

d'accélération par dilatation. Il est nécessaire d'utiliser les propriétés des gradients du champ magnétique alternatif et de les combiner à un système de cavités accélératrices.

Dans les zones séparant les cavités, le champ magnétique est disposé de manière à décroître linéairement le long de l'axe et l'anneau est donc accéléré comme indiqué ci-dessus. A l'intérieur de la cavité, le champ magnétique croît, de sorte que l'énergie est transmise à l'anneau, essentiellement en mouvements de rotation des particules et une partie seulement de l'énergie (celle qui correspond à l'accélération supportable) contribue directement aux mouvements le long de l'axe.

Le système d'accélération par cavités n'est pas le seul; le système à ligne pulsée proposé à Berkeley peut également se révéler très intéressant. Dans ce cas, le principal accumulateur d'énergie est un condensateur, et comme on le sait bien, le coût d'un seul joule d'énergie peut varier selon un rapport de 1 à 100, selon que celle-ci est emmagasinée dans un condensateur ou dans une cavité. La complexité de la construction, notamment du système de commutation électrique, signifie que dans la pratique ce rapport de prix ne dépasse pas 1 à 10 et, dans ce cas, il est supposé que le coefficient d'utilisation de l'énergie accumulée est élevé. Afin de le réaliser dans un système à lignes pulsées, il est nécessaire de construire des éléments de commutation dont la précision de fonctionnement est de 10^{-10} sec.

Stabilité de l'anneau

On pourrait croire que ce défaut annule tous les avantages du système mais les exigences pour une précision aussi élevée peuvent être fortement réduites si le système est utilisé en conjonction avec la variation du champ magnétique, comme dans le cas du système à cavités. Des études en ce sens seront poursuivies.

Le problème de la stabilité du paquet peut être divisé en deux parties; la stabilité de l'anneau d'électrons pendant le processus de contraction dans le compresseur et la stabilité de l'anneau d'électrons-ions pendant l'extraction et l'accélération. Le premier problème a été entièrement résolu. On a établi des critères déterminés concernant la densité, le nombre et la dispersion en énergie des particules, qui sont l'objet de certaines instabilités.

La confiance dans ces critères est renforcée par la vérification expérimentale.

Pour comprendre entièrement tous les processus qui se déroulent lors de la contraction, il faudra probablement examiner de près l'influence des résonances qui l'accompagnent et accompagnent la résorption des ions.

En ce qui concerne le deuxième problème, deux aspects présentent un intérêt. Le premier est l'influence de ladite «instabilité radiative» sur le mouvement de l'anneau. C'est un problème qui doit pouvoir être résolu en utilisant un écran à fentes et un champ magnétique modifié. Le deuxième concerne l'émission d'énergie par rayonnement à mesure que le paquet chargé traverse le système à cavités. Cette question reste à étudier dans la pratique, mais ne semble pas aussi sérieuse qu'on le pensait de prime abord.

Les travaux sur les accélérateurs collectifs désormais ont pris une importance considérable. Je pense que dès à présent de nombreux physiciens feront tendre leurs efforts vers la construction du premier accélérateur fonctionnant selon ce principe.

Nominations

Les nominations suivantes ont été décidées lors de la réunion du Conseil du CERN des 19 et 20 juin.

M. H. Schopper succédera à M. P. Preisker à la tête de la Division de Physique nucléaire. Le Professeur Schopper a été nommé pour une période de trois ans à partir du 1er février 1970.

Quatre directeurs de Département ont été maintenus à leur poste pour une nouvelle période de trois ans à compter du 1er juin 1969. Ce sont: M. P. Germain, (Synchrotron à protons), G. H. Hampton (Administration), K. Johnsen (Construction des ISR) et Ch. Peyrou (Physique II).

A partir du 1er septembre 1969, la Division Appareillage Nucléaire sera dissoute.

Le Comité des Directives scientifiques a perdu ces derniers mois les services de deux de ses membres: J. B. Adams, qui a été nommé Directeur du projet du 300 GeV et G. Bernardini, qui est devenu Président de la Société européenne de physique. M. G. Puppi a succédé à J.B. Adams à la vice-présidence du SPC et quatre nouveaux membres sont entrés au SPC: M. Conversi, G. Eksping, B. Hahn et A. W. Merrison.

Dosimétrie avec le télémanipulateur

Il y a à peu près un an, on a mis en place dans l'anneau du PS 100 dosimètres fixes (du type chambre à ionisation à air) à raison d'un par aimant pour surveiller les pertes dans les différentes sections droites de la machine. Les sondes à air, moins sensibles que les sondes à l'argon avaient été choisies en raison de leur prix relativement bas. On pouvait donc dire s'il y avait pertes ou non dans certaines sections, mais il était difficile d'évaluer leur intensité et leur provenance avec précision car en cas de pertes très élevées (zones d'éjection) les sondes arrivaient à saturation et en cas de pertes très faibles elles ne donnaient aucune indication.

Les pertes les plus importantes se situant dans la zone de l'éjection lente, lentille à septum placée dans la section 63, aimant à septum placé dans la section 62 et de l'éjection rapide (section 58). Or, il existe à l'intérieur de l'anneau du PS un télémanipulateur, qui couvre les sections 57 à 64 (cf. COURRIER CERN vol. 8, page 246) et peut se charger de nombreuses opérations (démontages, trans-

Le bras principal du télémanipulateur, en place dans le tunnel du PS, portant à son extrémité une chambre à ionisation à l'argon que l'on voit ici proche de la chambre à vide de la section droite 58 (éjection rapide).

Les 2 bouteilles contiennent l'argon qui, après avoir alimenté la chambre, passe à travers une fiole de liquide où les bulles produites permettent de s'assurer qu'il circule normalement. L'un des 2 câbles noirs amène la tension et l'autre transmet le signal.

ports etc...) dans les zones à fort rayonnement. On a donc songé à lui faire jouer un rôle de robot porte-sonde. Une petite chambre à ionisation à deux gammes de sensibilité (argon et hélium) a été conçue dans ce dessein. La sonde proprement dite a été montée à l'extrémité du bras principal du télémanipulateur. Sa fixation sur ressort évite les chocs éventuels avec les objets fixes. Il est possible de la promener pendant la marche du PS autour de la chambre à vide dans les sections droites et même à l'intérieur des pôles des aimants du côté opposé à l'armature.

La chambre à ionisation est une petite enceinte en matériau non conducteur, remplie de gaz, à l'intérieur de laquelle sont disposées des paires d'électrodes sous un certain potentiel. L'ionisation produite par le rayonnement rend le gaz conducteur en fonction de la dose reçue. Le gaz est envoyé sous pression dans l'enceinte pour éviter les entrées d'air. L'ionisation est proportionnelle à une constante caractéristique de chaque gaz, l'argon offre de ce point de vue une grande sensibilité. Les chambres marchant à l'air sont plus économiques et surtout moins complexes car elles utilisent l'air ambiant.

La souplesse sans précédent de cette méthode de mesure à l'intérieur du PS permet une localisation rapide et précise des pertes; de plus, en passant d'un aimant à un autre, on peut établir des comparaisons directes en éliminant les problèmes de calibration qui se posent lorsqu'il s'agit de comparer les indications provenant de plusieurs dosimètres différents.

Le montage

Le montage est fort simple, comme le montre la photo; la sonde est placée au bout du bras, les réservoirs d'argon sont fixés au corps du bras et une réserve de liquide coloré que traverse l'argon en produisant des bulles permet de s'assurer que le gaz circule normalement.

Pour cela et pour repérer les déplacements de la sonde on se sert des caméras de télévision mobiles en assurant un alignement entre la caméra (dont l'axe de visée est placé horizontalement), la sonde et des repères connus. Jusqu'à présent (les premières expériences ont commencé au début de février) on a utilisé des repères tels que certains points des aimants, ou des repères marqués à dessein sur les aimants. Mais pour permettre l'établissement systématique des cartes des pertes, on va utiliser un système de



(CERN/PI 35.7.69)

quadrillage peint sur des panneaux orthogonaux qui seront mis en place autour de l'aimant.

La sonde doit pouvoir se déplacer rapidement d'un point de mesure à un autre, selon les indications des physiciens chargés de l'exploitation pour leur permettre de déterminer les pertes en fonction du mode de fonctionnement de la machine. Or le pupitre de commande du télémanipulateur ne se trouvant pas dans la salle principale de contrôle, des problèmes de liaisons se posaient. Le téléphone s'étant montré d'un emploi malaisé, on obtient maintenant de bons résultats en utilisant des émetteurs récepteurs et en transférant les images fournies par les caméras TV du télémanipulateur dans la salle de contrôle principale.

L'«intelligence» du télémanipulateur a très vite fourni des renseignements très utiles. On peut par exemple déterminer si les pertes qui ont lieu au niveau de l'éjection lente se produisent sur le faisceau interne ou sur le faisceau éjecté. On peut également suivre à volonté l'incidence des réglages sur les pertes.

L'appareillage a également contribué récemment à la détermination précise du rapport qui existe entre le taux d'extraction du faisceau éjecté lentement et celui du faisceau éjecté rapidement.

Ce ne sont du reste là que des débuts et les possibilités du télémanipulateur, qui cesse d'être un simple outil pour devenir un collaborateur apprécié des spécialistes en accélérateurs, iront en se multipliant.

Cela sera particulièrement vrai pour les futurs accélérateurs où les intensités plus élevées et le rayonnement en résultant rendront indispensables certaines manipulations à distance. Les télémanipulateurs seront alors conçus comme partie intégrante de la machine en fonction des problèmes particuliers à résoudre, d'où une plus grande efficacité.

A chacun son calculateur

La division NP a acquis dernièrement 2 nouveaux petits ordinateurs Hewlett Packard pour faire face aux besoins grandissants des expérimentateurs.

Certains d'entre eux, qui ne disposent pas d'un ordinateur en ligne sont en effet très heureux de pouvoir utiliser ces calculateurs qui malgré leurs dimensions modestes (au départ) offrent, grâce à leur conception par éléments séparés, une grande souplesse d'utilisation et dont la capacité de calcul peut néanmoins être portée par adjonctions successives au niveau de celle d'un IBM 1800. Ils ont en outre l'avantage d'être facilement transportables.

L'un est du type 2115 A et l'autre du type 2116 B, — tous deux ont une mémoire à 8 k mots de 16 binons (bits) chacun et ne comportent ni bande magnétique ni disque; leurs éléments périphériques sont limités à une machine à écrire et à un lecteur rapide de bande perforée.

Le premier, livré à la fin de décembre 1968, aura au départ 2 affectations différentes: il servira d'une part pour vérifier à la réception le bon fonctionnement de l'équipement nouveau (par exemple le matériel électronique conforme à la norme Camac) et d'autre part, à la mise en place et au réglage des lignes de faisceau.

Le second, livré le 23 juin 1969, est utilisé pour le contrôle d'une expérience en chambre à étincelles dont les données sont enregistrées sur bande magnétique et sur film. Il lit les données au moment de leur transfert sur bande, calcule certaines fonctions et produit des histogrammes.

Plusieurs groupes d'expérimentateurs souhaiteraient pouvoir disposer également de petits calculateurs de ce type

Tableau des ordinateurs utilisés par la Division NP

Type	Utilisateur	Fourni par	Mémoire de	Bandes magnétiques	Disques
SDS 920	Deutsch Welsdale	NP	8 K mots (24b)	2	0
IBM 1800	Kienzle	»	16 (16b)	2	1
IBM 1800	Rubbia	»	16 (16b)	2	1
IBM 360/44	Dick	»	32 (32b)	3	2
HP 2115 A	Electronics and beams groups	»	8 (16b)	0	0
HP 2116 B	Zichichi	»	8 (16b)	0	0
DDP 516	Thresher	Rutherford Lab.	8 (16b)	2	0
DATA 620/1	Winter/Vivargent	Inst. du Radium	4 (16b)	1	1
CDC 1700	Runge/Schopper	Loué par Univ. G.F.K. (Karlsruhe)	24 (16b)	2	1
CII 90-10	Van Rossum	Saclay	16 (12b)	2	0
IBM 1800	Mermoud	Université de Genève	16 (16b)	2	0
IBM 1800	Sens	F.O.M. (Pays-Bas)	16 (16b)	2	1
DDP 516	Darmstadt	Inst. Tech. Kern Phys (Darmstadt)	16 (16b)	2	0
PDP-8	Charpak	I.P.N. (Orsay)	4 (12b)	1	0
PDP-8	Oxford-Göteborg	Université d'Oxford	4 (12b)	1 bande DEC	0
PDP-9	Isolde	Collaboration à Isolde	8 (18b)	2 bandes DEC + 1 bande magnét.	0
IBM 1130	MSS	Orsay	8 (16b)	0	1

pour leur confier le contrôle des expériences ou assurer le réglage des aimants (cas d'un spectromètre par exemple)...

Il est intéressant à ce propos de faire le point de la «puissance de calcul» dont la division NP dispose pour ses expériences.

Actuellement, et y compris ces deux récentes acquisitions, 17 ordinateurs, de 12 types différents, sont utilisés pour les expériences de la division, 6 d'entre eux appartiennent au CERN, tandis que les 11 autres sont la propriété des groupes d'expérimentateurs venus de l'extérieur. Cela explique cette disparité qui conduit à des duplications dans le domaine de la programmation. L'idéal serait de pouvoir disposer de calculateurs compatibles du point de vue programmation.

L'achat des deux machines est un pas dans cette direction.

Fiabilité d'un million d'heures

Le vide qui règne dans un accélérateur doit faire l'objet d'une surveillance constante et plusieurs types de jauges à vide ont été mis au point à cet effet. Pour des pressions situées dans la région de 10^{-2} torr, on se sert généralement de thermocouples en raison de leur simplicité et de leur fiabilité. Toutefois, le signal qu'ils émettent est faible et il faut utiliser des amplificateurs à grand gain pour le porter à un niveau permettant la visualisation sur les appareils de la salle de commande ainsi que le fonctionnement des relais.

Aux alentours de 1960, un grand nombre de ces amplificateurs furent nécessaires pour le système à vide de l'accélérateur linéaire du PS et il avait été décidé d'entreprendre leur étude au CERN même, car ceux disponibles dans le commerce à l'époque ne convenaient pas exactement,

étaient chers et fonctionnaient en 220 V et non en 48 V.

Le signal faible émis par le thermocouple est transformé en 100 Hz (facile à amplifier à l'aide de semi-conducteurs) au moyen d'un convertisseur à transducteur. Ceci permet de faire passer le signal par l'amplificateur sans avoir de raccordement direct entre l'entrée et la sortie et l'alimentation. Les signaux sont ainsi protégés des perturbations (venant notamment par la terre) dues aux alimentations de forte puissance situées dans la région de l'accélérateur linéaire, telles que le système HF de 200 MHz de plusieurs mégawatts.

Le prix de l'amplificateur, qui fournit également le courant de chauffage du thermocouple, est inférieur au quart de celui des amplificateurs du commerce.

Une première série de vingt amplificateurs a été montée sur l'accélérateur linéaire au début de 1962 et depuis lors ils n'ont pratiquement pas cessé de fonctionner. Sur un total d'un million d'heures de service, il n'y a eu qu'une panne (un condensateur défectueux). Soixante autres amplificateurs ont été réalisés et sont en service dans l'ensemble des systèmes à vide du CERN. (Certains vont être envoyés cet été à Lyon pour servir à des études effectuées sur un préinjecteur à haute énergie). Ils totalisent eux aussi un million d'heures de fonctionnement et aucune panne n'a été signalée.

Cibles à hydrogène au CERN

Actuellement 6 cibles à hydrogène liquide sont en place sur les faisceaux secondaires du PS et deux sur les faisceaux secondaires du SC. Ces cibles sont de petits réservoirs d'hydrogène liquide placés

dans des enceintes à vide qui en assurent l'isolement thermique.

On distingue en fait 3 types de cibles à hydrogène, qui diffèrent par le procédé qu'on utilise pour maintenir la réserve d'hydrogène à la température requise, voisine de 20°K.

● Les cibles les plus usuelles et aussi les plus simples comportent deux réservoirs d'hydrogène placés l'un sur l'autre. Le plus petit (inférieur) dénommé « appendice » et constituant la cible proprement dite est alimenté en hydrogène liquide par gravité à partir du plus gros qui est placé à la pression atmosphérique. Un conduit évacue l'hydrogène qui s'évapore par réchauffement dans les deux réservoirs. Un système de vannes assure le remplissage du réservoir supérieur à partir d'un dewar extérieur lorsque le niveau descend au-dessous d'une certaine limite.

La consommation d'hydrogène, de l'ordre de $\frac{1}{4}$ litre par heure, dépend principalement des pertes par rayonnement qu'on arrive à réduire notablement en utilisant des écrans de mylar aluminisé et des écrans de cuivre refroidis, les pertes par conduction à travers le gaz résiduel et la suspension étant négligeables par comparaison.

● L'installation d'une cible à hydrogène liquide à l'intérieur de l'anneau du PS, bien qu'envisagée depuis longtemps, n'avait jamais été étudiée sérieusement à cause des problèmes de sécurité. En effet, les règles appliquées à l'emploi de l'hydrogène liquide: enceinte ventilée, tuyauteries d'évacuation, accessibilité facile, surveillance permanente, etc... posait des problèmes techniques difficiles et très coûteux.

En 1967, pour les besoins d'une expérience de diffusion de protons (Allaby et al.) le problème, qui s'est posé à nouveau, a pu être résolu grâce à l'emploi d'hélium

L'amplificateur de la jauge à vide à thermocouple qui a fonctionné un million d'heures sans panne. Les dimensions sont $12 \times 7 \times 28 \text{ cm}^3$. Le réglage du courant de chauffage du thermocouple peut se faire sur le tableau avant. L'amplificateur lit la pression ou le courant de chauffage et une lampe s'allume lorsque la pression tombe en dessous de la valeur de consigne.

Coupe schématique de la cible à hydrogène liquide refroidie à l'hélium qui doit être installée dans l'anneau du PS à la fin de 1969. L'appendice K (partie de la cible placée dans le faisceau) est alimenté en hydrogène liquide qui se condense dans l'échangeur J où circule un courant

d'hélium. L'hydrogène qui s'évapore dans K sous l'effet de l'échauffement s'échappe vers J où il se reliquétie.

Pour évacuer l'hydrogène liquide de l'appendice, il suffit de fermer par télécommande la vanne F: l'hydrogène gazeux ne pouvant s'échapper de K refoule alors l'hydrogène liquide vers J.

A: entrée gaz H_2 ; B: jauge de niveau; C: ligne de transfert; D: sortie gaz He; E: réservoir d'He liquide; F: vanne froide pneumatique; G: sortie gaz He; H: écrans de cuivre refroidis par le circuit He; I: écrans de mylar aluminisé; J: échangeur; K: appendice en mylar; L: fenêtres en aluminium; en hachuré: circuit H_2 .

liquide qui permet d'éliminer la plupart des questions de sécurité.

La cible, du deuxième type, réalisée grâce à cette méthode ne comporte qu'un volume limité d'hydrogène liquide. De plus, pour éliminer les arrêts du PS qui auraient pu être nécessaires à l'exploitation de la cible, tous les contrôles et commandes ont été conçus pour l'opération à distance et l'équipement auxiliaire a été logé à l'extérieur de l'anneau.

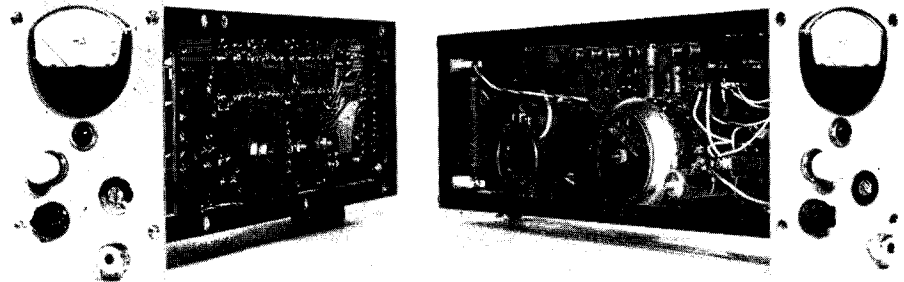
Le système contenant l'hydrogène consistait en un réservoir chaud (300°K) relié à l'appendice (20°K) par un système de tuyaux. En faisant circuler l'hélium gazeux dans l'échangeur de l'appendice on liquéfie l'hydrogène (sa température étant stabilisée en réglant le débit d'hélium). Le débit calorifique nécessaire pour maintenir l'appendice froid et à une température donnée (20°K) est fournie par la chaleur spécifique de l'hélium gazeux entre 4°K et 20°K . La régulation de la température de l'appendice est réalisée en faisant passer alternativement l'hélium gazeux autour de l'appendice, et à travers le col de la suspension.

● Enfin les cibles du troisième type sont de petits liquéfacteurs d'hydrogène indépendants qui ont l'avantage de ne nécessiter aucun approvisionnement en liquide cryogénique.

Actuellement, 5 cibles du premier type (4 au PS et 1 au SC) et 3 cibles du second type (2 au PS et 1 au SC) en place sur des faisceaux secondaires sont en service au CERN. Celle du SC ainsi que l'une des deux du PS dérivent de celle qui servit à l'expérience Alaby et al. maintenant terminée. La deuxième du PS dont le principe est légèrement différent a été réalisée par un groupe de physiciens d'Orsay. Une quatrième cible du même type (voir schéma) qui doit servir à une nouvelle expérience du groupe Alaby et al. requérant, comme la précédente, la présence d'une cible à l'intérieur de l'anneau, est en cours d'essais; elle doit être installée à la fin de 1969.

Quant à la cible du 3e type à liquéfacteur incorporé, elle sera prochainement expérimentée dans le hall Est avant de partir pour Serpoukhov où elle servira à une expérience conjointe CERN-Serpoukhov.

C'est le groupe Mazzone qui a construit la plupart des cibles utilisées au CERN (3 des 5 cibles du 1er type, 3 des 4 cibles du second type et la cible du 3e type).



CERN/PI 102.9.63

