

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-

Le fonctionnement de l'aimant supraconducteur pulsé AC3 donne pleine satisfaction au Laboratoire Rutherford. Pour plus de commodité, l'aimant est monté dans un cryostat vertical. Ses paramètres sont du même ordre que ceux requis par un synchrotron supraconducteur de haute énergie.

(Photo Rutherford.)

ceau d'ions de béryllium à sept nucléons, il suffit, connaissant la charge et la masse du nucléon recherché, d'utiliser un spectromètre réglé en conséquence. Cette nouvelle possibilité d'expérimentation contribuera à accroître l'intérêt du programme de recherche.

La vague d'intérêt suscitée par les résultats obtenus à Princeton et Berkeley s'est propagée dans un grand nombre de laboratoires. Ils ouvrent des perspectives nouvelles, notamment dans le traitement du cancer, les recherches sur les rayons cosmiques constitués d'ions lourds, les études sur les effets génétiques des rayonnements, la physique nucléaire, la production d'éléments « super-lourds », etc.

A la suite d'une suggestion de l'équipe du linac à ions lourds HILAC, qui est dirigée par A. Ghiorso, Berkeley, a étudié la possibilité de relier au Bévatron par une grande ligne de faisceaux le Super-Hilac décrit au vol. 11, page 75, qui est une version « gonflée » du linac, de manière à obtenir un injecteur d'ions lourds d'une qualité exceptionnelle. L'ensemble, constitué par ces deux machines, appelé Bevlac, sera à même de fournir des faisceaux d'ions lourds nettement plus intenses que les faisceaux actuels et permettra d'accélérer de nouveaux types d'ions, notamment d'argon (élément 18) et peut-être de krypton (élément 36). Nous serons certainement amenés à reparler du Bevlac à mesure que ce projet prendra corps.

RUTHERFORD

Aimant supraconducteur pulsé

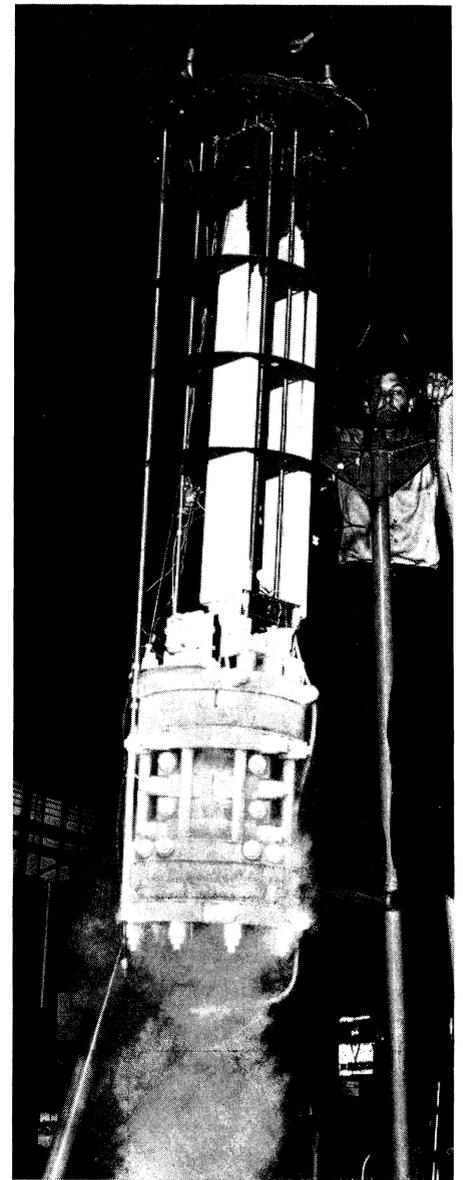
Un des problèmes vitaux pour l'avenir de la physique des hautes énergies est la mise au point d'aimants supraconducteurs pulsés (et des techniques qui en découlent) : il faut en arriver au point où leur intégration dans la construction de synchrotrons soit sûre et économique. Ce n'est

qu'en tirant avantage de leurs champs potentiellement plus élevés et de leurs coûts d'exploitation plus bas que l'on peut, à l'heure actuelle, envisager de pousser les synchrotrons à de plus hautes énergies. Ainsi au Laboratoire II du CERN, on a laissé en option plusieurs possibilités d'incorporer à la nouvelle machine européenne des aimants supraconducteurs pulsés. Il est donc important de savoir, dans un futur assez proche, si de tels aimants sont réalisables et économiques. Pour ce qui est de leur réalisation, une démonstration assez convaincante a été fournie par les essais faits récemment au Laboratoire Rutherford sur une maquette de dipôle supraconducteur, l'« AC 3 ».

L'aimant a 50 cm de long (40 cm de longueur effective) et 10 cm d'ouverture. Il est conçu pour donner un champ de crête d'environ 4 T mais on construit actuellement une garniture intérieure supplémentaire qui portera le champ à 4,5 T dans une ouverture de 8 cm. Il peut fonctionner selon un cycle continu avec des temps de montée de 1 à 2 s.

Au cours des essais, il a été pulsé à 90 % de son intensité critique (5400 A) avec des temps de montée minimum de 1 s. Les pertes de courant alternatif constatées étaient d'environ 10 W pour un cycle de 4 s, ce qui est proche de ce qu'on espérait avec le conducteur employé. Il s'agissait d'un câble mixte de fabrication IMI, comprenant 1045 filaments de 0,4 mm de diamètre formant 90 fils torsadés, comprimé de façon à présenter une section carrée de 5 mm de côté. Ce conducteur a servi à former une bobine permettant d'obtenir la géométrie de champ voulue. Il était enroulé en six couches concentriques et complètement enrobé de résine époxyde. Des plateaux de fils de cuivre étaient insérés entre les couches de la bobine afin de transmettre à l'hélium liquide la chaleur dégagée quand la bobine est pulsée.

De nombreuses transitions à l'état normal de l'aimant n'ont pas diminué ses performances. On observa même un certain « rodage » (approche



progressive des valeurs critiques). Au premier refroidissement, le champ maximum au centre était de 3,8 T. Dans un synchrotron, on pourra obtenir 20 à 40 % de plus, en ajoutant un blindage d'acier.

Les travaux sur l'AC3 se poursuivent ; des versions améliorées (dénommées AC4 et AC5), utilisant des câbles mieux étudiés, un blindage d'acier et des bobinages plus précis sont prévus pour 1972. Les essais réussis avec l'AC3 semblent être la première démonstration du fonctionnement d'un aimant supraconducteur pulsé ayant des paramètres (tels l'ouverture, le champ de crête et le courant de fonctionnement) du même ordre que ceux requis pour un synchrotron supraconducteur de haute énergie.

Applications médicales

Les retombées des activités du CERN, dans le domaine des industries de pointe, sont multiples, qu'il