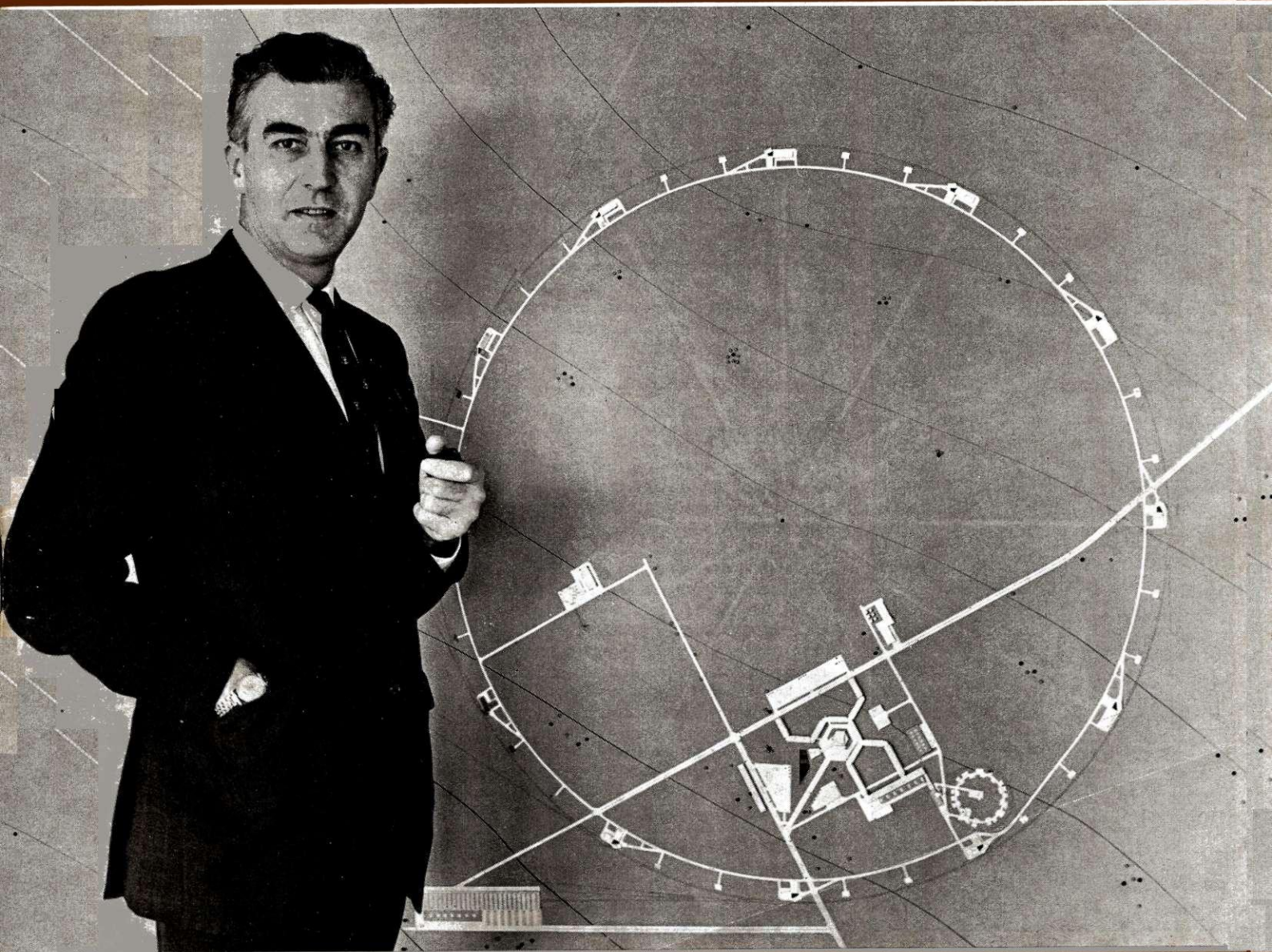


CERN

COURRIER

No 1 Vol. 9 Janvier 1969

Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire



Le CERN — ou l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire — a été créé en 1954 en vue d'assurer «... la collaboration entre Etats européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamental, ainsi que pour d'autres recherches en rapport essentiel avec celles-ci». Son rôle est de centraliser et de coordonner les recherches théoriques et expérimentales entreprises en Europe dans le domaine de la physique subnucléaire, cette avant-garde de la science qui s'attaque directement aux grands problèmes des lois fondamentales qui gouvernent la structure de la matière. Le CERN est un des premiers laboratoires du monde dans ce domaine.

Le programme expérimental est basé sur l'utilisation de deux accélérateurs de protons — un synchro-cyclotron de 600 MeV (SC) et un synchrotron de 28 GeV (PS). Ce dernier sera complété par de grands anneaux de stockage à intersections (ISR), actuellement en construction, qui permettront des expériences de collisions de faisceaux de protons. Les expériences sont effectuées par des physiciens de nombreuses universités, aussi bien que par ceux du CERN, et on peut estimer qu'ils sont près de 1200 à obtenir de cette manière les données expérimentales nécessaires à leurs recherches.

L'Organisation a son siège à Meyrin, près de Genève, Suisse. Le Laboratoire couvre une superficie de 80 ha environ répartis presque également de part et d'autre de la frontière séparant la France de la Suisse. Son effectif total est d'environ 2650 personnes, sans compter plus de 400 boursiers et savants visiteurs.

Treize Etats européens participent aux travaux du CERN, contribuant au coût du programme de base, 235,2 millions de francs suisses en 1969, proportionnellement à leur revenu national net. Des programmes supplémentaires comprennent la construction des ISR et les études relatives à un projet proposé de synchrotron à proton de 300 GeV.

COURRIER CERN est publié par le CERN mensuellement en français et en anglais. Il est envoyé gratuitement au personnel du CERN et aux personnes qui s'intéressent à la physique subnucléaire.

Les articles peuvent être reproduits, sous réserve de mention COURRIER CERN. La plupart des illustrations peuvent être fournies gratuitement aux rédactions.

Les annonces sont publiées sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Rédacteur: Brian Southworth
Rédacteur adjoint: Philippe d'Agraves
Annonces: Micheline Falcicola
Photographies: Gérard Bertin

Service d'Information du Public
CERN, 1211 Genève 23, Suisse
Tél. (022) 41 98 11 / Télex: 2 36 98

Imprimé par: Ed. Cherix et Filanosa S.A.
1260 Nyon, Suisse

Commentaire

Il y a dix ans, en août 1959 exactement, paraissait le premier numéro du COURRIER CERN. Sous la forme d'une sorte de « journal interne » destiné aux membres du personnel, il visait essentiellement à diffuser à l'intérieur du CERN des nouvelles concernant le CERN. Depuis quelques années le journal contribue également dans une large mesure à informer le public des recherches du CERN. Plus récemment, il a encore élargi le champ de ses activités en recueillant des informations sur les travaux d'autres laboratoires.

Pendant cette période, le tirage mensuel n'a cessé d'augmenter (pour les trois dernières années, le taux de croissance atteint 12 %/an environ). Actuellement, le tirage est de 8 300 exemplaires — 4 700 en français, 3 600 en anglais. Ces chiffres reflètent l'accroissement des effectifs du CERN et plus encore l'augmentation du nombre des personnes étrangères au CERN qui ont demandé à recevoir le COURRIER. La distribution est en effet plus importante à l'extérieur qu'à l'intérieur du CERN.

En 1968, nous avons pensé mener une enquête auprès des lecteurs afin de nous assurer que l'évolution du journal répondait bien aux besoins de la majorité des lecteurs. Si la plupart des résultats de l'enquête étaient attendus, quelques-uns ont été une surprise.

En ce qui concerne les lecteurs n'appartenant pas au CERN, 50 % des 2 800 questionnaires distribués ont été complétés et retournés (dans les enquêtes de ce genre, le pourcentage des réponses est généralement de 15 %) et 36 % de ceux qui ont répondu ont déclaré lire le journal « d'un bout à l'autre ». En outre, 86 % de ces lecteurs jugent son niveau « à leur convenance » — il va d'ailleurs de soi qu'ils ne s'intéresseraient pas au COURRIER CERN s'il ne l'était pas.

La répartition des lecteurs selon leur qualification montre que 75 % d'entre eux sont des scientifiques ou ingénieurs diplômés. Au point de vue de leurs activités, 30 % se consacrent à la physique subnucléaire, 9 % à la construction ou l'exploitation d'accélérateurs, 24 % à d'autres formes de recherche scientifique, 20 % à l'enseignement. Chaque exemplaire est lu en moyenne par 3,5 personnes.

Il en ressort que, compte tenu du champ limité qu'il couvre, le COURRIER CERN satisfait assez bien aux exigences des lecteurs.

Les données les plus significatives de l'enquête en ce qui concerne l'avenir sont fournies par les réponses à la question invitant les lecteurs à faire connaître leurs souhaits. Trois points ont rallié un grand nombre de suffrages.

Le premier est la demande d'une édition plus volumineuse. Au cours des trois

Sommaire

Et pendant ce temps . . . au synchro-cyclotron	3
Description du fonctionnement du synchro-cyclotron de 600 MeV du CERN, de son programme de recherche, présent et à venir, et des améliorations qui vont être apportées à la machine.	
Nouvelles du CERN	7
Trois réalisations récentes au PS : amélioration de la dispersion de l'énergie du linac ; faisceau de kaons de grande énergie ; toujours plus haut : poursuite à de plus hautes énergies de l'expérience sur la recherche des bosons négatifs de masse élevée — conférences au CERN : deux importantes réunions qui se sont tenues en janvier — la salle de contrôle du PS : disposition d'ensemble de la salle et fonction des panneaux de contrôle.	
Nouvelles des autres laboratoires	12
Brookhaven : mise en service d'une grande chambre à bulles à hydrogène à aimant supraconducteur - Batavia : préparation d'expériences sur les neutrinos avec le 200 GeV — Serpukhov : préparation d'expériences sur les neutrinos avec le 76 GeV — Heidelberg : nouveau système d'accélération d'ions lourds — Minnesota : fermeture de l'accélérateur linéaire de protons de 68 MeV — Los Alamos : réalisation de l'accélérateur linéaire à protons de 800 MeV.	

Photographie de couverture : on a appris à la mi-janvier que M. J.B. Adams avait accepté le poste de Directeur du projet d'accélérateur de 300 GeV qui lui fut proposé lors de la session du Conseil de décembre. M. Adams, venu assister aux réunions du Comité des Directives Scientifiques et du Comité du Conseil les 15 et 16 janvier, est photographié devant la maquette (encore provisoire) du 300 GeV. (CERN/PI/129.1.69)

Et pendant ce temps... ...au synchro-cyclotron

Quelques précisions relatives à l'exploitation du synchro-cyclotron de 600 MeV du CERN et aux recherches et perfectionnements qui y sont réalisés.

dernières années, le nombre de pages produites s'est accru de 63 % et il continuera d'augmenter en 1969. Mais dans le cadre d'un service de rédaction donné, il convient d'éviter soigneusement que l'augmentation de la quantité ne se fasse au détriment de la qualité.

Les lecteurs demandent également davantage de commentaires. La rédaction s'efforcera de leur donner satisfaction; elle espère notamment pouvoir présenter des commentaires plus abondants dus à la plume d'éminents spécialistes.

Mais la très grande majorité des lecteurs réclame surtout « plus d'informations sur les autres laboratoires ». La place accordée à cette rubrique est en constante augmentation, mais jusqu'à présent, elle dépendait principalement de la mesure où la rédaction avait connaissance des réalisations d'autres laboratoires. (A cet égard, nous tenons à exprimer ici nos vifs remerciements pour les réponses rapides et détaillées qui ont suivi chacune de nos demandes de renseignements.) A la suite de l'enquête, il a été décidé de mettre sur pied une organisation permettant de développer la rubrique « Nouvelles de l'étranger » (désormais intitulée « Nouvelles des autres laboratoires »). Nous avons pris contact avec différents Centres afin d'essayer de trouver dans chacun d'eux au moins un correspondant du COURRIER CERN. D'ores et déjà, les personnes suivantes ont aimablement accepté de prêter leur concours :

Argonne :	T.H. Groves
Batavia :	C.W. Larsen
Brookhaven :	J. Spiro
Cambridge :	Wm.A. Shurcliff
Cornell :	K. Berkelman
Dubna :	I. Birukov
Los Alamos :	W. Regan
Rutherford :	A.P. Banford
Saclay :	
G. Neyret, M. Beurtey et M. Thévenet	
Stanford :	J. Sanders
TRIUMF :	E. Auld

On espère mettre rapidement au point des arrangements avec d'autres centres — Berkeley, Bonn, Daresbury, DESY, Frascati, ICTP, ITEP, Karlsruhe, Novosibirsk, Orsay, Princeton, Serpukhov, Stanford (HEPL), Villigen et Yerevan.

Le synchro-cyclotron s'est révélé beaucoup plus riche en possibilités de recherche qu'on ne l'avait prévu au début. Certes son utilité dans le domaine de la physique des énergies intermédiaires (désormais défini juridiquement aux Etats-Unis comme couvrant la gamme d'énergie de 100 à 1000 MeV) ne faisait pas de doute à l'époque où il fut achevé en 1957 mais on n'avait jamais prévu la demande grandissante d'utilisation qui en serait faite et la diversité croissante de son programme de recherche. L'une des principales raisons de la construction de cette machine était de servir de modèle avant d'entreprendre de construire le synchrotron à protons de 28 GeV. Il est apparu que le cyclotron a joué un rôle aussi considérable dans son domaine que le PS dans la région des hautes énergies.

Ces dernières années, des programmes de recherche de physique de structure nucléaire et de radiochimie sont venus s'ajouter à ceux de physique des particules élémentaires et un certain nombre de travaux ont été effectués en physique des semi-conducteurs et en radio-biologie. Par ailleurs, le SC s'est révélé une source utile et économique de particules pour les essais de l'équipement destiné aux expériences au PS. Au cours du long arrêt du PS en 1968, par exemple, il y a eu jusqu'à 5 équipes du PS en même temps qui utilisaient le SC pour la préparation de leur matériel.

Le nombre des physiciens participant aux expériences faites auprès du SC est maintenant de 120 dont 95 proviennent de 26 universités et centres de recherche européens. Parmi les 25 restants, il y a une majorité de boursiers et de savants visiteurs rémunérés.

En 1968 étaient représentés Aarhus, Bari, Brunswick, Caen, Cambridge, Clermont-Ferrand, Copenhague, Darmstadt, EPF Zurich, Gothenbourg, Grenoble, Heidelberg, Karlsruhe, Lausanne, Louvain, Marburg, Modene, Orsay, Oslo, Oxford, Pise, Rutherford, Saclay, Stockholm, Strasbourg, Studsvik, Toulouse, Trieste, Turin et Uppsala.

Exploitation actuelle

L'exploitation de la machine a été poussée à un haut niveau de fiabilité. Sur les heures de machine programmées pour 1968, moins de 5 % ont été perdues par suite de pannes et certains mois moins de 1 %.

La machine est exploitée sur la base d'un cycle de deux semaines : six jours de

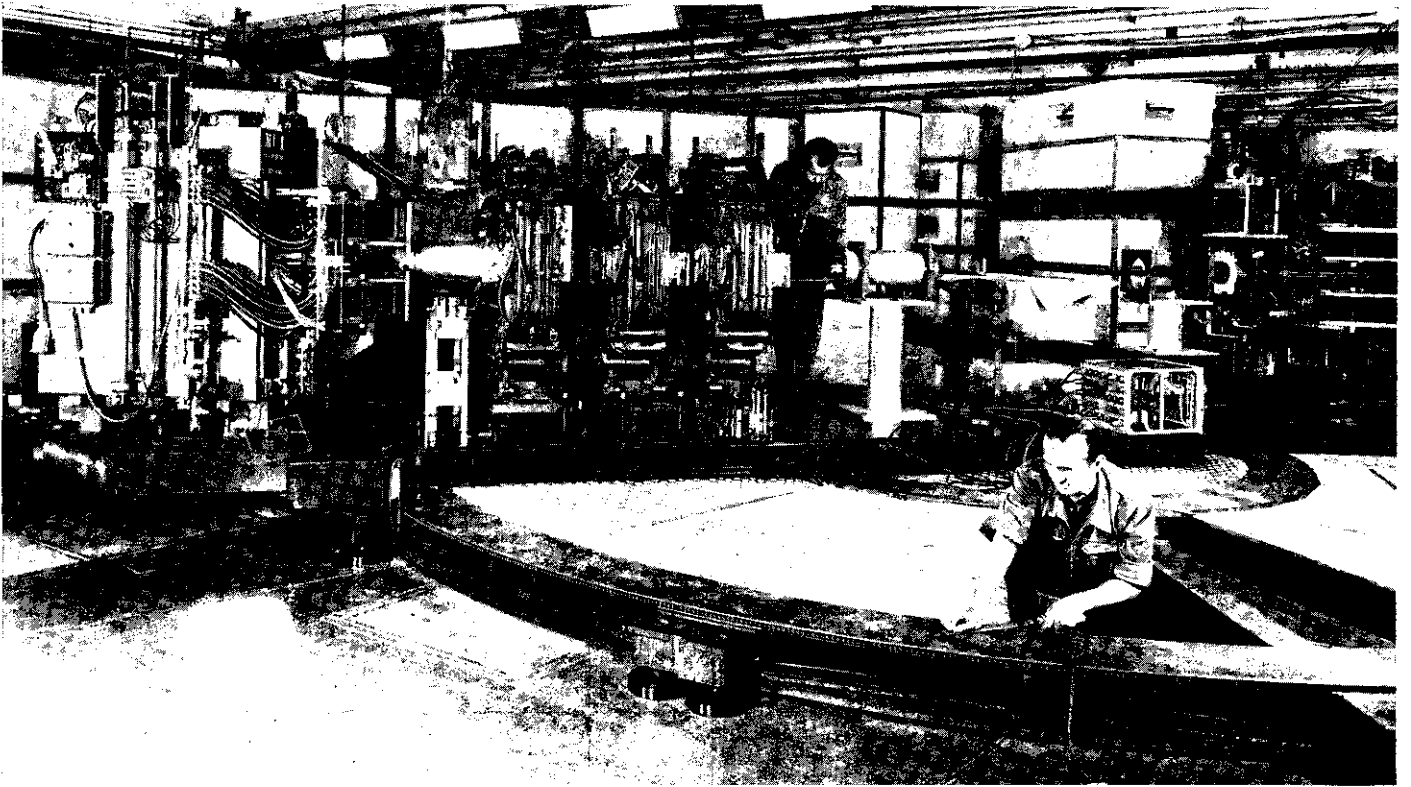
physique ; un jour d'amélioration ; six jours de physique ; un jour d'entretien. Le prochain long arrêt est prévu pour l'automne de 1969.

Le synchro-cyclotron fonctionne habituellement à pleine énergie et le faisceau moyen qui circule a une intensité de $1 \mu\text{A}$ (6×10^{12} protons/s). Ce faisceau est produit à raison de 55 impulsions par seconde qui peuvent être étalées dans le temps de façon à faire sortir de la machine, si nécessaire, un faisceau presque continu, ce qui fait que le facteur d'utilisation peut être supérieur à 20 %. Le rendement d'extraction est naturellement peu élevé (environ 5 %) mais on peut néanmoins utiliser de $3 \text{ à } 5 \times 10^{11}$ protons/s sur des cibles externes.

Rappelons brièvement le principe de fonctionnement d'un synchro-cyclotron en indiquant entre parenthèses les paramètres de la machine du CERN. Les protons sont produits au centre d'un aimant circulaire (5 m de diamètre) fournissant un champ magnétique constant (19 kG). Ils sont ensuite accélérés à l'aide de champs h.f. appliqués sur tout le diamètre de l'entrefer de sorte qu'à chaque tour effectué dans la machine (au total 2×10^5) ils reçoivent deux augmentations d'énergie (3 keV par tour). A mesure que l'énergie augmente, les protons, décrivant une spirale, viennent se placer sur des orbites plus grandes. Pour tenir compte de l'augmentation de masse des protons qui se produit lorsque leur vitesse s'approche de celle de la lumière (80 % de la vitesse de la lumière à 600 MeV), il faut faire varier la fréquence des champs accélérateurs (de 30 à 16,5 MHz). Les protons peuvent être utilisés sur des cibles internes et externes.

La machine du CERN fournit :

1. Des faisceaux de pions internes et externes dans la région d'énergie de 80 à 300 MeV avec des intensités de pion maximales d'environ $10^4/\text{s}$. Des faisceaux spéciaux de pions peuvent donner 10^5 pions par seconde avec une dispersion en énergie très faible (elle peut descendre à $\pm 1 \%$).
2. Des faisceaux de muons de haute énergie le long d'un « canal à muons ». Dans la région d'énergie de 50 à 200 MeV on peut obtenir jusqu'à 10^5 muons/s.
3. Un faisceau externe de $3 \text{ à } 5 \times 10^{11}$ protons/s à 595 MeV ; après l'avoir fait traverser un tunnel, on envoie ce faisceau dans un laboratoire souterrain pour effectuer des études de radiochimie.



CERN/PI 138.9.66

Programme de recherche

Dans l'histoire des recherches effectuées au SC, on relève un grand nombre de réalisations remarquables parmi lesquelles il faut mentionner les importantes contributions suivantes à la physique des interactions faibles :

- La découverte de la désintégration électronique du pion qui a expérimentalement confirmé une importante prédiction de la théorie des interactions faibles.
- La première mesure exacte du taux de désintégration du pion positif en un positron, un neutrino et un pion neutre.
- La mesure très précise du taux de capture des muons dans l'hydrogène liquide et gazeux.

La première mesure de précision du moment magnétique du muon (récemment poussé plus avant au cours d'une expérience effectuée au PS). Cette mesure, réalisée également au SC, a étendu la région de validité reconnue de la théorie électromagnétique.

Pour examiner le programme actuel on peut diviser celui-ci en plusieurs rubriques et choisir quelques expériences à titre d'exemples.

1) Structure nucléaire

Pour étudier la structure des noyaux, on a procédé de différentes façons ; on a étudié, entre autres, les niveaux d'énergie nucléaire, les groupements de particules dans le noyau et la forme des noyaux.

Pour les mesures de la diffusion des pions sur une gamme de noyaux, une équipe d'Orsay dirigée par R. Meunier, M. Spighel et J.P. Stroot utilise des faisceaux de pions d'énergie bien déterminée. L'étude de la diffusion pion-noyau, par opposition à la diffusion nucléon-noyau fournit un autre aperçu sur la matière nucléaire. Dans le même domaine, une équipe d'Oxford ayant à sa tête N. Tanner et J. Domingo étudie les noyaux légers avec des faisceaux de pions positifs. Les rayons bêta et gamma émis au fur et à mesure que les noyaux reviennent à leur état normal après excitation par les pions constituent une autre façon d'étudier les niveaux d'énergie.

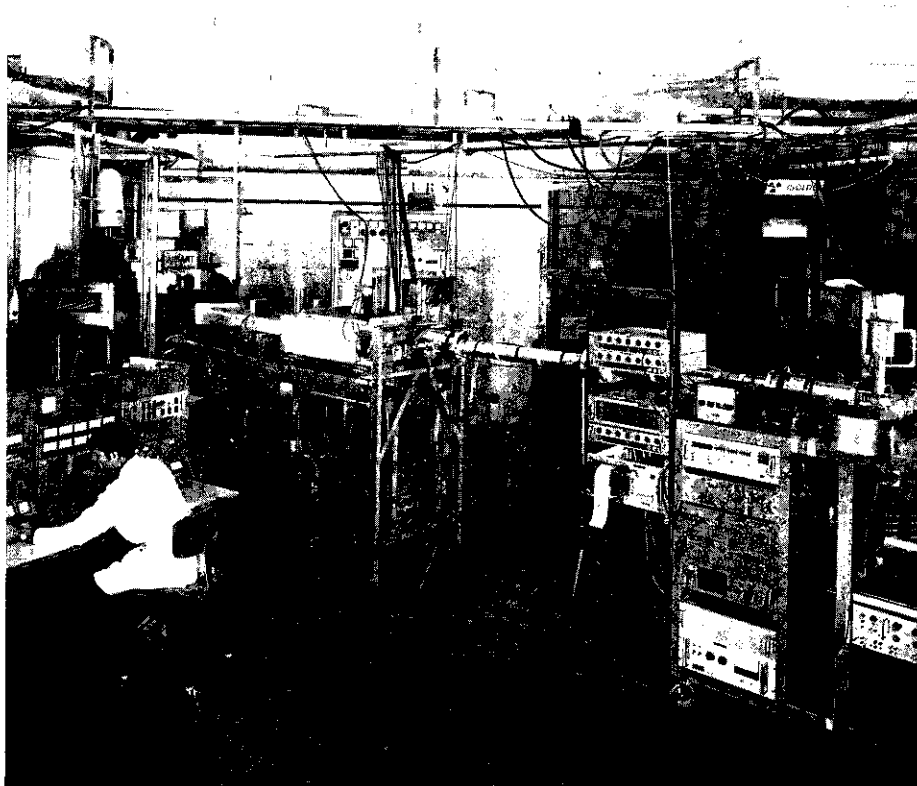
Plusieurs expériences, exécutées avec des faisceaux de pions, ont servi à étudier les groupements de particules à l'intérieur du noyau. Le pion est efficacement absorbé par le noyau et peut entrer en interaction avec un groupement particulier de particules, comme un proton et un

neutron fortement liés ce qui aboutit à l'éjection de deux protons. En ajoutant l'énergie de deux protons émergents, on obtient des renseignements sur la disposition interne du groupement. Cette expérience particulière a été réalisée par une équipe CERN dirigée par G. Charpak et C. Zupancic. Une expérience analogue a été effectuée par une équipe de Trieste sous la direction de C. Cernigoi au cours de laquelle on a observé la formation de deux neutrons émergents.

Les études des rayons X, π -mésiques et μ -mésiques ont été une source très féconde en renseignements sur les rayons nucléaires et sur les questions qui s'y rapportent. Une équipe CERN-Heidelberg-Karlsruhe dirigée par G. Backenstoss et H. Daniel a obtenu des résultats importants grâce à cette méthode, entre autres certaines données sur les rayons de charge nucléaire qui sont parmi les meilleures dont on dispose actuellement. Des pions et des muons négatifs peuvent être capturés par un noyau tout comme les électrons et ils peuvent sauter d'orbite en orbite (niveaux d'énergie) et passer à proximité (et au travers) du noyau qui émet les rayons X au fur et à mesure qu'ils vont occuper des orbites d'énergie plus

Vue partielle du séparateur d'isotopes en ligne ISOLDE. Le pupitre permet de suivre la marche du SC et de commander les cibles et le séparateur. Le faisceau d'ions chargé d'isotopes traverse le mur et son analyse s'effectue dans l'aimant ; il peut ensuite être transporté jusqu'aux détecteurs.

A l'extrémité droite du tube les ions sont recueillis sur bande (le boîtier de la bobine est nettement visible). On met au point un système répartissant le faisceau d'ions entre 3 utilisateurs, ce qui permettra d'accroître le nombre des expériences.



CERN/PI 315.10.68

basse (dont les nouveaux détecteurs au germanium à diffusion par lithium autorisent des mesures très précises). Différents types de noyaux ont été étudiés. Toujours dans le même ordre d'idée, on a étudié l'excitation des niveaux d'énergie du noyau et de la capture des muons par des noyaux excités. Les expériences dans ce domaine ont été réalisées par des équipes de Darmstadt et de Louvain.

2) Radio-chimie

Les recherches dans ce domaine ont reçu une sérieuse impulsion avec la mise en service d'ISOLDE, (séparateur d'isotopes en ligne décrit en détail dans le COURRIER CERN, vol. 7, page 23), programme auquel ont participé des savants de toutes provenances (Aarhus, Brunswick, Copenhague, CERN, Gothenbourg, Heidelberg, Orsay, Oslo, Stockholm, Strasbourg et Studsvik).

Un faisceau de protons éjecté du SC est amené dans un laboratoire souterrain (cette solution a été retenue en raison de l'intensité du rayonnement) et dirigé ensuite sur une cible constituée par un corps simple. Les isotopes produits peuvent être rapidement séparés et mesurés grâce à une suite d'opérations « en ligne ». C'est ainsi qu'on a pu identifier et mesurer des isotopes de très courte durée de vie,

(se mesurant en secondes et non plus en minutes).

Depuis la mise en service d'ISOLDE intervenue vers la fin de 1967, on a produit et mesuré des isotopes du radon, du mercure, du xénon, de l'antimoine, de l'étain, du cadmium, du krypton et de l'argon dont 17 étaient observés pour la première fois. Grâce à ces expériences on explore de nouvelles régions de la carte des nucléides qui viennent enrichir notre connaissance de la désintégration nucléaire.

3) Physique des particules élémentaires

Les faisceaux fournis par le SC se prêtent bien aux expériences sur les pions et les muons, ainsi qu'il ressort des exemples de recherches donnés au début du présent chapitre.

Dans le cadre des études actuelles on procède à une nouvelle mesure de la section efficace pion-nucléon dans la région d'énergie correspondant à la production de la résonance $N^*(3/2)$. Cette étude a été mise en route par une équipe Modène-Bari dirigée par P. Waloschek. Une équipe Cambridge-Rutherford avec à sa tête D. Bugg profite des faisceaux de haute qualité disponibles actuellement au SC pour faire une étude très approfondie

de cette région. Un autre aspect des interactions pion-nucléon est celui de la capture radiative et de l'échange de charge des pions négatifs sur les protons. Cette question est étudiée par une équipe CERN-Lausanne.

Les études de la production des pions par bombardement de divers noyaux avec des protons de 600 MeV relèvent de la physique des particules élémentaires et de la structure nucléaire. Des équipes CERN-Genève et CERN-Grenoble ont apporté leur contribution à ces études qui ont également fourni des renseignements utiles pour la réalisation de faisceaux en provenance du SC.

Améliorations nécessaires

Depuis plusieurs années (voir notamment le COURRIER CERN, vol. 6, page 30) on se livre à de nombreuses études théoriques et pratiques sur la possibilité d'améliorer les performances du synchro-cyclotron par production de faisceaux de plus grande intensité. On poursuit ainsi un double objectif : d'abord, répondre à la demande croissante d'utilisation de la machine et ensuite élargir le champ des recherches. Une récente enquête a fait apparaître qu'au cours des deux ou trois prochaines années, les demandes de temps d'utilisation de la machine augmenteront d'environ 20 %. L'augmentation de l'intensité du faisceau permettra soit de réduire le temps nécessaire pour une expérience, soit d'améliorer le partage du faisceau. Elle autorisera également un large éventail d'expériences irréalisables avec l'intensité de faisceau actuelle (dans un rapport intitulé « Observations des physiciens sur le programme d'améliorations du SC » une vingtaine de directeurs d'équipe ont indiqué les sujets de recherches qu'ils pourraient entreprendre si on leur donnait des intensités plus élevées). Un SC amélioré permettra aux physiciens européens de continuer de disposer d'une machine de premier plan aux énergies intermédiaires d'un intérêt particulier surtout au début des années 1970.

On se rendra compte de l'importance de ce dernier point en faisant le compte des installations en service dans le monde d'ici quelques années.

En Amérique du Nord :

On améliore actuellement le synchro-cyclotron de Columbia (COURRIER CERN, vol. 8, page 313) afin de disposer d'un faisceau intérieur de 5 à 50 μ A à 600 MeV aux alentours de 1970. D'autres synchro-cyclotrons seront encore en service à

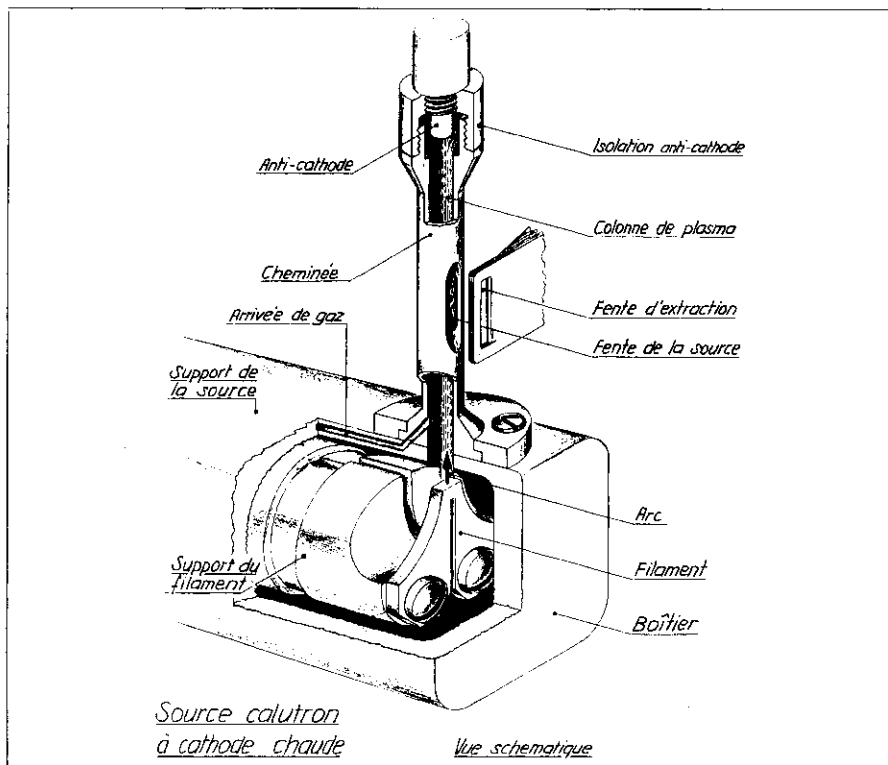


Schéma du nouveau type de source d'ions (cathode chaude, du type calutron) qui sera installé au SC. Cette source permettra d'accélérer un faisceau de bien meilleure qualité, avec lequel il sera possible d'obtenir des efficacités d'extraction beaucoup plus élevées.

ce nouveau type de source ; des progrès considérables ont été enregistrés dans la réalisation de filaments à durée de vie suffisante. En même temps on a construit et mis en service un petit synchro-cyclotron (15 MeV) connu sous le nom de « modèle de la région centrale ». Il sert à étudier le comportement complexe du faisceau dans les champs électriques et magnétiques au centre d'un synchro-cyclotron, là où il est bien connu que se produit la plus grande partie des pertes.

En elle-même la nouvelle source ne se traduira pas par une grande augmentation de l'intensité par impulsion bien qu'elle donne un faisceau de meilleure qualité et un rendement d'extraction plus élevé. L'augmentation d'intensité par seconde proviendra d'une augmentation du taux de répétition de la machine qui passera de 55 Hz à 600 Hz. On devra alors prévoir un nouveau système haute fréquence.

Pour le système HF actuel on utilise un condensateur vibrant qui consiste en un gros diapason qu'on fait vibrer à 55 Hz (taux de répétition de la machine) ; en faisant varier la distance entre les branches, on obtient la modulation de fréquence voulue (de 30 MHz à 16,6 MHz) de la tension appliquée au D. Chaque branche a 2 m de largeur et 55 cm de longueur ; l'écartement entre les branches est de 9 cm et l'amplitude de vibrations de 2 à 5 cm. Ces valeurs sont proches de la limite de ce qui est technologiquement possible avec un système de ce genre et la méthode ne peut pas être utilisée pour des taux de répétition de 600 Hz.

On a donc utilisé au CERN un système reposant sur l'emploi d'un condensateur mécanique rotatif qui n'est pas non plus sans poser de problèmes ; aussi en a-t-on construit plusieurs modèles à l'échelle 1/5 pour fixer les paramètres et essayer certaines caractéristiques mécaniques et électriques. On a vérifié la justesse des calculs de l'oscillation de fréquence et de l'intensité du champ. On en construit actuellement un modèle au CERN pour étudier les contraintes électriques et mécaniques.

Le nouveau système HF sera réalisé par AEG-Telefunken (République fédérale d'Allemagne) pour une somme inférieure à 5 millions de francs suisses.

On se propose d'installer ce nouvel équipement au synchro-cyclotron au début de 1971. La machine pourra alors continuer pendant encore de nombreuses années à jouer un rôle important dans la physique des énergies intermédiaires.

Berkeley et au SREL et les programmes d'amélioration font actuellement l'objet de discussions. (Les machines de Carnegie et de Chicago seront probablement définitivement arrêtées.) Le cyclotron à focalisation par secteur de l'Indiana aura un courant interne de 10-100 μ A à 80-230 MeV. Le cyclotron à focalisation par secteur TRIUMF de conception originale (COURRIER CERN, vol. 8, page 136) qui accélère des ions hydrogène négatifs pour produire des intensités de pions atteignant 10^8 /s doit entrer en service au Canada en 1974. Les accélérateurs linéaires d'électrons de 220-440 MeV du MIT et le puissant LAMPF de Los Alamos qui fournit des faisceaux de protons de 800 MeV apporteront leur contribution aux travaux de physique aux énergies intermédiaires.

En Union Soviétique :

Un synchro-cyclotron de 1000 MeV est entré en service à Gatchina, au Sud de Léningrad, en novembre 1967 et le synchro-cyclotron de 680 MeV qui donne toute satisfaction à Dubna bénéficiera probablement d'une série d'améliorations d'ici 1973.

En Europe :

Les accélérateurs linéaires d'électrons et de positrons de Saclay (140-600 MeV) et de Frascati (450 MeV) seront utilisés pour la production de pions et de muons. La mise en service du cyclotron à focalisation par secteur de 520 MeV de Zurich doit avoir lieu en 1973, l'intensité définitive (100 μ A) et la pleine utilisation étant prévues pour 1975.

On voit que, surtout jusqu'à la mise en service de la machine de Zurich, le potentiel européen sera faible si l'on n'apporte pas au SC du CERN les perfectionnements qui prolongeront sa durée de vie productive.

Le programme d'améliorations du SC vise à faire passer l'intensité du faisceau interne de 1 à 10 μ A et à améliorer le

rendement d'extraction. Ce dernier point est très important non seulement en raison de l'intensité de faisceau plus élevée pour certaines expériences mais aussi parce qu'il contribuera à résoudre les problèmes de rayonnement dans la machine, qui se trouveront aggravés par l'élévation de l'intensité des faisceaux (qui limite de toute façon l'intensité du faisceau à 10 μ A, il n'est pas raisonnable de prévoir des courants supérieurs à 10 μ A.

Le Programme d'amélioration

Le point I vise à remplacer la source d'ions actuelle du type Penning à « cathode froide » par une source du type calutron à cathode chaude. Le dispositif actuel envoie un plasma dans le centre de la machine d'où les protons sont extraits puis accélérés. Ses inconvénients sont le faible rendement et la qualité médiocre du faisceau de protons, ce qui explique en grande partie le faible rendement d'extraction. Le nouveau type de source consiste en un tube très fin (env. 6 mm de diamètre), vertical, placé au centre de la machine et dont les protons sortent par une mince fente pratiquée dans le plan médian. La qualité du faisceau émis par ce type de source s'en trouve grandement améliorée et on peut atteindre des rendements de 50 %.

L'adoption de cette nouvelle source entraîne des modifications de la structure du D au centre de la machine (COURRIER CERN, vol. 6, page 32). Il faut que les protons soient soumis à des champs accélérateurs plus élevés que ceux qui règnent actuellement au centre de la machine de telle sorte que leur première orbite les éloigne de la source. La tension appliquée au D au début du cycle passera de 5 kV à environ 30 kV.

D'importants travaux effectués au CERN ont été consacrés au perfectionnement de

Nouvelles du CERN

Au PS

Linac : amélioration de la dispersion d'énergie

Le Linac est équipé depuis le 1er novembre d'un système permettant la mesure de la dispersion d'énergie des protons à la sortie de la machine (E moyen = 50 MeV), qui donne le pourcentage des particules se trouvant à l'intérieur d'une gamme d'énergie de ± 150 keV (gamme acceptée par le PS).

Cette indication est présentée par un oscilloscope sous forme de 2 signaux analogiques, l'un indiquant le nombre total des particules et l'autre celui des particules situées dans ladite gamme d'énergie (voir le graphique).

Le rapport entre ces deux valeurs est par ailleurs imprimé par un ordinateur sur bande de papier.

Les signaux de mesure sont fournis (en ne perdant qu'une seule impulsion du faisceau) par 2 transformateurs de faisceaux dont le premier reçoit l'ensemble des protons accélérés et le second uniquement ceux d'une quantité de mouvement déterminée.

Il est ainsi possible à l'opérateur, en agissant sur les réglages de la radiofréquence d'obtenir le minimum de dispersion d'énergie, ce qui a très rapidement permis d'améliorer dans des limites importantes le rendement du linac en particules ayant l'énergie requise.

Faisceau sur la cible en 7 minutes

Le 12 décembre, 7 minutes après avoir reçu du PS un faisceau stable à 19,2 GeV/c, l'équipe de M. Langeseth, chargée de la ligne de transport du faisceau de protons pour la zone sud est, réussissait à centrer et à focaliser celui-ci dans un rayon de 1 mm sur la cible produisant le faisceau secondaire K11, située à 140 m de l'aimant à septum placé en SS74.

Sans parler d'un exploit, on peut néanmoins dire qu'il s'agit d'un temps inhabituellement court pour une ligne de transport de cette longueur et de cette complexité.

Cette ligne qui alimente depuis le 23 janvier la chambre à bulles de 1,2 m³ située dans la zone Sud-Est à proximité de Gargamelle comporte 20 lentilles et déflecteurs magnétiques pulsés (9 quadrupôles, 5 aimants de déflexion principaux, 3 aimants correcteurs verticaux et 3 aimants correcteurs horizontaux). Ces éléments pulsés présentent des avantages quant à la consommation d'énergie et

d'eau de refroidissement mais aussi quant à l'encombrement. Cette ligne a une chambre à vide de dimensions très réduites constituée par un tube de verre dont le diamètre intérieur est de 34 mm lorsqu'elle traverse les aimants pulsés dont l'ouverture est de 40 mm (principalement dans l'anneau) et de 52 mm lorsqu'elle traverse les aimants pulsés d'ouverture 60 mm (principalement dans le tunnel). Comment a-t-on pu parvenir à ce chiffre de 7 minutes ? Tout d'abord grâce à la très bonne connaissance des conditions initiales du faisceau acquise lors de l'expérience sur les neutrinos qui s'acheva fin 1967 ce qui permit de faire des calculs rigoureux et enfin grâce aux réglages préalables précis conformément aux calculs des charges des condensateurs donnant par décharge les impulsions de courant nécessaires. Si bien que les ultimes réglages manuels qui s'effectuèrent sur la base des informations de position des faisceaux (9 écrans à scintillation observés par des caméras de TV et plusieurs autres moyens d'observation contrôlés depuis la station de commande) s'avèrent faciles et rapides.

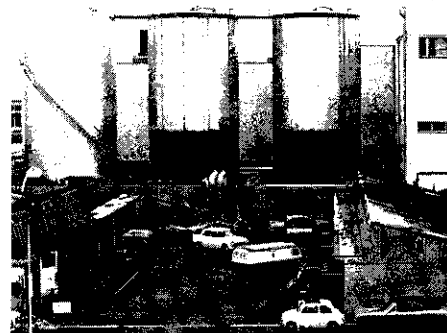
En février, la ligne sera modifiée temporairement en utilisant une nouvelle position de cible pour l'expérience P5 (Klapisch, Orsay).

L'équipe Langeseth (qui comprend 14 personnes) travaille aussi sur d'autres lignes de transport de faisceau qui alimenteront 2 chambres à bulles dont on parlera beaucoup : Mirabelle (Serpukhov) et Gargamelle (CERN). Des commandes ont déjà été passées à l'industrie pour la première dont la mise en place doit s'achever en 1970-71 et on travaille activement à la seconde (G4 + faisceau neutrino Gargamelle) qui sera montée fin 1969, début 1970, en utilisant d'ailleurs une grande partie des éléments de la ligne de la 1,2 m³.

Surélévation des réservoirs

Deux des trois réservoirs d'huile combustible lourde mis en place en 1956 et alimentant le PH, (cf COURRIER CERN vol. 8, page 205) viennent d'être surélevés. Leur volume est passé de 500 à 750 litres, égalant ainsi celui du réservoir de 150 m³ mis en place en 1963. La capacité totale est maintenant 3 x 750 m³ (au début de janvier, la consommation journalière du CERN a été supérieure à 40 m³, uniquement pour le chauffage). On a ainsi gagné 500 m³ sans augmenter la surface de terrain occupée.

L'opération s'est faite en prolongeant



CERN/PI 90.1.69

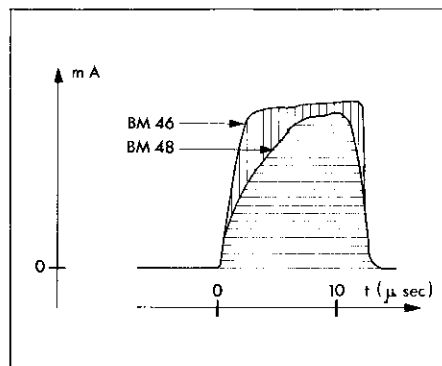
les réservoirs vers le bas, comme en témoigne la photo. Il a fallu pour cela les soulever au moyen de vérins, en découper le fond, y ajouter en 3 phases la virole qui a plus de 5 m de haut, puis ressouder le fond. Les tôles ajoutées ont 10 mm d'épaisseur.

Faisceau de kaons de grande énergie

La chambre à bulles à hydrogène de 2 m a reçu en janvier le faisceau de kaons positifs possédant la plus grande quantité de mouvements jamais obtenue. Le faisceau u5 du hall Est a été habilement utilisé avec deux séparateurs h.f. pour donner des kaons d'une quantité de mouvement de 16 GeV/c (le record précédent de 12,7 GeV/c appartenait à l'AGS de Brookhaven). L'obtention de cette impulsion élevée a été possible grâce à l'achèvement, et à la réussite, de la première phase du programme d'amélioration du PS, qui permet à l'accélérateur de fonctionner à haute énergie avec un taux de répétition élevé.

Les travaux avec le faisceau de kaons ont été dirigés par P. Lazeyras, H. Lengeler et F. Grant. Il a déjà servi à prendre près de 200 000 photographies en une semaine, au cours d'une expérience entreprise en collaboration par Birmingham, Bruxelles, le CERN, l'Institut de Physique nucléaire de Paris et Saclay.

Les expérimentateurs étendent maintenant leur recherches à la production de résonances dans les interactions à quasi deux corps aux hautes énergies. Ils se proposent d'étudier les différences entre plusieurs prédictions théoriques (y compris, par exemple, les prédictions basées sur le modèle des pôles de Regge). Dans certaines interactions, la section efficace semble être pratiquement indépendante de l'énergie, tandis que dans d'autres elle diminue à mesure que l'énergie augmente. Sur les dernières photographies, il devrait



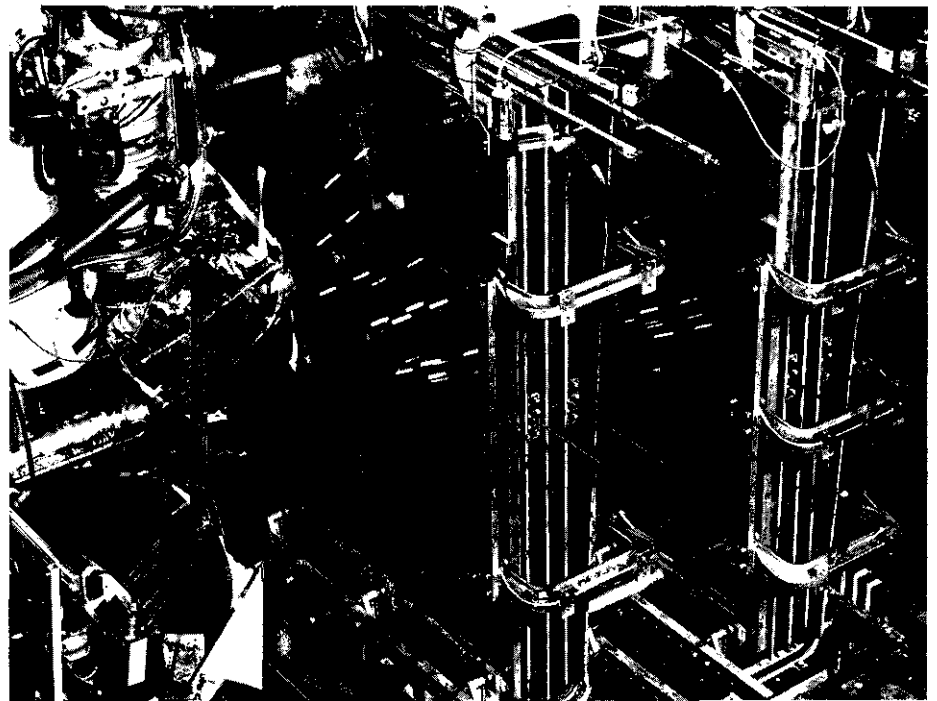
Une partie de l'équipement servant à l'expérience sur les bosons avec le spectromètre de masse manquante. Le petit cylindre horizontal à gauche, de 30 cm de long, contient la cible d'hydrogène liquide. Elle est refroidie par de l'hélium liquide ; l'installation de réfrigération est au-dessus de la cible. Deux des chambres à fils à grand entrepaille digitalisées, sont en place à proximité de la cible. Notez quelques détails du montage : les barres horizontales en haut des chambres renferment les fils magnétostrictifs ; de petits transformateurs isolants permettent de recevoir les signaux des plans de fils, dont certains sont à 60 kV. Les tiges que l'on voit à l'horizontal, au milieu des chambres, portent

des « boîtes » de mylar remplies d'air (appelées « destructeurs de faisceaux »), qui reçoivent les particules du faisceau transitant directement, en sorte qu'elles ne déclenchent pas d'étincelles. Les étincelles sont visibles dans les chambres. Plusieurs sont détectées simultanément, et l'efficacité de détection est très élevée (sur la photographie, chaque trajectoire de particule est observée dans chaque entrepaille — il n'y a pas de cas où la particule ne produise pas de trace en franchissant l'entrepaille). Les étincelles accompagnent le parcours de la particule, ce qui est une caractéristique des chambres à grand entrepaille ; il faut ainsi moins de plans de fils pour donner tous les renseignements voulus.

Courbe illustrant la régularité des carrés des masses de boson δ , A2, R, S, T, U, étudiées dans l'expérience réalisée avec le spectromètre de masse manquante (région ①). La masse au carré est portée en abscisse et l'ordre de production des résonances à mesure que la masse croît en ordonnée. On étudie actuellement la région ② à l'aide du spectromètre pour bosons jusqu'à une masse au carré d'environ 16 GeV². La région ③ qui va jusqu'à une masse au carré de 64 GeV², pourrait être étudiée ultérieurement à Serpukhov en collaboration avec les savants soviétiques.

donc être facile de distinguer les diverses sortes d'interactions.

Les principes de la séparation h.f. ont été expliqués dans le COURRIER CERN, vol. 7, page 125 et vol. 7, page 252. Si on utilise deux cavités selon le mode normal d'exploitation, il sera possible de séparer un type de particules de deux autres seulement dans certaines bandes de faibles quantités de mouvement. Avec trois cavités, cette bande peut être élargie et rendue presque continue ; cependant, pour des quantités de mouvement proches de 16 GeV/c, et bien que le filtrage des protons et des pions positifs soit excellent, il reste dans le faisceau de kaons positifs un bruit de fond assez élevé de muons positifs. En reprenant l'expérience avec deux cavités et en défocalisant légèrement les pions et les protons (avec un bouchon plus important pour les absorber), on a découvert qu'il était possible d'obtenir un faisceau de kaons propre, ou la contamination par les protons est inférieure à 4 %. Il y a en moyenne une dizaine de kaons positifs par photographie.



CERN/PI 211.1.69

Toujours plus haut

L'expérience féconde effectuée avec le spectromètre de masse manquante se poursuit par la recherche de bosons négatifs d'une masse pouvant atteindre 4,5 GeV ; cette recherche s'effectue avec le matériel de détection nouvellement installé sur un faisceau de pions à quantité de mouvement élevée dans le hall Est.

Un peu d'histoire : en 1964, une équipe dirigée par B. Maglic utilise pour la première fois la technique du spectromètre de masse manquante pour la recherche de bosons chargés dépourvus d'étrangeté. En l'espace d'environ deux ans et demi on trouve sept environnements. Il apparaît alors que les carrés des masses des bosons se situaient assez nettement sur une droite. (Voir COURRIER CERN, vol. 7, page 31.) On démontra de plus que la particule A2 se scindait en deux maxima qui semblaient présenter des caractéristiques identiques, mise à part une différence de masse (1278 MeV et 1318 MeV).

Le groupe chargé des recherches sur la masse manquante (à l'époque, collaboration Berne-CERN-Genève) décida de poursuivre l'expérience de recherche de particules de masse plus élevée (la particule présentant la masse la plus élevée obtenue avec la première expérience avait été la particule U de masse 2383 MeV). Après modification de l'appareillage de détection et de la méthode, ce groupe

effectua l'année dernière dans le hall d'expérimentation Sud (voir COURRIER CERN, vol. 7, page 219) une expérience destinée à tester l'appareillage et la nouvelle méthode et à reproduire la scission de la particule A2.

L'essai étant concluant, on monta l'expérience dans le hall Est en utilisant cette fois-ci un faisceau de pions de quantité de mouvement plus élevée. L'équipe de Berne se retira alors et fut remplacée par un groupe de Munich dirigé par W. Kienzle.

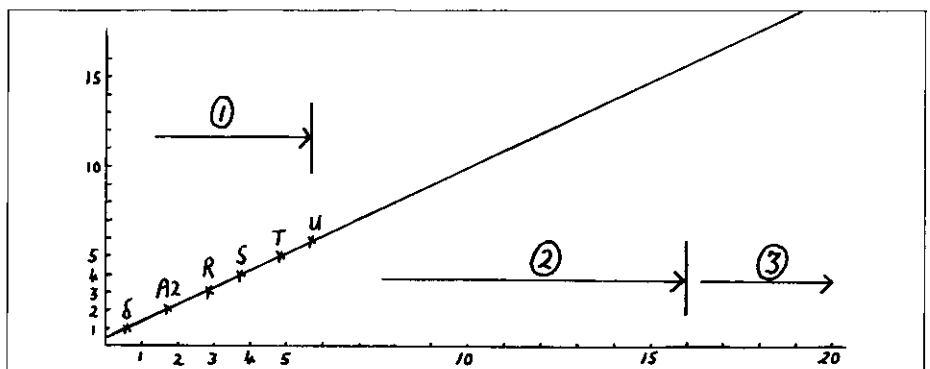
L'interaction à l'étude est :

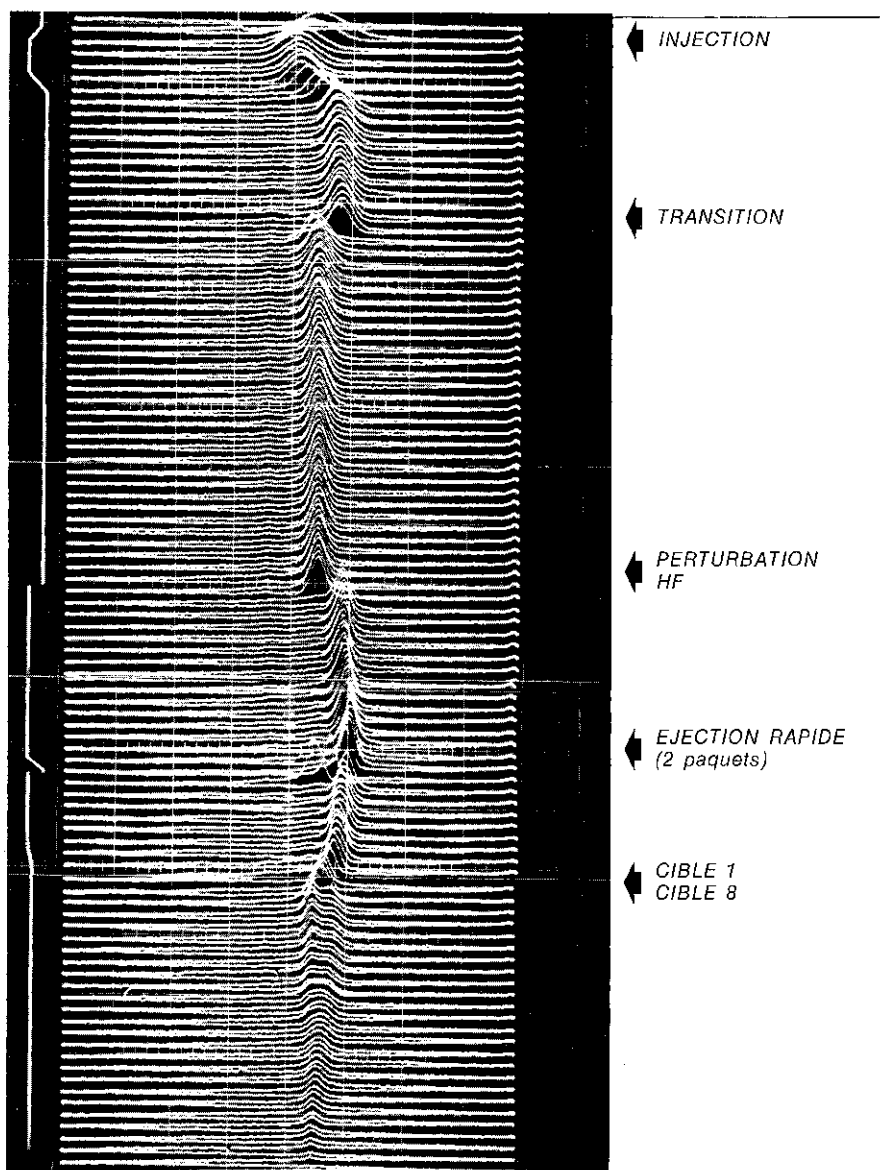
$$\pi^- + p \rightarrow p + X^-$$

où X^- représente un boson lourd. Si on mesure la quantité de mouvement du pion incident et si on identifie le proton de recul et qu'on mesure sa quantité de mou-

vement, on peut calculer la masse manquante du proton de recul qui égale celle du boson. Le spectre de masse manquante apparaît comme un fond parasite uniforme d'où se détachent des pics aux valeurs qui correspondent à la masse du boson.

Un faisceau de pions (p_5) de quantité de mouvement bien déterminée, prélevé sur le faisceau de protons à éjection lente (e_5), est dirigé sur une cible à hydrogène d'un type nouveau, (refroidie à l'hélium) mise au point par le groupe de L. Mazzone et donnant toute satisfaction. Le proton de recul ainsi produit vers l'avant est détecté et sa quantité de mouvement mesurée à l'aide d'un assemblage de chambres à fils digitalisées à grand entrepaille et d'un grand aimant de déflexion.





Les chambres situées immédiatement derrière la cible détectent également les produits de désintégration du boson. La résolution du système est de ± 10 MeV.

Pour permettre d'explorer une certaine région de masse, il est très utile de déterminer la quantité de mouvement du faisceau de pions incidents. Par exemple, l'expérience utilise actuellement un faisceau de pions dont la quantité de mouvement est de 9 GeV/c et qui peut fournir les résonances de masse comprises entre 2,45 et 2,85 GeV. A mesure du déroulement de l'expérience, la quantité de mouvement du pion incident sera augmentée (jusqu'à 15 GeV/c) de façon à balayer toute la région de la masse manquante jusqu'à une masse de boson de 4,5 GeV. Avec le synchrotron à protons du CERN il n'est pas possible d'atteindre des valeurs supérieures, mais cette expérience pourra se poursuivre dans le cadre de la collaboration CERN Serpukhov sur l'accélérateur soviétique de 76 GeV.

L'IBS

Observation du faisceau de protons du PS depuis l'injection jusqu'aux cibles à haute énergie, à l'aide d'un « explorateur

de faisceau par ionisation » (IBS = Ionization beam scanner). C'est vraisemblablement le premier dispositif opérationnel de ce genre qui permette de visualiser les dimensions et la position d'un faisceau de protons dans une machine à focalisation forte. (Des appareils de principe similaire mais de réalisation différente, ont déjà été utilisés auprès du synchrotron à gradients alternés d'Argonne où les exigences en matière de résolution spatiale sont moins sévères).

La cadence de balayage est de 5 ms (ce qui correspond à l'intervalle entre deux traces successives) et les limites du balayage correspondent à celles de la chambre à vide (le balayage commence à gauche sur la paroi externe de la chambre et se termine 15 cm plus loin sur la paroi interne).

On peut voir les effets sur le faisceau des différentes opérations de la machine indiquées. La position et la largeur de la bosse correspondent à celle du faisceau tandis que sa surface correspond à l'intensité.

L'explorateur de faisceau fonctionne en recueillant le signal des électrons libérés par ionisation du gaz résiduel de la chambre à vide. Le nombre des électrons ainsi

produits est proportionnel à l'intensité du faisceau de protons traversant l'appareil et, bien entendu, le « point » où les électrons naissent correspond au passage du faisceau.

Des champs électriques et magnétiques guident ces électrons vers un collecteur où ils produisent un signal qui est amplifié puis enregistré. Le collecteur est maintenu au potentiel zéro et on fait varier le champ électrique de sorte que l'équipotentielle zéro (autour de laquelle les électrons se meuvent en spirale pour atteindre le collecteur) explore la chambre à vide. De cette manière on peut recueillir séparément les électrons produits aux différents points de la chambre à vide (avec une précision de 1 à 2 mm).

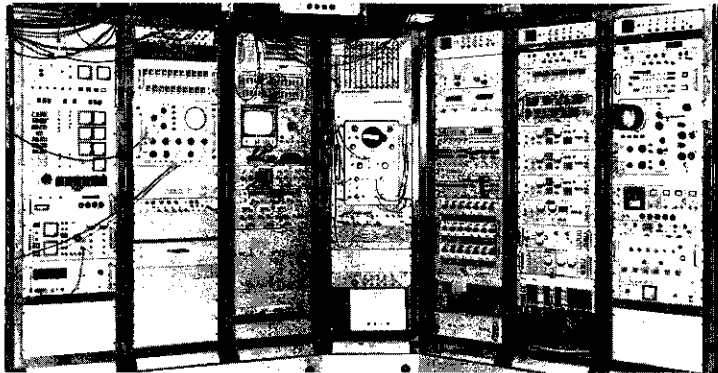
L'explorateur de faisceau par ionisation a été mis au point au CERN par C.D. Johnson et L. Thorndahl.

Conférences au CERN

Une importante conférence sur les interactions faibles — théorie et expériences — s'est tenue au CERN du 14 au 17 janvier. Sous le nom de « Topical Conference on Weak Interactions », elle a réuni, outre des membres du CERN, 150 savants d'autres Laboratoires. Nous espérons rendre compte de la conférence dans le prochain numéro du COURRIER CERN.

Précédant de peu cette conférence, une réunion consacrée aux neutrinos a rassemblé les 13 et 14 janvier des physiciens s'intéressant aux expériences sur ces particules ; plus de 40 participants n'appartenaient pas au CERN. Les débats ont porté sur les récents résultats des recherches permises par les accélérateurs et de celles relatives aux neutrinos cosmiques et solaires ; plusieurs Laboratoires ont fait connaître leurs plans pour l'avenir. L'article des pages 12-14 donne des détails sur trois des points traités (la mise en service d'une chambre à bulles de 7 pieds à Brookhaven et les plans de Serpukhov et Batavia). Le prochain numéro contiendra une description de la grande chambre à hydrogène d'Argonne, qui servira aux expériences sur les neutrinos.

Le MCR



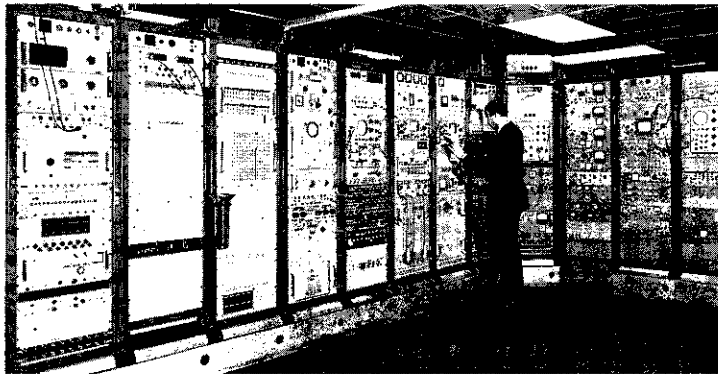
1.

CERN/PI 208.1.69



2.

CERN/PI 206.1.69



3.

CERN/PI 205.1.69



4.

Les liaisons nécessaires à l'exploitation du PS vont et partent de la salle de commande principale (MCR) qui se trouve dans le bâtiment du hall Sud au 1er étage.

Nous allons passer en revue les différents panneaux de la salle où sont groupés près de 30 oscilloscopes, 12 écrans de TV et plus de mille voyants.

1) Pupitre principal (Photo 4)

- En P₃ : sécurité radiation — contrôle des accès de l'anneau — chaînes de sécurité des zones de faisceaux secondaires et des zones d'éjection.
- En S : regroupement d'indications concernant le fonctionnement d'ensemble. Sur le plan incliné inférieur sont réunis tous les moyens de communications (téléphones, interphones, haut-parleurs) avec les centres secondaires, le linac, les alimentations des aimants, les expérimentateurs, etc...

L'armoire de gauche contient de haut en bas : un groupe de 30 indicateurs de mal fonctionnement — les alarmes hydrogène, 5 ampèremètres donnant l'intensité du faisceau linac en différents points.

L'armoire suivante contient en haut les tubes indicateurs donnant le nombre de protons par impulsion, la position radiale du faisceau et leurs valeurs

moyennes, et en bas un écran où on peut faire apparaître sur demande l'une des nombreuses mesures effectuées par ordinateur sur le comportement de la machine.

L'armoire suivante comprend de haut en bas des voyants relatifs au cycle magnétique — 3 cadrans permettent de suivre les variations du réseau — un clavier de programmation générale commandant les suites d'opérations correspondant aux différentes possibilités d'utilisation des protons (cibles internes ou externes, mode d'éjection etc...).

L'armoire suivante a pour fonction principale l'enregistrement sur bande de l'intensité du linac, du nombre de protons accélérés par impulsion et de la tension du réseau en différents points importants.

- En T : de haut en bas : affichage sur écran de données fournies par l'ordinateur et relatives au fonctionnement de la machine (elles sont également imprimées par le télescripteur placé en dessous).

Linac, Injection, Accélération (photo 1)

- En A : commande du linac : l'armoire en coin présente les informations provenant des stations d'observation du

faisceau et contient un oscilloscope qui donne en permanence les positions radiale et verticale du faisceau.

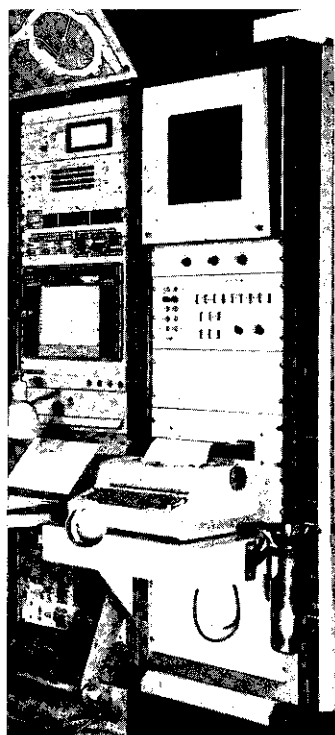
- En B : commande de l'injection (corrections magnétiques à l'injection, réglage des lentilles) et mesures fournies par les transformateurs de courant. On remarquera en particulier dans l'armoire de droite un oscilloscope qui donne la coupe longitudinale des paquets de protons.
- En C : programmation et mesure des courants dans les éléments magnétiques du PS (aimant principal, enroulement correcteurs dipôles, quadripôles, sextupôles, etc...).

Sécurité, mesure du faisceau (photo 2)

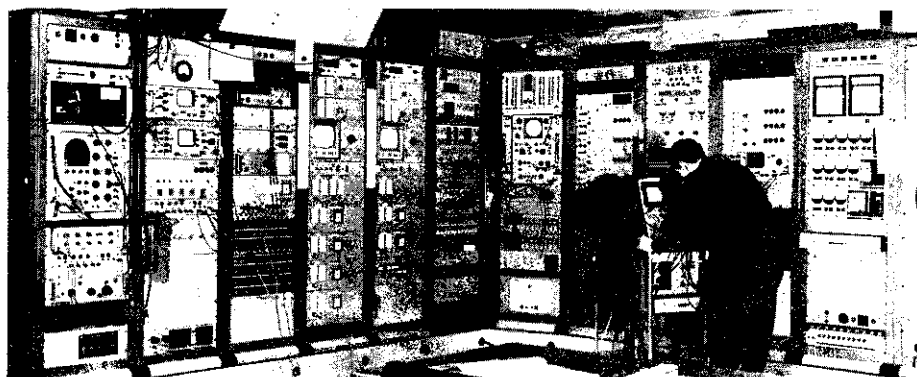
- En P₂ : système de sécurité pour les portes de l'anneau et les arrêts d'urgence (petit schéma synoptique).
- En D : mesure du faisceau accéléré (stations d'observation, position radiale moyenne, cadencement lié à la fréquence d'accélération).

Ejections (photo 3)

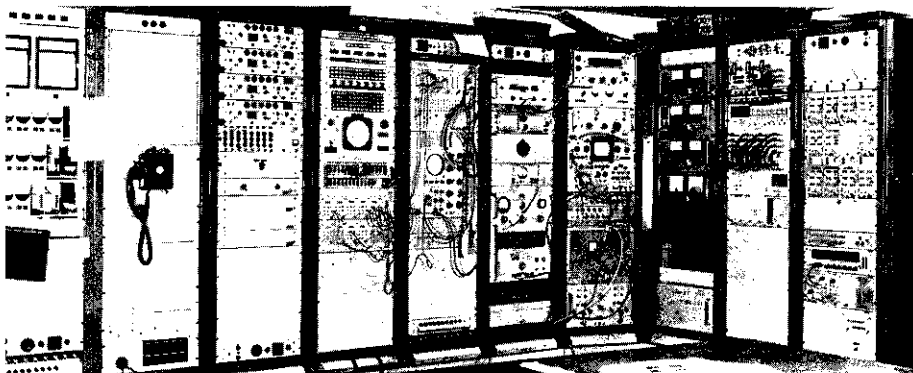
- En H : cet ensemble permet de régler et de mesurer tous les facteurs relatifs aux différentes éjections (magnétiques, cadencement, HF, etc...). Sur l'écran TV de la 3e armoire depuis la gauche on peut vérifier la



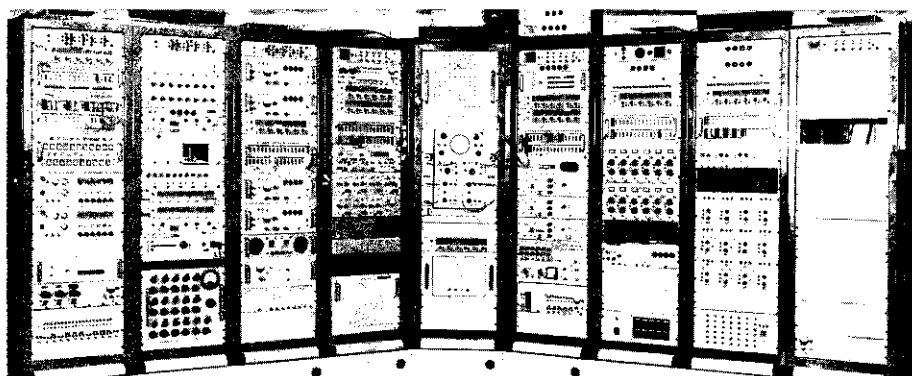
CERN/PI 203.1.69



CERN/PI 209.1.69



CERN/PI 207.1.69



CERN/PI 204.1.69

position du faisceau éjecté. L'armoire de gauche appartient au groupe G.
Pertes de faisceau ; transport des faisceaux (photo 5)

- En J : système de détection de perte de faisceau dans l'anneau.
- En K : réglages des éléments de transport des faisceaux éjectés avec possibilité de voir par TV la position des faisceaux sur des écrans scintillateurs en différents points le long de la ligne.
- En L : différents contrôles se rapportant plus spécialement aux faisceaux éjectés ; mesure de l'efficacité des éjections. La dernière armoire de droite

contient les indicateurs des niveaux de rayonnement dans la zone Est.

Différents équipements (photo 6)

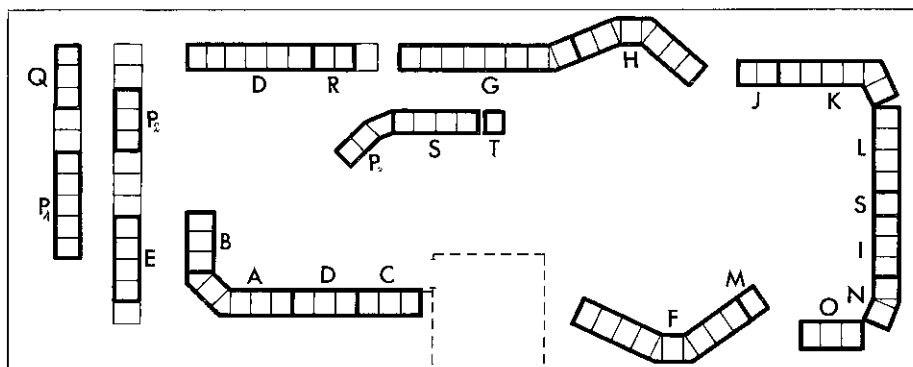
- En S : indications générales de marche du PS (au-dessous du téléphone). Tout en haut répétition de l'indication du nombre de protons par impulsion.
- En I : commande du nouveau kicker rapide à pleine ouverture FAK 66.
- En N : mesure des dimensions du faisceau par ionisation (IBS).
- En O : système d'acquisition de données digitales (SEN). Permet d'imprimer une cinquantaine de paramètres du PS, et d'établir des moyennes sur un

certain nombre de cycles d'accélération.
Cibles internes — Utilisation du faisceau (photo 7)

- En F : contrôle de l'utilisation du faisceau sur cibles internes. Mise en place des cibles à chaque cycle, mesure de la position, contrôle du déversement. Au moyen de touches du sélecteur placé au sommet de l'armoire centrale on peut faire apparaître sur l'oscilloscope les signaux correspondant au fonctionnement des cibles.
- En M : système central de programmation pour toutes les utilisations du faisceau, cibles, éjection, etc...

Parties cachées

- En P1 : circuits logiques transistorisés liés aux chaînes de sécurité pour le PS et les éjections.
- En Q : contrôle du vide du PS, relié à l'ordinateur IBM 1800 qui imprime différentes valeurs et leur moyenne.
- En R : différents systèmes expérimentaux (en cours de mise au point) pour la mesure de l'intensité du courant accéléré et l'acquisition de cette mesure par l'ordinateur IBM 1800.
- En G : commande de l'aimant de déflection rapide 97.
- En E : système de cadencement pour le PS.



Nouvelles des autres laboratoires

Brookhaven Maquette de 7 pieds

Pour la première fois, une chambre à bulles à hydrogène (remplie en fait de deutérium) va recevoir un faisceau de neutrinos. L'opération se fera auprès du synchrotron à gradients alternés de Brookhaven avec la maquette de 7 pieds (213,5 cm), qui a été construite pour l'examen des différents problèmes posés par une chambre à bulles aux dimensions doubles (14 pieds soit 4,2 m), actuellement à l'étude.

Déjà depuis 1964, des chambres à hydrogène de grand volume ont été étudiées à Brookhaven mais aucun crédit n'a été accordé pour la construction d'une chambre de dimensions analogues à celles de la grande chambre à bulles européenne qui était en construction pour le CERN (voir COURRIER vol. 7, page 143). En 1966, la décision fut prise de commencer à construire la chambre de 213,5 cm pour effectuer des recherches et procéder à des essais de mise au point des nouvelles techniques qu'implique la nouvelle génération des chambres telles que l'utilisation d'un système optique à hublots sphériques à grand angle, d'aimants supraconducteurs et d'éléments en plastique pour le dispositif de détente. Ultérieurement, comme les crédits nécessaires à la construction d'une chambre plus grande n'avaient pas été accordés il a été décidé d'utiliser la maquette pour des expériences sur les neutrinos, tout en continuant dans le même temps les travaux de recherche à caractère technique.

Une coupe de la maquette est représentée sur la figure; l'échelle y est donnée par le diamètre intérieur de la cuve de la chambre, soit 213,5 cm. La conception présente beaucoup de points communs avec celle de la grande chambre européenne. La cuve en acier inoxydable a un volume total de 9400 litres. La surface interne est couverte d'un revêtement Scotch-lite rétrodirectif. Trois hublots pour les caméras sont situés à la partie supérieure de la chambre, chacun d'eux comprenant trois vitres hémisphériques qui retiennent l'hydrogène liquide, servent de blindage contre le rayonnement thermique et scellent l'enceinte à vide. Les sources de lumière qui éclairent les bulles sont situées près des objectifs de sorte que le Scotchlite renvoie la lumière de manière efficace aux caméras; les bulles apparaissent sous la forme de taches sombres

sur un fond brillant (éclairage à fond blanc).

Le système de détente situé à la base de la chambre fait appel à plusieurs idées nouvelles telles que l'utilisation pour le piston (de 107 cm de diamètre) de matière plastique renforcée de fibre de verre. Le piston qui parcourt environ 10 cm en 25 ms (la variation de volume correspondante est de 1 %) est mû par un dispositif hydraulique à grande vitesse de réaction permettant plusieurs détenteurs par cycle de l'accélérateur (voir COURRIER CERN, vol. 8, page 312). Pour l'expérience, on

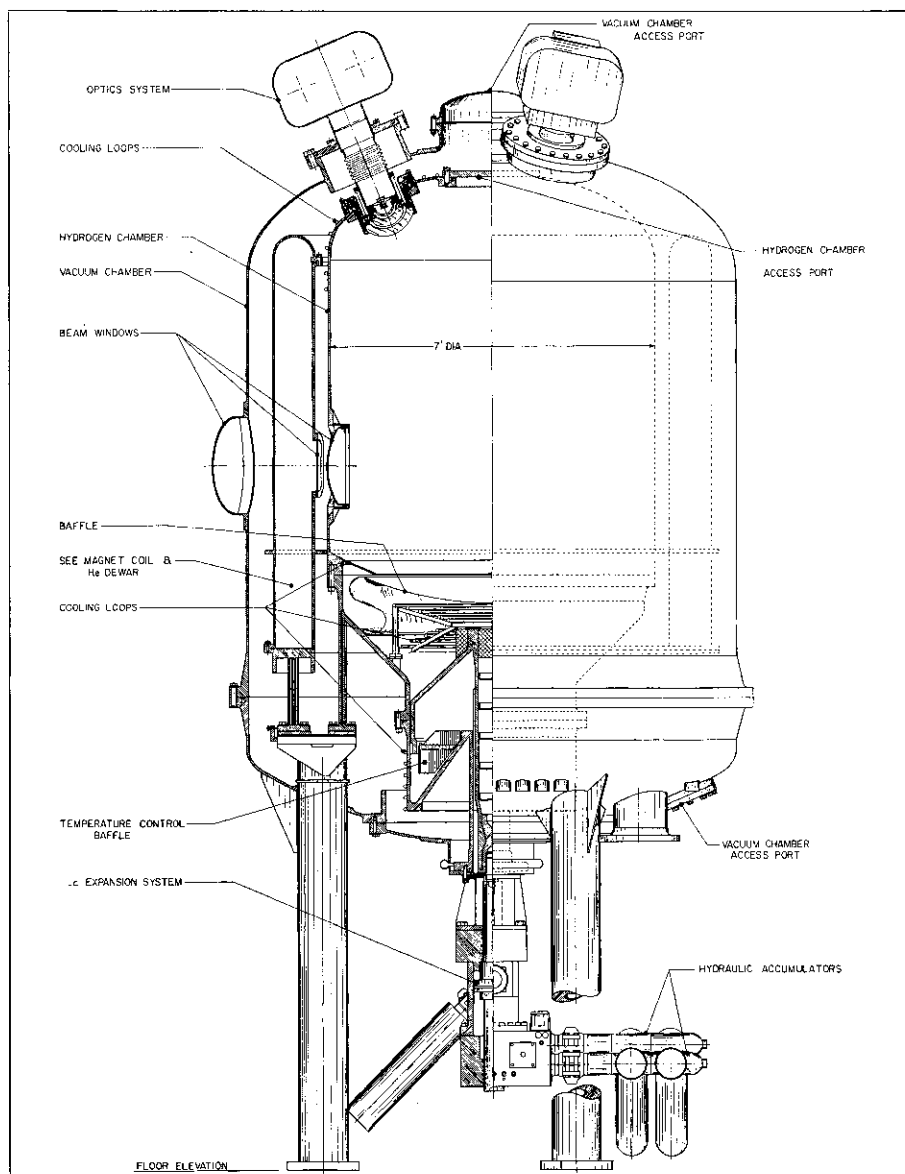
Coupe de la chambre à bulles à hydrogène de 7 pieds. Remarquez que les bobines de l'aimant supraconducteur ne sont pas indiquées sur le dessin. Elles se trouvent dans le dewar d'hélium au-dessus et au-dessous des fenêtres du faisceau. L'enceinte à vide commune à la chambre et au dewar d'hélium mesure 3,2 m de diamètre et 5,5 m de haut; elle sert également d'enceinte de protection en cas d'accident.

Vue aérienne (prise en novembre 1968) de l'équipement en cours d'installation pour l'expérience sur les neutrinos auprès de l'AGS de Brookhaven avec la chambre à bulles à hydrogène de 7'. On a sur le plan :

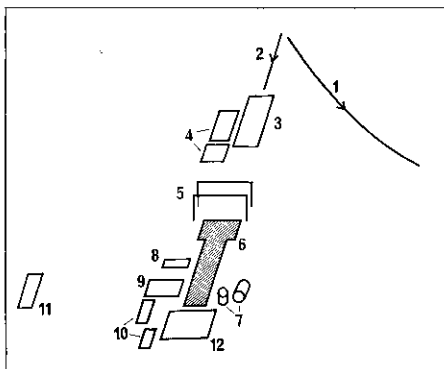
utilisera toute l'intensité du faisceau de manière à obtenir le plus grand nombre possible de neutrinos entrant dans la chambre. Le processus de détente multiple ne sera donc pas utilisé.

Aimants supraconducteurs

L'une des caractéristiques essentielles des chambres est l'utilisation d'aimants supraconducteurs. Sur la maquette on a utilisé un supraconducteur composite formé de 6 filaments de niobium titane enrobés dans un ruban de cuivre à conductivité élevée. On obtient ainsi un champ de



- 1) direction des protons dans l'accélérateur
 - 2) direction du faisceau de protons éjecté
 - 3) abri blindé en béton du dispositif de focalisation magnétique et de la cible
 - 4) bâtiments des alimentations
 - 5) grande grue à portique
 - 6) blindage d'acier (12 000 t et 38 m)
 - 7) grands dewars d'hydrogène et de deutérium
 - 8) remorque des alimentations hydrauliques du système de détente de la chambre
 - 9) bâtiment de liquéfaction de l'hélium pour l'aimant supraconducteur
 - 10) remorques des pompes à vide
 - 11) remorque de contrôle
 - 12) bâtiment abritant la chambre à bulles de 7'.
- (Photos Brookhaven)



30 kG au centre de la chambre. Le ruban d'une largeur de 5 cm et d'une épaisseur de 2 mm véhiculera un courant de 6000 A. Il n'y a pas de culasse en fer d'où une plus grande souplesse dans la conception et un moindre coût. L'hélium liquide fourni par une installation de liquéfaction et de réfrigération de 240 W maintiendra le supraconducteur à une température d'environ $4,8^{\circ}$ K. Les autres paramètres des bobines figurent ci-dessus :

Nombre de galettes doubles par bobine	16
Nombre total des couches	32
Nombre de tours par couche	45
Ampère tours	$8,64 \times 10^6$
Champ maximum au centre	30 kG
Champ maximum dans la bobine	40 kG
Distance entre les moitiés supérieure et inférieure	34 cm
Diamètre intérieur de la bobine	244 cm
Diamètre extérieur de la bobine	280 cm
Longueur totale du conducteur	12,2 km
Poids total de la bobine	14 515 kg

En mai 1968 l'intensité a été portée à 3500 A et à la suite de ce premier essai, plusieurs modifications ont été apportées pour garantir que la puissance totale sera atteinte.

La disposition de la ligne du faisceau de neutrinos, la chambre à bulles et l'équipement annexe sont visibles sur la photographie. Selon les prévisions, le refroidissement de la chambre commencera en janvier et il sera suivi par la mise en service de l'aimant dès que des traces auront été photographiées.

On compte prendre un million de photographies et on prévoit la production de 2000 événements avec l'intensité actuelle de la machine qui est de 2×10^{12} protons par impulsion et un dispositif de focalisation à « doigt » magnétique à trois éléments qui dirigera les parents de neu-

trinos vers la chambre. On espère prendre plusieurs centaines de milliers de photographies avant la fermeture de cinq mois de l'AGS prévue pour juin.

En plus de leur but premier qui est de contribuer, par de nouveaux renseignements, à la compréhension des interactions faibles (voir COURRIER CERN vol. 6, page 211), ces photographies présenteront un grand intérêt pour le spécialiste des chambres à bulles, puisqu'elles montreront avec quelle précision on peut mesurer les positions des traces en les photographiant à travers une grande épaisseur d'hydrogène liquide (cf COURRIER CERN, vol. 8, page 129). Les inégalités de température qui provoquent des modifications locales de l'indice de réfraction du liquide pourraient déformer les photos ; les mesures seraient aussi de moins bonne qualité que celles qu'on obtient habituellement dans les chambres de 2,03 m (80 inches) à Brookhaven et de 2 m au CERN. L'apparition de machines à plus haute énergie accroît l'importance de la précision dans les mesures ; les résultats qui seront obtenus avec la chambre de Brookhaven sont donc attendus avec beaucoup d'intérêt.

Batavia Préparation d'expériences neutrinos

C'est en 1968, lors des cours d'été d'Aspen, que prirent corps les projets relatifs aux expériences sur les neutrinos devant être réalisées à Batavia, auprès de l'accélérateur de 200 GeV. Quelque peu avant, en mai, Batavia et Brookhaven avaient décidé de collaborer pour construire une chambre à bulles à hydrogène de 7,7 m. Brookhaven se chargeant de l'étude technique détaillée et de la cons-

truction, Batavia de l'aménagement du site, des lignes de faisceaux et de toutes les installations auxiliaires et les deux laboratoires de la définition des paramètres affectant la recherche.

L'avant-projet de la chambre devrait être terminé pour la fin de 1969. Selon la conception actuelle, la chambre aurait une capacité de 105 000 litres, sur lesquels 72 000 seraient surveillés par 3 caméras. Sept caméras au total seraient installées et deux groupes de trois, un pour la photographie des neutrinos, l'autre pour celle des particules chargées, pourraient fonctionner séparément. Un aimant supraconducteur produirait un champ de 40 KG dans le volume utile.

Si les crédits demandés pour la construction sont accordés en juillet 1970, l'étude technique détaillée pourra démarrer, le but étant d'achever la construction vers la fin de 1973, époque à laquelle on compte aussi amener l'accélérateur à l'intensité maximum prévue soit 5×10^{13} protons par impulsion. Le devis provisoire se chiffre à 17 millions de dollars y compris 4 millions \$ pour le deutérium.

On ne compte pas arrêter l'étude technique de la ligne du faisceau de neutrinos elle-même avant 1970. Dans sa conception actuelle, la ligne du faisceau doit avoir une longueur de 2,5 km y compris les éléments de focalisation pour les parents de neutrinos (mésons π et K) dont 600 m sont constitués par de la terre destinée à filtrer les neutrinos. Un écran d'une telle longueur provoquera une chute considérable de l'intensité du faisceau de neutrinos (par perte des particules émises sous de grands angles, à des énergies inférieures à 4 GeV), mais l'utilisation de la terre permettra de faire une économie de 2 M \$ en comparaison avec un blindage en fer, en raison de la simplification qui en résulte pour la construction. Quand la chambre à bulles sera installée derrière

1. Point d'injection
2. Miroirs magnétiques qui renvoient les ions de manière répétée à travers l'accélérateur.
3. Solides qui arrachent des électrons aux ions pour augmenter leur charge pendant la phase d'accélération (pour rendre le schéma plus clair, la position des solides a été intentionnellement modifiée).
4. Borne « gazeuse » à haute tension qui réduit la charge des ions pendant la phase de décélération.

le blindage, un faisceau de particules chargées l'alimentera également.

Les divers éléments de l'installation destinés aux expériences sur les neutrinos sont étudiés de façon à pouvoir être utilisés plus tard, quand l'accélérateur produira un faisceau de 400 ou 500 GeV, au prix de modifications peu onéreuses. Il est prévu de commencer les expériences de physique sur les neutrinos dès que l'accélérateur produira des faisceaux en juillet 1972. On débutera par des expériences avec compteurs et ensuite on utilisera une chambre à bulles de 25 pieds (7,7 m) qui entrera en service à la fin de 1973.

Dernière heure : le projet de budget pour l'exercice 69/70 soumis au Congrès par le président Johnson comprend 102 M \$ pour le NAL (laboratoire du 200 GeV) soit la totalité des crédits requis par les physiciens pour l'année (env. 40 % du coût total de la machine).

Serpukhov Etude des neutrinos

Une série d'expériences sur les neutrinos est également en préparation pour l'accélérateur le plus puissant actuellement en service : le synchrotron à protons de 76 GeV de Serpukhov en URSS. Un grand ensemble de chambres à étincelles et une chambre à bulles à liquides lourds seront utilisés.

Une galerie de 360 m de long et 24 m de large en cours de construction reliera l'immense hall d'expérimentation que traverse la machine à l'endroit où deux chambres à bulles (« Mirabelle », une chambre à hydrogène construite en France et « SKAT », une chambre à liquides lourds construite en URSS) seront installées. Pour les expériences sur les neutrinos, la galerie abritera le faisceau

éjecté de protons, la cible, le dispositif de focalisation, le parcours de désintégration des neutrinos-parents et 50 m de blindage d'acier filtrant les neutrinos. Les chambres à étincelles sont placées devant la chambre à bulles à liquides lourds distante de 200 m de la cible.

Pour les expériences sur les neutrinos il est prévu de remplir SKAT (qui mesure 4,5 m x 1,5 m x 1,1 m) avec du fréon. Au total, un million de photographies seront prises à raison de 6 000 événements neutrinos par jour, l'intensité de l'accélérateur étant de 10^{13} protons par impulsion.

Les expériences porteront plus particulièrement sur la recherche du boson intermédiaire (jusqu'à 4 GeV dans SKAT et 6 GeV avec les chambres à étincelles), les mesures de la section efficace totale (jusqu'à 20 GeV dans SKAT et 50 GeV avec les chambres à étincelles) et les mesures de la section efficace élastique (jusqu'à 10 GeV dans SKAT et 20 GeV avec les chambres à étincelles).

Heidelberg Nouvelle technique d'accélération

Les travaux effectués sous la direction de G. Hortig (particulièrement à l'Institut Max Planck à Heidelberg, à l'Université de Fribourg, ainsi qu'au CISE, à Karlsruhe et Dubna) ont donné jour à une nouvelle technique d'accélération des ions lourds. Basée sur la variation de la charge moyenne portée par un ion lourd selon la densité du milieu qu'il traverse. Cette technique implique un va-et-vient des ions lourds à travers le même système qui augmente leur énergie à chaque passage. Un tel accélérateur coûterait relativement peu et permettrait par exemple d'accélérer

L'accélérateur linéaire du Laboratoire John H. Williams, (Université du Minnesota) vient de fermer ses portes à l'issue d'une existence de 14 ans. (Fig. 2)
(Photo Minnesota)

des ions d'uranium jusqu'à 3 GeV. La nouvelle technique a été exposée par Hortig à la première Conférence nationale soviétique sur les accélérateurs, tenue à Moscou du 8 au 17 octobre 1968.

Le principe fondamental, très simple, est décrit ci-après, mais les problèmes posés par la conservation d'un faisceau focalisé d'ions que l'on renvoie de manière répétée à travers des zones d'ionisation solides et gazeuses sont loin de l'être. Des études intensives ont toutefois été faites et on a constaté que les effets tels que la diffusion multiple peuvent être corrigés par une conception adéquate de l'optique des ions. Des systèmes de lentilles achromatiques comprenant des miroirs magnétiques et plusieurs doublets quadripolaires de focalisation, ont été élaborés. Comme on le verra plus loin, le processus est essentiellement aléatoire et on utilise des programmes Monte-Carlo pour étudier la diffusion et l'échange de charge. La technique repose sur la propriété suivante : les ions traversant la matière perdent et recueillent des électrons et il a été constaté en 1949 par N.O. Lassen que la charge moyenne portée par un ion lourd dépend de la densité du milieu traversé. Par exemple, la charge d'équilibre moyenne d'un ion d'uranium dans les solides est environ deux fois plus élevée que dans les gaz. (Le terme « équilibre » se réfère ici au fait qu'il faut une certaine épaisseur de matière pour atteindre une valeur moyenne stable — ces valeurs d'équilibre ne sont pas indispensables au fonctionnement de l'accélérateur). Par ailleurs, la charge moyenne est fonction de la vitesse de l'ion et la charge effectivement portée est très proche de la valeur moyenne.

Ceci étant posé, on peut accélérer les ions lourds d'une extrémité à l'autre d'un accélérateur en tandem avec des zones d'ionisation solides et gazeuses comme

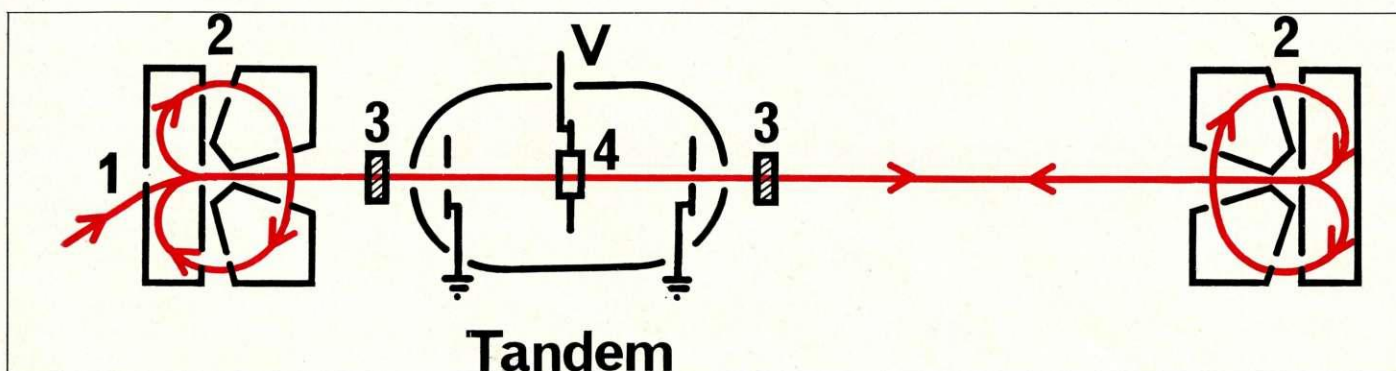


Fig. 1

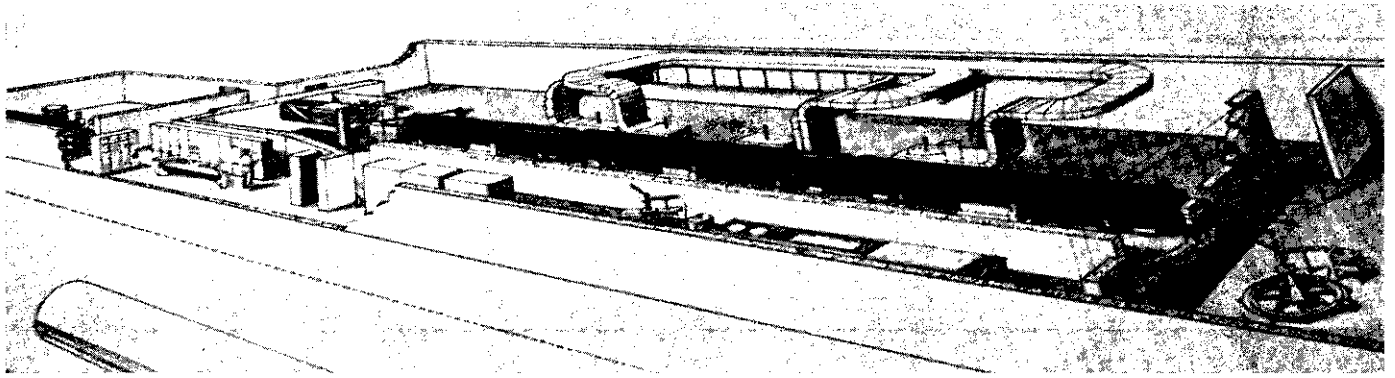


Fig. 2

indiqué schématiquement sur le diagramme. Le faisceau d'ions qui est au potentiel de la masse traverse un solide dont il émerge avec une charge moyenne élevée, $\bar{q}$ solide, puis est accéléré vers une borne centrale, de tension négative très élevée V , acquérant l'énergie eV ($\bar{q}$ solide). Le faisceau traverse ensuite un gaz et la charge moyenne tombe à ($\bar{q}$ gaz). Dans la deuxième partie du tandem il subit une décélération perdant l'énergie eV ($\bar{q}$ gaz). Le gain total en énergie est alors de

$$eV (\bar{q} \text{ solide} - \bar{q} \text{ gaz})$$

Ce gain d'énergie est limité à environ 20 MeV et pour atteindre les énergies de quelques GeV nécessaires pour les recherches, il est évident que le cycle doit être répété plusieurs fois. La construction d'une série de tandems en ligne n'étant guère réalisable, deux miroirs magnétiques sont en conséquence nécessaires pour renvoyer le faisceau à travers le tandem — un de chaque côté comme indiqué sur le schéma.

Ces miroirs magnétiques de même que le système de focalisation du faisceau doivent être « achromatiques » du fait qu'on travaille avec des ions dont la charge et, en conséquence l'énergie sont distribuées autour d'une valeur moyenne. Ils doivent également faire face à une gamme d'énergie allant de l'injection à la valeur finale. Ils fonctionneront en continu. De même qu'une lentille optique achromatique amène un faisceau lumineux à son foyer quelle que soit sa longueur d'onde, ainsi la lentille magnétique achromatique ramène les particules à leur point de départ quelle que soit leur énergie. Grâce à l'optique achromatique des ions il sera possible de conserver le faisceau d'ions en dépit de la distribution de charge et d'énergie. (Un effet de focalisation additionnel peut être obtenu par le processus d'échange de charge.)

L'accélérateur fonctionnerait de manière continue et ne nécessiterait pas d'éléments pulsés. Le système de haute tension et tous les aimants fonctionneraient en régime continu.

Jusqu'ici les travaux relatifs à la mise au point de la nouvelle technique ont été plutôt dispersés et le moment est venu maintenant de les centraliser. On estime qu'il faudra encore trois années de recherches, comportant une dépense de près de 2 million de DM, avant de pouvoir entreprendre la construction d'un accélérateur dont le coût serait de l'ordre de 20 millions de DM.

Minnesota Fermeture du PLA

L'accélérateur linéaire à protons (PLA) de 68 MeV du Laboratoire John H. Williams de l'Université de Minnesota, USA, a été définitivement arrêté au mois de janvier après quatorze années d'exploitation. Pendant de nombreuses années cet accélérateur fut un instrument de recherche pratiquement unique (le seul équivalent étant le PLA du Laboratoire de Rutherford qui doit lui aussi être arrêté dans six mois) ; toutefois, ce type de machine se trouve maintenant remplacé par le cyclotron à focalisation par secteur capable d'effectuer plus efficacement les recherches pour lesquels le PLA avait été conçu.

Etude technique et performances de la machine

Lorsqu'on se fut rendu compte que l'accélérateur linéaire de protons de 32 MeV construit à Berkeley en 1948 et inspiré d'une nouvelle idée de L. Alvarez, donnait satisfaction, il sembla possible d'obtenir des énergies beaucoup plus élevées avec des machines linéaires en utilisant plusieurs cavités en série du type Alvarez. J. H. Williams de l'Université de Minnesota cherchait alors à obtenir des énergies bien supérieures à celles qu'il pouvait atteindre avec son Van de Graaff de 4 MeV afin d'étendre ses recherches de physique nucléaire.

Il obtint l'appui de la Commission de l'Energie Atomique des Etats-Unis et de l'Etat du Minnesota pour la construction d'un accélérateur linéaire à protons chargé de fournir une énergie d'environ 60 MeV.

Les études techniques commencèrent en juillet 1949 et la construction proprement dite en 1951. Plusieurs caractéristiques, dont certaines sont actuellement utilisées de façon courante sur les injecteurs linéaires des grands synchrotrons, furent mises à l'essai pour la première fois sur l'accélérateur de Minnesota. Une de ces caractéristiques était celle de l'énergie d'injection, c'est-à-dire l'énergie à laquelle les protons sont injectés dans la première cavité résonante. Alvarez avait utilisé un Van de Graaff horizontal de 4 MeV, l'une des raisons du choix de cette énergie d'injection élevée étant que les particules devaient passer au travers de minces feuilles d'aluminium qui provoquent une dispersion excessive des particules de faible énergie. Pour établir les champs de focalisation qui doivent régner le long de

l'accélérateur, l'ouverture de chacun des tubes de glissement était recouverte d'une mince feuille métallique.

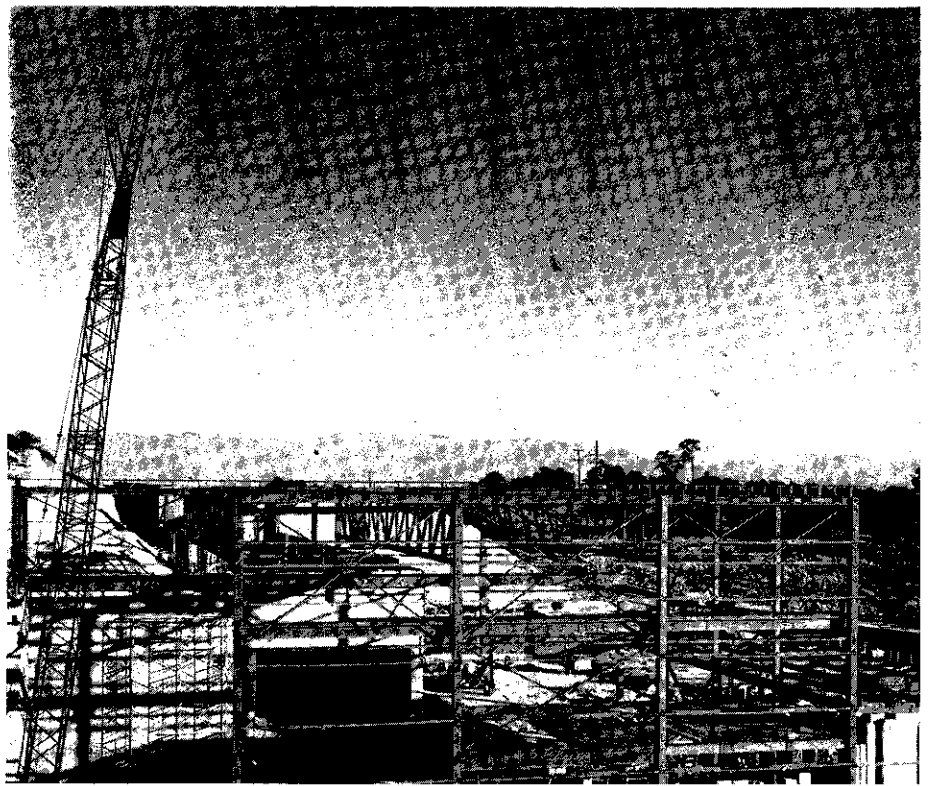
A l'époque où le modèle de Williams prenait forme, on préférait les grilles en tungstène aux feuilles métalliques et on pouvait accepter une énergie d'injection moins élevée. (On remarquera que les nouveaux accélérateurs linéaires à protons utilisés avec les synchrotrons ne font appel ni à des feuilles métalliques ni à des grilles. La focalisation est assurée par des lentilles magnétiques quadrupolaires montées à l'intérieur des tubes de glissement. Les lentilles quadrupolaires ont été mises au point en 1952). Comme énergie d'injection on a choisi celle de 500 keV qui est suffisamment élevée pour éviter d'avoir des ennuis avec la conception des tubes de glissement à l'extrémité basse énergie de la machine et suffisamment basse pour éviter d'avoir une enceinte sous pression pour l'injecteur, enceinte qui posait un problème d'entretien sur la machine d'Alvarez.

A la même époque était également en cours l'étude technique du Bévatron de 6 GeV pour lequel Williams adopta en premier stade une énergie d'injection de 10 MeV. (Cette énergie fut ensuite portée à 20 MeV). Il en résulta une étude conjointe et les éléments furent fabriqués en double pour les deux machines. (Par la suite le même modèle de tube de glissement fut adopté pour le premier stade de l'injecteur du PS du CERN et à Rutherford).

La cavité dans la machine d'Alvarez faisait 12 m de long ; on en demanda deux autres au même fabricant pour servir de deuxième et troisième tronçons de la machine de Minnesota ; l'accélérateur linéaire formait ainsi un ensemble à trois cavités dont les énergies à l'extrémité de chacun des trois tronçons étaient respectivement de 10 MeV, 40 MeV et 68 MeV.

Ce type d'accélérateur à trois cavités exigeait une parfaite synchronisation entre les champs accélérateurs des différentes cavités. Il fut décidé d'alimenter chacune des cavités à partir d'un amplificateur de puissance et d'alimenter à leur tour ces trois amplificateurs à partir d'une alimentation commune. A cette époque, il était très difficile de choisir les lampes amplificatrices ; la machine d'Alvarez avait eu un taux de pannes élevé avec 100 lampes et ce n'était pas une idée heureuse que d'en avoir maintenant près de 250. La puissance de sortie maximale requise était de 4 MW à 202,55 MHz avec une durée d'impulsion

A Los Alamos, la construction de l'accélérateur linéaire de protons de 800 MeV bat son plein. Le bâtiment abritant l'injecteur et la haute fréquence (201,25 MHz) commence à prendre forme. L'accélérateur d'une longueur totale de 850 m s'oriente vers la chaîne de montagnes 'Sangre de Cristo' visible à l'arrière-plan de la photo. (Photo Los Alamos)



de 300 μ s et un taux de répétition de 60 Hz. La société Collins Radio Corporation proposa un système reposant sur l'expérience qu'elle avait acquise avec les resonatrons de 50 kW utilisés pendant la guerre pour brouiller le radar. Après de nombreuses modifications, ce système donna entière satisfaction et on fit marcher un resonatron à environ 600 kW pendant plus de 12 000 heures.

Des faisceaux de protons furent accélérés pour la première fois à 10 MeV en 1954 et à 40 et 68 MeV en 1955. Les recherches avec la machine commencèrent dès qu'il fut possible de disposer de faisceaux de 10 MeV. Depuis, l'accélérateur a été exploité sur la base d'un programme de 160 heures et ces dernières années le pourcentage des heures programmées perdues pour cause de panne a été d'environ 12 %. La plus grande partie des expériences a été effectuée à 40 MeV; le reste l'a été à 68 et à 10 MeV.

Il n'a pas été possible de procéder à de grosses améliorations (par exemple remplacer les grilles par des quadrupôles afin d'augmenter considérablement l'intensité du faisceau accéléré, comme on l'avait fait dans la première cavité de l'injecteur du CERN) mais toute une série de petites améliorations furent réalisées, dont la plus intéressante consista en 1960 à ajouter une source de protons polarisés; une version améliorée fournissant environ 10^7 protons/s à 40 MeV avec une polarisation de 55 % fut mise en service en 1966.

Programme de recherche

Les travaux les plus importants furent la série d'expériences exécutées sous la direction de L.H. Johnston et visant à étudier avec précision la diffusion proton-proton de 10 à 68 MeV, les nombreuses études sur la polarisation et sur la section efficace de diffusion élastique réalisées surtout par J.H. Williams, N.M. Hintz, R.M. Eisberg, G.W. Greenlees et les travaux effectués sous la direction de N.M. Hintz relatifs à la diffusion inélastique et au transfert à une et à deux particules.

Peu après avoir obtenu un faisceau de 10 MeV, Williams et ses étudiants commencèrent un programme d'études sur la diffusion élastique proton-noyau en se servant d'une caméra à plusieurs plaques construite à l'origine à Los Alamos par Williams et par d'autres physiciens. C'est dans le cadre de ce programme que furent exécutées de très nombreuses recherches sur le modèle optique, recher-

ches qui se poursuivirent jusqu'aux derniers jours de l'accélérateur.

C'est Williams qui reconnut au milieu des années 40 que les nucléons dans la gamme allant jusqu'à 68 MeV avaient une longueur d'onde de de Broglie telle que les distributions angulaires de la diffusion élastique sont très sensibles à la dimension et à la forme du noyau. La première grande étude d'ensemble sur la diffusion élastique à 9,8 MeV fut réalisée par Hintz. L'analyse de cette étude fut effectuée par A.E. Glassgold et d'autres physiciens; elle montra clairement, pour la première fois, que les données de précision moyenne relatives à la diffusion élastique ne peuvent pas déterminer séparément le rayon et la profondeur du potentiel optique mais ne font que fixer un certain produit, par ex. VR^n . Par la suite, des études plus précises (l'une des premières études d'ensemble de la diffusion élastique sur les cibles isotopiques séparées) et des études de polarisation, suivies d'une importante série d'expériences de diffusion et de l'analyse du modèle optique reformulé, firent du Laboratoire de Williams l'un des grands centres qui ont contribué à l'étude du noyau et des distributions possibles.

La majorité des études les plus précises sur la diffusion élastique et sur la polarisation effectuées à ce jour dans la gamme de 10 à 40 MeV ont été achevées au cours des deux dernières années et elles sont à l'impression ou à l'analyse. La conclusion la plus importante que l'on peut retirer de l'étude du modèle optique reformulé est que les données relatives à la diffusion élastique et à la polarisation ne déterminent que la moyenne quadratique du rayon de la distribution de la matière nucléaire et non V , R et a (état diffus) séparément. Les études effectuées montrent sans ambiguïté qu'il existe sur les nucléons une couche superficielle de

neutrons d'environ 0,7 f pour les noyaux lourds.

C'est également au cours des premières années d'exploitation de la machine que Johnston commença un programme de mesures de précision de la diffusion p-p à 10, 40 et 68 MeV et à des énergies intermédiaires. L'objectif poursuivi était d'obtenir des indications sur la diffusion p-p avec une précision atteinte jusqu'alors seulement avec des énergies Van de Graaff bien moins importantes (environ $\pm 1\%$ absolu) et avec une précision bien meilleure que celle obtenue d'habitude avec des énergies supérieures à 100 MeV (environ 10 %). Les travaux de Johnston et de ses collaborateurs font toujours autorité dans cette gamme d'énergie et dans toute nouvelle analyse importante des données relatives à la diffusion nucléon-nucléon on ne manque pas de s'y reporter.

Les travaux de la plus grande importance sur les réactions nucléaires et sur la spectroscopie nucléaire furent ceux portant sur les sections efficaces totales des réactions avec protons; c'est dans ce domaine que furent mises au point pour la première fois les techniques d'atténuation et que l'on découvrit l'existence de rayons potentiels imaginaires plus grands que les rayons réels ainsi que l'existence de diffusion inélastique et de réactions de captage à deux neutrons.

Une nouvelle et importante série de travaux commença en 1962 sur les réactions (p, t). Il s'agissait là de la première étude systématique qui établissait un rapport entre les amplitudes de captage à deux neutrons et la structure nucléaire et qui illustrait la puissance de la réaction afin de déterminer des corrélations à deux neutrons (ou mélange de configuration) dans les fonctions d'onde nucléaire. Les études de transfert à deux particules entrent maintenant pour une grande part dans le programme de recher-

che d'un certain nombre de grands laboratoires.

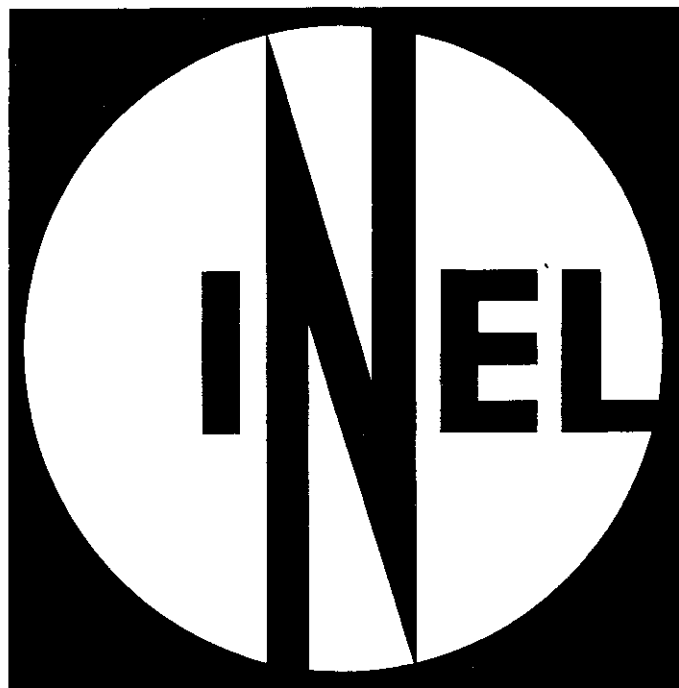
J.H. Williams est mort en 1966 après plus de 30 années d'enseignement et de recherches à l'Université. Il avait inspiré toute la construction de la machine ainsi que le développement du programme de recherche. Le laboratoire, rebaptisé de son nom, devint le laboratoire de Physique Nucléaire John H. Williams. L'un des plus beaux tributs que l'on peut peut-être payer à la machine qu'il construisit et au Laboratoire qui se forma autour de cette machine est de noter que 29 étudiants ont obtenu leur doctorat grâce à des travaux effectués sur l'accélérateur de Minnesota de 1954 à 1968.

Los Alamos Construction du LAMPF

Avec l'affectation en octobre 1968 par le Bureau du budget d'un montant de 26 millions \$ destiné à la construction, le projet LAMPF (Los Alamos Meson Physics Facility) a pris un nouvel essor. (Pour les principaux paramètres de cet accélérateur linéaire de protons, voir COURRIER CERN vol. 8, page 132). A ce jour, des crédits totalisant 33 M \$ ont déjà été attribués, soit plus de la moitié du devis établi en 1964 (55 M \$). Malgré les nombreuses techniques nouvelles utilisées, ce devis reste valable et le groupe chargé de la construction prévoit toujours la fin des travaux pour le milieu de 1972.

Le bâtiment destiné aux essais d'équipements est achevé, celui de l'injecteur de 750 keV est bien avancé et les contrats relatifs au bâtiment des laboratoires et bureaux ainsi qu'au tunnel principal ont été adjugés.

La construction des guides d'ondes (basés sur le principe nouveau des cavités latérales couplées) a commencé avec l'adjudication du contrat relatif aux pièces forgées en cuivre destinées au premier cinquième de l'ensemble. Les plans des autres parties de la machine sont en voie d'achèvement.



4^e Salon international de l'électronique industrielle

Bâle/Suisse
4-8 mars 1969

440 exposants présentent
toute l'électronique de
700 fabricants de 17 pays

Chaîne de production
montrant la fabrication de
composants électroniques

Heures d'ouverture: 9-18 h

Renseignements et catalogue:

Secrétariat INEL
CH-4000 Bâle 21/Suisse
Téléphone 061.32.38.50
Télex 62685 fairs ch

Quoi de neuf
sur la nouvelle
génération
d'analyseurs
multicanaux
DIDAC ?

Voici
le codeur
d'amplitude
C44
100MHz

- Résolution 8000 canaux
- Linéarité différentielle : 0,75 %
- Linéarité intégrale : 0,075 %
- Temps de montée
des impulsions : 0,2 à 8 μ s
- Couplage continu ou alternatif

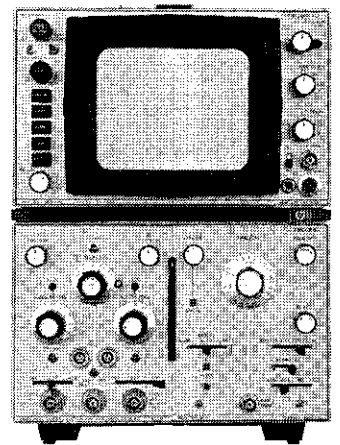
INTERTECHNIQUE

SERVICE B16 - 78 - PLAISIR - FRANCE
Tél. 951-01-20 Télex INTERTEC 25 942 F

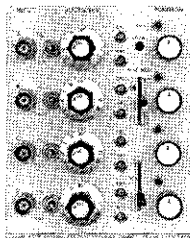
Distributeurs dans le monde entier



Here are 2 more good reasons for buying your next high frequency scope from Hewlett-Packard



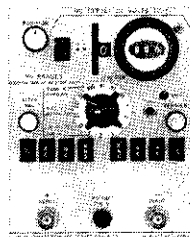
1.



4-channel capability

With the 1804A plug-in you may compare up to four signals simultaneously. Trigger each channel independently, or trigger all from any one. Each channel features dc to 50 MHz bandwidth, 20 mV/div sensitivity, 7ns rise time. Price \$975.*

2.



Differential/DC Offset Amplifier

The 1803A plug-in generates a very stable, precise dc voltage (four-digit resolution) for comparison with the input signal. The dc offset feature permits you to display any part of an expanded input signal thus allowing an extremely accurate measurement. Interlock controls prevent unwanted offset changes as sensitivity is changed.

As a differential amplifier, your unwanted common-mode signal may be reduced by a factor of 20,000 to 1, leaving a clear presentation of the differential signal... Common-mode signals up to 10 V may be applied on the most sensitive deflection range (.001 V/div). Price \$950.*

Other plug-ins now available: 1801A Dual-Channel Amplifier \$650*, 1820A Time Base \$475*, 1821A Time Base and Delay Generator \$800*... and there are still more to come. This plug-in versatility is only one feature of the 50 MHz scopes from HP. The 180A and 181A both have 8 x 10 cm screens with parallax-free internal graticule. They are lightweight, compact, and quiet. The 181A offers variable persistence and display storage. Contact your HP sales office for more information.

* Fob factory

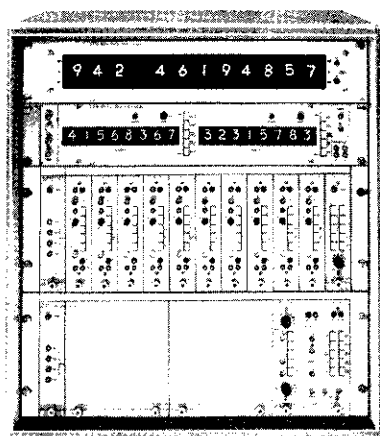
European headquarters:
Hewlett-Packard S.A.
Rue du Bois-du-Lan 7
1217 Meyrin-Geneva
Tel. (022) 41 54 00

28 sales and
service offices
throughout Europe

HEWLETT  PACKARD

à chaque problème
de comptage...

...une solution spécifique



SYSTÈME 300

Système modulaire universel pour les expériences nucléaires et la physique des hautes énergies.

Gamme étendue d'échelles avec ou sans affichage – 50 et 100 Mhz.

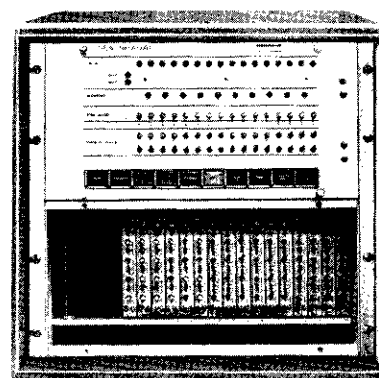
Entièrement réalisé en circuits intégrés ECL et TTL.

SYSTÈME SPADAC

Système d'acquisition de données pour les hodoscopes et les chambres à étincelles et, en général, les expériences nécessitant un grand nombre d'échelles. Destiné essentiellement au couplage en ligne sur ordinateur.

Logique de rejection des événements intéressants. Test automatique de l'ensemble par l'ordinateur.

Entièrement réalisé en circuits intégrés TTL.



pour tous les systèmes...

SEN

ELECTRONIQUE

...vous offre le plus grand choix de moyens d'enregistrement,
de stockage et de transfert des données.

Représentants dans tous les pays.

31, av. Ernest-Pictet
1211 GENEVE 13
Suisse
Tél. (022) 44 29 40

We've done some deep thinking on detectors



— **25 mm deep, in fact.** We call it the Transverse Field Silicon Detector. It sweeps out in 16nS with 700 volts bias. It has a sub-micron window and is available with areas up to 200 mm². It gives resolutions to 5 Kev FWHM for 970 Kev electrons. It can stop 80 Mev protons, 200 Mev alphas or 10 Mev electrons. The Transverse Field Silicon Detector is in regular production at Simtec Ltd. Write or call for a demonstration and buy yourself some deep satisfaction.

 **simtec ltd.**

3400 Metropolitan Blvd. East, Montreal 38, Canada
Telephone (505) 728-4527

High Energy and Nuclear Equipment S.A., 2, chemin de Tavernay, Grand-Saconnex,
1218 Geneva, Switzerland - Tel. (022) 34 17 07/5
& Castellana Hilton, Madrid - Tel. 257.22.00

✓ check these latest innovations from LRS

Staying abreast of latest technological developments is no easy task. Particularly in a frontier-probing discipline like nuclear research. Here, instrumentation developers, like the researchers they serve, are constantly probing the threshold of the state of the art. And new instrument breakthroughs come rapidly. □ If you have not heard about these latest instrument innovations from LRS, take just a moment to update your thinking. If you are interested in detailed technical information, simply check the appropriate boxes . . . clip page to your card or letterhead . . . and mail back to LRS today.

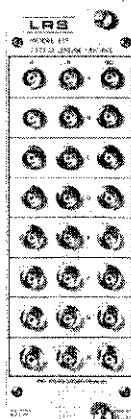
the newest of the new:



Model 143B GATED DIGITIZER

Generates pulse train of length proportional to amplitude or area of nanosecond input pulse. Compatible with all scalers.

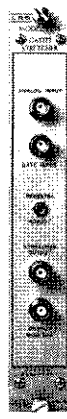
Input Full Scale: -1 volt (Peak Mode); -7.5 volt-nanoseconds or equivalent pulse area (Area Mode). **Linear Gate:** Normally off; 3 ns opening and closing times. **Clock:** Crystal controlled. **Outputs:** Fast logic outputs: -750 mV; slow logic output: +4 volts into 50Ω.



Model 225 8-CHANNEL 2-FOLD FAN-IN

Linearly mixes two input signals at rates to 200 MHz at each of 8 inputs. No duty cycle limitations. Outputs are direct coupled current sources providing a gain of 1.0 over dynamic range.

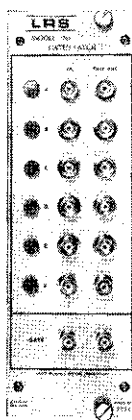
Inputs: Two per channel, direct coupled. **Linear Range:** +100 mV to -1.5 volts. **Outputs:** One per channel; 1.0 ns rise and fall time. Gain: Input to output, 1.0 into 50Ω.



Model 124S GATED PULSE STRETCHER

Provides fast efficient pulse stretching for adapting nanosecond pulses for use with MCA. Built-in linear gate. Output proportional to area of input.

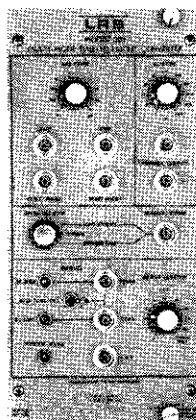
Input Full Scale: -500 mV for 5 ns or equivalent. **Linear Gate:** Normally closed, -600 mV opens. **Full Scale Output:** +10 volts into high impedance; +5 volts into 50Ω. **Output Characteristics:** Risettime 100 ns; fall times, switch selected, time constants 1 and 3 μs. **Nonlinearity:** <1% integral.



Model 170 6-CHANNEL GATED LATCH

Six independent latch circuits store slow logic voltage level indicating coincidence events between channel input and common gate input. Separate fast logic outputs permit additional immediate use of coincidence information in logic system.

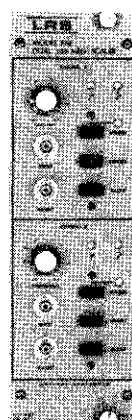
Inputs: 6 plus common gate; 2 paralleled BNC connectors permit reuse of gate signal. **Buffer Register Outputs:** 0 and +4 volts; duration same as readout strobe; via rear connector. **Fast Logic Outputs:** One per channel; -16 mA during output; duration internally adjustable from 10-1000 ns.



Model 208 MULTI-MODE TIME-TO-HEIGHT CONVERTER

Measures time intervals from 50 ns to 50 μs (50 ms optional). The THREE operating modes offer long-term data storage (Analog Storage mode), sequential time measurements (Multiple Stop Mode), and a prompt readout (Normal Mode).

Inputs: Start, Stop, Inhibit, Output Command; all DC coupled. **Time Ranges:** 10, 50 ns to 50 μs. **Outputs:** +10 volts for analyzers, ±1 volt into 50Ω for ADC's; separate duration and deadtime controls. **Control Outputs:** Complementary, 0 and +4 volts, for routing signals or tape control.



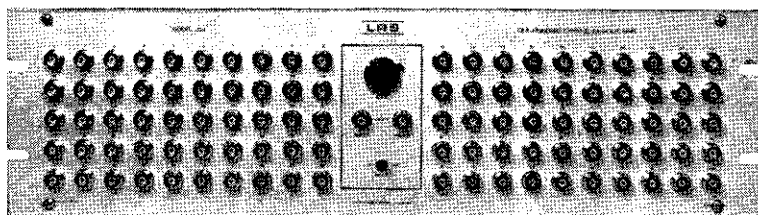
Model 520 DUAL 100 MHz SYSTEM SCALER

Designed for system applications, this compact AEC module uses centralized nixie display to reduce system size and cost. Counting in binary, with octal readout (decimal too, if desired). Model 520 is directly compatible with magnetic tape units and on-line computers.

Input: Built in discriminators; threshold variable from -250 to 2.5 volts; 50Ω impedance. **Fast Inhibit:** 3 ns opening and closing time. **Double Pulse Resolution:** 10 ns. **Capacity:** 24 bits (1.7 x 10⁷ in decimal). **Controls:** Inhibit/enable, clear, strobe and threshold.

Model 224 — 100-CHANNEL FAN-OUT

Rack-mounting, line-powered fan-out delivers one hundred simultaneous fast logic pulses into separate 50Ω loads. Output duration slaved to input duration or variable, 500 ns to 5 μs. Excellent system blanking pulse generator.



LRS

LeCROY RESEARCH SYSTEMS CORPORATION

Rte. 303, W. Nyack, N.Y. 10994 • (914) 358-7900

INNOVATORS IN INSTRUMENTATION



The HIDAC system is applicable to spark chambers, hodoscopes, spectrometers and time-of-flight measurements. The system is kept up to date with the passage of time by the continual introduction of new modules to help automate and expand your equipment.

HIDAC now includes the Analogue-to-Digital Converter 954



HIDAC
means easy
and reliable
high speed
data
acquisition!

The ADC 954 has been specially developed for the analysis of pulse height information as well as pulse width in time of flight measurements. By virtue of its fast input stretcher, it may be used from the nanosecond range up to dc levels. Input charge can be selected in five ranges from 70 to 1400 pC corresponding to 700 mV NIM pulses of 5, 10, 20, 50 and 100 ns. The input stretcher has a resolution of 5 ps and its output can be monitored with an oscilloscope at the slow input. The slow input accepts pulses from 400 ns length up to dc levels. All circuitry is dc-coupled throughout enabling measurements in many other fields to be also undertaken. Gain is controllable over 0 to 100% and the input impedance is 5 kohms in the 50 mV range and 100 kohms in the 1 V range. Conversion rate is 100 MHz and conversion gain is 64, 128, 256, 512 or 1024 channels. The unit is housed in a double width AEC/NIM module.

The HIDAC Data Acquisition System is designed for collection of all data in experimental high and low energy nuclear physics. Many special units are available for particular applications, such as recording of data from spark chambers, Hodoscope-arrays, time-of-flight measurements, pulse-height information and counting-rates up to 100 MHz. This equipment was conceived from the many special units over the last few years, together with the latest requirements for ON-LINE control. Our programme does not only consist of a single component for the system, but we have a fully integrated range from spark chambers to interface of computers. We do not claim to have developed this system entirely ourselves, but with the help of our many customers it therefore covers most the requirements in the field.

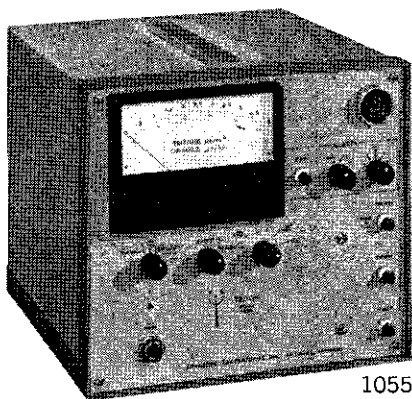
On the left one of the modules is introduced.

Great Britain: 35 High Street, Shoreham-by-Sea
Sussex BN4 5DD
Tel: Shoreham-by-Sea 5262 Telex: 87274
Germany: Verkaufsbüro München, Kaiserstrasse 10
8000 München 23
Tel: 34 80 16
France: Numelec, 2 Petite Place, 78-Versailles
Tel: 951-29-30

ELECTRONICS
borer-co

Switzerland: P. O. Box, 4500 Solothurn 2
Tel: (065) 4 88 21, Telex 34228

A "pretty good" radioactivity monitor is like a "pretty good" parachute. (It might do the job.)



1055 TRITON

Compromise sometimes seems inappropriate. So we build a line of radioactivity monitors as good as we can make them. They're expensive on a dollar basis. But they're cheap on an anxiety-minimizing basis. If you carry the responsibility for radioactivity monitoring, you'll appreciate the confidence that this equipment engenders.

Our TRITON systems monitor gamma radiation, tritium, argon-41, carbon-14, chlorine-36, fluorine-18, krypton-85, radon-222, sulfur-35, xenon-133, and xenon-135. They feature visual and audible alarms, reliable solid-state circuitry, high accuracy ($\pm 5\%$ of full scale), reproducibility of $\pm 2\%$, high sensitivity, and portability. The advanced design of the TRITONS also provides primary gamma compensation and insensitivity to cigarette smoke and airborne dust through the use of an electrostatic precipitator and an external submicron filter. Note that a calibrator (with enough tritium gas for 1000 or more calibrations) and a remote alarm (with both visual and audible systems) are also available.

1055 TRITON for portability—The newest TRITON. A very light (23 lbs.) battery-operated monitor whose size belies its sensitivity ($50 \mu\text{C}/\text{M}^3$, full scale). Features rechargeable nickel-cadmium batteries. The 1055 can be operated (and its batteries recharged) on standard line current. Has recorder output. Note: calibrator is available.

755C TRITON for everyday dependability—Dependable system suitable for rack-mounting which accurately monitors airborne tritium or ambient low-level gamma radiation or the other beta-emitting isotopes listed above. Excep-

tional stability and sensitivity ($100 \mu\text{C}/\text{M}^3$, full scale) also permit analytical applications. Note: calibrator and remote alarm are available for the 755C.

955 TRITON for exceptional sensitivity—High-sensitivity system with a greater sensitivity ($10 \mu\text{C}/\text{M}^3$, full scale) than the 755C. It is particularly suitable for monitoring the Maximum Permissible Concentration of tritium in air. Also has high sensitivity as a gamma area monitor (0.05 mR/hr full scale). Ideal when the monitoring of extremely small amounts of gaseous radioactive contamination is a necessity. Note: calibrator and remote alarm are available.

Radon Scintillation Counting System—This is a complete low-level radon system comprising a stable, low-background counter, a fully-transistorized electronic counting instrument, and a collection and transfer unit. This is a perfect system for measuring radon in air samples, human respiration, leakage from radium sources, and the effluent gases from water supplies or mines.

Now for more information—Please complete coupon below. Or call us at (301) 664-8400. Or write Johnston Laboratories, Inc., 3617 Woodland Avenue, Baltimore, Md. 21215. Please write Dept. 189R.

Dept. 189R. (Or phone: (301) 664-8400)
Johnston Laboratories, Inc.
3617 Woodland Avenue, Baltimore, Md. 21215

I am interested in the items checked below.

Please: ☐ call me ☐ visit me ☐ send more information.

☐ TRITON 1055 Monitor ☐ TRITON Calibrator
☐ TRITON 755C Monitor ☐ TRITON Remote alarm
☐ TRITON 955 Monitor ☐ Radon counting system

My application is: _____

Name _____

Title _____ Department _____

Organization _____

Address _____

Phone _____ zip code _____
area code number

Johnston Laboratories, Inc.



ORGANIC SCINTILLATORS

- * The most widely used general purpose plastic scintillator (NE102A)
- * The fastest plastic scintillators (NE111 and NE104)
- * The most transparent plastic scintillator (NE110)
- * The widest variety of geometries (sheets up to 3 x 2 metres)
- * Liquid Scintillators (all types)



* The large anticoincidence shield illustrated above is 1.7 metres diameter, 46 cm long and weighs 500 kg.

Meet your specific requirement from an unrivalled range by contacting



NUCLEAR ENTERPRISES LTD.,
Sighthill, Edinburgh 11. (Tel. 031-443 4060 Telex. 72333)

Associate Companies:

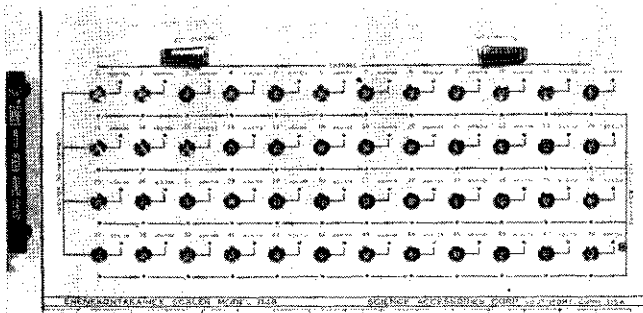
Nuclear Enterprises GmbH,
8 Munchen 80,
Perfallstr 4,
Tel : Munchen 443735.

Nuclear Enterprises Inc.,
935 Terminal Way,
San Carlos, California.
Tel : 415-593 1455

Swiss Agents : HIGH ENERGY AND NUCLEAR EQUIPMENT S.A.
2, CHEMIN DE TAVERNAY GRAND-SACONNEX
1218 GENEVA
Tel. (022) 34 17 07 / 34 17 05.

from SAC...

DATA ACQUISITION SYSTEMS FOR HIGH ENERGY PHYSICS

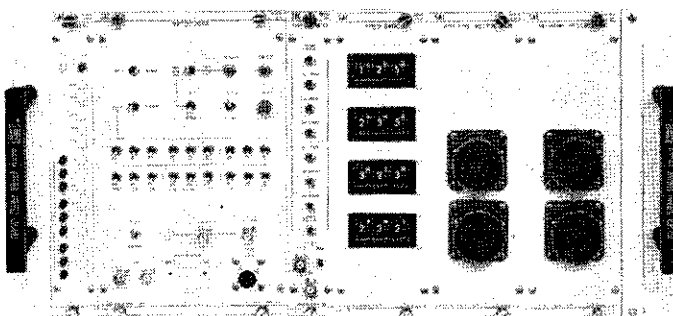
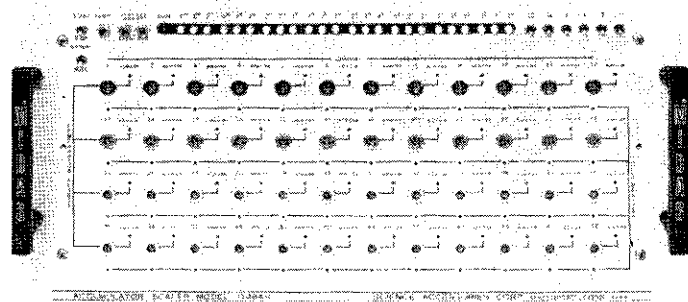


1148 DIGITAL SPARK CHAMBER SCALER UNIT

- Switch select any combination of scalers per unit—2/48, 4/24, 6/16, 8/12
- High adjacent pulse resolution with digital pulse center finder

1148 AS ACCUMULATION SCALER UNIT

- 48, 24 binary bit, 40 MHz scalers—positive and negative input
- Fully computer controllable—random access or sequential readout, individual group start and stop



1100/1200/1300 SERIES DATA ACQUISITION, CONTROL AND READOUT INTERFACE UNITS

- Digital multiplexing, scanning and output device interfaces ranging from typewriters to computers

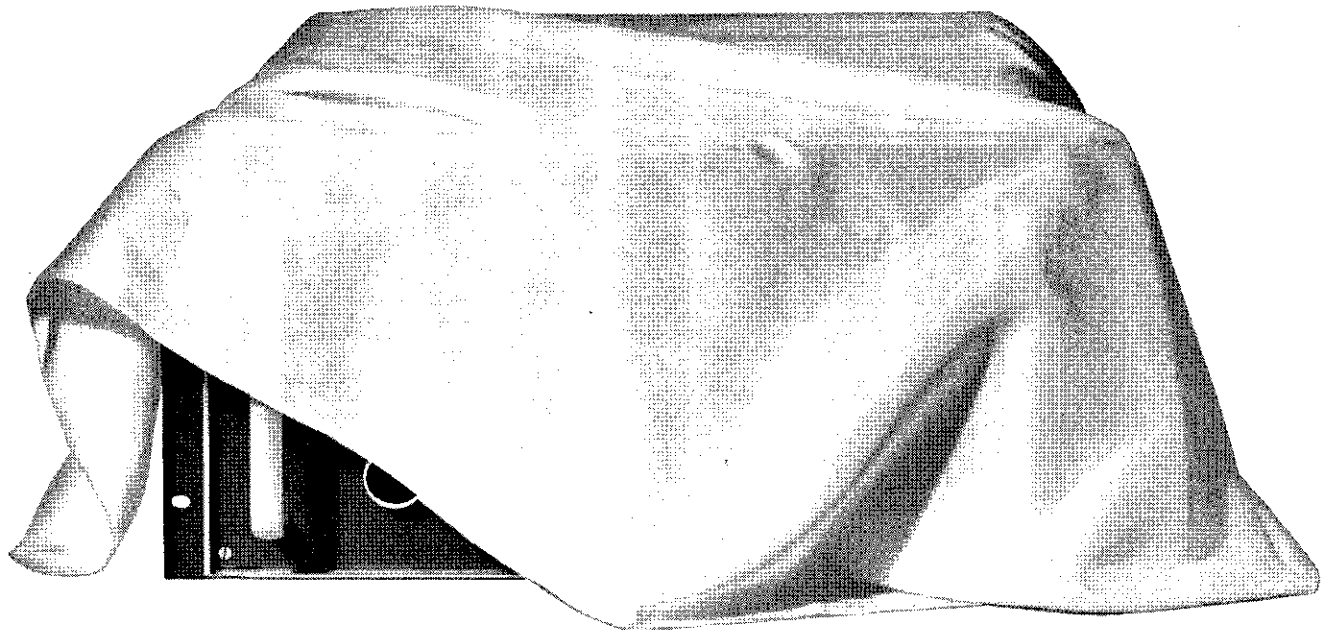
SAC

SCIENCE ACCESSORIES CORPORATION

65 STATION STREET / SOUTHPORT / CONNECTICUT / 06490 / USA / PHONE 203-255-1526

A SUBSIDIARY OF AMPEREX ELECTRONIC CORPORATION

Radical new concept in nuclear instrumentation.



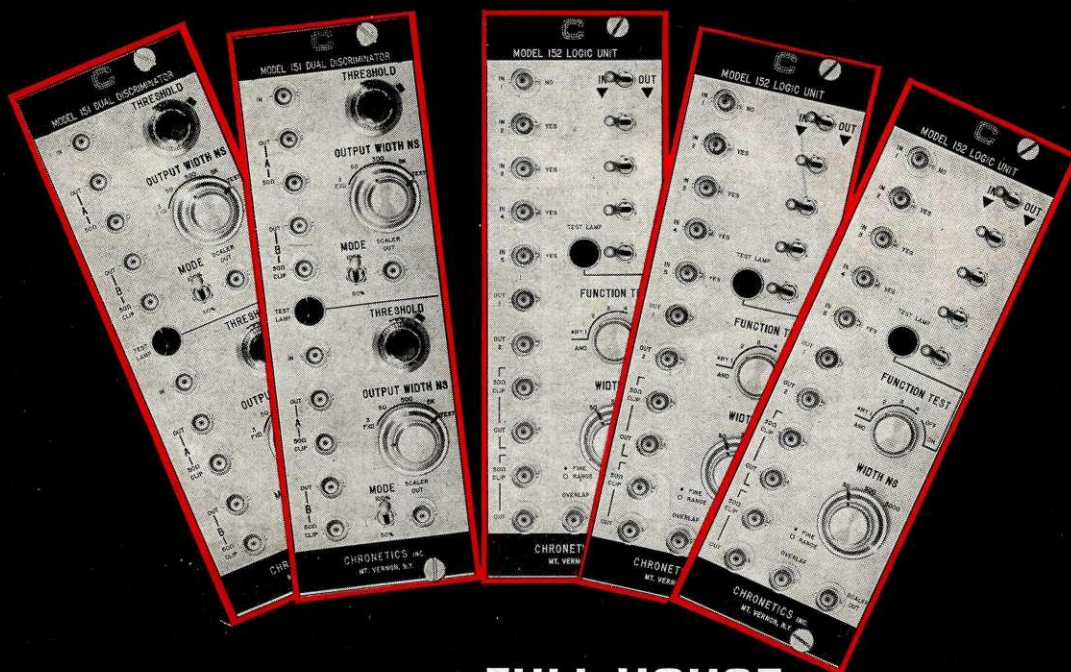
The first, effective, economic use of Integrated Circuits in nuclear instrumentation. We have defined a family of large-scale instruments which are useful in many classes of experiments involving time-correlated events. Designed to complement NIM modules, these instruments allow you to extend beyond what you could do before . . . even with enormous repetitive arrays of modules. The instruments are self-contained and characterized by a lower cost per logic function. The family name?

MACROLOGIC™

A new complete line of instruments that will enable you to plan experiments in ways you couldn't even

consider before. MACROLOGIC instruments are complete and self-contained, rack mounting, totally enclosed and shielded, and made with standard, unselected IC's. MACROLOGIC accepts and delivers NIM-standard fast logic signals and is conservatively rated at 50 MHz. The first instrument of this new family to be unveiled is the ML168 Matrix Coincidence™, an 8x16 array of 128 two-fold coincidence circuits. Next . . . a MACROLOGIC Discriminator and a MACROLOGIC Memory. For more on MACROLOGIC write or call: EG&G Inc., 40 Congress Street, Salem, Massachusetts 01970. Phone: 617-745-3200. TWX: 710-347-6741.





FULL HOUSE

We're raising the ante: Most modules of our splendid new NANOLOGIC 150, 200 MHz, AEC-compatible Counting System are now available **off the shelf**. We can ship from stock discriminators, logic units, amplifiers, linear adders, prescalers, fan-ins, fan-outs, linear gates, gates with stretcher/hold etc, etc, etc. Just about any logic function in a NIM package you care to mention. Call our full house and everybody wins.

Observe, by the way, that NANOLOGIC 150 is a completely new System — not a repackaging to meet TID-20893. A **new System. All new**. From the grounds up. All DC-coupled; normal or complementary outputs; output widths variable over a 1000:1 range. Much higher performance and greater operating flexibility. Care for a couple of examples?

Model 151, a dual, deadtimeless discriminator. Pulse inputs to better than 200 MHz with 50 mV sensitivity and a variable threshold, settable to 1% accuracy. Pulse pair resolution is better than 5 ns. One can switch-select updating, deadtime-

less or deadtime modes. Five DC-coupled outputs per section (two logic pairs and a scaler out); one logic pair can provide either the complement or the normal output. Output width continuously variable 5 ns to 5 μ s with a 3 ns fixed position. Doesn't sound like a repackaging, does it? It isn't.

Model 152 is to logic units what the 151 is to discriminators. MAJORITY, AND, OR, ANTI logic functions; all of them in one module. Coincidence resolving time better than 2 ns FWHM at 200 MHz. Any input (4 YES, 1 NO) can be switched in or out independently. Output width continuously variable over a full 1000:1 dynamic range and normal and/or complementary outputs. An overlap output is also provided.

We're not standing pat though. More new 150 modules are on the way. If you need counting/logic with the highest available performance, stability and quality call or write for technical literature or a demonstration.

Looking for a winning hand? Play these.



U.S.A.: 500 Nuber Avenue, Mt. Vernon, New York (914) 699-4400 TWX 710 560 0014
Europe: 39 Rue Rothschild, Geneva, Switzerland (022) 31 81 80 TELEX 22266