

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.

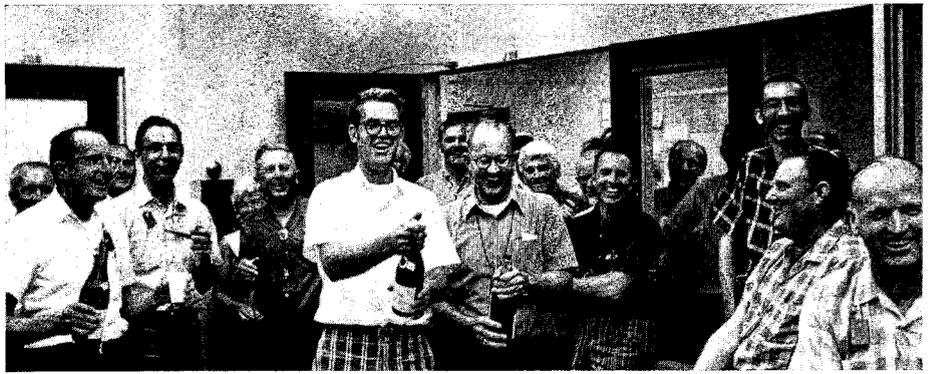
Un problème majeur consiste, bien entendu, à accumuler dans les anneaux de stockage des faisceaux d'intensité élevée de façon à obtenir des taux d'interactions suffisants au cours des collisions. Une solution permettrait de grouper en paquets les protons circulant dans l'AGS et de transférer successivement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