interaction élastique $K^- n$, entre 700 et 1200 MeV/C.

Les résultats sont en contradiction assez nette avec ceux que laissait prévoir le calcul des interactions dans l'état $T = 1$ déduit des résultats connus dans les voies :



On cherche actuellement à savoir si cette différence est due uniquement à la méthode utilisée, ou bien à d'autres facteurs insoupçonnés.

d) *Interaction $K^- p$*

MM. DE BELLEFON, BERTHON et RANGAN participent à une expérience de chambres à bulles en collaboration avec le D. Ph. P. E. du CEN de Saclay et le Rutherford Laboratory. 1,5 million de clichés pris à Nimrod (Grande-Bretagne) ont été analysés. Sauf en ce qui concerne certaines topologies d'événements encore en cours de mesure, l'exploitation des clichés est achevée. L'analyse des distributions angulaires des réactions à deux corps est en cours, avec en particulier la détermination des rapports de branchement des résonances hypéroniques de spin $7/2$ qui sont observées. On espère pouvoir préciser le comportement des amplitudes d'ondes partielles dans les différentes voies entre 1,25 et 1,85 GeV/C.

e) *Interaction $K^+ p$* (M. NARJOUX)

Une nouvelle expérience de chambre à bulles vient d'être entreprise, en collaboration avec le CEN de Saclay, ainsi que Westfield College et Imperial College. Environ 500 000 photographies ont été prises sur la chambre à bulles de 1,50 m de Nimrod (Grande-Bretagne). Il s'agit d'étudier l'origine des structures constatées dans les sections efficaces totales $K^+ p$ autour de 2 GeV/C. Si ces structures ne correspondent pas à des états résonnants, on espère tirer des résultats obtenus des renseignements précis sur le comportement des amplitudes dans la voie t , lequel est en général caché à ces énergies par les fortes contributions de la voie s .

C — PHYSIQUE NUCLÉAIRE (basses énergies)

Ce groupe comprend : MM. DELPIERRE, HEYMANN, KAHANE, NICOL, SAGET et SENE, ainsi que M. de BILLY, stagiaire du 3^e cycle.

a) *Diffusion de neutrons polarisés*

Sous la responsabilité de M. SENE, les mesures systématiques d'asymétrie dans la diffusion élastique et inélastique des neutrons polarisés sur le carbone-12 ont été entreprises et sont en cours d'achèvement. Les premiers résultats ont été comparés avec ceux de ZOMBECK du M.I.T. qui utilise le C¹² comme polariseur et mesure la polarisation. Pour la diffusion élastique, l'accord semble bon alors que pour la diffusion inélastique sur le niveau 2⁺ de 4,43 MeV il y a une différence significative entre la valeur mesurée par la diffusion de neutrons polarisés et la polarisation par diffusion.

L'exploitation des données brutes expérimentales est effectuée sur la calculatrice CII 90-80. Un programme de gestion a été réalisé permettant d'effectuer des recentrages de spectres pour corriger les dérives de gain ou de seuil des convertisseurs temps amplitude et analogique digital, des corrections d'efficacité de détection, des calculs de niveau de coïncidences fortuites, des normalisations en fonction des polarisations incidentes, etc.

b) *Polarimètre à hélium sous haute pression*

Sous la responsabilité de M. DELPIERRE, cet ensemble a été construit et mis en place sur le générateur de neutrons polarisés avec le triple but d'obtenir, d'une part la mesure de la polarisation des neutrons de 14 MeV, d'autre part un contrôle rapide de la polarisation en cours d'expérience, et enfin une valeur moyenne de la polarisation réellement obtenue durant toute l'expérience.

L'hélium gazeux est comprimé à 150 bars et les hélions de recul sont détectés par un photomultiplicateur. Deux scintillateurs (NE 213) placés à des angles symétriques détectent les neutrons diffusés. Les impulsions de ces détecteurs sont sélectionnées par coïncidences rapides avec les impulsions des hélions de recul et par discrimination neutron-gamma.

c) *Appareillage électronique*

Sous la responsabilité de M. KAHANE, l'ensemble de mesure a été porté à 8 voies permettant d'effectuer des mesures d'asymétrie sur 4 angles simultanément.

A cet effet, de nouvelles formes de détecteurs ont été étudiées et réalisées et l'électronique a été reproduite en quantité suffisante. Ne disposant que d'un sélecteur TMC de 400 canaux, nous avons dû grouper deux spectres de

temps de vol par plage de 100 canaux. Un système de portes s'appliquant aux impulsions logiques permet d'éviter la superposition des plages de fortuites sans détériorer les spectres.

Un circuit de discrimination neutron-gamma a été étudié et reproduit en plusieurs exemplaires. Il permet pour un seuil de 150 KeV d'électron et jusqu'à environ 10^4 événements ($n + \gamma$) par seconde de compter 99,5 % des protons de recul et de rejeter 99 % des gammas.

Nous commençons l'étude de la digitalisation de nos données en vue d'un traitement par ordinateur en ligne.

D — PHYSIQUE ATOMIQUE

M^{me} Martha SPITZER et M. Paul SOLEILLET ont tiré une conclusion de leur travail sur la résonance optique de la vapeur de cadmium avec la raie 2288 Å. Les résultats expérimentaux sont en accord avec la théorie qu'on peut faire, appliquée au cas de l'isotope impair, le cadmium-111, de spin nucléaire égal à 1/2. Il existe une cohérence d'une partie des vibrations émises pour un champ magnétique ayant une valeur voisine de celle pour laquelle deux des composantes hyperfines viennent à se recouper. A ce sujet, quelques remarques générales sur l'application de la théorie de l'opérateur statistique aux calculs des émissions de fluorescence ont été publiées ainsi qu'un calcul général de la matrice donnant la polarisation de la lumière émise dans le phénomène étudié. Les résultats expérimentaux et les calculs numériques effectués grâce à la machine à calculer électronique du Laboratoire constituent une troisième publication [18], [19], [20].

E — BIOPHYSIQUE

Les sujets suivants ont été étudiés :

— Mise au point d'un milieu physiologique pour l'étude de la glande multifide de l'escargot. Ce milieu permettra de réaliser *in vitro* des incorporations de précurseurs des sucres et de suivre le métabolisme de ces précurseurs (M^{lle} OVTRACHT).

— Etude au microscope électronique de la spermiogenèse chez la souris et le discoglosse. Cette étude morphologique sera complétée par la recherche du mécanisme de la sécrétion de l'acrosome du spermatozoïde à l'aide de précurseur radioactifs (M. SANSOZ).

— L'évolution des structures nucléolaires de l'ovocyte du grillon a fait l'objet d'une publication (22). Dans l'ovocyte en cours d'accroissement cytoplasmique, les nucléoles subissent tout d'abord un accroissement de volume traduisant l'accumulation d'acide ribonucléique dans le noyau, ensuite les

nucléoles prennent une structure lamellaire ; l'augmentation considérable des surfaces qui en résulte est interprétée comme un dispositif facilitant l'exportation de l'acide ribonucléique ribosomien destiné à être stocké dans l'ooplasmе. Cette hypothèse sera vérifiée par des méthodes physiologiques faisant intervenir des inhibiteurs métaboliques des acides ribonucléiques.

F — ELECTRONIQUE

Le service d'électronique, sous la responsabilité de M. P. VERGEZAC, a continué à assumer son rôle de service général par l'intermédiaire de M. H. MENOCHET qui s'est occupé de la documentation, de la recherche de pièces détachées nouvelles et de la réception du matériel.

Par ailleurs, une pré-étude sur la transmission de données par ligne téléphonique a été faite. La caractéristique recherchée a été la plus grande vitesse de transmission compatible d'une part avec la bande passante de la ligne (300-3 000 c/s) et d'autre part le taux d'erreur minimum.

Le service d'électronique a aussi prêté son concours pour l'élaboration et la construction de matériel destiné à l'expérience de Hambourg.

Actuellement est en construction une alimentation régulée en courant dont la stabilité est de 10^{-4} sur une période de temps de 24 heures.

G — GROUPE DE CALCUL

L'année écoulée a été marquée par le passage de la calculatrice C.I.I. 90-80 au stade de l'exploitation.

a) A partir du mois de septembre 1967, les demandes de passage de programme se sont accrues régulièrement conduisant à une exploitation de la machine 18 heures par jour depuis le mois de mars 1968. Cela a entraîné une augmentation du personnel du groupe de calcul en opérateurs et programmeurs.

Des équipements supplémentaires devaient être livrés en mars ; la livraison n'a pu être que partielle (traceur de courbe) ; le reste (dérouleurs de bandes magnétiques) ne sera pas mis à la disposition des usagers avant septembre.

La calculatrice satisfait à peu près tous les besoins en calcul du Laboratoire sauf pour de très gros programmes de chambres à bulles exploités dans d'autres centres.

Une dizaine de laboratoires du Collège ont utilisé la machine (à concurrence d'un tiers du temps disponible) pour des types de problèmes très variés, se situant quelquefois très loin de la physique nucléaire. Des tentatives interdisciplinaires ont été effectuées en liaison avec le groupe de calcul.

b) *Usage de calculatrices en ligne*

Le groupe de calcul a apporté sa coopération à la mise en ligne d'une C.I.I. 90-10 installée par une équipe du Laboratoire à Hambourg.

Il a d'autre part commencé à étudier la mise en ligne des appareils de mesure de clichés de chambre à bulles installés dans le Laboratoire même.

L'étude s'oriente vers l'usage d'une petite calculatrice tampon couplée au 90-80. Cette structure modulaire permettait facilement le couplage d'autres expériences ayant lieu au Laboratoire (générateur de neutrons polarisés).

c) *Problèmes de programmation*

Le groupe oriente son activité dans deux directions principales :

— une aide aux physiciens tant au niveau de la conception qu'à celui de la mise au point de leurs programmes ;

— les améliorations à apporter au système en vue d'accroître son efficacité.

L'augmentation récente du nombre des programmeurs va permettre d'aborder l'étude de nouveaux programmes d'intérêt général.

Parmi les études effectuées citons :

— l'adaptation et la mise au point d'une bibliothèque importante de programmes scientifiques ;

— l'amélioration et l'adaptation constante du programme SUMX aux besoins des utilisateurs ;

— l'écriture d'une version spectrale de ce programme destinée à des statistiques médicales ;

— en liaison avec C.I.I., la mise au point de programmes généraux d'emploi de traceurs de courbes.

La mise en service des programmes effectuant la gestion comptable du Laboratoire.

Enfin, parmi les activités diverses, signalons que certains membres du groupe ont participé aux réunions du cercle des utilisateurs C.I.I.

H — DIVERS

a) *Contacts interdisciplinaires*

Suivant la direction indiquée l'an passé, un certain nombre de travaux interdisciplinaires ont été faits au laboratoire. S'en sont occupés MM. KELLER, LACHAUX, LERUSTE et MALAMANT. On peut signaler :

— une étude du calendrier gaulois de Coligny a été amorcée pour la chaire d'Archéologie et histoire de la Gaule (M. Paul-Marie DUVAL) ;

— une simulation de société de type Crow-Omaha a été mise au point pour le laboratoire d'Anthropologie sociale, dirigé par M. Claude LÉVI-STRAUSS.

b) *Le bureau de dessin*

Le bureau de dessin a prêté son concours technique aux différentes équipes du Laboratoire en ce qui concerne les travaux de plans, dessins, tableaux et photos.

I — SERVICE MÉDICAL

N'ayant pas un objectif de recherche, mais de surveillance médicale, le service applique son activité suivant deux modes :

— surveillance médicale simple du personnel non exposé à une irradiation ni à une contamination radioactive ;

— surveillance plus spécifique du personnel exposé, ou éventuellement exposé, à irradiation ou à contamination radioactive.

L'examen médical clinique, annuel pour la première catégorie, semestriel pour la seconde, est complété par un examen radiologique des poumons, quand celui-ci n'a pas été récemment pratiqué.

Le personnel pouvant être exposé à des radiations est soumis à un examen hématologique répété trois fois par an. Les personnes travaillant à proximité d'accélérateurs de particules sont soumises à une surveillance ophtalmologique annuelle. Le service reçoit et conserve les résultats de la dosimétrie individuelle.

Le service médical continue d'être assuré par M. le Dr G. SMAGGHE, médecin inspecteur du travail. Son autorisation est obligatoire pour tout travail au Collège de France ou à Saclay, en présence de rayonnements ionisants.

J — DISTINCTIONS

M. Francis PERRIN a reçu, conjointement avec les trois autres membres de l'équipe française des débuts de l'ère atomique (Frédéric JOLIOT, Hans HALBAN, Lew KOWARSKI) un prix attribué par l'Atomic Energy Commission des Etats-Unis en reconnaissance de l'importance de la contribution de cette équipe aux développements scientifiques qui ont rendu possible, à partir de la découverte de la fission de l'uranium par les neutrons, la réalisation des réacteurs nucléaires libérant massivement l'énergie atomique.

K — SOUTENANCES DE THÈSES

En juin 1967, M. F. HAYOT dirigé par M. HOUARD a soutenu une thèse de doctorat de 3^e cycle intitulée : « Élémentarité d'un doublet de fermions » (deuxième sujet = application à l'onde P).

Le 16 mai 1968, M^{lle} Alix JACQUEMIN a soutenu une thèse de doctorat d'État intitulée : « Introduction à l'étude des particules composées chaîne et échelle » (deuxième sujet : Ceinture de Van Allen).

L — CONGRÈS ET MISSIONS

a) *Congrès et colloques, etc.*

Des membres du Laboratoire ont participé aux réunions suivantes :

— MM. COURAU et CROZON au colloque de Semur-en-Auxois (juin 1967) ;

— MM. MOCH et CROZON au colloque de Menars (près de Blois) ;

— MM. ABILLON, BERTHON, CROZON et LACHAUX à la conférence internationale sur les particules élémentaires de Heidelberg (19 au 27 septembre 1967) ;

— MM. BENAYOUN, KELLER, LACHAUX, LERUSTE, MALAMANT et M^{me} THIBAUT à un séminaire sur les propriétés algébriques des particules élémentaires à Quarre-les-Tombes ;

— M. JOUVET a donné une série de séminaires sur les particules auto-composées à Berkeley (Californie), Boulder (Colorado), Stony-Brook (New-York) ;

— M. KESSLER a participé au Congrès de Stanford (Etats-Unis) sur l'électro-dynamique (5-9 septembre 1967), a donné des séminaires à l'Université de Stanford, au Californian Institute of Technology, à l'Université Columbia (New-York), à l'Université Catholique de Washington, à l'Université Carleton de Ottawa, à l'Université Cornell et à l'Université Brandeis.

b) *Missions*

M. JOUVET s'est rendu à Santiago (Chili) pour donner une série de cours et de conférences à l'Université de Santiago du Chili et est revenu par les Etats-Unis afin d'y prendre différents contacts scientifiques (juillet 1967).

MM. AUBRET, CHAZELAS, COURAU, DIACZEK, DUMAS, HUBERT, LACHAUX, M^{lle} LOMBARD, MEURGEY, QUENTIN, SOUVETON, TIGHRINE, VALENTIN et VIBERT ont été en mission permanente ou temporaire à Hambourg (République fédérale d'Allemagne) de juin 1967 à juin 1968 pour participer à une expérience de physique nucléaire auprès de l'accélérateur DESY de Hambourg.

MM. PERRIN et MOCH se sont rendus à Hambourg pour des contacts auprès de l'expérience qui y est implantée.

M. HOUARD est en mission au CERN (Genève) pour l'année.

M. P. KESSLER a effectué deux missions en janvier et en avril 1968 en Israël à l'invitation des Universités de Tel-Aviv et de Jérusalem.

M — PUBLICATIONS

a) *Articles, communications, lettres...*

1. G. CLÉMENT et B. JOUVET, *Dynamique d'un champ autocomposé et la construction de l'espace temps* (*Ann. I.H.P.*, A 8, p. 191, 1968, rapport PAM 6703 - juin 1967).

2. M^{lle} ASTAUD et B. JOUVET, *Extension du « groupe de renormalisation »* (*Nuovo Cimento*, 53 A, 1968, p. 841 ; rapport PAM, juillet 1967).

3. M. L. HALPERN et B. JOUVET, *On the stimulated photon-graviton conversion by an electromagnetic field* (*Ann. I.H.P.*, 1968, p. 25).

4. B. JOUVET et E. TIRAPEGUI, *Zero dimensional physics, stairs, continued fractions and convergence problems* (*Nuovo Cimento*, 53 A, 1968, p. 69).

5. B. JOUVET et J.-C. LE GUILLOU, *Particules autocomposées* (*Nuovo Cimento*, 49, 1967, p. 677).

6. J.-C. HOUARD et F. HAYOT, *Description symétrique du nucléon et de la résonance de Roper en théorie des champs* (*Nuovo Cimento*, 53 A, 1967, p. 487 ; rapport PAM 6704).

7. B. JOUVET, Cours à la 9^e école latino-américaine de Physique à Santiago du Chili en juillet 1967 : *The field theoretical approach to composite particles* [165 p., à paraître chez Benjamin (New-York)].

8. J.-C. LE GUILLOU, *Isomultiplets autocomposés en théorie des champs* (*Nuovo Cimento*, 54 A, 1968, p. 362).

9. M. KESSLER et A. MALAMANT, *Neutrino production de tous les états baryoniques (I)* (*Cahiers de Physique*, 21, p. 117, 1967).

10. M. KESSLER, *Facteurs de forme et amplitudes de vertex dans la diffusion en* (*Cahiers de Physique*, 21, p. 113, 1967).

11. M. KESSLER, *Sur deux tests possibles en électrodynamique quantiques* (*Cahiers de Physique*, 21, p. 125, 1967).

12. M. BENAYOUN et M. KESSLER, *Calcul du processus $e^- e^+ N^* \bar{N}^*$* (*Cahiers de Physique*, 21, p. 357, 1967).

13. M. KESSLER, *Tests du courant de Dirac pour les leptons par diffusion sur les noyaux de spin nul* (*Cahiers de Phys.*, 21, p. 370, 1967).

14. MM. KESSLER et MALAMANT, *Neutrinoproduction de tous les états baryoniques (II) (Cahiers de Physique, 21, p. 389, 1967).*

15. M. KESSLER, *Processus $e^- e^+ A\bar{B}$ avec des faisceaux polarisés (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 266 p., série B, 1089, 1968).*

16. MM. LERUSTE et MALAMANT, *Extension relativiste du formalisme de Le Couteur-Newton (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 266, p. 305, série B, 1968).*

17. MM. CHAVANON, CROZON et RANGAN en collaboration avec MM. BONNER, CHEZE, HAMEL, MAREL, TEIGER et ZSEMBERY, *Search for the resonance x^+ of mass 960 MeV in the reaction $p + p \rightarrow d + X^+$ (Physics letters, Vol. 25 B, number 9, 13-11-1967).*

18. M. SOLEILLET, *Paramètres caractéristiques d'une émission de fluorescence et opérateur statistique (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, série B, 266 p., 488, 1968).*

19. M^m SPITZER-ARONSOHN et M. SOLEILLET, *Calcul de la polarisation de la radiation 2288 Å émise par résonance optique d'un isotope impair du cadmium (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, série B, 266, p. 599, 1968).*

20. M^m SPITZER-ARONSOHN, *Polarisation en fonction du champ magnétique de la lumière émise par résonance optique de la radiation 2288 Å par les isotopes 114 et 111 du cadmium (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, série B, 266, p. 913, 1968).*

21. M. COURAU, *Modèle multi-isobarique ; sections efficaces différentielles des réactions en cascades (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 264, p. 1693, 1967).*

22. M^m FAVARD-SERENO, *Evolution des structures nucléolaires au cours de la phase d'accroissement cytoplasmique chez le grillon (Journal de Microscopie, vol. 7, p. 205-230, 1968).*

b) *Rapport du Laboratoire de Physique atomique et moléculaire du Collège de France*

23. P. KESSLER, *Extension de la méthode de factorisation pour le calcul des diagrammes de Feynman (PAM 6801, mars 1968).*

24. Ph. LERUSTE et M. BENAYOUN, *Détermination de la différence de masse dans le multiplet N^{**} (PAM 6802, juin 1968).*

25. M. BENAYOUN et Ph. LERUSTE, *Extension du formalisme de Le Couteur-Newton (PAM 6803, juin 1968).*

COMPOSITION DU LABORATOIRE A LA DATE DU 1^{er} JUILLET 1968

a) *Personnel scientifique*, dépendant :

1) du Collège de France :

M. le professeur Francis PERRIN (1), directeur du Laboratoire ;

M. Raymond MOCH (2), sous-directeur du Laboratoire ;

MM. Jean-Claude DUMAS et Jean KAHANE, assistants ;

M. Marc KELLER, maître-assistant.

2) de l'Université :

M. Paul SOLEILLET (2), professeur à la Faculté des Sciences de Paris ;

M. Michel HEYMAN, maître de conférence à la Faculté des Sciences d'Amiens ;

MM. Jean-Marie ABILLON (2) et Charles CHAHINE (3), M^{me} Colette FAVARD-SERENO ;

MM. Pierre GRELLET et Jean-Claude HOUARD (2), maîtres-assistants ;

M. Alexandre MALAMANT (3), M^{lle} Ludmila OVTRACHT, M. Daniel SANDOZ, M^{me} Noële THIBAUT, assistants.

MM. Alain MERIC DE BELLEFON et Michel DE CRESPIN DE BILLY, *boursiers* 3^o cycle.

3) du Centre national de la Recherche scientifique :

M. Bernard JOUVET (2), directeur scientifique ;

MM. Michel CROZON (2) et Paul KESSLER (2), maîtres de recherches ;

MM. Théophile LERAY (2) et Philippe LERUSTE (2), M^{lle} Roseline LOMBARD (2), M^{me} Martha SPITZER (2), chargés de recherches ;

MM. André BERTHON et Raymond LACHAUX, attachés de recherches agrégés ;

M^{lle} Gisèle BORDES (3), MM. Gérard CLEMENT (3), M^{lle} Alix JACQUEMIN (2), MM. Jean-Louis NARJOUX (3), Raymond SENE (3), Jacques TOCQUEVILLE, attachés de recherches ;

M. Bernard LEFIEVRE, stagiaire de recherches.

(1) Docteur ès-sciences physique et docteur ès-sciences mathématiques.

(2) Docteur ès-sciences.

(3) Docteur de 3^e cycle.

4) de la Direction générale des Enseignements supérieurs (ingénieurs contractuels des laboratoires de physique nucléaire) :

MM. Philippe CHAVANON, André COURAU, Pierre DELPIERRE, Michel RABANY, Jean VALENTIN et Pierre VERGEZAC.

5) de la Commission des Grands Accélérateurs :

MM. Maurice BENAYOUN (3), Philippe MARQUESTE et Gérard TRISTRAM.

6) de divers organismes :

M. Jacques POYEN (2), ingénieur-conseil ;

M. le Dr Georges SMAGGHE, chef du service médical, M. Paul SOUVETON, ingénieur-conseil.

b) *Personnel technique*, dépendant :

1) du Collège de France :

— titulaires : MM. Henri JOURDAIN, technicien, et Chabane AMRAOUI, garçon de laboratoire ;

— auxiliaires : M. Patrick BONIERBALE, dessinateur, M^{me} Annette DAMAIS, bibliothécaire à mi-temps, M. Bernard TIGRINE, agent contractuel, MM^{mes} Purificacion TROYA-SANCHEZ et Yolande LATOURLARD, agents de service.

2) De la Direction générale des Enseignements supérieurs :

— à titre de collaborateurs contractuels des laboratoires de physique nucléaire :

MM. Claude AUBRET et Albert DIACZEK et M^{lle} Chantal SAINT-AMAND, techniciens principaux ;

M. Jean-Pierre JOBEZ, chef du groupe de dessin ;

M^{me} Maryse CLOATRE-CARUGATI, MM. Jean-Michel NICOL et Jean VERGNE, techniciens supérieurs.

3) du Centre national de la Recherche scientifique :

MM. Roger MEURGEY et Gilbert SAGET, ingénieurs contractuels ;

MM. Pierre BENOIT, Henri BRISSAUD, Pierre COURTY, Serge HUBERT, M^{lle} Jeanne MAS, MM. Henri MENOCHET, Antoine PATIOU, Alain QUENTIN,

(2) Docteur ès-sciences.

(3) Docteur de 3^e cycle.

M^{me} Elisabeth SAUCE, MM. Daniel SOTIRAS, Jean-Pierre TURLOT, Henry VEY et Jean-Pierre VIBERT, techniciens contractuels.

4) de la Commission des Grands Accélérateurs :

MM. Roger BRUÈRE-DAWSON, M^{lle} Claude BOULITREAU, M. Armino CARDOSO, MM. Edouard CHAZELAS, Alain FAYE, M^{me} Michèle JOSEPH, MM. Philippe MARQUESTE, Jean-Pierre MENDIBURU et Pierre PADUSCHEK, techniciens contractuels ;

M^{lle} Henriette DROUHIN, M. Edmundo CARVALHO, Lucien CHATENET, Gérard LEGRAND, Albert LE TAI TUYEN, Dominique PALLU, Daniel POUTOT, M^{mes} Brigitte PUJOL, Elisabeth SAMAIN, techniciens contractuels à mi-temps, M. Jean-Pierre THOUVENIN.

5) vacataires du C.N.R.S. :

M^{me} Claude LAMY, M^{lle} Annick LABORDE, M. Michel GUILLEMENOT, M^{lle} Marie-Laure PARTIOT, M^{lle} Clarisse DOBROWOLSKI, MM. Antonio DIAS ASSUNCAO et M. Luis ROBERT LOPES.

c) *Personnel d'administration de la recherche*, dépendant :

1) du Collège de France :

M^{me} Chantal BRÉON et M^{lle} Michèle SEVAUX, préparatrices temporaires ;
M^{me} Marie-Odile TOCQUEVILLE (à mi-temps).

2) du Centre national de la Recherche scientifique :

M^{me} Germaine MASSÉI.

3) de l'Association pour le développement des laboratoires et centres d'études du Collège de France (à mi-temps) :

M^{me} Simone CHEVALLIER-MOCH, M^{lle} Brigitte BIDAULT.