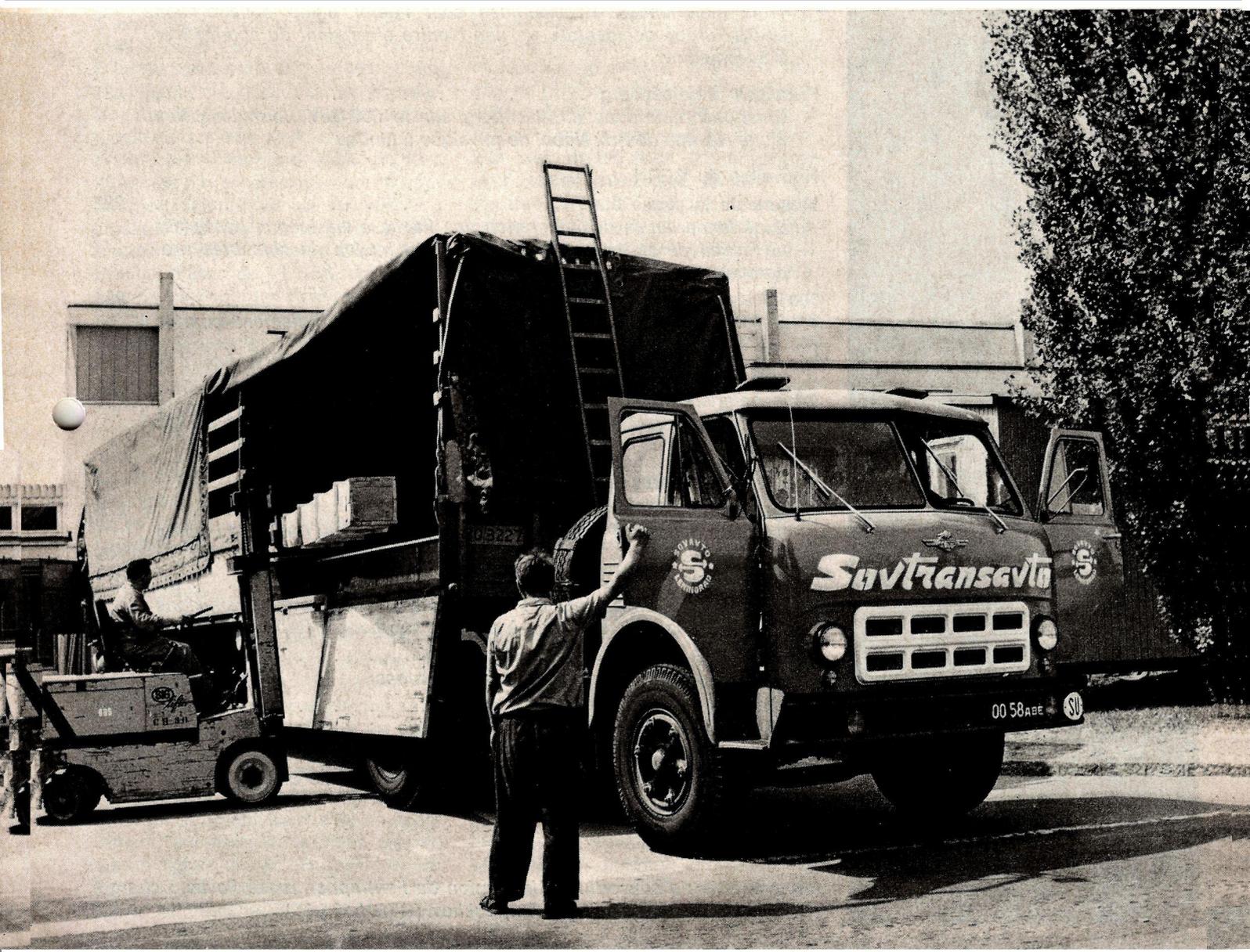


CERN

COURRIER

N° 8 Vol. 11 Août 1971

Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire



Le CERN — 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.

L'Organisation a son siège à Meyrin, près de Genève, en Suisse. Elle comprend deux laboratoires situés côte à côte et connus sous le nom de Laboratoire I et Laboratoire II.

Le Laboratoire I existe depuis 1954. Son programme repose sur l'utilisation de deux accélérateurs de protons : un synchro-cyclotron de 600 MeV (SC) et un synchrotron de 28 GeV (PS). De grands anneaux de stockage à intersections (ISR) sont alimentés avec des protons fournis par le PS pour des expériences effectuées avec des faisceaux de collision. Des savants d'un grand nombre d'universités européennes, ainsi que du CERN lui-même, prennent part aux expériences et on estime que 1200 physiciens environ sont tributaires du CERN pour leurs recherches.

Le Laboratoire I couvre approximativement 80 hectares répartis de façon presque égale de part et d'autre de la frontière franco-suisse. L'effectif total s'élève à environ 3000 personnes et on compte, en outre, plus de 650 boursiers et savants visiteurs. Douze pays européens contribuent, au prorata de leur revenu national net, au budget du Laboratoire I, dont le montant total s'élève à 353,4 millions de francs suisses pour 1971.

Le Laboratoire II du CERN a obtenu l'accord de dix pays européens en février 1971 : il abritera un grand synchrotron à protons pouvant fournir une énergie maximale de plusieurs centaines de GeV.

Le Laboratoire II est également à cheval sur la frontière franco-suisse, avec 412 hectares en France et 88 hectares en Suisse. Son budget pour 1971 est de 29,3 millions de francs suisses.

COURRIER CERN est publié mensuellement par le CERN 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 Falcioni
Photographies: PIO-CERN

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

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

Sommaire

Commentaire	211
<i>Progrès de la collaboration CERN-Serpoukhov</i>	
Ejection rapide	212
Transport du faisceau	215
Ligne à séparation HF	216
<i>Présentation des équipements réalisés au CERN pour le compte du synchrotron à protons de 76 GeV de Serpoukhov : conception, construction, état actuel</i>	
Mirabelle	218
<i>Premières photos prises à Serpoukhov avec la chambre à bulles à hydrogène de 4,7 m, Mirabelle, construite à Saclay et maintenant en cours d'exploitation</i>	
Expériences mixtes CERN-Serpoukhov	219
<i>Trois expériences électroniques sont l'objet d'une collaboration URSS-Europe occidentale et l'une d'entre elles vient de commencer à Serpoukhov</i>	
Principes d'Heisenberg	221
<i>Quelques remarques d'Heisenberg sur le 300 GeV, formulées lors d'une réunion de Prix Nobel de physique à Lindau</i>	
Nouvelles du CERN	
Mesure de la phase éta	222
<i>Expérience sur la désintégration des kaons à vie longue basée sur le recueil de statistiques importantes au moyen de chambres proportionnelles multifils</i>	
100 kV - 4 ns	224
<i>Générateur à hautes tensions d'impulsions extrêmement courtes</i>	
Du PS au Hall Ouest	225
<i>Etat d'avancement de la construction de la ligne de faisceau</i>	
Cible polarisée de 45 cm ³	225
<i>Une cible polarisée d'un volume exceptionnel est en service au CERN</i>	
Nouvelles des autres laboratoires	
Budget des laboratoires des USA	226
<i>Situation financière des laboratoires américains au début de l'année fiscale 1972</i>	
BROOKHAVEN : Anneaux de stockage de 200 GeV ?	227
<i>Le projet de conversion de l'AGS en voie d'achèvement ; réflexions sur les anneaux de stockage à aimants supraconducteurs</i>	
LOS ALAMOS : 100 MeV au LAMPF	229
<i>100 MeV obtenus en avance sur les prévisions</i>	
ARGONNE : Le ZGS	229
<i>Expériences et améliorations de la machine</i>	
KARLSRUHE : Chambres hybrides	231
<i>Mise au point de chambres hybrides utilisées dans une expérience faite au CERN</i>	

Photographie de couverture : Un camion de l'entreprise russe Sovavto charge au CERN du matériel destiné à Serpoukhov. (CERN 40.8.71)

Commentaire

L'essentiel de ce numéro est consacré aux progrès enregistrés par la collaboration CERN-Serpoukhov. Le moment tombe bien, puisque les principaux éléments de l'équipement (pesant quelque 260 tonnes) sont prêts à être acheminés en URSS, où les installations destinées à les recevoir sont en voie d'achèvement. De plus, la grande chambre à bulles à hydrogène, Mirabelle (installée à Serpoukhov dans le cadre d'un accord avec la France) a pris ses premières photographies, alimentée en particules par le synchrotron à protons de 76 GeV, et le démarrage d'expériences conjointes en chambres à bulles, ne devrait plus tarder. D'autres expériences, utilisant des techniques électroniques, se poursuivent de façon très fructueuse depuis plusieurs années déjà.

Un bref historique des grandes lignes de l'Accord concernant la coopération scientifique et technique à l'Institut des hautes énergies de Serpoukhov, conclu entre le CERN et le Comité d'Etat de l'URSS pour l'utilisation de l'énergie atomique, servira de préface aux articles sur les différents éléments de cet Accord. Celui-ci a été signé à Moscou le 4 juillet 1967. Il prévoyait la livraison par le CERN d'un système d'éjection rapide et d'un séparateur haute fréquence destinés au synchrotron de 76 GeV, ainsi que la participation de physiciens du CERN aux expériences de ce qui est depuis plusieurs années l'accélérateur le plus puissant du monde.

Le système d'éjection est du type utilisé sur le synchrotron à protons du CERN, mais adapté pour éjecter un faisceau de quantité de mouvement plus élevée et permettre une plus grande souplesse de fonctionnement. Il doit être intégré à un autre système d'éjection rapide mis au point conjointement par Serpoukhov et Leningrad, de telle façon que les systèmes puissent, ensemble ou séparément, alimenter en protons éjectés quatre lignes de faisceau différentes. La ligne de faisceau, qui doit desservir la chambre Mirabelle et que

le CERN est en train de livrer, utilise une version améliorée du système de transport à aimants de déflection pulsés et à quadrupôles, employé pour le PS du CERN.

La ligne de faisceau, destinée à alimenter Mirabelle, sera dotée d'un séparateur haute fréquence, mis au point par le CERN et qui aura des performances accrues grâce à un nouveau type de cavité HF et à de nouveaux systèmes de commande. La chambre à bulles à hydrogène, de 4,7 m, a été construite à Saclay, où elle fut démontée après essais pour être expédiée à Serpoukhov au printemps 1970.

En juin dernier, on a achevé son remontage et elle a pris ses premières photographies de traces produites par le faisceau de protons de 70 GeV/c provenant de l'accélérateur. Elle est prête pour de premières expériences avec des protons non séparés de haute énergie: Les expériences utilisant le faisceau à séparation haute fréquence élaboré par le CERN doivent commencer début 1972. Trois laboratoires français, le CERN et plusieurs laboratoires de ses Etats membres, s'apprêtent à recevoir des photos prises par la chambre; le CERN a joué le rôle de consultant pour certains préparatifs en vue du traitement des données fournies par la chambre.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les expériences électroniques se déroulent dans d'excellentes conditions depuis plusieurs années. La seconde expérience, utilisant un spectromètre de bosons, bat son plein; la troisième est déjà planifiée dans le détail. Elle est prête à succéder immédiatement à l'expérience au moyen du spectromètre de bosons sur l'aire d'expérimentation de Serpoukhov.

La collaboration entre le CERN et Serpoukhov évolue si favorablement qu'elle ne se limite plus à un simple dialogue. Elle s'est élargie jusqu'à inclure des équipes plutôt que des chercheurs individuels provenant des laboratoires des Etats membres. Les relations avec l'IHEP se poursuivent

cependant par le canal du CERN et cette troisième expérience électronique sera exécutée par un groupe de Karlsruhe qui réalise actuellement au CERN une expérience similaire à de plus basses énergies. D'autres arrangements de même nature sont déjà à l'étude pour des expériences proposées par des groupes provenant d'Etats membres et collaborant avec le CERN.

Cette introduction ainsi que les articles qui suivent montrent bien que l'esprit de l'Accord a été pleinement respecté. Une collaboration d'une telle ampleur et d'une telle originalité ne va pas sans poser des problèmes, mais les deux parties, grâce à leurs efforts conjugués, sont parvenues à les surmonter.

Point n'est besoin de souligner les avantages qu'en retire la physique. Par suite de l'Accord, les physiciens d'Europe occidentale ont pu utiliser dès le début les plus hautes énergies disponibles, tandis que les physiciens soviétiques étaient en mesure de participer plus étroitement au programme de recherches et d'améliorations du CERN pendant la période de mise au point de leur machine. Mais cette collaboration a eu également d'heureux effets sur les relations entre nations.

Depuis l'Accord, il y a eu d'autres exemples de coopération dans le domaine de la physique des hautes énergies, en particulier l'accord signé par l'AEC des Etats-Unis et le Comité d'Etat de l'URSS (voir vol. 10, page 393) et un groupe de l'Université de Californie à Los Angeles, travaillant en collaboration avec Doubna, vient de terminer le rassemblement des données concernant une expérience de diffusion pion-électron. Il n'est donc pas exagéré, semble-t-il, de croire que la collaboration CERN-Serpoukhov a grandement contribué à multiplier les contacts non seulement entre les savants d'Europe, mais également entre les peuples du monde.

Systeme d'éjection rapide

D'après des informations fournies par B. Kuiper

« Mastodonte ! », s'est exclamé Kyril Petrovic Myznikov en pénétrant dans le Hall de CESAR au CERN, en avril dernier, devant l'assemblage complet des générateurs d'impulsions à temporisation destinés à l'aimant de déflexion rapide de Serpoukhov. M. Myznikov est à la tête de la Division responsable, à l'Institut de physique des hautes énergies (IPHE), de l'extraction des faisceaux, des cibles et des performances aux hautes énergies. Sa réaction rejoint celle de nombreux visiteurs, en particulier ceux pour qui l'éjection n'est encore qu'un « truc » de plus. Cette technique en vérité a fait du chemin depuis l'extraction du premier faisceau du PS, en 1963 (vol. 3, pages 63 et 79) au moyen d'un équipement conçu par le même groupe du CERN. A Serpoukhov, le système d'aimants de déflexion rapide à grande ouverture emmagasinerait une énergie pulsée d'environ 20 kJ, soit en gros 45 fois l'énergie du premier déflecteur rapide du PS, et plus de 8 fois l'énergie du projet FAK d'ai-

mants de déflexion rapide à grande ouverture, prochaine génération de déflecteurs en cours d'étude pour le PS.

Cela donne une idée de l'ampleur du projet, tributaire en partie de la plus haute énergie des particules et de la plus grande longueur d'impulsion (circonférence de l'accélérateur), et en partie des dimensions de l'ouverture comme de la longueur limitée des sections droites. Les performances requises sont en outre plus complexes. Les spécifications prévoient l'éjection de trois paquets de protons par cycle dans trois canaux différents et, au choix, de trois nombres différents de paquets et trois énergies et temps différents d'éjection. Ces conditions sont lourdes de conséquences pour la plupart des éléments du système d'éjection, soit toutes les alimentations, les deux systèmes d'aimants à septum, le mécanisme mobile, le système à vide et les circuits électroniques.

Contrairement au système de trans-

1. Un petit ordinateur va traiter les données caractéristiques du faisceau au stade de l'éjection. Jacques Nuttall et Fabio Fabiani contrôlent le matériel à l'aide du programme.

2. Les dix modules de l'aimant de déflexion rapide à grande ouverture sont montés dans une enceinte à vide, de 3 m, que l'on aperçoit ici sur sa plate-forme (Bernard Féral effectue le réglage des boîtes de résistances) ; 120 m de câbles spéciaux transmettent les impulsions HT.

3. Générateur d'impulsions de l'un des deux aimants à septum, photographié ici devant les modules de son alimentation HT. Herman van Breugel examine les condensateurs de stockage.

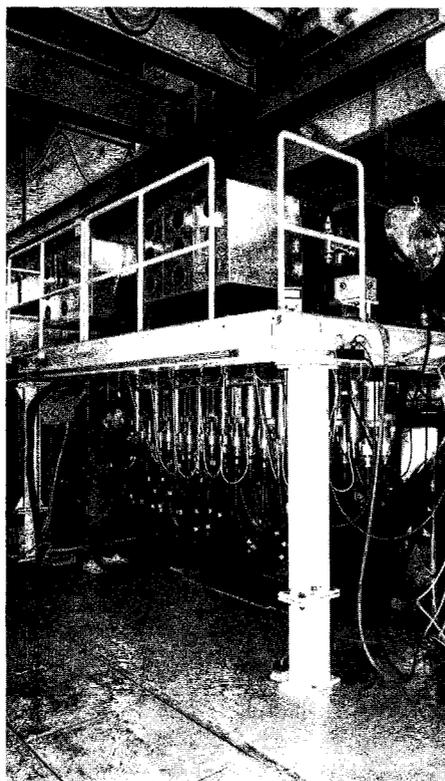
port de faisceaux pulsés et aux séparateurs HF de particules, qui peuvent être traités avec une relative indépendance une fois réglée la question de leur connexion, le système d'éjection rapide est destiné à faire partie intégrante de l'accélérateur. Tout l'équipement de répartition des protons se trouve concentré dans une petite fraction de la circonférence de la machine, entre les sections droites 16 et 28 (vol. 10, p. 31). Les trois canaux d'éjection rapide (A, B et C) ainsi que deux voies d'éjection lente (B et D) s'y trouvent imbriqués avec un certain nombre de canaux de faisceaux secondaires avec cibles internes.

Cette situation impose un grand nombre de restrictions dans l'encombrement et entraîne des difficultés de compatibilité, dans la construction et le fonctionnement, des divers systèmes entre eux et avec l'accélérateur. Une partie de ces limitations ne se sont révélées que petit à petit, à mesure que la conception de certains de ces canaux évoluait parallèlement



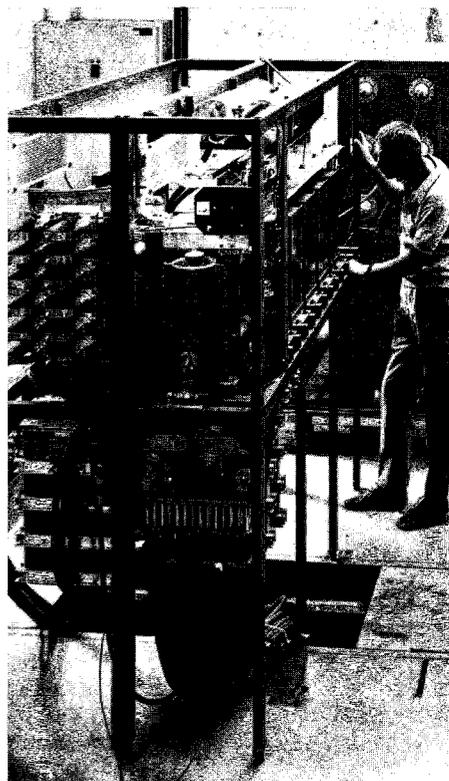
CERN 176.8.71

1.



CERN 192.8.71

2.



CERN 182.8.71

3.

Ci-dessous : dates principales de l'histoire du projet d'éjection rapide et éléments composants du système. A droite : en haut, paramètres de l'accélérateur et, en bas, schémas concernant le système et son installation sur l'accélérateur de Serpoukhov.

DATES

Fin 1966	Première discussion technique
Juillet 1967	Accord signé à Moscou
Septembre 1967	Présentation du projet
Janvier 1969	Démarrage des travaux techniques pour Serpoukhov
Mars 1969	Signature de l'Accord
Année 1969	Prototypes et plans
Année 1970	Construction et fabrication
Année 1971	Installation à Serpoukhov
Début 1972	Première éjection

VALEURS IMPOSEES POUR L'ÉJECTION

Possibilités d'éjecter dans différents canaux 1 à 30 paquets de protons (nombre différent à chaque coup) de 30 à 76 GeV (énergie différente à chaque coup), maximum de 3 coups par cycle à 250 ms d'intervalle.

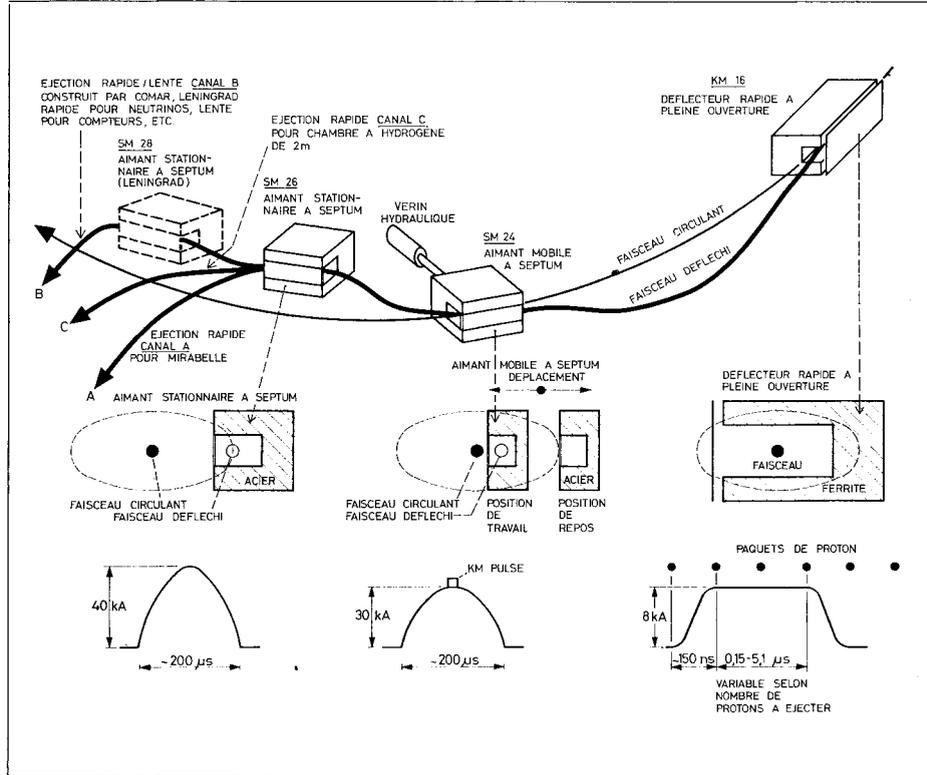
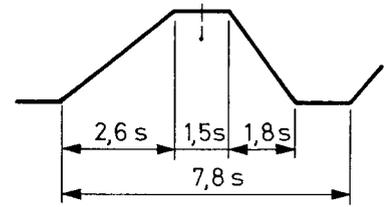
ÉLÉMENTS COMPOSANTS

- Aimant de déflexion rapide à grande ouverture : KM 16 ; ouverture 14×10 cm² ; longueur 3 m ; champ 0,1 T permettant une déflexion de 1 mrad à 70 GeV ; générateur d'impulsions et alimentations.
- Deux aimants à septum : SM 24 ; ouverture $3,5 \times 3$ cm² ; longueur 1,5 m ; champ 1 T permettant une déflexion de 4 mrad à 70 GeV et SM 26 (mobile) ; ouverture 6×3 cm² ; longueur 3 m ; champ 1,4 T permettant une déflexion de 15 mrad à 70 GeV ; générateurs d'impulsions et alimentations.
- Trois enceintes à vide pour aimants.
- Trois systèmes à vide et commandes.
- Mécanisme hydraulique de déplacement plus station de pompage et commandes.
- Système de programmation et de synchronisation.
- Système de diagnostic du faisceau (postes de détection, ordinateur en ligne et visualisation des données).
- Système général de commande et de verrouillage.
- Système de surveillance des impulsions.

ACCELERATEUR :

ENERGIE	76	GeV
INTENSITE	10^{12}	ppp
TEMPS DE REVOLUTION	5	μ s
NOMBRE DE PAQUETS	30	
RAYON MOYEN	227	m
DIAMETRE DU FAISCEAU	20	mm

CYCLE MAGNETIQUE



au système du CERN. Il est d'autre part évident que cette concentration de systèmes variés comme de groupes responsables risque d'être un terrain de choix pour des discussions interminables sur «qui fait quoi» au faisceau, à moins qu'il n'existe un équipement de diagnostic de faisceau approprié et spécialement adapté à la fourniture des renseignements voulus aux points cruciaux. L'ampleur même du projet est résultée de l'ensemble de ces facteurs.

Il fallait que le système tout entier soit monté et essayé au CERN avant l'expédition. Il fallait y incorporer des commandes souples pour assurer la compatibilité et fournir un bon système de diagnostic de faisceau afin d'éviter des interprétations ambiguës. Enfin, pour réduire les discussions au minimum, il fallait bien définir les responsabilités des parties contractantes.

Le projet s'est également soldé par bien des particularités inattendues qui, jointes aux inévitables extra-

polations techniques et au peu de temps disponible, ont causé beaucoup de soucis aux membres du groupe responsable.

Le travail a de surcroît été compliqué par le problème de la langue, par les différences dans les normes et les habitudes de travail, et par la lenteur des communications. Toutes ces difficultés ont cependant été acceptées comme un défi qui mérite d'être relevé, tant à l'échelon technique qu'au niveau des personnes. Assurément, pareil effort impliquant tant de gens aurait été impossible sans manifestations répétées de bonne volonté de toutes les parties, sans montre de patience et de compréhension de part et d'autre, et sans motivations personnelles dépassant largement le cadre de la simple fabrication d'un système d'éjection pour un accélérateur.

Le résultat tangible de l'entreprise est maintenant exposé dans le Hall de CESAR, sous la forme de constructions d'acier bien tassées et volumi-

neuses, autant que bruyantes, et d'une succession d'armoires bourrées de circuits électroniques dans la salle de contrôle factice du bâtiment 15. L'équipement est pratiquement terminé et s'en trouve aux derniers stades du montage et des essais.

Il faut relever aussi que les deux années et demie nécessaires à la réalisation du prototype, des études techniques, de la fabrication, du montage et des essais, ont constitué un minimum de temps. Normalement, un projet de ce genre eût été orchestré dans un ensemble plus vaste et sur un calendrier moins serré. A la vérité, cette réalisation n'a été possible que grâce aux facteurs suivants : (1) l'expérience acquise par le groupe dans des projets antérieurs d'éjection et en particulier dans la construction du système « Straight Flush » (vol. 8, p. 175) dont les principes ont été appliqués à la conception de l'équipement destiné à Serpoukhov ; (2) une structure typique du groupe responsable du projet, avec priorité absolue dans la mobili-

4. Albert Bertuol et Mario Minella examinent l'enceinte à vide de l'aimant à septum fixe.

5. Extrémité d'un aimant à septum avec la connexion entre le conducteur intérieur et le septum de l'enroulement d'excitation à boucle unique.

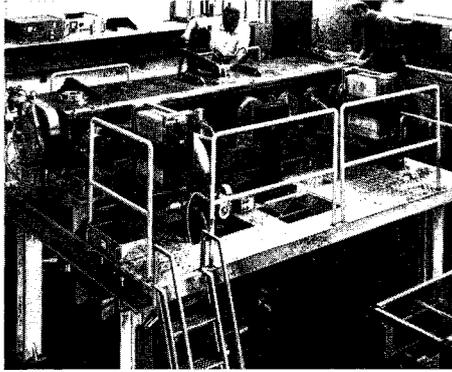
6. L'ajustement de l'éjection rapide aux trains d'impulsions synchronisant les opérations de l'accélérateur est assuré par un système complexe de programmation et de synchronisation qui coordonne le fonctionnement des systèmes d'éjection et de transport du faisceau, des séparateurs et de la chambre à bulles.

Tasios Kitsakis contrôle les étages de sortie de haute puissance.

7. Les dix modules de l'aimant de déflexion rapide sont alimentés séparément par dix générateurs d'impulsions à ligne de retard, accouplés pour former cinq blocs. René Bonvin referme le panneau des éclateurs haute pression à déclenchement commandé.

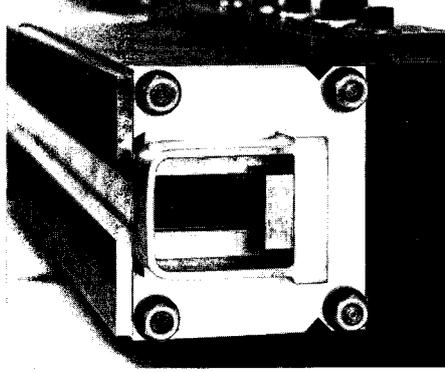
8. L'aimant à septum mobile se déplace dans une enceinte à vide longue de 3 m raccordée ici au vérin électro-hydraulique asservi et au système de guidage de précision de l'aimant. Alain Bertuol installe une caméra TV qui doit

permettre de surveiller le déplacement de l'aimant à partir de la maquette de salle de contrôle.



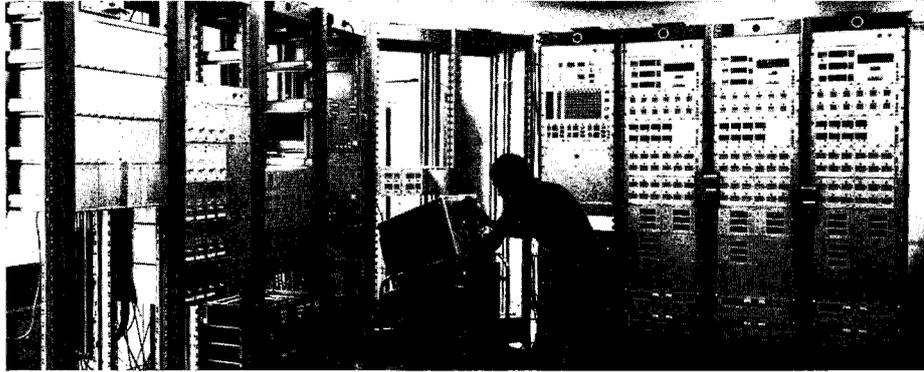
CERN 180.8.71

4.



CERN 193.8.71

5.



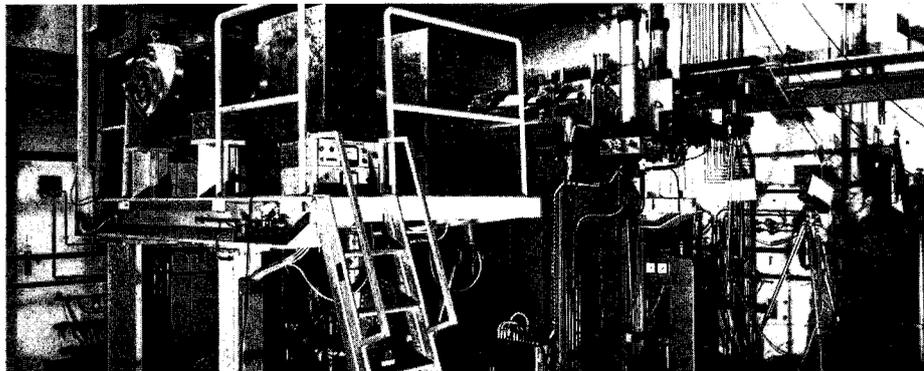
CERN 177.8.71

6.



CERN 186.8.71

7.



CERN 183.8.71

8.

sation d'un certain nombre d'ingénieurs, de dessinateurs, de mécaniciens, d'électroniciens avec leur laboratoire, et dans l'utilisation de certaines machines-outils; (3) une planification souple, constamment respectée en sorte que, grâce à la structure particulière du groupe, on a pu l'adapter sans cesse aux conditions changeantes des livraisons et aux résultats des essais.

L'étude du prototype, par exemple, s'est pendant longtemps poursuivie parallèlement à la fabrication et aux études techniques définitives, ces dernières incorporant progressivement les résultats obtenus par la première. Bien que cette solution ait inévitablement entraîné un certain gaspillage, elle s'est avérée la plus économique compte tenu du temps disponible et du contexte général du projet.

Les préparatifs vont maintenant bon train pour l'expédition du matériel à Serpoukhov qui ne va pas sans occasionner un problème délicat puisqu'il s'agit de démonter en grande partie et d'emballer soigneusement 120 tonnes d'équipement cubant 350 m³. Pour limiter le nombre des transbordements, les camions d'une compagnie soviétique prendront livraison au CERN de cet équipement pour le décharger à l'IPHE. Le transport prendra six semaines, les départs de camions se succédant au rythme de deux ou trois par semaine.

Le début du montage à Serpoukhov sera entrepris parallèlement. Un plan détaillant chaque opération a été dressé; on prévoit qu'il faudra trois mois pour démonter, emballer, et installer le tout à destination. Les deux derniers de ces mois seront synchronisés avec une longue période de fermeture de l'accélérateur. Au quatrième mois, l'accélérateur sera remis en service, mais le Groupe Ejection pourra sur demande accéder au tunnel de l'anneau en vue de terminer les essais d'ensemble avant les premières tentatives d'éjection prévues pour ce même mois.

Transport du faisceau

D'après des informations fournies
par G. C. J. Davies et A. Ball

Au système d'éjection fait suite le système de transport du faisceau externe de protons destiné à Mira-belle. Pour des raisons de commodité et de manque de place, ce système de transport est pulsé. Le projet a démarré au CERN au début de 1968, et les principaux paramètres du système furent arrêtés en mars, lors d'une réunion conjointe CERN - IPHE. Le projet fut alors mis en œuvre par 5 membres du Groupe Transport de faisceau (de la Division TC-L), sous la direction de B. Langeseth. Seuls cependant F. Völker, coordinateur du projet, et G. C. J. Davies y ont été employés à plein temps, les autres membres combinant leur participation avec des activités similaires auprès des systèmes de faisceaux des zones Ouest et Sud-Est du CERN. En 1970, deux membres de l'Institut de physique des hautes énergies, A. Aseev et A. Afonine, se joignaient au Groupe pour collaborer aux phases finales de la fabrication et de la mise en service.

De la fenêtre d'éjection sise à la section droite 28, le faisceau de protons est transporté jusqu'à la cible externe par le moyen d'un ensemble de lentilles quadripolaires et d'aimants de déflexion dont le tableau ci-dessous donne les principaux paramètres.

L'étude détaillée de l'optique du faisceau, entreprise conjointement par les spécialistes du CERN et de l'IPHE, a comporté entre autres une simulation du comportement du faisceau dans les limites des tolérances d'exploitation de l'accélérateur et du système de transport. Les résultats de cette étude n'ont pas conduit à modifier sensiblement le système tel qu'il a été précédemment décrit (C. C., vol. 10, p. 33). On a évalué une seconde configuration pour la focalisation, qui ne demande que des changements de polarité dans l'alimentation des aimants du triplet final, et le choix définitif du dispositif de focalisation se fera sur les mesures des paramètres du faisceau éjecté.

Observation du faisceau

Le dispositif d'observation du faisceau comprend un écran à scintillation, télécommandé et visionné par le système de télévision de l'IPHE, qui fournit les indications voulues sur la forme et la position du faisceau. Des transformateurs de courant de faisceau servent à maintenir l'intensité du faisceau et à en évaluer les pertes. Le signal du transformateur, traité par un convertisseur analogique numérique, est affiché sous forme de chiffres. Un détecteur de charge de cible permet de déterminer l'efficacité d'interaction du faisceau de protons avec la cible. Un compteur sert à calculer le nombre de paquets éjectés de l'accélérateur à chaque cycle. Toutes ces données sont affichées sur les tableaux de la salle de contrôle du système.

Les divers détecteurs et les circuits électroniques correspondants ont été mis au point et fabriqués par le CERN, tandis que l'IPHE se chargeait de l'étude et de la réalisation du circuit de télévision et du système optique associé, ainsi que des essais de divers matériaux scintillants.

Les essais et la calibration de l'équipement ont été effectués au CERN, avec la participation des savants visiteurs de l'IPHE, y compris les essais de faisceau dans la zone des neutrinos (zone Sud-Est).

Equipement

Les aimants d'acier laminé refroidis à l'eau comportent des bobines d'excitation à enroulements multiples. Le gradient est de 93 tesla/mètre dans les quadripôles de 30 mm, et de 45 T/m dans les quadripôles de 70 mm. Les aimants de déflexion produisent 2 T. On a rencontré au départ un certain nombre de difficultés dans la construction des aimants, d'abord pour obtenir les tolérances mécaniques élevées, nécessaires à une bonne configuration du champ, ensuite pour obtenir un enroulement d'excitation compact et capable de supporter les hautes tensions et les contraintes mécaniques sous une

PRINCIPAUX PARAMÈTRES DU SYSTÈME DE TRANSPORT DU FAISCEAU PULSÉ

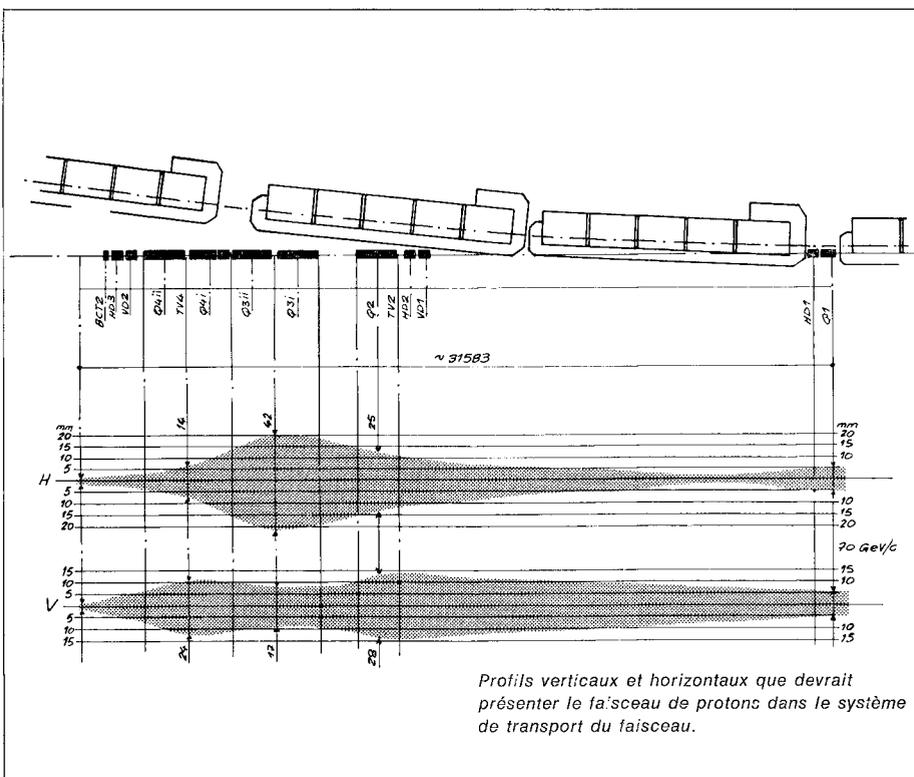
Quantité de mouvement des protons	: 30 - 75 GeV/c
Emittance du faisceau externe, valeur théorique	: $\pi \times 10^{-6}$ rad/m
Section de la cible	: $10 \times 2,00$ mm
Cycle de répétition	: 4 impuls. à 500 ms d'intervalle par cycle de 8 s
Longueur de la ligne de faisceau	: 35 m (approx.)

	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Aimants de déflexion
Diamètre d'ouverture de l'aimant (mm)	30	70	70	70	60
Densité du flux magnétique à 75 GeV/c (T)	1,2	0,8	1,2	1,4	0 - 2,0
Gradient du champ magnétique (T/m) à 75 GeV/c	78,1	22,0	33,3	39,5	—
Équivalence magnétique (m)	0,778	1,55	$2 \times 1,55$	$2 \times 1,55$	0,465
Courant d'excitation à 75 GeV/c (kA)	2,5	2,0	2,5	3,0	0 - 2,62
Inductance (mH) par élément	0,23	2,1	2,1	2,1	2,4
Résistance (mΩ) par élément	57	100	100	100	70
Pression de l'eau de refroidissement (kp/cm ²)	25	25	25	25	25
Énergie maximale emmagasinée dans les condensateurs (kJ)	10	6	2×20	2×20	10
Tension maximale de charge en courant continu (kW)	5	5	5	5	5
Puissance de pointe en courant continu (kW) D.C.	50	100	2×100	2×100	50
Puissance moyenne en courant alternatif (kVA) A.C.	6	12	2×12	2×12	6

Stabilité de la tension de charge	: $\pm 5 \times 10^{-4}$
Stabilité du courant d'une impulsion à l'autre	: $\pm 1 \times 10^{-3}$
Taux d'utilisation de l'aimant	: 0,03 % (approx.)

Ligne à séparation HF

D'après des informations fournies par H. Lengeler



Profils verticaux et horizontaux que devrait présenter le faisceau de protons dans le système de transport du faisceau.

irradiation prolongée. Ces difficultés ont été surmontées. Tous les aimants ont maintenant été livrés au CERN et les essais sous tension sont effectués. Un programme de mesures magnétiques détaillées est en cours. Un aimant de chaque type a été traité et se trouve à présent à l'IPHE, prêt à être mis en place.

Les essais ont confirmé qu'il était possible de placer, dans les aimants pulsés, une chambre à vide à fine paroi métallique sans perturber sensiblement la configuration du champ magnétique. Cela a beaucoup simplifié la construction de l'enceinte à vide.

Les commutateurs de décharge pour l'alimentation en courant pulsé, tous livrés au CERN, sont l'objet d'essais finals avant montage à l'IPHE. Pour décharger dans les aimants l'énergie accumulée dans les condensateurs, on a choisi des thyristors. Les circuits ont un facteur de surtension élevé et sont conçus de manière que l'oscillation cesse après le premier cycle complet. L'impulsion positive passe dans l'aimant, tandis que l'impulsion négative traverse un réacteur à faible perte, à des diodes en série, monté en parallèle avec l'aimant.

Le prototype de l'alimentation pulsée est arrivé au CERN, et ses derniers essais sont en cours. La tension et l'intensité de cette unité à étage unique sont réglées par des thyristors dans le circuit primaire du transformateur. On a eu beaucoup de peine à réaliser la stabilité du voltage nécessaire à l'exploitation de faisceaux de haute énergie, sans

l'adjonction d'un deuxième étage de réglage de précision au circuit secondaire haute tension du transformateur. Ces difficultés résolues, on espère que toutes les alimentations seront livrées avant la fin d'août.

L'appareillage de contrôle a été mis au point et fabriqué au CERN. Le courant dans l'aimant affiché sous forme numérique est donné par un « shunt » couplé à un convertisseur analogique numérique. Les décharges alimentant l'aimant sont assurées par une commande numérique actionnée par les trains d'impulsions de l'accélérateur. Des sécurités permettent d'éviter les dégâts sérieux en cas de mauvais fonctionnement d'une partie quelconque du système.

Le montage et la mise en service du système de transport de faisceau pulsé auront lieu en plusieurs temps. Après la pose des câbles à l'IPHE, les deux premiers aimants de la ligne de transport de faisceau devaient être installés pendant la fermeture de l'accélérateur en août 1971. Les aimants et les équipements auxiliaires restants seront installés pendant la fermeture d'octobre. Entre les périodes de fermeture on doit monter et partiellement essayer les équipements situés dans le hall d'alimentation du système de transport et dans la salle de contrôle. La mise en œuvre du faisceau en conjonction avec la chambre à bulles Mirabelle est prévue pour le début de 1972.

Malheureusement, personne à ce jour n'a trouvé le moyen de prédéterminer les types de particules ni leurs quantités de mouvement produits au moment où un faisceau primaire de protons frappe une cible. On est forcé de prendre ce qui se présente et de sélectionner ensuite l'espèce déterminée (bon grain ou ivraie...) qui intéresse. De même, dans la giclée de particules secondaires obtenues à la cible, seules sont utilisables celles qui se déplacent dans un angle fixe assez restreint. Le reste se perd. La chambre à bulles est pourtant un dispositif d'une telle sensibilité qu'elle enregistre les traces de pratiquement toutes les particules chargées qui la pénètrent. De la sorte, s'il s'en présentait plus d'une douzaine à la fois, la confusion rendrait l'analyse de la photographie singulièrement difficile. Le problème est donc de faire pénétrer dans la chambre à bulles un petit nombre des particules sélectionnées, aussi dépouillées que possible de particules de masse ou de quantité de mouvement.

Pour la ligne de faisceau à séparation de Serpoukhov, le cahier des charges stipule que l'impureté du faisceau émergent ne doit pas dépasser quelques pour-cent. Cela signifie que, pour chaque particule intéressante qui échapperait à l'expérimentateur, le système devrait rejeter jusqu'à 200 000 particules indésirables. Dans la pratique, quelque 50 % des particules recherchées parviennent à franchir cette section du parcours d'obstacles qui leur est réservée au travers du séparateur. Auparavant, un coefficient de quelque 10^6 se perdait lors de l'analyse de la quantité de mouvement.

Le dispositif a pour but de sélectionner les kaons et les antiprotons d'une quantité de mouvement comprise entre 16 et 36 GeV/c, les pions jusqu'à 60 GeV/c et les protons jusqu'à 70 GeV/c.

Ce séparateur est semblable, dans son principe, à celui que l'on a décrit dans le COURRIER (vol. 5, page 35) à l'époque où le CERN mettait

Montage d'un klystron amplificateur. Ces klystrons fournissent une puissance HF pulsée de 20 MW à 2855 MHz. La HT est envoyée par impulsions de 8 μ s sous 270 kV. Les déflecteurs reçoivent la puissance HF par l'intermédiaire d'un système complexe de guide d'ondes, couplé à un filtre céramique HF.

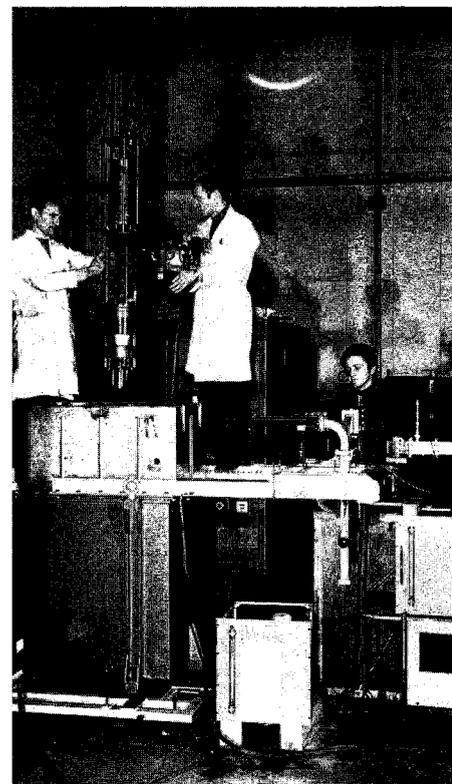
Vue plongeante d'un séparateur HF. Au premier plan, les trois déflecteurs, longs de 6 m chacun, avec les postes de commandes locales. Derrière, les trois alimentations pulsées et les klystrons amplificateurs de 20 MW, montés dans des cuves à huile et protégés des rayons X par un lourd blindage.

en service la ligne de kaons négatifs de 10 GeV/c, chargée dans un premier temps d'alimenter la chambre à bulles britannique de 1,52 m. Depuis lors, la technique n'a cessé d'évoluer et la ligne actuelle, qui dessert la chambre à hydrogène de 2 m, peut fonctionner dans un domaine de quantité de mouvement compris entre 10 et 20 GeV/c (vol. 7, p. 125 et 252, vol. 10, p. 31). Résumons le principe en quelques mots : le faisceau de particules secondaires, en progression directe vers l'avant, subit une première analyse de sa quantité de mouvement en traversant une série d'aimants quadripolaires, de focalisation et de collimateurs chargés de déterminer l'angle d'acceptance, puis d'aimants dipolaires qui infléchissent la trajectoire des particules entrantes en fonction de leur quantité de mouvement. Puis intervient un deuxième groupe d'aimants de déflexion et de focalisation, chargés de refocaliser la portion du faisceau original qui débouche sur une ligne prédéterminée. Il incombe ensuite au séparateur HF de trier les particules en fonction de leurs différences fractionnaires de vitesse. Cette sélection s'opère en faisant passer le faisceau à travers une série de cavités HF, séparées par de longs parcours de vol. Dans ces cavités, une onde progressive exerce une force transversale sur les particules et seules celles qui restent en phase jusqu'au bout sont correctement déviées de la ligne directe, évitant ainsi le bouchon de faisceau disposé sur le parcours en ligne droite. Vu l'énergie accrue du faisceau à séparateurs, par rapport au faisceau du CERN, les cavités doivent avoir une plus grande puissance de déflexion et les distances sont plus longues. Pour ne pas dépasser les 20 MW actuels, seuil de la puissance maximale que peuvent fournir les klystrons d'alimentation, on a agrandi la longueur des cavités (de 3,50 m à 6 m) ainsi que la distance entre la première et la troisième (de 50 m à 252 m). Chacun des deux systèmes comporte trois postes.

Une cavité a l'aspect général d'un accélérateur linéaire. Elle se compose d'un long guide d'ondes cylindrique contenant des disques transversaux. Cependant, cette cavité est assez différente. Le diaphragme des disques y est beaucoup plus grand que dans un tube de glissement de linac tandis que la distance séparant les disques est constante. De son côté, le mode de fonctionnement diffère totalement : dans le séparateur, l'onde parcourant le guide exerce une force latérale sur les particules. Ce système dipolaire fonctionne à partir d'une section de transformation, de forme particulière, qui couple le guide d'ondes à amplification HF et la cavité du séparateur.

Le procédé requiert une extrême précision dans la fabrication des éléments, exigence caractéristique de l'ensemble du dispositif.

Le séparateur HF opère à 2855,2 MHz (longueur d'onde de 10,5 cm). Toute impulsion de faisceau produite par l'accélérateur, même en cas

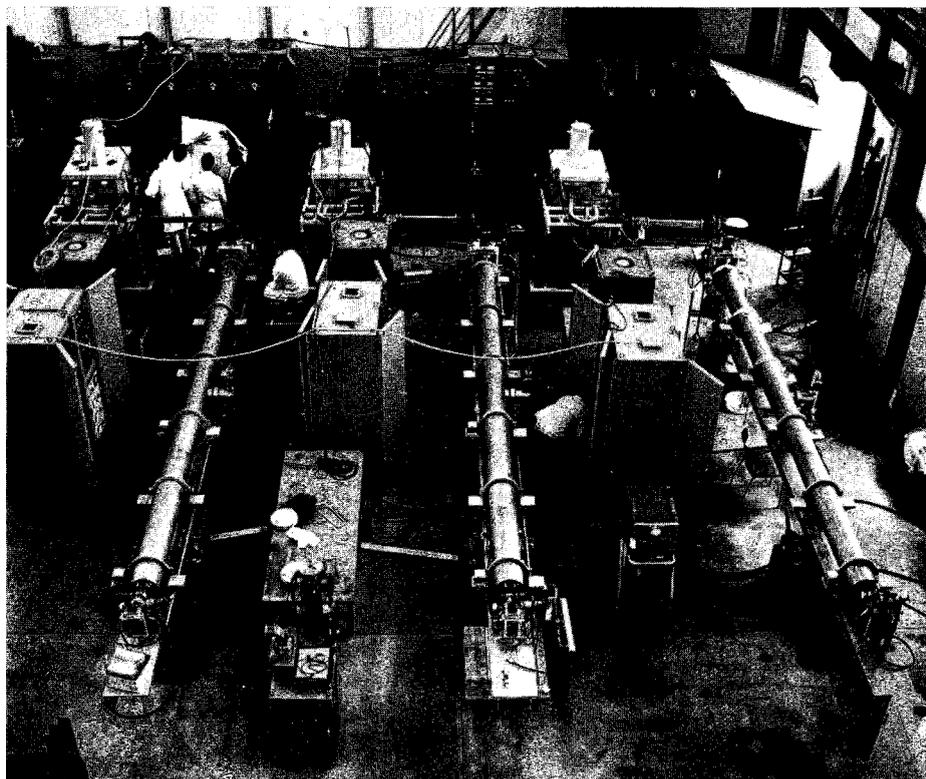


CERN 197. 1. 70

d'éjection rapide, est très longue comparativement à la période des champs HF. De la sorte, les particules se présentent à n'importe quelle phase par rapport au champ de déflexion. Le problème est que les particules désirées restent en phase et dévient de façon régulière.

En raison du temps de circulation dans l'anneau principal, la puissance HF doit pouvoir soutenir un temps global d'injection de 5,2 μ s.

Avant d'entrer dans les sépara-



CERN 160. 6. 71

teurs, le faisceau divergent de la cible traverse deux collimateurs puis quatre aimants quadripolaires qui le focalisent dans un plan horizontal et lui donnent une acceptation horizontale de ± 5 mrad et une acceptation verticale de $\pm 3,8$ mrad. Il traverse ensuite deux aimants de déflexion de 6 m, deux collimateurs, deux nouveaux aimants de déflexion et, enfin, deux quadripôles qui le focalisent dans deux plans au centre du premier séparateur HF. Les intervalles entre les trois séparateurs, dont les cavités sont distantes de 88 m (pour le premier et le deuxième) et de 164,5 m (pour le deuxième et le troisième), comportent chacun deux paires de quadripôles. Le dernier séparateur est suivi d'une ligne de transport comportant une autre série de collimateurs, des aimants dipolaires et quadripolaires, effectuant une deuxième analyse de quantité de mouvement, et le système de réglage du faisceau pour la chambre à bulles.

L'étude des séparateurs fut menée, peu après la signature de l'accord, par un groupe conduit par H. Lengeler, chef du projet, et composé (pour le CERN) de Ph. Bernard (chef adjoint du projet), M. Candolfi, M. Kubly (études mécaniques), Cl. Dalmas, F. Grabowski, A. Imsomby, J. F. Malo, J. P. Moussard (pour une période limitée), J. Cl. Prelaz, R. Romijn (études électroniques), H. Preis (réalisations électroniques et mécaniques), P. Cottet (vide), Cl. Ruyret (bureau des plans); pour Serpoukhov: B. Prossin (électronique), V. Vaghin (structures de déflexion et études générales) et V. Zelenin (modulateurs).

Le CERN a été chargé d'une grande partie de la fabrication de précision. L'industrie privée a fourni trois modulateurs (Ling-Altec, Royaume-Uni), trois guides d'ondes à disques de 6 m, qui constituent le cœur des cavités des séparateurs (CSF, France) ainsi que des klystrons de haute puissance (Thomson-Varian, France).

Les essais du système complet ont débuté en mars dernier et le transport par route Genève-Serpoukhov s'est fait à la mi-juillet alors que l'installation a commencé au début d'août et durera deux mois environ. Puis succédera une période d'essais et de réglages afin de permettre une mise en service au début de l'an prochain à la suite de quoi le système produira des faisceaux de particules séparées aux plus hautes énergies disponibles dans le monde.

Mirabelle

Par M. Nguyen, de Saclay

Dans les précédents volumes du COURRIER CERN (voir vol. 9, page 308, et vol. 10, page 117), nous avons passé en revue la description de Mirabelle (la grande chambre à bulles à hydrogène liquide d'un volume total de 11000 litres, dont 7000 litres photographiables) et ses premiers essais entrepris à Saclay. Ces essais successifs ainsi que les améliorations qui en résultaient ont permis de réaliser, en mars 1970, une expérience test de physique, durant laquelle, avec injection d'un faisceau de l'accélérateur Saturne, 50 000 photos destinées à la mise au point des méthodes d'exploitation des clichés ont été prises.

Le démontage de Mirabelle à Saclay a débuté en mai 1970. Conformément à une logique de démontage, qui devait en même temps tenir compte des impératifs du transport et du remontage à Serpoukhov, les équipements de cet ensemble qui pèse environ 3 600 tonnes ont été démontés, emballés, répertoriés pièce par pièce. Les caisses ont pris la route pour Le Havre, d'où elles étaient transportées par mer jusqu'à Leningrad, et de là à Serpoukhov par rail. Tout ce travail complexe a pu être mené à bien, conformément à un planning soigneusement établi qui synchronisait en même temps la cadence du démontage aussi bien que celle des rotations des bateaux et des trains, et le matériel a pu être amené au complet sur le site de Serpoukhov en décembre. Entre-temps, l'équipe responsable du remontage et du fonctionnement de Mirabelle, composée d'une cinquantaine de personnes, avec leurs familles, s'est installée sur place en septembre 1970. Le remontage a donc pu débuter dès cette date, et s'est terminé dans de bonnes conditions, comme prévu, à la fin d'avril 1971.

Compte tenu des aléas occasionnés par l'éloignement du site de Serpoukhov où tout imprévu peut entraîner un retard considérable sur les prévisions, mentionnons le caractère remarquable de cette rapidité.

Il restait à établir les branchements de connexions nécessaires entre Mirabelle et l'infrastructure soviétique:

alimentations électrique, cryogénique, et autres fluides, etc. Tout ce travail, préparé depuis longtemps par les deux parties, a été terminé rapidement, ainsi que la réception de la chambre, par la commission de réception franco-soviétique.

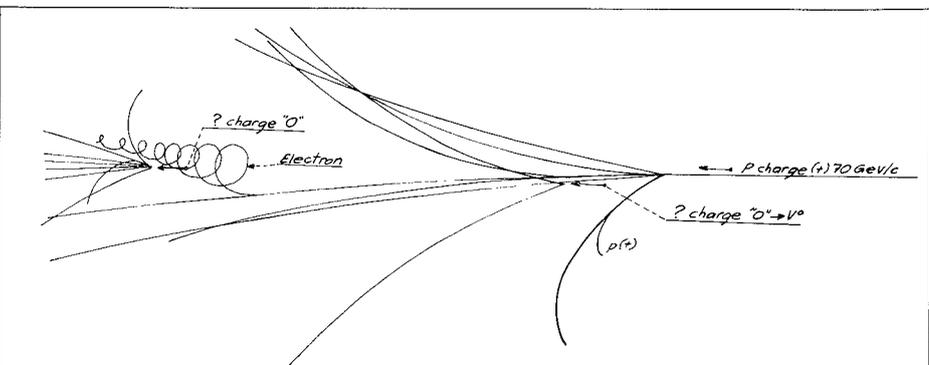
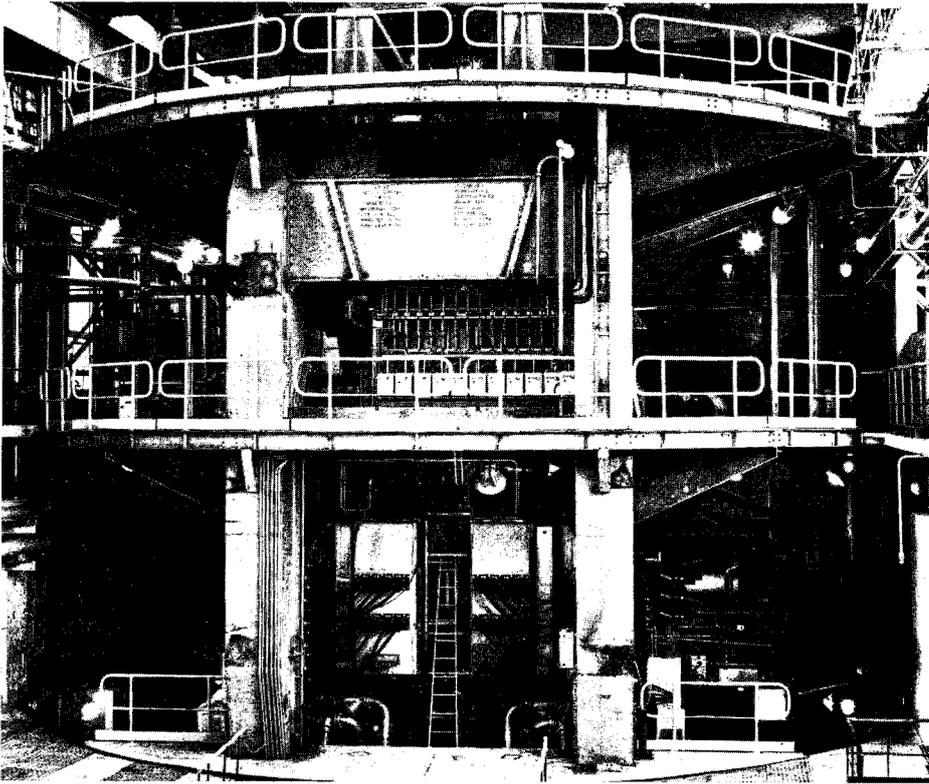
Ainsi, au matin du 10 juin, dans le hall situé à un bout de la galerie technique de 450 m de long, Mirabelle revenait à la vie: pendant quatre jours, avec injection d'un faisceau de protons de 70 GeV/c, 20 000 décharges ont été réalisées, et 4 000 photos ont été faites. Ce furent les premières photos jamais prises avec un faisceau de protons de cette énergie et dans une chambre à bulles à hydrogène liquide de cette taille. Elles sont actuellement en cours d'étude; déjà, un rapide examen en a fait ressortir d'intéressants aspects, et un certain nombre de photos seront probablement sélectionnées et mesurées. Cette première expérience technologique, faisant suite aux multiples péripéties du démontage, du transport et du remontage, s'est révélée très encourageante, notamment aux points de vue sensibilité et fiabilité. Mirabelle a montré qu'elle est, de par son grand volume photographiable, un appareillage approprié aux expériences à hautes énergies et, surtout, qu'elle permet, grâce à sa grande longueur photographiable (4,70 m), d'enregistrer des interactions créées au début de la chambre et d'en suivre le dénouement sur une étendue suffisamment étalée pour en permettre une exploration très complète par les physiciens.

D'autres expériences auront lieu d'ici à la fin de l'année. Et pour les expériences à venir, en plus du faisceau de protons déjà disponible de 70 GeV/c, il a été prévu, vers la fin de 1971 ou au début de 1972, d'autres faisceaux séparés par haute fréquence qui font l'objet d'une collaboration entre les physiciens de Serpoukhov et du CERN. Un faisceau de neutrinos a aussi été envisagé, qui sera fonction de l'accroissement de l'intensité de l'accélérateur et du programme d'expériences qui sera sélectionné.

Vue d'ensemble de Mirabelle remontée à Serpoukhov. On remarquera la plate-forme tournante qui a facilité le remontage et l'alignement de la chambre par rapport au faisceau.
(Photo CEA)

Photo prise dans la chambre à bulles lors des premiers essais effectués à Serpoukhov en juin dernier. On peut voir en bas la reproduction d'une séquence intéressante d'événements. Il s'agit d'une des premières photos jamais prises par une chambre à bulles alimentée par un faisceau d'une telle énergie (protons de 70 GeV/c) et l'on notera comment la longueur de la chambre (4,7 m) permet d'enregistrer une série d'événements connexes.

Expériences mixtes CERN - Serpoukhov



La plus grande partie des informations qui précèdent porte sur la préparation d'expériences faisant appel à la technique des chambres à bulles. Il convient maintenant de parler des trois expériences mixtes CERN-Serpoukhov utilisant des détecteurs électroniques. La deuxième de ces expériences bat actuellement son plein au synchrotron à protons de 76 GeV; la troisième recueille des données à des énergies plus basses au PS du CERN.

La première expérience a fourni des résultats qui sont parmi les plus importants des dernières années (voir vol. 9, page 232). En effet, on a constaté que, pour les particules négatives, la section efficace totale devient pratiquement constante à des énergies bien plus faibles que prévu et que, pour les particules positives, la courbe de la section efficace, au lieu de tendre régulièrement vers les valeurs négatives, accuse un creux aux énergies intermédiaires. Ces résultats interdisent donc de procéder à l'extrapolation pure et simple des données obtenues pour les gammes d'énergie plus basses et ne sont pas conformes aux prédictions théoriques préférées. Quelques-unes des premières mesures faites à Serpoukhov semblent indiquer que, comme cela s'est déjà produit, les énergies plus élevées nous apporteront des connaissances entièrement nouvelles et, espère-t-on, en dernier lieu, le « pourquoi » du comportement de la matière.

La deuxième expérience a commencé il y a environ une année. Son but est d'étendre aux énergies plus élevées la très fructueuse application de la technique de masse manquante mise au point au CERN vers le milieu des années 60.

Cette expérience vise essentiellement à étudier les caractéristiques de la particule x^- émise lorsqu'un pion frappe un proton : $\pi^- p \rightarrow p + x^-$. Dans sa forme actuelle, le spectromètre pour bosons (vol. 10, p. 80) permet non seulement de reconstruire la masse de x^- , mais également de suivre de manière assez détaillée le processus de désintégration.

L'expérience est réalisée à deux

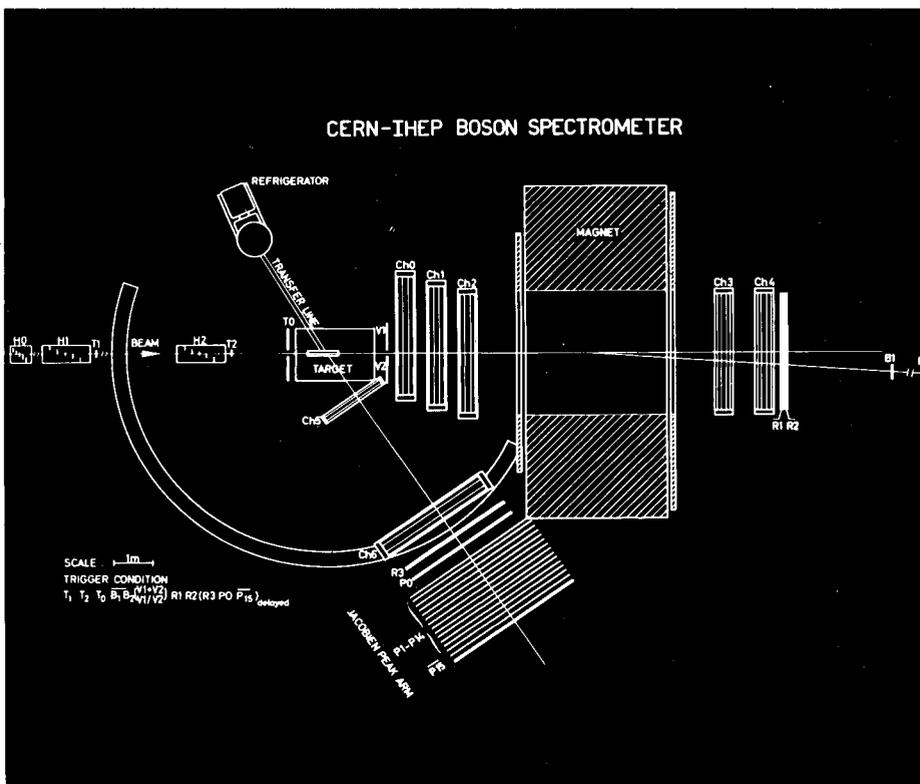


Schéma de la disposition des détecteurs pour l'expérience commune actuellement en cours à Serpoukhov.

énergies des pions incidents (25 et 40 GeV/c) et, dans les deux cas, les données recueillies concernent deux régions : celle de masse manquante faible de 0 à 3 ou 3,5 GeV et celle de masse élevée allant de 2 à 3,5 GeV, dans le premier cas, et de 3 à 4,5 GeV dans le second.

Le faisceau, dont on a décrit ailleurs l'excellente qualité, fournit à chaque impulsion quelque 500 000 pions pour-cent de l'intervalle de quantité de mouvement, ce qui détermine approximativement 30 à 50 déclenchements par giclée et 10⁵ déclenchements par jour. Le traitement des données s'effectue en deux temps. Un IBM 1800 fonctionne en ligne avec la machine et peut traiter environ 20 % des données. Parallèlement, toutes les données sont emmagasinées sur des bandes magnétiques, régulièrement transportées au CERN par avion au cours des périodes d'expérience, en vue d'être traitées par le CDC 6600 et par le CDC 3800 de l'Université de Genève. Le nombre de bandes est généralement de 7 à 10 par jour et leur transport ne pose guère de problèmes. Au début, les informations en retour étaient fournies en permanence par télex, de façon que les données de réglage soient disponibles dans les moindres délais sur les lieux de l'expérience. Toutefois, elles devaient progressivement perdre leur caractère d'absolue nécessité à mesure que s'établissait la confiance tant dans la fidélité de l'équipement que dans la valeur de la partie des données traitées par l'IBM 1800.

La fiabilité de l'équipement et l'expérience du groupe de Serpoukhov ont atteint un point tel que la présence d'un seul technicien est indispensable et que les membres du CERN (bien à regret souvent) doivent séjourner de moins en moins longtemps à Serpoukhov. D'autre part, le redémarrage après une période d'arrêt se trouve grandement facilité par la technique mise au point par V. Roinishvili et consistant à établir un faible flux permanent d'argon dans toutes les parties délicates des chambres à étincelles (par exemple, les dispositifs de lecture à magnétostriction). Il a été possible de réduire fortement le nombre de scintillateurs et de circuits électroniques en effectuant le déclenchement à l'aide d'une chambre proportionnelle construite à l'IHEP par Y. Antipov et F. Yotch.

Le contrôle général a été lui aussi grandement simplifié grâce à un système d'affichage de données mis au point par A. Lebedev et tenant compte non seulement des caractères essentiels du système, mais également des aspects humains de la technique, c'est-à-dire des besoins des personnes assurant l'exploitation. Les réparations et l'entretien de l'équipement sont essentiellement confiés aux techniciens du groupe IHEP (dirigé par L. Landsberg).

Jusqu'à présent, 4 M de déclenchements ont été observés, la moyenne étant de 0,5 M par période. L'expérience pourrait prendre fin en janvier 1972.

Les résultats sont à ce jour plutôt inattendus. Au lieu d'une masse con-

fuse d'effets supplémentaires à laquelle on aurait pu s'attendre avec de plus hautes énergies, c'est l'inverse qui se produit. Que l'énergie incidente soit de 25 ou de 40 GeV/c, il y a au début le pic de diffusion élastique. (L'expérience fournit d'ailleurs en même temps des informations sur la relation pente/énergie pour les sections efficaces de diffusion élastique relatives aux réactions $\pi^- p K^- p$ et $\bar{p} p$). Après ce pic initial, qui sert principalement à contrôler le système du spectromètre, l'autre effet le plus remarquable est la présence à 1,30 GeV (masse correspondant à celle du méson A_2) d'un pic assez marqué et même très clair dans le cas de 40 GeV/c. Et ce qui ne cesse de surprendre, c'est que des particules bien connues telles que le méson ϕ perdent comparativement toute importance ; il est assurément permis d'affirmer que, dans la masse « manquante » supérieure à 2 GeV environ, aucune structure n'apparaît.

Les expérimentateurs se consacrent actuellement à l'analyse de différents canaux de désintégration, notamment la désintégration en trois pions, avec analyse de la parité de spin.

La troisième expérience mixte est réalisée par un groupe de Karlsruhe, travaillant actuellement au CERN, qui se joindra à des physiciens de l'Institut de physique théorique et expérimentale et de l'Université d'Etat de Moscou. Il s'agit d'étudier la diffusion neutron-proton par échange de charge dans la gamme d'énergies comprises entre 8 et 25 GeV/c au CERN et 20 et 70 GeV/c à Serpoukhov.

L'équipement destiné à Serpoukhov est en fonctionnement au synchrotron à protons du CERN, d'une part pour recueillir les données de la première partie de l'expérience (à des énergies moins élevées) et, d'autre part, pour vérifier la fiabilité des divers éléments. Cette première partie de l'expérience devrait se terminer vers la fin de l'année et l'équipement être transféré à Serpoukhov au printemps de l'année prochaine.

Principes d'Heisenberg

Loin du bruit et de la frénésie des capitales européennes, dans la charmante cité allemande de Lindau, située au bord d'un lac, à proximité des frontières de l'Autriche et de la Suisse, les lauréats du Prix Nobel de physique se sont réunis du 28 juin au 2 juillet pour parler de leur science et de ses rapports avec la société.

La première de ces réunions annuelles des lauréats du Prix Nobel en 1951 fut un congrès médical. C'était cette année la 21^e de la série et la septième à porter sur la physique.

Parmi un programme varié d'exposés, suivis de débats avec des étudiants invités, les lecteurs du COURRIER CERN auraient été particulièrement intéressés par la Conférence donnée par le Professeur Heisenberg. Le savant a en effet analysé ses attitudes passées et actuelles à l'égard du futur synchrotron à protons souterrain. A un moment donné, il passait pour y être fortement opposé et pour inspirer, dans les milieux scientifiques allemands, une politique défavorable à la participation. Dans un certain nombre d'entrevues, il ne cacha pas ses réserves sur les premières propositions, mais ses vues furent parfois rapportées d'une manière tendancieuse et même, soupçonne-t-on, mensongère. C'était donc l'occasion d'apprendre de la bouche même de cette grande figure de la physique européenne comment son point de vue sur le projet avait évolué et quelles nouvelles considérations l'avaient conduit à donner son approbation.

Quand des projets de l'ampleur et de l'importance du programme 300 GeV sont en jeu, il est naïf de croire que l'on peut faire abstraction de la politique. L'ampleur des dépenses, le choix de l'emplacement et l'urgence des décisions sont autant de questions nécessitant un débat public et touchant à l'intérêt général, donc à la politique.

La physique

Du point de vue de la physique, l'expérience passée laissait supposer

que l'utilisation de machines encore plus grandes — donc d'énergie plus élevée — permettrait d'obtenir de nouveaux renseignements et de nouvelles connaissances. En outre, la physique des particules élémentaires touche aux lois de la nature auxquelles se rapportent toutes les lois physiques; c'est en fait la physique à l'état le plus fondamental. Parallèlement, l'impulsion créée dans le domaine technique par des travaux qui vont à la limite des connaissances constitue un élément d'importance générale. De tels arguments militaient sans aucun doute en faveur de la construction d'une machine d'une centaine de GeV mais, pour ce qui est des énergies plus élevées, les questions du coût et de la valeur relative entraînent nécessairement en ligne de compte.

On s'est interrogé aussi sur le type de découvertes que pouvaient apporter des énergies plus élevées. On sait déjà qu'il n'y a plus de fractionnement de la matière mais seulement création de nouvelles particules, ou de nouveaux états, et les renseignements fournis par les rayons cosmiques ne permettent pas d'envisager la découverte d'un élément plus fondamental.

De toute manière, les ISR devraient révéler des phénomènes radicalement nouveaux et si des machines classiques d'énergie plus élevée s'avéraient nécessaires, il conviendrait d'étudier au préalable de nouvelles techniques permettant d'abaisser le coût de leur construction.

Rivalités

L'importance des dépenses nécessaires à la construction d'un nouveau synchrotron nécessite, pour les crédits, l'intervention d'autres secteurs d'activité et, si une telle machine est réalisée collectivement, il y a aussi imputation sur la masse des avoirs nationaux. Aussi bien s'agissait-il de choisir entre une machine plus grande ou, par exemple, de nouveaux locaux universitaires, d'une autre école, d'un autre laboratoire CERN, de la protection de l'environnement ou de la physique des énergies plus élevées. Il est



déplaisant d'exercer des options de cette nature — notamment lorsqu'on s'efforce de concilier la quête de connaissances fondamentales avec les problèmes quotidiens de l'homme de la rue. La défense nationale soulève encore plus de difficultés et les crédits en provenance de ce secteur doivent d'abord être dégagés par les responsables de cette défense.

Le Royaume-Uni a, de son côté, contribué utilement à la solution de ce dilemme en acceptant de participer au nouveau programme du CERN, aux dépens des activités nationales dans le même domaine — voire au prix de la fermeture d'un laboratoire national. Or il est rare que des demandes de crédits publics s'accompagnent de propositions imposant des sacrifices aux auteurs de ces demandes.

Confrontations

Les Gouvernements se trouvent confrontés à un problème sérieux: ils dépendent des savants pour ce qui est de la politique à suivre en matière scientifique, et il est donc extrêmement important que les parties intéressées et les organes consultatifs soient distincts. Dans un domaine aussi limité que la physique des hautes énergies, les conseillers sont inévitablement intéressés et il faut donc qu'ils consentent à des sacrifices pour démontrer leur bonne foi. S'il appartient aux savants de convaincre les politiciens de la sincérité de leurs prétentions, les physiciens du Royaume-Uni y sont parvenus.

Nouvelles du CERN

Il ne fait aucun doute que la création d'une communauté internationale doit être encouragée et que ses institutions et ses centres doivent être financés sans trop de scepticisme quant au résultat final. Une part de foi est nécessaire. Le CERN est heureusement un des meilleurs exemples de collaboration internationale à côté de plusieurs autres laboratoires comme Trieste, Ispra, Grenoble et divers centres d'études spatiales.

Le site

La question de l'emplacement de ces centres est cependant également importante et certaines exigences fondamentales doivent être remplies. Mais la décision finale est essentiellement politique et une juste répartition en Europe est indispensable. C'est loin d'être le cas à l'heure actuelle.

Le site allemand de Drensteinfurt pour l'implantation de l'accélérateur de 300 GeV était séduisant, mais des raisons financières ont fait pencher la balance en faveur du Laboratoire II du CERN. La stabilité assurée au Laboratoire actuel constituait aussi un élément précieux et, de la sorte, on évitait une future pléthore d'installations dans ce domaine ainsi qu'une multiplication excessive du nombre des physiciens. Compte tenu de tous ces aspects, la solution de compromis que représente le Laboratoire II du CERN est satisfaisante.

Le Professeur Heisenberg a conclu en rappelant des réflexions de l'ambassadeur des Etats-Unis à Bonn, lequel, comme beaucoup d'autres, comparait la construction actuelle de machines géantes à usage scientifique à l'érection des pyramides dans l'Égypte ancienne et des cathédrales au Moyen Age. Les hommes de notre époque sont disposés à sacrifier à la déesse des lumières. Mais le pouvoir de ces lumières est limité et nous devons continuer à maintenir notre esprit critique. Une meilleure compréhension entre les peuples doit en résulter ; l'activité du CERN est manifestement propre à remplir les conditions de cet objectif final.

Mesure de la phase éta

Nous avons mentionné dans l'article de notre précédent numéro consacré à la Conférence d'Amsterdam l'expérience en cours au CERN sur différentes mesures relatives au paramètre qui représente le rapport η^{+-} des amplitudes de désintégration en deux pions chargés du kaon à vie longue (K_L) et du kaon à vie courte (K_S), soit respectivement $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$ et $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Ces mesures doivent permettre, du fait que la désintégration K_L en deux pions viole la loi de symétrie conjugaison de charge/parité (CP), d'obtenir des informations plus précises sur la validité d'une théorie se proposant d'expliquer le phénomène de la violation CP par l'existence d'une interaction dite superfaible.

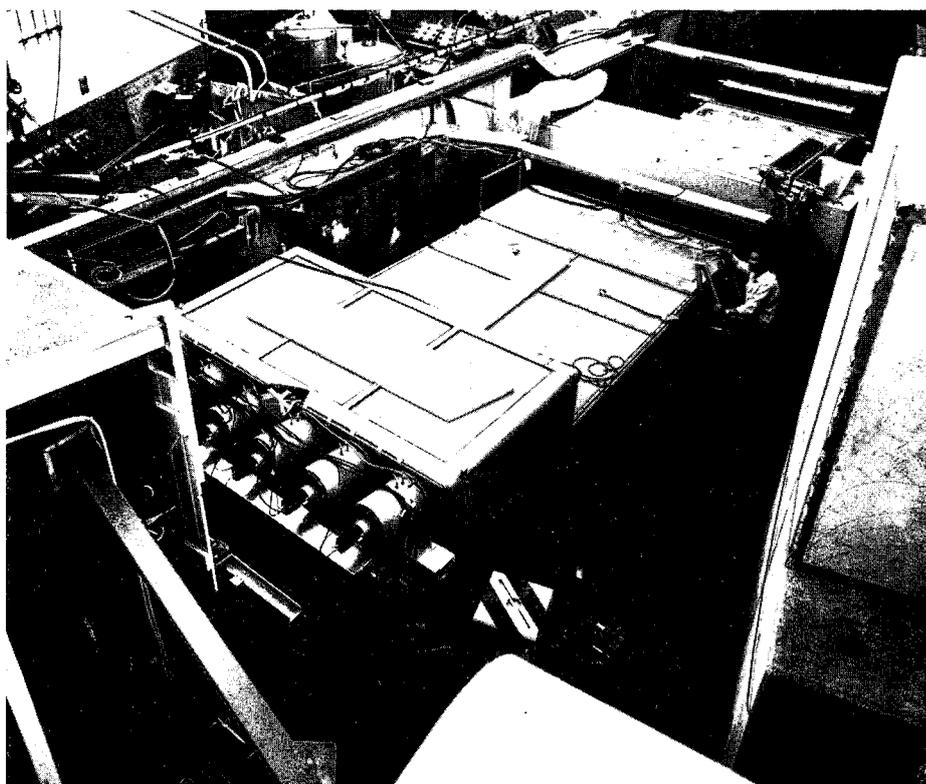
Violation CP

Le K^0 a été à l'origine de maintes découvertes déroutantes et idées nou-

Vue d'ensemble de l'expérience dans le Hall Est : le faisceau vient d'en haut à droite. On distingue deux des trois chambres proportionnelles multifils. Deux sont placées en aval du grand aimant d'analyse de 2,40 m x 0,60 m d'ouverture et une en amont.

velles. Déjà lors de la première observation de la particule, on le qualifia «d'étrange» bien qu'il soit produit à un taux observable par le rayonnement cosmique parce que sa désintégration était lente ($\sim 10^{-10}$ s). Il apparaît ainsi que sa désintégration n'était donc pas due à l'interaction forte qui lui donne naissance. Le phénomène a été expliqué par le postulat (formulé par les Prof. Gell-Mann et Nishijima) selon lequel il existe un nouveau nombre quantique «S» (étrangeté) conservé dans les interactions fortes mais pas dans les interactions faibles. Ce nombre, de même que, par exemple, le nombre de charge, ayant des propriétés additives, l'antiparticule \bar{K}^0 du K^0 se trouve différente du K^0 , mais grâce à l'interaction faible, les transitions $K^0 \leftrightarrow \pi^+ \pi^- \leftrightarrow \bar{K}^0$ restent possibles. Il s'ensuit que le K^0 et le \bar{K}^0 peuvent se mélanger.

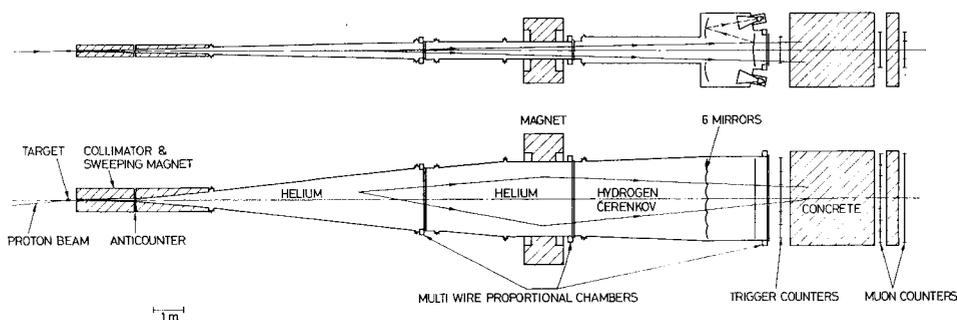
En fait, les particules observées qui ont une masse et une durée moyenne définies ne sont pas des K^0 et des \bar{K}^0 , mais bien des combinaisons linéaires



CERN 162.8.71

Schéma d'ensemble de l'expérience: en haut, vue latérale, en bas vue du dessus. Malgré la largeur de l'appareillage, la matière traversée par les particules n'est que de 0,34 g/cm² de section.

Envers du miroir principal à deux plans du compteur Tchénkov à seuil utilisé dans l'expérience sur la mesure de η^{+-} en cours au CERN. Sa construction imposait deux impératifs apparemment contradictoires: une p'anéité rigoureuse et une très grande transparence vis-à-vis du faisceau. Pour cela, on a utilisé une feuille de mylar aluminisé de 25 μ m d'épaisseur tendue par des tendeurs en corde à piano.



de ceux-ci, appelées actuellement K_S (à vie courte) et K_L (à vie longue).

Avant 1964, on supposait (sur la base des données expérimentales) que la symétrie combinée CP, où C est la conjugaison particule-antiparticule et P l'opérateur de réflexion spatiale (parité), était respectée dans les interactions faibles. Cela signifiait que les particules K_S et K_L ont un nombre quantique CP défini, soit $CP = +1$ pour K_S et $CP = -1$ pour K_L .

Toutefois la découverte de la désintégration $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$ s'ajoutant à la désintégration $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$ mit un terme à la théorie de l'invariance CP dans les interactions faibles: puisque $CP = +1$ pour l'état $\pi^+ \pi^-$, il y a un changement du nombre quantique CP dans la désintégration $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

Depuis lors, les expérimentateurs ont mesuré avec une précision toujours plus grande la probabilité de la désintégration $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$ ainsi que la différence d'angle de phase φ^{+-} entre les amplitudes de désintégration du $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$ et du $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Les processus élémentaires sont représentés par un nombre complexe composé d'une valeur absolue et d'un angle de phase, ce qui est nécessaire pour décrire le caractère ondulatoire des particules.

La connaissance de cet angle φ^{+-} est exigée pour distinguer entre les différents modèles de violation de CP. Un de ceux-ci prévoit l'existence d'une nouvelle force s'exerçant dans la nature, l'interaction «superfaible»; il prédit que $\varphi^{+-} = 43,2^\circ$. D'autres modèles qui font intervenir la violation de CP dans l'interaction faible, donnent pour φ^{+-} des valeurs situées entre 35° et 50° .

Les expériences faites jusqu'à présent n'ont permis de connaître la phase η^{+-} qu'à 4° en raison notamment du trop faible nombre d'événements observés.

Or, les progrès réalisés ces derniers temps avec les CPM (chambres proportionnelles multifils) ont rendu possible le montage d'une expérience qui, par accumulation en un temps réduit de «statistiques» considérables, va permettre de mesurer cette phase à 1 degré près.

Cette expérience due à un groupe CERN-Heidelberg a commencé au CERN (Hall Est) après des préparatifs qui ont duré deux ans. Elle s'est poursuivie pendant six semaines non consécutives et plusieurs autres semaines de prises de données sont encore nécessaires pour la mener à bien (compte tenu du fait qu'elle s'est fixée plusieurs autres buts).

Les CPM utilisées se caractérisent d'une part par leurs dimensions (5400 fils répartis en 6 plans dont les plus grands ont 2,70 m \times 0,90 m) mais aussi du fait que c'est là leur première utilisation dans une grande expérience, à la fois pour la mesure et pour la sélection des événements intéressants. Ces chambres ont un temps de résolution de 40 ns et une efficacité de plus de 99 %. Leur temps de lecture, de 400 ns (alors qu'il atteint 5 ms dans les chambres à étincelles) permet de traiter près de 100 000 «événements-candidats» par giclée du PS (5 \times 10¹⁰ protons sur 400 ms) et d'obtenir couramment, après rejet des «candidats» non désirables, 700 Vo par giclée du PS.

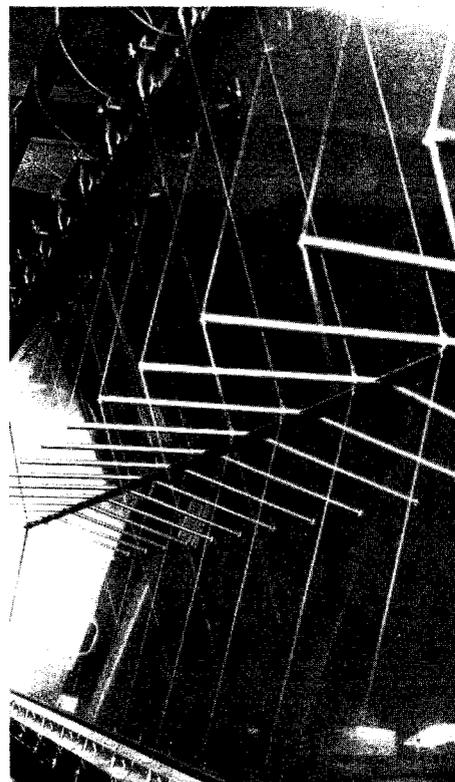
La mesure de la phase φ^{+-} se fait en déterminant la distribution en temps de vie des K^0 , ce qui revient à mesurer la position des points de désintégration des K^0 et leur impulsion.

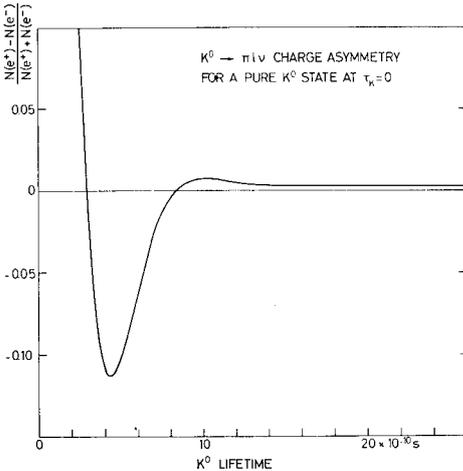
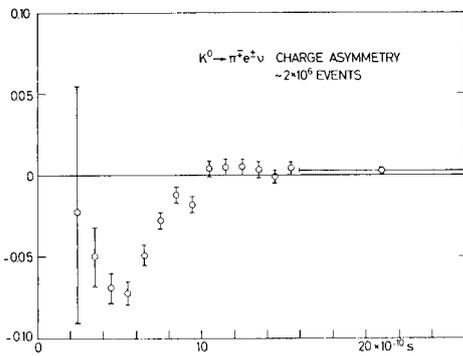
Comme l'indique le plan ci-dessus, l'appareillage comprend une cible de platine dans laquelle arrivent les protons — un collimateur placé dans un champ magnétique — un volume d'hélium destiné à réduire la diffusion multiple — un spectromètre constitué d'un aimant d'analyse à grande ouverture (2,40m \times 0,60 m) associé à 3 chambres proportionnelles multifils (à deux plans de fils chacune), des compteurs à scintillations qui déclenchent la logique de décision et de lecture, puis ouvrent les portes des CPM chaque fois que deux particules passent simultanément dans chacune des moitiés (droite-gauche) du groupe de compteurs — un gros compteur Tchénkov à seuil rempli d'hydrogène à la pression atmosphérique chargé d'identifier les électrons — un blindage de béton destiné à arrêter les

muons — 16 compteurs à scintillations chargés de déceler les muons.

Le mécanisme de l'expérience est le suivant:

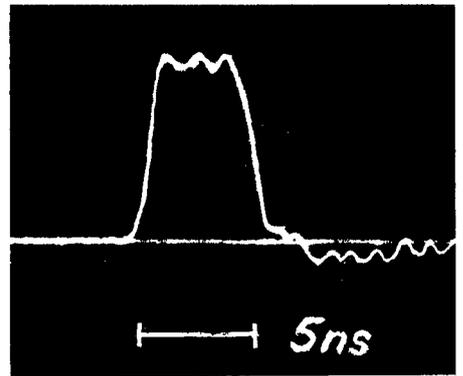
- production de particules diverses par interactions des protons dans la cible;
- élimination au moyen du collimateur de la plupart des particules chargées qui sont déviées par le champ magnétique entourant le collimateur;
- réduction du bruit de fond en orientant la fente du collimateur à 4° par rapport à l'axe du faisceau. Cet angle résulte d'un compromis entre le nombre maximum de K^0 de haute énergie produits et le taux minimum de bruit de fond causé par les protons;
- désintégration dans le volume d'hélium des K^0 en particules qui traversent à la fois les spectromètres et les compteurs de déclenchement;
- mise en mémoire momentanée de tous les événements à 2 particules en coïncidence, cette dernière étant assurée par les 12 compteurs à scintillation;
- début du processus d'enregistre-





Asymétrie de charge dans la désintégration
 $K^0 \rightarrow \pi^+ e^+ \nu$ en fonction du temps de vie
 2×10^6 événements.

Photo d'oscilloscope montrant une impulsion
carrée de 100 kV de hauteur et de 4 ns de
longueur produite par le générateur expérimental
mis au point au CERN.



charge = changement de l'étrangeté).
Jusqu'à maintenant, on a enregistré
un total de 3×10^8 événements inté-
ressant l'expérience dont quelques
millions de $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

L'analyse des données se poursuit
encore, mais l'expérience a déjà
fourni un important résultat : faire
fonctionner un ensemble aussi impor-
tant de CPM et atteindre un taux
d'enregistrement des données 100 fois
plus élevé que les expériences simi-
laires antérieures.

100 kV - 4 ns

Les générateurs hautes tensions d'im-
pulsions très courtes et à temps de
montée et d'extinction inférieur à la
nanoseconde sont susceptibles de
trouver de nombreuses applications,
tant dans l'appareillage des expérien-
ces de physique des hautes énergies
que dans l'équipement des accéléra-
teurs.

Deux chercheurs du CERN, E. Gygi
et F. Schneider viennent d'achever un
générateur expérimental de ce type
capable de produire des impulsions
de 100 kV, 4 ns avec un temps de
montée et d'extinction de 0,6 ns et
une fréquence de répétition de 1 Hz.
Ce générateur a en outre une impé-
dance réduite de 20 Ω , ce qui permet
d'envisager une utilisation en liaison
avec des élévateurs de tension.

Dans son ensemble, le générateur
est classique, c'est-à-dire qu'il com-
prend un circuit de charge (Marx plus
ligne de charge) se déchargeant dans
une ligne de décharge de même impé-
dance caractéristique par l'inter-
médiaire d'un éclateur, mais il diffère
radicalement de ce qui se fait habi-
tuellement en deux points : le temps
de charge très court de la ligne
(40 ns) et la conception particulière
de l'éclateur. Ces deux éléments per-
mettent d'obtenir une tension de
charge pour le moins assez inhabi-
tuelle de 200 kV sur 8 mm, sous une
pression d'une atmosphère ou moins,
alors que dans un éclateur normal,
elle ne dépasserait pas 5 kV pour des
conditions semblables.

Normalement, la tension limite appli-

cable sur les électrodes d'un éclateur
dépend de la distance, de la nature
du gaz et de sa pression, de la forme
des électrodes. Lorsqu'on dépasse un
certain gradient, une décharge se pro-
duit en raison de la présence d'élec-
trons libres entre les électrodes ; mais
si on parvient à éliminer les électrons
libres, on arrive à travailler dans le
domaine « surcritique » et on peut
dans ce cas faire monter la tension
de charge jusqu'à des valeurs 40 fois
supérieures engendrant des temps
extraordinairement courts de montée
de l'impulsion de décharge. L'astuce
est donc d'empêcher la formation
d'électrons libres dont la présence
fait immédiatement passer du domaine
surcritique au domaine critique.

Les sources possibles d'électrons
libres sont :

- les électrons qui s'échappent natu-
rellement de la surface d'un corps
(effets thermiques, chimiques et
d'émission de champ) ;
- les électrons produits par la pré-
sence de rayonnements ionisant le gaz.

Leurs appareils sont basés sur les
principes suivants :

- la nature des électrodes (platine ou
rhodium à la cathode et acier inox à
l'anode), la présence d'un gaz inerte
(argon - 1 atm) — et surtout le temps
de charge très court (40 ns) — per-
mettent de réduire à une valeur néglig-
eable la probabilité de formation
d'électrons libres par les électrodes ;
- les faibles dimensions entre élec-
trodes rendent également très faible
la probabilité de passage de rayons
cosmiques ;
- enfin la forme des électrodes et le
soin apporté à leur réalisation (enro-
bage latéral de caoutchouc aux sili-
cones) sont des éléments complé-
mentaires essentiels.

Ainsi les chances de production
d'un électron libre sont extrêmement
réduites. C'est ce qu'ont démontré les
essais au cours desquels on a pro-
duit 10^5 impulsions avec une charge
de 200 kV.

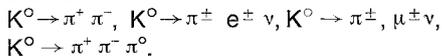
L'établissement d'une onde plane
dans un système d'électrodes de rela-
tivement grande largeur implique la
multiplication des points de décharge.

ment et de décision par la sélection
au moyen de circuits logiques des
chambres de ceux de ces événements
donnant 12 traces dans les CPM (une
trace par moitié gauche-droite de cha-
cun des 6 plans de fils). Il est à noter
qu'en ce qui concerne les fils horizon-
taux, les plans sont divisés en deux
moitiés distinctes suivant une symé-
trie gauche-droite :

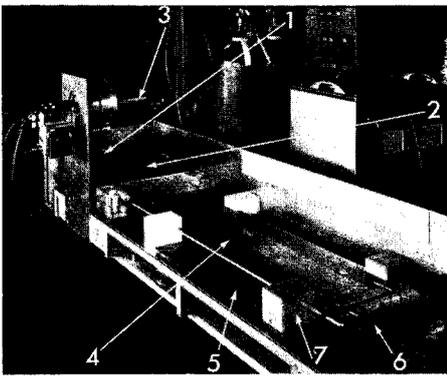
— enregistrement simultané des zones
d'impact des électrons et des muons
produits en même temps que
les traces sélectionnées ;

— les événements passent ensuite
dans la mémoire-tampon d'un calcula-
teur en ligne puis sont définitivement
enregistrés sur bande magnétique.

La phase de l'enregistrement pro-
prement dit est alors terminée ; il
reste ensuite à effectuer le traitement
indirect des données qui permettra
d'identifier séparément toutes les ré-
actions de désintégration des K^0 , c'est-
à-dire :



Cette identification utilise d'une part
les informations fournies par les
compteurs de muons et d'électrons et
d'autre part des programmes de re-
constitution spatiale et cinématique
basés sur les coordonnées des traces
dans les 3 chambres. Les désintégra-
tions de K^0 générateurs de muons et
d'électrons ne sont pas éliminées mais
conservées pour fournir des informa-
tions sur la différence de masse
entre K_S et K_L , et sur la règle de
sélection $\Delta Q = \Delta S$ (changement de



*Vue d'ensemble du générateur d'impulsions :
On a : 1 : Marx ; 2 : réseau de mise en forme
de l'impulsion ; 3 : lampe à ultraviolets ;
4 : électrode intérieure ; 5 partie de l'électrode
de masse ; 6 : résistances finales ; 7 : support
de polyuréthane.*

La réalisation comporte 4 lignes de 80Ω en parallèle réduisant l'impédance à 20Ω .

Un générateur spécial produisant des impulsions brèves d'ultra-violet assure une simultanéité rigoureuse dans la décharge des électrodes.

Du PS au Hall Ouest

Dans le programme d'amélioration du CERN, les deux grandes prochaines étapes sont l'Elanceur et le Hall Ouest. En ce qui concerne le premier les travaux se poursuivent régulièrement comme en témoigne notamment le numéro de juillet du COURRIER CERN.

Par contre, le Hall Ouest et ses annexes qui abriteront non seulement la BEBC mais Oméga et une série d'expériences du PS, a peu fait parler de lui jusqu'à présent, malgré ses dimensions, car il a été utilisé comme hall de stockage et de mesure de différentes pièces entrant dans la composition des ISR. Cependant, on ne l'oublie pas tout à fait comme en témoigne l'achèvement récent de la majeure partie du tunnel TT2_a qui permettra de transférer directement les protons provenant du PS vers les zones de cibles du Hall Ouest.

Ce tunnel, long de 540 m, qui subit des déflexions tant horizontales que verticales et qui passe sous les anneaux des ISR a une conception qui rappelle de près celle des tunnels TT1 et TT2 qui alimentent les deux anneaux. Alors que ces deux derniers ne servent qu'à diriger des faisceaux éjectés rapidement du PS, le TT2_a de même que la portion du tunnel TT2 qui le relie au PS serviront également aux protons éjectés lentement.

Des essais de transfert de protons viennent d'avoir lieu sur 80 % de sa longueur. Les très bons résultats confirment la qualité des techniques d'alignement et de calcul et du matériel utilisé pour TT2 et TT1 (voir vol. 10, pages 280 et 316).

En éjection rapide et en appliquant des courants précalculés, on a obtenu d'emblée en fin de tunnel des points

d'impact distants respectivement de 5 à 15 mm seulement du centre de la chambre à vide et cela pour une oscillation maximum du faisceau de 14 mm par rapport à l'axe de la chambre. Ces écarts ont été ramenés à zéro après réglage.

Quant à l'éjection lente elle pouvait poser quelques problèmes en raison des légères variations de quantité de mouvement (1 % environ) qui ont lieu entre le début et la fin de l'impulsion du PS. Devant l'impossibilité d'obtenir, pour le moment, des protons éjectés lentement, puisque l'éjection n'est pas encore en place, on l'a simulé par de petites variations de quantités de mouvement sur des éjections rapides ; là encore, il est apparu qu'on se situait largement dans les limites de la chambre à vide puisque les écarts maximums n'ont pas dépassé 15 mm.

Enfin, dernier point important, le rayonnement est très faible tout au long du tunnel.

Quant au réseau complet des lignes de faisceau qui parcourront le Hall Ouest, il devrait être mis en place au début de 1972 de façon à être achevé fin avril 1972.

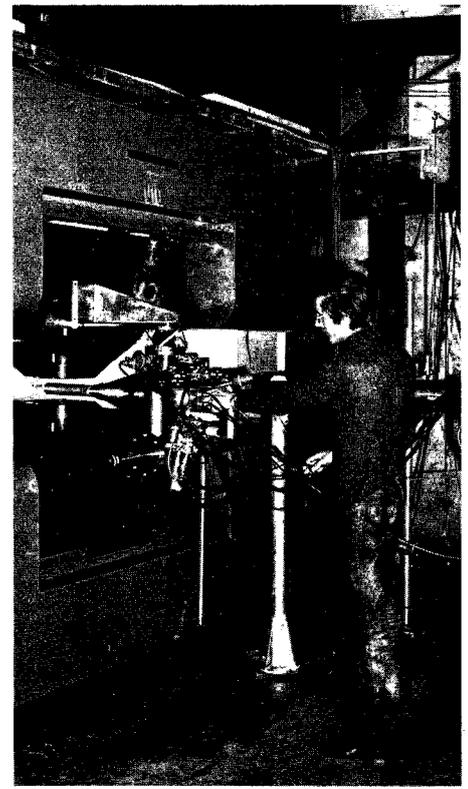
Cible polarisée de 45 cm^3

Les cibles de protons polarisés sont un domaine où l'on enregistre une évolution rapide en raison des progrès réguliers des trois techniques qui leur sont associées :

- températures des cibles
- champs magnétiques élevés (supraconduction)
- utilisation de nouvelles substances.

Le CERN est à plusieurs égards pionnier dans ce domaine et a déjà relaté (cf. COURRIER CERN vol. 9, page 300, vol. 10, page 112) des perfectionnements ayant respectivement trait à l'emploi d'alcools comme substances polarisées, à la polarisation de deutérons, à l'utilisation d'hélium 3 au lieu d'hélium 4 comme réfrigérant dans des systèmes opérationnels.

En dernier ressort, le CERN vient de mettre en service la cible polarisée la plus longue jamais construite (15 cm



CERN 60.6.71

de long et 2 cm de diamètre). On utilise pour cela un nouveau système cryogénique mis en œuvre par J. Vermeulen (assisté des conseils de P. Roubeau de Saclay), comprenant un prérefroidissement à ^4He liquide fonctionnant à $2,5^\circ\text{K}$ associé à un système de pompage très réduit et un cryostat horizontal à ^3He liquide faisant partie d'un circuit de pompage en circuit fermé d'un débit de 200 l/s dont la capacité de refroidissement est de 100 mW à $0,55^\circ\text{K}$.

Par ailleurs, on obtient un champ magnétique de 2,5 Tesla rendu spécialement homogène par l'adjonction de pièces polarisées sur un côté de l'aimant ETH (qui donne normalement 1 Tesla dans un volume de $1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$), comme suite à une proposition de Ö. Runolfsson.

Cette cible est d'autre part conçue pour que le faisceau de particules frappant la cible entre dans l'axe du cryostat ; le faisceau est localisé par deux scintillateurs en coïncidence, placés dans le cryostat à une distance de 8 mm de la cible. Cette disposition offre la particularité de laisser libre un angle très important autour de la cible pour la détection des particules secondaires.

Lors de premiers essais faits en remplissant la cavité de billes de butanol, on a obtenu des polarisations, supérieures à 60 %.

La cible est actuellement mise en service dans une expérience visant à mesurer la polarisation dans la réaction d'échange de charge $\text{K}^- \text{p}$.

Nouvelles des autres Laboratoires

Le budget des laboratoires aux Etats-Unis

Les problèmes financiers qui se posent aux laboratoires de physique des hautes énergies américains se sont aggravés depuis le début de l'année fiscale 1972, commencée le 1^{er} juillet dernier. A l'exception de Cornell, financé par la « National Science Foundation », tous les grands laboratoires sont à la charge de la Commission pour l'énergie atomique (AEC), qui a dû limiter cette année à 116,4 millions de dollars (118,6 l'an dernier) le budget d'exploitation pour la physique des hautes énergies. En outre, des réductions du même ordre grèvent les budgets d'équipement et de construction, ce qui ne va pas sans aggraver la situation.

C'est la deuxième année consécutive que les budgets d'exploitation et de construction subissent des réductions, ce qui les ramène à un niveau proche de celui de 1968 alors que le coût de la vie n'a cessé d'augmenter au cours de ces quatre dernières années. Or ces restrictions interviennent dans un domaine où l'on a l'habitude de prévoir une majoration de quelques pour-cent afin de répondre à la complexité croissante du matériel de recherche, cela sans même procéder à une extension importante des installations ou du programme d'expériences. De grosses économies ont été imposées dans tous les laboratoires, où les installations de recherche sont sous-employées et parfois même dans une large mesure : pour l'accélérateur linéaire d'électrons de 20 GeV, à Stanford, relativement prioritaire, on prévoit actuellement un fonctionnement mensuel moyen de dix-huit jours.

On a l'impression que les choses sont arrivées à un point de gravité extrême et, mis à part le projet concernant les anneaux de stockage de Brookhaven (voir plus loin), il semble évident que, si la tendance se poursuivait, les laboratoires tomberaient en dessous de leur niveau de

viabilité. Et la situation se complique si l'on songe que les crédits d'exploitation du programme de recherche de Batavia proviendront de la même source.

Le Parlement a vivement réagi contre les mesures prises au sujet des travaux effectués sur le synchrotron à protons de 3 GeV de Princeton, qui ont dû être suspendus prématurément en raison de la maigreur des crédits mis à la disposition de la Division des recherches de l'AEC.

On sait que le Comité paritaire pour l'énergie atomique a délibérément imposé des restrictions en comprimant les crédits « d'amélioration » prévus pour les autres laboratoires au cours du prochain exercice. Ce Comité a néanmoins reconnu l'importance de ces crédits de même que le phénomène de « multiplication », provoqué par le montant élevé des coûts fixes d'exploitation, une compression légère des crédits correspondant à une compression massive du programme effectif de recherche. Afin d'éviter toute précipitation dans l'avenir, le Comité paritaire a demandé à l'AEC de réexaminer, d'ici la fin de l'année en cours, la situation des laboratoires et d'établir si possible un ordre de priorité. Cette étude est manifestement destinée à permettre une planification à plus long terme, rendue actuellement difficile avec le principe de l'annualité budgétaire qui morcelle les programmes en tranches successives. Le résultat évident contraindrait d'autres laboratoires soit à renoncer à Princeton, soit à changer d'activité, ce qui ne serait pas nécessairement un

Dans son rapport présenté au Parlement, le Comité paritaire pour l'énergie atomique fait les observations suivantes sur la physique des hautes énergies :

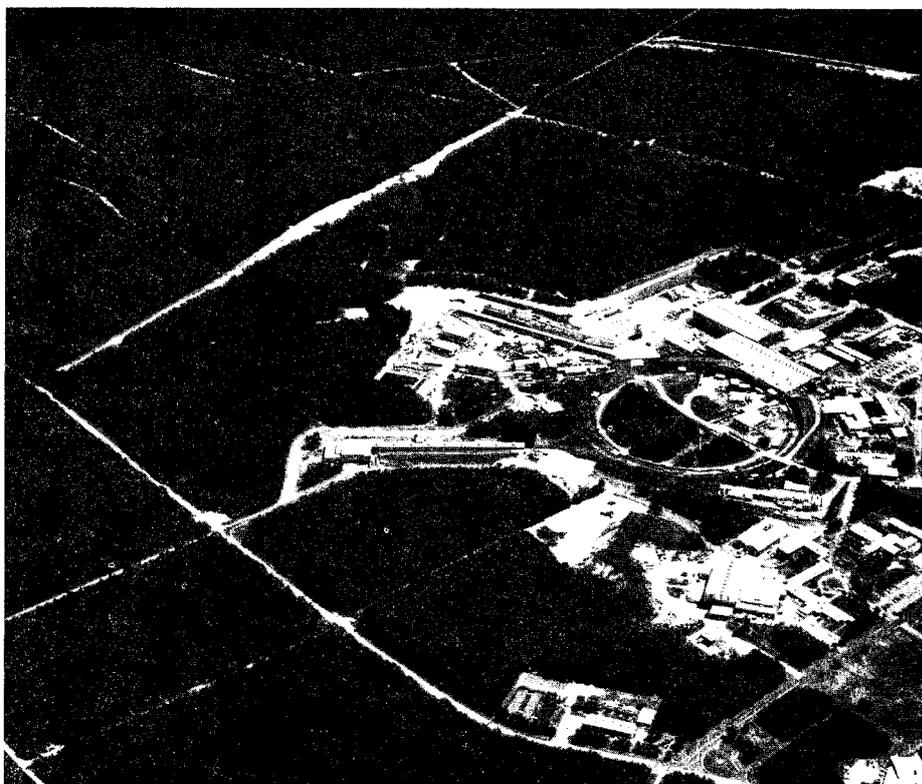
« L'accélérateur de Princeton-Pennsylvanie fait actuellement relâche. Le Comité relève que, malgré les efforts considérables faits par l'Université de Princeton et par l'Université de Pennsylvanie en vue d'obtenir des crédits nécessaires au maintien en fonctionnement de cet accé-

lérateur moderne, le Gouvernement ne semble guère préoccupé de poursuivre son concours financier. Le Comité estime que cet accélérateur — installation relativement nouvelle qui coûte au Gouvernement fédéral quelque 41 millions de dollars — pourrait fort bien être transformé en un accélérateur d'ions lourds, instrument essentiel pour l'étude et la thérapeutique du cancer.* Le Comité s'est étonné d'apprendre que la Fondation Fannie Ripple, de Newark (New Jersey), qui a offert 230 000 dollars à cet effet, restait le seul bailleur de fonds. Il n'a pas connaissance d'une offre semblable d'aucune administration fédérale, bien que, d'après des déclarations récentes, le développement des recherches contre le cancer constituait maintenant un objectif national.

» Le Comité a noté avec satisfaction les progrès réalisés par M. Wilson et son équipe dans la conception et la construction de l'accélérateur de 200 GeV du Laboratoire national de Batavia, malgré des crédits strictement limités. Il a relevé en particulier l'éventualité d'un « duplicateur d'énergie » que permettrait l'application d'une technologie cryogénique. Cette réalisation porterait à 1000 GeV l'énergie de l'accélérateur. Aussi, le Comité invite M. Wilson et ses collaborateurs à effectuer, au cours du prochain exercice budgétaire, les études nécessaires pour définir clairement la portée de cette réalisation et pour préciser si l'introduction de ces duplificateurs peut se faire dans les limites des 250 millions de dollars autorisés pour le projet.

» Par ailleurs, le Comité s'inquiète de l'avenir des cinq accélérateurs de haute énergie financés actuellement par l'AEC (à savoir Argonne, Berkeley, Brookhaven, Cambridge et Stanford) lorsque celui de 200 GeV fonctionnera à plein régime. Le budget attribué à la physique des hautes énergies a régulièrement décrû au cours des dernières années et l'on a dû adopter, dans chacun de ces laboratoires, des tableaux d'exploitation inférieurs au niveau optimum. L'im-

Vue récente du site du synchrotron à gradient alterné de Brookhaven (33 GeV). A gauche de l'anneau, le nouvel accélérateur linéaire de 200 MeV qui alimente le synchrotron et fournit des protons destinés à la recherche médicale et biologique ainsi qu'à la production d'isotopes. Dans la partie supérieure de l'anneau se trouvent les deux grands bâtiments de la zone d'expérimentation Est. A gauche de ces bâtiments, on voit la nouvelle ligne du faisceau de neutrinos qui alimentera la chambre à bulles rénovée de 2,1 m et, dans les bois en haut et à gauche, l'emplacement éventuel des anneaux de stockage de 200 GeV actuellement à l'étude. (Photo BNL)



portance des coûts fixes fait que toute compression des crédits d'exploitation réduit nécessairement la durée de fonctionnement de ces accélérateurs. Par conséquent, elle réduit dans une proportion supérieure les travaux de recherche.

» Quand il fonctionnera à plein régime, l'accélérateur de Batavia exigera chaque année, pour son exploitation, de 60 à 70 millions de dollars y compris les crédits destinés aux utilisateurs extérieurs. Cette somme représente plus de la moitié du budget demandé en 1972 pour l'ensemble de la physique des hautes énergies. De plus, les installations et le gros équipement du même accélérateur peuvent absorber chaque année quelque 25 millions de dollars. Il faut donc, si l'on veut financer convenablement Batavia ainsi que les cinq autres laboratoires, réviser complètement la politique de restriction des crédits accordés à la physique des hautes énergies. A cet effet, si les priorités budgétaires interdisent le relèvement nécessaire, le Comité se doit de prévenir toute dispersion excessive des crédits fédéraux qui seraient accordés à la physique des hautes énergies. En conséquence, il recommande à l'AEC d'examiner soigneusement le budget minimum nécessaire à chacun des laboratoires dotés d'un accélérateur de haute énergie, y compris celui de Batavia. Il demande également à l'AEC de dresser une liste des accélérateurs à fonctionnement prioritaire pour le cas où les crédits futurs seraient inférieurs au minimum vital de chacun des six laboratoires.»

BROOKHAVEN

Anneaux de stockage de 200 GeV ?

A mesure que le projet de conversion du synchrotron à gradient alterné de 33 GeV touche à sa fin avec la mise en place de la quasi-totalité des éléments, l'attention se porte peu à peu vers l'étude des perspectives de développement des installations de recherche à hautes énergies du Labo-

rotoire. Les expérimentateurs et physiciens de la machine commencent à étudier la possibilité de construire des anneaux de stockage de très haute énergie, accouplés à l'AGS et utilisant des aimants supraconducteurs.

C'est ce mois-ci (août) que l'AGS doit recommencer à fonctionner après une longue période d'arrêt. Il sera alimenté par le nouvel accélérateur linéaire de 200 MeV, privé au départ de son dégrouppeur. Grâce à l'élévation de l'énergie d'injection, on espère accélérer dès la fin de l'année des faisceaux de 5×10^{12} protons par impulsion et pousser finalement jusqu'à 10^{13} ou plus. Le linac a un fonctionnement très fiable et il a fourni pendant plusieurs semaines des protons destinés à des expériences médicales et biologiques. Les préparatifs en vue d'une utilisation des faisceaux de 200 MeV pour la production d'isotopes sont en bonne voie. L'alimentation du synchrotron alternera avec ces autres activités. On aura recours à l'injection sur plusieurs tours et les intensités élevées (proches de 100 mA) fournies par le linac permettront une accumulation à la fois horizontale et verticale. L'injection doit s'effectuer pratiquement sans perte. On a déjà pu constater avec quelle facilité le faisceau pouvait brûler l'appareillage de la ligne de faisceau en le heurtant. Quant à l'accélération de deutérons dans le linac, des essais ont été effectués au mois de juillet en vue d'une éventuelle accélération dans le synchrotron à la fin de l'année prochaine. Cette accé-

lération est destinée à produire, s'il y a lieu, des deutérons de haute énergie pour le programme expérimental.

Parmi les principales modifications apportées à l'anneau pendant la période d'arrêt, on peut citer l'installation d'un nouveau système à vide, de nouveaux supports d'aimants et de nouvelles bobines de correction. La nouvelle alimentation magnétique fonctionne depuis un certain temps déjà. Elle a fourni, par seconde, environ une fois et demie le courant moyen produit par la vieille alimentation. Les nouvelles cavités HF ne sont pas encore achevées du fait de la livraison tardive de la ferrite. Elles doivent permettre un taux d'accélération plus élevé et auront une déviation de fréquence plus faible en raison de l'élévation de l'énergie d'injection.

Avant son arrêt, le synchrotron fournissait des particules destinées à un vaste programme expérimental. Des faisceaux alimentaient une petite chambre à bulles (30/31 pouces, soit 76/79 cm), la chambre à hydrogène de 2,03 m (80 pouces) un faisceau de neutrinos desservait la chambre à hydrogène de 2,1 m. Trois faisceaux, issus d'une cible interne, servaient aux expériences électroniques. Des faisceaux de bonne qualité, comprenant un faisceau d'hypérons, un faisceau de muons et un faisceau destiné à l'étude des atomes exotiques, étaient obtenus à partir du faisceau éjecté lentement qui alimentait des expériences dans la zone Est et dans sa nouvelle extension. Le rendement du faisceau éjecté lente-

ment atteint 85 à 90 % ; on tentera de l'améliorer en utilisant un septum à fils. Ce dernier fonctionne généralement en parallèle avec la cible interne sans trop d'inconvénients pour le rendement.

La chambre de 2,1 m est en train d'être déplacée de son point d'essai en un endroit plus éloigné de l'anneau où il sera possible de l'alimenter grâce à un système de faisceaux plus souple. Ce déplacement n'entraîne aucune perte de temps pour la physique avec la chambre car une série de modifications se sont révélées nécessaires. Il s'agit principalement de doubler le diamètre du piston, ce qui permettra de résoudre les problèmes posés par la grande vitesse du liquide, d'installer un nouveau système d'étanchéité du piston et de transformer le principal échangeur de chaleur. On espère que la chambre pourra être refroidie à nouveau en automne 1972.

Paradoxalement, alors que le projet de conversion et les améliorations aux installations d'expérimentation sont en voie d'élargir le programme expérimental, le budget du Laboratoire est tombé à son niveau d'étiage et les crédits disponibles ne suffisent plus au maintien du programme mis en œuvre avant l'exécution des améliorations. On conserve néanmoins l'espoir qu'après l'exercice financier en cours, qui a débuté le 1^{er} juillet, la situation sera rétablie et que les programmes de recherche des laboratoires du pays retrouveront une nouvelle vigueur. C'est dans cet espoir sans doute que l'on étudie actuellement les possibilités qu'offriraient les anneaux de stockage de très haute énergie.

La mise en marche de l'accélérateur de Batavia fait perdre à Brookhaven sa première place dans le pays en matière de physique des hautes énergies. Et c'est à Batavia qu'il serait logique de chercher à atteindre des énergies plus élevées avec un synchrotron supraconducteur. On sait que les synchrotrons supraconducteurs ont été étudiés à Brookhaven où une partie des recher-

ches de pointe sur les aimants supraconducteurs pulsés est en cours (voir le numéro de mai, en page 123). Mais c'est à Batavia, où l'on dispose d'un injecteur de plusieurs centaines de GeV et d'un tunnel de grand diamètre renfermant des installations d'expérimentation très poussées, que cette réalisation serait la plus économique. Des études préliminaires, portant sur l'adjonction d'un anneau supraconducteur (le « duplicateur d'énergie »), viennent d'y être entreprises. Parallèlement, pour compléter une telle installation, et pour la surpasser en matière d'énergie « utile » de pointe (tout en bénéficiant de moins de possibilités d'expérimentation) l'intérêt s'est maintenant porté à Brookhaven sur les anneaux de stockage supraconducteurs. Ce projet a été soutenu avec insistance par J. P. Blewett et le fonctionnement très satisfaisant des ISR au CERN lui a donné un nouvel élan.

Le projet d'anneaux de stockage de 200 GeV (fournissant une énergie utile équivalente à celle d'un accélérateur classique de 80 TeV) se présente à peu près comme suit : chaque « anneau » se compose de deux demi-cercles de 225 mètres de rayon occupés par des aimants (avec quelques petites sections droites) reliés par deux très longues sections droites (300 mètres). Les demi-cercles des deux anneaux séparés peuvent être placés très près l'un de l'autre, dans le plan horizontal, ou être superposés. La circonférence de l'ensemble serait de 2 km (soit deux fois et demie celle de l'AGS).

L'AGS alimenterait les anneaux en protons à l'énergie de 30 GeV tandis que les cavités h.f., situées dans les anneaux, porteraient l'accélération à 200 GeV. Cette accélération ne se fera que très lentement (durant une centaine de secondes ou davantage) afin de ne pas forcer sur le temps de montée du champ magnétique supraconducteur ni sur le taux de transfert énergétique en provenance et en direction de leurs alimentations. Les champs magnétiques de crête pourraient atteindre 4 T dans les

dipôles et 1 T/cm dans les quadrupôles pour une ouverture de 5 cm ou plus.

Un problème majeur consiste, bien entendu, à accumuler dans les anneaux de stockage des faisceaux d'intensité élevée de façon à obtenir des taux d'interactions suffisants au cours des collisions. Une solution permettrait de grouper en paquets les protons circulant dans l'AGS et de transférer successivement ces paquets de manière qu'ils orbitent côte à côte dans les anneaux de stockage.

Quand le projet de conversion sera achevé, on prévoit que l'AGS accélèrera environ 10^{13} protons par impulsion. Au niveau de $1,7 \times 10^{13}$ protons par impulsion, le courant circulant atteindra 1 A mais il sera réparti entre les paquets de protons occupant un dixième de la circonférence. Dans les paquets eux-mêmes, le courant pourrait donc s'élever à environ 10 A (la moitié des courants nominaux obtenus aux ISR). Malheureusement, le fait de transférer un par un les paquets depuis l'AGS, de façon à ce qu'ils se retrouvent côte à côte dans les anneaux, impose une forte sollicitation du système de commutation des aimants d'éjection et d'injection — ce qui est irréalisable dans l'état actuel de la technique. Il semble cependant que certaines manipulations du faisceau dans l'AGS permettraient de regrouper les protons en un paquet unique. L'accumulation dans les anneaux de stockage (comme dans les ISR) porterait le courant emmagasiné au-delà de 10 A. Mais pour conserver sa souplesse au système HF, la diffusion en énergie doit être bien inférieure à celle qui est tolérée aux ISR et l'application d'un programme d'injection pour l'accumulation sera probablement limitée.

Dans les longues sections droites, les faisceaux seraient amenés à se croiser sous de très faibles angles, ou à se confondre. Etant donné les fonctions focalisante et défocalisante des quadrupôles précédant les sections droites, il serait possible de faire coïncider les deux faisceaux au centre de la section droite. Grâce à

Satisfaction après la réussite de l'essai à 100 MeV du LAMPF. On salue le champagne, fourni par Louis Rosen, Directeur du LAMPF, et son épouse Mary. Au premier plan : Dr Donald Hagerman, Dr Thomas Putnam, Dr Edward Knapp et Dr Donald Swenson, se préparent à faire sauter les bouchons. Au fond, on aperçoit le couple Rosen entre Putnam et Knapp.

Affiche en bordure de la route de Los Alamos et qui confirme le succès des premiers essais du LAMPF.



l'existence de ces longues lignes droites, on pourrait donner au dispositif d'expérimentation une grande souplesse. En outre, on projetterait de provoquer dans un avenir plus lointain des collisions entre des faisceaux d'antiprotons, de deutérons et d'électrons.

LOS ALAMOS LAMPF : 100 MeV

Avec 10 jours d'avance sur le calendrier, l'accélérateur linéaire de protons de 800 MeV du « Los Alamos Meson Physics Facility » (LAMPF), conçu pour la production massive de mésons, a produit le 21 juin un faisceau de 100 MeV dans les deux premiers de ses trois étages d'accélération.

La mise en service de l'ensemble de l'accélérateur est prévue pour juin 1972, les expériences devant commencer en janvier 1973. Les essais à 100 MeV confirment la validité des grandes innovations qu'il a fallu incorporer au projet pour en augmenter le taux d'utilisation et la puissance moyenne



d'un facteur de 10 par rapport aux précédents accélérateurs à tubes de glissement.

Pour un courant de faisceau de crête de 16 mA, le courant moyen du faisceau a été de 10 μ A. Le faisceau n'a toutefois donné ni le taux d'utilisation maxi de 6 %, ni l'intensité moyenne prévue de 1 mA en raison de la radioactivité induite dans le tunnel.

Au cours de l'essai du 21 juin et des essais suivants, l'injecteur Cockcroft-Walton de 750 keV, l'installation de transport de faisceau, et les quatre cavités de la section de type Alvarez terminée ont été essayés. Il y a un peu plus d'un an, le 10 juin 1970, un premier faisceau de 5 MeV avait été envoyé dans le premier étage du LAMPF, ce qui avait permis de vérifier l'injecteur, l'installation de transport de faisceau et la première cavité de la section Alvarez. Le prochain grand essai du LAMPF aura lieu cet automne lorsqu'une partie de la section à cavités latérales couplées, mises au point à Los Alamos par le Dr Knapp et le Dr Darragh Nagle, sera utilisée pour accélérer des protons pour la première fois. Pour cet essai, l'énergie du faisceau sera de 211 MeV.

ARGONNE Le ZGS

Le programme expérimental du synchrotron à gradient nul (ZGS) de 12 GeV bat de nouveau son plein après la réparation de la défectuosité d'une bobine d'aimant (voir le numéro de juin, en page 163). Ce programme comprend les expériences suivantes :

— l'étude du spectre de masse pion-éta, en utilisant des chambres à étincelles optiques pour observer l'interaction $\pi^- p \rightarrow \eta \pi^- p$;

— l'examen détaillé de la région de masse du méson A2 ; les deux versions chargées du A2 sont observées par le biais de leur désintégration en deux kaons ; le but est de réunir de nouvelles preuves concernant le dédoublement du A2 ;

— l'étude, à l'aide de chambres à étincelles à fils, de la section effi-

cace différentielle de la diffusion élastique de kaons positifs sur des protons (de 1 à 1,5 GeV/c par tranches de 50 MeV/c), en vérifiant les récentes analyses en déphasage et l'éventualité d'une résonance $Z_1(1900)$;

— la mesure de la section efficace différentielle de l'interaction entre un kaon neutre et un proton donnant un kaon positif et un neutron dans la gamme de 0,5 à 1 GeV/c ;

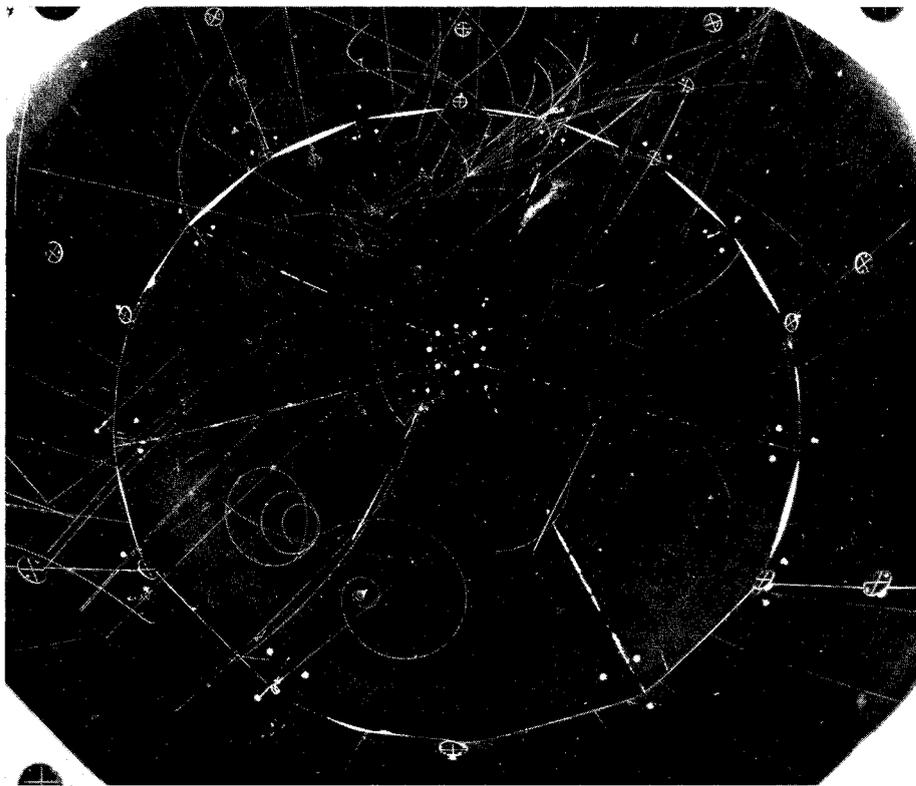
— la mesure de haute précision de l'asymétrie de charge dans la désintégration du kaon neutre en trois leptons (y compris un électron) pour vérifier de manière très précise la règle $\Delta S = \Delta Q$;

— des études sur la production de mésons à partir d'interactions pion-proton et kaon-proton, à l'aide d'un spectromètre de chambres à étincelles à grande ouverture et haut pouvoir de résolution ;

— l'étude des réactions donnant kaon neutre-lambda et kaon neutre-sigma dans la gamme de 3 à 6 GeV/c, à l'aide d'un spectromètre pratiquement identique.

Toutes ces expériences sont alimentées en particules par le « faisceau externe de protons I » (EPB I) qui s'étend maintenant dans une nouvelle annexe. Argonne est doté d'un système de cibles inhabituel : on fait passer le faisceau éjecté de protons à travers des cibles minces pour produire des faisceaux secondaires qui aboutissent dans une cible épaisse. Le passage à travers ces cibles quasiment transparentes ne nuit pas beaucoup au faisceau de protons sortant du point de vue de l'optique ultérieure. Jusqu'à huit faisceaux ont été obtenus simultanément avec cette méthode qui permet une utilisation efficace de la machine dans les conditions actuelles de fonctionnement, lesquelles ne permettent pas de recourir à l'éjection lente dans deux zones expérimentales à la fois (nous reviendrons sur ce point plus tard).

Le « faisceau externe de protons II » (EPB II) alimente une expérience



Une belle photo des traces produites par des interactions de protons de 12 GeV/c dans la chambre à hydrogène de 3,65 m d'Argonne, et qui démontre le niveau de perfection des photographies obtenues actuellement. On distingue très bien un événement à deux branches se transformant en deux gammas, un événement à quatre branches avec une étoile neutronique à cinq branches (une désintégration donnant un pion, un muon et un électron sur une branche), un événement à dix branches avec désintégration de kaon. La chambre a permis de prendre 250 000 photos de neutrinos dans l'hydrogène. Remplie de deutérium, elle permettra de poursuivre l'expérience neutrino en récoltant encore un million de photos.

visant à étudier la masse manquante neutre dans la gamme située entre 1,4 et 2,8 GeV ; au cours de cette expérience, il s'agira aussi de rechercher des particules à charge double (un faisceau de pions positifs plutôt que négatifs sera utilisé) de 1,1 à 1,8 GeV. L'EPB II fournit également des kaons neutres à une expérience sur la violation CP dont le but est d'étudier la dépendance en fonction du temps des deux désintégrations pioniques du K^0 et du \bar{K}^0 .

Une cible interne fournit un faisceau neutre (sous un angle de 7°) pour des mesures de polarisation dans la diffusion neutron-proton par échange de charge de 4 à 12 GeV/c ; à cet effet, il est fait appel à une cible polarisée améliorée et à un spectromètre de chambres à étincelles à fils.

La chambre à hydrogène de 3,65 m est la seule chambre à bulles actuellement en service à Argonne. (La chambre de 30 pouces a été transférée à Batavia ; on procède en ce moment à son montage afin que le refroidissement puisse avoir lieu le 15 octobre et que les travaux de physique puissent commencer en novembre). Les performances de la chambre sont jugées très satisfaisantes et l'aimant supraconducteur notamment fonctionne de manière parfaite. Le système de détente a été amélioré et les problèmes de vide dus aux vibrations ont été résolus. Le problème des interactions produites dans le volume visible par des neutrons thermiques qui y pénétraient a été éliminé grâce à la mise en place

d'écrans extérieurs en cadmium. Pour obtenir une intensité uniforme sur tout le film de la chambre à bulles, des filtres spéciaux peints à la main ont été insérés dans l'optique de la chambre (ce qui a fait dire à W.-T. Welford que l'art et la science « faisaient bon ménage ») et se sont révélés très satisfaisants. On peut juger de la qualité des clichés obtenus d'après la photo ci-dessus. A la fin de l'expérience neutrino, qui aura permis de prendre un quart de million de clichés dans l'hydrogène, il est prévu de remplir la chambre de deutérium en septembre. Pendant la durée de l'expérience neutrino, la chambre à bulles accapare à pleine énergie toute l'intensité que le ZGS peut fournir (à l'exception d'un petit faisceau destiné à l'expérience $\Delta S = \Delta Q$).

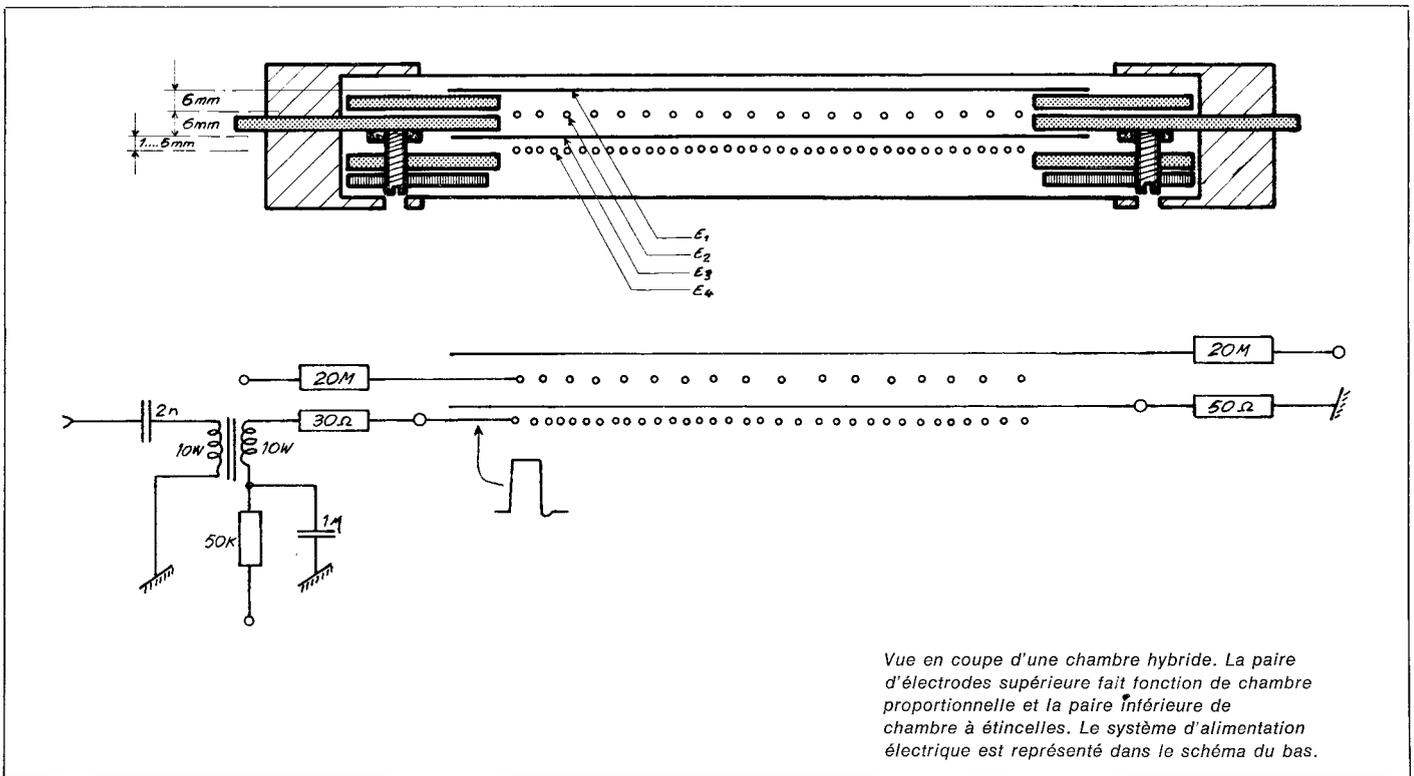
Améliorations de la machine

L'accélérateur a fonctionné avec une intensité moyenne de l'ordre de 2×10^{12} protons par impulsion, chiffre légèrement inférieur, pour quelque raison obscure, à l'intensité normale (environ $2,4 \times 10^{12}$). Au cours de l'expérience avec les neutrinos, le cycle de la machine ne comprend pas de palier et le taux de répétition est d'environ une impulsion toutes les trois secondes. Quand les faisceaux éjectés lentement sont en service, le palier est généralement de 700 ms.

Une longue période d'arrêt du ZGS est prévue au début de l'an prochain pour permettre l'installation de nouvelles chambres à vide en

titane. Elles remplaceront les chambres actuelles, en acier inoxydable ondulé, dont les ondulations étaient remplies de résine époxy qui, depuis un certain temps, présente des signes de dégradation due aux radiations (écaillages et boursofflures). Les nouvelles chambres ont des ouvertures suffisantes pour loger 42 enroulements polaires dont 28 serviront à corriger le champ et les 14 autres à produire une résonance 2/3 destinée à l'éjection lente. Il sera ainsi possible de faire fonctionner simultanément les deux systèmes d'éjection lente, ce que ne permet pas l'éjection actuelle en résonance entière. On estime à quatre mois le temps nécessaire à l'installation et il faudra deux autres mois pour se familiariser avec le fonctionnement de la machine avant de reprendre le programme de physique.

Une autre amélioration du ZGS sera probablement l'installation de l'élanneur de 200 MeV (dont les essais encourageants ont été décrits dans le numéro de juin, en page 164). Cet élanneur permettra de porter l'intensité du ZGS à 10^{13} protons par impulsion ou davantage. On s'occupe actuellement de la chambre à vide de l'élanneur. Il devrait fonctionner à nouveau en septembre et, espérons-le, atteindre 200 MeV. Les travaux se poursuivent sur les divers éléments requis pour l'injection d'ions d'hydrogène négatifs dans l'élanneur (y compris certains perfectionnements techniques majeurs tels que la récupération d'un verre en carton retransché sur une position stratégique dans un tube de transfert de faisceaux). Cependant, les nouveaux essais ne pourront commencer en septembre qu'en fonction du succès de l'injection des ions d'hydrogène négatifs dans le ZGS, ce qui permettrait d'alimenter alternativement le synchrotron injecteur et le ZGS. Un dispositif d'épluchage très complexe est prêt à être installé dans le ZGS ; grâce à un système de substitution automatique, on pourra utiliser jusqu'à 100 feuilles minces sans arrêter la machine. Si tout se passe bien, on



Vue en coupe d'une chambre hybride. La paire d'électrodes supérieure fait fonction de chambre proportionnelle et la paire inférieure de chambre à étincelles. Le système d'alimentation électrique est représenté dans le schéma du bas.

espère que dans un an environ l'injection à 200 MeV dans le synchrotron deviendra une opération courante.

KARLSRUHE Chambres hybrides

Le détecteur appelé « chambre hybride », qui essaie de combiner les avantages de la chambre proportionnelle et ceux de la chambre à étincelles, a été décrit dans l'article relatif à la Conférence sur l'instrumentation de Doubna (vol. 10, page 275). On y rendait compte des travaux de son inventeur, J. Fischer et al. (Brookhaven). Depuis lors, un groupe de Karlsruhe, dirigé par V. Bohmer et H. Schopper, a mis au point des chambres hybrides et quatre d'entre elles, qui font partie de l'appareillage d'une expérience sur la diffusion neutron-proton au PS du CERN, seront utilisées pour la première fois ce mois-ci (août).

La chambre proportionnelle inventée au CERN offre par rapport aux chambres à étincelles classiques l'avantage d'une résolution en temps sensiblement meilleure (inférieure à 100 ns) et permet d'arriver à des taux de comptage bien supérieurs (environ 10^6 par seconde). Dans les chambres classiques, il faut de 0,5 à 1 μ s pour la mémorisation (transmission des signaux, temps nécessaire au système électronique et aux compteurs pour la sélection des événements, application de l'impulsion à haute tension qui « matérialise » sous la forme d'une étincelle la trace d'une particule char-

gée), ce qui est bien supérieur à la résolution en temps de la chambre proportionnelle. Toutefois, la chambre à étincelles présente l'avantage d'une meilleure résolution spatiale (la position de la particule est déterminée à moins de 0,3 mm près au lieu de 1 à 2 mm) et notamment de disposer de systèmes de lectures moins coûteux. Les systèmes de lecture à tores de ferrite ou magnétostrictifs sont bien moins coûteux que l'amplification qu'exige la chambre proportionnelle pour chaque fil, dont le coût est au minimum de 20 Fr. s. par fil.

La « chambre hybride » se compose d'une chambre proportionnelle et d'une chambre à étincelles, séparées par un intervalle de dérive. L'information fournie par la chambre proportionnelle est transférée dans la chambre à étincelles d'où elle est lue. Quatre électrodes sont enfermées dans un volume rempli de gaz. Le schéma ci-dessus montre que la chambre proportionnelle est constituée par les électrodes 1 et 2. Le passage d'une particule chargée libère des électrons qui passent, sous l'effet de la différence de tension statique appliquée entre les électrodes, à l'électrode 2 constituée d'un plan de fils, créant une avalanche dans le voisinage immédiat d'un fil. Certains électrons de l'avalanche n'atteignent pas le fil mais subissent l'effet d'un champ dans l'intervalle de dérive qui les attire aux plans de fils des électrodes 3 et 4. Ce champ et la largeur de l'intervalle sont choisis de manière que pendant la dérive de

l'avalanche la logique électronique ait le temps de décider s'il convient d'enregistrer les événements. Dans l'affirmative, une impulsion à haute tension est appliquée entre les électrodes 3 et 4 juste au moment où le nuage électronique est présent. L'amplitude de l'impulsion est assez faible pour qu'il ne se produise pas d'étincelle dans les traces des particules chargées individuelles, mais seulement là où se trouve l'avalanche électronique. Le temps nécessaire à la mémorisation de la trace ne détermine plus la résolution en temps qui ne dépend que de la longueur de l'avalanche et de la forme de l'impulsion à haute tension.

Dans la chambre hybride de Karlsruhe, les électrodes 1, 3 et 4 sont constituées de fils de 0,1 mm de diamètre espacés de 1 mm. L'électrode 2 est constituée de fils en tungstène de 35 μ m de diamètre, espacés de 2 mm. L'écartement entre les électrodes pour 1-2 et 2-3 est d'environ 6 mm et entre 3-4 il peut varier de 1 à 5 mm. La surface utile est d'environ 0,3 m \times 0,3 m.

Les essais avec les chambres ont donné les résultats suivants. La meilleure résolution en temps (environ 100 ns) a été obtenue lorsqu'on a utilisé un mélange gazeux de néon, d'hélium et d'argon que l'on avait fait passer à travers du méthanol ou de l'éthanol à la température ambiante. Malheureusement, il était alors impossible de déterminer le pouvoir de discrimination (c'est-à-dire dans quelle mesure la chambre distingue

les traces voulues des indésirables), le temps laissé à l'avalanche électronique pour atteindre la section de chambre à étincelles étant trop court. Pour y remédier, on a essayé de diminuer la puissance du champ qui attire les électrons à travers l'intervalle de dérive, mais alors l'efficacité de détection a aussi été réduite (probablement par suite d'une plus forte diffusion et de pertes d'électrons dans l'intervalle de dérive). En réduisant la teneur en alcool ajoutée, au détriment de la résolution en temps (120 ns), on a pu étudier le pouvoir de discrimination et il a été démontré que celui-ci dépendait fortement de la distance entre les électrodes 3 et 4.

L'efficacité de détection a été mesurée pendant que l'on faisait varier

la tension appliquée à la chambre proportionnelle (entre les électrodes 1 et 2) ; on constate un plateau maximum atteignant 60 à 80 V qui est assez étroit mais qui suffit pour un bon fonctionnement. Lorsqu'on élève la tension, les étincelles qui se produisent entre les électrodes 3 et 4 ont tendance à revenir vers la région de la chambre proportionnelle. Des claquages spontanés se produisent aux tensions supérieures. L'efficacité de détection est aussi affectée par l'amplitude de l'impulsion à haute tension appliquée à la chambre à étincelles (entre les électrodes 3 et 4). Un accroissement de 50 V par exemple peut porter l'efficacité de 93 à 95 %, mais l'enregistrement des traces individuelles au lieu des avalan-

ches voulues augmente alors de 4 à 8 %.

De nouvelles améliorations sont à l'étude : essais avec différents mélanges gazeux, réduction de la distance entre les électrodes 1 et 2 et réduction à 1 mm de l'entrefer dans l'électrode 2.

Dans l'ensemble, les essais ont montré que la résolution en temps de la chambre hybride est comparable à celle de la chambre proportionnelle et que son système de lecture est simple et peu coûteux, comme celui de la chambre à étincelles. Ces chambres pourraient avoir un avenir prometteur dans les systèmes de détection où les taux de comptage exigés sont de l'ordre de 10^4 par seconde.

RELIABLE TEMPERATURE CONTROL

of plastics machinery, industrial furnaces and ovens, climatic test equipment, and drying installations using JUMO electronic controllers with proven long-term performance.



JUMO MESS- UND
REGELTECHNIK

M. K. JUCHHEIM GMBH & CO · D 64 FULDA

RUF 0661/831
TELEX 04-9701

Angst+Pfister

50 ans
au service
de
l'industrie

- Caoutchouc
- Matières plastiques
- Amiante
- Eléments de transmission
- Fournitures industrielles

52-54, route du Bois-des-Frères
1211 LE LIGNON-GENÈVE
Tél. (022) 45 14 00

ZURICH

MILAN

PARIS

VÖEST
CONTAINMENTS
PRESSURIZERS
REACTOR INTERNALS



FOR
NUCLEAR POWER PLANTS

Moderator tank for Messrs. Siemens. Nuclear Power Plant ATUCHA/Argentine.

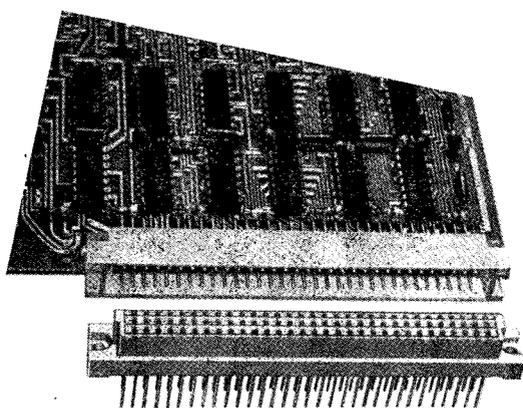
VEREINIGTE ÖSTERREICHISCHE EISEN- UND STAHLWERKE AG LINZ/AUSTRIA

General Representative in Switzerland: VÖEST AG
Mythenquai 20 8002 Zürich Tel. 01/36 55 55

CONNECTEURS POUR CIRCUITS IMPRIMÉS

« HAUTES PERFORMANCES »

Type STV 32, 64, 96 pôles



Gamme de température : —65° ... +125° C

Résistance aux :

- chocs ... 50 g
- accélération ... 100 g
- vibration ... 20 g entre 10 et 2000 Hz

Construit selon les normes CEI et DIN

Tests conformes aux prescriptions VG 93 324

Approuvé par VED et enregistré QPL

Applications :

Equipements électroniques de haute qualité, armée, aviation, marine, recherches astronautiques.
Etudié pour circuits imprimés simples ou doubles faces et multicouches.

Connexions selon la technique mini-ou standard «wire-wrap», ou à souder.
Bornes disposées en deux ou trois rangées.

ERNI + Co. Elektro-Industrie
CH-8306 Brüttisellen-Zürich
Telephon 051 / 93 12 12
Telex 53 699

ERNI

How to get scintillating performance at low cost

Pilot F ... our economy plastic scintillator ... performs like other brands' top-of-line

Pilot F plastic scintillators provide outstanding performance in many applications — despite their low cost.

Pilot F displays excellent characteristics, including good pulse height and decay properties, and light transmission second only to our own Pilot B and Pilot Y scintillators.

Since Pilot F can be cast in large volumes, it is ideal for whole body or cosmic counters, and for low background gamma shields. It also serves as a superior anti-coincidence shield, used with solid-state detectors.

You can order Pilot F in sheets, cylinders or large castings.

PILOT F PROPERTIES

Pulse Height (% of anthracene crystal) ... 65%
Decay Time (ns) ... 2.0
Transmission Length (for 50% light attenuation)53"
Peak Fluorescence
Wavelength (millimicrons) 425

Send for complete data on Pilot F and other Pilot scintillators



NEN New England Nuclear
Pilot Chemicals Division

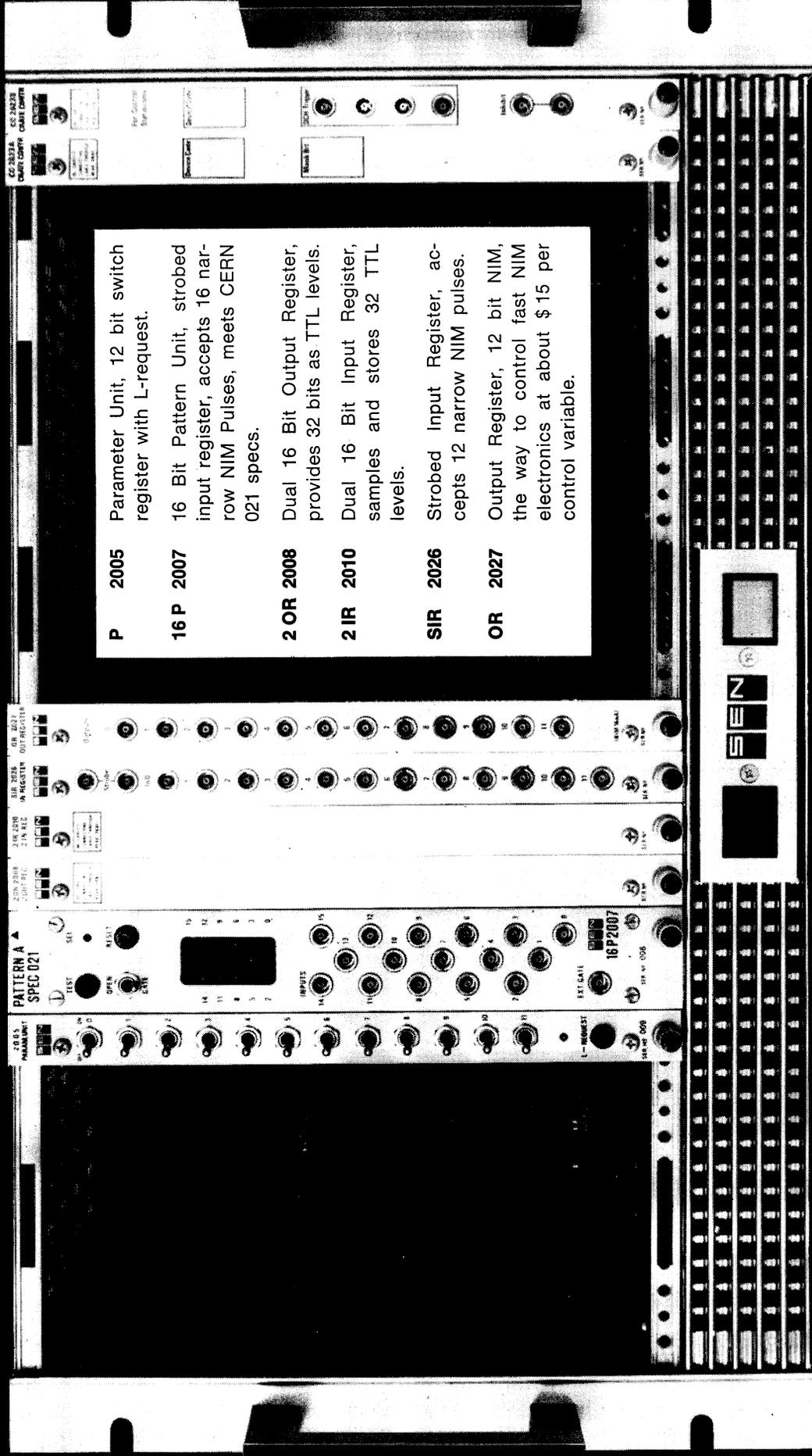
In Europe: NEN Chemicals GmbH
6072 Dreieichenhain bei Frankfurt/M.
Siemensstrasse 1, Postfach 71, Germany



Now the I/O REGISTERS

Have you seen our SCALERS last month?

SENECAMAC



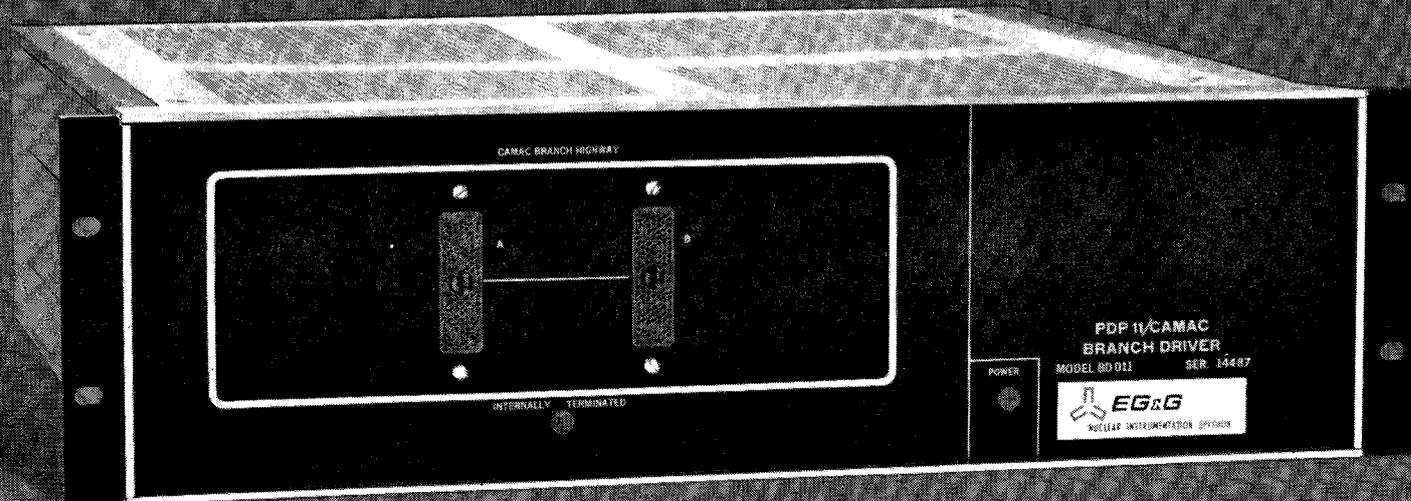
Watch out for our CRT DISPLAY modules in the next month's copy.

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

SENE
ELECTRONIQUE

Denmark: JOHN FJERBAEK i/s, Ingenior, M. AF I.
Hoeghsmindelvej 23 - 2820 Gentofte/Copenhagen
France: SAIP, 38, rue Gabriel Cr e - 92 - Malakoff
Germany: HERFURTH GmbH,
Benelux: Beerenweg 6/8-D 2000 Hamburg 50 (Altona)

Italy: ORTEC-Italia SRL - Via Monte Suello 19 - 20133 Milano
Sweden: POLYAMP AB - Toppvagen 20 - Jakobsberg
U. K.: NUCLEAR MEASUREMENTS
Dalroad Industrial Estate, Dallow Road, Luton/Beds.
U.S.A.: ORTEC INC. - 100 Midland Road - Oak Ridge, Tenn. 37 830



Now: CAMAC flexibility for your PDP11-based system

...and EG&G's BD 011 Branch Driver makes it easy

The new EG&G Model BD011 PDP11/CAMAC Branch Driver interfaces your PDP11 to a CAMAC branch highway in full conformance to EUR-4600e requirements. Easily integrated into any PDP11 peripheral configuration, the BD011 extends CAMAC's flexibility into the computer and provides an integrated computer-based data logging and control system.

- As a system element, one BD011 will support up to seven CAMAC crates, and multiple BD011's can be integrated into a single system.
- Designed to take maximum advantage of the addressing structure, software and timing flexibility of the PDP11.
- Transfers single CAMAC data words via Programmed Data Transfer; or if so instructed, becomes BUS Master and transfers blocks of contiguous data via DMA.



Branch Driver Test Module TM024

- Functions as an integral part of the system diagnostic software and allows CAMAC arrays to be debugged to the module level.
- Double-width CAMAC module.
- Diagnostic and data-handler software provided.

Contact EG&G or your nearest EG&G Sales Office for complete details of the BD011, TM024, and our other CAMAC system products.



EG&G

NUCLEAR INSTRUMENTATION DIVISION

35 Congress Street, Salem, Mass. 01970 U.S.A.
Phone (617) 745-3200. Cables: EGGINC-SALEM.
TWX: 710-347-6741. TELEX: 94969