



page 163. La principale modification apportée depuis lors aux plans consiste à prévoir deux salles d'expérimentation, une de chaque côté de l'accélérateur. En introduisant deux feuilles d'arrachage d'électrons dans le cyclotron, il sera possible d'obtenir deux faisceaux extraits complètement indépendants, et variables aussi bien en intensité qu'en énergie. On a également envisagé d'y obtenir, à un stade ultérieur, un faisceau de résolution élevée (largeur de spectre d'environ 100 keV).

La disposition générale des zones d'expérimentation, telles qu'on les conçoit à présent, est donnée dans le schéma. Des remaniements y sont actuellement apportés, à la suite d'un symposium sur le programme d'expériences qui a réuni en août des représentants des disciplines associées au programme de recherche (radiochimie, physique nucléaire). Les premières propositions d'expériences ont été examinées ce mois-ci par le Comité d'évaluation. On espère que les crédits nécessaires à leur lancement seront disponibles dès le début du prochain exercice (avril 1972).

La mise en service du cyclotron est prévue pour 1973, et l'état d'avancement de presque tous les éléments de la machine est conforme au calendrier. Depuis décembre 1970, la source d'ions fournit des faisceaux d'anions d'hydrogène de bonne qualité, de plus de 2 mA, ce qui est amplement suffisant pour l'exploitation initiale. Afin d'analyser le comportement du faisceau au moment crucial

des premiers tours dans le cyclotron, on se servira dans quelques mois de l'injecteur de 3000 keV pour alimenter un modèle de la région centrale à 3 MeV.

Deux des grands secteurs de l'aimant sont arrivés sur place, après montage chez les fabricants, et l'installation du premier dans l'enceinte de la machine a commencé. Les six secteurs doivent être livrés avant la fin de l'année et mis en place avant juin 1972, prêts pour les mesures de champs et le réglage sans doute long de l'aimant. On ne doute pas que l'aimant réalise aisément les performances requises, des mesures faites sur un modèle au 1/10^e ayant parfaitement reproduit les bons résultats obtenus précédemment avec un modèle au 1/20^e.

L'énorme enceinte à vide (de 18 m environ de diamètre) est en cours de soudage, moyennant force décibels, le long même de l'accélérateur, puisqu'elle serait trop volumineuse pour être transportée par les rues de Vancouver. Elle sera terminée en décembre. Le système de pompage à basse température (20 K) est isolé par un écran thermique à 80 K. Le système HF sera le dernier élément à prendre forme définitive, mais les marchés vont être passés et le montage des unités HF devrait commencer vers la fin de 1972. Les commandes et instruments de mesure en sont au stade des mises au point finales. On se servira d'un petit ordinateur spécialisé en liaison avec des circuits CAMAC.

PRINCETON

Faisceaux d'azote

Nous avons déjà rendu compte à plusieurs reprises (voir notamment vol. 11, page 16) des essais sur l'accélération d'ions d'azote entrepris actuellement à l'aide d'un synchrotron à protons à cyclage rapide de 3 GeV du Princeton Pennsylvania Accelerator Laboratory. On pense pouvoir ainsi maintenir en service cette machine et la spécialiser dans la recherche sur les ions lourds. Le 15 juillet, un faisceau d'ions d'azote (N^{5+}) était accéléré à une énergie de 3,9 GeV avec une intensité estimée à 10^4 ions par seconde. C'était la première fois qu'on réussissait à produire artificiellement des ions lourds d'une énergie aussi élevée et ce résultat laisse entrevoir des possibilités d'expérience dans diverses disciplines.

Pendant 3 semaines à partir du 4 août, l'accélérateur a alimenté plusieurs expériences en ions d'azote de 3,9 GeV. La plupart du temps le faisceau était éjecté, mais il a également été utilisé pendant 12 heures à irradier une cible interne en platine pour une expérience sur la production de pions. Le faisceau éjecté d'une intensité moyenne d'environ 5×10^4 ions/s a atteint une valeur maximum de 3×10^5 ions/s. Le faisceau, d'une pureté supérieure à 99 %, a été utilisé dans des expériences sur les propriétés physiques des ions lourds, sur les sections efficaces d'inactivation de cellules de mammifères, sur

l'énergie d'excitation de nucléides et sur les doses en profondeur.

Le laboratoire a reçu des propositions d'expériences exigeant un temps de machine largement supérieur à 1000 heures et un Comité consultatif scientifique a été créé pour les étudier. Le 5 août, une délégation de l'Institut National du Cancer s'est rendue au PPA pour étudier des possibilités de financement à long terme du programme de la machine. Des exposés lui ont été présentés sur les avantages des faisceaux d'ions lourds dans les domaines du traitement du cancer, de la dosimétrie, des études sur les rayons cosmiques et les solides en liaison avec la biologie, et enfin sur la possibilité de traiter 1000 patients par an dans un centre de radiothérapie.

Le Laboratoire poursuit parallèlement ses travaux sur la machine en vue de porter à près de 10^6 ions/s l'intensité du faisceau. Au cours des périodes de fonctionnement précédentes, une pression moyenne d'environ 2×10^{-7} torr avait été atteinte dans la chambre à vide de l'accélérateur. On travaille actuellement à obtenir un vide deux fois plus élevé, ce qui permettra d'accélérer des faisceaux plus intenses. Le Laboratoire s'attache également à améliorer le système d'éjection.

BERKELEY

Encore des faisceaux d'azote

A la fin d'août, la Laboratoire Lawrence de Berkeley annonçait que des faisceaux d'ions d'une excellente qualité avaient été accélérés dans le Bévatron, qui sert normalement à alimenter en protons de 6 GeV les expériences de physique des hautes énergies. Depuis un certain temps déjà, Berkeley envisage d'entreprendre des recherches sur les ions lourds de haute énergie et des études ont déjà été faites pour la réalisation d'un outil de recherche ambitieux, le Bevlac, qui utiliserait à la fois les possibilités du Bévatron et celles du Super-Hilac.

Les derniers travaux entrepris ont été consacrés tout d'abord à l'accélération de deutérons (10^{11} particules par impulsion éjectée) et de particules alpha (5×10^9 particules par impulsion éjectée) à des énergies atteignant 2,1 GeV par nucléon, ce qui correspond à des deutérons de 4,2 GeV et à des particules alpha de 8,4 GeV. Le laboratoire a réussi à obtenir des faisceaux de neutrons de 2,1 GeV avec une dispersion en énergies d'environ 120 MeV par arrachage d'électrons aux deutérons. Ces faisceaux avaient été produits à l'aide du système d'injection habituel dont seul le mode de fonctionnement avait été modifié. On avait utilisé la source d'ions duoplasmatron normale, avec une anode d'ouverture légèrement plus grande que pour les alpha. Cette source a permis d'obtenir des intensités suffisantes pour les deux types de particules et environ 5 % du faisceau a pu être accéléré dans le linac à protons de 20 MeV à une énergie de 5 MeV par nucléon. Les réglages du champ ne différaient guère des réglages habituels.

L'affaire se complique lorsqu'il s'agit d'accélérer des ions d'azote. Une source du type P. I. G. ne peut fournir l'intensité correcte (20 à 30 μ A) que dans le cas d'ions N^{5+} . Le rapport charge/masse (5/14) exige alors des gradients de champs accélérateur et focalisateur supérieurs de 40 % aux valeurs couramment utilisées avec le linac. Après avoir été accélérés à 5 MeV par nucléon, les ions perdent leurs deux électrons restants en traversant un écran qui les arrache. On obtient alors un faisceau d'ions N^{7+} d'environ 0,5 μ A qui est injecté dans le Bévatron.

Le Bévatron, le système d'éjection et le système de transport du faisceau externe sont au préalable soigneusement réglés à l'aide d'un faisceau de particules alpha, qui donne un signal suffisamment fort pour permettre au système de commande de l'accrochage de phase de fonctionner et les réglages sont enregistrés sur des bandes de calculatrices. On passe ensuite à l'injection des ions d'azote ;

l'ordinateur, en utilisant des réglages faits pour les alpha, effectue les sommations nécessaires, puis commande les réglages correspondant aux ions d'azote. Dans le cadre de ces essais, le rendement de capture était de l'ordre de 10 %, environ 10 % des ions étaient conservés pendant l'accélération et le rendement d'éjection était compris entre 50 % et 70 %. Ces résultats ont permis d'obtenir pour des expériences à une énergie de 2,1 GeV par nucléon, correspondant à des ions N^{7+} de 29,4 GeV, des faisceaux d'environ 2×10^5 particules par impulsion. La pureté des faisceaux éjectés était d'environ 90 à 95 %. L'énergie maximum atteinte (pour laquelle les faisceaux n'étaient pas éjectés), représentait 2,57 GeV par nucléon (36 GeV). On notera, d'ailleurs, que ces résultats avaient été prédits par le regretté E. O. Lawrence. En effet, dans son discours prononcé en 1951 à l'occasion des cérémonies du Prix Nobel, ce dernier évoquait en ces termes l'accélération d'ions lourds : « Etant donné que ces particules lourdes jouent un grand rôle dans le rayonnement cosmique, il est certain qu'on parviendra un jour à les produire dans le Bévatron. » Il avait même suggéré que l'énergie atteinte par ces particules serait de 36 GeV !

On notera que presque immédiatement après avoir réussi à éjecter les premiers ions d'azote de haute énergie, il a été possible d'obtenir des faisceaux suffisamment intenses et fiables pour permettre de commencer les expériences et c'est là peut-être l'aspect le plus encourageant de ces essais. La première expérience consistait à faire passer le faisceau à travers une cible et à étudier le long de ce faisceau les produits de « fragmentation », qui sont dus essentiellement à la cassure des noyaux d'azote. Or, on a constaté, avec surprise, que tous les fragments plus lourds que les alpha étaient animés d'une vitesse pratiquement identique à celle des ions d'azote. Dans ces conditions, pour réaliser la séparation d'un faisceau de nucléons quelconque aussi intense que possible, tel qu'un fais-